



BENEMÉRITA Y CENTENARIA ESCUELA NORMAL DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ

TITULO: La tierra. Elementos de cosmografía, de meteorología y de geología

AUTOR: León Gérardin

FECHA: 1907

PALABRAS CLAVE: Tierra, Geología, Cosmografía, Meteorología, Atmósfera



LA TIERRA

ELEMENTOS DE COSMOGRAFÍA, DE METEOROLOGÍA Y DE GEOLOGÍA

— POR —

LEÓN GÉRARDIN.

Oficial de Academia

Profesor de historia natural y de tecnología

en la Escuela superior municipal Turgot, en la Escuela Monge
y en la Escuela Moncahy

CON 291 GRABADOS EN EL TEXTO



LIBRERÍA DE LA V^a DE CH. COUET

PARIS

MEXICO

23, Rue Vivienne, 23 | 14, Cinco de Mayo

1907

Reservados los Dchos.

2282
PROPIEDAD
ESUELA NORMAL DEL ESTADO
S. L. P.

No. Ord.
CLASIF.
ADQUIS. 225
FECHA
PROCESO

207-2001

520
A G
1907



LA TIERRA

64.8
2.11

EN LA MISMA LIBRERÍA

OBRAS DEL MISMO AUTOR

Adoptadas por el municipio de París, é inscritas en la lista de libros que esa corporación suministra gratuitamente á sus escuelas.

Las Plantas. — Primeras lecciones de Botánica. 1 t. 12, con 307 grabados en el texto.

Los Animales. — Elementos de Zoología teórica y aplicada. 1 t. 12, con 356 grabados en el texto.

El Hombre. — Elementos de Fisiología y de Higiene, de Prehistoria y de Etnografía. 1 t., con más de 300 grabados en el texto.

Escritos con arreglo al mismo plan, y respondiendo á idéntico propósito, los 4 tomos, *Las Plantas, los Animales, la Tierra y el Hombre*, constituyen un curso completo de historia natural. Estas obras, tan notables por su valor didáctico como por su ejecución tipográfica, presentan aquellos estudios en forma enteramente nueva, que reúne, sin exagerar en ningún sentido, la *teoría á la aplicación*. No es ya la *lección de cosas*; no es sin embargo todavía la *ciencia pura*; es sólo la enseñanza primaria, elemental y superior, con su carácter á la vez científico y práctico. Esas obras responden exactamente á las exigencias de los cursos complementarios y de las escuelas profesionales. Podemos añadir que además reúnen todas las condiciones y ventajas de libros para premios y para bibliotecas escolares.

1573-06. — París. Librería é Imprenta de la V^{da} de C. Bouret. — P10-06.

LA TIERRA

ELEMENTOS DE COSMOGRAFÍA, DE METEOROLOGÍA
Y DE GEOLOGÍA

POR

LÉON GÉRARDIN

Oficial de Academia

Profesor de historia natural y de tecnología
en la Escuela superior municipal Turgot, en la Escuela Monge
y en la Escuela Monceau

CON 291 GRABADOS EN EL TEXTO



LIBRERÍA DE LA V^{da} DE C. BOURET
PARÍS

23, RUE VISCONTI, 23

MÉXICO

14, CINCO DE MAYO, 14

Propiedad del Editor

1907

LA TIERRA.

NOCIONES PRELIMINARES.

ESTUDIO DE LA TIERRA, PARTES EN QUE SE DIVIDE.

Traducción de F. G. BRITO.

Definición. — La Tierra es un *planeta* que gira alrededor del Sol, presentando una *atmósfera*, y varios *continentes* y *mares*. No siempre han vivido sobre ella los seres que la habitan ahora. Para llegar á su estado actual le han sido necesarias lentas é insensibles transformaciones.

Esta definición indica la división que conviene adoptar para estudiarla.

En primer lugar determinaremos la posición de nuestro planeta en el espacio y sus relaciones con los demás astros; en seguida estudiaremos los fenómenos que se producen en sus continentes, sus mares y su atmósfera; por último, abordaremos la historia de sus transformaciones.

1º. La Cosmografía. — Para determinar la posición de la Tierra en el espacio, es preciso que entremos en relaciones con una ciencia muy interesante, la *Cosmografía*, ó *Astro-*

LÉON GÉRARDIN. — La Tierra.

nomia descriptiva. Veremos que nuestro Sol no es más que una simple estrella semejante á todas las que iluminan el Cielo durante la noche, y que la Tierra, que gira alrededor

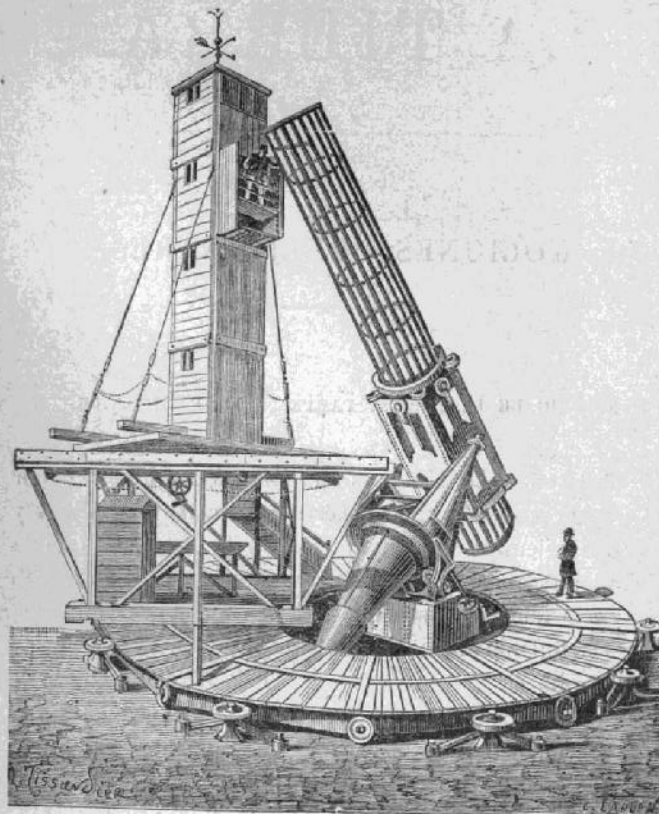


Fig. 1. — Telescopio de M. Lassel, instalado en Malta, en 1862.

de dicha estrella, es infinitamente pequeña comparada con la inmensidad.

Los astrónomos se sirven, para hacer sus observaciones,

de aparatos de aumento que se llaman telescopios (fig. 1),

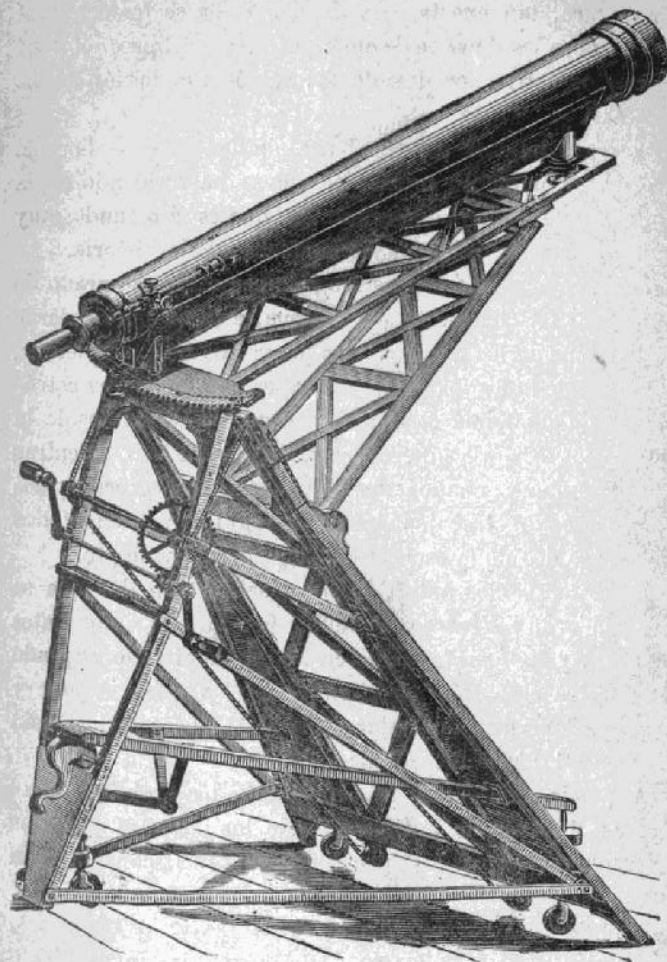


Fig. 2. — Anteojo astronómico.

y de anteojos astronómicos (fig. 2); una vez que se han

efectuado las observaciones, se calcula, y esta ciencia es tan segura, tan exacta, que gracias á ella se pueden predecir con miles de años de anticipación los eclipses, el paso de ciertos astros por delante del Sol ó la aparición de los cometas.

Los astrónomos pueden hasta hallar por medio del cálculo el momento preciso en que se ha verificado en la antigüedad un fenómeno celeste, lo que es á menudo muy útil para la comprobación de las fechas de la historia.

La astronomía no ha poseído siempre el mismo grado de precisión; esa ciencia es muy antigua, y su origen se pierde en la noche de los tiempos; sus progresos han sido lentos, como los de todos los ramos del saber. Los primeros astrónomos de que habla la historia fueron los habitantes de la India, los *hindus*, que observaban los astros mientras guardaban sus ganados; luego vinieron los *egipcios* y los *caldeos*, cuyos trabajos fueron recogidos y aumentados por los sabios de la escuela de Alejandria, en Egipto.

Entre los sabios antiguos, hubo sobre todo dos que se distinguieron: *Hiparco*, nacido en Grecia, dos siglos antes de J. C., y *Ptolomeo*, nacido en Egipto en el siglo segundo de nuestra era. Más tarde vinieron *Copérnico*, *Képler* y *Galileo*. Copérnico era polaco (1473-1543); Képler, alemán (1571-1631); y Galileo, italiano (1642).

Á partir de Galileo, la astronomía hizo rápidos progresos, á causa de la invención de los anteojos y de los telescopios; todos los pueblos civilizados construyeron observatorios y contribuyeron al adelanto de esta ciencia. Los ingleses tuvieron á *Newton* (1642-1727); los alemanes, á *Herschell* (1738-1822); y los franceses á *Laplace* (1749-1827); entre los grandes astrónomos franceses hay que citar también á *Francisco Arago* y á *Le Verrier*, que han

sido ambos directores notabilísimos del observatorio de París.

2º. **La Meteorología.** — En la definición de la Tierra hemos dicho que nuestro planeta presenta una atmósfera y mares.

Se denomina atmósfera á la capa de aire que envuelve la Tierra; esa capa tiene más de 20 leguas de altura, y no se encuentra jamás en reposo.

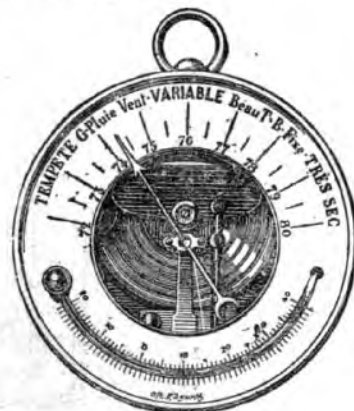


Fig. 3. — Barómetro portátil.

Los químicos han analizado el aire; ese cuerpo es una mezcla de dos gases, el *oxígeno* y el *ázo* ó *nitrógeno*, absolutamente necesarios á la vida de las plantas y de los animales. Los meteorólogos han estudiado los movimientos de la atmósfera, con objeto de predecir el tiempo probable. Dichos experimentadores miden cada día la presión que el aire ejerce sobre la Tierra, valiéndose para ello de un instrumento llamado barómetro (fig. 3), hacen constar con el termómetro (fig. 4) las variaciones de su temperatura, y se sirven del higrómetro (fig. 5) para determinar

su grado de humedad; también estudian las corrientes marinas.

En los observatorios meteorológicos se toma nota de la cantidad de agua que cae, de la dirección y la velocidad



Fig. 4. — El termómetro.

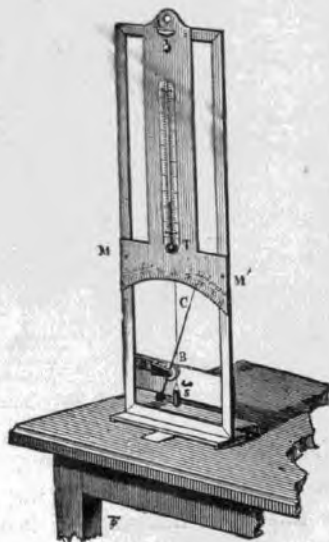


Fig. 5. — El higrómetro capilar.

de los vientos, y se aprecia la forma y naturaleza de las nubes; también se estudian las trombas, las tempestades, el rayo y otros fenómenos, como las auroras boreales y las estrellas errantes.

La *meteorología* es una ciencia completamente moderna;

sus progresos están enlazados con los de la física, habiéndose acentuado sobre todo desde la invención del telégrafo y desde el tendido de los cables trasatlánticos, que ponen en comunicación á Europa y América; esos instrumentos han permitido reunir cada día sobre una misma carta geográfica todas las observaciones meteorológicas de la víspera, y poseer, en consecuencia, un panorama general de los fenómenos meteorológicos del mundo entero, cosa necesaria para la previsión del tiempo.

El meteorólogo más eminente de nuestra época ha sido *Mauwy*, oficial de la marina norte-americana, del que hablaremos con motivo de la aplicación de la meteorología al arte de navegar.

En Francia, *Borda* (1733-1799); *Lavoisier* (1743-1794); *Laplace*, y más tarde *Charles Sainte-Claire Deville*, han dado un gran impulso á la ciencia meteorológica.

3°. **La Geología.** — Queda aún por estudiar la Tierra en sus diferentes edades, esto es, que hacer su historia; esa historia se llama *Geología*.

En efecto, nuestro planeta no ha presentado siempre el aspecto que nosotros conocemos, y, como lo decíamos al principiar esta lección, se han necesitado lentas é insensibles transformaciones para traerlo al estado en que se halla en nuestros días.

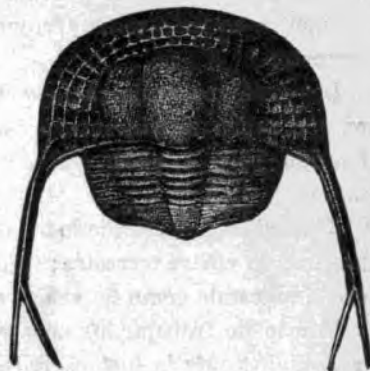


Fig. 6. — Trilobita, crustáceo fósil (tamaño natural).

En otro tiempo, el lugar que ocupan hoy los mares estaba ocupado por continentes, y los mares de entonces cubrían las superficies de los continentes actuales; los animales y vegetales no se parecían tampoco á los que viven en nuestros días.

Por fortuna para los sabios, esos seres, animales y vegetales precursores del hombre, han dejado señales de su existencia que permiten reconstituírlos por entero. Sus moldes y sus huellas se denominan *fósiles* (fig. 6); se les encuentra en los diversos terrenos que componen la costra terrestre.

Los geólogos saben cómo se han formado los terrenos, en qué orden se han superpuesto, y por qué causas han surgido poco á poco los continentes del fondo de los mares.

Esos sabios han estudiado todas las riquezas minerales que contiene la costra terrestre; riquezas que daremos á conocer, explicando cómo ha sabido explotarlas el hombre.

El arte de trabajar los metales es muy antiguo, pero el conocimiento de la historia del globo, esto es, la Geología propiamente dicha, es una ciencia moderna; los que más han contribuído á desarrollarla son *Cuvier*, *Elie de Beaumont* y *d'Orbigny* en Francia, sin hablar de numerosos y eminentes sabios contemporáneos, que viven todavía, y cuyos nombres pasarán como los de los anteriores á la posteridad.

Después de este rápido bosquejo de nuestro asunto, vamos á abordar el estudio de la Tierra, siguiendo el orden indicado por estas nociones preliminares, que constituyen una especie de Introducción.

PRIMERA PARTE.

COSMOGRAFÍA.

CAPÍTULO PRIMERO.

EL MUNDO SOLAR.

I.

Descripción del Sol.

El *Sol* es una *estrella* alrededor de la cual gira la Tierra. Es difícil examinar el Sol á la simple vista; por causa del brillo deslumbrador de su luz, no se le estudia más que por medio de lentes ennegrecidas que amortiguan los rayos. Entonces se proyecta bajo la forma de un *disco*, es decir, como una superficie plana de contorno circular. Pero, en realidad, ese astro es una *esfera* ó un *globo* enorme (mirado desde lejos, un globo se proyecta como un disco).

Distancia de la Tierra al Sol. — La distancia que nos separa del Sol es inmensa, llegando á 37 millones de leguas! Se ha calculado que un tren directo tardaría 300 años para llegar sin detenerse hasta el Sol, y que una bala de cañón no podría hacer ese viaje en menos de nueve

años y nueve meses : esto puede dar á nuestros jóvenes lectores una idea de lo que valen 37 millones de veces cuatro kilómetros (el autor habla de leguas francesas).

Dimensiones del Sol. — El Sol tiene un millón de

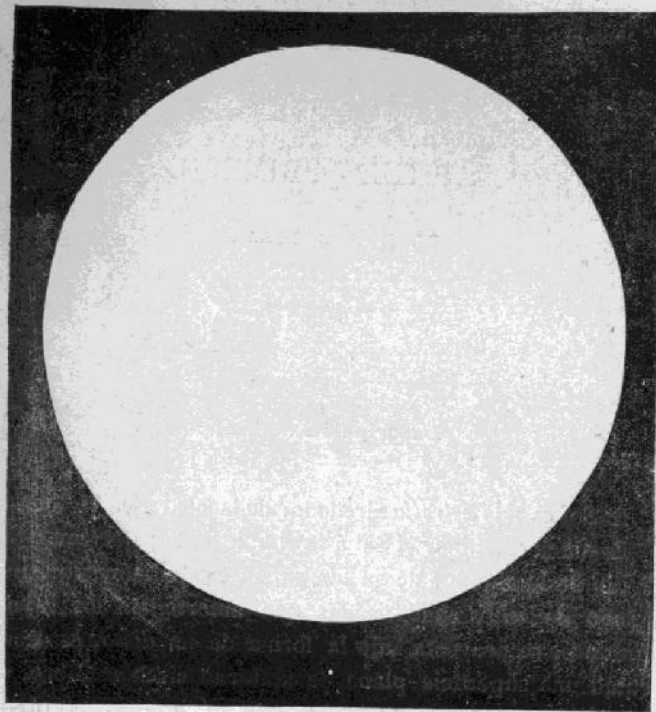


Fig. 7. — Magnitudes relativas de la Tierra y del Sol.

leguas de circunferencia (345.000 leguas de diámetro), es decir que para rodearlo se necesitaría un cinturón ciento ocho veces más largo que el que serviría para rodear la Tierra.

Su bulto es igual á 1.280.000 Tierras reunidas; se ha

hecho una comparación para indicar la relación de *volu men* que existe entre la Tierra y el Sol : supongamos en el centro de la clase un montón de trece *decálitros* de trigo ; retiremos de él un grano de trigo, uno solo ; ese grano

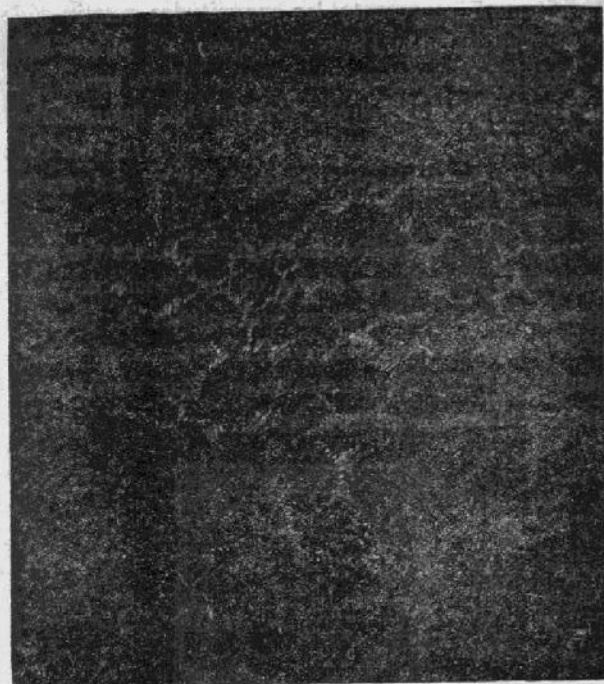


Fig. 8. — Aspecto de la superficie solar.

único del cereal representará con bastante exactitud la Tierra, y el resto será el Sol (1).

Los astrónomos, que han calculado la distancia de la Tierra al Sol y el volumen de este astro, han calculado

(1) Un litro de trigo contiene próximamente 10.000 granos de trigo de tamaño ordinario.

también su peso, que equivale al de 324.000 Tierras; es decir que, si pusiésemos el Sol en el platillo de una balanza, se necesitarían en el otro platillo 324.000 Tierras para equilibrarlo.

La figura 7 representa las magnitudes relativas de la Tierra y del Sol; la Tierra es el pequeño punto redondo que está debajo del gran disco blanco. Para indicar la distancia de la Tierra al Sol por medio de una figura reducida, en las mismas proporciones de la nuestra, habría que colocar el pequeño punto blanco á 16^m,30 del centro del disco grande.

Aspecto de la superficie del Sol. — Cuando se examina la superficie del sol por medio de un vidrio de color, ó simplemente ahumado, se ve que aquélla se parece á un mar de fuego cuyas olas estuviesen agitadas por una tempestad eterna (fig. 8); pero sobre ese mar brillante es fácil reconocer manchas oscuras (fig. 9).

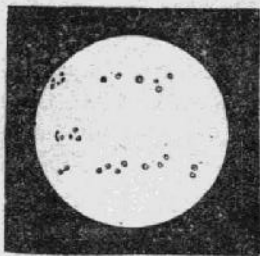


Fig. 9. — Las manchas del Sol.

Las manchas del Sol han sido descubiertas al mismo tiempo por Fabricius (1) y por Galileo, allá por los años de 1611. Su forma es muy irregular; una mancha se com-

(1) Astrónomo holandés.

pone ordinariamente de una parte negra, que los astrónomos llaman el *núcleo* y de un contorno menos oscuro denominado *penumbra* (fig. 10).



Fig. 10. — Una mancha del Sol.



Fig. 11. — Grupo de manchas solares.

Ocurre con bastante frecuencia que las manchas se reúnen y forman grupos como el presentado en la figura 11.

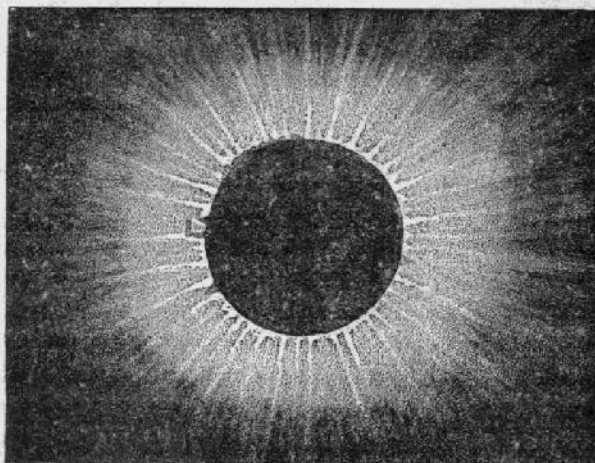


Fig. 12. — Aspecto de los bordes del Sol durante un eclipse total.

Los astrónomos creen que las manchas del Sol se deben á una especie de pozos abiertos en la envoltura exterior

brillante del astro, que se llama *fotosfera*; M. Faye ha calculado la profundidad de algunos de esos pozos, estimándola en 900 leguas.

De la superficie del Sol parten lenguas de fuego y llamas enormes, que son chorros de gas en combustión.

Esas llamas son visibles sobre todo durante los eclipses de Sol (fig. 12). Mientras dura el eclipse, el astro parece rodeado de una aureola brillante, análoga á la que se representa ciñendo la cabeza de los santos, y el globo solar es reemplazado por un disco negro como la pez.

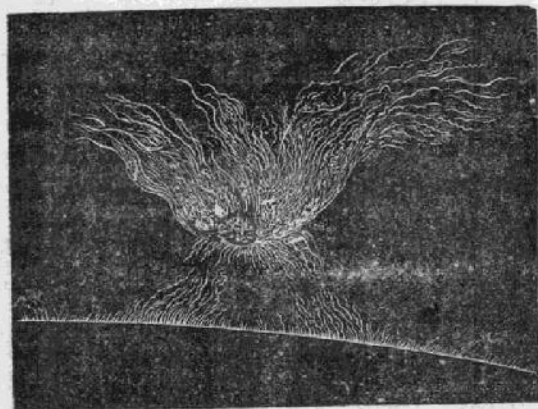


Fig. 13. — Protuberancia solar.

M. Janssen, uno de los mayores astrónomos de nuestro tiempo, ha descubierto la manera de estudiar las llamas del Sol, aun cuando no haya eclipses; sus estudios han permitido obtener conocimientos más exactos sobre la naturaleza gaseosa del astro. Á esas llamas se les da á menudo el nombre de *protuberancias*; su altura es algunas veces superior á varios diámetros terrestres (fig. 13).

Además de las manchas y de las protuberancias se ob-

servan también sobre el Sol puntos más brillantes que se denominan *fáculas*.

El Sol da vueltas sobre su eje. — Cuando se examinan con un antejo astronómico las manchas solares estudiadas el día anterior, se nota que han cambiado de posición. Siguiendo una mancha que aparece sobre el borde del Sol, se ve que al cabo de una semana se encuentra en el centro del disco, y que otra semana después llega al otro borde.

Después de eso, desaparece, y sólo al cabo de dos semanas más, próximamente, es cuando se la puede ver de nuevo en su posición primitiva.

De ahí se deduce que *el Sol gira sobre su eje*, arrastrando consigo las manchas en su movimiento de *rotación*; en veinte y cinco días y medio da una vuelta entera, como una peonza inmensa sobre la cual se hubiesen sembrado algunas manchas de tinta. El sentido de la rotación del Sol está indicado por el sentido del movimiento de las manchas: todas éstas se dirigen de *este á oeste*, es decir que parten del borde oriental marchando hacia el borde occidental del astro.

Calor producido por el Sol. — Los astrónomos admiten actualmente que el Sol es una enorme masa de gas, de temperatura tan elevada, que todas las materias minerales se encuentran en ella en estado de vapor.

« La cantidad de calor emitida por el Sol, dice Tyndall, haría hervir por hora 2.900 miles de millón de kilómetros cúbicos de agua, que se encontrasen primitivamente á la temperatura del hielo. Representando de otro modo esa temperatura, se puede decir que el calor emitido por el Sol en una hora es igual al que engendraría la combustión de una capa de carbón de piedra de 27 kilómetros de grueso, que ardi ra en su superficie. »

Analizando los rayos de luz que emanan del Sol, han

podido demostrar los físicos que dicho astro está compuesto de las mismas sustancias que la Tierra. En el Sol hay hidrógeno, oxígeno, hierro, zinc, etc., pero todo se encuentra allí en estado gaseoso.

Girando alrededor del Sol, la Tierra recibe una pequeña parte de su luz y de su calor. Imaginad una cabeza de alfiler colocada á algunos metros de un brasero encendido, y tendréis una representación de nuestro planeta calentándose al Sol.

CUESTIONARIO.

- ¿Qué es el Sol?
- ¿Cómo se procede para examinar el Sol?
- ¿Cuál es la distancia que separa á la Tierra del Sol?
- Dé V. una idea de esa distancia.
- ¿Cuál es el tamaño del Sol?
- Compare V. el tamaño del Sol con el de la Tierra.
- ¿Cuál es el peso del Sol?
- Describe V. la superficie del Sol.
- Describe V. las manchas del Sol.
- ¿Qué se entiende por llamas del Sol?
- ¿Cómo se demuestra que el Sol gira sobre sí mismo?
- ¿Cuánto dura la rotación del Sol?
- ¿En qué sentido se efectúa esa rotación?
- Dé V. una idea del calor emitido por el Sol.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Como las palabras usadas en el lenguaje astronómico son poco conocidas de los niños, el profesor deberá insistir sobre su significación hasta persuadirse de que todas han sido comprendidas de una manera exacta. Esas palabras se encuentran compuestas con caracteres cursivos en el texto de la lección, y deben dar motivo para numerosas explicaciones, repetidas bastantes veces bajo diversas formas. — Explíquese la frase: *un globo se proyecta como un disco*; preséntense ejemplos de *discos* y de *esferas*. — Defínase ó hágase que los alumnos las definan, las palabras *diámetro*, *radio*, *volumen*, *legua*, *kilómetro*, *decalitro*, etc. — Explicar lo que se entiende por *escala* en la construcción de los mapas ó de las figuras. — Definir las palabras *sombra* y *penumbra*, y hacer experiencias de alumbrado que den una idea exacta del valor de esas expresiones.

Háblese del gas *hidrógeno*, insistiendo sobre las palabras *gas* y *vapor*. — Describir los *anteojos astronómicos* y los *marinos*, ó de *larga vista*, enseñando á los niños una *lente*, y llevándolos, si es posible, á visitar un observatorio.

II.

Generalidades sobre los Planetas.

Cierto número de astros, llamados Planetas, circulan alrededor del enorme globo que acabamos de estudiar en nuestra primera lección, es decir, alrededor del Sol, que los atrae.

Los antiguos no conocían más que cinco planetas, á los cuales dieron los nombres de *Mercurio*, *Venus*, *Marte*, *Júpiter* y *Saturno*. Los días de la semana recuerdan esos nombres.

El domingo (1) está consagrado al Sol, y el lunes á la Luna; luego vienen:

Martes, día de Marte; miércoles, día de Mercurio; jueves, día de Júpiter; viernes, día de Venus; sábado, día de Saturno. Los modernos han descubierto dos planetas más: *Urano* y *Neptuno*.

Distinción entre las estrellas y los planetas. — Si se mira el cielo en una noche despejada, sin nubes, se ve que parece una bóveda sembrada de puntos brillantes; esos puntos brillantes son las Estrellas y los Planetas, que á primera vista se parecen mucho. Diversos caracteres permiten distinguirlos.

1º. Á la simple vista, la luz de las Estrellas parece temblorosa y *vacilante*, como la de un mechero de gas lejano agitado por el viento; se dice de ellas que *centellean*, mientras que la luz de los Planetas es tranquila y suave y no centellea.

(1) En inglés *sunday* y en alemán *sonntag*,

2º. Con un anteojo, por más que sea poderoso, las *Estrellas no aumentan de tamaño*, y siguen siendo unos puntos brillantes sin dimensiones apreciables; mirándolos en las mismas condiciones, los *Planetas parecen mayores*, y se presentan como discos cuyas dimensiones pueden medirse.

3º. Las Estrellas ocupan siempre la misma posición unas respecto de otras en la *esfera celeste*. Cada noche, los grupos de estrellas llamados *constelaciones* tienen la misma forma que la vispera, lo que podéis comprobar por vosotros mismos, examinando la constelación de la *Osa Mayor*; por tanto, las estrellas no se mueven. Los Planetas, al contrario, cambian continuamente de lugar. Este último carácter es el más absoluto de todos, y con ayuda suya es como se han distinguido desde tiempo inmemorial los *Planetas*, nombre que significa *astros errantes*.

Distancia de los Planetas al Sol.

— Contando la Tierra, hay ocho Planetas principales que giran alrededor del Sol. La curva que esos cuerpos describen no es completamente circular, sino un poco oval, es decir, una *elipse*. El camino que los Planetas recorren se llama su *órbita*.

Hé aquí el orden de los Planetas; los enumeraremos empezando por el que se encuentra más cerca del Sol:

Órbita de Neptuno.

Urano.

Saturne.

Jupiter.

Mars.



Fig. 14. — Órbitas de los planetas. El Sol está representado por el punto S.

Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. La figura 14 representa ese orden. El primer círculo, muy pequeño, indica la órbita de Mercurio, el segundo la de Venus; el tercero la de la Tierra, y así sucesivamente hasta el último Planeta conocido, que es Neptuno.

Las distancias que separan a los Planetas del Sol son muy diferentes, como lo vemos en dicha figura. MERCURIO se encuentra á 14 millones de leguas; VENUS, á 26 millones, la TIERRA, á 37 millones; MARTE, á 55 millones; JÚPITER á 192 millones; SATURNO, á 352 millones; URANO, á 710 millones; y NEPTUNO, á 1.110 millones de leguas del Sol.

Además de los ocho Planetas principales, hay entre Marte y Júpiter un enjambre de pequeñísimos Planetas que sólo son visibles con instrumentos de mucho aumento; se les denomina ASTEROIDES. Esos cuerpos son tal vez los restos de un Planeta mayor, cuyos pedazos giran alrededor del Sol; se conocen 180 de ellos.

Los astrónomos les han dado diferentes nombres para distinguirlos unos de otros. El primero de los asteroides fué descubierto en 1801, en Palermo, por Piazzi, y se le llama *Ceres*; entre los restantes citaremos: *Palas*, *Juno*, *Vesta*, *Flora*, *Lutecia*, *Europa*, *Minerva*, etc.

Se llaman *Planetas inferiores* á los que giran entre la Tierra y el Sol, que son Mercurio y Venus. Los que describen su órbita más allá de la Tierra, esto es, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, son los *Planetas superiores* (fig. 14).

Los Satélites. — Alrededor de ciertos Planetas giran otros Planetas más pequeños, que se llaman *Satélites*.

Mercurio y Venus no tienen satélites. La Tierra posee uno, que es la Luna, y que la acompaña en su curso alre-

dedor del Sol. Marte tiene dos satélites. Júpiter tiene cuatro. Saturno tiene ocho y presenta además un singular anillo, del cual volveremos á hablar cuando se trate de ese Planeta. Urano tiene cuatro Satélites y Neptuno uno solo.

Magnitudes comparadas de los Planetas. — Los cuatro

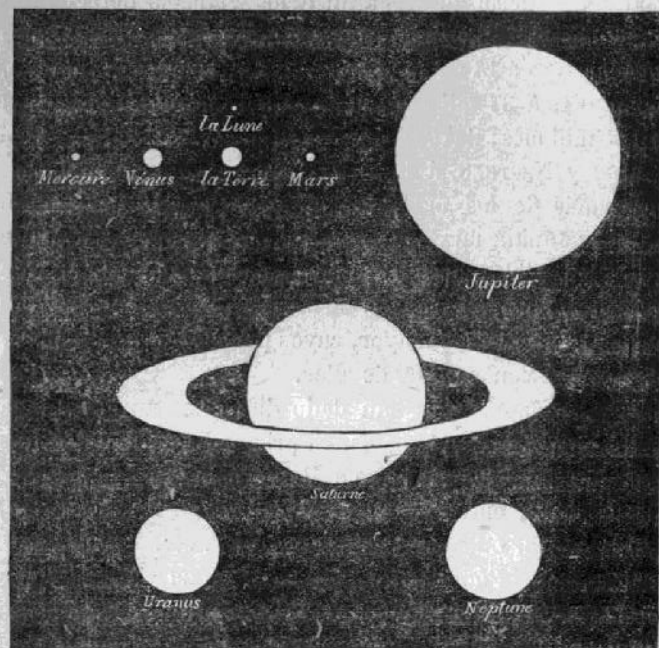


Fig. 15. — Magnitudes comparadas de los planetas.

Planetas más cercanos al Sol son más pequeños que los otros cuatro (fig. 15.) Entre los Planetas grandes, Júpiter es el que presenta mayor diámetro; pero á pesar de eso es un astro muy pequeño si se le compara con el Sol, que no

podría caber en una figura de las proporciones de la nuestra, puesto que su diámetro sería de 30 centímetros.

CUESTIONARIO.

¿Qué es un Planeta?

Diga V. los nombres de los Planetas que conocían los antiguos.

¿Cómo se pueden recordar fácilmente los nombres de esos Planetas?

¿Cuáles son los Planetas descubiertos por los astrónomos modernos?

¿Cuáles son los caracteres que permiten distinguir los Planetas de las Estrellas?

¿Cuál es la curva que describen los Planetas alrededor del Sol?

Enumere V. los Planetas, empezando por el que está más cerca del Sol.

Diga V. las distancias de los Planetas al Sol.

¿Dónde están colocados los Planetas pequeños?

¿Qué se entiende por Planetas inferiores y superiores?

¿Qué se entiende por Satélites?

Diga V. la lista de los Planetas provistos de Satélites.

¿Cuáles son los Planetas que se parecen más á la Tierra en sus dimensiones?

¿Cuál es el mayor de los Planetas?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Explicar la atracción, y decir que el movimiento de los Planetas puede ser calculado con arreglo á la teoría de la gravitación universal de Newton: — Fuerza centripeta. — Fuerza centrifuga. — Dejar caer un objeto para hacer patente la fuerza centripeta; hacer girar una honda para que se comprenda en qué consiste la fuerza centrifuga, etc. — Las Estrellas son fijas, los Planetas móviles. — Hipótesis de la esfera celeste. Las constelaciones. — Enseñar á los niños á trazar una elipse; indicar los focos de la misma. — Movimiento de los Satélites alrededor de los Planetas. Insistir sobre lo que se entiende por Planetas inferiores y superiores. — Ojeada general sobre la familia del Sol. — Dar á los alumnos las nociones de mitología que resultan de los nombres de los Planetas. Lecturas y relaciones sobre esos puntos. — Por la noche, si es posible, primera observación del cielo.

Los Planetas inferiores.

Los Planetas inferiores, es decir, aquellos cuyas órbitas son *interiores á la órbita de la Tierra*, son Mercurio y Venus. Ciertos astrónomos piensan que entre Mercurio y el Sol hay otro Planeta inferior, al que han denominado Vulcano, pero se duda mucho de su existencia.

Mercurio. — El Planeta Mercurio es muy pocas veces visible á simple vista, porque está muy cerca del Sol. Ese planeta es 18 veces más pequeño que la Tierra, y sólo tres veces mayor que la Luna.

En dicho globo existen montañas, y una atmósfera en la cual se forman nubes que podemos ver con ayuda de nuestros instrumentos.

Mercurio efectúa su viaje alrededor del Sol en 88 días, y gira sobre su eje en 24 horas 5 minutos. Si llamamos año de Mercurio á la revolución completa del astro alrededor del Sol, el año de Mercurio es mucho más corto que el terrestre, pues sólo consta de 88 días, mientras que el nuestro sube á 365 días.

Mercurio recorre 12 leguas de su órbita en un segundo.

En Mercurio existen días y noches, climas y estaciones como sobre la Tierra. De noche, Mercurio no tiene Luna que lo alumbre. Para Mercurio los dos astros más brillantes son Venus y la Tierra; pero de día el Sol derrama sobre Mercurio siete veces más calor y más luz que sobre la Tierra.

Venus. — De seguro conocéis á Venus, á la que llamáis *Estrella de la tarde* ó *Estrella del pastor*, porque es la primera que brilla en la sombra del crepúsculo; también la

llamáis *Estrella de la mañana* ó *Lucero del alba*, porque es la última que se apaga en los reflejos de la aurora. Ese astro no es una Estrella, sino un Planeta, y el que entre todos ellos más se parece á la Tierra. Ese Planeta tiene una atmósfera, continentes, montañas, mares y nubes.

Venus gira sobre sí misma en 23 horas y media; su tamaño es casi el mismo que el de la Tierra, y su año, esto es, su revolución completa alrededor del Sol, es de siete meses y medio (224 días). Su constitución física nos permite decir que ese Planeta está probablemente habitado.

Hacia fines del año 1610, Galileo notó que Venus no tenía

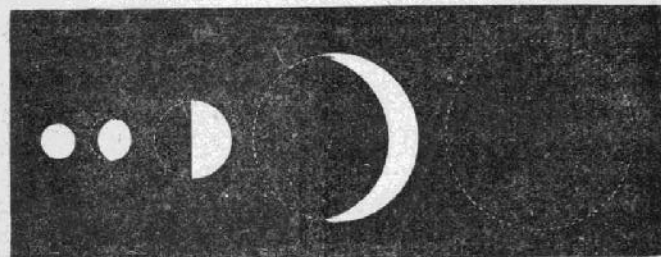


Fig. 16. — Las fases de Venus.

siempre la forma de un disco, y que presentaba *fases* como la Luna. Tendréis la explicación de ese fenómeno cuando hablemos de las fases de la Luna, pero de antemano puedo deciros lo que se entiende por *fase*.

Los Planetas no son luminosos por sí mismos, sino que constituyen unos espejos donde se reflejan los rayos del Sol; por tanto, si esos cuerpos se encuentran colocados de tal manera que veamos su superficie visible enteramente iluminada, aparecerán bajo la forma de un disco; pero en el caso de que sólo una parte de su superficie que mira hacia la Tierra recibe la luz del Sol, el disco se presenta de-

formado, pasando á ser ó un semidisco ó una media luna. Esto es lo que nos indica la figura 16, que representa las fases de Venus.

Observaréis que en dicha figura el disco es mucho más pequeño que la media luna, lo cual depende de que, durante sus fases, Venus no se encuentra siempre á la misma dis-

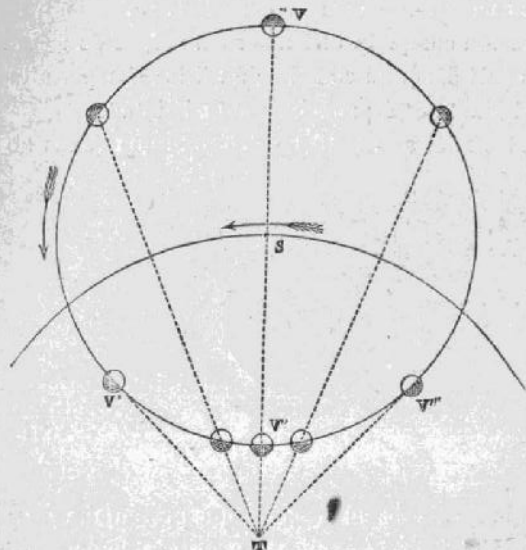


Fig. 17. — Diversas posiciones de Venus V respecto del Sol S y de la Tierra T.

tancia de la Tierra. Supongamos á la Tierra en el punto T (fig. 17) y á Venus en el punto V; en esa posición vemos toda la superficie iluminada del Planeta, es decir, un disco perfecto, pero muy lejos de nosotros y por consiguiente muy pequeño.

En las posiciones V' y V'', Venus tiene la forma de una media luna, pero como dicho astro se encuentra más cerca de la Tierra que en V, esa media luna es mayor de lo que

era el disco. Por último, en la posición V'', Venus está más cerca de la Tierra, á pesar de lo cual no la vemos en el cielo durante la noche, porque vuelve hacia la Tierra la parte no iluminada de su superficie. Esto es lo que indica el círculo de puntos de la figura 16.

Paso de los astros inferiores sobre el disco del Sol. —

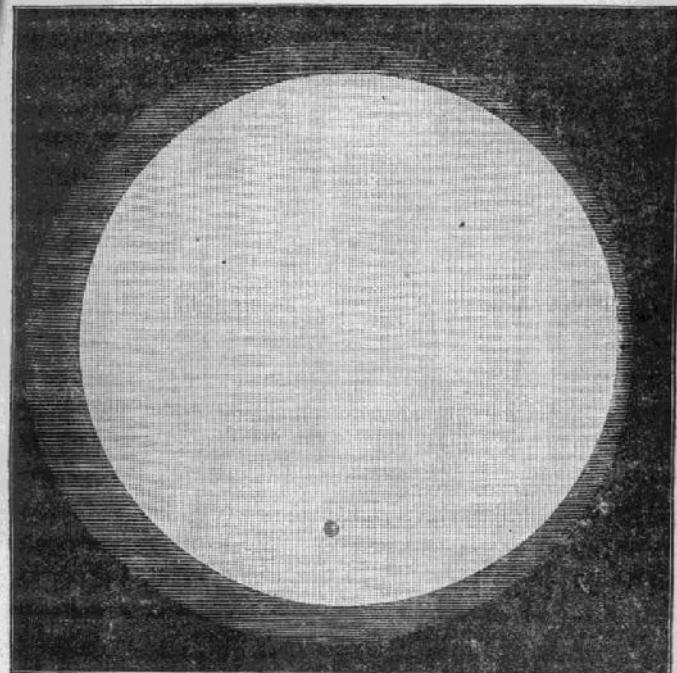


Fig. 18. — Paso de Venus sobre el Sol.

Cada uno de los Planetas cuya órbita se encuentra en el interior de la órbita de la Tierra puede pasar entre nosotros y el Sol, de tal manera que los tres astros se encuentren

sobre una misma línea recta ; pero ese fenómeno es muy raro. Cuando el Sol, Venus y la Tierra se hallan en una misma línea recta, se ve á Venus destacarse como un pequeño redondel negro encima del disco brillante del Sol. Entonces se dice que hay paso de Venus (fig. 18).

Los astrónomos hacen largos viajes para establecer estaciones propicias para el examen de los pasos, cuyo estudio permitirá determinar la distancia exacta que nos separa del Sol.

En los últimos años se han verificado dos pasos de Venus : uno en 1874 y otro en 1882 ; sabios de todas las naciones los han observado. La figura 18 ha sido hecha utilizando como modelo una fotografía de M. Bouquet de la Grye tomada en el fuerte Loreto (Méjico), el 6 de Diciembre de 1882, durante el paso de Venus sobre el Sol. El fenómeno en cuestión no volverá á reproducirse hasta el 7 de Junio del año 2004.

CUESTIONARIO.

- ¿Cuáles son los Planetas inferiores?
- ¿Cuánto dura el año del planeta Mercurio?
- ¿Cuánto dura el día en Mercurio?
- ¿Qué nombres se dan al planeta Venus?
- ¿Cuánto dura el año en Venus?
- ¿Cuánto dura el día en Venus?
- Explique V. las fases de Venus.
- ¿Qué se entiende por paso de los astros inferiores?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Explicar lo que se entiende por órbitas interiores á la órbita de la Tierra. Insistir sobre el fenómeno de las fases : suspender de un hilo una esfera de un juego de bolos pintada de blanco y hacerla girar alrededor de una lámpara provista de un globo sin pulimentar. Esa experiencia explica al mismo tiempo las fases de Venus y el paso de los astros inferiores.

Leer en las obras de vulgarización el relato de las expediciones organizadas por las diversas naciones para estudiar los pasos de Venus.

IV.

Los Planetas superiores.

Los Planetas superiores, ó exteriores á la órbita de la Tierra, son los que están más lejos que nosotros del Sol, y que, por consiguiente, no pueden pasar nunca entre la Tierra y el Sol. Esos Planetas son Marte, los pequeños Planetas ó Asteroides, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno.

Marte. — Marte es seis veces y media más pequeño que la Tierra. Es el planeta que mejor conocemos. « Lo que más choca desde el primer momento en el examen del conjunto de Marte, es que sus *polos* están marcados como los de la Tierra, por dos zonas blancas, por dos casquetes de nieve. Esos hielos no conservan siempre la misma extensión ; durante el invierno del Planeta, se amontonan y se extienden alrededor de cada polo, mientras que durante el verano se funden y se estrechan » (Flammarión).

Los mares de Marte ocupan menos espacio que sus continentes, los cuales están teñidos de encarnado y son bastante fáciles de distinguir. En la atmósfera de ese Planeta circulan nubes como en la nuestra, y es muy probable que lo habiten seres organizados. El disco de Marte nos parece más ó menos grande, según que el Planeta se halla más ó menos lejos de nosotros ; esto es lo que indica la figura 19, que representa á Marte tal como se le ha visto los días 30 de Julio (1) 22 de Agosto (2), 14 de Setiembre (3) y 26 de Octubre (4) del año 1878.

Marte gira sobre sí mismo en 24 horas, 37 minutos y 22 segundos ; el día de ese Planeta es, por tanto, igual al nuestro, pero su año es dos veces más largo. Cada una de las

estaciones de Marte dura casi seis de nuestros meses, y el calor y la luz sólo poseen en él la mitad de la fuerza que sobre la Tierra. El Planeta Marte posee dos satélites; al primero se le ha llamado Deimos (el terror) y al segundo Phobos (la huida). Esos dos satélites han sido descubiertos

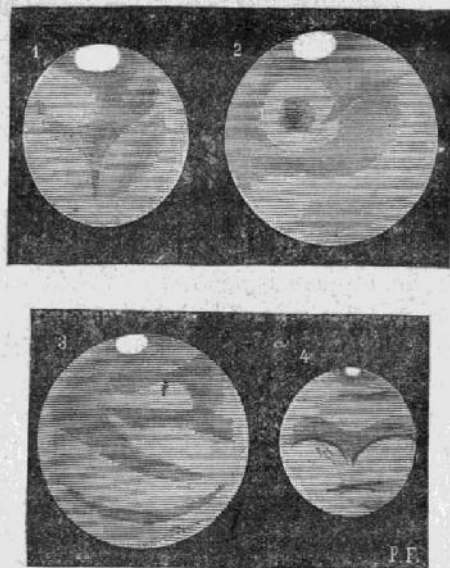


Fig. 19. — Diversos aspectos telescópicos del Planeta Marte.

en el mes de Agosto de 1877 por M. Asaph Hall, en el observatorio de Washington, que posee el más poderoso de los anteojos conocidos. El primer satélite gira alrededor de Marte en 7 horas 39 minutos, y el segundo en 30 horas 18 minutos (fig. 20).

Más allá del Planeta Marte se encuentran los Asteroides, pequeños Planetas de que hemos hablado al enumerar los miembros de la familia del Sol; esos cuerpos no presentan

gran importancia para nosotros, y así es que vamos á pasar ahora al estudio de los grandes Planetas, empezando por el gigante Júpiter.

Júpiter. — El Planeta Júpiter está mucho más lejos de nosotros que Marte, pero es tan grande que, á pesar de eso,

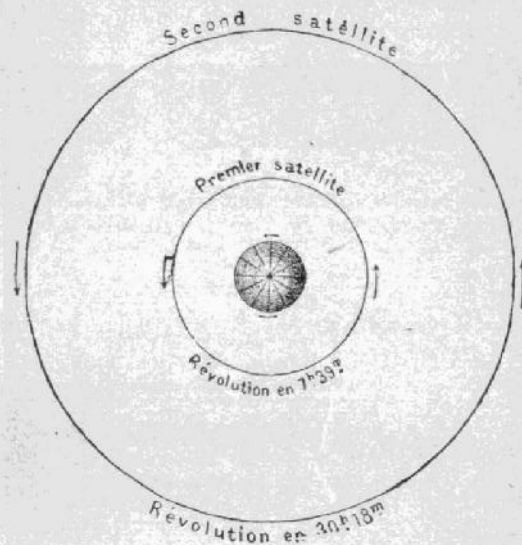


Fig. 20. — Los satélites de Marte.

se le puede observar fácilmente con los instrumentos. Ese astro parece amarillento y su disco está rayado de bandas paralelas á su *ecuador*; esas bandas, alternativamente grises y blancas, están marcadas por manchas permanentes que han permitido estudiar el movimiento de rotación del Planeta (fig. 21).

Júpiter es 1.300 veces mayor que la Tierra; la duración del día es en él de 9 horas, 50 minutos, lo que quiere decir que Júpiter gira sobre sí mismo en 9 horas 50 minutos. El

calor y la luz son en Júpiter veinte y cinco veces más débiles que sobre la Tierra, á causa de la gran distancia que le separa del Sol (192 millones de leguas). El año de Júpiter equivale á doce años terrestres. Cuando se considera la inmensa órbita que el Planeta debe describir alrededor del Sol no nos asombra lo largo de ese año.

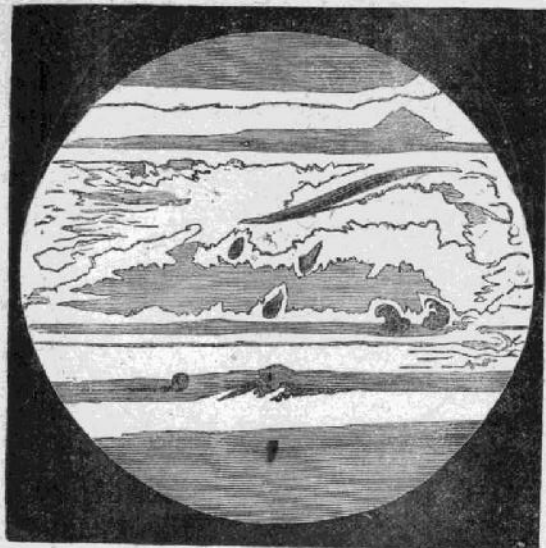


Fig. 21. — El Planeta Júpiter el 24 de Enero de 1873.

Júpiter es muy aplanado en sus polos, mucho más que la Tierra: ese Planeta posee cuatro satélites que fueron descubiertos por Galileo poco después de la invención de los anteojos; esos cuatro satélites son más pequeños que la Tierra y, con corta diferencia, del tamaño de la Luna (fig. 22). Los satélites de Júpiter han servido á los físicos para calcular la velocidad de la luz, que es de 75.000 le-

guas por segundo. Con tal velocidad, la luz nos llega del Sol en ocho minutos y medio y de las Estrella más cercana en más de tres años.

Saturno. — Saturno es más pequeño que Júpiter, pero mucho mayor que la Tierra, puesto que equivale á 864 globos como el nuestro; su distancia al Sol es de 352 millones de leguas. Es visible á simple vista como una hermosa Estrella, por más que su luz sea un tanto opaca y agriada; su disco está rayado por bandas paralelas como el de Júpiter.

Saturno posee un satélite de una forma extraña, ó sea un anillo, situado en su *plano ecuatorial*, que gira en diez horas y media alrededor del astro. Ese anillo tiene unas 100 leguas de grueso y cerca de 12.000 de ancho. Está separado del Planeta por un espacio de 8.000 leguas (fig. 23). El anillo de Saturno no es sencillo, sino que parece formado por cuatro ó cinco anillos concéntricos.

Saturno gira sobre sí mismo en unas diez horas, como Júpiter, pero siendo su órbita mucho mayor que la de este Planeta, tarda mucho más tiempo en recorrerla; su revolu-

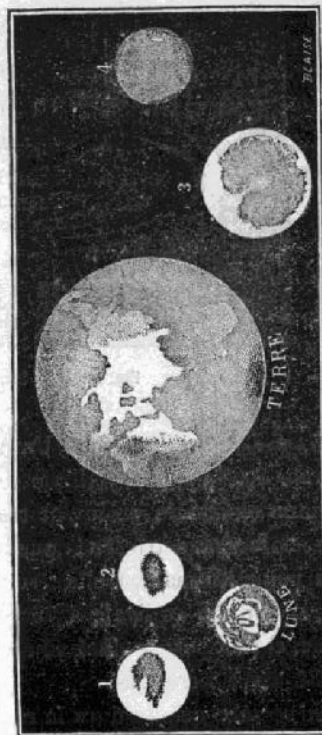


Fig. 22. — Los satélites de Júpiter comparados con la Tierra y la Luna.

ción alrededor del Sol dura veinte y nueve años y medio, ó sea cerca de treinta años.

Además de su anillo, Saturno posee también ocho lunas, ocho satélites que giran á su alrededor.

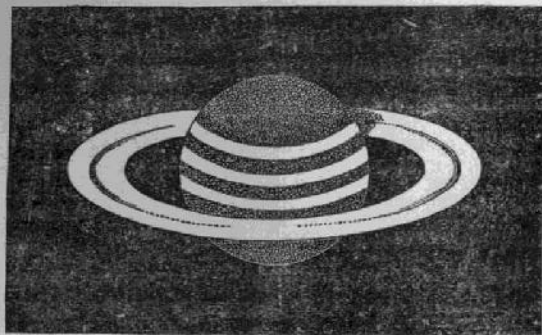


Fig. 23. — El Planeta Saturno.

Urano. — El Planeta Urano fué descubierto el 13 de Marzo de 1781 por William Herschell, astrónomo hannoveriano emigrado en Inglaterra. Así pues, los antiguos no conocieron ese astro. Se le puede ver á simple vista, y parece una pequenísima Estrella; su disco es un poco aplanado. Como tamaño equivale á 75 veces la Tierra, y su año, es decir, el tiempo que dura su revolución alrededor del Sol, es de 84 años terrestres.

No se sabe cuánto dura la rotación de Urano, cuerpo muy difícil de observar bajo ese punto de vista, pero se sabe que posee cuatro satélites.

El astrónomo Bouvard, después de haber calculado y publicado en 1821 las *tablas de Urano*, es decir, las posiciones del Planeta en las diversas épocas, halló que las indicaciones de la teoría no concordaban exactamente con las ob-

servaciones reales. (Urano no ocupaba realmente las posiciones indicadas por el cálculo). De ahí fué conducido dicho sabio á pensar que una acción extraña influía en su marcha. Según él, las divergencias de Urano se debían á la atracción de otro Planeta que circulaba alrededor del Sol en una órbita mayor que la suya.

« M. Leverrier se puso á buscar ese Planeta desconocido. Habiendo primeramente revisado el cálculo de las *perturbaciones* de Urano debidas á las acciones de Júpiter y de Saturno, halló importantes adiciones y modificaciones que hacer al conjunto de las perturbaciones que Bouvard había adoptado en 1821.

» Después de haber puesto en evidencia la imposibilidad de representar todas las observaciones de Urano, si se consideraba á ese Planeta como únicamente sometido á las perturbaciones originadas por Júpiter y Saturno, M. Leverrier *buscó el sitio que debía ocupar en el cielo el Planeta desconocido* capaz de producir las diferencias de posición de Urano. En 1846, dicho astrónomo llegó á indicar *por medio del cálculo* el lugar de ese Planeta, y M. Galle, astrónomo de Berlín, examinando el cielo en 23 de Setiembre de 1846, lo encontró casi exactamente en la posición indicada por la teoría. El nuevo Planeta recibió el nombre de Neptuno » (Delaunay).

Neptuno. — El Planeta Neptuno efectúa su revolución alrededor del Sol en 165 años terrestres; cada estación dura en ese astro 41 años. El calor y la luz que al mismo llegan son 900 veces menos fuertes que sobre la Tierra, y eso por causa de la distancia á que se halla del Sol.

Neptuno posee un satélite, y es el último Planeta conocido del mundo solar.

CUESTIONARIO.

¿Qué se entiende por Planetas exteriores?

¿Cuáles son las dimensiones de Marte comparadas con las de la Tierra?

Describe V. el planeta Marte.

¿Cuánto dura la rotación de ese planeta sobre su propio eje?

¿Cuántos satélites tiene Marte?

¿Quién es el sabio que ha descubierto los satélites de Marte?

¿Cuánto dura la revolución de Marte alrededor del Sol?

Diga V. lo que sepa sobre los Asteroides.

Describe V. el Planeta Júpiter.

¿Cuáles son las dimensiones de Júpiter comparadas con las de la Tierra?

¿Cuánto dura la rotación de ese planeta sobre sí mismo?

¿Cuánto dura la revolución de Júpiter alrededor del Sol?

¿Cuáles son los Planetas cuyas órbitas se hallan dentro de la órbita de Júpiter?

¿Qué astrónomo descubrió los satélites de Júpiter?

¿Para qué ha servido á los físicos el estudio de esos satélites?

Describe V. el planeta Saturno.

Diga V. lo que sepa sobre su anillo y sus satélites.

¿Cuál es el tamaño de Saturno comparado con el de la Tierra?

¿Cuánto dura la rotación de Saturno sobre su propio eje?

¿Cuánto dura su revolución alrededor del Sol?

¿Cómo se llamaba el sabio que descubrió á Urano?

¿Qué tamaño tiene Urano comparativamente á la Tierra?

¿En cuánto tiempo describe Urano su elipse alrededor del Sol?

¿Cuántos satélites tiene Urano?

Explique V. cómo, estudiando á Urano, llegó M. Leverrier á descubrir á Neptuno.

Diga V. lo que sepa sobre Neptuno.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Hacer resumir por los alumnos, por medio de una figura en la pizarra, el conjunto del mundo solar. Insistase de nuevo sobre el sentido de las palabras *órbita*, *elipse*, *polos*, *ecuador*, *zonas*, *eje*, etc. Completar esta lección con lecturas en las obras de astronomía popular. Hagase comprender la enorme potencia del cálculo que ha permitido descubrir un Planeta sin verlo. (El cuadro que sigue está sacado de la *Astronomie descriptive* de Flammarion et Delon, Hachette, editor).

NOMBRE DE LOS ASTROS.	DIMENSIONES COMPARADAS con las de la Tierra.	DISTANCIA AL SOL, medida en millones de leguas.	DURACIÓN DE LA ROTACIÓN alrededor del Sol.	DURACIÓN DE LA ROTACIÓN sobre el eje.	NÚMERO de los SATÉLITES.
SOL.....	1.280.000	"	"	25 días 1/2.	"
Planetas inferiores. MERCURIO.....	18 veces más pequeño.	14	88 días.	24 horas 5 min.	0
VENUS.....	De igual tamaño.	26	7 meses 1/2.	23 — 21 —	0
LA TIERRA.....	"	37	365 días 1/4.	24 horas.	1
MARTE.....	6 veces 1/2 más pequeño.	55	1 año y 11 meses.	24 horas 37 min.	2
LOS ASTEROIDES.	Muy pequeños.	entre 81 y 130	entre 3 y 6 años.	"	"
Planetas exteriores. JÚPITER.....	1.300 veces mayor.	192	12 años.	9 horas 55 min.	4
SATURNO.....	864 —	352	30 —	10 — 15 —	8 y 1 anillo.
URANO.....	75 —	710	84 —	Desconocida.	4
NEPTUNO.....	85 —	1.110	165 —	Desconocida.	1

V.

Los Cometas.

Los Cometas han excitado en todas las épocas el terror de los ignorantes y la atención de los astrónomos. Los antiguos experimentaban al verlos un miedo supersticioso; según las ideas del tiempo, esos astros anunciaban desastres próximos, la muerte de los príncipes, las inundaciones, las epidemias, etc. Nuestros viticultores, por el contrario, están persuadidos de que los Cometas ejercen una influencia saludable sobre la vegetación de las vides, y citan en apoyo de su opinión la magnífica cosecha de 1811, notable por su hermoso Cometa y la buena calidad de su vino.

Todo eso son errores y preocupaciones: los sabios han demostrado que los Cometas no ejercen ninguna influencia sobre la Tierra. Esos cuerpos, que pertenecen como los Planetas al *sistema solar*, son bastante conocidos, sobre todo después de los trabajos de los astrónomos modernos.

Órbitas de los Cometas. — Todos los Planetas que hemos estudiado circulan poco más ó menos en un mismo *plano*, que se denomina *plano de la eclíptica*. (Imaginaos una mesa, en el centro de esa mesa una bola de billar y, girando alrededor de esa bola, otras ocho mucho más pequeñas, semejantes á las que usáis cada día, y así tendréis una idea del sistema planetario; la mesa constituye en tal ejemplo el plano de la eclíptica).

De la misma manera que los Planetas, los Cometas giran alrededor del Sol, describiendo, como aquéllos, *elipses* uno de cuyos *focos* ocupa el Sol; pero esas elipses,

en vez de parecerse por su forma á las *circunferencias*, como las de los Planetas, son excesivamente ovales y prolongadas.

Otro carácter importante distingue la *órbita* de los Cometas, y es que esa *órbita* no se encuentra en el plano de la eclíptica; sería imposible hacer girar los Cometas sobre nuestra mesa al mismo tiempo que las bolas de que hablábamos hace un instante.

Cuando aparece en el cielo un Cometa, los astrónomos examinan con atención la curva que describe, el *ángulo* que esa curva forma con el plano de la eclíptica, y el momento preciso en que el Cometa ha pasado más cerca del Sol. En seguida pueden trazar el itinerario completo del astro, calcular su velocidad y dibujar toda su *elipse*, ó, como ellos dicen, *catalogarla* (fig. 24).

En 1682 apareció un hermoso Cometa que el astrónomo Halley estudió con arreglo al método que acabamos de indicar; ese sabio notó

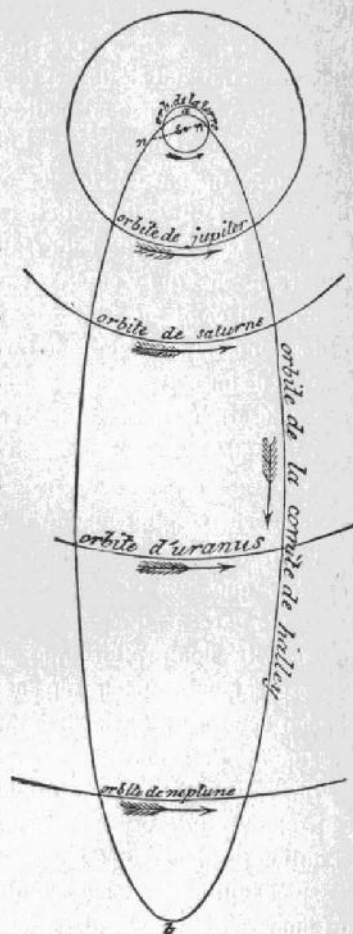


Fig. 24. — La órbita de los Cometas es una elipse muy prolongada.

entonces que los números hallados por él se parecían á los que Képler había asignado á un Cometa de 1607. Continuando sus investigaciones Halley notó que antes que Képler, Appiano había observado un Cometa en 1531, que presentaba las mismas cualidades que el suyo. De ahí dedujo que los Cometas de 1531, de 1607 y de 1682 eran un solo y mismo astro, que venía periódicamente cada 76 años, y predijo su vuelta para fines de 1758 ó principios de 1759. La predicción de Halley se realizó: el Cometa reapareció en 1759 y en 1833; ahora volverá á presentarse en nuestro cielo en 1911 ó á fines de 1910.

Los Cometas cuyo periodo ha sido determinado llevan el nombre de los astrónomos que los estudiaron. El Cometa de *Encke* describe su órbita en cerca de 3 años; el de *Biela* en 6 años $3/4$; el de *M. Faye* en 7 años $1/2$.

Constitución física de los Cometas. — Un Cometa no es un cuerpo sólido rodeado de una atmósfera gaseosa. El conjunto de las observaciones permite admitir, como hecho general, que aun el *núcleo*, es decir la parte más luminosa, que parece sin embargo presentar contornos determinados, está siempre formado por una masa gaseosa, y es tan escasamente opaco que las Estrellas de menos brillo pueden ser vistas á través del mismo, y no oculta aquéllas por delante de las cuales pasa.

Por tanto, un Cometa no puede ser comparado más que á un conjunto de *vapores*, á una *niebla* muy ligera, miles de millón de veces más ligera que nuestra atmósfera.

Eso es tanto más cierto, cuanto que de un día á otro puede un Cometa cambiar completamente de forma y de apariencia: la cabellera, es decir, la *cola* del Cometa se desarrolla, desaparece, cambia de forma ó de posición con una movilidad que no puede ser propia más que de una masa gaseosa.

Las figuras 25, 26, 27 y 28 representan diferentes formas sucesivas del Cometa observado por J. Herchell en 1835. Un mes después de su aparición, ese Cometa acabó por

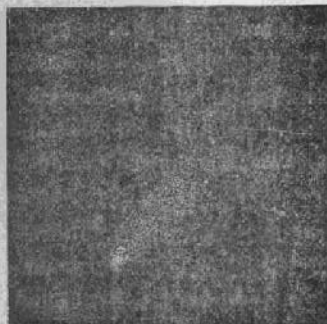


Fig. 25.



Fig. 26.



Fig. 27.

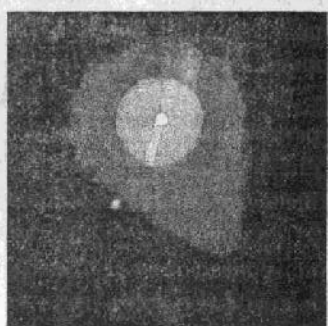


Fig. 28.

Diversos aspectos presentados por el Cometa de 1835, observado por J. Herchell.

reducirse á una pequeña nube globular, y poco á poco se hizo invisible. Las colas tienen dimensiones inmensas; de 60 millones de leguas, por 400.000 á 500.000 leguas de ancho. En consecuencia, sería imposible que la luz de una Estrella pudiese llegarnos á través de semejantes masas de

materia, si esta materia no fuese un vapor de tenuidad casi infinita.

Los Cometas no son luminosos por sí mismos, sino que reflejan la luz del Sol absolutamente como los Planetas. Esos cuerpos se vuelven pues, tanto más luminosos cuanto más se acercan al astro del día. Se debe observar también que la cola de los Cometas no se forma más que en las cercanías del Sol, al cual se opone siempre, como si el Sol la rechazara, obligándola á colocarse detrás del núcleo.

Se citan un número bastante grande de Cometas notables, por ejemplo el de 1811 y el de 1843. Este último tenía 38.000 leguas de grueso y un volumen igual á 1.700 veces el de la Tierra. Su cola alcanzaba una longitud de 61 millones de leguas y una anchura de 1.300.000 leguas. Pasó muy cerca del Sol (á 13.000 leguas), » no se acercó más que á 32 millones de leguas de la Tierra.

De una aparición á otra, dice M. Tissot, los Cometas periódicos ofrecen grandes diferencias en su forma, sus dimensiones y su brillo. Se ha observado, en el Cometa de Biela, el singular fenómeno de un desdoblamiento; el 21 de diciembre de 1845 no se manifestaba ningún indicio de separación, y el 27 del mismo mes había dos núcleos en lugar de uno solo.

Del 10 febrero al 22 de marzo de 1846, la distancia de los dos núcleos aumentó desde 60.000 á 62.000 leguas; cuando el Cometa volvió á presentarse en 1852 cerca del Sol, esa distancia era de 500.000 leguas, y cada una de las dos partes había tomado una forma redondeada. Desde entonces no se ha vuelto á ver á ese Cometa.

Los Cometas son muy influenciados en su marcha por la atracción de los Planetas, que pueden desviarlos más ó

menos. De ahí resultan retrasos que se producen en su periodo, y también cambios en su curva.

Todos los años se observan varios Cometas telescópicos, pero entre el gran número de esos astros observado, hay muy pocos cuyo periodo se conozca.

Se ha preguntado qué sería de la Tierra si chocara con un Cometa; es casi cierto que nuestro globo no sufriría por esa causa, por efecto de la extremada ligereza de dichos astros. Hé aquí en qué términos habla M. Faye del asunto:

« Los Cometas por sí no presagian ya nada. Todo lo más sirven á los viticultores para anunciar una buena cosecha y aumentar el precio de sus vinos. Y aun en tal caso dan aquéllos una razón completamente física, diciendo que los Cometas deben traer consigo algún calor y hacer madurar las uvas.

» Sin embargo, sería un error dar á esos astros un certificado de inocuidad y de insignificancia. Los Cometas son, para el astrónomo, no un presagio, sino una advertencia, pues nos dicen que en este admirable sistema del mundo en que todo parece haber sido organizado para una estabilidad indefinida, hay sin embargo que contar con lo imprevisto. Lo imprevisto aquí son los Cometas, cuya órbita corta la órbita terrestre y que pueden así chocar con nuestro globo.

» Ya sé que se ha tratado de tranquilizarnos haciendo ver que la posibilidad de semejante choque es casi infinitamente pequeña. Pero ese cálculo peca por la enumeración demasiado incompleta de las probabilidades favorables ó desfavorables. En esa época no se sospechaban ciertas relaciones íntimas entre esos astros y las Estrellas errantes que cada día nos bombardean. Se ha afirmado que la probabilidad de semejante choque sería poco más ó menos la de matar un ave que vuela con sólo tirar al aire casualmente. Más justo

sería tomar como término de comparación un individuo que circulase, á buena distancia, alrededor de una mira contra la cual dispararan de tiempo en tiempo algunos soldados desde puntos diversos del campo. »

Sea lo que fuere del choque de un Cometa, debo hacer observar que el sólo paso de uno de esos astros muy cerca de la Tierra, bastaría para alarmar los espíritus menos supersticiosos. El Cometa de Halley (el de 1682, de 1759, de 1835), volverá á principios del siglo próximo. Casi todos vosotros podéis jactaros de que lo veréis. Gracias á los cálculos de M. de Pontécoulant, nos hallamos en situación de señalar de antemano su marcha en el cielo. Pues bien, hacia mediados de junio en 1910 ese Cometa pasará cerca de nosotros mucho más cerca que en 1835. En esa época veréis que los poderes públicos tomarán sus precauciones y tratarán de calmar los pánicos.

« Probablemente, lo único que se producirá será una lluvia de Estrellas errantes. »

CUESTIONARIO.

- ¿Qué es un Cometa?
- ¿A qué errores y á qué preocupaciones han dado origen los Cometas?
- ¿Qué caracteres permiten distinguir los Cometas de los Planetas?
- ¿Cuál es la curva descrita por los Cometas?
- ¿Qué es el plano de la eclíptica?
- ¿Qué se entiende por catalogar un Cometa?
- ¿Cómo descubrió Halley la periodicidad del Cometa que lleva su nombre?
- Cite V. algunos Cometas periódicos.
- Diga V. lo que sepa sobre la constitución de los Cometas.
- ¿En qué momento son más luminosos los Cometas?
- ¿En qué dirección se encuentra la cola de los Cometas respecto del Sol?
- ¿Qué fenómeno notable se ha observado en el Cometa de Biela?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Lecturas y relaciones sobre los Cometas célebres de la antigüedad y de los tiempos modernos. Influencia de los prejuicios y de las supersticiones.

Insistir sobre la significación de la palabra *plano* y sobre la definición del *plano de la eclíptica*. Planos paralelos, planos secantes, etc. Cortense hojas de papel representando los planos y colóqueselas en diversas posiciones unas respecto de otras.

El descubrimiento de Halley, fruto de la *observación*. Método en las ciencias naturales.

A propósito de la constitución física de los Cometas, hablar de la *densidad*, del *peso*, de la *masa*, etc. Atracción universal



Los Cometas de 1881 y de 1882.

Los años 1881 y 1882 han sido particularmente notables por el brillo de sus Cometas. Hé aquí algunas noticias sobre esos Cometas recientes, que he tomado de *La Nature* (1), con objeto de transmitirlos. Estoy seguro de que esas relaciones os interesarán, así como las figuras que las acompañan.

El Cometa de 1881. — Todo París, toda Francia vieron aparecer súbitamente en la noche del jueves 23 de junio de 1881 un Cometa de deslumbradora cabellera, cuyo núcleo, brillante como una Estrella de primera magnitud, se destacaba sobre el resplandor del crepúsculo con más intensidad que todas las Estrellas de la misma región del cielo.

El nuevo astro fué visible toda la noche del 23 al 24 de junio; también lo fué todas las noches siguientes cuando el cielo se encontraba límpido; pero su brillo se extinguió pronto á medida que el Cometa se elevó hacia el norte.

El Cometa de 1881 fué descubierto el 23 de mayo en Córdoba (Estados de la Plata), por M. Gould, director del Observatorio, y por su segundo asistente, D. Quatterio Davis, y observado también el 29 de mayo en Río Janeiro, por M. Cruls; ese es el Cometa cuyas primeras observaciones transmitió á la Academia de ciencias de París el emperador del Brasil.

El astro de que hablamos volaba en el cielo con una vé-

(1) Masson, editor. Años 1882 y 1883.

locidad superior á la de la Tierra, que sin embargo recorre 106.000 kilómetros por hora, ó sean 29.450 metros por segundo. Probablemente ese Cometa es el de 1807 que se nos ha presentado sin que lo esperásemos. Tenía la forma de un abanico casi cerrado y un poco más largo por el lado izquierdo que por el derecho. Cuando

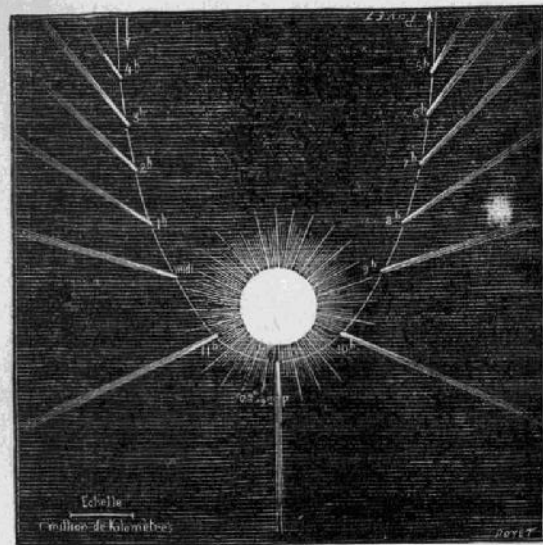


Fig. 29. — Paso del Cometa de 1843 cerca del Sol el día 24 de febrero.

presentó su máximo de extensión, la cola de ese Cometa alcanzaba una longitud de 10.000.000 de leguas. El Cometa de Donati (1858), media 22 millones de leguas, el de 1811, media 44 millones de leguas y el de 1843; más de 60 millones!

Para formarse una idea de la velocidad de los Cometas, basta con examinar la figura 29, que indica el camino recorrido precisamente por ese famoso Cometa de 1843,

durante el día 24 de febrero : ¡ de las nueve y media á las once y media de la mañana dió vuelta á la mitad del Sol ! Es probable que el Cometa de 1881, se nos presentará de nuevo en 1955, es decir, con un periodo de setenta y cuatro años, si no encuentra algún obstáculo que altere su curso (fig. 30).

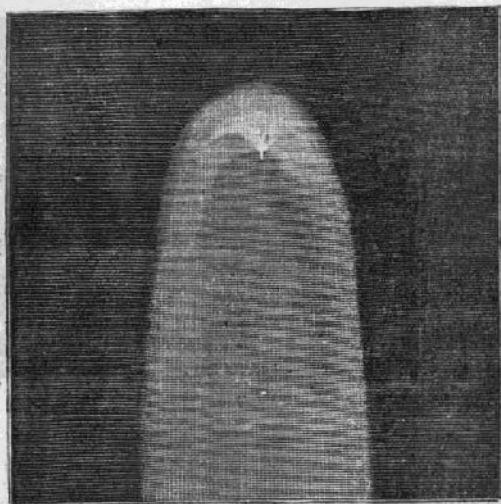


Fig. 30. — El Cometa de 1881, en 1.º de julio.

El gran Cometa de 1882. — El año de 1881 había visto pasar siete Cometas, uno de ellos grande ; pero el de 1882, más favorecido aún, vió el más hermoso del siglo. Desgraciadamente, la persistencia de las nubes ha estorbado mucho al observatorio de París, y hay que recurrir al Mediodía para tener la descripción del admirable astro. En París no se le percibió claramente más que un mes después de haber sido descubierto.

Según todos los observadores de España, de Portugal y

de las Indias, ese Cometa presenta un interés de primer orden, un aspecto magnífico ; entre los centenares de astros análogos que han iluminado el cielo, ese Cometa ha sido el único visible claramente en pleno día y á proximidad del Sol (fig. 31).

Parece que desde el 17 de setiembre de 1882, se le había observado en el cabo de Buena Esperanza. En Viena y en

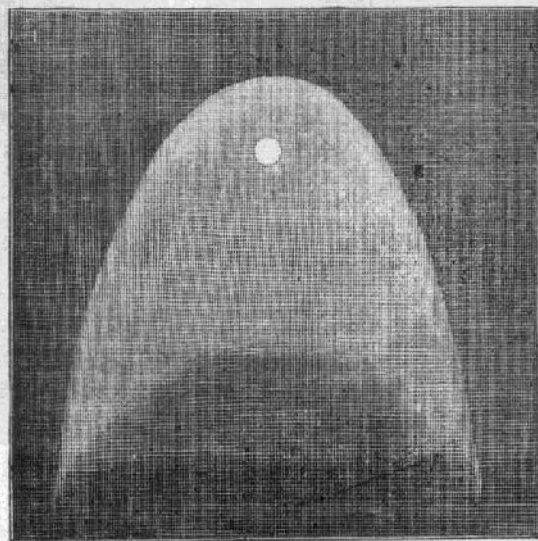


Fig. 31. — El gran Cometa de 1882 visto en España el 18 de setiembre en pleno mediodía.

Bruselas, los astrónomos que lo estudiaron declaran que ese gran Cometa es el más resplandeciente que ha brillado en el cielo en nuestra época.

No se conocen más que diez Cometas que hayan sido vistos durante el día por observadores dignos de fe.

« Esos astros memorables son : el Cometa de 43 antes de

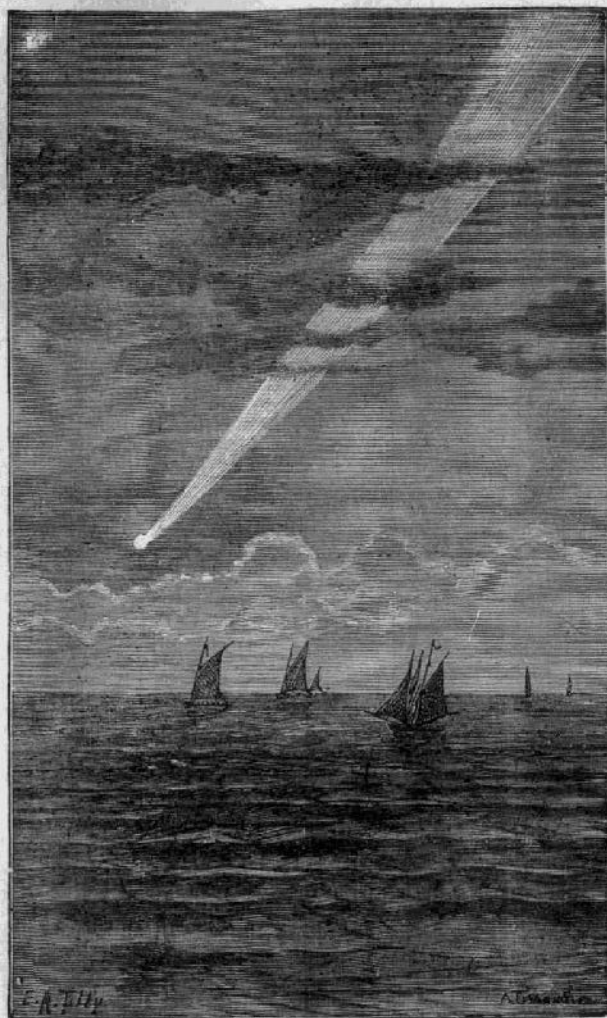


Fig. 32. — El gran Cometa de 1882 a su salida el 25 de setiembre en la embocadura del río de la Plata (M. Jacquet).

J. C., que los romanos creyeron ser el alma de César, poco hacía muerto por los puñales de Bruto y de Casio; el del sitio de Jerusalén, en el año 70; los dos Cometas del año 1402; los de los años 1532, 1577, 1618 y 1744, el de 1843 y, por último, el Cometa de 1882» (Flammarión).

La figura 32 ha sido ejecutada por un oficial de marina, M. L. Jacquet, sobre el puente del paquebot el *Niger*, en la embocadura del Río de la Plata, y representa el Cometa el 25 de setiembre de 1882. «El 25 de setiembre por la mañana, dice ese oficial, en el trayecto de Buenos Aires á Montevideo, después de un golpe de viento sur, con una atmósfera perfectamente pura, asistí al espectáculo, que no se borraré de entre mis recuerdos, de la salida de ese gran Cometa. Á las cuatro y treinta minutos cuando apareció el núcleo sobre el horizonte, el espectáculo en todo su brillo fue arrebatador, por su extraña magnificencia. Todos los timoneles y los hombres de cuarto, recurrían, al contemplarlo, á las más enérgicas expresiones de su pintoresco lenguaje para manifestar lo que sentían. El núcleo era brillante como una estrella de primera magnitud, sin cola, y la cola se alargaba como un cono de metal en fusión. Hubiérase dicho un penacho deslumbrador, ó más bien, un haz brillante de hilos de oro, cuya parte superior se prolongaba á lo lejos. La parte inferior se prolongaba también, pero poco. El Cometa estaba muy inclinado sobre el horizonte y se extendía hacia el norte. Cada mañana, cuando el estado del cielo lo permitía, el Cometa era perfectamente visible; pero su magnitud disminuía sensiblemente.»

El Cometa de 1882 no tiene periodo definido; ni los astrónomos ni el público lo esperaban y por eso dejó sin duda una impresión profunda.

CUESTIONARIO.

Detalles sobre los Cometas.

Revisión del capítulo I, el Mundo solar.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Al concluir esta lección, el profesor hará un resumen del capítulo entero, trazando un cuadro general del sistema á que sirve de centro el Sol. Háblese de éste, de los Planetas, de los Satélites y Cometas. Hágase comprender la posición de la Tierra en ese conjunto y sus relaciones con los demás astros.

CAPITULO II.

LA LUNA.

I. *conjunto del*

Descripción de la Luna.

Puesto que ya conocemos el conjunto del *mundo solar*, vamos á estudiar con más detalles la región que nos interesa especialmente, es decir la que ocupan la Tierra y la Luna, su compañera inseparable.

Dimensión de la Luna. — La Luna es un pequeño Planeta que describe una órbita elíptica, uno de cuyos focos ocupa la Tierra, pero su elipse es poco prolongada y se parece mucho á una circunferencia.

La Luna acompaña á la Tierra en su viaje alrededor del Sol, es su *satélite*, y su distancia á la misma sólo sube á 96.000 leguas, cifra reducidísima si se la compara con las que hemos indicado hablando de los restantes astros; nuestros más poderosos instrumentos nos permiten verla como si se encontrase á 50 leguas. La Luna es cuarenta y nueve veces más pequeña que la Tierra; si repetimos la comparación que nos ha servido para el Sol, diremos que en un montón de cincuenta granos de trigo, uno representa la Luna y los otros cuarenta y nueve la Tierra.

En la figura 33, el *disco* grande es la *proyección sobre un plano* de la *esfera* terrestre, y el pequeño la proyección de

la esfera lunar. Dadas las proporciones de esa figura, habría que colocar el círculo menor á 64 centímetros del otro para representar exactamente la distancia de la Tierra á la Luna, y si quisiéramos añadir el Sol, habría que trazar un tercer círculo de 2^m,50 de *diámetro* y colocarlo próximamente á 260 metros de distancia de los otros dos.

La Luna efectúa una revolución completa alrededor de

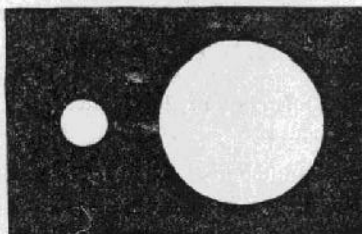


Fig. 33. — Magnitudes relativas de la Tierra y de la Luna.

la Tierra en veinte y nueve días y medio (*mes lunar*); su velocidad es poco más ó menos de 1 kilómetro por *segundo*.

La Luna pesa ochenta veces menos que la Tierra, es decir, que si se colocase la Tierra en el platillo de una balanza, se necesitarían ochenta lunas para mantener el aparato en equilibrio.

Aspecto de la Luna. — Si se examina la Luna durante una hermosa noche de verano, lo primero que nos choca es el brillo tranquilo y suave de su luz. Esta luz no pertenece á la Luna, que no hace más que enviarnos la que le viene del Sol, constituyendo un espejo que *refleja* los rayos luminosos que recibe, pero que es incapaz de producirlos por sí mismo. Para indicar eso en dos palabras, los astrónomos dicen que la Luna no tiene *luz propia*.

Con frecuencia se ha comparado la Luna á una cara pálida que se deja ver en el cielo durante la noche; con un

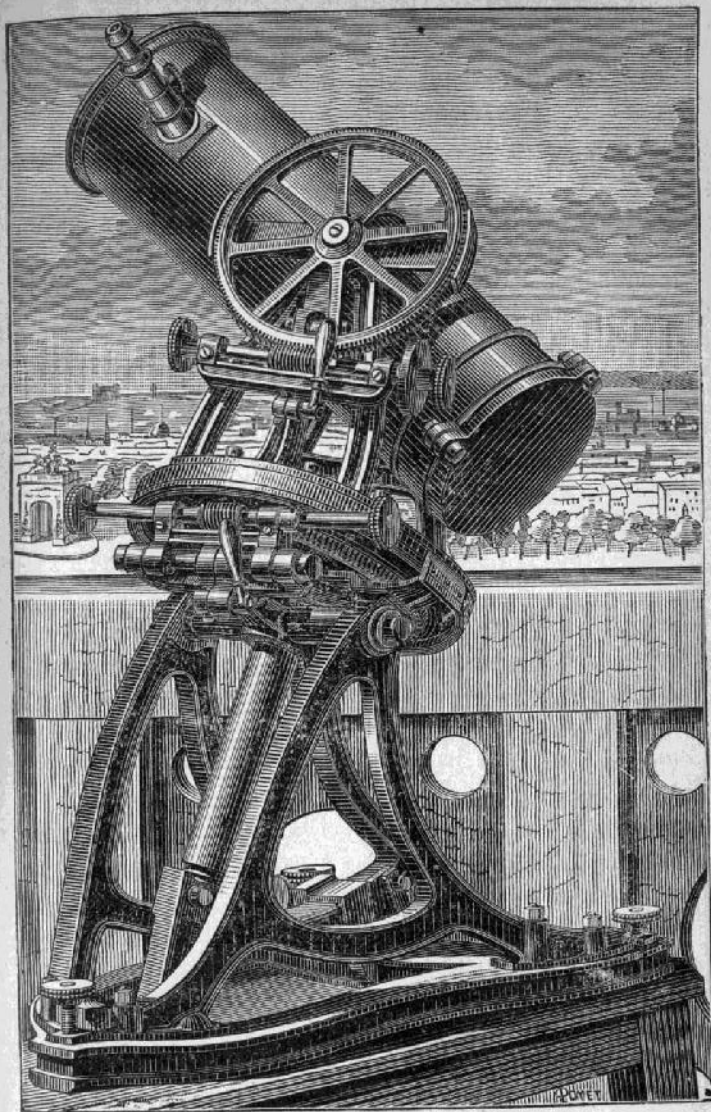


Fig. 34. — El Telescopio del observatorio popular del Trocadero en París.

poco de buena voluntad se le encuentra una nariz, una boca y también unos ojos; lo que produce en los niños esa ilusión son unas manchas muy interesantes.

Miremos con un anteojo ó con un telescopio. Con tal motivo debo deciros que nunca se debe perder una ocasión de mirar el cielo con tales instrumentos; los pobres diablos que alquilan sus anteojos en los sitios públicos para ver los astros prestan un servicio real y ganan su dinero mejor que otros muchos industriales ambulantes.

Tal vez llegará un día en que cada maestro de escuela tendrá en su poder un anteojo de regular aumento con el cual podrán los niños examinar los astros. En París existe un magnífico observatorio popular donde puede ir á instruirse todo el mundo : está situado en el Palacio del Trocadero (fig. 34), y lo ha fundado M. León Jaubert, un profesor infatigable que debería encontrar imitadores en todas las grandes ciudades.

Miremos, pues, el astro de las noches en un anteojo, sobre todo en el momento que se denomina de la luna nueva (fig. 33). Observaremos que está erizado de montañas. Las sinuosidades y las irregularidades de los bordes acusan claramente las rugosidades de la superficie lunar. Las partes del astro iluminadas por el Sol están sembradas de numerosas cavidades circulares ú ovals limitadas por una especie de muros, y la sombra que éstos dan dibuja vigorosamente el relieve. Las montañas de la Luna son volcanes apagados (fig. 36); se les reconoce fácilmente, porque se parecen en todo á nuestros volcanes terrestres, teniendo como ellos la forma de vastos *circos* en los que se hallan colocados interiormente los conos de erupción.

Por medio de procedimientos geométricos bastante simples, los astrónomos han podido medir la altura de las

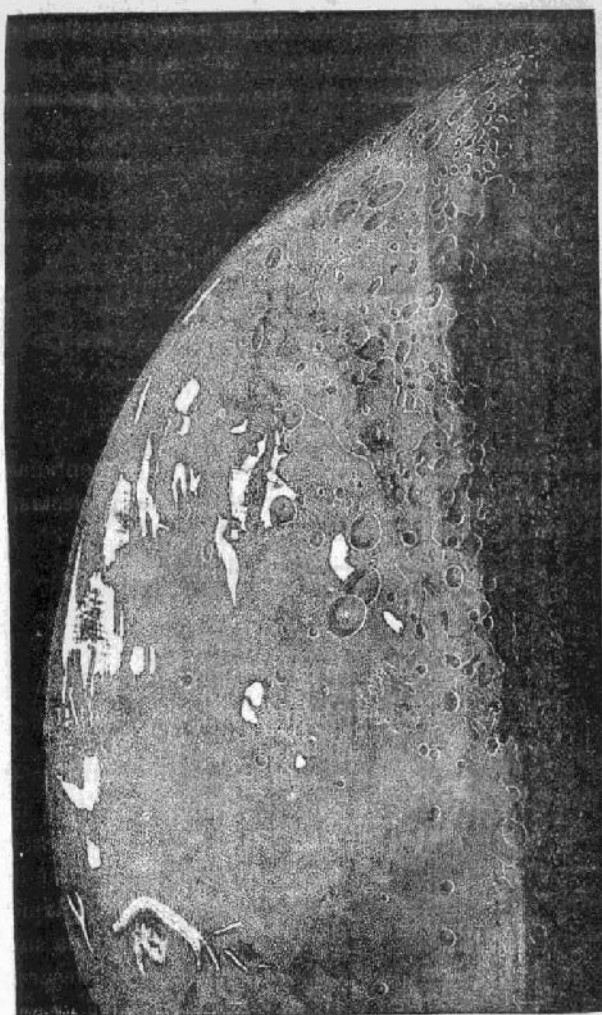


Fig. 35. — Aspecto de la Luna nueva vista con un anteojo.

montañas de la Luna, entre las que existen varias que alcanzan alturas considerables, sobre todo si se tienen en cuenta las pequeñas dimensiones del astro : se han encontrado una veintena más altas que el Monte Blanco (4.800 metros).



Fig. 36. — Una de las montañas de la Luna.

El astrónomo Riccioli ha dado nombres á las montañas de la Luna, de las que actualmente existen cartas perfectas.

El monte Dorfel	tiene	7.603 metros.
— Newton	—	7.264 —
— Casatus	—	6.769 —
— Curtius	—	6.769 —
— Calippus	—	6.216 —
— Tycho	—	6.151 —
— Huyghens	—	5.550 —

El relieve de los montes más elevados alcanza la 400ª parte del diámetro de la Luna, mientras que nuestras montañas apenas llegan á la 1500ª parte del diámetro terrestre. Las cartas de la Luna y las alturas de las montañas de nuestro satélite han sido determinadas más exactamente que las de la Tierra, y de seguro conocemos mejor la superficie de la Luna que la de nuestro globo. Por desgracia, nuestra curiosidad sólo queda á mitad satisfecha, pues la Luna no nos presenta nunca más que un hemisferio, é

ignoramos en absoluto la estructura de la otra faz lunar, ya diremos por qué en la próxima lección.

Volviendo á la parte que conocemos, no tenéis más que comparar las dos figuras 37 y 38, y os convenceréis por vosotros mismos de la semejanza evidente que existe entre los volcanes de la Luna y los de la Tierra.

La figura 37 representa un punto de la superficie lunar, y la figura 38 representa el monte Vesubio con los pequeños ráteres que lo rodean; No es verdad que las dos cartas parecen reproducciones de países cercanos?

Los circos formados por los cráteres de la Luna son mucho más vastos que los de los cráteres volcánicos terrestres, pareciéndose á nuestros mayores cráteres de levantamiento. « Entre las mayores montañas circulares de la Luna, dice M. Delaunay, se pueden citar Tycho y Arquímedes que tienen, la primera 91.200 metros, y la segunda 87.500 metros de diámetro; á partir de ahí se les encuentra de todas dimensiones, hasta que llegan á ser demasiado pequeños para que se les pueda distinguir con los anteojos. Como términos de comparación tomados sobre la Tierra, podemos citar el circo de la isla de Ceilán, cuyo diámetro es de 70.000 metros, el de Oisans (Delfinado), cuyo diámetro es 20.000 metros y el circo del Cantal (Auvernia) cuyo diámetro es de 10.000 metros.

En cuanto á los volcanes terrestres, sus diámetros son mucho menores : el del Etna, en su máximum, ha sido de 1.500 metros; el del Vesubio no ha alcanzado más que 700 metros, el del Puy de Pariou (volcán apagado de Auvernia) es sólo de 310 metros. »

Entre los volcanes lunares existen grandes llanuras, á las cuales se ha dado con mucha impropiedad el nombre de mares, por más que no contengan ni una sola gota de agua.

La Luna no posee atmósfera ni mares. — En la super-

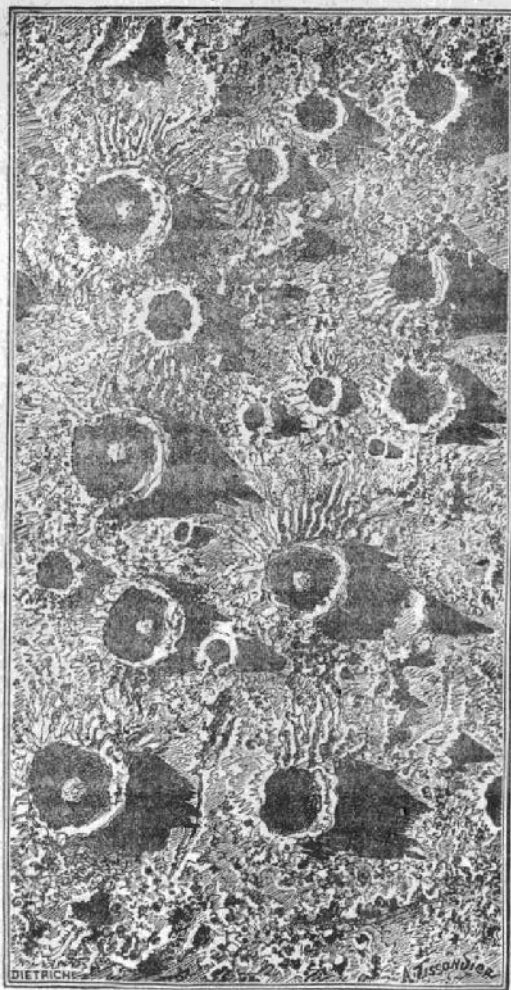


Fig. 37. — Un punto de la superficie lunar.

ficie de nuestro satélite no hay ni aire ni agua; la Luna es,

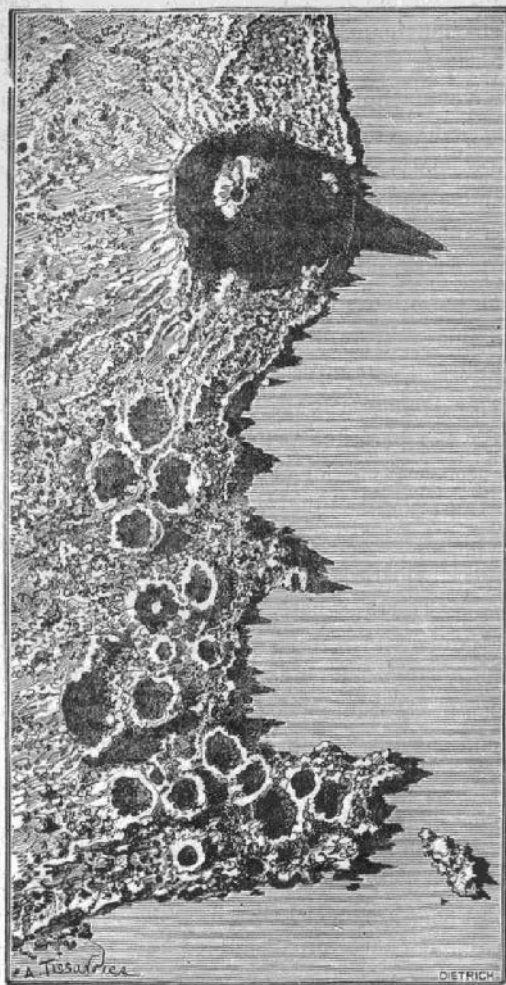


Fig. 38. — El Vesubio y los campos que lo rodean.

por tanto, un Planeta inhabitable, por lo menos para seres organizados como nosotros lo estamos.

Los físicos han demostrado que cuando un rayo de luz entra en el aire, se desvía de su dirección primitiva. Ahora bien, los rayos del Sol que rozan la superficie de la Luna no se han desviado nunca, y no producen sobre este astro ni aurora ni crepúsculo, lo que sería una prueba de su desviación; luego en la Luna no hay aire.

Los rayos de luz que parten de las estrellas colocadas detrás de la Luna, no se desvían tampoco más que los del Sol, cuando pasan rozando al disco lunar.

Nunca, ni aun durante los eclipses, ha presentado la Luna una aureola luminosa, como la que produce la atmósfera de Venus cuando este Planeta pasa delante del Sol; así es que nada nos permite creer en la existencia de una atmósfera gaseosa alrededor de nuestro satélite. En cuanto á la ausencia de agua, es todavía más fácil de demostrar.

Si hubiese agua en la Luna, este agua, bajo la acción de los rayos solares, se transformaría en vapor, como lo hace el agua de la Tierra, y daría origen á nieblas ó nubes que nos ocultarian en ciertos momentos porciones más ó menos extensas de la superficie de la Luna. Ahora bien, nunca se ha producido ese fenómeno; el disco lunar resplandece siempre con el mismo brillo, y no presenta manchas móviles que oculten sus cráteres para descubrirlos en seguida, lo que harían las nubes circulando en una atmósfera. Por lo demás, si hubiese agua en la Luna, habría necesariamente una atmósfera porque el agua se evaporaría y formaría una: entonces existiría ciertamente la aureola de que hablábamos hace un instante. Puesto que no hay atmósfera en la Luna, no se oye en su superficie ningún sonido, porque las ondas sonoras no se propagan en el vacío.

Los volcanes lunares han podido verter torrentes de lava y lanzar sobre las llanuras vecinas millares de bombas volcánicas; todos esos fenómenos se han efectuado *sin el menor ruido*. Los físicos practican una experiencia muy curiosa para probar que el sonido no se propaga en el vacío: toman un globo de vidrio A (fig. 39) en el cual se halla suspendida una pequeña campanilla S. Mientras hay aire en el globo, se oye el sonido de la campanilla; pero si se retira el aire haciendo comunicar el tubo B con una máquina pneumática, la campanilla deja de sonar. Después de eso, si se hace que el aire entre de nuevo por la llave R, el sonido se va haciendo cada vez más perceptible.

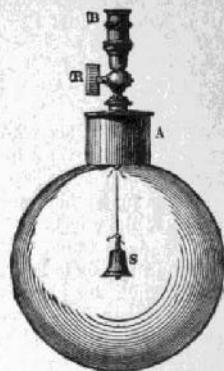


Fig. 39. — El sonido no se propaga en el vacío.

CUESTIONARIO.

- ¿Cuál es la forma de la órbita de la Luna?
- ¿A qué distancia de la Tierra se halla la Luna?
- Compare V. el tamaño de la Luna con el de la Tierra.
- ¿Cuál es la duración del mes lunar?
- ¿Cuál es aproximadamente la velocidad de la Luna en su movimiento de revolución alrededor de la Tierra?
- Compare V. el peso de la Luna con el de la Tierra.
- ¿Posee la Luna luz propia?
- Describe V. el aspecto que presenta la Luna en los instrumentos.
- Diga V. lo que sepa sobre las montañas de la Luna.
- Compare V. las alturas de esas montañas con el diámetro de la Luna y las alturas de las montañas de la Tierra al diámetro terrestre.
- Insista V. sobre los circos y los mares de la Luna.
- Demuestre V. que la Luna no posee atmósfera.
- Demuestre V. que tampoco posee agua.

¿Se propaga el sonido en el vacío?

Describe V. la experiencia que los físicos practican para probar que el sonido no se propaga en el vacío.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Trazar elipses acercando los focos hasta llegar á describir la circunferencia. Hágase ver á los alumnos que es imposible aumentar indefinidamente el tamaño aparente de la Luna por medio de los instrumentos, porque la luz se hace cada vez más débil á medida que se agranda la superficie del disco. Á propósito de las magnitudes comparadas de la Tierra y de la Luna, explicar cómo podría la bolita representada por el pequeño disco de la figura entrar 49 veces en la bola representada por el disco grande; los jóvenes hacen siempre la objeción de que *no se pueden hacer 49 pequeños redondeles lunares en el disco terrestre*. Diferencia entre la superficie del disco y el volumen de la esfera que el mismo representa, etc. Las superficies y los volúmenes; referencias al sistema métrico.

La densidad de la Luna. — Intensidad de la gravedad sobre los diferentes astros, influencia de la masa en los fenómenos de atracción (Estas nociones pueden ser expuestas fácilmente en lenguaje elemental é interesar vivamente á un auditorio de niños).

Nociones generales sobre los volcanes y los levantamientos de terreno. — Medida de las alturas de puntos inaccesibles, agrimensura, topografía; descripción de algunos instrumentos empleados por los geómetras.

Á propósito de la falta de atmósfera en la Luna, hablar de la refracción y reflexión de los rayos luminosos; hacer algunas experiencias de refracción (la moneda en el fondo de una palangana, el palo que parece roto en el agua, los prismas, etc.) y algunas experiencias de reflexión con espejos dispuestos en la clase. Á propósito de la ausencia de agua en la Luna, formación de los vapores en el vacío. — Consecuencias de la ausencia de atmósfera, nociones sobre la propagación de las ondas sonoras.

II.

Las fases de la Luna. — Fenómeno de las mareas.

Durante su viaje alrededor de la Tierra, la Luna no se nos presenta siempre bajo el mismo aspecto, sino que tan pronto tiene la forma de un hermoso disco del tamaño del Sol, como es un semi-disco ó un sector.

(Si el disco lunar nos parece tan grande como el Sol, es sencillamente porque la Luna se encuentra á 96.000 leguas de la Tierra, mientras que el Sol se halla á 37.000.000 de leguas: ya sabéis que entre los dos astros hay una diferencia de magnitud enorme y que no cabe compararlos entre sí).

Se ha dado el nombre de fases á los diversos aspectos bajo los cuales se nos presenta la Luna.

Explicación de las fases de la Luna. — Para comprender las fases de la Luna, podéis hacer vosotros mismos una experiencia muy sencilla.

1°. Tomad una esfera de juego de bolos, y cubridla de blanco con un pedazo de yeso; colocaos en seguida delante de una lámpara provista de un globo de vidrio opaco, y mantened la bola suspendida *entre vosotros y la lámpara*.

Es evidente que en esta posición la bola volverá hacia vosotros su cara no iluminada y no os enviará por reflexión la luz de la lámpara.

2°. Colocad ahora la bola *detrás de la lámpara*. Entonces aquella reflejará la luz y se os presentará como un disco blanco.

3°. Ponedla, *á la derecha de la lámpara*, y veréis una de sus

mitades iluminada y la otra oscura; el mismo hecho se producirá si la colocáis á la izquierda, pero la parte iluminada no seguirá vuelta hacia el mismo lado. La bola ha presentado fases. Por lo demás, vais á daros cuenta de todo esto examinando la figura 40.

El punto T colocado en el centro de la figura representa

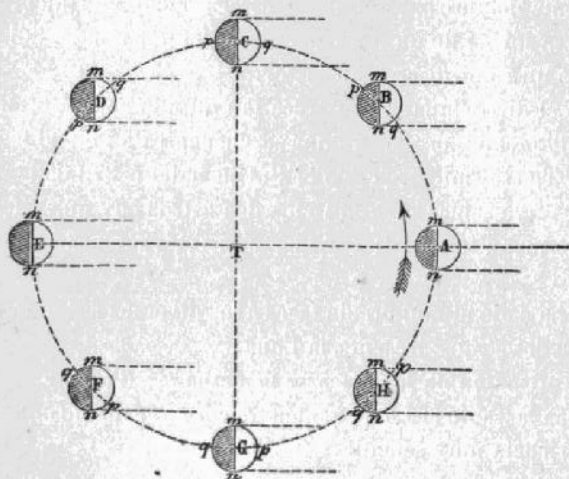


Fig. 40. — Explicación de las fases de la Luna. Se supone que el Sol está a la derecha de la figura y la Tierra en T, en el centro de la órbita lunar.

la posición de la Tierra en el centro de la órbita de la Luna. Se supone que el Sol está muy lejos hacia la derecha, y la flecha indica el sentido de la revolución de la Luna alrededor de la Tierra.

Consideremos primeramente la Luna en A; entonces vuelve hacia la Tierra su parte oscura, y es invisible para nosotros. Cuando la luna se encuentra en esa posición, la noche sólo está iluminada por el resplandor de las estrellas, y se dice que hay *Luna nueva*.

En la posición E, por el contrario, la Luna vuelve hacia la Tierra su disco enteramente iluminado: entonces hay *Luna llena*.

Las posiciones C y G son llamadas *cuartos*; la Luna vuelve hacia la Tierra en ese momento su disco, medio iluminado, medio oscuro. Las otras posiciones B, D, F, H, inter-



Fig. 41. — Huso que sigue a la Luna nueva.



Fig. 42. — La Luna en la posición B de la fig. 40.



Fig. 43. — La Luna en la posición C, 1º. cuarto.

mediarias son los *octantes*. (En todos los casos la parte iluminada de la Luna indica evidentemente la parte del cielo donde se halla el Sol).

Cuando la Luna va de la Luna nueva á la Luna llena, se dice de ella que *crece*; así es que la primera mitad del



Fig. 44. — La Luna en la posición D.



Fig. 45. — La Luna llena. Posición E.



Fig. 46. — La Luna llena en la posición F.

mes lunar se pasa en luna creciente. El término es perfectamente exacto, puesto que significa que la Luna, invisible en la posición A (fig. 40), pasa á la posición B donde se hace visible, apareciéndose primero como un delgado huso (fig. 41), que se agranda (fig. 42), llega al primer cuarto creciente C (fig. 43), aumenta aún más, D, (fig. 44) y llega por último á la Luna llena, E (fig. 45),

Á partir de la Luna llena hasta la Luna nueva, es decir,

durante la segunda mitad del mes lunar, la Luna *mengua*: su disco se reduce á F (fig. 46) el segundo cuarto menguante G llega (fig. 47), luego el último octante H (fig. 48); un huso semejante al primero, pero vuelto en sentido con-



Fig. 47. — La Luna en la posición G, último cuarto.



Fig. 48. — La Luna en la posición H.



Fig. 49. — Huso que precede a la Luna nueva.

trario, se presenta de nuevo á la vista de los habitantes de la Tierra (fig. 49), y la Luna desaparece.

Todo eso ocurre en 29 días y medio.

Á menudo se dice que la Luna está en *conjunción* cuando se halla entre el Sol y la Tierra, es decir en el momento de la Luna nueva, y en *oposición*, cuando la Tierra se encuentra entre ella y el Sol, es decir en la Luna llena.

También oiréis algunas veces llamar *sicigias* á las dos posiciones de la Luna nueva y de la Luna llena (A y E), y *cuadraturas* á las posiciones de primero y último cuarto (C y G, fig. 40).

Si queréis distinguir por vosotros mismos las fases de la Luna, retened bien la regla siguiente que los marineros enseñan á los grumetes: cuando la convexidad de la Luna está vuelta como para escribir la letra D, que es la primera del verbo *decrecer* (fig. 41, 42, 43 y 44) la Luna miente, pues entonces *crece*; y cuando la convexidad está vuelta como para escribir la letra C, con que empieza el verbo *crecer* también miente la Luna, puesto que en ese momento *decrece* (mengua). Con un poco de hábito reconoceréis también según la magnitud y la dirección del trozo de Luna iluminado, el día del mes lunar, ó, como se dice: la *edad de la Luna*.

La luz cenicienta. — Á veces, cuando la Luna no deja ver más que un simple huso, si se la mira después de la puesta del Sol, se distingue con bastante claridad todo su disco. La débil luz que la ilumina ha sido llamada *luz cenicienta* (fig. 50). — En este caso, el huso muy luminoso está alumbrado por el Sol, y el resto del disco por la Tierra. Hé aquí cómo los astrónomos explican ese notable fenómeno:



Fig. 50. — La luz cenicienta.

La Luna envía á la Tierra la luz que aquélla recibe del Sol, y de ese modo es cómo nos alumbramos durante la noche. Pero la Tierra debe actuar de la misma manera respecto de la Luna. La Tierra, iluminada por el Sol, debe reflejar sobre la Luna una parte de la luz que recibe.

Para un observador colocado sobre la Luna, la Tierra presenta fases enteramente semejantes á las de la Luna; la Tierra debe, pues, iluminar las noches de la Luna, é iluminarlas más ó menos según la fase en que se encuentre.

Se reconoce sin trabajo (suponiendo que la Tierra se halle en T de la figura 40 é iluminada por consiguiente por la derecha como la Luna), que al llegar la Luna nueva, habría Tierra llena para un observador colocado en la Luna y que mirara nuestro Planeta. Así pues, en el momento de la Luna nueva es cuando el hemisferio de la Luna no iluminado por el Sol recibe mayor cantidad de luz de la Tierra.

Según eso se comprende que, durante cierto tiempo antes y después de la Luna nueva, nuestro satélite pueda recibir de la Tierra luz suficiente para que nosotros lo veamos (De launay).

En el momento en que se examina la luz cenicienta, se

produce una ilusión de óptica bastante curiosa; el disco débilmente iluminado parece demasiado pequeño para ser la continuación de la media luna luminosa. Esa es una consecuencia del fenómeno llamado *irradiación*, en virtud del cual, de dos objetos de dimensiones iguales, el más iluminado parece mayor. La figura 51 representa dos círculos iguales, lo que se puede comprobar con el compás, y, sin embargo, á primera vista el círculo blanco parece más grande.

La luna nos presenta siempre la misma cara. — En el tiempo preciso que tarda en girar alrededor de la Tierra, la Luna efectúa una revolución completa sobre sí misma; por

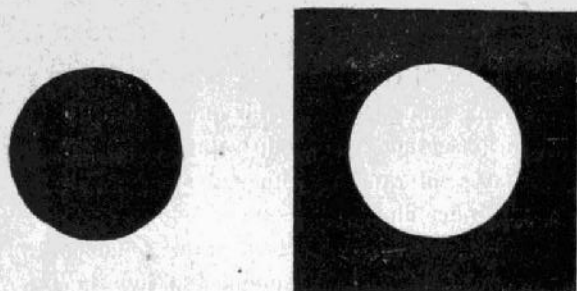


Fig. 51. — De dos círculos iguales, el más iluminado parece mayor.

lo que nos presenta siempre la misma cara. Un observador colocado en el Sol conocería la Luna por todos lados. Para representar ese hecho, sirvámonos de una comparación.

Supongo que una persona se coloca en el centro de un salón, debajo de la araña, mirando á una pareja que al compás de la música da vuelta á la estancia bailando.

La araña es el Sol, el bailarín la Tierra, y la señorita la Luna.

La bailarina da vueltos alrededor de su galán, que la ve

siempre de cara. Pero la persona que se encuentra debajo de la araña ve á la misma señorita, ya por delante, ya de lado, ya por la espalda. Del mismo modo, el Sol ve la Luna por todas sus partes é ilumina sucesivamente cada uno de sus puntos, y la Tierra no ve más que un solo hemisferio de su satélite.

Efectos de la atracción lunar sobre los mares. — La Tierra atrae la Luna y la mantiene en su órbita, pero la Luna ejerce también su atracción sobre la Tierra; esta atracción eleva las aguas del Océano.

Si habéis estado en las orillas del Atlántico, sabéis de seguro que la mar sube sobre la ribera durante unas 6 horas, lo que constituye el *flujo*, y que en seguida baja durante otras 6, lo que se llama el *reflujo*. (Entre dos momentos de *marea alta* ó *pleamar* hay exactamente 12 horas y 25 minutos.)

Las mayores mareas se producen cuando la Luna, la Tierra y el Sol se encuentran poco más ó menos en la misma línea, es decir, en los sicigias (Luna nueva y Luna llena). Las más bajas en las cuadraturas (durante los cuartos) Esto demuestra que la Luna no es la única que ejerce acción sobre la mar, sino que la atracción solar contribuye también al fenómeno de las mareas. En efecto, cuando el Sol atrae el agua en el mismo sentido que la Luna, es cuando se verifican las mareas de *agua viva*, y cuando aquél contraría la acción lunar, ocurren las mareas de *agua muerta*. Esos términos empleados por los marinos, significan, el primero, que la mar sube mucho, y el segundo que sube poco.

El Sol atrae las aguas de los Océanos dos veces menos que la Luna, por causa de la gran distancia que lo separa de nosotros.

Los mares interiores, como el Mediterráneo, no tienen

mareas. Sólo el Océano ó los mares que se encuentran en gran comunicación con él son los que presentan ese fenómeno.

En la embocadura de los ríos la marea remonta rápidamente la corriente, y se produce una ola grande, que lucha contra el agua dulce y que es la *barra*. En el Sena, al llegar las *mareas de equinoccio*, que son las más hermosas del año, esa barra produce un efecto espléndido. Se le puede observar en Caudebec, por ejemplo, y se le da el nombre de *mascaret*.

Muchos amantes de la naturaleza hacen el viaje de París á Caudebec para asistir á ese espectáculo magnífico, dos veces por año, el 21 de Marzo y el 21 de Setiembre.

CUESTIONARIO.

¿Qué entiende V. por fases de la Luna?

Indique V. una experiencia que pueda dar una idea de las fases.

Explique V. las fases de la Luna por medio de una figura.

¿Cuándo hay Luna nueva?

¿En qué momento se produce la Luna llena?

¿Qué se entiende por cuartos y octantes?

¿Qué significan las palabras crecer y menguar?

¿Qué se entiende por sicigias y cuadraturas?

Dibuje V. la Luna en su primer cuarto ó cuarto creciente.

Dibuje V. la Luna en su último octante, etc.

¿A qué se llama luz cenicienta?

¿Qué es lo que la produce?

Haga V. ver, por medio de una comparación, el movimiento de la Luna en el espacio, alrededor de la Tierra y alrededor del Sol.

Explique V. el fenómeno de las mareas.

¿Qué es el flujo y á qué se llama refluo?

¿En qué épocas son mayores las mareas?

¿A qué se llama en Francia *mascaret*?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Insistir mucho tiempo sobre las fases de la Luna. Efectuar las experiencias indicadas por el asunto.

Á propósito de la luz cenicienta, tomar dos espejos y colocarlos de modo que se envíen mutuamente varias veces la luz de una lámpara ó de una bujía.

Experiencias sobre la irradiación. — Lecturas y relaciones sobre el *mascaret*, las grandes mareas, etc.

III.

Lo que se debe pensar de la influencia de la Luna sobre el tiempo.

M. Faye, del Instituto, ha hecho, relativamente á la influencia de la Luna sobre el tiempo, una lección que creo útil vulgarizar. Los errores y las preocupaciones tienen una fuerza vital tan notable, que conviene apoyarse en la autoridad de los grandes sabios para desvanecerlos.

Hé aquí los términos en que se ha expresado el ilustre astrónomo :

Á menudo se oye decir á personas inteligentes : « El tiempo es abominable : siempre borrascas, siempre la lluvia. Felizmente estamos al fin de la Luna, y con la nueva habrá un cambio de tiempo. »

La creencia en la acción de la Luna se encuentra también entre los marinos, para los cuales esta cuestión tiene gran importancia; así es que cuando uno manifiesta incredulidad sobre el particular, le responden : « Sin embargo, todos los marinos son de ese parecer. »

Otras personas tienen también vivo interés en no engañarse en la previsión del tiempo. Tales son los jefes de ejércitos la víspera de una expedición que el mal tiempo puede hacer fracasar completamente.

Se asegura que el mariscal Bugeaud no se decidía nunca á emprender una expedición algo larga sin haber consultado la Luna. Ese guerrero había hasta imaginado una regla bastante compleja, que sin embargo no implicaba un cambio de tiempo á cada Luna.

Á eso se puede responder que los generales romanos

(y los había tan hábiles como el duque de Isly), no hubieran nunca osado comenzar una empresa sin consultar las entrañas de las víctimas, ó la manera que las aves sagradas tenían de arrojar sobre su grano. Así es que la opinión, y aun las victorias de los generales más ilustres no probaban nada en ciertas materias.

El Sol, y no la Luna, es el que dirige todo en nuestro planeta. Únicamente del Sol dependen, no ya las vicisitudes de las estaciones, sino todos los movimientos terrestres, desde las grandes tempestades de nuestra atmósfera, hasta las menores vibraciones de las alas del insecto imperceptible; desde el curso del más insignificante arroyuelo, hasta la caída de la menor gota de lluvia. Si el Sol se apagara, todo caería pronto en la inmovilidad, la vida desaparecería y ni un grano de arena se movería sobre nuestro globo.

Es verdad que la Luna nos envía un poco del calor que le comunica el Sol; pero para probarlo ha sido necesario inventar la pila termo-eléctrica, que es una maravilla de sensibilidad; la mano del operador deteniéndose un instante delante de ese admirable instrumento, produce un resultado mayor que todos los rayos de la Luna llena concentrados por un espejo ustorio. Según eso, la Luna es incapaz de añadir nada por su calor propio á la potente acción del calor solar: es como si se quisiera elevar el nivel de los mares vertiendo una gota de agua en el Océano.

También es cierto que la atracción de la Luna es la causa principal de las grandes oscilaciones del mar. Puesto que la Luna mueve el Océano, es posible preguntarse si no podría igualmente ejercer su acción de una manera sensible, sobre el océano aéreo, esto es, sobre nuestra atmósfera.

El ilustre Laplace, que fué el primero en someter completamente al análisis el fenómeno de las mareas, calculó la

influencia de la Luna sobre nuestro océano aéreo, llegando á la conclusión de que la marea atmosférica debe hacer variar periódicamente *un céntimo y medio de milímetro* la altura del barómetro.

Además, Laplace rogó á su amigo Bouvard, director del Observatorio de París antes de Arago, que buscara en las observaciones meteorológicas entonces existentes, á ver si encontraba rastros de esas imperceptibles variaciones. Bouvard no pudo descubrir nada. Fundándose en las observaciones de todo un siglo, contó cuántos días de lluvia habían correspondido á cada uno de los cuatro cuartos de Luna: la lluvia se había repartido del modo más igual entre esos cuatro periodos.

Eso es lo que se hubiera obtenido, en virtud de lo que se llama la *ley de los grandes números*, en el cálculo de probabilidades, si se hubiere tenido la idea de averiguar cuántos bueyes entran en el matadero ó cuántos individuos pasan por un puente en cada una de las fases de la Luna.

De modo que las fases de la Luna no tienen relación ninguna con los cambios de tiempo, ni con la frecuencia ó la cantidad de lluvia.

Los otros efectos que se atribuyen á la Luna no tienen una base más sólida. Y á menudo son tan originales que no se puede comprender cómo han llegado á echar raíces en la opinión de las gentes. Su enunciado bastará para demostrar cuán absurdos son: — Los árboles deben ser cortados durante la Luna menguante, si se quiere que la madera sea de buena calidad y fácil de conservar. Para tener plantas ó árboles que se eleven y crezcan con vigor, hay que sembrar, plantar, engertar y podar durante el creciente de Luna. Pero para tener coles ó lechugas que puedan crecer, para tener flores dobles ó árboles de frutos

tempranos, hay que sembrar, plantar y podar en la menguante. El vino que se fabrica en dos lunas no es nunca de buena calidad y permanece siempre turbio. Es evidente que todas esas creencias no descansan en base alguna.

Los antiguos no atribuyeron jamás á la Luna la propiedad de producir el bueno y el mal tiempo, sino que dejaban á Júpiter tonante el cuidado de reunir las nubes y de lanzar el rayo.

Ese prejuicio proviene de una falsa analogía entre la atmósfera y el océano, como lo decíamos hace un instante. Los antiguos, circunscritos á la cuenca del Mediterráneo, no conocían más que por referencias las mareas del Océano. Los navegantes modernos del siglo xv reconocieron la universalidad de tal fenómeno : de esa época data probablemente el prejuicio que combatimos. Y esos mismos navegantes, dándonos á conocer las maravillas de nuestro globo, han proporcionado argumentos contra las preocupaciones de que hablamos, y en favor de nuestra tesis.

Así, en Lima nunca hay tempestades. Jamás se ha oído en Santa Helena, por el otro lado del continente americano y del Atlántico, el chasquido del rayo, mientras que casi todos los días truena en las Molucas y en las islas de la Sonda; sin embargo, la Luna cambia del mismo modo para unos y otros. En el Alto Egipto no llueve nunca, no obstante que la Luna presenta allí distintas fases, como en Europa. Por el contrario, en todas partes se eleva ó se deprime el Océano, obedeciendo á la acción de nuestro satélite.

De ahí se debe concluir que los dos fenómenos, las mareas universales y los accidentes meteorológicos de la atmósfera no tienen entre sí ninguna relación.

Otro argumento decisivo se saca de las leyes que rigen las tempestades : ha sido expuesto por un hábil marino, lo

cual le hará aceptar de mejor grado por los navegantes. Además, ese argumento tiene la ventaja de dejar á los partidarios de la influencia de la Luna en la misma situación un tanto embarazosa de un tirador de florete que recibe en mitad del pecho un botonazo bien dirigido, con el cual dan los espectadores por terminado necesariamente el combate.

« Un ciclón, dice el comandante Bridet, marcha durante diez, quince y aun veinte días para recorrer todo su camino. De modo que un ciclón puede caer sobre un navío en el momento de Luna nueva, sobre otro durante el cuarto creciente y sobre un tercer barco en la Luna llena. Cada uno de los capitanes de esos tres buques debería tener entonces el derecho de atribuir á uno de esos tres cuartos de la Luna el desastre cuya víctima era, y sin embargo, un solo y mismo fenómeno ha sido el que, en su curso perfectamente normal y regular, ha tropezado sucesivamente con los tres navíos interpuestos en la ruta que por fuerza había de recorrer. »

La Luna roja. — Otras opiniones se fundan en hechos exactos, para cuya explicación es erróneo hacer intervenir la Luna. Aquí debemos citar la influencia nefasta atribuida á la *Luna roja* sobre los fenómenos de la vegetación. Se sabe que los jardineros dan este nombre á la Luna que, empezando en Abril, llega á su plenitud á fines de ese mes ó en Mayo.

Los labradores afirman que en esa época, cuando el cielo está sereno, las hojas y los botones expuestos á la luz de la Luna *se enrojecen*, esto es, se hielan, por más que el termómetro se mantenga en la atmósfera á varios grados por encima de cero. Pero si la Luna está oculta, si las nubes interceptan la luz del astro y le impiden llegar hasta las

plantas, dejan de producirse los mismos efectos y los botones no se ponen colorados.

De eso deducen que la Luna enfria las plantas y las hiela.

Pero la pila termo-eléctrica, de la cual hemos hablado ya y que es una maravilla de sensibilidad, prueba que la Luna no calienta ni enfria nada; hay pues que rechazar la explicación de los jardineros.

Sin embargo, el hecho es cierto, pues las plantas se enrojecen en Abril, cuando la Luna brilla limpida y pura, *pero la causa de ese fenómeno no es dicho astro.*

Sábase que los vegetales se enfrian con mucha rapidez cuando se pone el Sol y que pueden adquirir una temperatura siete u ocho grados inferior á la de la atmósfera que los rodea. Por tanto, un vegetal puede quedar fuertemente helado durante la noche, aun cuando el aire se mantenga siempre varios grados por encima de cero. Pero es preciso para la realización del indicado fenómeno, que esté el cielo perfectamente puro; si está cubierto, la planta no envía su calor al espacio, sino que lo guarda, y, en consecuencia, no se hiela.

Ahora bien, en Abril y en Mayo la temperatura no es durante la noche sino unos cuantos grados superior á cero. Por consiguiente, *si la Luna brilla*, es decir, *si el cielo está sereno*, la radiación puede hacer descender la temperatura de las plantas por debajo de cero y helarlas enteramente, mientras que *si la Luna no brilla*, esto es, *si el cielo está cubierto*, la temperatura de las plantas no llegará á ser inferior á la de la atmósfera, y no habrá helada.

En ese caso las nubes hacen el mismo oficio que las capas de paja ó las hojas secas con que se tapan los vástagos nuevos, quiere decir, impiden que el calor adquirido por las plantas durante el día se pierda durante la noche. Si

no hay nubes en Abril, las plantas no protegidas se hielan y se ponen rojas, pero la Luna no influye en ello para nada.

CUESTIONARIO.

¿Tiene la Luna influencia sobre el tiempo?

¿Es posible apreciar la cantidad de calor que ese astro nos envía?

¿Su atracción actúa de una manera sensible sobre la atmósfera?

¿Qué se sabe de las mareas atmosféricas?

Refute V., por medio de observaciones geográficas, la preocupación de que la Luna tiene la propiedad de producir el buen y el mal tiempo.

Refute V. ese mismo prejuicio fundándose en la observación sobre el camino que siguen los huracanes.

¿Qué entienden los jardineros por Luna roja?

Explique V. el fenómeno que ha hecho creer en la influencia dañina de la Luna de Abril.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Hablar de las numerosas preocupaciones que la ciencia combate todos los días. — Los augures, los astrólogos, los que dicen la buenaventura, las que sacan las cartas, los quirománticos, etc., han vivido y viven solamente de la credulidad de los ignorantes.

Cálculo de las probabilidades, leyes de las probabilidades. — Observaciones continuas. Cuadros estadísticos para llegar al conocimiento de las leyes naturales.

Insistir sobre la diferencia del régimen de las lluvias en la superficie de las diversas partes de la Tierra, que, sin embargo, ven todas de la misma manera las fases de la Luna. — Marcha de los ciclones.

Insistir, con motivo de la *Luna roja*, sobre la radiación (neveras, marmitas suecas, teoría del vestido, los cojines de plumas, las persianas dobles, etc.). Conductibilidad de los cuerpos para el calor.

IV.

Los eclipses.

Definición. — Se da el nombre de eclipse á la desaparición momentánea, total ó parcial, del Sol ó de la Luna. El espectáculo de los eclipses es siempre de los que más impresionan.

Unas veces, en pleno día, el disco del Sol se apaga, los animales asustados se ocultan, las aves ponen término á sus trinos, y los hombres, mudos de admiración, esperan la vuelta de la luz. En otras ocasiones, la Luna llena deja en algunos minutos de alumbrar á la Tierra y oscurece su disco luminoso. Estos fenómenos han impresionado vivamente en todas las épocas á los que los han visto. En la antigüedad y en la edad media inspiraban profundo terror. Pero en nuestros días los sabios han explicado de una manera tan perfecta el movimiento de los astros y la producción necesaria de los eclipses, que éstos no despiertan más que viva curiosidad.

Eclipses de Luna. — Sin duda habéis observado que

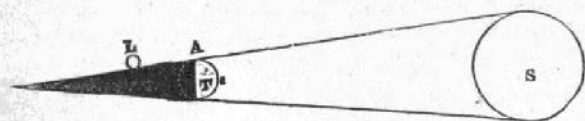


Fig. 52. — La Luna va á entrar en el cono de sombra de la Tierra.

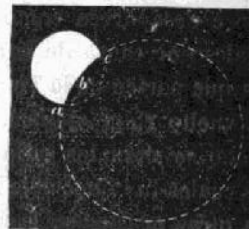
todo cuerpo intensamente iluminado proyecta detrás de sí una *sombra*.

La Tierra, iluminada en parte por el Sol, proyecta detrás de sí una gran *sombra*, que se extiende hasta 344.000 le-

guas en el espacio. Esta sombra tiene la figura de un *cono*, porque la Tierra es una *esfera*.

La Luna, que gira alrededor de la Tierra sólo á la distancia de 96.000 leguas, puede, en la época de Luna llena, es decir, cuando pasa por detrás de nosotros, entrar en nuestro *cono de sombra* (fig. 52). Si entra toda, se dice que hay *eclipse total* de Luna. Si únicamente penetra en la sombra una parte de su disco, el *eclipse es parcial* (fig. 53).

Alrededor de la sombra propiamente dicha de la Tierra se encuentra una sombra menos oscura que se llama *penumbra*, mucho mayor que la sombra verdadera. Antes de penetrar en la sombra, la Luna pasa por la penumbra. Por eso es por lo que, durante el eclipse, la luz del disco lunar desaparece disminuyendo poco á poco y no de una manera brusca.



Los eclipses de Luna no pueden producirse más que en el momento de Luna llena, y para ello es preciso que el Sol, la Tierra y la Luna se encuentren poco más ó menos en la misma línea recta. Dichos fenómenos son fáciles de predecir. Los Caldeos habían observado ya que cada 18 años y 11 días volvía la Luna á ocupar las mismas posiciones respecto del Sol y de la Tierra; á ese periodo, que comprende exactamente 223 meses lunares, lo habían llamado *saros*.

Conociendo los eclipses de un período, es fácil anunciar los de los otros, puesto que dichos fenómenos se reproducirán en el mismo orden; ese era el método que empleaban los antiguos.

Fig. 53. — Eclipse parcial de Luna. *abc*, los bordes de la sombra de la tierra sobre el disco lunar.

En la historia son célebres algunos eclipses de Luna. La muerte del general ateniense Nicías y la ruina de su ejército en Sicilia, que dieron principio á la decadencia de Atenas, tuvieron por causa un eclipse de Luna. Sábese cómo Cristóbal Colón, expuesto á morir de hambre en Jamaica con su pequeño ejército, logró procurarse víveres amenazando á los Caribes con privarles para siempre de la luz de la Luna. Apenas había empezado el eclipse, los indígenas se le presentaban pidiéndole gracia (ese eclipse fué el de 1.º de Marzo de 1504, observado en Europa por varios astrónomos y que se produjo en Jamaica á las seis de la tarde). Casi nunca desaparece completamente la Luna en los eclipses totales por causa de la reverberación de los rayos luminosos que parten de la Tierra. Sin embargo, algunas veces se ha vuelto completamente invisible; como ejemplos de ese hecho se citan los eclipses de 1642, 1761 y 1816, durante los cuales fué imposible hallar en el cielo el sitio de la Luna. En otras ocasiones, la visibilidad, sin ser nula, es muy imperfecta. Por el contrario, se ha dado también el caso, como en 1703 y 1848, de que la Luna haya permanecido tan iluminada que era cosa de dudar del eclipses (Flammarion).

El próximo eclipse total de Luna, que será perfectamente visible en Francia, se efectuará el 28 de Enero de 1888; otros parciales ocurrirán el 11 de Mayo de 1892 y el 7 de Enero de 1898.

Eclipses de Sol. — *Los eclipses de Sol no pueden producirse más que en la época de la Luna nueva*, es decir, cuando la Luna, pasando entre el Sol y nosotros, se coloca de tal manera que nos oculta todo ó parte del astro del día.

Detrás de la Luna, como detrás de la Tierra existen una sombra y una penumbra. La sombra de la Luna puede tener

más de 96.000 leguas de longitud, y llegar á la Tierra, como lo indica la figura 54. En este caso hay eclipse total de Sol para todas las regiones tocadas por la sombra. Si lo

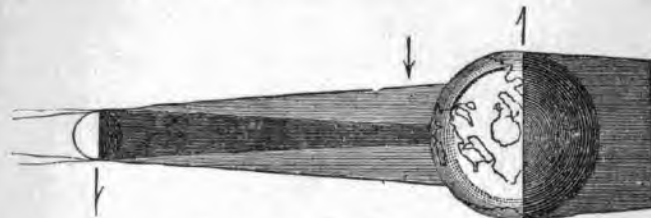


Fig. 54. — Teoría del eclipse de Sol.

único que toca á la Tierra es la penumbra, el eclipse es parcial. El mismo eclipse, total en un país, es parcial en los países vecinos, é invisible en las demás partes de la Tierra.

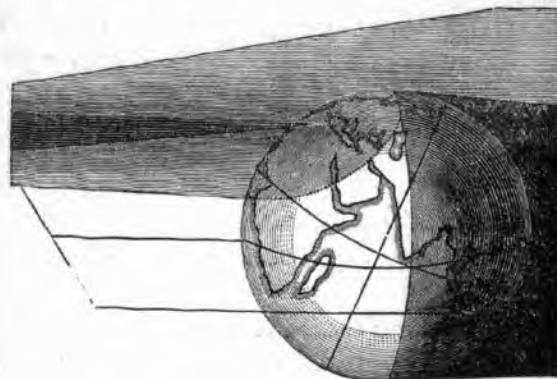


Fig. 55. — El eclipse de Sol del 22 de Diciembre de 1870.

Es fácil darse cuenta de tal fenómeno examinando la figura 55, que representa el eclipse del 22 de Diciembre de 1870. El cono de sombra de la Luna viene á caer sobre

Argelia, donde el eclipse es total; la penumbra cubre Europa y África hasta el ecuador, donde el eclipse no es más que parcial, mientras que el resto de África y Madagascar ni siquiera sospechan que el fenómeno se produce y continúan recibiendo los rayos del Sol.

El eclipse no puede ser total más que para una superficie de unas treinta leguas al mismo tiempo; pero como la



Fig. 56.— Mapa del eclipse de Sol de 22 de Diciembre 1870.

Tierra y la Luna no permanecen inmóviles, el tiempo que dura el fenómeno, la mancha negra camina sobre la Tierra describiendo una curva que los astrónomos conocen de antemano. Varios países ven sucesivamente eclipsarse el Sol. Del mismo modo se predice el camino que recorrerá la penumbra, y se construyen mapas de eclipses como el de la figura 56.

La línea AA'A" marca los puntos en que el eclipse de 1870 fué total. La mancha de sombra se hallaba en A á eso de las 12 menos cuarto, en A' hácia las 12 y media, y en A" sobre el mar de Azof á la una y media. Las restantes líneas indican la penumbra.

Los astrónomos efectúan largos viajes para asistir á los eclipses totales, que les permiten estudiar las protuberancias del Sol. Entre los últimos que se han verificado podemos citar: el de 8 de Julio de 1842, visible en los Pirineos Orientales; el de 18 de Julio de 1860, visible en África; el de 18 Agosto de 1868, observado en la India por M. Janssen; el de 15 de Mayo de 1877, visible en Turquía, y el de 29 de Julio de 1878, que fué total en los Estados Unidos.

De aquí á fines del siglo no habrá en Francia ningún *eclipse total*, y tampoco lo habrá durante el siglo próximo; el primero que ocurrirá se producirá en 2026. Hemos dicho al empezar este libro que los astrónomos podían averiguar por el cálculo la fecha de los antiguos eclipses.

Véase un ejemplo:

Según Herodoto, que es considerado como el más verídico de los historiadores antiguos, el Sol se apagó súbitamente durante una batalla que reñían los Lidios y los Medas. Asustados los dos ejércitos, arrojaron á tierra sus armas pensando que los dioses no querían ser testigos de su lucha criminal, é hicieron esfuerzos para llegar á concluir la paz. Ese eclipse total de Sol fué la causa de un arreglo pacífico entre las dos naciones. Plinio y Cicerón están de acuerdo en sus escritos para señalar al acontecimiento una fecha que correspondería, con arreglo á nuestros métodos, al año 585 antes de J. C. Otros historiadores pretenden que la batalla en cuestión ocurrió en 583, algunos en 601, y hasta hay quiénes la fijan en 603.

Los cálculos de los astrónomos modernos han demostrado que todo el mundo se equivocaba. El eclipse total de Sol de que habla Herodoto no ha podido producirse más que el 30 de Setiembre del año 610 ántes de J. C., y por consiguiente en ese día fué cuando los dos ejércitos enemigos trabaron batalla, arrojaron las armas é hicieron la paz.

Hé ahí, pues, una fecha de la historia antigua establecida por el cálculo de los astrónomos.

Cuando el eclipse es *parcial*, el disco del Sol parece recortado más ó menos profundamente por la Luna, que pasa delante del mismo como si fuera una pantalla (fig. 57).

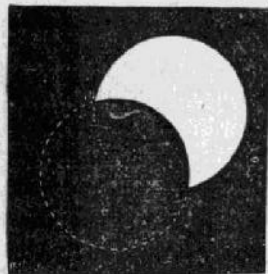


Fig. 57. — Un eclipse parcial de Sol.

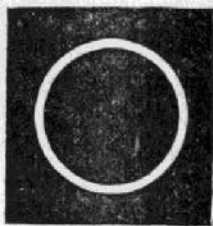


Fig. 58. Eclipse anular de Sol.

Los eclipses parciales más interesantes son los *eclipses anulares*, en los cuales la Luna, demasiado pequeña para cubrir todo el disco solar, deja alrededor suyo un anillo luminoso (fig. 58).

Ocultaciones. — Todas las noches se producen pequeños eclipses cuando la Luna, al describir su órbita alrededor de la Tierra, pasa delante de las estrellas y las oculta. Á esos eclipses de estrellas se les da el nombre de *ocultaciones*. Es inútil decir que los astrónomos saben de antemano cuáles son las Estrellas que la Luna ocultará.

Las ocultaciones constituyen un estudio interesante; así, por ejemplo, prueban que, aun durante las fases, el disco lunar permanece siempre íntegro puesto que las Estrellas desaparecen detrás de la parte no visible de la Luna, absolutamente como durante la Luna llena.

CUESTIONARIO.

¿Qué se entiende por la palabra *eclipse*?

Explique V. los eclipses de Luna.

¿En qué momento pueden producirse los eclipses de Luna?

¿Qué era el *saros* de los Caldeos?

Cite V. algunos eclipses de Luna célebres en la historia.

¿Por qué no se producen los eclipses de Sol más que durante la Luna nueva?

Explique V. los eclipses de Sol.

¿Qué se entiende por *eclipse total* y qué por *eclipse parcial*?

¿Qué es el *mapa de un eclipse*?

¿Qué se entiende por *ocultaciones*?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Sombra y penumbra, objeto iluminado por un punto luminoso ó por un foco de luz extenso. — Explicación de los eclipses por medio de experiencias. — ¿Por qué no se producen eclipses en todas las Lunas llenas? Los tres astros no se encuentran en el mismo plano. — Lecturas y narraciones sobre los eclipses. — Efectuar ocultaciones de puntos marcados en las paredes, pasando delante de ellos un pequeño disco de papel, etc.

CAPITULO III.

LA TIERRA.

I.

Forma y dimensiones de la Tierra.

Definición. — La Tierra es el tercer Planeta que gira alrededor del Sol; encuéntrase á la distancia media de 37.000.000 de leguas de este astro; su órbita es una elipse.

La revolución de la Tierra alrededor del Sol dura 365 días, 5 horas, 48 minutos, 48 segundos. Esa duración se llama *año*.

La Tierra no solamente da vueltas alrededor del Sol, sino que también está animada de un movimiento de rotación sobre sí misma. El tiempo que dura esa rotación se llama *día*; se ha dividido el día en 24 partes iguales, que son las *horas*.

Cada hora comprende 60 *minutos*, y cada minuto 60 *segundos*.

Forma y dimensiones de la Tierra. — La tierra es *redonda*; para convencerse de ello basta con mirar un navío colocado en el horizonte (fig. 59) y que se dirija hacia la costa. Lo primero que se ve es la parte superior de sus mástiles, porque las partes bajas están ocultas detrás de la curvatura de la Tierra; luego poco á poco se hace visible el puente y al fin el barco entero.

Puesto que la Tierra es una esfera, podemos considerar dos de sus diámetros: uno vertical, que es el *diámetro polar*, y otro horizontal, que es el *diámetro ecuatorial*.

Las medidas practicadas por los astrónomos demuestran que esos dos diámetros no son iguales; el diámetro



Fig. 59. — Prueba de la esfericidad de la Tierra.

polar es $\frac{1}{300}$ más pequeño que el diámetro ecuatorial. La Tierra no es, por tanto, una esfera perfecta, sino aplanada en sus *polos*. (Ese aplanamiento es despreciable, pues en una esfera cuyo diámetro ecuatorial fuese 1 metro, aquél estaría representado por una disminución de 3 milímetros sobre su diámetro polar.)

Para las dimensiones de la Tierra se tienen los valores siguientes: Diámetro ecuatorial 12.753.642 metros;

Diámetro polar, 12.711.130 metros;

Diferencia entre los dos diámetros, 42.512 metros.

Los *círculos máximos* que se hacen pasar por las dos extremidades del diámetro polar se denominan *meridianos*.

La línea PAMQ en la figura 60 es un meridiano.

El *círculo máximo* que pasa por los dos extremos del diámetro ecuatorial se llama *ecuador*. La línea EOME en la figura 60 es el ecuador.

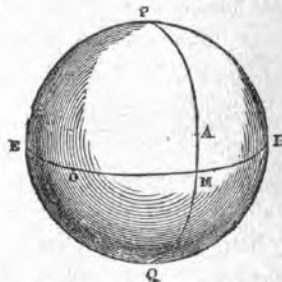


Fig. 60. — Ecuador EOME, y meridiano PAMQ.

Sobre el globo terrestre se pueden trazar tantos meridianos como se quieran; todos son iguales. Pero no se puede determinar en el mismo más que un solo círculo máximo ecuador; los círculos paralelos al ecuador son más pequeños que éste.

Antes de la Revolución de 1789 las medidas de longitud empleadas en Francia y en todos los países del mundo eran muy diferentes unas de otras; la unidad de longitud variaba de una provincia á la provincia vecina. Lo mismo ocurría con las medidas de capacidad y de peso.

Un decreto de la Asamblea Constituyente encargó á la Academia de ciencias de poner orden en ese estado de cosas y de organizar un nuevo sistema de pesas y medidas (8 de Mayo de 1790). Delambre y Méchain midieron una gran porción del meridiano que, partiendo de los polos, pasa por París, y concluyeron de sus trabajos que la cuarta parte del meridiano terrestre (la línea PM de la figura 60) tenía una longitud de 5.430.740 toesas.

La Academia decidió que la diez millonésima parte de esta longitud tomaría en adelante el nombre de *metro* y sería tomada como punto de partida del nuevo sistema de medidas.

Esta longitud, que equivalía á 3 pies, 11 líneas, 296 milésimos de línea del antiguo sistema, fué adoptada por la ley del 18 Germinal año III (7 Abril 1795), y pasó á ser obligatoria en Francia con las medidas que de ella se derivan.

Es probable que todos los pueblos consentirán en emplear el sistema métrico decimal, que refiere la unidad de medida á las dimensiones del globo terrestre y facilita mucho los cálculos.

Longitudes y latitudes geográficas. — Todos vosotros tenéis probablemente en vuestras cajas de compases un

semicírculo de talco ó de cobre sobre el cual se hallan grabadas 180 divisiones; este instrumento llamado *cuadrante*, sirve para medir los ángulos y para construir ángulos de una magnitud dada. *El círculo entero debería tener 360 divisiones* (fig. 61.)

Es posible trazar sobre el meridiano terrestre tantos grados como en el cuadrante y hacer lo mismo sobre el ecuador; por ese medio es fácil determinar la posición de una ciudad ó de un punto cualquiera sobre la superficie terrestre; vamos á ver de qué manera.

Suponed que el círculo meridiano PAMQ de la figura 62 esté dividido en grados, hallándose el 0° en M y el 90° en P.

El punto A se encuentra sobre uno de esos grados, el décimoquinto, por ejemplo; entre A y M existe un arco de meridiano que se denomina *arco de latitud*, y se dice que el punto A se halla á los quince grados de latitud.

Suponed ahora que el círculo ecuador EOME de la misma figura esté dividido en grados, empezando estos en M y hallándose el 99° en E, á la izquierda de la figura.

El punto O se encuentra sobre uno de esos grados, el cuadragésimo por ejemplo; entre O y M hay un arco de ecuador que se llama *arco de longitud*, y se dice que el punto O está á los cuarenta grados de longitud. Cada grado de latitud ó de longitud se subdivide en 60 minutos, y el

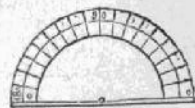


Fig. 61.

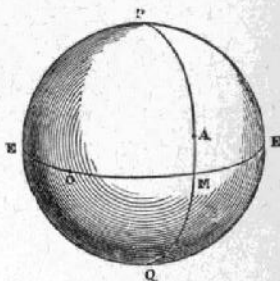


Fig. 62. Ecuador y Meridiano.

minuto en 60 segundos. Por los grados de latitud se hacen pasar círculos paralelos al ecuador (fig. 63); se les denomina simplemente *paralelos*. El círculo mínimo *mn* es un paralelo.

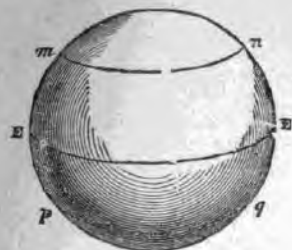


Fig. 63. — Ecuador EE y paralelo mn.

De todo lo que acabamos de decir resulta que un punto cualquiera de la superficie del globo estará determinado si se conocen su latitud y su longitud, es decir, su altura por encima del ecuador y su distancia al meridiano PAMQ, elegido como punto de partida.

Examinad un *globo terrestre* cualquiera, veréis sobre ese



Fig. 64. — Mapamundi con sus paralelos y sus meridianos.

globo los círculos de latitud (paralelos) y los círculos de longitud (meridianos) (fig. 64). También se han trazado los mismos círculos sobre el *globo lunar* (fig. 65) á fin de poder indicar exactamente la posición de las montañas de la Luna, y sobre el *globo celeste* para indicar la posición de las Estrellas.

En el caso de la esfera celeste, ya no se dice latitud y longitud, sino *ascensión recta* y *declinación*.

Los grados de latitud se distinguen en grados de *latitud norte* y grados de *latitud sur*, según que se encuentren por encima ó por debajo del ecuador.

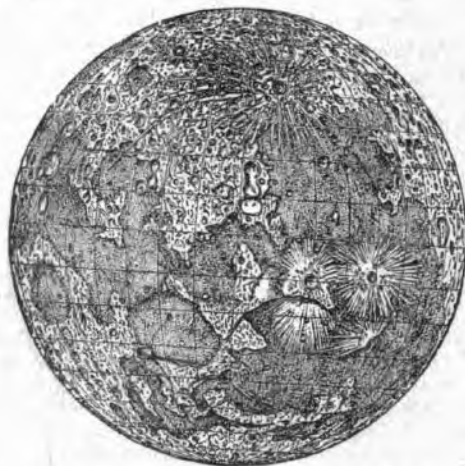


Fig. 65. — La Luna con sus paralelos y sus meridianos.

(Hay 90° de latitud norte y 90° de latitud sur.)

Del mismo modo, los grados de longitud se distinguen en grados de *longitud este* y en grados de *longitud oeste*, según que se hallen á derecha ó izquierda del meridiano PAMQ.

(Hay 180° de longitud *este* y 180° de longitud *oeste*.)

Todas esas cosas las habéis aprendido seguramente en el curso de geografía, por lo cual no insistiré más tiempo sobre este punto.

De repente, por la parte de la *izquierda*, es decir, hacia el *este*, las Estrellas palidecen y el astro, anunciándose por medio de un resplandor rosado, aparece sobre el horizonte.

Como el *este* es la parte por donde sale el Sol, se le designa á menudo con los nombres de *levante* ó de *oriente*.

En poco tiempo, el Sol sube cada vez más, describiendo una curva cuyo punto más elevado alcanza á las doce, y luego descien-
de por la *derecha*, hacia el *oeste*, que también recibelos nombres de *poniente*, de *ocaso* y de *occidente*.

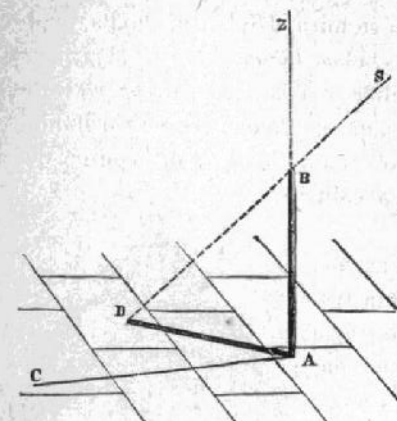


Fig. 67. — La sombra de una vara indica la posición del Sol.

Se puede seguir el movimiento del Sol clavando en tierra un palo AB, y examinando su sombra AD. La posición ocupada por la extremidad de esta sombra (fig. 67), indica exactamente en cada instante del día la posición del Sol. El astro se encuentra en S sobre la prolongación de la línea imaginaria que une á D y B.

La recta CA de la figura es muy importante; llámase la *meridiana* del lugar, es decir, la dirección de la sombra del palo al mediodía, precisamente antes de que el Sol empiece á descender hacia su ocaso.

Para darse bien cuenta de la posición del Sol, los astrónomos colocan en el extremo de una varilla que llaman *estilo*, un disco taladrado en su centro por una abertura circular: ese instrumento es un *gnomon* (fig. 68).

La sombra gira alrededor del estilo á medida que el Sol

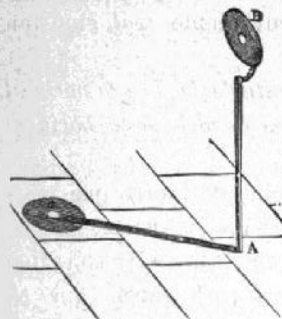


Fig. 68. — El gnomon.

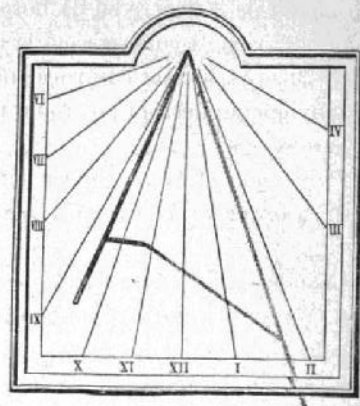


Fig. 69. — Cuadrante ó reloj solar vertical, aplicado contra un muro.

se mueve de este á oeste, y, según las horas, esa sombra ocupa determinada posición respecto de la meridiana.

Se han construido aparatos que dan la hora por medio de la sombra de un estilo; son los *relojes* ó *cuadrantes solares*. Unos se aplican verticalmente sobre un muro (fig. 69), y otros se colocan horizontalmente encima de una pequeña columna (fig. 70).

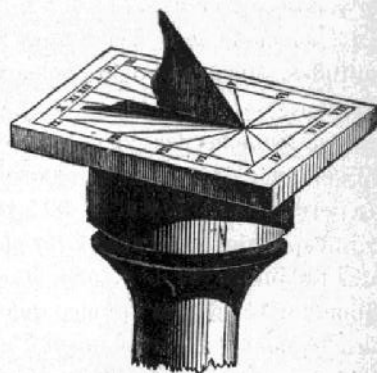


Fig. 70. — Cuadrante solar horizontal sobre una columna.

Movimiento real de la Tierra. — Después de todo lo

que acabamos de decir, se podría creer que el Sol gira alrededor de la Tierra en 24 horas, y que todos los días, á las doce, viene á colocarse en la misma posición para cada lugar. Eso es lo que equivocadamente creían los antiguos; el movimiento del Sol no es un movimiento *real*, sino tan sólo *aparente*.

Parece que el Sol se mueve del este de la Tierra hacia el oeste, porque la Tierra gira realmente del oeste hacia el este.

Cuando estáis en un tren de camino de hierro que marcha con gran velocidad en la dirección sud-norte, veis los árboles, las casas y los postes del telégrafo andar con igual rapidez, en la dirección norte-sur; pero sabéis que en realidad no ocurre así; pues bien, la misma ilusión se produce cuando se considera el movimiento aparente del Sol.

El Sol permanece inmóvil y la Tierra, que gira sobre sí misma, le presenta sucesivamente todos sus meridianos, en veinticuatro horas.

La velocidad de la Tierra no es la misma en las diferentes latitudes. Mientras en los polos es nula, es enorme en el ecuador.

Para comprender bien lo dicho, imagínense ustedes 50 soldados dispuestos en una sola fila, hallándose á vuestra derecha el n.º 1, y el n.º. 50 á vuestra izquierda.

El capitán quiere hacer girar sus hombres alrededor del n.º. 1: al oír la voz de mando, los soldados se ponen en movimiento. ¡El n.º. 1 es el único que permanece en su sitio y gira lentamente sobre sí mismo; el n.º. 2 gira alrededor del n.º. 1 y no describe más que un círculo pequeñísimo; el n.º. 10 anda más de prisa, el n.º. 25 mucho más rápidamente aún, y el n.º. 50 tiene que correr, porque está obligado á describir el mayor circuito en el mismo tiempo que sus camaradas.

Lo mismo pasa con la Tierra; los puntos más cercanos al eje de rotación, es decir, á la línea de los polos, giran menos de prisa que los otros; los más lejanos giran con mayor rapidez.

Los países ecuatoriales son los que deben describir un circuito más largo, puesto que el ecuador es más grande que los paralelos; esas regiones efectúan la vuelta de la Tierra (10.000 leguas en 24 horas) á razón de 7 leguas por minuto. Francia, colocada más cerca del eje de rotación, recorre 6.500 leguas por día, de manera que su velocidad es solamente de 4 leguas y media por minuto.

El día y la noche. — La parte de la Tierra que está vuelta hacia el Sol se encuentra iluminada, y, por tanto, es el *día*; el lado opuesto se halla en la *noche*. Las Estrellas no son visibles durante el día, por más que ocupen en el cielo su sitio acostumbrado; la luz del Sol es tan intensa que impide distinguir las.

El límite de la luz y de la sombra de la Tierra no es una línea perfectamente determinada, por lo cual la noche no sucede al día de una manera brusca. Ya hemos tenido ocasión de decir que los rayos luminosos se desvían cuando atraviesan el aire viniendo de los espacios celestes. Gracias á esa desviación, cierto número de rayos nos alumbran por la mañana antes de que el Sol haya aparecido sobre el horizonte, y esto es lo que explica el fenómeno de la *aurora*; otros nos alumbran también por la tarde cuando el Sol se ha puesto, constituyendo el *crepúsculo vespertino*, llamado en general simplemente *crepúsculo*.

En la Luna, donde no hay atmósfera, la noche sucede al día de una manera brusca; allí no existen la aurora ni el crepúsculo.

Las horas. — Nunca se tiene la misma hora en el mismo

instante en todos los puntos del globo; *los únicos puntos que tienen el mediodía al mismo tiempo son los colocados sobre el mismo meridiano.*

Cuando el Sol se halla, por ejemplo, sobre el meridiano de París, ya ha pasado sobre el de Estrasburgo, y no ha llegado aún al de Rennes.

En otros términos, y para ser más exacto, como la Tierra gira de oeste á este, presenta al Sol el meridiano de Estrasburgo antes que el de París, y éste antes que el de Rennes; así pues, cuando en París son las doce, ya ha dado esa hora en Alsacia (al este) y aún no es mediodía en Bretaña (al oeste).

Es sumamente fácil saber las horas de cada meridiano, conociendo la de uno de ellos. Los 360° meridianos trazados sobre la esfera terrestre deben pasar todos en 24 horas por delante del Sol; luego, en una hora pasan 360/24, es decir 15.

Ese cálculo nos indica que hay *una hora de diferencia por cada 15° de longitud*. Si en París son las doce del día, es la una en el 15° meridiano este, y solamente las 11 sobre el 15° meridiano oeste de la misma ciudad. Pero hay más: como en 60 minutos pasan por delante del Sol 15 meridianos, un meridiano pasará en 60/15, esto es, en 4 minutos; luego, *entre cada meridiano hay una diferencia de 4 minutos de hora.*

Mirad el pequeño mapa de Francia de la figura 71. Si en París son las doce del día, en Marsella son las 12 y 12 minutos, las 11 y 55 en Ruen, las 11 y 44 en Cherburgo y en Nantes, las 11 y 30 cerca de Brest, etc. Al sonar en París la hora de mediodía, en Madrid son las 11 y 36 minutos, y en Méjico las 5 y 44 minutos de la mañana.

« Detengámonos un instante á considerar las consecuen-

cias de lo que acabamos de aprender, pues son en extremo curiosas; No os parece verdaderamente interesante pensar que mientras vosotros estáis en clase, en pleno día, en otras partes del mundo las gentes están en cama y duermen ó sueñan? ¿Y que los habitantes de esos países trabajan en los mismos momentos en que nosotros descansamos? Seguid sobre un globo terrestre nuestras consideraciones: vamos á efectuar un viaje pintoresco, á darle la vuelta al mundo en unos cuantos minutos, con la imaginación se entiende.

» Supongamos que en nuestro país (1) sea casi mediodía. Las clases concluyen en la escuela; va á sonar la hora. Para los pueblos del *este*, que han tenido mediodía antes que nosotros, el día está más adelantado. Así, en Egipto, hacia el 30° grado de longitud oriental (dos veces 15 grados) ya son las dos de la tarde; mientras que en el país de los Tártaros, á 60° de longitud *este* (cuatro veces 15), son las cuatro y las gentes preparan la cena.

» En la India, en las bocas del gran río del Ganges, son las 6 (90°, seis veces 15). El Sol se pone; sus últimos rayos iluminan la cima de los árboles. En el fondo de los bosques las bestias feroces rugen, porque termina el día; los elefantes vienen á beber en el río sagrado.

» Más lejos (buscad el grado 120°), nos encontramos en China, en Pekín. Son más de las 8 de la noche. Una capital de 2 millones de habitantes se ilumina; mil linternas de colores circulan en las calles.

» Más lejos aún, en el mismo momento, la negra noche extiende su manto encima del Océano y sobre las islas donde duermen los salvajes en sus chozas miserables. En el mar,

(1) Se habla de Francia.

aquí y allá en la inmensa sombra, pequeños faroles encendidos se mueven; son los navíos que atraviesan esas aguas lejanas. El timonel vela, y mirando las estrellas dice: Es ya medianoche (180° grados, doce veces 15).

» Pero en el momento en que nosotros nos calentamos



Fig. 71. — Mapa de Francia con sus paralelos y sus meridianos.

recibiendo los rayos del Sol abrasador del mediodía, el gran continente de América, situado al oeste de París, no ha llegado todavía á colocarse enfrente del Sol; apenas si empieza á entrar en el espacio iluminado. Para sus habitantes es la mañana.

» El minero de California ve apenas los primeros res-

plandores del alba (105 grados de longitud occidental). Pero ya sobre los bordes del Mississippi, el Sol ha salido; en las Antillas hace día claro; en las grandes ciudades de los Estados Unidos, obreros y comerciantes están en su trabajo y sus negocios (60° grados, 7 de la mañana).

» En la América del Sur que avanza más hacia Oriente, en el Brasil, por ejemplo, son las 8 de la mañana.

» En el centro del Atlántico podríamos encontrar buques que viajan entre el antiguo mundo y el nuevo, y que cuentan las 9 á los 45 grados, las 10 de la mañana á 30 grados.

» Los que van á volver á Francia, á ver de nuevo su patria, calculan con placer que la hora, cada vez menos diferente de la de París, les señala la proximidad de las costas francesas (15 grados: una hora antes de mediodía), las once de la mañana. Esa es la hora de Portugal. Por fin, hénos de vuelta en Europa, en Francia, en nuestras casas, donde, como el viaje imaginario no ha durado más que algunos instantes, oímos por todas partes á los relojes dar las doce (1). »

CUESTIONARIO.

- ¿Cuáles son los puntos cardinales?
- ¿Cómo hay que hacer para orientarse?
- ¿Qué es la brújula?
- ¿En qué sentido parece girar el Sol alrededor de la Tierra?
- ¿Cómo se puede seguir el movimiento del Sol?
- ¿Qué es la meridiana de un lugar?
- ¿Qué es el gnomon?
- ¿Qué es un cuadrante solar?
- Explique V. el movimiento aparente del Sol.
- ¿En qué dirección gira la Tierra?
- ¿Por qué varía con las latitudes la velocidad de rotación?
- Explique V. el día y la noche.

(1) Flammarion y Delón, *Petite Astronomie descriptive*, Hachette, édit.

Explique V. los fenómenos de la aurora y del crepúsculo.

Explique V. las diferencias de hora en los diversos meridianos.

¿Cuántos meridianos hay que contar hacia el este para tener una hora de adelanto?

¿Cuántos meridianos hay que contar hacia el oeste para tener una hora de retraso?

¿Qué diferencia de hora hay entre cada meridiano?

Diga V. la hora de algunas ciudades de Europa, conociendo la de París.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Numerosas experiencias de orientación con ó sin la brújula. Hablar de los imanes y de sus propiedades. — Presentar una brújula y algunos imanes. Insistir sobre la dirección de los navios con ayuda de la carta marina y de la brújula; línea de fe. Construcción de los relojes solares. — Movimiento aparente del Sol, ejemplos de movimientos aparentes; un alumno gira sobre sí mismo en el centro de la clase y ve que los objetos que cuelgan de los muros dan vueltas alrededor suyo, en sentido inverso, etc. Hacer la experiencia de la fila de soldados durante una hora de recreo para patentizar que las velocidades de rotación son distintas, y que aumentan á medida que los puntos se separan del eje.

Explicación del día y de la noche con una esfera terrestre iluminada por un solo lado. — Hágase girar la esfera delante de una bujía; es mediodía para el meridiano colocado delante de la luz. Ejercicio de cálculo de las diferencias de hora. Efectuar el viaje imaginario de que se trata en la lección. Nociones elementales sobre la determinación de las longitudes por las diferencias de hora (cronómetro), y la determinación de las latitudes por la altura del polo sobre el horizonte (sextante).

III.

Elección de un primer meridiano, cartas marinas.

La latitud y la longitud se denominan coordenadas geográficas. Se dá el nombre de *primer meridiano* al círculo de que se parte para contar las longitudes. Valdría más, dice M. Cortambert, el célebre geógrafo de quien tomo gran parte de los detalles siguientes, valdría más llamarlo *meridiano inicial* ó *meridiano 0*; y aun preferiríamos adoptar el nombre de *mediador*, propuesto por M. Bouthillier de Beaumont, pues sería análogo al de *ecuador*, de donde se parte para contar las latitudes.

Elección de un primer meridiano. — Ese meridiano inicial, ese mediador, da origen á graves complicaciones; cada nación quiere tener el suyo, que pase por su capital ó por su primer observatorio. De ahí resultan dificultades numerosas, errores y aun peligros y accidentes marítimos, si no se está seguro del meridiano empleado, ó si ha habido equivocación en el cálculo de la diferencia de un meridiano á otro.

Las nociones geográficas de los antiguos concluían hacia el *oeste* en las Islas Afortunadas (Canarias); Ptolomeo partió de ahí para contar las longitudes yendo hacia el este, hasta el límite de las tierras conocidas.

En 1634, una ordenanza de Luis XIII declaró que los geógrafos franceses deberían partir en adelante del meridiano de la isla de Hierro á los 20° de longitud *oeste* de París (fig. 72). Durante el siglo que siguió, los geógrafos franceses adquirieron por sus trabajos tanto renombre que todas las naciones aceptaron como *mediador* el meridiano de la isla de Hierro (fig. 72).

Únicamente Inglaterra fijó su meridiano inicial en San Pablo de Londres y después en Greenwich. Más tarde, los franceses siguieron el mal ejemplo de aquella nación, é hicieron pasar su meridiano inicial por París. Entonces los Países Bajos tomaron el meridiano de Amsterdam como punto de partida de las longitudes en sus mapas; los españoles, después de haber tenido durante algún tiempo su meridiano inicial en Tenerife y en Cádiz, adoptaron el de Madrid; los portugueses han tomado á Lisboa; los rusos su observatorio de Pulkova; los Estados Unidos, el de Washington; los chilenos, Santiago; los brasileños, Rio Janeiro, etc.

Todas esas pretensiones diversas son deplorables, pues producen una confusión extrema. Así es que los geógrafos proponen actualmente volver á un meridianolúnico, que debería ser adoptado por el mundo entero.

M. de Chancourtois ha designado en 1874 el meridiano de San Miguel, una de las Azores, indicando que á su entender es el de que se sirvieron los geógrafos más antiguos, Ptolomeo y Mercator. M. de Chancourtois lo cree excelente porque separa bien el antiguo y el nuevo continente. M. de Longperrier ha propuesto otro que debería atravesar por el centro de Europa, cortando la Dalmacia y el Adriático y dividiendo de una manera bastante conveniente el mundo oriental y el occidental. Por último, un sabio de Ginebra, M. Bouthillier de Beaumont, ha propuesto tomar un meridiano que, pasando por el estrecho de Behring y por el 40° al este de París, separaría, de una parte los dos grandes continentes, y se colocaría, de otra, en Europa entre lo que se llama países occidentales y países orientales.

El mediador de M. Bouthillier de Beaumont pasa por Venecia y por Roma; pero, con objeto de evitar toda rivali-

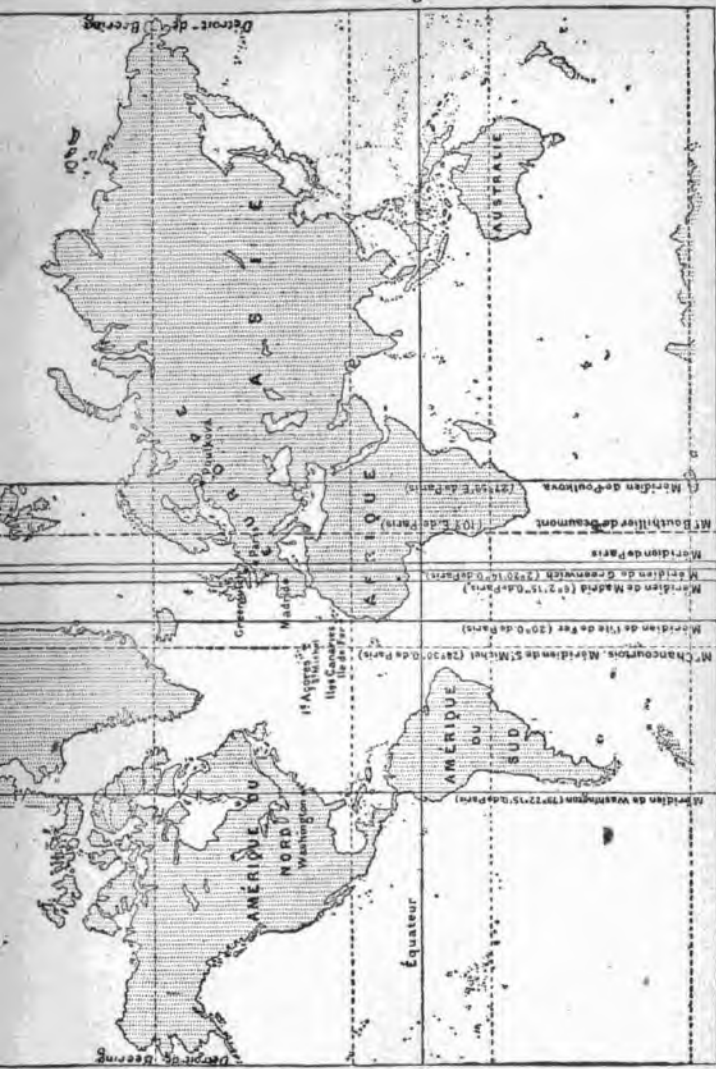


Fig. 72. — Diversos meridianos elegidos para determinar las longitudes.

dad política, las potencias del globo pedirían á Italia la cesión de la pequeña isla de Levanzo, una de las Egades, al oeste de Sicilia, para fundar en ella un observatorio internacional, y el meridiano 0 tomaría el nombre de esa isla.

Por otra parte, el meridiano 180°, segunda mitad del meridiano 0, cortaría el cabo Oriental, ó cabo del Príncipe de Gales, en el sitio que penetra en el estrecho de Behring, y que es, con la isla de Ounalachka, en el archipiélago de las Aleoutes, la única tierra que encontraría en su camino. La Unión americana podría ceder una parte de la isla de Ounalachka al mundo científico para establecer en ella otro observatorio como el de Levanzo, y la cuestión del *mediador* único quedaría definitivamente resuelta, con gran ventaja para los geógrafos y los navegantes (1).

Cartas marinas y mapas. — En la construcción de un mapa ó carta geográfica, el problema es proyectar sobre un plano, es decir, sobre una hoja de papel, las diversas partes del globo ó el globo todo entero. No insistiré sobre los distintos métodos de proyección empleados por los geógrafos, pues no estáis todavía en edad de comprenderlos. Diré sólo que la *carta marina* se construye con arreglo al sistema de Mercator (1569).

En ella se representa el ecuador por una línea recta; los meridianos, que indican las longitudes, por verticales equidistantes unas de otras, y los paralelos, que marcan las latitudes, por horizontales cuyas distancias mutuas han sido calculadas de manera que se conserven á los países sus dimensiones respectivas (fig. 73).

Suponed que un capitán vaya en línea recta de Gibraltar

(1) *La Nature*, 1879. Masson, editor.

á Nueva-York (unid por medio de una raya de lápiz esos dos puntos en el mapa); valiéndose de la brújula, le será fácil dirigirse: el *eje del barco* (línea de fe) *deberá formar siempre el mismo ángulo* con la dirección norte-sur de la aguja imantada, que es precisamente la *dirección de los meridianos*.

(La línea que forma de ese modo el mismo ángulo con

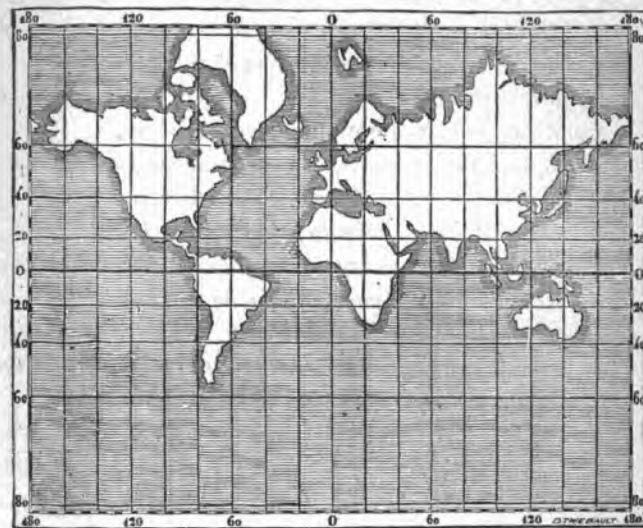


Fig. 73. — Los paralelos y los meridianos en una carta marina.

todos los meridianos recibe de los marinos el nombre de *loxodromia*).

Las líneas de latitud y de longitud marcadas en las cartas presentan también otra ventaja, y es que permiten saber la distancia que separa dos puntos. En efecto, según lo que hemos dicho en otra lección, la Tierra tiene 40.000 leguas de contorno. O de otro modo, se puede decir que

$360^\circ = 10.000$ leguas; si 360° valen 40.000 kilómetros (1), 1 grado valdrá 111 kilómetros 111 metros. Por consiguiente, estando cada grado dividido en 60 minutos, el *minuto* = 1852 metros; hallándose dividido cada minuto en 60 segundos, el *segundo* = 31 metros; cada segundo equivale á 60 tercetos, y el *terceto* resulta = 0,50 centímetros próximamente, es decir, menos de lo que representa el paso de un hombre de mediana estatura. Leyendo el número de grados, minutos y segundos que separan dos puntos sobre el mapa, se puede formar, con arreglo á lo indicado, una idea de su distancia.

Los marinos se sirven de todas esas medidas.

El *grado* lo dividen en 20 *leguas marinas*; cada legua marina es, pues, de 5.555 metros 55 centímetros.

Para los marinos el *minuto* se llama *milla*. La milla marina es igual á 1852 metros, puesto que equivale al valor del arco de un minuto; en términos de la profesión se da también á éso el nombre de *nudo*.

Cuando se dice que un barco *hace siete nudos*, se quiere expresar que en una hora recorre siete minutos de grado, ó sean 12.964 metros (próximamente tres leguas y cuarto francesas). Un buque que *hace diez nudos* anda 18.520 metros, esto es, cuatro leguas y media por hora, poco más ó menos.

La palabra *nudo* proviene del empleo de un instrumento llamado *loch* ó *corredera*, de que los marinos se sirven para conocer la velocidad del navío.

Ese instrumento consiste en una pequeña placa triangular, lastrada de modo que se mantenga derecha sobre la superficie del agua. Se la ata á una cuerda llamada *líña*, en

(1) Se habla de la legua francesa.

la cual se practican nudos, de quince en quince metros.

Cuando se desea saber cuál es la velocidad del navío, se arroja el mencionado instrumento al mar y se deja correr la cuerda. Si en medio minuto pasan por la mano del operador tres nudos, el buque hace 45 metros en cada medio minuto, 90 por minuto, ó bien 5.400 metros por hora, es decir cerca de tres millas marinas.

CUESTIONARIO.

¿Qué se entiende por *coordenadas geográficas*?

Hable V. del *meridiano inicial* y de su importancia.

¿Cuáles son los *mediadores propuestos como universales*?

Diga V. lo que sepa sobre la *carta marina*.

¿Cuál es el valor en metros del arco de un grado?

¿Cuál es el valor del arco de un minuto?

¿Cuál es el valor del arco de un tercero?

¿Cuántas leguas marinas entran en un grado?

¿A qué se llama *milla marina*?

¿Por qué se le da también el nombre de *nudo*?

¿Qué es el *loch*?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Insistir sobre la importancia de la unificación de los meridianos. Explicar con la mayor sencillez posible los diversos métodos de proyección empleados en la construcción de mapas.

Dirección de los navíos sobre la loxodromía; dirigir una regla de un extremo á otro de la clase diagonalmente; los bancos paralelos representarán los diversos meridianos, etc. Brújula y línea de fe del navío. Al hablar de los meridianos, hágase ver que su separación se hace cada vez más grande al ir desde el polo hacia el ecuador. En consecuencia, la distancia que separa los meridianos no es siempre la misma. El valor del grado, del minuto y del segundo ha sido calculado sobre un círculo máximo, esto es, sobre el ecuador ó sobre un meridiano.

Hablar de la navegación de cabotaje y de la navegación de altura.

IV.

Los climas y las estaciones.

Los rayos del Sol vienen á caer sobre la Tierra más ó menos oblicuamente. En los polos no hacen, por decirlo así, sino rozar la superficie del globo, mientras que en el ecuador hieren el suelo verticalmente. De ahí resulta que el calor no se encuentra repartido sobre la Tierra de una manera igual. En las regiones ecuatoriales, donde los rayos del sol caen á plomo, la temperatura es muy elevada; por el contrario, en las regiones polares el frío es excesivo.

Francia, colocada casi á igual distancia entre el polo y el ecuador, goza de un clima medio; en ella no hace nunca ni mucho calor ni demasiado frío.

Los astrónomos han dividido cada hemisferio de la Tierra en tres regiones (fig. 74). Así, el hemisferio Norte comprende:

1°. una región polar ó *zona glacial*, que va desde el polo Norte hasta el paralelo AA' (*círculo polar ártico*); 2°. una región media ó *zona templada*, que empieza en el círculo polar ártico AA' yendo hasta el paralelo CC' (*trópico de Cáncer*), y 3°. una región ecuatorial ó *zona tórrida*, que principia en el trópico de Cáncer CC' y concluye en el ecuador EE'.



Fig. 74. — División de la Tierra en cinco zonas.

En el hemisferio sur se encuentran del mismo modo:

- 1°. la zona tórrida, de EE' al *trópico de Capricornio* DD';
- 2°. la zona templada, desde el *trópico de Capricornio* DD' hasta el *círculo polar antártico* BB'; y
- 3°. la zona glacial, del círculo BB' al polo.

El paralelo AA' corresponde al grado 66°,32' de latitud Norte.

El paralelo BB' corresponde al grado 66°,32' de latitud Sur.

El paralelo CC' corresponde al grado 23°,28' de latitud Norte.

El paralelo DD' corresponde al grado 23°,28' de latitud Sur.

Las estaciones. — Si el eje de la Tierra fuese vertical, respecto del plano de la eclíptica, los climas serían siempre los mismos para cada región; en ese caso no habría estaciones; los días y las noches tendrían siempre la misma duración.

Pero no es así, y vosotros sabéis tan bien como yo que en ciertas épocas del año hace más calor ó más frío; y sabéis igualmente que en invierno las noches son más largas que los días. Eso depende de la inclinación del eje de la Tierra que, en vez de dar vueltas derecha sobre el plano de la eclíptica, está inclinada como la peonza de la figura 75.

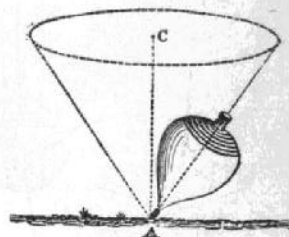


Fig. 75. — Peonza que gira sobre su eje inclinado AB.

Durante el movimiento de la Tierra alrededor del Sol, la línea de los polos conserva la misma inclinación y la misma dirección (fig. 76). Bajo el punto de vista astronómico,

se distinguen cuatro épocas principales en el año, cuyas fechas aproximadas damos á continuación.

El solsticio de invierno, 21 diciembre.

El solsticio de verano, 21 de junio.

El equinoccio de primavera, 21 de marzo.

Y el equinoccio de otoño, 21 de setiembre.

El solsticio de invierno es la época de noche más larga y de día más corto.

El solsticio de verano, la época de día más largo y de noche más corta.

En los equinoccios el día tiene la misma duración que la noche.

Examinemos la figura 77, que representa á la Tierra en el solsticio de invierno. El plano MM' es

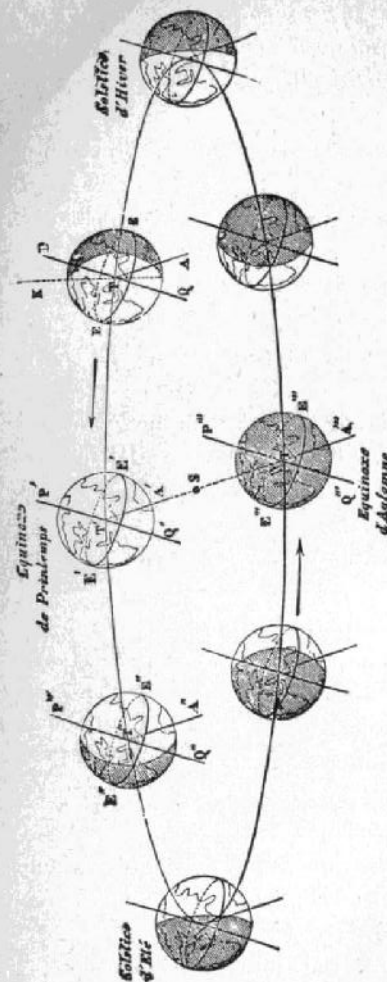


Fig. 76. — En todas las épocas del año, la línea de los polos PQ conserva la misma inclinación y la misma dirección.

el plano de la eclíptica; el Sol se encuentra á gran distancia en la dirección S sobre ese mismo plano.

La Tierra, en vez de girar sobre la línea KK', perpendicular al plano de la eclíptica, lo hace sobre la oblicua PQ, que es la línea de los polos.

De ahí resulta que en el solsticio de invierno, hallándose la Tierra, por decirlo así, echada hacia atrás, el ecuador parece levantado hacia el polo en el hemisferio Norte. Francia, elevada en el mismo sentido una cantidad igual, recibe los rayos del Sol más oblicuamente y *por tanto, posee un clima más frío*. El polo Norte queda sumido en la oscuridad

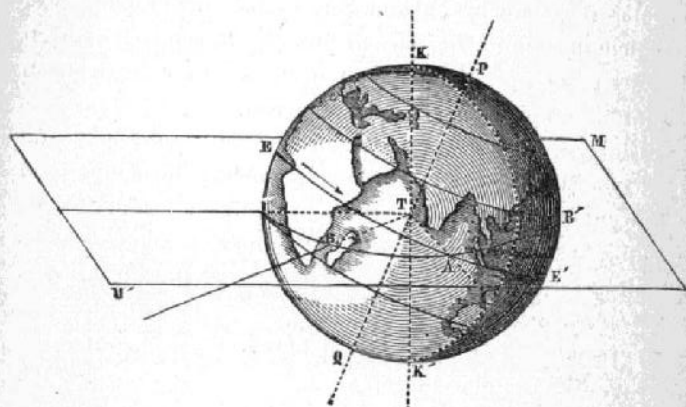


Fig. 77. — La Tierra en el solsticio de invierno.

y los círculos de latitud que pasan por la nación citada, se mueven más tiempo en la sombra que en la luz.

Evidentemente lo inverso ocurre en el hemisferio Sur.

En el solsticio de verano, por el contrario (fig. 76), como la Tierra se halla, por decirlo así, inclinada hacia delante, Francia se inclina en el sentido del plano de la eclíptica, donde los rayos del Sol caen perpendicularmente: dicho país está por decirlo así, más cercano al ecuador y posee, en consecuencia, un clima más cálido. El polo Norte gira

constantemente en plena luz, y los círculos de latitud que pasan por la mencionada nación se mueven más tiempo en la luz que en la sombra.

En el equinoccio de otoño, el día tiene la misma duración que la noche; pero más tarde, la Tierra, siguiendo la dirección de la flecha (fig. 76), se dirige hacia el solsticio de invierno; entonces los días van disminuyendo.

A partir del solsticio de invierno, los días aumentan poco á poco; en el equinoccio de primavera vuelven á ser iguales á las noches, alcanzando su mayor duración en el solsticio de verano. Después disminuyen de nuevo, se hacen iguales á las noches en el equinoccio de otoño, y alcanzan su minimum en el solsticio de invierno.

Si la Tierra describiese una circunferencia alrededor del Sol, las estaciones tendrían todas la misma duración; pero como la órbita de la Tierra es una elipse, dos diámetros que pasen por el Sol no cortan la elipse en cuatro partes iguales; de ahí resulta que las estaciones duran períodos diferentes.

La primavera dura 92 días 21 horas.

El verano, 93 días 14 horas.

El otoño, 89 días 19 horas.

El invierno, 89 días.

El Sol de medianoche. — Como durante la mitad del año el eje de la Tierra está inclinado hacia el Sol en el hemisferio Norte, el polo de ese nombre disfruta de un día de seis meses, mientras que el polo Sur permanece sumido en la noche.

Entonces en el polo Norte el Sol no abandona el horizonte; á medianoche sigue brillando en los cielos, y los viajeros que han visitado las regiones árticas han sentido viva impresión ante ese Sol extraordinario.

« Es un espectáculo verdaderamente hermoso y grande, extraño para nosotros, habitantes del Mediodía, acostumbrados á la alternativa constante del día y de la noche, dice M. Charles Grad. Visible á partir del círculo polar, el Sol de medianoche se presenta todos los días, ó más bien, el disco entero del astro permanece sobre el horizonte en Hammerfest (Laponia), á partir del 16 de mayo (fig. 78); desde el 13 de mayo hasta el 30 de julio en el cabo Norte. Sin embargo, no se disfruta de ese espectáculo cuando las montañas ó las nubes lo ocultan, como ocurre con demasiada frecuencia durante la navegación á lo largo de las costas. Cuando yo lo vi por vez primera, después de muchos días brumosos, en un momento favorable, á través de la abertura de un brazo de mar y entre dos hileras de elevadas montañas, el Sol se presentaba en verdad espléndido, en la plenitud de su brillo. El cielo, absolutamente puro en aquella dirección, tenía color rojo de sangre, sobre el cual se destacaban en relieve las cimas del litoral.

» Esa luz roja se cernía, con sus tonos de púrpura, á través de los árboles de un bosque de abedules enanos, que revestía las paredes del canal rocoso por donde pasábamos, reflejándose en las crestas desnudas de las más altas montañas y sobre las aguas del mar. Cada ola reproducía la imagen del astro radioso, que bajó lentamente ascendiendo de nuevo, sin desaparecer ni un instante debajo del horizonte.

» Cuando el Sol de medianoche permanece oculto por las montañas, la atmósfera vaporosa presenta en el cielo, por el lado opuesto, todos los colores del prisma. No es esa la luz viva del día; tampoco es la noche, sino algo de indeciso, un crepúsculo luminoso lleno de encanto (1). »

(1) *La Nature*, 1883. Masson, editor.

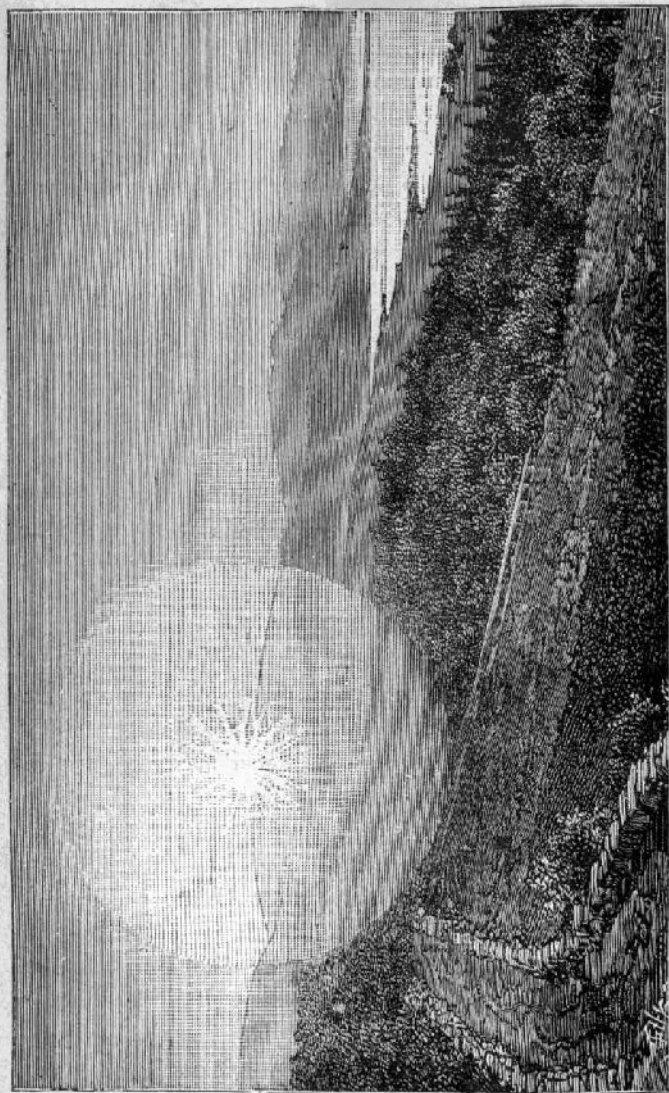


Fig. 78. — El sol de medianoche en Hammerfest (Laponia).

Las largas noches polares no están alumbradas más que por las auroras boreales de que hablaremos en otra lección.

CUESTIONARIO.

Explique V. la existencia de los climas.

¿Cómo se divide el globo terrestre bajo el punto de vista de los climas?

¿Qué se entiende por zona glacial, zona templada y zona tórrida?

¿Cuáles son los límites de esas zonas?

¿Por qué no tienen la misma duración los días y las noches?

¿Qué se entiende por solsticios y equinoccios?

Diga V. las fechas de los solsticios y de los equinoccios.

¿Por qué es el 21 de Junio el día más largo del año?

Describa V. la Tierra en su posición de solsticio de invierno.

El día y la noche en los polos.

¿Tienen las estaciones la misma duración?

Hable V. del Sol de medianoche y explique su presencia en los polos.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Nociones geográficas sobre las diversas zonas. Diversidad de los productos de la tierra, por causa de las diferencias de temperatura. Producción de la zona tórrida, animales y vegetales de esta zona. — Producciones de las zonas templadas y de las zonas glaciales. — Lecturas y relaciones de viajes en esas diversas regiones.

Insistir sobre las estaciones. — Solsticios, el Sol parece detenerse; equinoccios, igualdad del día y de la noche.

V.

El Calendario.

Llámanse calendario al conjunto de convenciones que regulan la división del tiempo.

Al girar alrededor del Sol, la Tierra no realiza sobre sí misma un número exacto de rotaciones. Para volver á colocarse en el mismo punto respecto del Sol, nuestro Planeta efectúa 365 vueltas y próximamente un cuarto de vuelta; de ahí resultan complicaciones en el arreglo del *año civil*, que debe concordar todo lo posible con el *año trópico*, año astronómico ó año natural.

Calendario romano. — Los antiguos no regulaban el año guiándose por el Sol, sino que habían tomado por base el movimiento de la Luna, que gira alrededor de la Tierra en cerca de un mes. En tiempo de Rómulo el año se componía de diez meses, de los cuales unos tenían 30 y otros 31 días.

1. — MARS, consagrado á Marte, dios de la guerra.
2. — APRILIS, consagrado á Venus, diosa de la hermosura.
3. — MAIA, consagrado á la diosa Maia.
4. — JUNIUS, consagrado á Juno.
5. — QUINTILIS, quinto mes.
6. — SEXTILIS, sexto mes.
7. — SEPTEMBER, séptimo mes.
8. — OCTOBER, octavo mes.
9. — NOVEMBER, noveno mes.
10. — DECEMBER, décimo mes.

Con semejante calendario, las estaciones no se presentaban siempre en la misma época; por ejemplo, el mes de

Mayo era ya un mes de invierno, ya un mes de verano.

El rey Numa Pompilio añadió dos meses al final del año de Rómulo, y son:

11. — JANUARIUS, consagrado al dios Jano, cuyo templo estaba en Roma.

12. FEBRUARIUS, consagrado á Februo, dios de los muertos.

A pesar de la reforma de Numa Pompilio, el calendario no estaba todavía de acuerdo con el año trópico. Para poner término á ese desorden, Julio César fijó el número de los días del año en 365 y, con ayuda del astrónomo Sosígenes, realizó la reforma que lleva su nombre, decidiendo además que en adelante se añadiría cada cuatro años un día al mes de Febrero, el último del año, para ganar las cuatro cuartas partes de día perdidas en cuatro años, por ser éstos de 365 días solamente.

La *reforma Juliana* se efectuó en el año 44 antes de J. C. Para conservar su recuerdo se dió á Quintilis el nombre de JULIUS, consagrándolo á Julio César (mes de Julio). Un poco más tarde, Augusto, emperador romano, hizo lo mismo con Sextilis, que pasó á ser AUGUSTUS (Agosto). Otros emperadores quisieron imitar ese ejemplo: Tiberio, Nerón y Cómodo trataron de inmortalizarse haciéndose consagrar September, October y November, pero no lograron su propósito.

En el calendario romano el primer día de cada mes era el día de las *Calendas*; las otras fechas principales eran los *Idus*, que dividían el mes en dos mitades casi iguales, y las *Nonas*, que se colocaban ocho días antes de los idus. Los Idus caían el 15° día en los meses de Marzo, Mayo, Julio y Octubre; en los otros meses, los Idus eran el 13. Además, los almanaques señalaban las fiestas así como los

días *fastos* y *nefastos*. Los días *fastos* estaban marcados con una F, y en ellos era permitido acudir á juicio, efectuar negocios civiles, contratos, ventas, etc. Los días *nefastos* estaban señalados con una N.

NP significaba nefasto en la primera parte del día, y EN nefasto solamente en ciertas horas.

Los días se contaban hacia atrás: así el 2 de Enero era el cuarto día antes de las Nonas de Enero; el 3 era el tercer día antes de las Nonas, etc., hasta las Nonas, que caían el 5; en seguida venían el 6 de Enero, octavo día antes de los Idus; el 7, séptimo día antes de los Idus; el 8, sexto día antes de los Idus, etc., hasta los Idus del 13; á partir de los Idus, las denominaciones son aún más singulares: el 14 de Enero se llamaba décimonoño día antes de las Calendas de Febrero, etc. (1).

De las Calendas á las Nonas había cuatro días en los meses de Enero, Abril, Junio, Agosto, Setiembre y Diciembre y seis en los de Marzo, Mayo, Julio y Octubre. Se daba el nombre de *Vispera* al día anterior á las Calendas, las Nonas y los Idus. Los meses griegos no tenían calendas, y de ahí la frase popular romana: pagar sus deudas en las Calendas griegas.

Cuando César quiso añadir un día suplementario cada cuatro años, lo colocó el sexto día antes de las Calendas de Marzo, es decir, entre el 24 y el 25 de Febrero, á fin de no entorpecer el culto de los dioses infernales. Tampoco quiso darle un número especial, sino que lo llamó 6 *bis*, ó *bissex-tus*, y el año tomó el nombre de año *bisiesto*.

Calendario gregoriano. — El astrónomo Sosígenes y Julio César tomaron 365 días 6 horas como duración del

(1) Ver el apéndice al fin de la lección.

año trópico; ahora bien, esa duración es exactamente de 365 días 5 horas 48 minutos, 48 segundos: de modo que dieron al año *civil* cerca de 11 minutos más de los que debía tener.

Cada cuatro años había 44 minutos de error: en 128 años la diferencia llegó á un día. A fuerza de hacer los años demasiado largos, las fechas se hallaron retrasadas respecto de los fenómenos astronómicos fijos.

Considerad la pared de la clase que está á la derecha y que tiene exactamente, por ejemplo, diez metros de largo; con un metro de tela no le encuentro sin embargo más que 9^m,90.

La cosa es fácil de comprender; el metro de tela se estira á fuerza de usarlo y acaba por ser más largo que el verdadero metro, no pudiendo por consiguiente aplicarse diez veces sobre el muro. O dicho de otro modo, el extremo del muro llega á la 90^a división del último metro en vez de llegar hasta la 100^a; eso ocurrió precisamente en 1582 con el calendario; como desde Julio César se había calculado el tiempo en años muy largos, el equinoccio de primavera, que debía caer el 20 de *Marzo*, coincidió con el 10 del *mismo mes*. Los diez días que faltaron ese año habían sido distribuidos por fragmentos muy pequeños á los diez y seis siglos anteriores.

Era, pues, necesario operar una nueva reforma del Calendario; el papa Gregorio XIII la efectuó. Ordenóse que el día siguiente al 4 de Octubre de 1582 se llamaría 15 de Octubre, y, para impedir la reproducción del desorden, se suprimió el año bisiesto que da principio á cada siglo.

Esta corrección sola hubiese sido demasiado fuerte; en efecto, con el Calendario juliano, el error de un día no se produce más que al cabo de 128 años y no al cabo de cada

siglo. Gregorio XIII lo comprendió y conservó un año bisiesto cada 400 años (Todavía existe un pequeño error, puesto que 28 años se cuentan por 23, lo cual hace 4 día por 4000 años).

Leyendo la lista que sigue, comprenderéis fácilmente el sistema gregoriano:

CALENDARIO JULIANO.

1700 Bisiesto.
1800 Bisiesto.
1900 Bisiesto.
2000 Bisiesto.
2100 Bisiesto.
2200 Bisiesto.
2300 Bisiesto.
2400 Bisiesto.

CALENDARIO GREGORIANO.

No bisiesto.
No bisiesto.
No bisiesto.
Sigue siendo bisiesto.
No bisiesto.
No bisiesto.
No bisiesto.
Sigue siendo bisiesto.

El año secular no es, por tanto, bisiesto más que cada cuatro siglos. Todos los pueblos han aceptado la reforma de Gregorio XIII, excepto los griegos y los rusos; esos tenían en 1582, lo mismo que nosotros, diez días de retraso, pero como desde esa época han dejado bisiestos los años 1700 y 1800, cuentan hoy doce días de retraso. Cuando nosotros estamos en 1º. de Enero, ellos se hallan todavía en el 19 de Diciembre.

Para reconocer si un año ordinario es bisiesto, basta con dividir su milésimo por 4; si la división da cociente exacto, el año es bisiesto; si hay residuo, no lo es. Con los años seculares hay que comenzar por suprimir los dos ceros que terminan su número y luego se opera del mismo modo. Así el año secular 2000 es bisiesto puesto que después de haber suprimido los dos ceros queda 20, divisible por 4: el año secular 2300 no es bisiesto, toda vez que 23 no es divisible por 4.

El año romano empezaba el 1º. de Marzo; bajo Carlo-

mago, en recuerdo del nacimiento de Jesucristo, se le hizo comenzar en Navidad, y bajo Carlos IX (1563), sin ninguna razón que lo motivase, se hizo del 1º. de Enero el primer día del año. Con estos cambios, el mes de Diciembre (que significa décimo) ha venido á ser el duodécimo; Setiembre, Octubre y Noviembre llevan, lo mismo que el anterior, un nombre absurdo.

Calendario republicano. — El 24 de Noviembre de 1793, la Convención nacional encargó al Comité de Instrucción pública de formar un Calendario nuevo. Estudiaron el asunto los sabios más profundos de la época, Monge, Lagrange, Dupuis, Romme, Lalande y Guyton de Morveau. El año fué dividido en 12 meses de 30 días, añadiendo al fin del mismo cinco días complementarios y seis para los años bisiestos, durante los que se celebraban las grandes fiestas nacionales (Fiestas de la Virtud, del Genio, del Trabajo, de la Opinión y de las Recompensas).

Los meses fueron divididos en tres períodos de diez días, las *décadas*, que reemplazaron á las semanas; los días llevaban números de orden: Primidi, duodi, tridi, quattidi, quintidi, sextidi, septidi, octidi, nonidi, *décadi*.

El primer día del año se fijó en el momento del equinoccio de otoño (22 de Setiembre), que recordaba también la fecha de la proclamación de la República (22 de Setiembre de 1792).

Los nombres dados á los meses se deben al convencional Fabre d'Eglantine; hé aquí sus nombres:

OTOÑO . . .	{	<i>Vendimiarlo</i> (mes de las vendimias).
	{	<i>Brumario</i> (mes de las nieblas).
	{	<i>Frimario</i> (mes de las heladas).
	{	<i>Nivoso</i> (mes de la nieve).
INVIERNO . . .	{	<i>Pluvioso</i> (mes de las lluvias).
	{	<i>Ventoso</i> (mes de las borrascas y de los vientos).

PRIMAVERA . . .	{	<i>Germinal</i> (mes de la germinación de las plantas).
	{	<i>Floreál</i> (mes de las flores).
	{	<i>Pradial</i> (mes de los prados).
VERANO	{	<i>Mesidor</i> (mes de las cosechas).
	{	<i>Termidor</i> (mes de los calores).
	{	<i>Fructidor</i> (mes de los frutos).

En el Calendario republicano, en vez de los nombres de los santos, los días de cada década recibieron los nombres de los productos de la tierra, de los instrumentos y de los animales domésticos. El filósofo Augusto Comte ha propuesto luego, para un calendario universal, que se reemplacen los nombres de los santos por los de los grandes hombres y de los bienhechores de la humanidad.

A pesar de su gran sencillez y de su carácter tan poético como racional, el calendario republicano fué abandonado pronto. Tenía un inconveniente muy grave y era que *sólo convenia al clima de Francia*, lo cual le hacía incomprendible é inaplicable en los otros países. El 1º. de Enero de 1806, el Calendario gregoriano fué puesto de nuevo en práctica. Ese calendario tiene la ventaja de ser común á todas las naciones : de los siete primeros meses, los de clase impar tienen 31 días ; los otros, exceptuando á Febrero, tienen 30 ; lo contrario ocurre con los cinco últimos meses del año.

CUESTIONARIO.

- ¿Qué es el Calendario?
- ¿Qué es el año civil y qué el año trópico?
- Hable V. del Calendario romano y de la reforma juliana.
- ¿Qué es el Calendario gregoriano?
- ¿Cuáles son los pueblos que no han aceptado el sistema gregoriano?
- ¿Cómo se averigua si un año es bisiesto?

¿Cómo se sabe si un año secular es bisiesto?

Diga V. lo que sepa sobre el Calendario republicano.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Insistir sobre el *año trópico* y el *año civil*. Nociones históricas sobre el Calendario. — Hé aquí algunas noticias exactas sobre el calendario romano, para los alumnos que hayan estudiado, estudien ó deban estudiar latín, noticias que debemos á la amabilidad de M. Wierzeyski, profesor en la escuela Monge.

Se conserva un calendario completo, grabado sobre una piedra de mármol, rota por la parte superior. En la parte rota se leen todavía algunas palabras de una inscripción que precedía al Calendario.

Ese documento, puesto en claro por Maffei (1535 1603), fué impreso la primera vez por Alde Manuce en 1561, en Venecia. Se le encuentra reproducido en diversos libros y ha recibido el nombre de *Calendarium Maffeanum*.

Damos aquí, como muestra, el mes de Mayo de ese calendario en la segunda columna de la derecha, encontrándose en la de la izquierda simplemente la concordancia de nuestro calendario actual con el calendario romano.

1 KAL. MAI.....	A. K. MAI. N.
2 VI.....	B. F. Comp. (1).
3 V.....	C. C.
4 IIII.....	D. C.
5 III.....	E. C.
6 Prid. Non.....	F. C.
7 NON.....	G. Non. N.
8 VIII.....	H. F.
9 VII.....	A. Lem. N. (2).
10 VI.....	B. C.
11 V.....	C. Lem. N.
12 IV.....	D. NP. Lud. Mart. Circ. (3).
13 III.....	E. Lem. N.
14 Prid. Eid.....	F. C.
15 EID.....	G. Eid. NP.
16 XVII.....	H. F.
17 XVI.....	A. C.
18 XV.....	B. C.
19 XIV.....	C. C.
20 XIII.....	D. C.
21 XII.....	E. Agon. NP. (4).
22 XI.....	F. N.
23 X.....	G. Tub. NP. (5).
24 IX.....	H. Q. Rex. C. F. (6).
25 VIII.....	A. C.
26 VII.....	B. C.
27 VI.....	C. C.
28 V.....	D. C.
29 IIII.....	E. C.
30 III.....	F. C.
31 Prid. Kal. Iun.....	G. C.

(1) *Compitalia*, fiesta de los dios de las encrucijadas.

(2) *Lemuria*, fiesta de los *Lemures*, sombras de los muertos (*Lares*, favorables; *Larva*, dañosa) que convenia atraerse ó alejar de las casas.

(3) *Ludi Martiales Circenses*, juegos de Marte en el circo.

(4) *Agonalia*, fiestas de Jano (de *ἀγων*, lucha).

(5) *Tubilustrium*, purificación de las trompetas de los sacrificios.

(6) *Quando rex comitio fugit*, cuando el rey huye del comicio (expulsión de los reyes).

LECTURA DEL CALENDARIO DE CONCORDANCIA.

K = *Kalendæ*.

Non = *Nonæ*.

Eid = *Idus* (ant. ortog. *Eidus*).

1.º Mayo = *Kalendæ Maiæ*, Calendas de Mayo.

2. Mayo. VI. = *antediem sextum nonas Maias*, sexto día antes de las Nonas de Mayo.

6 Mayo. Prid. Non. = *Pridie nonas*, víspera de las Nonas, etc.

LECTURA DEL CALENDARIO MAFEIANO.

Las ocho letras A-H se refieren á las *Nundinæ* (novem), días de feria, que se repetían todos los días marcados con A, es decir, cada nueve días sin interrupción.

El mes de Junio del calendario Mafeiano empieza naturalmente por la letra H, del mismo modo que el mes de Abril acaba por H.

C = *dies comitalis*, día en que se podían celebrar comicios.

F = *dies fastus*, día fasto.

N = *dies nefastus*, día infausto.

NP = *nefastus priore parte*, infausto en su primera parte.

EP = *fastus priore parte*, fasto en su primera parte.

En = *endotercisus*, antigua forma de *intercisus*, entrecortado.

Esta última abreviatura no figura en el mes de Mayo, pero se la encuentra en otros meses del calendario Mafeiano.

Se llamaba *fasti* á los días en que el pretor podía ejercer su derecho de jurisdicción (*quibus lege agi licet et forensem iurisdictionem exercere*); *nefasti*, los días en que el pretor no tenía el derecho de hacer justicia, *quibus tria verba silentur*, según la expresión de Ovidio, esto es, en que el pretor no tenía el derecho de servirse de las tres fórmulas sacramentales: *do, dico, addico*; *endotercisi*, días en que la mañana y la noche son infaustos, y en los cuales el intervalo es fausto (*per quos mane et vesperi est nefas; medio tempore, inter hostiam cæsam et exta porrecta, fas*).

Ha llegado además hasta nosotros un calendario de los meses no dividido por día, llamado *Calendarium Farnesianum*; este calendario rústico da el número de días del mes, la fecha de las Nonas (5 ó 7), la longitud de los días y de las noches, la constelación en que se encuentra el Sol, la divinidad á que está atribuida la tutela de los meses, las ocupaciones y trabajos periódicos de los agricultores y las principales fiestas y sacrificios.

El *Calendarium Cumanum*, de que no tenemos más que dos fragmentos, uno en Nápoles y otro en Roma, era una especie de calendario histórico-político de la vida de César Augusto, parecido á los que hoy reciben el nombre de calendarios americanos, en cuyas ojas, que se arrancan diariamente, se halla una nota referente á nuestra historia.

VI.

Estrellas y constelaciones.

Cuando os he indicado en una lección anterior, los caracteres que permiten distinguir las Estrellas de los Planetas, os dije que era imposible aumentar el tamaño aparente de aquellas, aun con nuestros más poderosos telescopios, mientras que se puede agrandar el diámetro aparente de los Planetas que giran con nosotros alrededor del Sol.

El estudio del mundo solar está terminado, y sólo nos queda que echar una ojeada sobre esos soles lejanos que nuestros anteojos no pueden acercar.

Clasificación de las Estrellas. — El número de las Estrellas visibles á la simple vista no es considerable, pues no pasa de seis mil; pero si se examina el cielo con un buen telescopio, se nos representa como sembrado de polvo de oro, y el número de las Estrellas se hace inmenso.

Las Estrellas no brillan todas con la misma fuerza, y por eso se las ha clasificado en *magnitudes*. Las más brillantes son de *primera magnitud*, y de ellas hay diez y ocho; luego vienen las de *segunda magnitud*, en número de cincuenta, y así sucesivamente, aumentando el número á medida que la magnitud disminuye. Las Estrellas de séptima magnitud dejan de ser visibles á simple vista.

En esta clasificación, es evidente que la palabra *magnitud* significa *brillo*, y que no indica ninguna diferencia en la dimensión de las Estrellas, que para nosotros no son más que *puntos* luminosos. La luz de las Estrellas es generalmente blanca, como la del Sol, si bien hay algunas que

presentan un color particular rojo, amarillo, verde ó azul. También las hay cuyo brillo varía, sea súbita, sea periódicamente. Por último, algunas Estrellas son dobles y aun triples.

En los tratados de Astronomía se hace mención de Estrellas temporales que, después de haber brillado con viva luz, se han apagado gradualmente, y no se las ha vuelto á ver. Una Estrella de ese género fué la que apareció 125 años antes de J. C., y que hizo emprender á Hiparco su catálogo de Estrellas; otra fué observada en 389, que presentó durante tres semanas un brillo semejante al de Venus. La noche del 11 de Noviembre de 1572, Tycho-Brahe vió una Estrella que en algunos instantes superó á Júpiter en luz; esa Estrella había desaparecido completamente en Marzo de 1574. Mientras fué visible, conservó en el cielo la misma posición. Idéntico fenómeno se ha reproducido en Mayo de 1866.

Constelaciones. — El cielo se presenta á los ojos del hombre como una inmensa cúpula sobre la cual estuviesen fijas las Estrellas, formando combinaciones originales de forma invariable.



Fig. 79. — Constelación de la Osa mayor.

Esas combinaciones, esos grupos de Estrellas, han recibido el nombre de *constelaciones*; los antiguos les dieron nombres sacados de la mitología, que en su mayor parte han conservado.

La superficie total de la esfera celeste ha sido dividida en regiones que los astrónomos conocen perfectamente, y que designan por medio de los grupos de Estrellas en las mismas comprendidos. Así se dice : constelación de la *Osa Mayor*, del *Dragón*, de *Hércules*, de la *Osa Menor*, de *Perseo*, del *León*, etc., para indicar, no sólo las cuantas Estrellas que componen esas constelaciones, sino también el departamento celeste en la cual se encuentran.

Cada Estrella de este departamento celeste está designada por una letra ó un número de orden que permite distinguirla de las otras. Así, para la constelación de la *Osa Mayor* (fig. 79), las primeras letras del alfabeto griego sirven para designar las siete Estrellas principales que la forman.

Se llama guardas á las Estrellas α y β .

Cuando se conoce la *Osa Mayor*, es fácil hallar la posición y por consiguiente el nombre de las otras constelaciones, empleando el trazado siguiente :

Unamos por medio de una línea recta β y α de la *Osa*

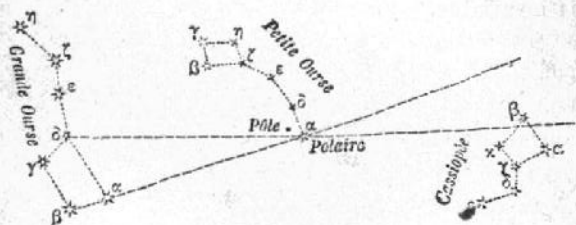


Fig. 80. — Trazados para hallar las estrellas y las constelaciones.

Mayor y prolonguemos esta línea más allá de α , cinco veces su tamaño (fig. 80): así encontraremos la Estrella principal de la constelación de la *Osa Menor*, que se denomina la *polar*, alrededor de la que parece girar el cielo todo entero

y que algunos pueblos del Mediodía llaman *Tramontana*. Unamos por otra recta δ de la *Osa Mayor* y la *polar* y prolongando esta línea hasta doblar su dimensión, encontraremos á *Casiopea*, y así sucesivamente para las restantes constelaciones.

Movimiento diurno. — Las Estrellas son fijas ; pero como la Tierra gira sobre su diámetro polar, dichos astros parecen moverse en sentido inverso del movimiento de rotación de nuestro planeta ; su revolución total se efectúa en veinticuatro horas : á esto es á lo que los astrónomos llaman *movimiento diurno*.

Supongamos una barra de hierro que atravesase nuestro planeta como un asador y que vaya de su polo norte á su polo sur ; si se prolongase esta barra por encima de nuestro hemisferio, iría á parar á la *estrella polar* ; de ahí depende que la *estrella polar* permanezca fija ante nosotros, mientras que todas las restantes Estrellas parecen girar á su alrededor.

Para que comprendáis bien el movimiento diurno, peguemos en el techo de la clase algunos trozos de papel dorado. Colocaos en pié en el centro de la clase, mirad atentamente un punto del techo sobre vuestras cabezas y ahora girad sobre vosotros mismos de izquierda á derecha. El punto que miráis atentamente no se mueve ; esa es la *estrella polar*, mientras que los papeles dorados parecen dar vueltas en torno suyo de derecha á izquierda ; esas son las Estrellas que realizan su movimiento *aparente* alrededor del polo, su movimiento diurno, según hemos dicho.

El zodiaco. — Se llama *zodiaco* á una especie de cinturón que da vuelta á la esfera celeste y que contiene las doce constelaciones en las cuales se proyecta el Sol durante su movimiento anual aparente alrededor de la Tierra.

Las doce constelaciones han sido llamadas *signos del Zodíaco* y están representadas en los almanaques al frente de cada mes.

- | | |
|-------------|------------------|
| 1. Aries, | 7. Libra, |
| 2. Tauro, | 8. Escorpión, |
| 3. Géminis, | 9. Sagitario, |
| 4. Cáncer, | 10. Capricornio, |
| 5. Leo, | 11. Acuario, |
| 6. Virgo, | 12. Piscis. |

Para hacer comprender cómo se proyecta el Sol en las constelaciones del Zodíaco, vamos á trazar un círculo grande en medio de un patio. En el centro del círculo voy á colocar al mayor de los discípulos, que hará de Sol, alrededor suyo y á escasa distancia pongamos al más pequeño, que dará vueltas representando la Tierra, y luego sobre el círculo situaremos doce alumnos cogidos por las manos como si fueran á jugar á la gallina ciega, y que en este caso harán el papel de signos del Zodíaco.

Permaneciendo inmóvil todo el mundo, únicamente la Tierra va á dar principio á su movimiento real alrededor del Sol. A medida que el niño que representa nuestro planeta da vueltas, ve sucederse detrás del Sol todos los signos del Zodíaco. Así es como á nosotros nos parece que el Sol se proyecta en las constelaciones que forman, por decirlo así, el ecuador de la esfera celeste.

Los habitantes del hemisferio norte de la Tierra no conocen más que las constelaciones que pertenecen al hemisferio norte de la esfera celeste. Las principales son la *Osa Mayor*, la *Osa menor*, el *Boyero*, la *Corona boreal*, la *Serpiente*, *Hércules*, *Cefeo*, *Casiopéa*, *Andrómeda*, *Perseo*, *Pegaso*, el *Dragón*, la *Medusa*, el *Cochero*, *Tauro*, *Gémines*, las *Siete Cabrillas*, etc.; en el hemisferio sur el cielo está

iluminado durante la noche por otras constelaciones que son: *Argo*, la *Cruz del sur*, el *Centauro*, la *Corona austral*, el *Eridán*, el *Gran Can*, el *Pez austral*, la *Ballena*, *Orión*, el *Sagitario*, *Libra*, el *Escorpión*, el *Capricornio*, etc. Las Estrellas más brillantes se encuentran diseminadas en esas constelaciones; hélas aquí por orden de brillo decreciente:

Sirio (α del Gran Can), — *Canopo* (α del navío Argo), α del *Centauro*, — *Arcturo* (α del Boyero), — *Rigel* (β de

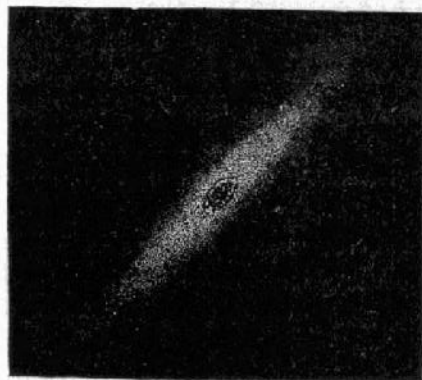


Fig. 81. — La nebulosa de Andrómeda.

Orión), — la *Cabra* (α del Cochero), — *Wega* (α de la Lira), — *Proción* (α del Pequeño Can), *Betelgeuse* (α de *Orión*), — *Archernard* (α de *Eridán*), — *Aldebarán* (α de *Tauro*), β del *Centauro*, (α de la *Cruz del sur*), — *Antares* (α del *Escorpión*), *Atair* (α del *Aguila*), — la *Espiga* (α de la *Virgen*), — *Fomalhaut* (α del *Pez austral*), β de la *Cruz del sur*, — *Pollux* (β de *Géminis*), — *Regulo* (α del *León*).

De esas veinte estrellas hay seis que no son conocidas en

Europa, á saber : *Canopo* α y β del *Centauro*, *Achernard*, α y β de la *Cruz del sur*.

Las nebulosas. — Se llaman *nebulosas* unas manchas de color blanco lechoso repartidas acá y allá en el cielo en medio de las *constelaciones*. Sus formas son más ó menos regulares y pueden ser divididas en dos clases: las *nebulosas resolubles* y las *nebulosas irresolubles*.

Las nebulosas resolubles son las que, examinadas con instrumentos de mucho aumento, aparecen como un se-

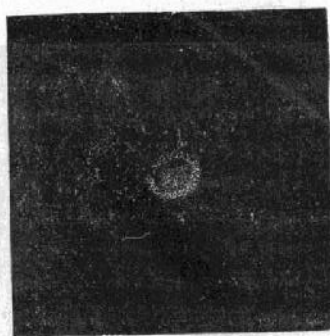


Fig. 82. — Nebulosa perforada de la Lira.

millero de Estrellas. Ejemplos: la nebulosa de *Andrómeda* (fig. 81) y la nebulosa perforada que se encuentra entre β y γ de la *Lira* (fig. 82). Todos vosotros habéis observado ciertamente una especie de reguero luminoso de color blanco de leche que traza un gran círculo sobre la esfera celeste: á ese reguero luminoso se le denomina *vía láctea*, *carañuela* ó *camino de Santiago*; también esa es una nebulosa resoluble. Nuestro Sol es una Estrella colocada hacia el centro de la *vía láctea*, de la cual forma parte; esta gran nebulosa tiene la figura de un anillo, como la que representa el grabado n° 83.

Las nebulosas irresolubles no están constituidas por aglomeraciones de Estrellas (fig. 84, 85, 86, 87), sino por una materia en extremo tenue, gaseosa y luminosa. Los astrónomos piensan con el ilustre Laplace que esas son

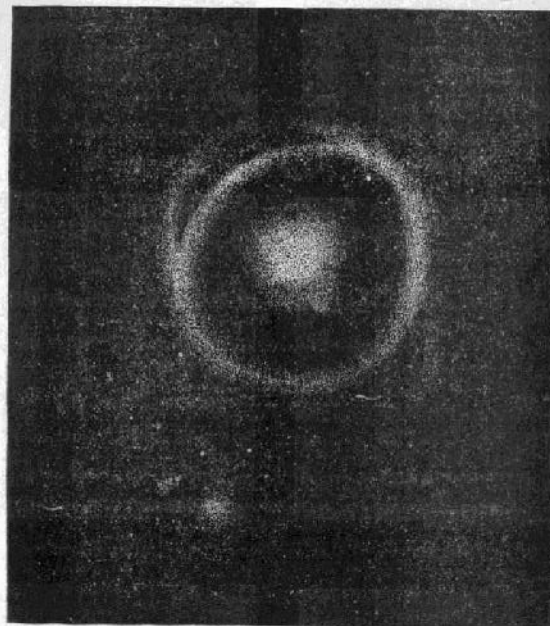


Fig. 83. — Nebulosa en forma de anillo.

Estrellas en vía de formación. Algunas parecen dividirse para formar Estrellas dobles (fig. 88 y 89).

Distancias de las Estrellas á la Tierra. — Las distancias que nos separan de las Estrellas son inmensas. Los astrónomos han calculado que la luz, que recorre 77.000 leguas por segundo, llega hasta nosotros:

Desde el *Sol* en 8 minutos 18 segundos; de α del *Cen-*

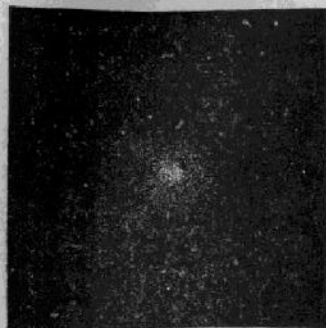


Fig. 84.



Fig. 85.



Fig. 86.

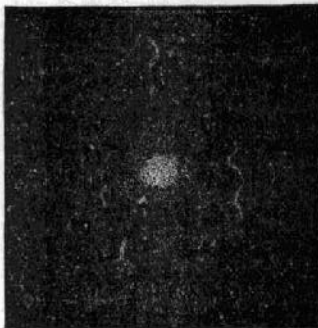


Fig. 87.

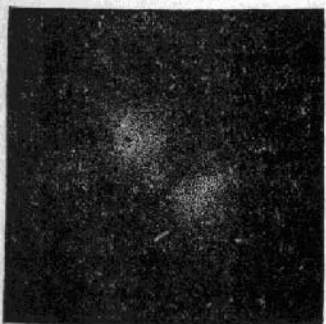


Fig. 88.

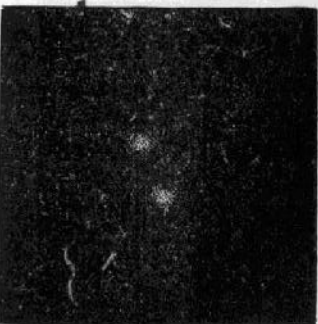


Fig. 89.

Nebulosas irresolubles simples y dobles.

tauro en 3 años 8 meses; de la 61ª *del Cisne* en 9 años 5 meses; de *Wega* en 12 años 6 meses; de *Sirio* en 22 años; de *Arcturo* en 26 años; de la *Polar* en 31 años; de la *Cabra* en 72 años.

¡ Hay Estrellas cuyas distancias á la Tierra son tan enormes, que su luz no nos llega sino al cabo de centenares y de millares de años! La imaginación queda absorta ante tales cifras; y, sin embargo, en el punto en que se encuentra la última estrella visible empieza de nuevo otra inmensidad, y luego otra y otra aún, y el espacio se desarrolla así hasta lo infinito sin que nuestros ojos puedan ver ni nuestra razón concebir sus límites.

CUESTIONARIO.

- ¿Cómo se distinguen las Estrellas de los Planetas?
- ¿Qué se entiende por la palabra *magnitud* aplicada á las Estrellas? Hable V. de las Estrellas simples, dobles, de colores, etc.
- ¿Qué se entiende por constelaciones?
- ¿Cómo se procede para distinguir las constelaciones por medio de trazados de líneas?
- ¿Cómo se encuentra la Estrella Polar?
- ¿Qué es el movimiento diurno? Explíquelo V.
- ¿Por qué permanece fija la Estrella polar, mientras que las restantes parecen girar alrededor suyo?
- ¿Qué es el Zodiaco?
- ¿Qué es una nebulosa?
- Dé V. una idea de la distancia que nos separa de las Estrellas.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Enseñar á los alumnos una carta celeste (no nos cansaremos de recomendar la carta mural de M. Villard, editada en casa de M. Delagrave y C^{ia}. en París), y acostumbrarlos á hacer los trazados necesarios para dar con las constelaciones. — Aprovechar una noche clara para hacerles aprender el nombre de algunas estrellas.

Explicar el movimiento diurno y la proyección del Sol sobre los signos del Zodiaco por medio de las experiencias descritas.

SEGUNDA PARTE.

METEOROLOGÍA.

CAPÍTULO PRIMERO.

LA ATMÓSFERA.

I.

Composición del aire atmosférico.

La Tierra está rodeada por una capa de aire que mide cerca de 20 leguas de altura. Esta capa de aire, que se llama *atmósfera*, desempeña un papel considerable en la vida de nuestro Planeta. Ella es la que sostiene la respiración de los animales y de los vegetales, y la que alimenta el fuego de nuestros hogares.

El aire es un *gas*, pero no un cuerpo simple, un elemento, como decían los antiguos, sino una mezcla de otros dos gases: el *oxígeno* y el *ázoe*.

Experiencia de Lavoisier. — Un químico francés, el gran Lavoisier, demostró ese hecho por medio de una experiencia célebre (1774).

« Tomé, dice Lavoisier, un matraz A de 36 pulgadas

cúbicas de capacidad próximamente, cuyo cuello era muy largo y tenía de 6 á 7 líneas de anchura interior; lo encorvé según lo representa el grabado (fig. 90), de modo que pudiese colocársele en un hornillo, mientras que la extremidad de su cuello fuera á introducirse debajo de la campana C, colocada en un baño de mercurio *ab*. Introduje en ese matraz 4 onzas de mercurio muy puro, y luego, sor-

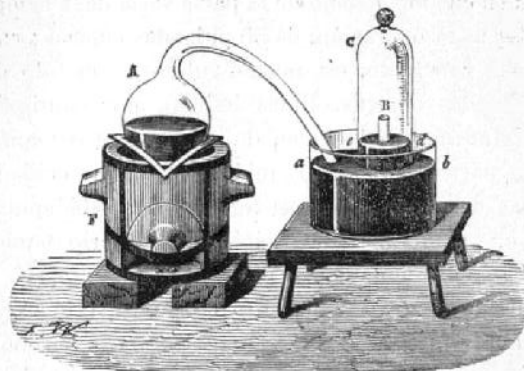


Fig. 90. — Aparato de Lavoisier para el análisis del aire.

biendo con un sifón que hice entrar en la campana C, elevé el mercurio hasta *cd*. Preparadas así las cosas, encendí el fuego en el hornillo F y lo entretuve durante doce días, de modo que el mercurio se calentó hasta el punto necesario para hervir.

» Durante todo el primer día no ocurrió nada notable; el mercurio, aunque sin hervir, se encontraba en un estado de evaporación continua y tapizaba el interior de los vasos de gotecillas, al comienzo muy finas, que en seguida iban aumentando, y que, cuando habían alcanzado cierto volumen, volvían á caer por sí mismas al fondo del vaso y se reunían al resto del mercurio. El segundo día, empecé á

ver nadar sobre la superficie del mercurio pequeñas partículas rojas que, durante cuatro ó cinco días, aumentaron en número y volumen, después de lo cual cesaron de crecer, permaneciendo absolutamente en el mismo estado.

» Al cabo de doce días, viendo que la calcinación no hacía ya ningún progreso, apagué el fuego y dejé enfriar los vasos. El volumen del aire contenido, tanto en el matraz como en su cuello y debajo de la parte vacía de la campana, era, antes de la operación, de 50 pulgadas cúbicas; cuando había esta concluido, ese mismo volumen era sólo de 42 á 43 pulgadas cúbicas. Había habido, por consiguiente, una disminución de volumen de un sexto próximamente; por otra parte, habiendo reunido con mucho cuidado las partículas encarnadas que se formaron, y habiéndolas separado en cuanto me fué posible del mercurio líquido en que se bañaban, hallé que su peso era de 45 granos.

» El aire que quedaba después de esta operación y que había sido reducido á las $5/6$ partes por la calcinación del mercurio, no era ya propio para la respiración ni la combustión, pues los animales que introduje en él perecieron á los pocos instantes, y las luces se apagaban al sumergirlas allí, con la misma rapidez que cuando se las mete en agua.

» Además, tomé los 45 granos de materia roja que se habían formado durante la operación, los metí en una pequeña retorta de vidrio, á la cual estaba adaptado un aparato á propósito para recibir los productos líquidos y acríformes que pudieran desprenderse (fig. 91).

» Cuando la retorta se calentó hasta ponerse casi incandescente, la materia roja empezó á disminuir poco á poco de volumen, y desapareció por completo en algunos minutos; al mismo tiempo se condensaron en el recipiente 41 granos y $1/2$ de mercurio líquido, y pasaron debajo de

la campana de 7 á 8 pulgadas cúbicas de un fluido elástico, mucho más propio que el aire de la atmósfera para la combustión y para la respiración de los animales.

» Habiendo hecho pasar una porción de este aire á un tubo de vidrio de una pulgada de diámetro, y habiendo sumergido en él una bujía, esta despedía un brillo deslumbrador. El carbón, en vez de consumirse allí poco á poco como en el aire ordinario, ardía con llama y con una especie de decrepitación, á la manera que el fósforo, y con una luz tan viva que los ojos la soportaban difícilmente.

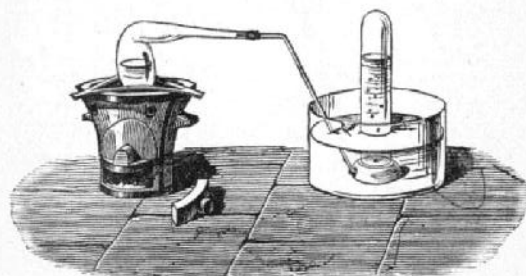


Fig. 91. — Descomposición del óxido de mercurio.

» Reflexionando sobre la condición de esta experiencia se ve que el mercurio al calcinarse absorbe la parte soluble y respirable del aire; que la porción del aire que queda es una especie de exhalación, incapaz de servir para la respiración y la combustión; *el aire de la atmósfera está, por tanto, compuesto de dos fluidos elásticos de naturaleza diferente, y por decirlo así opuesta.*

» Una prueba de esta importante verdad, es que recombinando los dos fluidos elásticos que se han obtenido así separadamente, es decir las 42 pulgadas de aire no respirable y las 8 pulgadas de aire respirable, se forma aire en todo

semejante al de la atmósfera, y que es propio, en el mismo grado con corta diferencia, para la calcinación de los metales y la respiración de los animales. »

Los gases del aire. — El gas irrespirable de Lavoisier



Fig. 92. — Una bujía se apaga en el ázoe.

es el *ázoe*, en el cual se apaga una bujía (fig. 92) y un animal muere asfixiado (fig. 93).

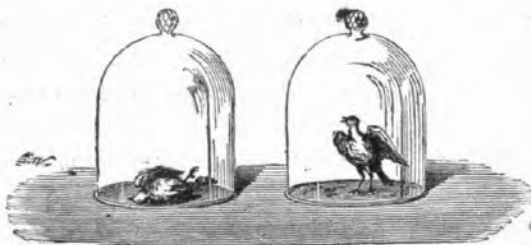


Fig. 93. — Un animal muere en el ázoe y vive en el oxígeno.

El otro gas es el *oxígeno*, en el que una bujía se vuelve á

encender, aun cuando sólo presente un punto único en ignición (fig. 94), y donde los animales pueden vivir también, sin manifestar ninguna sensación extraordinaria (fig. 93).

Haciendo análisis más precisos del aire atmosférico, los químicos modernos han demostrado que contiene por 100 litros: 79 litros de gas *ázoe*, y 21 litros de gas *oxígeno*. Además de esos dos gases, el aire que respiramos contiene también una pequeña cantidad de *ácido carbónico* (gas del agua de Seltz) y *vapor de agua*.

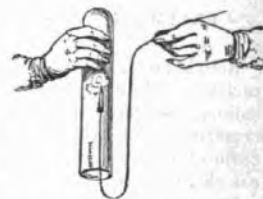


Fig. 94. — Un fósforo vuelve á encenderse en el oxígeno.

Para demostrar la presencia del *ácido carbónico* en el aire, basta con colocar en un sitio cualquiera un platillo pequeño que contenga *agua de cal*.

Al cabo de algunas horas ese agua se enturbia y da un depósito de *yeso*. El yeso resulta precisamente de la unión del *ácido carbónico* del aire con la *cal* contenida en el agua del platillo (Los químicos llaman al yeso *carbonato de cal*).

Para demostrar la presencia del vapor de agua en el aire, basta con poner hielo machacado en un vaso de cristal bien seco exteriormente, y dejarlo en una habitación, donde se cubre inmediatamente de rocío y pierde su transparencia. El aire ambiente *se condensa* en la superficie del vaso frío.

CUESTIONARIO.

¿Qué es la atmósfera?

¿Es el aire un gas simple?

Relate V. la experiencia de Lavoisier.

- ¿Cómo se llaman los gases que componen el aire?
- ¿Cuáles son las propiedades del ázoe?
- ¿Cuáles son las propiedades del oxígeno?
- ¿En qué proporciones se hallan esos gases mezclados en el aire?
- ¿Cómo se demuestra la presencia del ácido carbónico en el aire?
- ¿Cómo se demuestra la presencia en el mismo del vapor de agua?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Noticia histórica sobre Lavoisier. — Utilidad de la química, sus aplicaciones. — Cuerpos simples, cuerpos compuestos. — Gases, líquidos, sólidos. — Preparar oxígeno calentando clorato de potasa en un aparato semejante al de la figura 91, ó simplemente calentando óxido de mercurio en el fondo de un tubo de ensayo. Hacer ver las propiedades de ese gas, é insistir acerca del gran papel que desempeña en la naturaleza.

Preparar ácido carbónico haciendo reaccionar en frío ácido clorhídrico sobre un pedazo de mármol; insistir acerca de las propiedades de ese gas. — Demostrar la presencia del ácido carbónico en el aire, valiéndose del agua de cal. — Vapor de agua atmosférico.

II.

El aire tiene peso.

Los antiguos creían que el aire era un elemento sutil é imponderable; el ilustre Galileo, fué quien demostró antes que nadie, al fin de sus días (en 1640), que el aire tiene peso. Para ello tomaba un globo de vidrio é introducía en su seno aire con mucha fuerza: mientras mayor cantidad de ese gas entraba en el globo, más peso tenía el aparato.

Los sabios modernos, con medios de experimentación más precisos, han determinado exactamente el peso de un litro de aire: ese peso es igual á 1^{er},293, lo que equivale á decir que 10 litros de aire pesan unos 13 gramos, y 760 litros un kilogramo.

Se necesitan, pues, 760 litros de aire para igualar el peso de un solo litro de agua.

El peso del aire parece muy débil, y, sin embargo, se ha calculado que un hombre de mediana estatura soporta 17.000 kilogramos de ese fluido, lo que hacía decir al sabio Haüy: « ¡Hé ahí la carga que llevaban encima los antiguos filósofos, á pesar de que negaban el peso del aire! »

Para demostrar que el aire tiene peso, se efectúan las experiencias siguientes: se toma un cilindro de vidrio que se coloca sobre el platillo de una *máquina neumática* y se le cierra con una membrana, haciendo luego el vacío en el interior del cilindro, es decir que se extrae de éste el aire por medio de la máquina. Pronto se ve á la membrana deprimirse bajo la presión del aire, que se ejerce en el sentido de la flecha, y su ruptura se produce con un ruido comparable al de un tiro de pistola (fig. 95).

Otra experiencia consiste en hacer el vacío dentro de

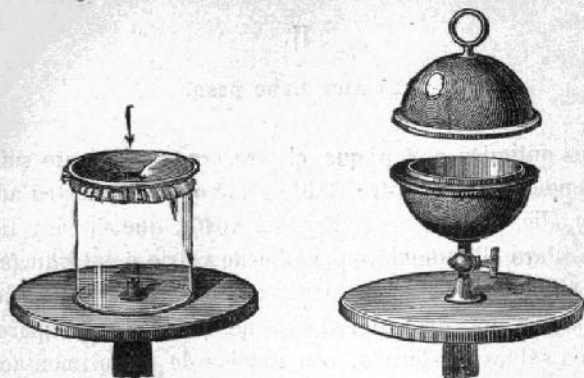


Fig. 95. — Experiencia del rompe-vejigas. Fig. 96. — Hemisferios de Magdeburgo.

una esfera de cobre formada por dos hemisferios que se cierran herméticamente (fig. 96). Cuando está hecho el



Fig. 97. — Experiencia de los hemisferios de Magdeburgo.

vacío, dos hombres; aunque posean mucha fuerza, no logran separarlos (fig. 97).

En esos dos experimentos el peso del aire ejerce presión sobre los aparatos, y dicho fluido es el que rompe la vejiga colocada sobre el cilindro de vidrio, y el que comprime los hemisferios de cobre, llamados hemisferios de Magdeburgo. (La experiencia fué practicada por primera vez en esa ciudad, en 1653, por Otto de Guericke, inventor de la máquina neumática).

La presión del aire no se ejerce solamente de arriba abajo, sino también de abajo arriba; para demostrarlo se



Fig. 98. — Presión del aire de abajo arriba.

llena de agua un vaso y se le tapa con una hoja de papel (fig. 98), invirtiéndolo luego; el agua no corre, porque el aire comprime el papel y mantiene el líquido en el vaso.

La causa de que nosotros no tengamos conciencia del peso de la atmósfera es que nuestro cuerpo está igualmente comprimido de todos lados por el aire ambiente. La presión de arriba abajo es anulada por la presión de abajo arriba, la presión de izquierda á derecha por la presión de derecha á izquierda, etc.

El barómetro. — La presión ejercida por la atmósfera en la superficie de la tierra es variable : tan pronto aumenta, tan pronto disminuye; sus oscilaciones son observadas con cuidado por los metereólogos, pues tienen grandísima importancia bajo el punto de vista de la *previsión del tiempo*.

El instrumento que sirve para medir la presión atmosférica se llama *barómetro* y fué inventado por Torricelli, discípulo de Galileo y su sucesor en la cátedra de matemáticas de la universidad de Florencia (1643).

El aparato de Torricelli se compone de un tubo de vidrio AB cerrado en su extremidad superior A, y abierto en su extremidad inferior B.

Ese tubo mide poco más ó menos un metro de longitud; se le llena de mercurio y, después de haberlo tapado con el dedo (fig. 99), se le invierte sobre una cuba MN que contenga también mercurio. Entonces se ve al metal líquido del tubo bajar hasta C y pararse en ese nivel (760 milímetros por encima de MN). Torricelli demostró que la presión atmosférica era la que mantenía el mercurio elevado en el tubo del aparato, y Pascal hizo en Francia experiencias que lo probaron hasta la evidencia. Subiendo al Puy de Dôme, vió disminuir de altura la columna de mercurio, porque el aire que iba dejando debajo de sí al ascender á la montaña no seguía pesando sobre el barómetro; esta experiencia fué repetida en París, en la torre Saint-Jacques. En lo alto de ese monumento la columna de mercurio medía 4 milímetros de menos que al nivel del suelo.

En memoria de esos experimentos se erigió una estatua á Pascal bajo la bóveda que sostiene la torre Saint-Jacques.

Si la columna barométrica baja á medida que se sube en la atmósfera, es natural que suba cuando se penetra en

las minas. Y así ocurre, en efecto; por eso se emplea constantemente el barómetro para medir las alturas y las profundidades.

En los laboratorios y en las habitaciones se usan baró-

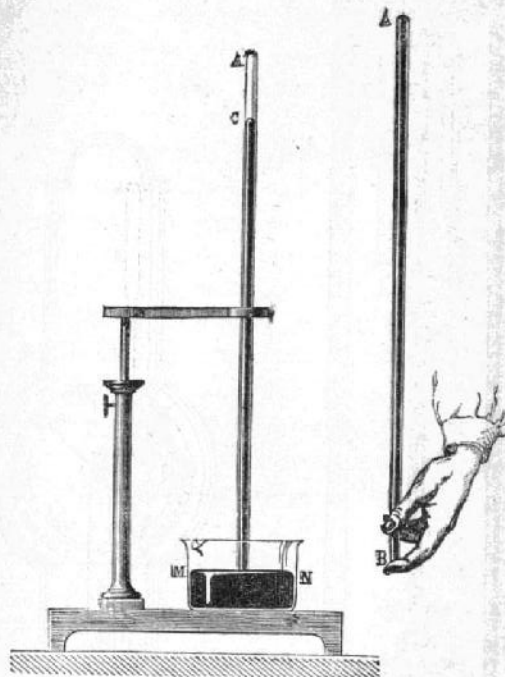


Fig. 99. — Barómetro de Torricelli.

metros fijos; tan pronto se emplea un barómetro de Torricelli adhiriéndolo á una tabla, según lo indica la figura 100; tan pronto se prefiere el *barómetro de cuadrante* (fig. 101). Este consiste en un tubo encorvado cuya rama pequeña E está abierta, mientras que la grande T está cerrada en A.

El mercurio llega por una parte á C y por otra á nm. Un

pequeño flotador p toca al mencionado líquido en nm y sigue todos sus movimientos. Al flotador se encuentra atado un hilo muy fino, que se enrolla en una polea M , á la cual

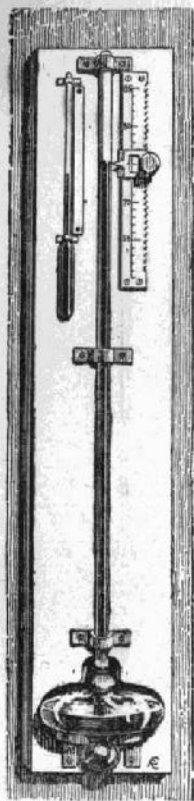


Fig. 100. — Barómetro de cubeta.

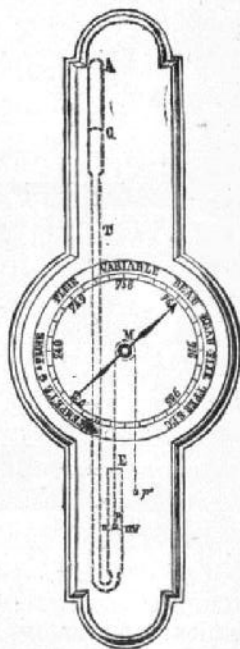


Fig. 101. — Barómetro de cuadrante.

se adapta una aguja ligera. El hilo permanece tenso, gracias al contrapeso p' .

Dispuesto así el aparato, si la presión barométrica cam-

bia, el nivel del mercurio sube ó baja en la rama E , y la aguja gira, indicando las variaciones sobre un cuadrante. (Toda la parte de puntos de la figura está oculta detrás del cuadrante).

En los viajes y ascensiones de montañas se emplean á menudo *barómetros metálicos* por el estilo del que hemos representado al principio de este volumen (fig. 3). Esos instrumentos se fundan en un principio distinto del de los barómetros de mercurio, y no tienen nunca la precisión de éstos. Un barómetro metálico se compone de una pequeña caja de metal, cuya tapadera es muy flexible; se hace el vacío en la caja, y la tapa entonces se deprime ó se eleva, como la membrana en la experiencia del rompe-vejigas, según que la presión atmosférica sea más ó menos fuerte.

Todos los movimientos de la tapa se transmiten á un mecanismo que hace mover la aguja, la cual marca las presiones sobre un cuadrante. El aparato todo entero se introduce en un estuche, y de esa manera se le transporta fácilmente. Se le gradúa por comparación con un buen barómetro de mercurio.

Las variaciones del barómetro. — El barómetro está sometido á numerosas y continuas oscilaciones; ya sube su columna de mercurio, ya baja, y eso en el intervalo de unos cuantos minutos. Si se observa el instrumento durante un día, anotando sus indicaciones de hora en hora, se obtiene la *altura media barométrica* del día; con los resultados diarios se puede obtener la media barométrica del mes, y con las observaciones mensuales la media barométrica del año.

La altura media del barómetro en una localidad cualquiera depende primeramente de la *altura* de esa localidad, es decir, de su elevación sobre el nivel del mar. Esto es lo

que han demostrado las experiencias de Pascal en la torre Saint-Jacques y en el Puy de Dôme. Bajo el ecuador, por ejemplo, el barómetro marca 758 milímetros en el nivel del mar; en Quito, situada á 2.910 metros de altura, marca 754 milímetros, y en la medianería de Antisana, cerca de aquella ciudad, pero á una altura de 4.100 metros, la columna de mercurio sólo alcanza 740 milímetros.

La *latitud* del lugar tiene también gran influencia sobre la altura media barométrica. Las observaciones meteorológicas han demostrado que en los polos y en el ecuador las presiones eran más débiles que hacia el 40° paralelo.

En el ecuador la presión media es de 758 milímetros, aumentando hasta el 40° grado de latitud, donde llega á 764 milímetros, para disminuir luego, á medida que se avanza hacia las regiones polares.

En París (hacia el paralelo 50) la altura barométrica media es de 760 milímetros.

Conociendo la altura media barométrica de un punto, se ha observado que, en general, un ascenso del barómetro anuncia buen tiempo y un descenso de la columna de mercurio anuncia la lluvia. De ahí las siguientes indicaciones, inscritas sobre los barómetros domésticos :

785 milim.	=	<i>Muy seco.</i>
776 —	=	<i>Buen tiempo fijo.</i>
767 —	=	<i>Buen tiempo.</i>
758 —	=	<i>Variable.</i>
749 —	=	<i>Lluvia ó viento.</i>
740 —	=	<i>Grandes lluvias.</i>
731 —	=	<i>Tempestad.</i>

Estas indicaciones no tienen nada de precisas y pueden ser en ciertos casos absolutamente erróneas, pues la llegada de la lluvia depende sobre todo de la dirección de

los vientos que pueden traer más ó menos humedad.

En la embocadura del río de la Plata las variaciones barométricas tienen hasta significaciones contrarias á las que indica el cuadro precedente, puesto que allí llueve casi siempre cuando el barómetro sube.

Veremos más lejos cómo sacan partido los metereólogos de las observaciones barométricas para la previsión del tiempo; entonces veremos que un solo barómetro no indica gran cosa, pero que la reunión de las observaciones hechas en un mismo instante sobre toda la tierra presenta gran interés.

La presión atmosférica tiene notable influencia sobre las acciones químicas que el aire ejerce. Si aquella es considerable y el aire está seco y tranquilo, los gases que los cuerpos terrestres encierran en sus poros son mantenidos y no pueden desprenderse. No ocurre lo mismo cuando la presión disminuye, sobre todo si el barómetro baja rápidamente. En este caso, el vapor de agua atmosférico se condensa en forma de niebla ó de lluvia, el aire se carga de electricidad y el viento se enfurece. Al mismo tiempo, los gases contenidos en los cuerpos terrestre se dilatan y se difunden por el exterior; las alcantarillas, las letrinas, exhalan sus olores infectos; los estanques y los depósitos de agua se enturbian, y los cadáveres de animales muertos sumergidos salen á la superficie; los gases del suelo se elevan de la tierra extrayendo del seno de esta miasmas mefíticos, ó cargados de gérmenes microscópicos que determinan la corrupción rápida de nuestros alimentos; en las minas de hulla las bajas presiones hacen desprenderse gases combustibles, de manera que se forma con el aire una mezcla explosible, el *grisú*, con tanta razón temido por los mineros.

Así como las altas presiones barométricas determinan la calma en la naturaleza y la seguridad bajo el punto de vista de la higiene, así las bajas tienen por cortejo las borrascas y las emanaciones insalubres (1).

CUESTIONARIO.

- ¿Cómo se demuestra que el aire tiene peso?
 ¿Cuánto pesa un litro de aire?
 ¿Cuál es la presión que soporta un hombre de mediana estatura?
 Refiera V. la experiencia del rompe-vejigas.
 Relátenos V. la experiencia de los hemisferios de Magdeburgo.
 Pruebe V. que la presión de la atmósfera se ejerce también de abajo arriba.
 ¿Quién descubrió el barómetro?
 ¿Cómo demostró Pascal que la presión atmosférica es la que realmente influye sobre el mercurio del tubo de Torricelli?
 Describa V. el barómetro fijo de cuadrante.
 Describa V. el barómetro metálico.
 Diga V. lo que sepa sobre las variaciones barométricas.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

La presión que el aire ejerce sobre la tierra es igual á la que ejercería una capa de mercurio de 76 centímetros de grueso.

Insistir sobre los barómetros. — Hacer algunas experiencias que demuestren la realidad de la presión atmosférica. Subir á una torre con un barómetro metálico. Hacer que los alumnos observen cada día el barómetro.

Barómetros de Gay-Lussac y de Fortin. Importancia del barómetro como instrumento de meteorología.

(1) A. Gérardin, *Chimie des Écoles normales primaires*, Delagrave, édit.

CAPÍTULO II.

EL CALOR ATMOSFÉRICO.

I.

El termómetro.

Dilatación de los cuerpos por el calor. — El termómetro es un instrumento que sirve para determinar la temperatura de los cuerpos: fúndase en el principio de que *todos los cuerpos se dilatan cuando se les calienta*.

Para demostrar que todos los cuerpos se dilatan por la acción del calor, se pueden practicar las experiencias siguientes :

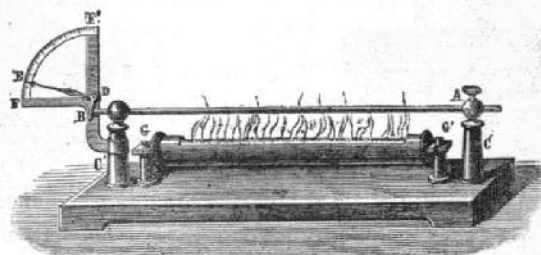


Fig. 102. — El pirómetro de palanca.

1°. Se toma una barra de hierro AB (fig. 102) que se fija por su extremidad A sobre un pequeño tope C; esta barra de hierro se desliza fácilmente á través de la cabeza redonda

de otro tope C' y viene á apoyarse sobre una palanca BD á la cual está adherida la aguja DE . Cuando se calienta la varilla de hierro por medio de la llama que sale de un tubo GG' lleno de alcohol, se la ve alargarse, empujar la palanca y hacer andar la aguja.

La dilatación es indicada por la marcha de la aguja sobre el cuadrante graduado FF' . Se puede reemplazar la barra de hierro por una de otro metal. Este instrumento ha sido llamado *pirómetro de palanca* por los físicos; con él se aprecian fácilmente las variaciones de longitud que experimenta una varilla metálica cuando se hace cambiar su temperatura.

Otro instrumento, el *anillo de S'Gravesande* permite hacer

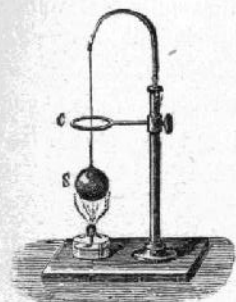


Fig. 103. — Anillo de S'Gravesande.



Fig. 104. — Los líquidos se dilatan por el calor.

constar igualmente el aumento de volúmen de los cuerpos sólidos que se calientan. Compónese de un pequeño montante, del cual se suspende una bola de cobre S (fig. 103), que puede pasar, cuando está fría, á través del anillo C . Si se calienta la bola, ésta se dilata y no puede atravesar el anillo, porque su volumen ha aumentado. Las anteriores experiencias demuestran bien que los cuerpos sólidos au-

mentan en todas sus dimensiones cuando se les somete á una elevación de temperatura. Conviene añadir que si se retira el foco de calor, recuperan sus dimensiones primitivas.

2ª. Los cuerpos líquidos que se calientan se conducen como los cuerpos sólidos. Para probarlo tomemos un globo de vidrio B provisto de un largo cuello en forma de tubo y llenémoslo de agua coloreada hasta un punto marcado sobre una tira de papel (fig. 104). Sumergiendo el aparato en agua caliente, no tardaremos en ver elevarse el nivel del líquido en el tubo, pasando muy por encima de la hoja de papel. La dilatación será tanto más grande cuanto más elevada sea la temperatura.

3ª. Una experiencia muy semejante demuestra que los gases se dilatan fuertemente por la acción del calor. Se toma un globo de vidrio B (fig. 105) al cual se pega un tubo colocado horizontalmente. En ese tubo se introduce una pequeña cantidad de mercurio que va á colocarse en a ; si se aplica la mano encima del globo, el aire contenido en el aparato se calienta y empuja al mercurio hasta el extremo del tubo de vidrio.

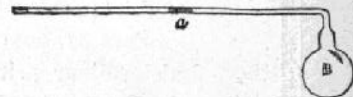


Fig. 105. — Los gases se dilatan por el calor.

En resumen, todos los cuerpos, sean sólidos, líquidos ó gaseosos, se dilatan, es decir, aumentan de volumen cuando se les calienta.

Descripción del termómetro; su graduación. — El termómetro se compone de un tubo capilar bien calibrado é inflado en su parte inferior en forma de bola ó de aceituna. En él se introduce mercurio. Ese metal líquido sube ó baja en el vástago del instrumento según las variaciones de la

temperatura. Si el termómetro está expuesto al frío, el mercurio baja, concentrándose en el depósito interior; si se mete el instrumento en agua caliente, el metal sube por el contrario rápidamente.

Cuando, después de haber introducido el termómetro en dos líquidos diferentes, ó después de haberlo colocado en dos cuartos separados de una casa, se ve que el mercurio se detiene en el mismo nivel, se dice que los líquidos tienen idéntica temperatura, ó que el calor es igual en las dos habitaciones.

Los termómetros están, ya libres como el de la figura 106, ya fijos sobre una tabla como los que se ven en los escaparates de los ópticos; en todos esos casos llevan una graduación idéntica.

Para graduar un termómetro es preciso determinar primeramente la posición sobre su varilla de dos puntos fijos que se llaman el punto 0 y el punto 100. El cero indica la temperatura del *hielo fundente*, y el grado 100 la del *agua hirviendo*.

Se han elegido esas temperaturas como puntos de partida de la graduación termométrica, porque son fáciles de obtener y porque son idénticas en todos los países, siempre que se opere á la presión de 760 milímetros, es decir, con tal que el barómetro marque 760 mientras se efectúa la operación.

Se empieza por colocar el aparato en un embudo lleno de hielo machacado (fig. 107) y al cabo de cierto tiempo, cuando el hielo ha entrado en plena fusión y cuando el



Fig. 106. — Termómetro centigrado.

mercurio permanece estacionario en el tubo capilar, se practica un trazo sobre el vástago. Así se obtiene el punto 0. En seguida se lleva el termómetro á un globo de vidrio colocado sobre un hornillo de gas, como lo indica la figura 108, á fin de determinar el grado ciento. El globo, medio lleno de agua, está provisto de un largo cuello; su tapón, atravesado por dos agujeros, da paso al termómetro y man-

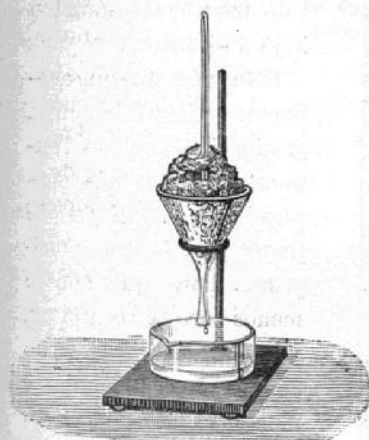


Fig. 107. — Determinación del grado 0 de un termómetro.



Fig. 108. — Determinación del grado 100 de un termómetro.

tiene también un tubo encorvado por el cual sale el vapor á medida que se forma. Cuando el agua está en ebullición y cuando el mercurio deja de subir en el tubo capilar, se hace otra marca sobre el vástago. Esa marca es el punto 100.

Sólo falta que dividir en cien partes iguales el espacio comprendido entre 0 y 100, continuando luego esas graduaciones por encima de 100 y por debajo de 0, para tener un termómetro completamente preparado.

Cuando se leen las indicaciones de un termómetro, se tiene la costumbre de hacer preceder del signo $+$ los números que marcan grados *por encima* de cero, y del signo $-$ los que señalan grados *por debajo* de cero.

Así se dice: El día 10 de Julio fué caluroso; el termómetro

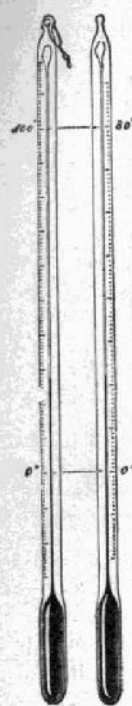


Fig. 109. — Termómetro de Réaumur.

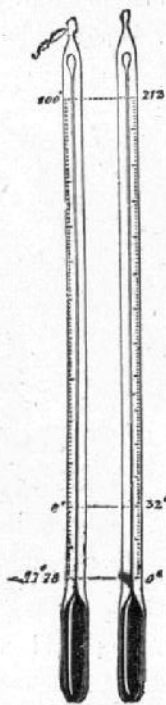


Fig. 110. — Termómetro de Fahrenheit.

subió á la sombra hasta $+25^{\circ}$; é inversamente: El 24 de Diciembre ha sido frío; el termómetro bajó á -14° .

El termómetro que acabamos de describir y cuya graduación hemos expuesto, es el más empleado en Francia; se le llama *termómetro centígrado*. Para que cueste menos caro se reemplaza á menudo el mercurio que contiene por alcohol teñido de encarnado. En este caso puede servir también para determinar las temperaturas de las habitaciones, y aun temperaturas muy bajas, porque el alcohol no se hiela; pero no se le puede introducir sin peligro en

el agua hirviendo. En efecto, el alcohol entraría en ebullición y rompería el instrumento.

En Suiza no se emplea el termómetro centígrado; lo

mismo ocurre en Inglaterra y en Alemania. En estos dos países se usan el termómetro de *Réaumur* y el termómetro de *Fahrenheit*, que se construyen absolutamente como el *centígrado*, pero cuyas graduaciones son diferentes (fig. 109 y 110).

El primero, el de Réaumur, marca 0° como el nuestro en el hielo fundente, pero no marca más que 80° en el agua hirviendo. El segundo, el de Fahrenheit, marca 212° en el agua hirviendo y 32° en el hielo fundente; su cero corresponde, pues, á -17° , 78 del centígrado.

CUESTIONARIO.

- ¿Qué es un termómetro?
- ¿Cómo se demuestra que los cuerpos sólidos se dilatan por la acción del calor?
- ¿Cómo se demuestra la dilatación de los cuerpos líquidos?
- ¿Cómo se demuestra la dilatación de los gases?
- Describe V. el termómetro de mercurio.
- ¿Cuáles son los dos puntos fijos del termómetro?
- ¿Cómo se les determina?
- ¿Cómo se escriben y se enuncian las indicaciones del termómetro?
- ¿En qué se diferencian del centígrado los termómetros de Réaumur y de Fahrenheit?
- ¿Cuáles son las ventajas y los inconvenientes de los termómetros de alcohol?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Practicar algunas experiencias para demostrar que todos los cuerpos se dilatan por la acción del calor. Insistir sobre las aplicaciones prácticas de la teoría de la dilatación. — Péndulos compuestos, rails de caminos de hierro, techos de zinc, etc. — Entregar á los alumnos algunos termómetros. — Observación de esos instrumentos. — Conversión por el cálculo de los grados Réaumur y Fahrenheit en grados centígrados. — Construcción de los termómetros. — Termómetro de Bréguet y termómetro de aire, fundados, el primero en la dilatación de los sólidos, y el segundo en la dilatación de los gases.

II.

Observaciones termométricas.

De todos los fenómenos meteorológicos, los que más importa estudiar son los cambios de temperatura que se producen en la superficie de los mares y de los continentes. La mayor ó menor cantidad de calor recibida en una región es lo que determina la importancia de la cosecha; la repartición de temperatura regula la distribución geográfica de los animales, de las plantas y de las razas humanas, y también el régimen de los vientos y de las lluvias.

Para hacer en un punto observaciones termométricas, hay que colocar el termómetro, siempre que sea posible, en el centro de un sitio descubierto, á dos metros de altura sobre el suelo tapizado de hierba, *al abrigo del sol y de la lluvia*, resguardado por una especie de garita cuyas paredes sean unas persianas móviles, y cuyo doble techo no se caliente demasiado por la acción del Sol de mediodía.

Temperaturas medias. — Con un termómetro bien colocado se puede determinar la *temperatura media* del día en una localidad, practicando observaciones cada hora; también se conocen las temperaturas medias del mes y del año sirviéndose de las medias diarias para los meses y de las mensuales para el año. Ó más sencillamente, la tem-

peratura media del día puede obtenerse con el termómetro de *máxima* y de *mínima* de Six (fig. 111). En la columna de la derecha de ese aparato se encuentra un cilindro de esmalte α , que se detiene en el punto más elevado á que el nivel α del mercurio sube durante el día; así se indica la temperatura más elevada del día, 20° , por ejemplo; en la columna de la izquierda se halla otro cilindro de esmalte β , que marca la temperatura más baja, 10° por ejemplo. Se suman las dos cifras $20^\circ + 10^\circ = 30^\circ$, se divide por 2 y se obtiene 15° , temperatura media del día.

En general, la temperatura más baja se produce en el momento de salir el Sol; la más alta se observa en invierno á eso de la 1 de la tarde en invierno y á las 2 en verano. Hay que observar que las estaciones meteorológicas no coinciden con las astronómicas; así, el verano de los astrónomos dura de 21 de Junio á 22 de Setiembre, mientras que los días de calor más elevado se producen en Junio, Julio y Agosto, así como los días más fríos pertenecen á Diciembre, Enero y Febrero. Empleando observaciones seculares se ha podido formar un cuadro de las temperaturas medias mensuales en París; hélo aquí:

Enero.....	+ 1 ^o 8	Julio	+ 18 ^o 1
Febrero.....	+ 3 ^o 2	Agosto.....	+ 17 ^o 6
Marzo.....	+ 5 ^o 9	Setiembre.	+ 14 ^o 4
Abril	+ 9 ^o 4	Octubre.....	+ 10 ^o 2
Mayo.....	+ 12 ^o 9	Noviembre.....	+ 5 ^o 7
Junio.....	+ 16 ^o 2	Diciembre.....	+ 3 ^o 1

Para tener la temperatura media anual de París, bastará con dividir por 12 la suma de esos números; así se obtendrá $+ 9^\circ,9$. Para la media de la temperatura de las cuatro estaciones resulta:



Fig. 111. — Termómetro de Six.

Verano + 16°3
Otoño + 10°1

Invierno + 2°7
Primavera..... + 9°4

En una misma región, la altura ejerce gran influencia sobre el termómetro; así, la temperatura media baja casi un grado cuando la altura aumenta 180 metros. En su ascensión célebre de 16 de Julio 1850, MM. Barral y Bixio han observado una temperatura de -40° á 7.009 metros sobre el nivel del mar. En las vertientes de las montañas se puede observar, á medida que se sube, un cambio lento y progresivo en la temperatura, desde el suave clima de los llanos hasta el de las nieves perpetuas.

Distribución de las temperaturas en la superficie del globo. — En el ecuador, la temperatura media del año es muy elevada; en los polos muy baja. De Humboldt ha tenido la idea de reunir, tirando una línea sobre la esfera terrestre, todos los puntos de igual temperatura media anual. Esa línea se llama *isoterma* (fig. 112).

Aquí podemos hacer una observación interesante; á veces se obtienen temperaturas medias análogas, con números que se alejan de ellas más ó menos.

Por ejemplo, la temperatura media es casi la misma en Pekín que en Tolosa, y sin embargo, las temperaturas extremas no pueden ser comparadas; se ha observado:

En Pekín.. {	Enero.. $-4^{\circ}1$		En Tolosa.. {	Enero.. $+4^{\circ}1$
	Agosto. $+20^{\circ}5$			Agosto. $+21^{\circ}5$

Este hecho sugirió la idea de trazar también sobre las cartas otras dos líneas: una *isótera*, que reúne todos los puntos cuya temperatura de verano es la misma, y otra *isoquimena*, que enlaza todos los lugares que tienen idéntica temperatura de invierno.

El mapa de Europa de la figura 112 dará al lector una



Fig. 112. — Distribución del calor en Europa.

idea de ese trabajo de los meteorólogos.

Todo el mundo está de acuerdo para distinguir tres clases de climas: los *climas constantes*, cuya diferencia de temperatura entre el verano y el invierno es muy pequeña y no pasa de 6 á 7 grados; los *climas medios*, en los que la diferencia llega á 13 grados, y los *climas extremos* ó excesivos, en los cuales la diferencia de las medias de verano y de invierno llega y aun pasa de 20 grados.

Las islas Canarias poseen un clima constante; en ellas la temperatura del invierno es de $+18^{\circ}$, y el verano de $+23^{\circ},8$ (diferencia $5^{\circ},8$).

París posee un clima medio: su invierno es de $+2^{\circ},7$ y el verano de $+16^{\circ},3$ (diferencia $14^{\circ},6$).

El clima de Moscow es un clima extremo: la media del invierno desciende allí hasta $-9^{\circ},1$ y la del verano sube á $+18^{\circ},4$ (diferencia $27^{\circ},5$).

Temperaturas más altas observadas en París. — Las observaciones termométricas hechas en el Observatorio de París alcanzan al año 1666, pero los instrumentos empleados en esa época eran tan imperfectos, que no es posible conceder á esas observaciones el mismo crédito que á las practicadas en nuestros días; por lo demás, existen muchas lagunas.

Hé aquí, según el *Annuaire de l'Observatoire de Montsouris*, la lista de las más altas temperaturas observadas en París de 1699 á 1882.

Como se verá en el primer cuadro, las temperaturas excepcionalmente elevadas en el siglo último, se produjeron en 1720, 1763, 1765, 1773, 1782 y 1793.

1705.... $+34^{\circ}3$	1750.... $+35^{\circ}0$	1769.... $+36^{\circ}9$
1706.... $+36^{\circ}2$	1751.... $+36^{\circ}9$	1770.... $+35^{\circ}0$
1707.... $+34^{\circ}3$	1753.... $+35^{\circ}6$	1771.... $+35^{\circ}0$
1718.... $+35^{\circ}0$	1754.... $+35^{\circ}0$	1772.... $+36^{\circ}8$
1719.... $+36^{\circ}8$	1755.... $+34^{\circ}7$	1773.... $+39^{\circ}4$
1720.... $+40^{\circ}0$	1756.... $+35^{\circ}6$	1777.... $+36^{\circ}1$
1724.... $+34^{\circ}6$	1757.... $+37^{\circ}7$	1778.... $+36^{\circ}2$
1727.... $+34^{\circ}6$	1758.... $+34^{\circ}3$	1779.... $+34^{\circ}4$
1731.... $+36^{\circ}9$	1760.... $+37^{\circ}7$	1780.... $+35^{\circ}0$
1736.... $+37^{\circ}0$	1762.... $+35^{\circ}6$	1781.... $+34^{\circ}4$
1738.... $+36^{\circ}9$	1763.... $+39^{\circ}0$	1782.... $+38^{\circ}7$
1742.... $+36^{\circ}2$	1764.... $+37^{\circ}5$	1783.... $+36^{\circ}3$
1747.... $+34^{\circ}4$	1765.... $+40^{\circ}0$	1790.... $+34^{\circ}6$
1748.... $+36^{\circ}9$	1766.... $+37^{\circ}8$	1791.... $+34^{\circ}1$
1749.... $+36^{\circ}9$	1768.... $+35^{\circ}3$	1793.... $+38^{\circ}4$

A partir de 1800, en los años de 1824, 1826, 1842, 1857, 1873, 1874, 1876 y 1881 es cuando el termómetro ha marcado las más altas temperaturas, pero nunca ha subido á $+39^{\circ}$ ni $+40^{\circ}$ como en el siglo último.

Hé aquí la lista de los días más calurosos de nuestro siglo:

1800, el 18 de agosto... $+35^{\circ}5$	1816, el 5 de julio... $+35^{\circ}9$
1802, el 8 — ... $+36^{\circ}4$	1847, el 17 — ... $+34^{\circ}5$
1803, el 31 de julio... $+36^{\circ}7$	1852, el 16 — ... $+34^{\circ}5$
1806, el 11 — ... $+35^{\circ}6$	1857, el 4 de agosto... $+36^{\circ}2$
1808, el 15 — ... $+36^{\circ}2$	1858, el 3 de junio... $+35^{\circ}3$
1818, el 24 — ... $+34^{\circ}5$	1859, el 13 de julio... $+34^{\circ}5$
1824, el 14 — ... $+35^{\circ}2$	1863, el 9 de agosto... $+35^{\circ}9$
1825, el 19 — ... $+36^{\circ}3$	1868, el 22 de julio... $+34^{\circ}0$
1826, el 1 ^o de agosto... $+36^{\circ}2$	1872, el 22 — ... $+34^{\circ}4$
1832, el 13 — ... $+35^{\circ}0$	1873, el 8 de agosto... $+37^{\circ}2$
1835, el 28 de julio... $+34^{\circ}0$	1874, el 9 de julio... $+38^{\circ}4$
1836, el 1 — ... $+34^{\circ}3$	1876, el 17 de agosto... $+35^{\circ}8$
1838, el 13 — ... $+34^{\circ}3$	1876, el 13 — ... $+36^{\circ}0$
1842, el 18 de agosto... $+36^{\circ}6$	1881, el 19 de julio... $+37^{\circ}2$
1843, el 5 de julio... $+34^{\circ}3$	

Temperaturas más bajas observadas en París. — Es

también interesante examinar cuáles han sido las temperaturas más bajas soportadas en París desde la época en que los metereólogos comenzaron sus observaciones.

El frío más grande señalado durante el siglo XVIII^o fué el del invierno de 1794-1795, en el cual el termómetro descendió hasta — 23°5.

Otro invierno muy riguroso fué el de 1788-89, durante el cual la temperatura bajó hasta — 21°5. Desgraciadamente, el cuadro de las observaciones del siglo último no comienza hasta el año 1770, resultando, en consecuencia, muy incompleto.

1770-71, el 12 de febr...	— 13°5	1789-90, el 4 de enero.	— 15°1
1775-76, el 29 de enero.	— 19 1	1791-92, el 19 de febr...	— 14 0
1783-84, el 30 de dic...	— 19 1	1794 95, el 25 de enero.	— 23 5
1785-86, el 4 de enero.	— 13 0	1796-97, el 11 de dic...	— 13 3
1788-89, el 31 de dic...	— 21 5	1798-99, el 26 de dic...	— 17 6

El cuadro siguiente, que indica los mayores fríos del siglo XIX^o, es completo, y prueba que los inviernos más duros se han producido en 1871-72 y en 1879-80. Durante este último invierno, el termómetro ha descendido aún más que en el siglo XVIII, pues ha marcado cerca de 24° el 10 de diciembre.

1799-1800, el 30 de enero	— 13°1	1840-41, el 17 de dic...	— 13°2
1801-02, el 16 de enero.	— 15 5	1846-47, el 19 — ...	— 14 7
1802-03, el 13 de febr...	— 15 4	1853-54, el 30 — ...	— 14 0
1819-20, el 11 de enero.	— 14 3	1854-55, el 21 de enero.	— 13 3
1820-21, el 31 de dic...	— 13 0	1859-60, el 20 de dic...	— 16 2
1822-23, el 14 de enero.	— 14 6	1871-72, el 9 — ...	— 21 3
1828-29, el 24 —	— 17 0	1874-75, el 1° de enero.	— 13 2
1829-30, el 17 —	— 17 2	1879-80, el 10 de dic...	— 23 9
1837-38, el 20 —	— 19 0	1880-81, el 16 de enero.	— 13 3

M. Gaston Tissandier ha recogido curiosos detalles históricos sobre los grandes fríos que han reinado desde el siglo sexto de nuestra era hasta la época presente (1); creo que hallaréis interesante conocer el resultado de esas indagaciones.

La *Chronique de Saint-Denis*, dice ése amable y brillante vulgarizador, nos enseña que los inviernos de 544 y 547 fueron en las Galias de rigor excesivo, hasta el punto de que las aves, heladas, se dejaban coger con la mano.

« *Li oisel furent si destroit de faim et de froidure que on les prenait sus la noif aus mains sanz nul engin.* » La misma crónica señala también los inviernos de 593, de 763, de 859 y de 874, que fueron muy fríos, y vinieron acompañados por el triste cortejo del hambre y de las epidemias. Dícese que la tercera parte de la población de Francia pereció entonces, á consecuencia de las calamidades causadas por el frío. La nieve era tan abundante que los bosques, hechos inaccesibles, no podían suministrar leña.

En 1068, en Inglaterra, la helada produjo un hambre espantosa. Los hombres se vieron obligados á comer carne de perro, de caballo y aun la de las víctimas humanas que morían de frío y de inanición. De 1076 á 1077, los hielos se prolongaron durante cuatro meses en Francia y todas las cosechas se perdieron. En 1124 se vió á las anguilas abandonar los estanques helados del Brabante y refugiarse en las granjas, donde sin embargo acabó con ellas el frío.

Los inviernos de 1133, 1210, 1234, 1316 y 1408 se distinguieron por sus fríos intolerables. Durante el último de

(1) *La Nature*, G. Masson, édit., 1880, t. I.

ellos, á fines de Enero de 1408, el *Petit-Pont* construido en París se hundió al producirse el deshielo del Sena así como también las casas construidas sobre él.

El 31 del mismo mes, el *Grant-Pont*, llamado hoy *Pont-au-Change*, experimentó una sacudida tan fuerte que catorce tiendas de cambio construidas encima del mismo se vinieron abajo (*Registres du Parlement*). El mismo día, el *Pont-Neuf*, aunque de sillería, cedió ante la violencia de las aguas, arrastrando consigo las casas que sostenía.

Durante el invierno de 1420, los lobos hambrientos penetraron hasta en los barrios interiores de la capital. Las gentes pobres, sometidas á todos los rigores de un hambre terrible, buscaban algo que comer en los montones de basuras.

El invierno de 1608, apellidado durante mucho tiempo el *gran invierno*, causó la muerte de muchas personas en las calles. El vino se heló en un cáliz de la iglesia de Saint-André des Arts. En 1637 todos los ríos de Europa se helaron, desde Fionia, donde Carlos X, rey de Suecia, hizo pasar su caballería á pie enjuto sobre el pequeño Belt transformado en una llanura de hielo, hasta en Italia, país en que los coches pudieron atravesar el Tíber de la misma manera.

En 1683, el Támesis entero se heló en Londres y se pudo organizar sobre su superficie una feria que duró cerca de un mes. En 1776 el hielo del Sena se extendió mar adentro hasta 8 kilómetros de la embocadura.

Durante el invierno de 1788-1789 hubo en París más de dos meses de continuas nevadas. Luis XVI hizo encender en las plazas grandes fuegos para que los pobres pudieran ir á calentarse junto á ellos. Estos, en reconocimiento, construyeron con nieve en la barrera de los Sargentos, una

inmensa efigie del rey. La nieve en las calles de París alcanzó una altura de 64 centímetros. El vino se heló en todas las bodegas, y también el agua, hasta en los pozos más profundos. Las calles de Roma y de Constantinopla estuvieron cubiertas de nieve durante varias semanas.

Los inviernos rigurosos son en general de larga duración; en 1783-1784 hubo 69 días consecutivos de nevadas; en 1788-1789, 50 días; en 1794-1795, se contaron 42. Desde principios de este siglo, es muy raro que el frío haya durado más de 30 días.

En medio de los mares boreales es donde el hombre ha observado las temperaturas más bajas del globo. Parry ha visto al termómetro de alcohol marcar — 40° en la isla de Melville, cerca de Spitzberg. Otros observadores han visto — 58° en el fuerte Entreprise en América del Norte; — 51° en Nijni-Laguisk, en los montes Urales; — 54° en Nijni Kolymsk; — 55° en Calés, en Noruega; — 57°, el 17 de Enero de 1834, en el fuerte Reliance; por último, — 58°, en 1829, en Iakoutsk, en Siberia. Las temperaturas más altas han sido observadas en las regiones ecuatoriales.

CUESTIONARIO.

¿Qué precauciones se deben tomar para hacer observaciones termométricas?

¿Qué se entiende por temperatura media del día, del mes y del año?

¿Qué es el termómetro de Six?

¿En qué momento se observa la temperatura más baja del día?

¿En qué momento del día se observa la temperatura más elevada?

Diga V. la temperatura media de las cuatro estaciones en París.

¿Cómo se demuestra que la temperatura varía con la altura del lugar?

¿Qué es la línea de las isotermas?

¿Qué es la línea de las isóteras?

¿Qué es la línea de las isoquimenas?

¿Qué se entiende por climas constantes, medios y extremos?

¿Cuáles son las temperaturas más altas observadas en París?

¿Cuáles son las temperaturas más bajas observadas en París?

Diga V. lo que sepa sobre los grandes inviernos de Europa occidental.

Cite V. algunas temperaturas de las regiones boreales.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Influencia del Sol sobre las cosechas, zonas vegetales; hacerlas ver en un mapa; palmera, olivo, vid, etc. — Decir cómo se obtienen en la industria las temperaturas más altas y las más bajas; fusión del platino; mezclas refringentes. — Relaciones y lecturas sobre los grandes inviernos, los fríos polares, las altas temperaturas de África, etc. — Hablar de las temperaturas observadas en el país del alumno.

III.

Efectos del calor sobre la atmósfera. — Los vientos.

El aire caliente sube. — Hemos dicho en una lección precedente que el aire se dilata al calentarse; ese hecho tiene gran importancia, pues explica el origen de los vientos. En efecto, cuando el aire se dilata, se hace más ligero y se eleva; el aire frío va á ocupar el sitio que aquél deja libre. Entonces se establece una corriente más ó menos rápida: á esa corriente es á lo que se da el nombre de *viento*.

Para demostrar que el aire calentado sube, se puede efectuar la experiencia siguiente: colócase debajo de un pequeño globo de papel (fig. 113) un puñado de estopa que se inflama; á medida que el fluido del aparato se calienta, se ve que éste sube en la atmósfera, parándose sólo cuando se ha enfriado.



Fig. 113. — El aire caliente sube.

Los hermanos Montgolfier, fabricantes de papel en Annonay (1780), fueron los primeros en practicar esa experiencia; también construyeron, fundándose en ese principio, enormes globos, capaces de elevar en los aires animales y hasta personas; esos aparatos se llaman *montgolfieras*.

En una habitación caliente se puede observar que las capas de aire cuya temperatura es más alta tienden á colocarse en las partes superiores de la pieza; mientras que las frías ocupan el nivel del suelo; basta con examinar dos termómetros, uno suspendido del techo y otro colocado en tierra, para convencerse de ello; á veces hay una diferencia de varios grados entre los dos instrumentos.

Si se abre la puerta del cuarto, se establece una corriente doble; un viento frío penetra en la habitación por la parte inferior del hueco, y un viento caliente sale por la superior de la misma. Franklin, para demostrar la existencia de esa doble corriente de aire, colocaba una bujía al nivel del suelo, y entonces la llama empujada por el viento frío, se inclinaba hacia el interior del cuarto; mientras que otra vela, situada en lo alto, inclinaba su llama hacia el exterior, por efecto de la corriente de aire caliente. Este experimento es tan fácil de ejecutar que vosotros solos podéis efectuarlo.

Todo lo dicho demuestra que la producción de los vientos está íntimamente ligada á las variaciones de temperatura.

De la misma manera que en el cuarto de que acabamos de hablar, hay en la superficie del globo corrientes de aire frío que vienen á reemplazar el aire caliente que sube.

Los meteorólogos estudian con el mayor cuidado la *velocidad* y la *dirección* de los vientos; entraremos en algunos detalles sobre ese punto, que, como vais á verlo, no está desprovisto de interés práctico.

Dirección de los vientos. — Para conocer la dirección de los vientos, se emplea la *veleta*, que consiste en una larga flecha metálica que puede girar fácilmente alrededor de sí misma. La veleta está sostenida por un eje vertical,

un pararrayo, v. gr., hay que equilibrarla bien y que colocarla tan alto como sea posible, para que no alteren la exactitud de sus indicaciones los edificios cercanos.

En los campos de Francia se suele establecer encima del campanario un gallo de metal, hueco, que gira obedeciendo á todos los vientos. En los navíos basta con un gallardete colocado en el palo de mesana para tener una veleta.

En general, la veleta está acompañada por una *rosa de los vientos*, ó al menos por cuatro varillas que indican los *puntos cardinales*.

Cuando se quiere marcar la dirección del viento, se usan en las observaciones meteorológicas diez y seis signos, que indican la *región de donde viene* el viento; es decir el punto del horizonte hacia el cual se inclina la punta de la veleta :

N-N-E ó 1	Nordeste.	S-S-O ó 9	Sudsudoeste.
N-E 2	Nordeste.	S-O 10	Sudoeste.
E-N-E 3	Esnordeste.	O-S-O 11	Oessudoeste.
E 4	Este.	O 12	Oeste.
E-S-E 5	Essudoeste.	O-N-O 13	Oesnoroeste.
S-E 6	Sudeste.	N-O 14	Noroeste.
S-S-E 7	Sudsudeste.	N-N-O 15	Nornoroeste.
S 8	Sur.	N 16	Norte.

Velocidad de los vientos. — El instrumento que sirve para determinar la velocidad de los vientos es el *anemómetro* de aspas de Robinsón, al cual se adapta un contador.

Este aparato se compone de un eje vertical *cc*, cuya extremidad superior lleva cuatro varillas horizontales *bbbb*, rectangulares entre sí, y cada una de las que terminan en una semiesfera hueca *aaaa* de metal, ligeras, y soldadas de tal manera que la parte cóncava de una mire siempre hacia la parte convexa de la siguiente (fig. 114).

Las varillas del molinete están unidas al eje *cc*, que gira con ellas. En ese eje se encuentra un tornillo sin fin *v*, engranado en una rueda dentada *d*.

Se comprende fácilmente cómo funciona el aparato: bajo la influencia del viento, las aspas toman un movimiento de rotación alrededor de su eje, arrastrando á la rueda den-

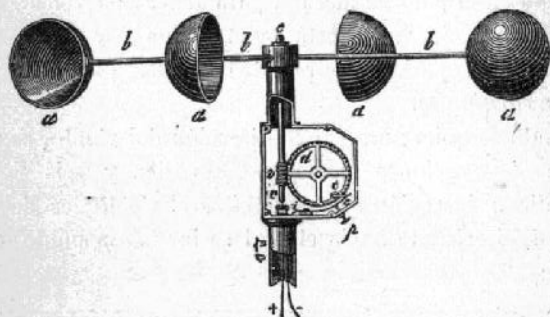


Fig. 114. — El anemómetro.

tada, cuyas vueltas se van marcando sobre un cuadrante.

La figura 115 representa un anemómetro establecido en el pico de Santis, cantón de Appenzel (Suiza), á 2.467 metros de altura. En el interior de la garita se halla un aparato que registra automáticamente la velocidad del viento y sus variaciones.

Cuando se posee un anemómetro, se puede indicar en metros por segundo la velocidad del viento, pero á falta de ese aparato, nos contentamos estimando la fuerza de la corriente atmosférica y señalándola con números, desde 0, calma, hasta 6 huracán.

- | | |
|-----------------|--|
| 0 = Calma..... | El humo sube verticalmente, poco más ó menos; las hojas de los árboles permanecen inmóviles. |
| 1 = Débil | Sensible en las manos y en la cara, hace mover una bandera. agita las hojas pequeñas. |



Fig. 115. — Anemómetro del pico de Santis (Appenzel-Suiza).

- 2 = Moderado... Hace ondear una bandera, agita las hojas y las ramas pequeñas de los árboles.
 3 = Fresco..... Agita las ramas gruesas de los árboles.
 = Fuerte..... Agita las ramas más robustas y los troncos de pequeño diámetro.
 5 = Violento... Sacude todos los árboles, rompe las ramas y los troncos de pequeña dimensión.
 6 = Huracanado. Derriba las chimeneas, arranca los techos de las casas y los árboles de raíz.

Esta notación corresponde con corta diferencia á los valores siguientes como *velocidad* de los vientos :

Viento	0	de	0 ^m ,	á	0 ^m ,50	por segundo.
—	1	—	0,50	á	4	metros
—	2	—	4	á	7	—
—	3	—	7	á	11	—
—	4	—	11	á	17	—
—	5	—	17	á	28	—
—	6	—	20	á	una cifra mucho más considerable.	

El viento de las altas regiones es á menudo diferente del viento que dirige las veletas; así es que se tiene por costumbre anotar al mismo tiempo la velocidad y la dirección; para hacerlo, basta con examinar las nubes que atraviesan más ó menos rápidamente el cielo : se mira de donde vienen y con qué velocidad pasan.

Vientos constantes. — El Sol, calentando fuertemente las regiones ecuatoriales, produce los *vientos alisios*. El aire del ecuador se eleva y una corriente de aire frío llega de los polos para reemplazarlo; si la tierra estuviese inmóvil, los vientos alisios tendrían la dirección N. S. para el hemisferio norte y S. N. para el hemisferio sur; pero como la tierra gira de oeste á este, las corrientes de aire se desvían, el alisio del hemisferio boreal toma una dirección N. E., y el del hemisferio austral una dirección S. E.

En los alrededores del ecuador, los dos alisios venidos de las zonas templadas se neutralizan; por eso los marinos

llaman á esta especie de cinturón que da vuelta á la tierra, la *zona de las calmas*.

El aire caliente del ecuador no se eleva de una manera indefinida; á medida que llega á las regiones más elevadas de la atmósfera, se enfría y se dirige hacia los polos, formando corrientes superiores á los alisios, que se llaman *contra-alisios*. Los contra-alisios empiezan por ser muy elevados, pero poco á poco se acercan á la superficie de la tierra y se hacen sensibles : esos vientos soplan precisamente en sentido contrario de los alisios y prestan grandes servicios á la navegación. Los ingleses llaman *vientos de comercio* á los vientos constantes de que acabamos de hablar, es decir, á los alisios y contra-alisios.

Vientos periódicos. — Los principales vientos periódicos son las *brisas* y los *monzones*. Las brisas se observan en todas las costas; durante el día, como la tierra se calienta más rápidamente que el mar bajo la influencia de los rayos del Sol, el aire del continente se eleva y el del Océano viene á reemplazarlo; así se produce la *brisa marina*. Durante la noche, por el contrario, como el mar se enfría menos de prisa que el continente, una corriente de aire se forma de la tierra hacia el océano, y es la *brisa de tierra*. Los pescadores saben utilizar esas brisas para entrar y salir en el puerto.

Los monzones (1) se producen del mismo modo que las brisas; éstos son unos vientos periódicos notables, sobre todo en las Indias; durante seis meses soplan en un sentido y seis meses en el opuesto. El *monzón de primavera* empieza en el mes de Abril, cuando el continente tiene una temperatura más alta que el mar, y así empieza por-ser un viento

(1) De una palabra árabe que significa *estación*.

que viene del largo; pero en octubre se presenta el *monzón de otoño* que sopla en sentido inverso, esto es, del continente hacia el mar, y que dura mientras la temperatura

	Déc.	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil.	Août.	Sept.	Octo.	Nov.
Nord												
NNE												
NE												
ENE												
Est												
ESE												
SE												
SSE												
Sud												
SSO												
SO												
OSO												
Ouest												
ONO												
NO												
NNO												
Calmes												

Fig. 116. — Cuadro de la dirección de los vientos en el mar de las Indias.

media del suelo decrece con mayor rapidez que la del océano. Se sabe que en el mar de las Indias el monzón de primavera viene del S. O. y el de otoño del N. E. En las

costas del Brasil hay un monzón de primavera, que viene del N. E. y un monzón de otoño que viene del S. O.

En la Francia meridional, como el Sol calienta fuertemente en el verano las llanuras bajas de la Crau, de la Camargue y de las bocas del Ródano, se produce una atracción del aire hacia esas regiones. Entonces desciende de la Auvernia y del Cantal un viento muy fuerte, que corre á reemplazar el aire caliente que se eleva : ese es el *mistral*, tan conocido de los provenzales.

Del interior de Africa sale un viento extraordinario, caliente y seco; en las costas de Guinea se le llama *harmattán*, en Arabia *simún*, en Egipto *chamsin*, en Siria y en Italia *sirocco*, y en el mediodía de España *levante*.

El harmattán sopla en Diciembre, Enero y Febrero; ese viento está siempre cargado de polvo fino; su temperatura se eleva hasta + 40 grados, y seca todo lo que encuentra á su paso. El simún reina en toda la extensión del desierto de Sahara, sepulta las caravanas, y su temperatura pasa á menudo de + 45°. Refugiado en una cabaña al sur del desierto de Sahara, el viajero Mongo-Park no pudo resistir en sus manos, con las cuales quería tapar las hendiduras por donde entraba el aire abrasado, el horrible calor. Á veces las costas de Sicilia, de España y de Italia se cubren de arena transportada por el simún á través del Mediterráneo y por encima del Atlas.

En Egipto, el chamsin dura 30 días y eso significa dicha palabra en la lengua del país. Empieza 23 días antes del equinoccio de primavera y acaba 23 días después. Hasta en las estepas de la Rusia meridional (Saigey) se experimentan vientos análogos. Además de los vientos constantes y de los vientos periódicos, se distinguen también los *vientos irregulares* causados por depresiones atmosféricas ó *borras-*

cas; ya tendremos pronto ocasión de hablar otra vez del asunto.

CUESTIONARIO.

- Explique V. el origen de los vientos.
 ¿Cómo se demuestra que el aire caliente sube en la atmósfera?
 ¿En que dirección se efectúa el movimiento del aire en una habitación caliente?
 ¿Cómo se halla la dirección de los vientos?
 Describa V. la veleta.
 ¿Qué es la rosa de los vientos?
 ¿Cómo se designan los vientos en los observatorios meteorológicos?
 ¿Cómo se averigua la velocidad de los vientos?
 Describa V. el anemómetro.
 ¿Qué significan los términos calma, débil, moderado, fresco, fuerte, violento y huracanado aplicados á los vientos?
 Dé V. el cuadro de la velocidad de los vientos.
 ¿Qué se entiende por vientos alisios?
 ¿Qué es la zona de las calmas?
 Explique V. los contra-alisios.
 Cite V. los principales vientos periódicos.
 ¿Qué se entiende por brisas y monzones?
 ¿Qué es el mistral, el harmattan, el simún, el chamsín, el sirocco y el levante?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Demostrar que el aire caliente se eleva en la atmósfera; diversas temperaturas en una habitación caliente. — Experiencia de las bujías. — Nociones históricas sobre las montgolfieras y los globos. — Lecturas y relaciones de viajes en globo. — Insistir sobre la lectura de las indicaciones de la veleta. — Rosa de los vientos. — Lecturas y relaciones sobre los vientos constantes y los vientos periódicos. — Importancia de los alisios, de los monzones y de las brisas. — Vientos calientes de Africa.

Trabajos de Maury.

El conocimiento de los vientos dominantes en cada parte de la esfera terrestre en las diversas épocas del año es en extremo útil á los marinos para disminuir la duración de las travesías.

La magnífica aplicación de la ciencia que nos ocupa se debe al meteorólogo Maury. Tomo el relato siguiente del admirable trabajo de un sabio francés, M. Marié-Davy, sobre los *Mouvements de l'atmosphère* (1).

En 1831, doblando el cabo de Hornó á bordo del *Falmouth*, con el grado de simple aspirante de la marina americana, Maury se extrañó de los curiosos fenómenos barométricos de esos parajes y los describió en una interesante memoria.

Desde esa época nunca abandonó sus trabajos, preparándose para la gran empresa que debía colocarle á la cabeza de los meteorólogos.

En medio de numerosos perfeccionamientos marítimos que han señalado el siglo XIX, una cuestión se hallaba todavía en gran atraso, la de los derroteros. Los grandes navegantes de los siglos precedentes parecían haber trazado las únicas vías que se pudieran seguir, sin que nadie pensara en modificarlas con arreglo á los resultados del estudio atento de los datos experimentales.

Pero, cuando la aplicación del vapor á los medios de transporte hubo demostrado las ventajas de los cambios rápidos entre las naciones, haciendo comprender mejor cuánto vale el tiempo, la atención se dirigió naturalmente hacia la discusión de los derroteros más convenientes y hacia los medios de fijarlos de una manera racional. Como un buque de vapor desdeña los vientos, puede trazar sobre la esfera la línea más directa y la más corta entre su punto de partida y su punto de llegada; pero para el navío de vela, sometido á las corrientes aéreas, que constituyen sus únicos medios de progresión, la línea más corta es la que á veces cuesta más tiempo recorrer.

Encontrar la mayor suma posible de vientos favorables, sin separarse demasiado del derrotero más directo, es el medio más seguro de dar á la travesía su minimum de duración. Para obtener ese resultado, era necesario averiguar, para todos los puntos del Océano situados en las regiones que se debían recorrer, las proporciones probables de vientos favorables y contrarios, á fin de evitar los segundos y de buscar los primeros. Ninguna experiencia individual podía pretender tan completa universalidad.

Desde tiempo inmemorial, las observaciones meteorológicas recogidas por un navío durante la travesía y consignadas en el libro de á bordo, se dispersaban á su vuelta. Maury tuvo la idea, tan sencilla como fecunda, de coordinar esas observaciones esparcidas y por lo mismo inútiles, dándoles así el valor que les pertenece en conjunto, y de sacar de ahí un método racional para reducir cada travesía á un minimum de duración.

(1) Masson, editor.

Los primeros pasos dados por Maury en 1842 cerca del gobierno de los Estados Unidos, ocasionaron una circular, dirigida por el comodoro Crane á los capitanes americanos, á fin de obtener de ellos la comunicación de los documentos necesarios para la construcción de las cartas de los vientos y de las corrientes marinas. Ese llamamiento quedó sin respuesta.

Lejos de desalentarse, Maury se puso á reunir los diarios, desgraciadamente muy reducidos en número, de la marina militar de los Estados Unidos; y, para despertar la atención pública mediante un resultado capaz de hacer sentir toda la importancia de los nuevos estudios, concentró todos sus esfuerzos sobre una sola travesía, la de los Estados Unidos á Río Janeiro.

Los datos que pudo reunir le permitieron determinar un derrotero singularmente más corto y más ventajoso que el seguido hasta entonces por la masa de los navegantes.

El buque *Wright*, capitán Jackson, de Baltimore, fué el primero en seguir las indicaciones de Maury. Saliendo el 9 de Febrero de 1848 de Baltimore, ese barco cortaba la línea ecuatorial al cabo de 24 días, mientras que esa travesía exigía antes 41.

Diversas naciones marítimas enviaron al congreso de Bruselas en Agosto de 1853, á invitación de los Estados Unidos, delegados que acordaron un plan uniforme de observaciones de meteorología náutica: así se estableció definitivamente la obra de Maury.

Las observaciones llegaron entonces á montones, y se organizó un servicio meteorológico para clasificarlas en cuadros estadísticos.

La figura 116 representa el cuadro de la dirección de los vientos en el mar de las Indias (latitudes de 5° á 10° norte, longitudes de 110° á 115° este, Greenwich).

Este cuadro está dividido en trece bandas verticales, doce de las cuales se consagran á los doce meses del año. La décimotercia á los rumbos del viento.

Hay diez y seis rumbos principales y una línea para las calmas.

Sin hablar del modo de notación y de la unidad de observación empleadas en ese cuadro, es evidente para todo el mundo que en el mar de las Indias la dirección de los vientos varía con las estaciones: el viento del N. E. domina allí de Octubre á Abril; de Mayo á Setiembre el viento más frecuente es por el contrario el del S. O.

Maury había dividido de ese modo la superficie de los océanos en cuadrados de 5° de lado y construido cuadros para cada uno de esos cuadrados.

El primer estudio hecho por Maury había tenido por objeto el derrotero de los Estados Unidos al ecuador, derrotero tanto más importante cuanto que era común á todos los buques que, saliendo de los Estados Unidos, se dirigían al hemisferio austral, ya fuese el Pacífico, el mar de las Indias ó el Atlántico su punto de destino. De 41 días, esa travesía fué reducida primero á 24, luego á 20 y por último á 18. Se ha ganado, pues, más del 50 por 100.

La travesía de los Estados Unidos á California exigía por término medio

más de 180 días; á partir del instante en que Maury la hizo objeto de sus estudios, quedó reducida á 135 días primeramente, y luego se perfeccionó ese resultado hasta tal punto que hoy llegan muchísimos *clippers* en 100 días y hasta uno de ellos, el *Flying-Fish*, procedente de Nueva York, ancló en la rada de San Francisco el 99° día.

Pero el ejemplo más notable nos lo suministra la travesía de Australia. De Inglaterra á Sidney, un navío guiado por las antiguas instrucciones, no tardaba menos de 125 días. Esa era la media ordinaria de las travesías. La vuelta costaba otro tanto de modo que el viaje total era de unos 250 días.

Cuando Maury pasó por Inglaterra, dirigiéndose al Congreso de Bruselas, prometió á los marinos y negociantes británicos, en prueba de agradecimiento por el concurso que le habían prestado, disminuir por lo menos un mes la travesía de Australia, reduciendo aún más el viaje de vuelta: eso equivalía sencillamente á suprimir la cuarta parte de la distancia que separa á Inglaterra de su rica colonia.

Algo más tarde, habiéndose completado las nociones sobre ese derrotero, Maury hizo ver á los marinos de una manera admirable la inmensa ventaja que había en hacer del viaje á Australia una verdadera circunnavegación del globo, es decir, en doblar el cabo de Buena-Esperanza viniendo de Europa, para operar en seguida la vuelta por el cabo de Hornos. El conjunto de esas dos travesías, esa vuelta al mundo como él decía, se efectuaría en 130 días, y aun en menos, en vez de los 250 necesarios antes, en el caso de que se siguieran sus consejos.

La predicción se realizó, y se realizó con exceso, pues la economía de tiempo ha llegado á 50 por 100.

Calculemos en dinero esa economía de tiempo.

El precio del flete para la travesía de Australia es próximamente de 1 franco por tonelada de 1000 kilogramos y por día. Admitamos que el tonelaje medio de los navíos que hacen esa carrera sea sólo de 500 toneladas (en realidad es de 700) y no contemos más que con una reducción de 30 días de transporte á fin de quedar por bajo de la realidad.

De ahí resulta que cada navío realiza en su trayecto una economía neta de 15,000 francos. Si calculamos ahora con Maury en 1800, sin distinguir pabellón, el número de los navíos que se dirigen anualmente de los puertos del Atlántico del Norte á los de Australia, tendremos á fin de año para ese comercio un beneficio evidente de 25 millones de francos.

Nada más que el comercio inglés de los mares de la India ha realizado, según los cálculos del Dr. Buisi, en un informe leído á la Asociación británica, una economía anual de 8 á 10 millones.

Esa economía pasa de 100 millones por año, término medio, si se cuenta el conjunto de las diversas marinas y de las distintas travesías.

CAPÍTULO III.

EL AGUA.

I.

Propiedades físicas y químicas del agua, sus funciones en la naturaleza.

Diversos estados del agua. — El agua se encuentra en la naturaleza en tres estados : en el de vapor, como en las *nubes*, en el líquido, como en los *rios* y los *mares*, y en el sólido, como en los *bancos de hielo* del polo y en el vértice de las altas montañas, donde se conserva, bajo forma de nieve. En las tres formas, el agua desempeña un gran papel en la superficie del globo.

El hielo se funde á 0° del termómetro centígrado, pasando entonces al estado líquido y transformándose luego en vapor á 100°, como lo hemos visto al hablar de la graduación del termómetro. El paso del agua sólida al estado líquido se llama *fusión* , el paso del agua líquida al estado de vapor se denomina *vaporización*.

El agua, que se vaporiza rápidamente á 100°, se transforma también en vapor á temperaturas inferiores ; las ropas mojadas se secan en el aire, un platillo lleno de agua se vacía poco á poco, si se le expone al Sol ó á la acción de una corriente de aire ; la transformación lenta del agua en vapor se denomina *evaporación*.

Funciones del agua en geología. — El agua es el agente principal de todos los fenómenos geológicos ; si se precipita formando torrentes, arranca las rocas, las arrastra, las rompe y las desmenuza ; si, por el contrario, su velocidad se modera, los cuerpos arrastrados por el líquido se depositan y constituyen *sedimentos*.

La acción mecánica del agua se reduce, pues, á dos hechos fundamentales : fenómenos de desagregación, cuando está animada de grandes velocidades ; fenómenos de depósito, cuando su velocidad disminuye ó se hace nula. Al pasar por la superficie y por las profundidades del suelo, el agua se carga de diversas sustancias que disuelve y que son sales que le comunican propiedades particulares, ó gases que las hacen preciosas para usos medicinales. Entonces se las designa por el nombre de *aguas minerales*. Algunas aguas se calientan al alcanzar grandes profundidades, y vuelven al nivel del suelo con una temperatura á veces muy elevada ; á éstas se las llama *aguas termales*.

Entre las aguas empleadas en medicina se distinguen : 1°. las aguas gaseosas (agua de Seltz, de Pougues), que se cubren de espuma cuando se las agita ; 2°. las aguas alcalinas (agua de Vichy), cuyo sabor provoca náuseas ; 3°. las aguas sulfurosas (agua de Enghien), de olor semejante al de los huevos podridos ; 4°. las aguas ferruginosas (aguas de Spa, de Passy, de Orrezza), que poseen gusto de tinta ; 5°. las aguas salinas (Sedlitz, Püllna), de sabor salado.

Ya tendremos ocasión de insistir con numerosos detalles sobre el papel geológico del agua en la tercera parte de este libro, y entonces veremos que las sales contenidas en disolución en el agua se depositan para formar capas geológicas muy importantes ; tal es el origen de la *sal gema* y de los *calcáreos* de las cercanías de Tívoli.

Funciones del agua en la economía doméstica. — El agua es un alimento indispensable para todos los seres organizados. Los hortelanos saben que para cultivar las legumbres deben verter cada año tres metros cúbicos de agua sobre cada metro cuadrado del terreno en cultivo. (De esos tres metros, la lluvia suministra anualmente cerca de 0^m,60).

La abundancia del agua asegura el bienestar del hombre, de la familia, de la ciudad, del país. El consumo se eleva á medida que las comodidades de la vida aumentan y que las ciudades se hacen más populosas. Actualmente, el consumo diario de agua es en París de 200 litros por habitante; de 450 litros en las ciudades que cuentan más de 25.000 habitantes; de 100 en las que tienen menos de 25.000 habitantes hasta 5.000, y de 50 litros en los pueblos de menos de 5.000 habitantes. Es preciso que en todas las aglomeraciones más ó menos numerosas se establezca un servicio de distribución de agua. El agua no es suficiente más que cuando sobra; los habitantes no deben estar obligados á limitar el consumo de ese líquido, ni á usar de él con parsimonia, sino que, por el contrario, conviene que puedan prodigarla y aun malgastarla.

La circulación del agua en las ciudades puede compararse con la de la sangre en los animales. El agua de alimentación es la red arterial que lleva la fuerza, la salud, la vida á todos los puntos á donde llega. Las alcantarillas constituyen la circulación venosa, que retira los materiales ya inútiles y los aleja de los sitios en que su presencia podría ser una causa de infección.

Pero así como en el hombre y los animales superiores la sangre venosa no se mezcla con la arterial y se revivifica por contacto con el aire en los pulmones, de la misma ma-

nera las aguas corrompidas de las cloacas no pueden mezclarse sin peligro con las puras de los ríos.

Se llaman *aguas potables* las que convienen á la alimentación del hombre; esas aguas disuelven bien el jabón, cuecen las legumbres sin endurecerlas, y no incrustan los vasos en que se las hace hervir. Son transparentes á la luz y presentan un color azulado característico; por el contrario, las aguas de mala calidad son verdosas.

Quando el agua está cargada de cuerpos en suspensión, como arena, arcilla ú otra sustancia cualquiera, se la filtra, es decir, se la hace pasar á través de un cuerpo poroso capaz de dejarse atravesar por el agua y de detener los cuerpos extraños. Si el agua contiene sustancias en disolución, se la purifica destilándola: por medio de un alambique se obtiene el *agua destilada* de los boticarios y químicos, que es perfectamente pura (1).

Composicin del agua. — El agua es un compuesto de dos gases, pues está formada de *hidrógeno* y de *oxígeno*. Ya hemos tenido ocasión de hablar del gas oxígeno con motivo de la composición del aire, y hemos dicho que era un cuerpo comburente, esto es, propio para la combustión; el



Fig 117. — El hidrógeno es un gas combustible.

(1) A. Gérardin, *Chimie*; Delagrave, editor.

hidrógeno tiene propiedades diferentes, pues apaga los cuerpos que arden, mientras que él se inflama, desprendiendo mucho calor (fig. 117).

El gas hidrógeno es muy ligero, más aún que el aire ca-

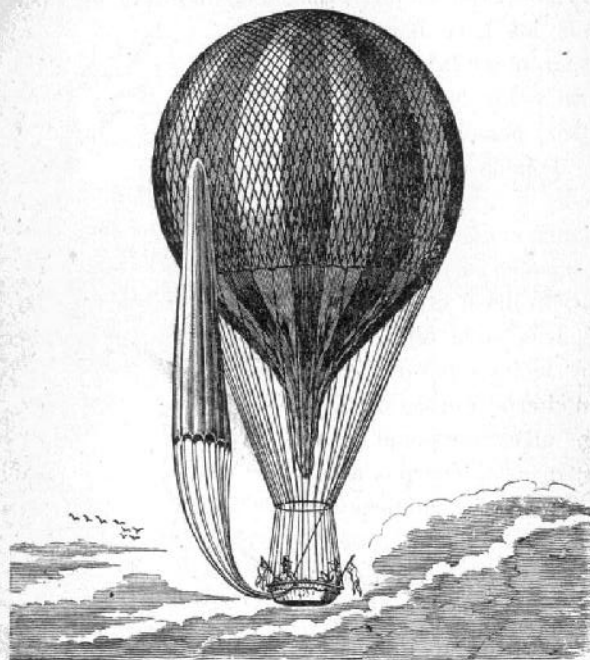


Fig. 118. — El hidrógeno es un gas muy ligero.

liente, por lo cual se le emplea para llenar los globos (fig. 118).

Los químicos descomponen el agua por medio de la pila eléctrica. La figura 119 representa el aparato durante su funcionamiento. En P se encuentra la pila que produce la electricidad; la corriente eléctrica pasa por los hilos *a* y *b*.

El vaso C contiene el agua que se trata de descomponer; los hilos están ambos cubiertos por una pequeña probeta A y B. Al cabo de cierto tiempo, se ve que la probeta A está llena de gas en doble volumen del que se desprende en la probeta B.

El gas A es hidrógeno, el gas B oxígeno.

Esta experiencia demuestra perfectamente que el agua está

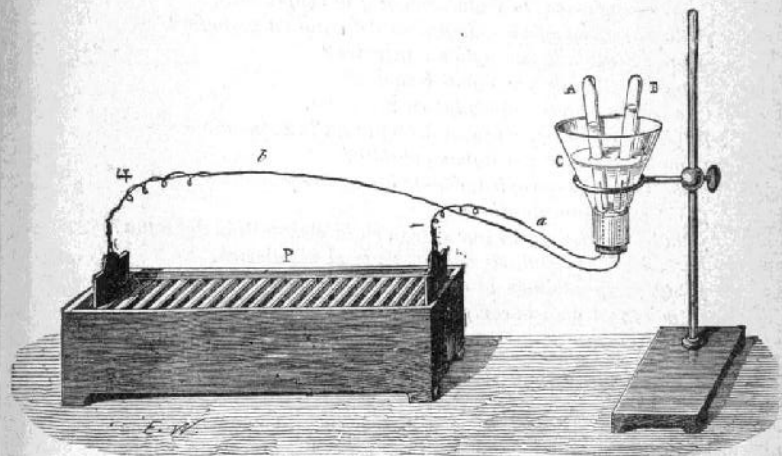


Fig. 119. — Aparato para descomponer el agua.

formada por dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno.

El aparato que acabamos de describir recibe el nombre de *voltámetro*.

Si se recogen los dos gases contenidos en las probetas del voltámetro y si, después de haberlos mezclado se les combina por medio de la chispa eléctrica, se produce de nuevo agua. M. Dumas ideó en 1822 numerosas experiencias para averiguar la composición del agua en peso, demostrando que 100 gramos de ese líquido contienen 11^{gr},12 de hidrógeno y

88^{gr},88 de oxígeno. No quiero insistir sobre los experimentos de ese célebre químico que más adelante oiréis relatar en la clase correspondiente; pero conviene que recordéis el resultado.

CUESTIONARIO.

- ¿ Cuantos estados reviste el agua en la naturaleza ?
- ¿ Qué es la fusión, la vaporización y la evaporación ?
- ¿ Cuáles son los efectos mecánicos del agua en geología ?
- ¿ Qué se entiende por aguas minerales ?
- ¿ Qué se entiende por aguas termales ?
- Cite V. las aguas empleadas en medicina.
- Hable V. de la importancia del agua en la economía doméstica.
- ¿ Qué se entiende por aguas potables ?
- ¿ Cuáles son las propiedades de las aguas potables ?
- ¿ Qué es el agua destilada ?
- ¿ Cuáles son los gases que entran en la composición del agua ?
- Describe V. el análisis del agua por el voltímetro.
- ¿ Cuál es en volumen la composición del agua ?
- ¿ Cuál es en peso la composición del agua ?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Vaporización del agua, su congelación por medio de una mezcla frigorífica. El agua contiene gases en disolución. Respiración de los animales provistos de branquias, etc. — Presentar algunas aguas minerales. — Insistir sobre el papel que desempeña el agua en la economía doméstica. — Destilación del agua, su análisis por medio del voltímetro. — Presentar agua destilada.

II.

Los meteoros acuosos.

Humedad de la atmósfera. — El agua expuesta al aire libre se disipa por sí misma, más ó menos lentamente, difundiéndose en la atmósfera bajo forma de vapor invisible y haciendo al aire *húmedo*.

Los físicos y los meteorólogos miden el grado de humedad del aire por medio de instrumentos llamados *higrómetros*.

Los higrómetros más sencillos son los que habéis visto sin duda en las papelerías y en los establecimientos de los ópticos; éstos representan un fraile cuyo capuchón le cubre la cabeza cuando el aire está húmedo, levantándose cuando está seco. El movimiento del capuchón se obtiene por medio de una cuerda de violín; esa cuerda se acorta cuando se seca y se alarga por la acción de la humedad; en el primer caso tira del capuchón y lo levanta; en el segundo lo deja caer sobre la cabeza del fraile.

Los cabellos se alargan también en el aire húmedo y se contraen en el aire seco. H. B. de Saussure ha construido

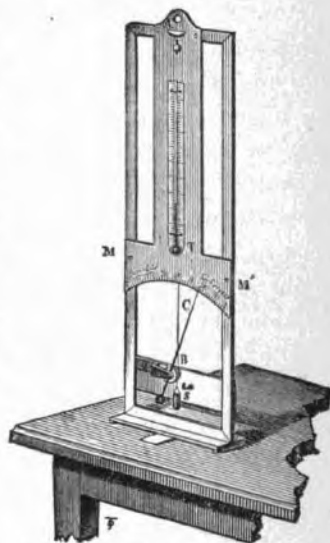


Fig. 120. — Higrómetro de Saussure.

un higrómetro de cabello, cuyas indicaciones son más precisas que las del aparato precedente (fig. 120). El cabello se encuentra fijo en A por medio de unas pequeñas pinzas, y va á arrollarse en una polea B, llevando además un peso ligero que sirve para mantenerlo tenso. Los movimientos de contracción y de dilatación del cabello son seguidos por la polea, sobre la cual se dispone la aguja C. El marco presenta en MM' una graduación que va de 0 á 100. El punto 0 marca la mayor sequía, y el punto 100 la mayor humedad (1).

El aparato va siempre acompañado de un termómetro T, que indica la temperatura en el momento de la experiencia. Con el higrómetro se puede observar que en el momento de salir el Sol es cuando más humedad contiene el aire y que á eso de las dos ó las tres de la tarde es cuando contiene menos. En el curso del año el máximum de humedad se observa en Diciembre y el mínimum á fines de Julio.

La media anual de las indicaciones del higrómetro de cabello es de unos 72 grados; en los climas de Europa central es muy raro que baje de 40.

Nieblas y nubes. — Cuando el vapor de agua invisible del aire está suficientemente frío, se condensa y forma multitud de gotecillas que quitan su transparencia á la atmósfera. Todos vosotros sabéis que el vapor de agua que se exhala de nuestro cuerpo por la respiración no es visible en verano, pero sí en invierno, tanto que el aliento parece un humecillo blanco que se disipa con rapidez; del mismo modo, un descenso de temperatura produce la condensación de la humedad atmosférica y la vuelve visible. Los núcleos de vapores condensados reciben el nombre de

(1) En la figura está escrito en francés la palabra *sécheresse* encima de los números más altos, pero éso es un error. Debía ser lo contrario.

nieblas cuando se mantienen á proximidad del suelo, y de *nubes* si ocupan regiones más ó menos elevadas de la atmósfera. Las nieblas son á veces tan opacas que impiden la circulación en las grandes ciudades y causan graves siniestros en el mar.

En las proximidades de las costas, de los ríos y de los lagos son muy frecuentes; las Islas Británicas se encuentran á veces cubiertas de espesas nieblas; lo mismo ocurre en el norte de Francia y en los demás países septentrionales. Por la mañana en los días de primavera ó de otoño es cuando las brumas son más abundantes en los valles y las vertientes de las montañas.

Las nubes han sido clasificadas, según sus formas, en tres grupos, los *nimbus*, los *cúmulus* y los *cirrus*.



Fig. 121. — Nimbus.

Los *nimbus* rozan la superficie del suelo, son negruzcos y pesados y anuncian tormenta (fig. 121). Se puede atravesarlos durante las ascensiones de montañas, y muchos viajeros han podido presenciar desde las cimas alpestres el espectáculo grandioso de una tempestad desencadenándose á sus pies, mientras ellos se encontraban en una atmósfera serena.

Los *cúmulus* son unas grandes nubes parecidas á mon-

tañas cubiertas de nieve. Tienen los contornos redondeados y á veces son muy vivos sus colores (fig. 122). Se mueven lentamente en el aire á una altura que no pasa de 3000 metros, y se producen sobre todo en primavera y en otoño. No son signo de mal tiempo. En ocasiones los cúmulos se colocan en bandas horizontales en las que el Sol produce magníficos efectos de luz; esas bandas se llaman *stratus*; los campesinos dicen que los *stratus* anuncian viento.

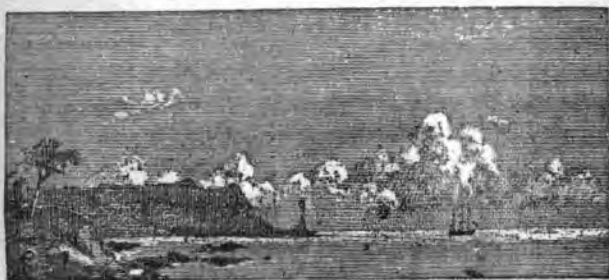


Fig. 122. — Cúmulos.

Los *cirrus* son las nubes más elevadas. Aparecen como filamentos blancos ó copos ligeros de algodón en medio del cielo azul. Los aeronautas han atravesado esas nubes, compuestas de finas agujas de hielo. Su presencia no es rara en los países cálidos ni en los días buenos del verano en los climas europeos (fig. 123). No se funden bajo la influencia de los rayos solares, porque flotan en el aire á 9 ó 40 kilómetros de altura, es decir, más allá de la región de las nieves eternas, en capas atmosféricas donde el agua pasa fácilmente al estado sólido.

Rocío. — La humedad del aire se condensa á menudo por la mañana y forma gotecillas de agua que cubren las

plantas y los objetos colocados en la superficie del suelo: esas gotecillas han recibido el nombre de *rocío*.

El fenómeno de condensación se produce porque, bajo la influencia de la radiación nocturna, los cuerpos colocados en tierra pierden pronto su calor; como se enfrían, producen el paso del vapor atmosférico al estado líquido. Todos vosotros sabéis que durante el invierno, los vidrios



Fig. 123. — Cirrus.

de las ventanas se empañan, y hasta acaban por dejar correr algunas gotas de agua. Esos vidrios, enfriados por el aire exterior, condensan la humedad como las plantas durante el fenómeno del rocío.

Para impedir que los objetos colocados en la superficie del suelo irradien y pierdan por consiguiente su calor, basta cubrirlos con paja ó ponerlos al abrigo detrás de un muro: en ese caso no hay rocío.

Cuando por las noches está el cielo cubierto, el rocío no se produce, y lo mismo ocurre cuando el viento es fuerte; por el contrario, las noches claras y los vientos débiles favorecen el depósito de rocío.

A veces el enfriamiento de los objetos colocados sin abrigo encima del suelo es tan intenso que el rocío se hiela, y hay formación de pequeños cristales que cubren la tierra como si fueran una alfombra de deslumbradora blancura; esa es la *escarcha*, tan temida por jardineros y hortelanos. Lo que en francés se llama *givre* ó *frimas* es más espeso que la escarcha. Constituye, por decirlo así, una escarcha de invierno, producida por la helada de las nieblas. Ese fenómeno rompe las ramas de los árboles y los hilos telegráficos cuando alcanza proporciones demasiado considerables.

CUESTIONARIO.

- ¿Qué se entiende por humedad atmosférica?
- ¿Qué es un higrómetro?
- Describe V. el higrómetro de Saussure.
- ¿Qué es la niebla?
- ¿Qué son las nubes?
- ¿Cuáles son las principales formas de las nubes?
- ¿Qué se entiende por nimbus, cúmulus, stratus y cirrus?
- ¿Qué es el rocío?
- ¿Qué es la escarcha?
- ¿Qué es la escarcha de invierno, llamada en francés *givre* ó *frimas*?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Demostrar la presencia de la humedad en el aire por medio de la cal viva que se apaga en pocos días, ó con cualquier otra sustancia higroscópica. Influencia de la humedad sobre los tambores y los instrumentos de cuerdas. — Enseñar algún higrómetro. — Observación de las nubes. — Insistir sobre la radiación nocturna y sobre la formación del rocío. — Higrómetros de condensación de Daniell, de Regnault y de Alluard.

III.

Los meteoros acuosos (continuación).

La lluvia. — Si la temperatura de las regiones donde se mueven las nubes baja, éstas se resuelven en *lluvia*. La lluvia está formada por gotas de agua que, condensadas en las nubes, llegan hasta la tierra.

En francés se llama *bruine* á una lluvia extremadamente fina que sale de una niebla cercana á la tierra y completamente parecida á la que se recibe en las montañas cuando una nube está á corta distancia. En español, *llovizna*.

Un *aguacero* es, por el contrario, una lluvia muy abundante, generalmente súbita y de escasa duración.

En las observaciones meteorológicas se mide la cantidad de agua que cae cada día, cada mes y cada año sobre la superficie del suelo.

El instrumento empleado para ese estudio es el *pluvímetro*.

El más sencillo de todos los pluvímetros se compone de una botella B en cuya garganta se ajusta un embudo A (fig. 124). El agua que cae en éste penetra en aquella y puede ser pesada todos los días á las doce ó después de cada lluvia.

Como se conoce la superficie representada por la parte superior del embudo, se llega fácilmente á calcular el grueso de la capa de agua que la lluvia hubiera depositado sobre el suelo, de ser este impermeable.

El pluvímetro debe estar colgado en un sitio bien descubierta, lejos de los muros ó de los edificios muy elevados, sin hallarse sin embargo tampoco muy expuesto al viento, y á una altura de 1^m,50 próximamente sobre el nivel del suelo. Cuando se le establece en distintas condiciones, se

recoge á menudo una cantidad de agua diferente. En las *Instruccionnes meteorológicas* del ministerio de enseñanza pública en Francia se recomienda de un modo expreso que nunca se coloque el pluviometro encima de un techo.

En invierno, cuando lo que cae es nieve en vez de agua,

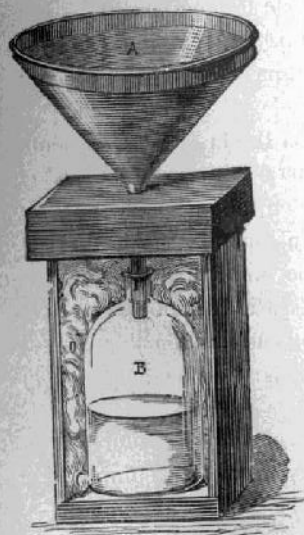


Fig. 124. — Pluviómetro ordinario.



Fig. 125. — Pluviómetro totalizador.

se emplea también el pluviometro, pero se tiene cuidado de colocar el aparato en una caja donde se encuentren dos pequeñas lámparas para hacer que la nieve se funda en seguida que caiga, evitar que el viento la arrastre, y para impedir que la helada haga estallar el pluviometro.

En verano, para evitar la evaporación de agua en el pluviometro, se coloca la botella B en una caja de madera llena de algodón en rama y se cierra esta caja con una tapadera que sirva para sostener el embudo.

Para comprobar las observaciones cuotidianas, se vacía cada veinticuatro horas el pluviometro en un totalizador (fig. 125); á fin de mes se pesa el agua contenida en esa botella, y el total mensual debe igualar á la suma de los totales diarios.

Se han construido otros pluviómetros que suprimen la operación de pesar el agua, indicando inmediatamente el volumen de ese líquido. Tales son el *pluviometro de tubo* de Babinet (fig. 126)

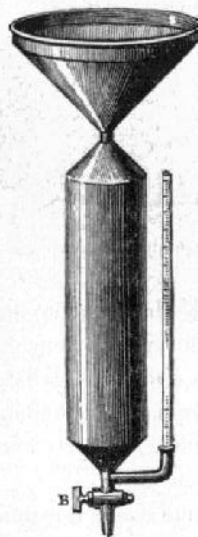


Fig. 126. — Pluviómetro de Babinet.



Fig. 127. — Pluviómetro de Symons.

y el *pluviometro multiplicador* de Symons (fig. 127).

El primero se compone de un embudo E y de un depósito A; el nivel del agua se mide por medio de un tubo que

comunica con el depósito y lleva una graduación métrica. Al fin de cada experimento se puede hacer salir el agua por una llave R colocada en la parte inferior del aparato.

El pluviómetro de Symons es más sensible; se funda en el mismo principio, pero su embudo E, cuya abertura superior tiene 0^m,20 de diámetro, está fijo en la parte superior de un tubo MN de 1^m,20 de altura y de 0^m,01 de diámetro interior.

En esas condiciones, el tubo tiene una sección que representa $\frac{1}{400}$ de la superficie del embudo, de modo que multiplicará regularmente el grueso de la capa de agua llovida. Si cae una lluvia de 1 milímetro, se tendrá en el tubo una

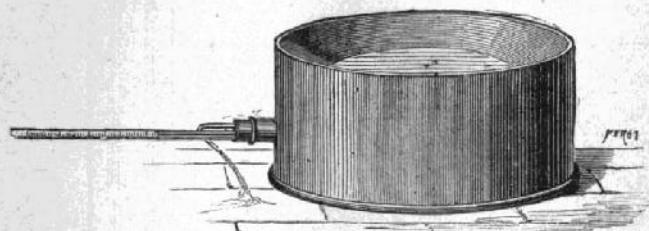


Fig. 128. — Aparato para averiguar la temperatura de las aguas pluviales.

altura de agua de 400 milímetros. Un pequeño flotador de corcho F, muy delgado y de color visible, encarnado por ejemplo, sigue los movimientos de ascensión de la superficie de la columna interior. Si la lluvia es abundante, si el tubo MN se llena, el agua al llegar á su parte superior, se vierte por el orificio O en otro tubo PQ.

El aparato se coloca sobre una tabla graduada : su embudo puede ser dispuesto fuera y enlazado con el tubo MN por medio de un conducto de cautchuc, mientras que la tableta puede estar dentro de la habitación del observador y delante de sus ojos, que ve subir el agua pluvial á pesar de que permanece al abrigo.

Durante los chubascos se tiene la costumbre de averiguar la temperatura del agua que cae; con tal fin se dispone un termómetro en un depósito horizontal, que recibe el agua; ese agua sale poco á poco al interior por medio de un vertedor (fig. 128); basta una simple inspección del termómetro para determinar su temperatura; con objeto de evitar las pérdidas de calor; se dispone el aparato en un cofrecillo de madera, lleno de algodón en rama (1).

Repartición de las lluvias en la superficie del globo. —

La cantidad de lluvia que cae en un país depende sobre todo de su distancia al mar. En las costas llueve mucho más que en el interior de las tierras. En las de Francia, por ejemplo, la cantidad de lluvia es de 68 centímetros por año, es decir, que si toda el agua que cae sobre las costas de dicho país permaneciese en la superficie del suelo sin secarse y sin ser absorbida por la tierra, formaría al cabo del año una capa de 68 centímetros de altura. Esa capa no llegaría más que á 56 centímetros en el interior de Francia y á 54 en Alemania.

En general, la cantidad de lluvia es también mayor durante las estaciones calientes que durante las frías. Así, en París cae por término medio :

MESES.	CANTIDAD DE LLUVIA.	MESES.	CANTIDAD DE LLUVIA.
En enero.....	38 milim.	En julio.....	59 milim.
febrero.....	41 —	agosto.....	51 —
marzo.....	28 —	setiembre..	51 —
abril.....	53 —	octubre....	37 —
mayo.....	60 —	noviembre .	47 —
junio.....	61 —	diciembre .	38 —

(1) Gaston Tissandier. — *Nature*, 1875, Masson, editor.

Lo que da ; para el invierno un total de 107 milímetros ; para la primavera 174 ; para el estío 161 y para el otoño 122 milímetros, siendo el total del año de unos 564 milímetros, como lo han demostrado las largas series de observaciones recogidas en el observatorio de París desde el año 1688. — Por lo demás, en esas deducciones no hay nada bastante fijo, y el total anual puede separarse mucho de la media que acabamos de dar : esto es lo que podréis comprobar vosotros mismos en el cuadro siguiente, donde están indicados los datos obtenidos en el interior de París, en el observatorio de Montsouris, de 1872 á 1882 (1).

La última línea da las medias de los diez años.

Lluvias recogidas en el observatorio de Montsouris.

AÑOS METEOROLÓGICOS.	ESTACIÓN FRÍA.	ESTACIÓN CALIENTE.	TOTAL ANUAL.
	milímetros.	milímetros.	milímetros.
1872-73	416	363	779
1873-74	160	243	403
1874-75	260	305	565
1875-76	304	271	575
1876-77	271	297	568
1877-78	214	374	588
1878-79	358	317	675
1879-80	137	257	394
1880-81	330	279	609
1881-82	155	292	447
1873-82	260	300	560

La lluvia en una misma región varía con las alturas. En general cae mucho más agua sobre las montañas que en las

(1) *Annuaire de l'Observatoire de Montsouris, pour l'année 1883.*

llanuras circunvecinas, así, la cantidad de agua que cae en el hospicio del San Bernardo es precisamente doble de la que cae en Ginebra. Por último, la naturaleza de los vientos ejerce gran influencia sobre el régimen de las lluvias.

Para cada región se pueden admitir *vientos lluviosos* y *vientos secos*. Los vientos que llevan consigo la lluvia son los que vienen de los países cálidos y que se han cargado de humedad al atravesar el Océano.

Numerosas observaciones han demostrado que la cantidad de lluvia decrece en general á medida que nos alejamos del ecuador para acercarnos á los polos. Este hecho no debe admirarnos pues es evidente que la abundancia de las lluvias debe ser tanto más grande, cuanto mayor cantidad de agua contiene el aire, es decir, cuanto más caliente es la región.

He aquí un cuadro tomado de la *Petite Physique du globe*, de Saigey, que prueba esa disminución. En la latitud 0°, es decir, bajo el ecuador, caen anualmente 300 centímetros de agua y en las regiones polares sólo 25, considerando á la nieve como lluvia

LATITUD.	LLUVIA ANUAL.	LATITUD.	LLUVIA ANUAL.
0°	300 centímetros.	50°	71 centímetros.
10	285 —	60	54 —
20	241 —	70	41 —
30	132 —	80	32 —
40	90 —	90	25 —

Ese cuadro cuenta numerosas excepciones : así por ejemplo, en el desierto de Sahara, en la mayor parte de

Egipto y en el valle que se extiende al sur de Lima, casi nunca llueve, mientras que ciertas partes septentrionales de Europa reciben más agua de la que indica el cuadro general que acabamos de dar.

CUESTIONARIO.

¿Qué es la lluvia

¿Qué se entiende por llovizna, y qué por aguacero?

¿Qué es el pluviómetro?

Describe V. el pluviómetro ordinario.

Describe V. los pluviómetros de Babinet y de Symons.

Diga V. lo que sepa sobre la repartición de las lluvias en la superficie del globo.

¿Cuál es la media pluviométrica en las costas y en el centro de Francia?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Condensación del vapor de agua. — El humo blanco de las locomotoras es una nube que se resuelve rápidamente en lluvia durante el invierno. — Hacer patente el empleo del pluviómetro, y aun fabricar uno con un embudo y una botella. — Insistir sobre la distribución de las lluvias en la superficie del globo; época ó estación de las lluvias en los países cálidos.

IV.

Los Meteoros acuosos (fin).

El verglás. — Si cuando la temperatura del suelo es inferior á 0°, cae una lluvia poco abundante, este agua se congela en la superficie de la tierra y forma una capa de hielo unido que se denomina *verglás* (1). Ese fenómeno estorba mucho la circulación de peones y coches. Se disipa cuando la lluvia cae con mayor abundancia, pues el agua calienta el suelo y funde el hielo que lo cubre.

La nieve. — La *nieve* es producida por la reunión de pequeños cristales de hielo agrupados en forma de estrellas de seis brazos (fig. 129); esa sustancia cae en ligeros copos durante los meses de invierno y sobre los puntos elevados; ella es la que cubre las cimas de las montañas y da origen á los bancos de hielo que llamamos *glaciares*.

La caída de la nieve es muy lenta, por causa de la gran superficie que presentan los copos; sin embargo, á veces se deposita en

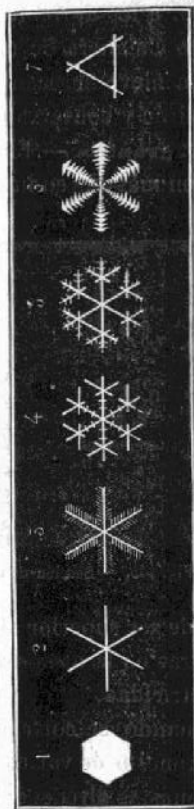


Fig. 129. — Cristales de hielo formando copos de nieve.

(1) Esta palabra, así como otras que hemos conservado en francés, no tiene equivalente exacto en castellano.

pequeños granos redondos y en ese caso, se la llama en francés *grésil* (granizo muy menudo y claro) y desciende con más rapidez.

El verglas, de que hablábamos hace poco, es siempre una calamidad para los bosques, porque cubre las ramas de los árboles y las rompe; pero la nieve no causa ningún temor á los agricultores. Esa sustancia se extiende sobre el suelo á manera de una manta y le impide enfriarse. Debajo de la nieve florecen algunas lindas plantecitas, las hierbas respiran y conservan su calor.

El granizo. — El verglas, la nieve y el grésil no se producen más que en invierno ó en las regiones septentrionales,

pero no sucede lo mismo con el *granizo*, que cae más á menudo en el verano y en las regiones calientes.

El fenómeno del granizo está intimamente enlazado con las tormentas y siempre viene acompañado de relámpagos y truenos.

El pedrisco, ó piedra está formado por masas de hielo redondeadas cuyo volumen

puede ser superior al del puño cerrado. Fórmase á grandes alturas en la atmósfera en el seno de las nubes cargadas de electricidad.

Cuando se corta por el centro un pedrisco se ve que está compuesto de varias capas de hielo transparentes (fig. 130), dispuestas alrededor de un núcleo blanco y opaco.

El granizo arruina á los agricultores, troncha los trigos, rompe las plantas nuevas, derriba los frutos y destruye en

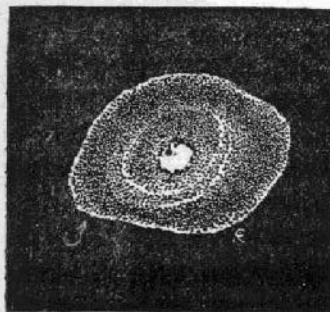


Fig. 130. — Sección de un pedrisco.

pocos minutos las mejores cosechas. Hay compañías de seguros contra el granizo á la manera que las hay contra el incendio, pues esa plaga es tan terrible como el fuego.

Felizmente, el granizo es siempre local y no produce sus estragos más que en porciones de territorio relativamente pequeñas. En Julio de 1884, el granizo causó numerosas ruinas en el departamento del Somme (Francia) donde cayó sobre un espacio de tres leguas de ancho por una docena de leguas de largo.

El hielo. — Cuando la temperatura desciende por debajo de cero, el agua pasa al estado sólido y se convierte en *hielo*. Este fenómeno no se produce solamente en la atmósfera, como acabamos de verlo estudiando la nieve y el granizo, sino que también se verifica en los lagos, los arroyos y los ríos, y aun en los mares que rodean los polos.

El agua que *se congela* aumenta de volumen y por éso es por lo que, si se introducen algunas bombas en una mezcla frigorífica después de haberlas llenado de agua, estallan cuando se congela el líquido. La figura 131 representa el efecto producido.

El aumento de volumen del agua durante su congelación rompe las piedras porosas y las que representan cavidades donde aquel líquido ha podido acumularse. De ahí la locución popular: *hace un frío que rompe las piedras*. Los arquitectos no se sirven nunca de semejantes piedras que llaman *piedras grietas*.

Puesto que el agua al congelarse aumenta de volumen, es evidente que su densidad disminuye. Un cubo de 10 centímetros de hielo pesa menos que otro de 10 centímetros de agua, es decir, que ya no pesa 1 kilogramo.

Siendo el hielo más ligero que el agua, sobrenada en la superficie de los ríos (fig. 132). Los habitantes de París

han visto muchas veces al Sena *arrastrar* témpanos de hielo

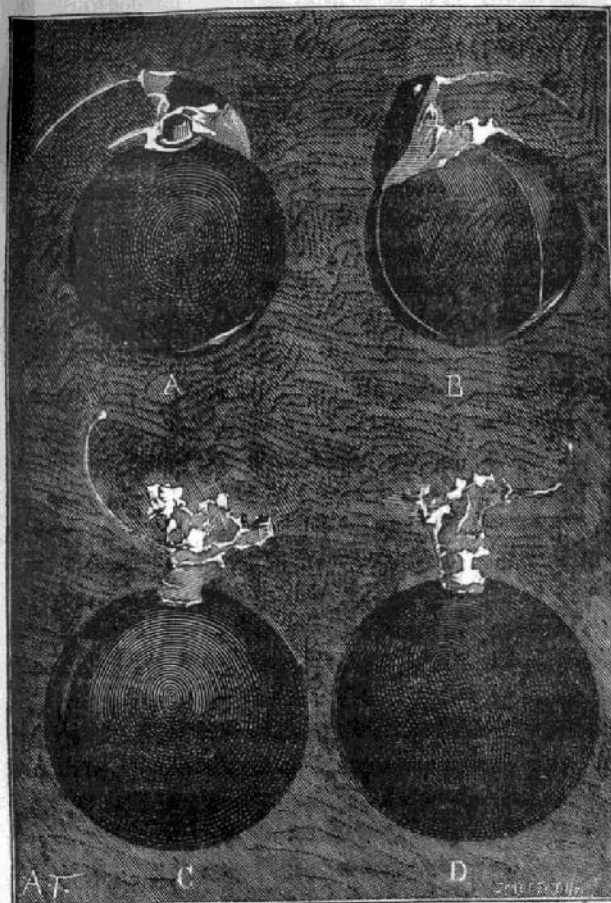


Fig. 131. — Bombas rotas por la congelación del agua.

que rompen las barcas, produciendo formidables choques contra los estribos de los puentes. A veces los témpanos se

reunen, forman una enorme muralla que se llama una *barra* y que intercepta la corriente. En ese caso los ingenieros



Fig. 132. — El hielo flota en la superficie de los ríos.

producen en el hielo voladuras por medio de la dinamita con objeto de permitir que las aguas sigan su curso,

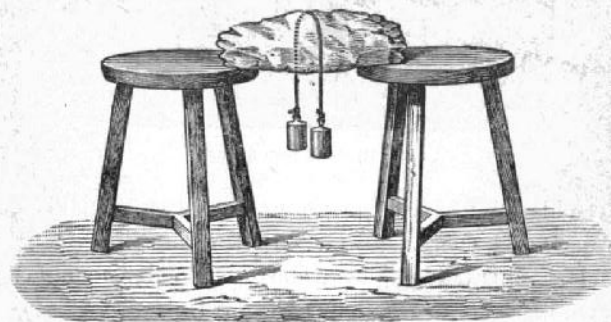


Fig. 133. — Fenómeno del rehíelo.

evitando la inundación resultante del cambio de curso del río.

Los fragmentos de hielo apretados unos contra otros se

sueldan entre sí, lo que contribuye á aumentar la dificultad de la destrucción de los bancos.

La experiencia siguiente hace ver muy bien la propiedad que tienen los témpanos de hielo de volver á reunirse cuando se les separa unos de otros (fig. 133). Se toma un trozo de dicha sustancia que se mantiene fijo por sus dos



Fig. 134. — Un pozo de hielo.

extremidades, y se le corta con una cuerda á la cual se atan dos pesos. La cuerda atraviesa el trozo de hielo, los pesos vienen á tierra, y los dos pedazos de hielo, reunidos de nuevo, conservan su posición primitiva.

Industrialmente, el hielo tiene numerosas aplicaciones, sirviendo sobre todo para preparar en el verano bebidas refrescantes. Se le conserva en unas fosas, llamadas *neveras* ó *pozos de hielo* (fig. 134) donde se le preserva del calor por medio de planchas de madera.

Si queréis conservar hielo durante el verano, envolvedlo en una manta de lana, que le impedirá recibir el calor de la atmósfera, haciendo las veces de las planchas de madera del pozo de nieve.

Se puede fabricar hielo artificial bajando la temperatura del agua por medio de mezclas frigoríficas, ó simplemente utilizando la evaporación de líquidos muy volátiles.

Los físicos han demostrado que *ningún cuerpo líquido puede pasar al estado gaseoso sin absorber calor*. Vosotros sabéis que si se vierte en la mano una gota de éter, se produce una sensación de frío, lo cual depende de que, para evaporarse, roba calor á nuestro cuerpo.

El ácido sulfuroso obra como el éter; al evaporarse roba calor á los objetos que le rodean. Hay grandes fábricas en las cuales se produce hielo por medio del ácido sulfuroso. En las familias se emplea en general el método de fabricación de hielo por medio de mezclas frigoríficas. Se echa en un balde una mezcla de tres partes de sulfato de sosa y dos de ácido clorhídrico, introduciendo luego ahí un recipiente que contenga agua; al cabo de algunos minutos, el agua queda convertida en hielo.

CUESTIONARIO.

- ¿Qué es el verglås? ¿Qué es la nieve?
- ¿Qué es el gresil? ¿Qué el granizo?
- ¿Cómo se demuestra que el agua aumenta de volumen al convertirse en hielo?
- ¿Cómo se demuestra que el hielo es más ligero que el agua?
- ¿Qué es el fenómeno del rehíelo?
- ¿Cómo se fabrica el hielo artificial?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Lecturas y relaciones sobre los países septentrionales. La nieve en Siberia, los trineos, etc. Chozas de nieve de los esquimales. La nieve impide que el suelo se enfrie. Teoría del vestido. Conservación del hielo en una manta de lana. Frío producido por la evaporación; teoría de las alcarrazas. Lecturas y relaciones sobre los bancos de hielo que se forman en algunos ríos.

Experiencia de las mezclas frigoríficas y de la evaporación del éter.

CAPÍTULO IV.

FENÓMENOS ELÉCTRICOS Y LUMINOSOS.

I.

La electricidad atmosférica.

Siempre existe electricidad en la atmósfera; Franklin fué el primero en demostrar que el rayo se debe á descargas semejantes á las de las máquinas eléctricas.

En Francia, el físico Dalibard trató de poner en evidencia, por los años de 1752, la electricidad de las nubes; para ello estableció en un jardín de Marly una larga barra de hierro, fija sobre un pedestal de vidrio; la varilla media 40 piés de alto y acababa en punta. Acercando un hilo de cobre á la parte inferior de su aparato, Dalibard sacaba del mismo gruesas chispas, cuando pasaban por encima nubes tempestuosas.

En la misma época, Franklin lanzaba una cometa en la llanura de Filadelfia para demostrar la existencia de la electricidad en las nubes. El año siguiente, de Romas, magistrado de la pequeña población de Nerac, empleó también una cometa, pero tuvo cuidado de añadir un alambre de cobre á la cuerda de cáñamo en toda su longitud; la extremidad inferior de ese hilo iba á parar á un cilindro metálico sostenido por cordones de seda. Al acercarse alguna nube tempestuosa, se presentaba delante de ese cilindro otro

metálico, que se mantenía por medio de un largo tubo de vidrio y que se hallaba en comunicación con el suelo. Entonces se produjeron chispas entre los dos cilindros, chispas que, en lo más recio de la tormenta, tomaron la forma de láminas de fuego, de diez pies de largo, causando un ruido perceptible á distancias considerables. Algunos pedacillos de paja dispersos por el suelo, se lanzaban hacia la cuerda con un chisporroteo continuo. Ese experimento terminó por un trueno formidable: el rayo había caído á pocos pasos de allí. Se comprende cuán peligrosas eran esas experiencias. El 6 de Agosto de 1753, Richmann, miembro de la Academia de San Petersburgo, queriendo repetir ensayos del mismo género, se acercó inadvertidamente al conductor electrizado; entonces recibió la descarga en la frente y su muerte fué instantánea (1).

Relámpago y trueno. — Hay dos especies de electricidad, una que se llama positiva y que se indica por el signo $+$; otra negativa que se indica por el signo $-$.

Para obtener la electricidad positiva basta frotar una barra de vidrio con un pedazo de paño. Para obtener la electricidad negativa se efectúa la misma operación reemplazando la barra de vidrio por una de resina.

Entonces se ve que los cuerpos están electrizados, pues atraen pequeños trozos de papel.

Con el vidrio y la resina es fácil cargar de electricidad pequeñas bolas de médula de saúco. Se suspende una de ellas A (fig. 133) de un montante de vidrio C, por medio de un hilo de seda E, y se acerca la barra de resina D: inmediatamente el saúco es atraído, toca la resina y le sustrae parte de su electricidad negativa.

(1) Fernet, *Traité de physique élémentaire*, G. Masson, editor.

Si en vez de emplear la resina, se usa un vástago de vidrio, se carga igualmente el mencionado aparatito, pero de electricidad positiva.

Los físicos demuestran por medio de experiencias muy sencillas que *las electricidades de igual nombre se repelen*, y que *las electricidades de nombre contrario se atraen*; ó, en otros términos, que dos cuerpos cargados de electricidad negativa tienden á alejarse uno de otro, mientras que dos cuerpos cargados, uno de electricidad positiva y otro de electricidad negativa, tienden á acercarse.

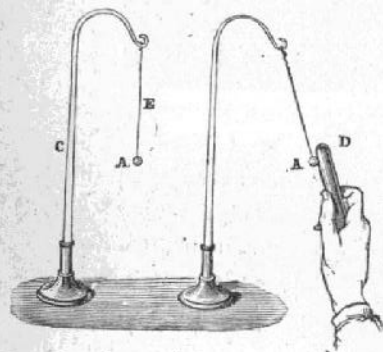


Fig. 135. — Electrización de una bola de médula de saúco.

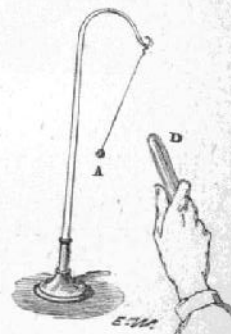


Fig. 136. — Bola de saúco rechazada.

Supongamos que la bola de médula de saúco A (fig. 136) esté cargada de electricidad negativa y acerquemos á ella la barra de resina D después de haberla frotado con lana; los cuerpos A y D en presencia, están cargados de electricidad del mismo nombre, por lo cual se repelen, y se ve que la pequeña bola huye al acercarse la resina; si, por el contrario, presentamos al saúco negativo una varilla de vidrio electrizada positivamente, el saúco se precipita sobre ella.

Quando los cuerpos están fuertemente cargados de elec-

trichidades contrarias, éstas se combinan bruscamente al acercarse aquéllos uno á otro; esta combinación se efectúa con luz y ruido, produciendo una *chispa* más ó menos fuerte (fig. 137).

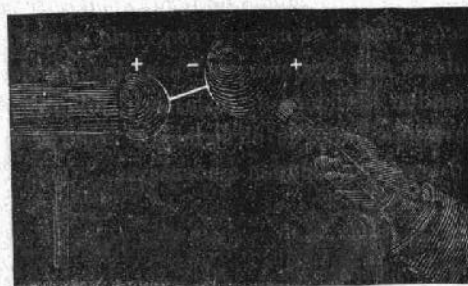


Fig. 137. — Chispa eléctrica.

En la atmósfera se verifican fenómenos análogos durante las tormentas; dos nubes suficientemente cercanas y cargadas de electricidades contrarias combinan bruscamente sus fluidos; la gran chispa que de eso resulta es el *relámpago* y el ruido causado por las vibraciones del aire es el *trueno*.

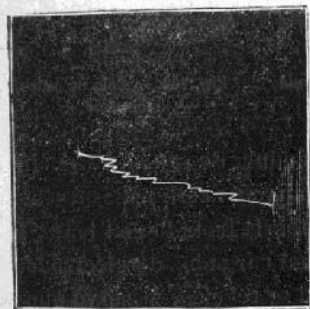


Fig. 138. — Chispa en zigzag.

La mayor parte de las veces, el *rayo* estalla entre dos nubes, pero, en ciertas ocasiones, la descarga se produce entre la nube y la Tierra; casas, árboles, animales y hombres pueden entonces ser alcanzados por la enorme chispa eléctrica. No insisto sobre los siniestros causados por el rayo, pues ciertamente

habéis oído hablar de este punto en mil distintas ocasiones.

El resplandor de los relámpagos es instantáneo y el surco luminoso trazado por la chispa de las máquinas eléctricas ó por el rayo no es rectilíneo, casi siempre se presenta en zigzag (fig. 138) y es, ya simple (fig. 139), ya ramificado (fig. 140).

Se da el nombre de *relámpagos de calor* á unos resplandores difusos que provienen de descargas eléctricas entre nubes lejanas. A menudo esos resplandores se producen también por la reverberación de relámpagos ocultos detrás de las nubes ó debajo del horizonte.

Por último se llama *rayo globular* un fenómeno que hasta ahora no se ha explicado de una manera completa. Algunos

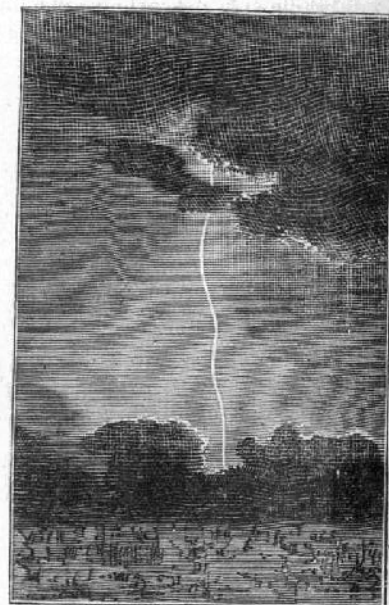


Fig. 139. — Relámpago simple.

observadores han visto durante las tempestades unos globos luminosos que rodaban lentamente sobre el suelo, que atravesaban cuartos habitados, y que unas veces estallaban y otras se extinguían sin ruido. Muchos físicos piensan que el rayo globular no es más que una ilusión de óptica.

El ruido del trueno no nos llega nunca al mismo tiempo que la luz del relámpago, lo cual depende de que el sonido

no se propaga con la misma rapidez que la luz. El sonido recorre 333 metros por segundo, mientras que la luz anda más de 75.000 leguas en el mismo tiempo. Es fácil comprender que si el rayo estalla cerca de nosotros, el relámpago y el trueno se producirán casi en el mismo instante, mientras que si la descarga se efectúa á 1 kilómetro, habrá un intervalo de tres segundos entre la luz y el ruido.

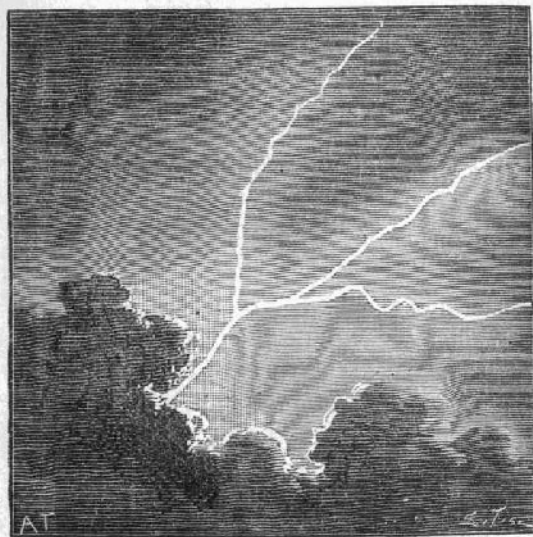


Fig. 140. — Relámpago ramificado.

Cuando deseéis saber á qué distancia se ha producido el rayo, no tendréis más que contar los segundos entre el relámpago y el trueno, recordando que tres segundos representan un kilómetro : al mismo tiempo sabréis el camino que sigue la tormenta, y podréis decir si se acerca ó si se aleja.

El rodar del trueno es causado por la sucesión de los

ruidos que provienen de una misma descarga eléctrica. Los relámpagos pueden alcanzar hasta 12 y 15 kilómetros de longitud, y á menudo atraviesan varias nubes colocadas unas á continuación de otras. Durante el relámpago instantáneo hay una serie de detonaciones que se producen en puntos desigualmente alejados del observador. Cada ruido llega sucesivamente á su oído; de ahí el fenómeno del rodar ó retumbar. El rodar del trueno es además aumentado por los ecos entre nubes y en la superficie de la Tierra.

CUESTIONARIO.

¿Cómo se ha demostrado la existencia de la electricidad atmosférica?

Describe V. las experiencias de Franklin, de Dalibard y de Romas. Diga V. lo que sepa sobre las dos especies de electricidad.

Hable V. de los fenómenos de atracción y de repulsión causados por las electricidades positiva y negativa.

¿Qué es la chispa eléctrica?

¿Qué es el relámpago? ¿Qué es el trueno?

¿Qué se entiende por relámpagos de calor?

¿Por qué se oye el trueno después de ver el relámpago?

Explique V. el retumbar del trueno.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

El profesor hará algunas experiencias de física con aparatos muy sencillos. Barras de vidrio y de resina, péndulo de médula de saúco, electróforo, etc. Chispas eléctricas en la oscuridad. Insistir especialmente sobre los fenómenos de atracción y de repulsión. — Cuerpos conductores y aisladores. — Lecturas y relaciones sobre las grandes tempestades, los efectos del rayo. — Preocupaciones populares originadas por las tempestades.

II.

El pararrayo.

La electricidad se escapa por las puntas. — No todos los cuerpos electrizados conservan igualmente bien la electricidad de que están cargados; los físicos han observado que los cuerpos puntiagudos la abandonaban muy fácilmente. Si se adapta una punta á la extremidad del conductor de una máquina eléctrica, ésta deja escapar su fluido positivo, y como el aire que se halla cerca de ella se encuentra cargado de la misma electricidad que la punta, retrocede con bastante fuerza para torcer la llama de una bujía (fig. 141).

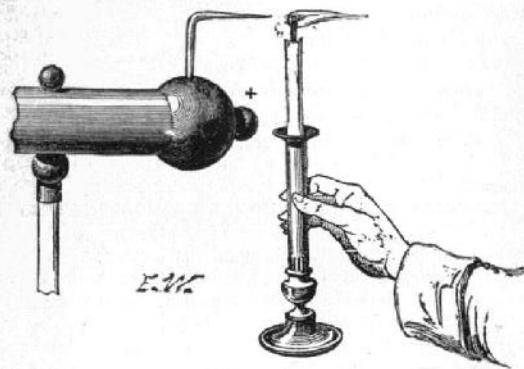


Fig. 141. — La electricidad se escapa por las puntas.

Otra experiencia puede servir para demostrar que la electricidad se escapa por las puntas, á saber, la del torniquete eléctrico. El aparato (fig. 142) se compone de un pequeño torniquete de varillas puntiagudas y encorvadas

que comunica con el conductor de una máquina eléctrica por medio de la cadena CA. Ese torniquete, móvil sobre el eje C, toma un movimiento de rotación en el sentido indicado por las flechas en seguida que se le carga de electricidad; dicho aparato anda hacia atrás porque las puntas son empujadas, como el aire en el experimento precedente.

Podemos decir de una manera general que *las puntas son una especie de llaves abiertas por las cuales se escapa la electricidad* de que los objetos están cargados.

Con una punta se puede evitar la chispa de una máquina eléctrica (fig. 143). Supongamos que el conductor colocado á la izquierda de la figura 143 esté cargado de electricidad positiva y acerquemos á él una punta; dos fenómenos van á producirse: 1°. la punta se cargará de electricidad negativa, es decir, de electricidad de nombre contrario á la del



Fig. 142. — El torniquete eléctrico.

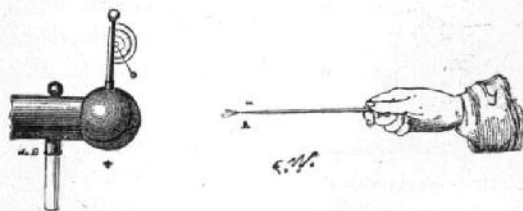


Fig. 143. — Poder de las puntas.

conductor; 2°. esta electricidad negativa se escapará lentamente por la punta é irá á neutralizar la de la máquina;

por tanto, no habrá descarga viva y, en consecuencia, tampoco habrá chispa. Este experimento, fácil de practicar en los laboratorios de física, prueba bien el poder de las puntas.

Gracias á él, vais á comprender inmediatamente las funciones de un pararrayo durante las tempestades.

Teoría del pararrayo. — A Franklin se debe la invención del pararrayo. Este aparato sirve para preservar del rayo los edificios : consiste en una barra de hierro terminada por su parte superior en una punta aguda de cobre dorado. La varilla, más ó menos elevada, se encorva para seguir la pendiente del techo, y luego baja á lo largo de las paredes

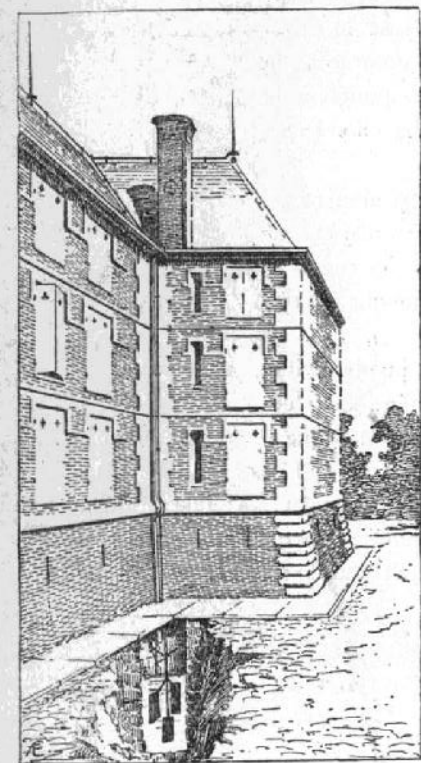


Fig. 144. — Casa provista de un pararrayo.

y acaba por hundirse en el suelo (fig. 144). Esa barra debe penetrar hasta una capa de agua subterránea y comunicar con todas las piezas metálicas importantes del edificio. Desde hace algunos años se pone también al pararrayo en

comunicación con las cañerías de desagüe, que constituyen durante las tempestades muy buenos conductores con la tierra.

La figura 145 da el detalle de la parte superior de un pararrayo : *d* es la varilla de cobre, *P* su extremidad puntiaguda ; *T* es un vástago de hierro ; *g* representa la raíz del pararrayo, que penetra en la mampostería del techo ; por fin, *b* y *C* forman el principio del conductor que debe bajar á lo largo del edificio. La placa *aa* presta al instrumento una base más estable, y le permite resistir á la acción del viento.

Cuando pasa por encima del edificio una nube tempestuosa, se producen dos fenómenos, los mismos de que hablábamos hace un instante : 1°. todos los objetos de la superficie del suelo se electrizan y se cargan de una electricidad contraria á la de la nube ; las partes elevadas del edificio acumulan mayor cantidad de fluido que todas las restantes ; 2°. la punta del pararrayo actuando como una llave abierta, deja escapar esta electricidad y la dirige hacia la nube ; entonces , según ocurría en la experiencia precedente, hay neutralización lenta de los dos fluidos, y la chispa no salta, es decir, que el rayo no cae sobre el edificio.

Para que un pararrayo obre en buenas condiciones, es preciso que comunique con la tierra cuanto sea posible, porque de esa manera, puede reunir mayor cantidad de electricidad de nombre contrario á la de la nube, y neutralizarla mejor.

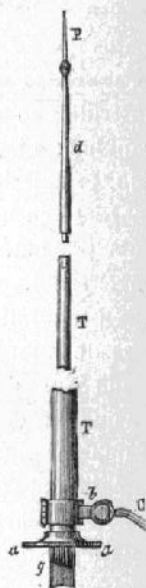


Fig. 145. — Punta de un pararrayo.

La experiencia parece demostrar que un pararrayo preserva todos los objetos comprendidos en un círculo cuyo diámetro tenga cuatro veces la altura de su varilla.

Durante las tormentas no conviene refugiarse debajo de los árboles, porque éstos pueden provocar la caída del rayo, á causa de hallarse más cargados de electricidad que los objetos que se encuentran á nivel del suelo.

Pararrayo de Melsens. — M. Melsens, de Bruselas, ha construido un sistema de pararrayos muy diferente del de Franklin : « Ese sistema de pararrayos se funda en el principio, establecido por Faraday, de que si un cuerpo cualquiera se encuentra colocado en una especie de jaula, formada por una red de alambres metálicos que comuniquen con el suelo, ese cuerpo no puede experimentar ninguna acción de influencia por parte de los cuerpos colocados fuera de la jaula. Se puede, por ejemplo, colocar un pájaro en una jaula ordinaria, de alambre de hierro fino, y observar que las descargas de una máquina eléctrica, y aun las de una batería, al producirse contra la jaula, no causan al animalito ninguna conmoción. M. Melsens instala sobre los techos y sobre todo el contorno del edificio conductores metálicos cuya sección puede ser mucho menor que la de los conductores de pararrayos ordinarios, pero que deben ser mucho más numerosos y estar unidos entre sí de modo que envuelvan al edificio en una red, sin alterar, se entiende, el efecto arquitectural. Estos conductores se ponen en comunicación con el suelo, en gran número de puntos, por medio de pozos. En los principales sitios de intersección de los conductores, y particularmente sobre la cresta de la casa, se disponen unos manojos metálicos formados por pequeñas varillas de cobre, acabadas en puntas, á través de los cuales se produce la salida de la electricidad. En el

ayuntamiento de Bruselas se ha establecido un sistema de ese género y otro en uno de los cuarteles de la ciudad : el precio ha resultado ser una mitad más barato de lo que hubiera sido para pararrayos ordinarios, dada igualdad de superficie (1). »

CUESTIONARIO.

¿ Todos los cuerpos electrizados conservan igualmente bien su electricidad?

¿ Cuáles son las experiencias que demuestran que la electricidad se escapa por las puntas?

Hable V. de la experiencia de la bujía y de la del torniquete eléctrico.

¿ Cuáles son los fenómenos que se producen cuando un observador se coloca, con una punta en la mano, á cierta distancia del conductor de una máquina eléctrica?

¿ A quién se debe la invención del pararrayo?

Describe V. el pararrayo y explique V. su teoría.

¿ Por qué es necesario que un pararrayo tenga gran comunicación con la tierra?

Describe V. y explique el pararrayo de Melsens.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

El profesor hará, si es posible, las experiencias indicadas en esta lección, dará una idea de lo que se entiende por *electrización por influencia* é insistirá sobre los efectos de las nubes tempestuosas que electrizan los objetos en la superficie del suelo. — Choque de retroceso. — Acciones del rayo : volatilización de los metales, vitrificación de las arenas, etc.

(1) Ch. Drion y Fernet, *Traité de physique élémentaire*, Masson, édit.

III.

Las auroras boreales.

En la región polar ártica se produce muy á menudo un fenómeno luminoso extremadamente notable : es la *aurora boreal*. Parece probable que el mismo fenómeno no sea menos frecuente en la región antártica, pero faltan datos respecto del particular.

Las auroras boreales pueden ser visibles á grandes distancias del polo, habiéndoselas observado en París, en Cádiz, Roma, Moscow, Varsovia, etc. Tienen origen eléctrico.

Ciertos físicos meteorólogos piensan que las auroras boreales se deben á la enorme cantidad de fluido eléctrico vertida diariamente en la atmósfera por efecto de la evaporación muy rápida que se efectúa en la superficie del suelo en las regiones ecuatoriales ; dichos físicos suponen que esa electricidad es transportada por los vientos alisios superiores hacia las regiones polares, donde vuelve al suelo (Becquerel). Otros sabios atribuyen la causa de las auroras boreales á la electricidad solar : M. Brown, por ejemplo, ha notado que esos metéoros luminosos tienen en sus diversas fases una periodicidad de 26 días, es decir que parecen regularse siguiendo el movimiento de rotación del Sol alrededor de su eje ; cabe, por tanto suponer que las produce el astro del día. Lo que está completamente fuera de duda es que las auroras boreales hacen experimentar violentas perturbaciones á la aguja imantada todo el tiempo que duran y que trastornan las brújulas. Es posible, en consecuencia, considerarlas como manifestaciones eléctricas.

Las auroras no afectan la misma forma en todos los puntos de observación ; el célebre viajero Nordenskiöld, durante la expedición de la *Wega*, no ha visto en el estrecho de Behring más que auroras en forma de arcos luminosos ; esas auroras no abandonaban, por decirlo así, el horizonte y se producían todas las noches (fig. 146).

MM. Becquerel dan la descripción siguiente de las auroras boreales observadas en Bossekop, punto de la Laponia noruega, á 70° de latitud, en el invierno de 1838 á 1839.

Por la tarde, entre las cuatro y las ocho, la bruma que reina habitualmente al norte de Bossekop se colora en su parte

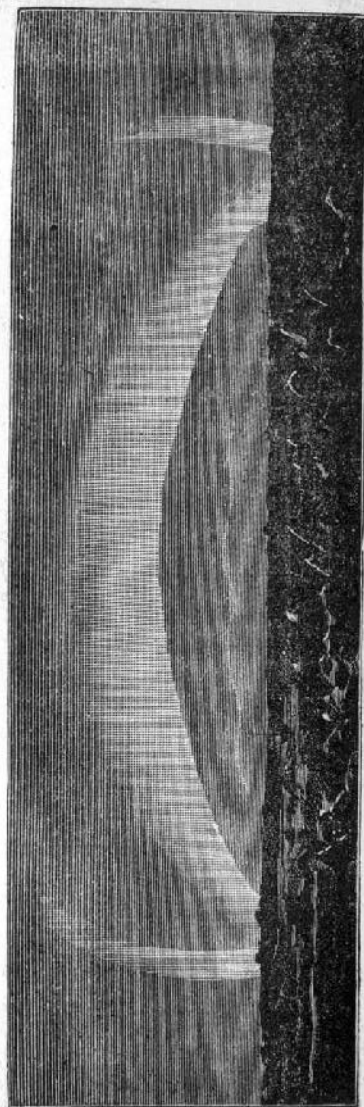


Fig. 146. — Aurora boreal observada en 1870, durante la expedición de la *Wega*.

superior. Ese resplandor se regulariza poco á poco y forma un arco vago de color amarillo pálido que vuelve su cavidad hacia el suelo. Pronto unas estrias negruzcas separan regularmente las partes luminosas del arco. Fórmanse rayos que se alargan y se acortan lenta ó instantáneamente y cuyo brillo aumenta y disminuye de una manera súbita.

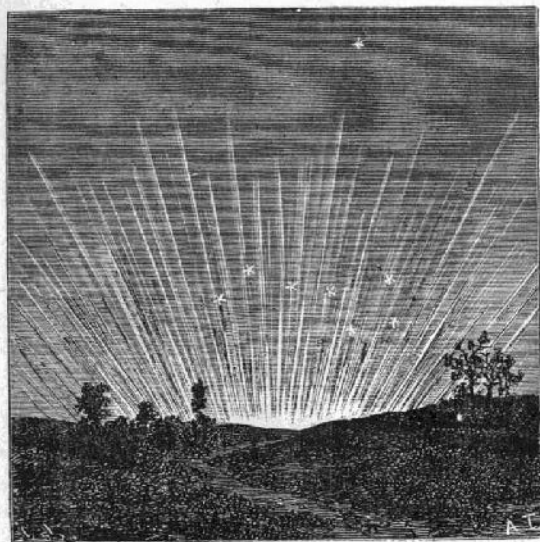


Fig. 147. — Aurora boreal observada en Francia.

Los pies de esos rayos presentan siempre la luz más viva y forman un arco más ó menos regular; su longitud varía mucho; á veces se prolongan hasta su punto de concurso y representan así una inmensa repisa luminosa. El arco continúa ascendiendo hacia el zenit, presentando en su resplandor un movimiento ondulatorio. A veces uno de sus pies, y aun ambos, abandonan el horizonte; el arco no

forma ya más que una larga banda de rayos que se contornea y se separa en distintas partes, formando curvas graciosas cuyo conjunto constituye la *corona boreal*. El brillo de los rayos, variando súbitamente de intensidad, iguala al de las estrellas de primera magnitud; esos rayos centellean rápidamente, las curvas se forman y se desarrollan como

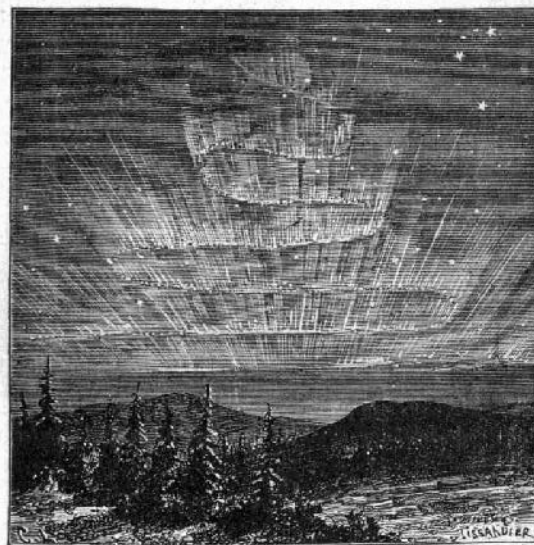


Fig. 148. — Aurora boreal observada en Alaska (América del Norte) en 1865.

los anillos de una serpiente; luego los pliegues se coloran, su base es encarnada, su centro verde y su borde superior conserva el color amarillo pálido. Por fin, el resplandor disminuye, los colores se apagan, y todo se debilita poco á poco ó desaparece súbitamente. La figura 147 representa una de las formas más comunes de aurora boreal, y la figura 148 una forma magnífica más rara; la serpiente luminosa que

ese grabado pinta, traza en el cielo un cuadro admirable.

En las regiones heladas cercanas al polo, durante los oscuros meses de invierno, las auroras boreales se producen á menudo, habiéndose contado 150 de ellas en 200 días; esos fenómenos iluminan las noches con sus luces y consuelan á los viajeros de la falta de Sol. En Europa, las auroras boreales dieron origen en otra época á preocupaciones ridículas y temores absurdos, pero actualmente sólo excitan el interés y despiertan la admiración. Desgraciadamente, los sabios no han podido dar aún una explicación completa de esos metéoros luminosos.

No hay manera de confundir una aurora boreal con una salida ó una puesta de Sol ó de Luna, porque el fenómeno de que hablamos no se produce más que en el *norte*, en dirección del polo.

GUESTIONARIO.

¿De dónde viene el nombre de aurora boreal?

¿A qué se atribuye ese fenómeno luminoso?

¿Qué observación hace suponer que las auroras boreales tienen origen eléctrico?

Describe V. una aurora boreal.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Lecturas y relaciones sobre las auroras boreales, observadas en las regiones polares y en nuestros climas. — Hipótesis que se han hecho para explicar esos fenómenos. Definir y comentar las palabras *ártico*, *zenit*, etc. Climas y estaciones en las cercanías de los polos, noche del invierno. Véase la primera parte del curso.

IV.

Estrellas errantes.

Cuando en una noche hermosa se mira el cielo, fijándose en un horizonte despejado y vasto, no es raro ver brillar súbitamente uno ó más puntos luminosos que surcan con rapidez el espacio, desapareciendo sin dejar señales de su paso. A esos meteoros fugitivos se les ha dado el nombre de *estrellas errantes*, porque los antiguos creían que los astros podían desprenderse de la bóveda celeste y caer en el vacío para apagarse en él.

La opinión más general actualmente consiste en considerar á las estrellas errantes como astros minúsculos, invisibles por causa de sus pequeñas dimensiones; es probable que provengan de antiguos planetas que se han enfriado y desagregado; supóneseles circulando alrededor del Sol como los asteroides colocados entre Marte y Júpiter. Al penetrar en nuestra atmósfera es cuando esos cuerpos diminutos se calientan por efecto del rozamiento y se hacen visibles. En ciertas épocas del año las estrellas errantes son tan numerosas que hacen pensar en una lluvia de fuego. Las noches del 12 al 13 de Noviembre y del 10 de Agosto son particularmente notables en lo que toca á ese particular. La tierra parece atravesar entonces una región del espacio más provista que las otras de esos restos errantes. Entre otras muchas, se han hecho dos observaciones célebres de ese fenómeno, ambas en la noche del 12 al 13 de Noviembre, con 32 años de intervalo. La primera la efectuó de Humboldt en Cumaná (América del Sur) en 1799, y la segunda varios astrónomos franceses en 1832; en esas dos fechas las estre-

llas errantes caían como nieve brillante sobre el fondo negro del cielo.

Esta periodicidad en la aparición de las estrellas errantes ha hecho suponer que provienen, sea de otra Luna que haya tenido la Tierra al principio de su existencia y más tarde deshecha, sea de Cometas cuyas órbitas cortamos.

Valgan lo que valieren tales hipótesis, lo cierto es que las estrellas errantes no sólo atraviesan nuestra atmósfera, sino que también llegan á la Tierra, bombardeándola sin cesar. Sus fragmentos son los *aerólitos* ó *piedras caídas del cielo*.

Las piedras que caen del cielo. — A pesar de los testimonios numerosos de los historiadores y cronistas, á pesar de la opinión del vulgo, los sabios han permanecido mucho tiempo sin creer en las caídas de piedras.

El gran Lavoisier, hablando de una piedra caída del cielo en 1766 en Lucé (Maine), declaró que era un trozo de roca procedente de un barreno, y que aquellos sencillos habitantes habían sido juguete de una ilusión al figurarse que presenciaron su caída.

El Instituto de Francia no aceptó el hecho hasta 1803, convencido por la evidencia. El 26 de Abril de ese año cayó una lluvia de piedras en pleno día cerca de Laigle (Orne), y el sabio Biot fué enviado por la Academia de ciencias de París para dar cuenta del fenómeno; el célebre físico vió que en un terreno de dos leguas de largo por una de ancho habían caído más de dos mil piedras, la mayor de las cuales pesaba 17 libras. No era posible seguir dudando. (La figura 149 representa una de esas piedras conservada en el Museo de historia natural).

A partir de esa época se admitió generalmente que en la superficie de la tierra pueden caer piedras y masas de hierro extrañas á nuestro planeta. A esos cuerpos se les

llamó *aerólitos* ó *meteorolitos*. M. Stanislas Meunier ha recogido varias observaciones de caídas de piedras que creo útil daros á conocer.

Las circunstancias que acompañan la caída de las piedras son, dice ese profesor, uniformes en grado notable. Siempre aparece un globo de fuego que atraviesa rápidamente la atmósfera, estalla con gran ruido, y deja caer sobre el suelo un número más ó menos considerable de fragmentos sólidos.

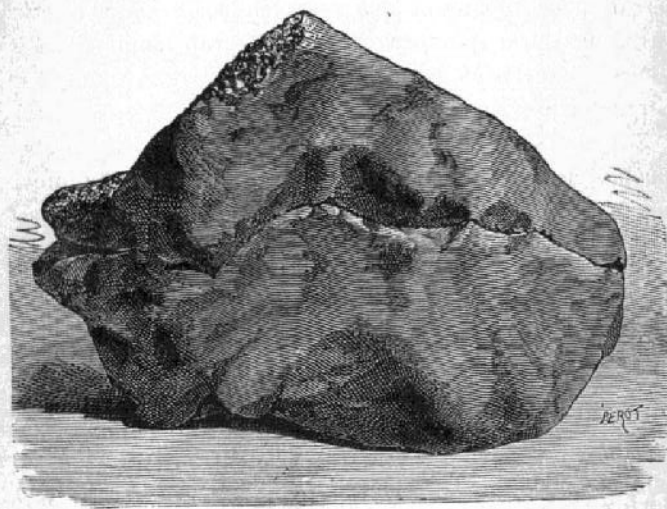


Fig. 149. — Piedra caída en Laigle (Francia). Tamaño natural.

El globo de fuego cuya aparición constituye la primera fase del fenómeno, se llama *bólido*.

En ciertos casos ese meteoro no se ve, pero debemos suponer que algo nos ha ocultado su presencia, sea una capa de nubes, sea el brillo deslumbrador del Sol. En condiciones favorables, es decir, en las noches despejadas, el brillo de

los globos de fuego es á menudo notable, y llegan á oscurecer la luz de la Luna llena. El color de los bólidos varía mucho, siendo ya blanco, ya de tintes diversos. Su tamaño aparente, muy desigual para cada bólido, es á veces superior al de la Luna, y su elevación, en ocasiones medida, es comparable á la que se atribuye á la capa atmosférica.

Los bólidos siguen una trayectoria muy inclinada y á menudo sensiblemente horizontal, con una velocidad imposible de relacionar con las que observamos sobre la tierra. Los 30 á 60 kilómetros que recorren por segundo bastan para demostrar que pertenecen á la gran familia de los cuerpos planetarios. Se sabe que Marte recorre 24 kilómetros por segundo y Mercurio 48.

En su rápida marcha, los bólidos, como lo hacen las locomotoras, dejan detrás de sí una estela vaporosa que á menudo persiste en la atmósfera durante un tiempo considerable. El grabado n.º 150 representa, según un dibujo ejecutado con suma atención, el aspecto presentado por el bólido que precedió la caída de meteoritos en Quennougouk (Indias), el 27 de diciembre de 1857, y permite apreciar, comparándolo con el pueblo de Bassein pintado debajo, el volumen del meteoro. El dibujo en cuestión fué ejecutado por el teniente Aylesbury, testigo presencial del fenómeno, y reproducido por el ilustre de Haidinger en su estudio sobre la caída de Quennougouk.

Después de haber recorrido una trayectoria más ó menos extensa, el globo estalla, viéndosele de repente dividirse en mil pedazos que se precipitan en diversas direcciones. A menudo transcurren, por causa de la altura del bólido, varios minutos antes de que el ruido llegue hasta los espectadores; entonces se le oye, formidable, en una gran extensión del territorio.

La caída de Laigle, citada anteriormente, fué precedida

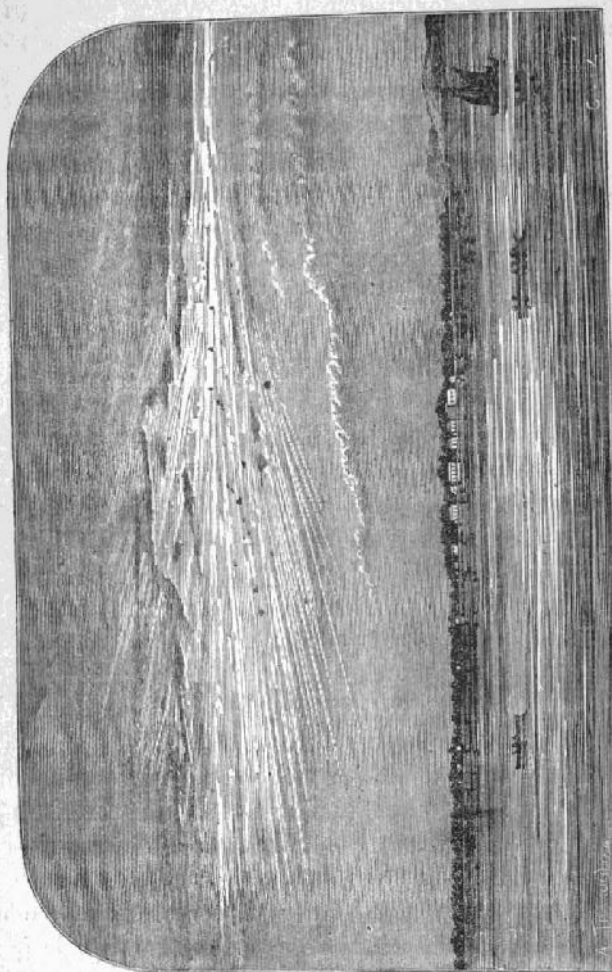


Fig. 150. — Caída de un bólido en Quennougouk (Indias).

de explosiones que se oyeron en un radio de 120 kiló-

metros, y la de Orgueil, en el departamento francés de Tarn-et-Garonne (14 de Mayo de 1864), alcanzó á más de 360 kilómetros. Por lo demás, la explosión casi nunca es simple; á menudo se oyen dos ó tres, que los ecos prolongan con mayor ó menor fuerza durante un tiempo variable.

Después de todo ese aparato de fenómenos luminosos y sonoros es cuando unos silbidos particulares anuncian la caída de los meteoritos. Los chinos, que conocen esos silbidos desde tiempo inmemorial, los comparan á los zumbidos de las alas de los patos salvajes, y también á los de un trozo de tela que se desgarrar; el ruido de un obús que atraviesa el aire es también muy análogo, cuando se le oye desde lejos.

En el momento, de su caída los meteoritos están muy calientes por la parte exterior pero, por el contrario, el centro de la piedra se halla frío en extremo. El número de aerólitos que caen de una sola vez va desde una sola piedra á muchos millares de esos objetos. Se calcula que el 30 de Enero de 1868 cayeron en Pulstuck (Polonia) más de cien mil piedras.

Cada meteorito se encuentra envuelto en una especie de cáscara lisa que oculta la piedra rugosa. Esa corteza se pulimenta por el roce con el aire, á la manera que lo efectúan las rocas por el roce de las aguas (Stanislas Meunier). Así es fácil saber si un aerolito está entero ó si sólo constituye un pedazo de otra piedra mayor; en esta última hipótesis la fractura del meteorito no aparece gastada ni pulimentada; por el contrario, en la primera, el objeto presenta una superficie lustrosa característica.

La descripción de la caída de meteoritos no sería completa si no dijésemos algunas palabras acerca de la impresión profunda que deja en el espíritu de los espectadores. Los animales aparecen visiblemente afectados, aun antes

de que se oiga la explosión. Los perros se ponen á temblar y revelan gran inquietud; las aves de corral huyen como si algún enemigo las persiguiera; en cuanto al hombre, experimenta una impresión brusca, acompañada de escalofríos persistentes y de ruidos en los órganos de la audición, según se observó en el empleado de caminos de hierro Carré, cuando cayó el bólido de 30 de Mayo de 1866 en Saint-Mesmin (Francia).

Hay que reconocer que los temores producidos por ese fenómeno grandioso están justificados, pues las piedras caídas del cielo han ocasionado graves accidentes.

El año 616 de nuestra era, un aerolito rompió en China un carro y mató diez hombres; una piedra de 8 libras dió muerte á dos hombres al caer sobre un navío á fines del siglo xvii, y en la misma época otra muy pequeña puso fin á la vida de un fraile franciscano de Milán.

En América han perecido ganados enteros, aplastados por lluvias de piedras (1837, Macao, Brasil); sería fácil multiplicar estos ejemplos (1).

CUESTIONARIO.

- ¿Qué se entiende por estrellas errantes?
- ¿Cuáles son las opiniones emitidas sobre las estrellas errantes?
- ¿En qué épocas del año son más numerosas las estrellas errantes?
- ¿Qué es un bólido?
- ¿Qué se entiende por aerolitos y meteoritos?
- Describe V. la caída de un bólido.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Los cuerpos se calientan por el rozamiento; experiencias para demostrarlo. — Lecturas y relaciones sobre las caídas de piedras. — Naturaleza de los meteoritos; existencia constante del hierro en las piedras caídas del cielo. — Trabajos de MM. Daubrée y Stanislas Meunier sobre los meteoritos. — Presentar, si es posible, un ejemplar de esas piedras (en todos los museos de historia natural hay algunas).

(1) *La Nature*, 1873, G. Masson, editor.

Arco iris y halos.

Descomposición de la luz solar. — La luz blanca del Sol no es simple, sino que se compone de rayos coloreados que es fácil separar unos de otros por medio de un *prisma* de vidrio (fig. 151).

Para descomponer la luz solar, los físicos empiezan por dejar un cuarto completamente á oscuras, y luego hacen penetrar por un agujero de una ventana un rayo de sol, que pasa á través de un prisma. Al efectuarlo así, el rayo luminoso se ancha, se desagrega, y cubre una superficie mayor; entonces se le recibe sobre una hoja de papel blanco donde presenta la imagen de una cinta de diversos colores que se llama *espectro solar*.

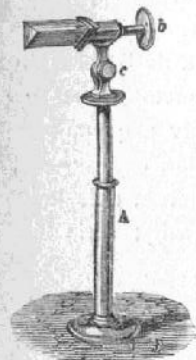


Fig. 151. — El prisma.

Los colores de esa cinta son:

Violado, indigo, azul, verde, amarillo, anaranjado y rojo.

Con muchas frecuencia habéis debido ver esos colores teniendo las borlas de vidrio y las filas de cuentas de cristal de las lámparas, en los escaparates de los comerciantes.

El arco iris. — A veces se produce al final de las tormentas, un fenómeno análogo al de que acabamos de hablar. Los rayos del Sol, atravesando las gotas de lluvia, se descomponen en sus colores elementales y se reflejan en

seguida de tal modo que se pinta en el cielo un *vasto* semicírculo llamado *arco iris*.

El arco iris no es visible más que para el observador que, volviendo la espalda al Sol, tiene delante de sí una nube que se resuelve en lluvia. Los colores son los del espectro solar, ocupando el violado el borde interior del arco y el

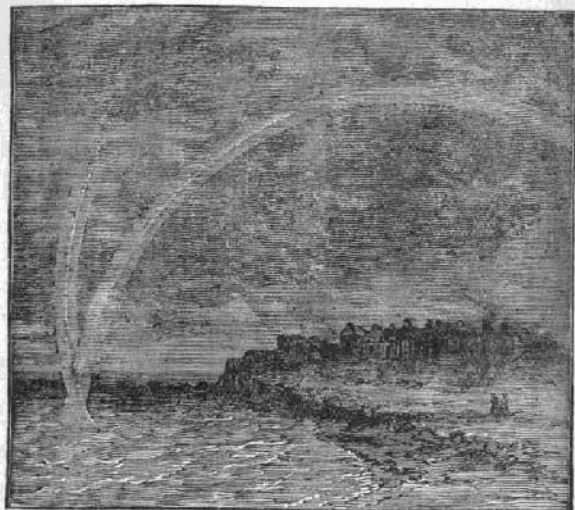


Fig. 152. — Arco iris doble.

encarnado su borde exterior. Por la mañana y por la noche, cuando el Sol no se encuentre muy por encima del horizonte, podréis observar el arco iris colocándoos delante de un salto de agua ó de una cascada, con la espalda vuelta hacia el astro del día.

En general, los arco iris son simples, es decir que no se presentan más que como semicírculos aislados, y aun ocurre que esos semicírculos son á veces muy incompletos:

sin embargo, en ocasiones los arco iris son dobles, según lo indica la figura 152, que representa el fenómeno tal como fué observado en 11 de setiembre de 1874, á las 5 h. 40 minutos de la tarde, en el golfo de las Damas (Inglaterra).

Los halos. — Se da el nombre de *halos* á unos círculos de colores que rodean á veces al Sol, y cuyo centro ocupa el astro: se les atribuye á la descomposición de la luz solar á través de los *cirrus*, esto es, á través de las nubes muy altas formadas por agujas de hielo. El halo es casi siempre

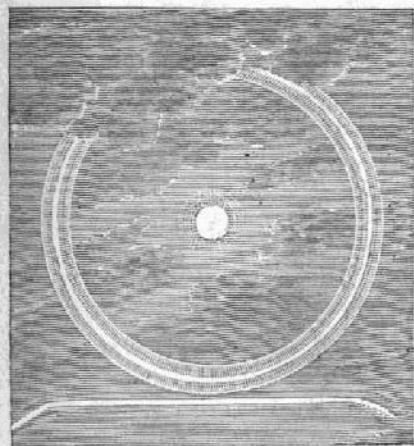


Fig. 153. — Halo solar simple.

único y presenta todos los colores del arco iris, pero hallándose el encarnado en el interior y el violado en la parte exterior del círculo, disposición inversa de la observada en los fenómenos descritos en el párrafo precedente (fig. 153).

Ciertos meteorólogos estudian con la más escrupulosa atención los halos solares, que les permiten apreciar el estado de humedad de las altas regiones atmosféricas.

MM. A. Cheux y Decharme piensan que esas observaciones serán de la mayor utilidad para la previsión del tiempo, pues tales meteoros parecen anunciar con mucha exactitud la nieve ó la lluvia. En algunos casos, los halos son múltiples (fig. 154), y sus círculos contienen imágenes blancas

del astro, dispuestas con arreglo á leyes conocidas (*parhelios y anthelios*). También ocurre en ocasiones que los halos, en vez de rodear al Sol, pasan por el astro como lo indica la figura 155, y se hallan cortados por un arco de círculo muy brillante. En todo caso, parece resultar de las obser-

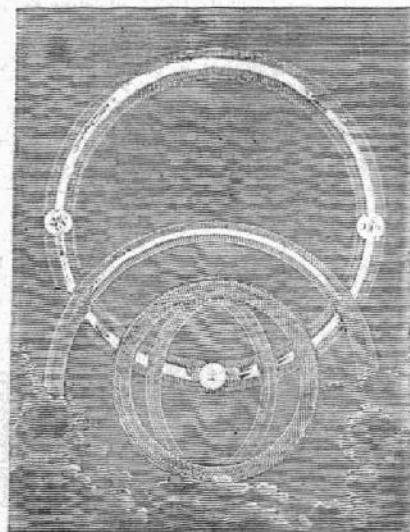


Fig. 154. — Halo múltiple.

vaciones de esos fenómenos que, en general, la lluvia se encuentra tanto más próxima y será tanto más abundante, y el viento tanto más fuerte cuanto más brillo haya presentado el meteoro luminoso.

Los halos han sido observados á menudo alrededor de la Luna, pero entonces presentan colores muy poco marcados. Uno de los más hermosos que se han visto ha sido dibujado del natural por M. Albert Tissandier durante su ascensión á bordo del globo *El Zénith* (24 de marzo de 1875).

Una de las fases del fenómeno se encuentra reproducida en la figura 156.

Las coronas. — Además de esos halos, se ven muy á menudo alrededor del Sol ó de la Luna coronas irisadas,

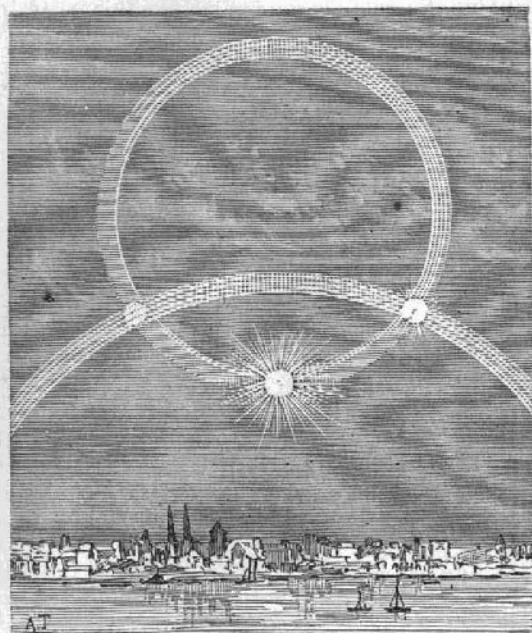


Fig. 155. — Halo solar (Burdeos, 1878).

cuyas tintas se hallan dispuestas en el orden que las del arco iris : esas coronas provienen del paso de los rayos luminosos á través de nubes formadas de gotecillas esféricas, iguales todas en magnitud. Es fácil reproducir el fenómeno mirando una bujía á través de una placa transparente un tanto cubierta con polvo de licopodio.

Es evidente que las coronas indican la presencia de agua

condensada en las altas regiones de la atmósfera y pro-

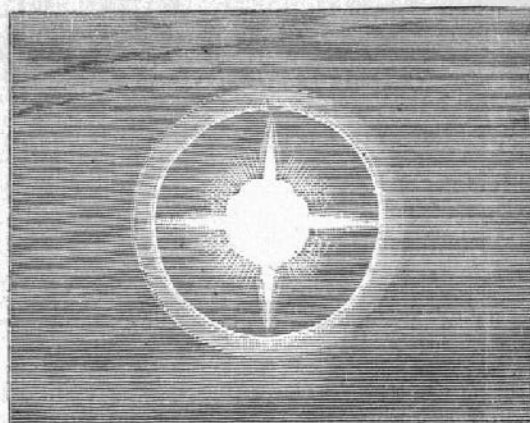


Fig. 156. — Halo lunar visto por M. Tissandier durante la ascensión del Zénith (1875).

nostican un cambio rápido en el estado del tiempo.

CUESTIONARIO.

¿Cómo se demuestra que la luz blanca del Sol no es una luz simple?

¿Cuáles son los colores del espectro solar?

¿Qué es el arco iris?

¿Qué son los halos?

¿Qué son las coronas?

¿A qué se deben esos fenómenos?

Hable V. de la importancia de esos meteoros luminosos desde el punto de vista de la previsión del tiempo.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Descomposición y recomposición de la luz blanca. — Disco de Newton (ver los tratados de física). — Hablar de la refracción y hacer algunas experiencias con lentes y prismas. — Moneda en una palangana, palo sumergido parcialmente en agua, etc. — Algunas palabras acerca del espejismo. — Lecturas y relaciones sobre los arco iris, los halos, las coronas y el espejismo.

CAPÍTULO V.

PREVISIÓN DEL TIEMPO

I.

Las observaciones meteorológicas.

El observatorio meteorológico de París se halla situado en la orilla izquierda del Sena, en un jardín público que se llama el parque de Montsouris; ha sido fundado por el eminente Ch. Sainte-Claire Deville, que fué su primer director (1869).

Este observatorio es muy completo; sus trabajos se dividen en tres secciones principales:

1°. La *meteorología propiamente dicha*, extendiéndose al magnetismo y la electricidad, que comprende: la observación directa de los instrumentos y la discusión de los resultados obtenidos, sea desde el punto de vista de la meteorología, sea desde el de sus aplicaciones á la agricultura y la higiene.

2°. El *estudio químico del aire y de las aguas meteóricas* recogidas en el observatorio.

3°. El *estudio microscópico de los polvos orgánicos* que existen en suspensión en el aire y en las aguas meteóricas.

Además del observatorio de Montsouris y de las estaciones meteorológicas de las grandes ciudades, existen en Francia

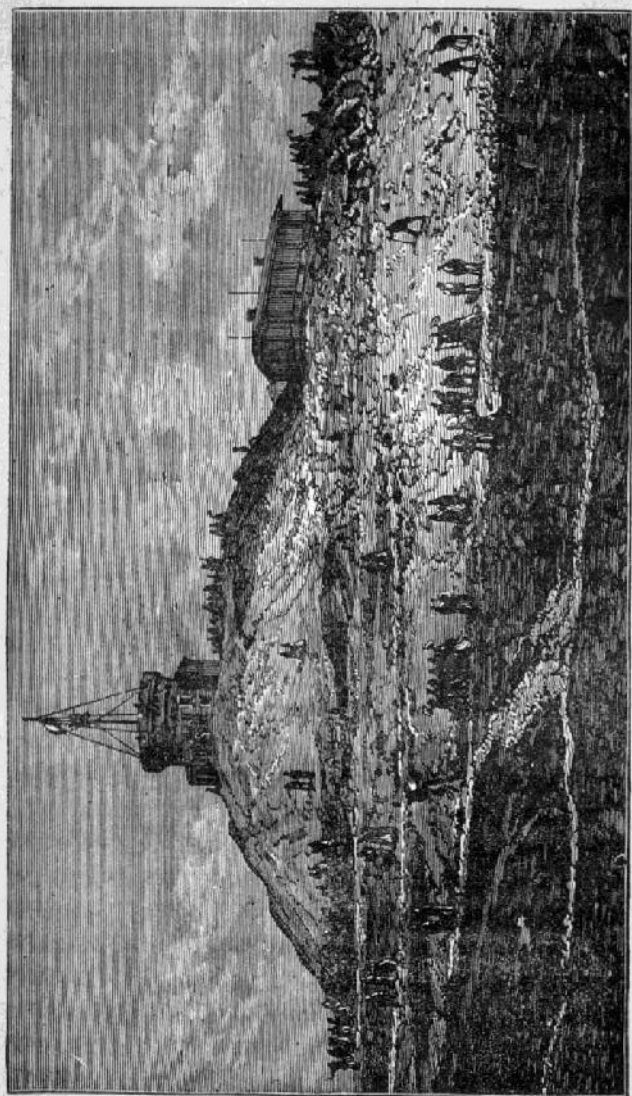


Fig. 157. — Observatorio del puy de Dôme (Auvernia) el día de su inauguración.

dos observatorios meteorológicos muy importantes; uno en Auvernia sobre el puy de Dôme (fig. 157), y el otro en los Pirineos, sobre el pico del Mediodía (fig. 158).

El observatorio del puy de Dôme se encuentra á 1.465 metros sobre el nivel del mar; lo estableció hace una decena de años M. Alluard. El observatorio del pico del Mediodía, más reciente aún, ha sido fundado por el general de Nansouty, y se halla á cerca de 3.000 metros, rodeado casi siempre de nieve.

Estas dos estaciones elevadas hacen observaciones simultáneas con sus dependencias de la llanura. El puy de Dôme comunica con Rabanesse (Clermont-Ferrand), y el pico del Mediodía con Bagnères-de-Bigorre.

Los principales instrumentos observados en las estaciones meteorológicas son:

1°. Los *termómetros á la sombra* bajo el abrigo de un techo; hay cuatro: el *termómetro simple*, el *húmedo*, el de *máxima* y el de *mínima*.

2°. Los *termómetros al Sol*, parecidos á los precedentes, pero colocados de modo que reciban directamente los rayos del astro del día.

3°. El *termómetrografo*, que inscribe automáticamente las temperaturas.

4°. El *anemómetro registrador*, que indica é inscribe las diferentes velocidades del viento.

5°. La *veleta* (dirección del viento).

6°. Los *higrómetros* (humedad del aire).

7°. Los *evaporómetros*, que miden la rapidez de evaporación del agua.

8°. El *atmógrafo*, que indica la pérdida de peso experimentada por el suelo al evaporar en el aire su humedad.

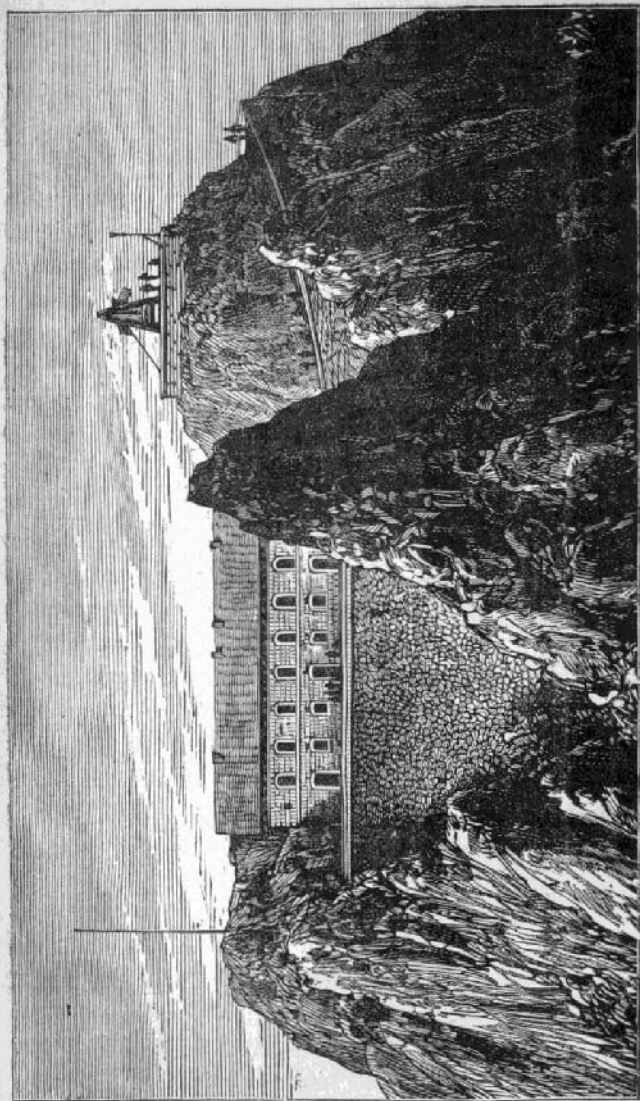


Fig. 158. — Observatorio del pico del Mediodía (Pirineos), á cerca de 3000 metros de altura.

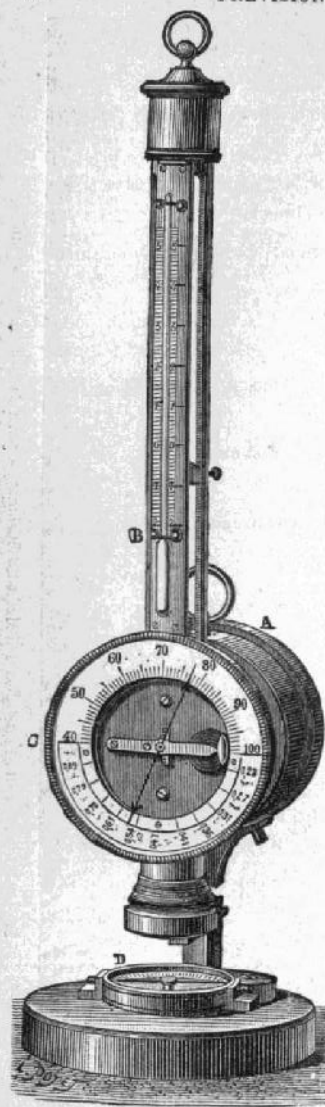


Fig. 159. — Estación portátil de M. G. Sire.

9º. El *pluvimetro registrador*.

10. El *barómetro simple* y el *barómetro registrador*.

Podemos citar también: los *actinómetros*, especies de termómetros que miden la energía de las radiaciones solares; los instrumentos muy delicados que ponen de manifiesto las oscilaciones de la aguja de las brújulas, y los que indican la cantidad de electricidad contenida en el aire.

Muchos físicos poseen los instrumentos más necesarios para las observaciones meteorológicas y forman boletines locales muy interesantes. Entre ellos debemos citar á M. Hervé-Mangon, que ha construido un excelente observatorio meteorológico en Sainte-Marie du Mont (Francia). Este observatorio (fig. 160) puede ser considerado como una de las más hermosas y más completas instalaciones debidas á la iniciativa privada. Otros sabios practican ascensiones

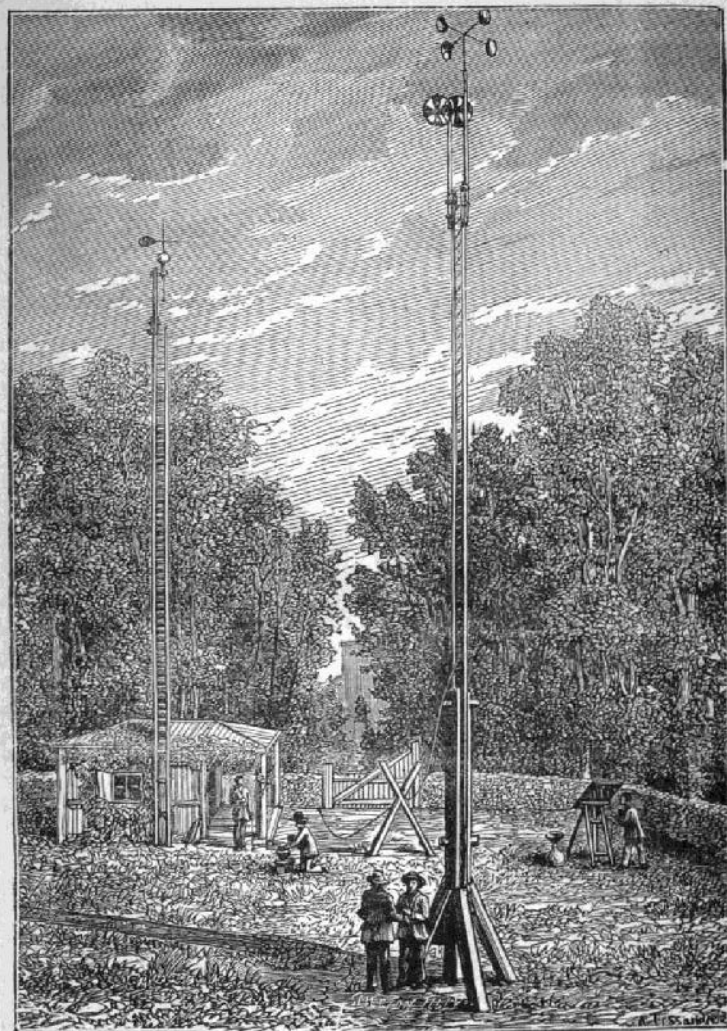


Fig. 160. — Observatorio de M. Hervé-Mangon en Sainte-Marie du Mont (Francia).

aerostáticas con un fin científico; tales son los infatigables hermanos Tissandier, que vulgarizan también la ciencia meteorológica en publicaciones muy estimadas.

M. Georges Sire ha imaginado una *estación meteorológica portátil* destinada á facilitar las observaciones en las correrías y subidas á la cima de las montañas. A la falta de un instrumento simple es á lo que se debe atribuir, en efecto, la laguna que se nota en la reseña de la mayor parte de las excursiones alpestres y otras, respecto de los fenómenos meteorológicos observados.

El instrumento propuesto por M. G. Sire está dispuesto de tal modo que es posible determinar exactamente, en todos los lugares, de una manera cómoda y pronta, los tres datos meteorológicos más importantes del aire, á saber: su *presión*, su *temperatura* y su grado de *humedad*. Consiste en la reunión de un barómetro A, de un termómetro B, de un higrómetro C y de una brújula D (fig. 159). La brújula puede suministrar una indicación muy aproximada de la dirección del viento, si se ata una cinta ligera al anillo que termina el aparato por su parte superior.

CUESTIONARIO.

- ¿Cuáles son los principales observatorios meteorológicos de Francia?
- ¿Qué observaciones se practican en esos establecimientos?
- ¿Cuáles son los principales instrumentos de que se sirven los meteorólogos?
- Describe V. una estación meteorológica portátil.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Observatorios del puy de Dôme y del pico del Mediodía en Francia (ver *La Nature*, G. Masson, editor, París). — Observatorios del país del discípulo. — Descripción de los instrumentos citados en esta lección. — Visita á una estación meteorológica para hacer ver á los alumnos los principales instrumentos de observación directa y de inscripción automática (aparatos registradores).

II.

La oficina central meteorológica de Francia (1).

Un decreto del 14 de mayo 1878 ha creado en Francia una *Oficina central meteorológica*. Ese servicio comprende « el estudio de los movimientos de la atmósfera, los avisos meteorológicos á los puertos y la agricultura, la organización de observatorios de la especialidad y de las comisiones regionales ó departamentales, la publicación de sus trabajos y el conjunto de las investigaciones de meteorología ó de climatología. » En esa oficina es donde se reúnen todos los documentos meteorológicos dirigidos al ministerio de instrucción pública. En los Estados unidos existe una administración semejante con el nombre de *Signal Service*.

Las observaciones ó estaciones meteorológicas que recogen los documentos son de cuatro tipos diferentes:

1º. Los *observatorios regionales*, provistos de meteorólogos directores que centralizan las observaciones hechas en la región; esos observatorios, colocados en los grandes centros científicos, tienen una instalación muy completa, poseen aparatos registradores, y efectúan trabajos de observación prolongados, como lo verifica el de París.

2º. Las estaciones de *primera y segunda* clase hacen observaciones cotidianas y difieren por el número y perfección de sus instrumentos.

En las primeras, las observaciones se practican cada tres horas, anotando lo que indican los instrumentos á las 6 y las 9 de la mañana, á las 12 del día, á las 3 y 6 de la tarde

(1) *Instructions météorologiques du ministère de l'instruction publique* (de Francia), Gauthier-Villars, edit.

y á las 9 y 12 de la noche. En las segundas, á las 6 de la mañana, 1 de la tarde y 9 de la noche.

3°. Las estaciones de *tercera clase* poseen por lo menos termómetros de máxima y mínima y un pluviometro, estando encargadas, como las precedentes, de tomar nota de la dirección y la fuerza del viento, el estado del cielo, las tempestades y todos los fenómenos accidentales cuya observación no exige ningún instrumento especial. En ellas se examinan los instrumentos á las 8 de la mañana y 8 de la noche.

4°. Las estaciones de *cuarta clase* están especialmente encargadas de estudiar las lluvias y las tormentas, ó de estas últimas tan sólo, cuando no poseen pluviómetros. Debe haber tantas como se pueda, pues el valor de los datos que esos puestos suministran depende sobre todo de su número.

Servicio de los avisos meteorológicos.

— Las observaciones recibidas por la oficina central permiten establecer la situa-

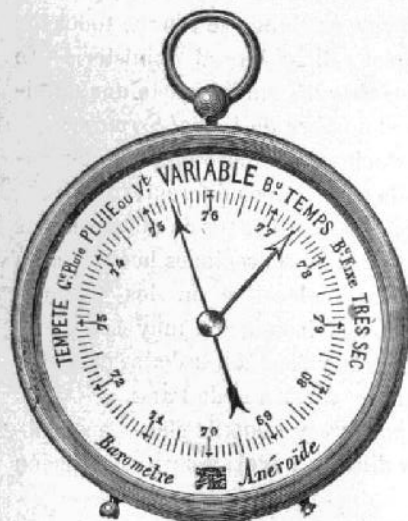


Fig. 161. — Barómetro de las estaciones rurales suscritas á los despachos de la Oficina central meteorológica.

ción meteorológica de Europa, y deducir de ella probabilidades sobre el tiempo que debe seguir. Cada día se

expiden á los puertos dos despachos, á las 12 de la mañana y 5 de la tarde, para darles á conocer la dirección del viento, el estado del mar sobre las costas, y advertirlas de los malos tiempos que puedan amenazarlas.

Al mediodía se manda otro despacho á gran número de pueblos. Este despacho da los informes que interesan particularmente á los agricultores, es decir, el estado del cielo y la lluvia.

Los pueblos que quieran recibir los despachos que anuncian el tiempo probable deben suscribirse al telégrafo (40 francos al año) y adquirir un barómetro (fig. 161) que se coloca á vista del público, á fin de que sus indicaciones puedan ayudar á la interpretación de los despachos enviados por la oficina central.

La figura 162 representa la taquilla donde se ponen al público los avisos meteorológicos del departamento de la Vienne (Francia). (La lectura del despacho que en la misma se ve — en francés — indicará al lector cuán importante es la observación del barómetro).

Escalas y notación de los despachos meteorológicos. — Hemos dicho que las estaciones meteorológicas estaban en comunicación telegráfica con la oficina central, á la cual



Fig. 162. — Taquilla donde se ponen los avisos meteorológicos del departamento de la Vienne (Francia).

envían una ó más hojas de observaciones por día; creo que será útil daros á conocer las escalas y notaciones adoptadas para la transmisión de las mismas. Todas se efectúan en cifras, para economizar gastos.

Hé aquí primeramente un cuadro que permite indicar por medio de dos números la dirección del viento.

Dirección del viento (A).			
02 =	N-N-E.	18 =	S-S-O.
04 =	N-E.	20 =	S-O.
06 =	E-N-E.	22 =	O-S-O.
08 =	E.	24 =	O.
10 =	E-S-E.	26 =	O-N-O.
12 =	S-E.	28 =	N-O.
14 =	S-S-E.	30 =	N-N-O.
16 =	S.	32 =	N.

Los cuadros siguientes indican, por medio de un solo número, la fuerza del viento (B), el estado del cielo (C), y el estado del mar (D).

Fuerza del viento (B).	Estado del cielo (C).	Estado del mar (D).
0. Calma.	0. Hermoso, sereno.	0. Calma.
1. Casi en calma.	1. 1/4 cubierto.	1. Muy bella.
2. Muy débil, brisa ligera.	2. 1/2 cubierto.	2. Bella.
3. Débil, brisa poco fuerte.	3. 3/4 cubierto.	3. Algo agitada.
4. Moderado, bastante brisa.	4. Cubierto.	4. Agitada.
5. Bastante fuerte, brisa viva.	5. Lluvia.	5. Picada.
6. Fuerte, buen fresco.	6. Nieve.	6. Muy picada.
7. Muy fuerte, grand fresco.	7. Brumoso.	7. Marejada.
8. Violento, golpe de viento.	8. Niebla.	8. Fuerte marejada.
9. Tempestad.	9. Tormenta.	9. Furiosa.

Las indicaciones barométricas y termométricas son, según se sabe, cifras, y éstas dan lugar igualmente á distintas abreviaturas.

Hé aquí un ejemplo de telegrama enviado por una estación marítima á la oficina central meteorológica de París :

(1)
65412

(2)
64102

(3)
09695

Tenemos que leer tres grupos de cinco cifras.

Primer grupo : 65412.

Barómetro al nivel del mar..... 654 = 765^{mm},4 (1).
Dirección del viento..... 12 = S-E

Segundo grupo : 64102.

Fuerza del viento 6 = Fuerte.
Estado del cielo..... 4 = Cubierto.
Temperatura..... 102 = 10°,2

Tercer grupo : 09695.

Termómetro húmedo..... 096 = 9°,6
Fenómeno observado (si há lugar)... 9 = Tormenta.
Estado del mar..... 5 = Marejada.

Para las estaciones del interior, es decir, para las que no se encuentran á orillas del mar, el quinto número del tercer grupo (estado del mar) es siempre un 0; el cuarto número de ese grupo es también un 0 cuando en la localidad no se ha producido ninguno de los fenómenos marcados de 5 á 9 en el cuadro C (lluvia, nieve, bruma, niebla, tormenta).

CUESTIONARIO.

¿Qué es una Oficina central meteorológica?

¿Cómo se dividen las estaciones meteorológicas?

Hable V. del servicio de los avisos meteorológicos marítimos y agrícolas.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Manera de funcionar de la Oficina central meteorológica de Francia. Importancia del telégrafo en meteorología. Construcción de las cartas meteorológicas diarias. Enseñar á los alumnos una de ellas (en el *Times* de Londres, el *New-York Herald* ó el *Temps* de París se las puede ver), leyendo el texto que la acompaña.

(1) El número 7 ha sido suprimido como inútil, porque se encuentra en todas las observaciones al nivel del mar.

Borrascas y depresiones.

La aplicación racional de la meteorología á la previsión del tiempo es de fecha reciente; por lo demás era imposible que se hiciera realmente práctica antes de la invención del telégrafo eléctrico y del establecimiento de una red telegráfica internacional. Después de la violenta tempestad de 14 de noviembre de 1854 que produjo en las aguas del mar Negro la pérdida del buque francés *Henri IV*, Le Verrier abrió entre varios astrónomos y meteorólogos una información, de la cual resultó que la tormenta había atravesado la Europa del N. O. al S. E., y que si en esa época hubiese existido entre Viena y la península de Crimea un telégrafo eléctrico, las tropas y las escuadras francesas, advertidas á tiempo de la llegada del huracán, hubieran podido tomar medidas para evitar sus estragos (1).

Lastempestades son siempre producidas por *torbellinos* de aire ó *ciclones*, que parten de un punto del Atlántico entre el ecuador y los trópicos, y se dirigen tan pronto hacia nuestro hemisferio tan pronto hacia el hemisferio sur.

Se han comparado esos torbellinos á peonzas que giran sobre sí mismas (rotación), y que marchan al mismo tiempo en una dirección cualquiera (traslación).

El movimiento de *rotación* del torbellino de aire se efectúa en sentido inverso del movimiento de las agujas de un reloj en nuestro hemisferio, y en el sentido de las agujas de un reloj en el hemisferio sur (fig. 163); su movimiento de

(1) *La Nature*, G. Masson, editor.

traslación se dirige de oeste á este con una velocidad media de 15 á 20 kilómetros por hora.

El centro del torbellino está caracterizado por un descenso del barómetro á veces muy considerable; la posición del centro de depresión es, por tanto, muy fácil de determinar, pues en ese punto presenta un *mínimum* la presión atmosférica. El viento se precipita hacia el centro con más ó menos violencia en el sentido indicado por las pequeñas flechas de la figura 164, es decir, en *espiral*.

En el mar, los navios maniobran para evitar los ciclones, cuya presencia descubren por el examen del barómetro y la dirección del viento.

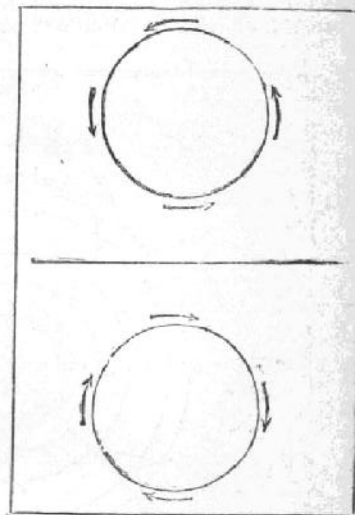


Fig. 163. — Sentido de rotación de los ciclones al norte y al sur del ecuador.

Para determinar la existencia y la marcha de un torbellino sobre el continente, basta con centralizar por medio del telégrafo las observaciones meteorológicas hechas en diversos países, aplicarlas sobre el mapa de Europa, reuniendo luego por medio de líneas curvas todos los puntos en que la presión barométrica es la misma; esta primera operación permite descubrir fácilmente el centro de las bajas presiones. Como ese centro cambia de lugar de un día á otro, se puede deducir con gran probabilidad el camino que va á seguir, considerando el que ha seguido antes, y

prever así con bastante certeza la marcha del fenómeno.

La carta del tiempo del 14 de octubre de 1881 por la mañana en Europa (fig. 165) va á ayudarnos á comprender lo que acabo de decir. Ese mapa hace ver un centro de depresión en Escocia, donde el barómetro marca 730^{mm} , mien-

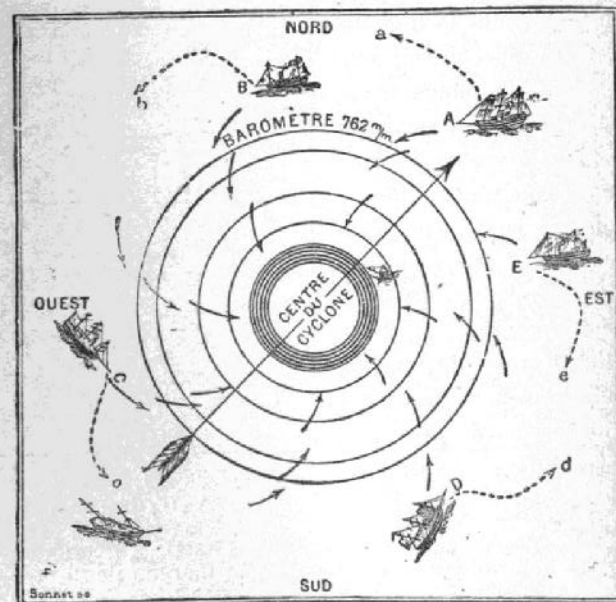


Fig. 164. — Dirección del viento hacia el centro de un ciclón, y maniobras que deben practicar los navíos para evitarlo.

tras que en París señala 755^{mm} , y 763^{mm} en Bayona y Túnez.

En efecto, el 14 de octubre de 1881 se desencadenó sobre Inglaterra una violenta tempestad; desde el 10 de octubre el torbellino se encontraba en el Atlántico, y el 13 al mediodía formaba una importante depresión en el grado 25° al oeste de Greenwich; el 13 por la noche llegaba á Escocia;

el 14 por la mañana su centro estaba en Aberdeen, y el 15 por la noche en Stockholm. El número de árboles arrancados por esa tempestad pasó de 40 mil, y muchos edificios sufrieron bastante, tanto en Inglaterra como en Escocia y los Países-Bajos.

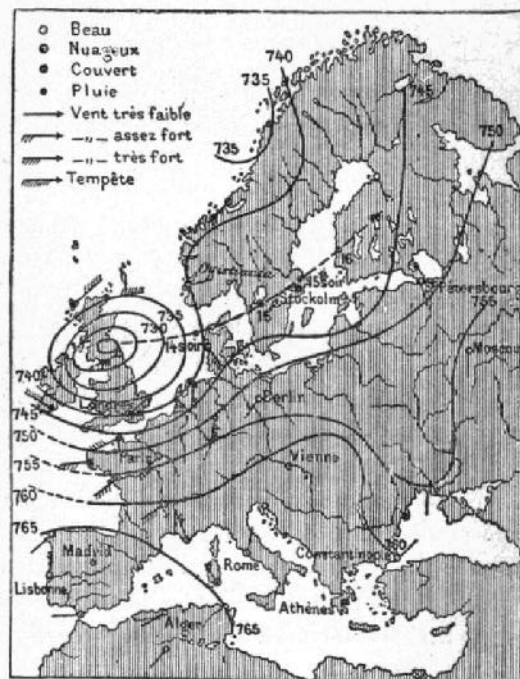


Fig. 165. — Carta del estado del tiempo el 14 de octubre de 1881 por la mañana.

La línea de trazos indica en el mapa el sentido en que se mueve el ciclón, y las flechas más ó menos cubiertas de guías, la dirección y la intensidad del viento.

Las depresiones que vienen del Océano penetran en Eu-

ropa por puntos diferentes, desde las costas de Portugal hasta el norte de Escocia, pero en general por Irlanda.

La marcha de su centro puede variar del N.E. al S.E.: esa marcha se conoce, como lo decíamos hace un instante, por la comparación de los mapas del tiempo de dos días consecutivos. Es posible, en consecuencia, estudiando esas cartas, anunciar *con seguridad* la llegada de una tormenta á tal ó cual puerto de mar.

Desgraciadamente para Francia, el Atlántico está desprovisto de islas, y en este país no se conocen los ciclones más que cuando su acción se ha hecho sentir ya sobre el continente; las regiones centrales de Europa tienen en ese punto mayores ventajas, puesto que utilizan los datos franceses sin poder prestar á la nación de que hablamos un servicio análogo (fig. 166).

Los americanos del norte señalan la salida de los ciclones que se dirigen hacia Europa, pero, tratándose de distancia tan considerable, la dirección exacta del meteoro no puede determinarse más que de una manera aproximada: por eso en Francia la previsión del tiempo apenas llega á 24 horas. Actualmente el puesto más importante de observación para el indicado país es Valentia, en Irlanda; pero dichos pronósticos serán más ciertos y comprenderán un período más largo cuando la Madera, las Azores, las islas Feroe y la Islandia estén enlazadas telegráficamente con París.

Prever con mucha anticipación el sentido del viento para cada localidad, ese es el principal problema que hay que resolver. Ahora bien, sabemos que los vientos se elevan al acercarse las depresiones y que se dirigen hacia sus centros con arreglo á leyes conocidas; por tanto, si nos fuese posible *determinar* cuatro días de antemano la *posición de los centros*, podríamos vaticinar también la dirección de los vientos y el estado de la atmósfera.

Para hacer más evidente esa verdad, tratemos de averiguar cómo podría efectuarse la previsión del tiempo, por ejemplo para París.

Observaciones prolongadas han hecho ver cuál es la influencia de cada dirección del viento sobre el clima de

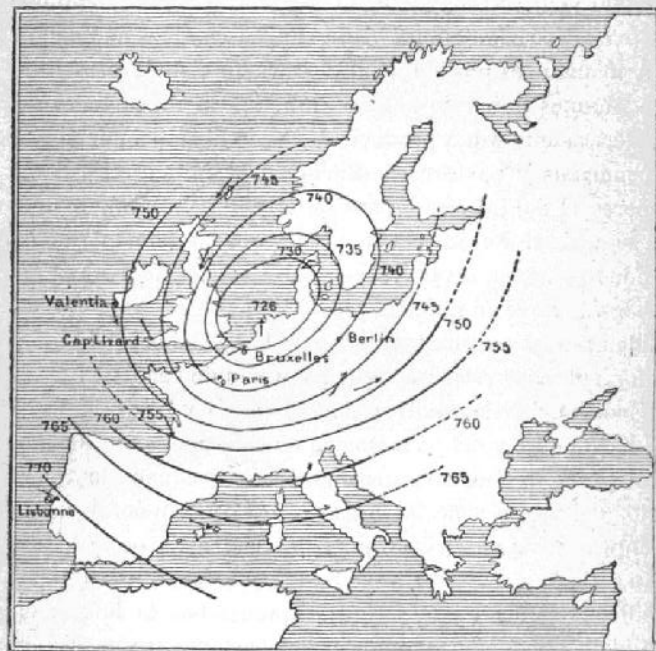


Fig. 166. — Tempestad del 9 de diciembre de 1874.

París. Se sabe, v. gr., que los vientos del sudoeste, del oeste y del noroeste, que llegan del Océano, cubren casi siempre de nubes el cielo de la capital de Francia y producen la lluvia; mientras que los vientos del noreste y del este, que vienen del continente, traen casi siempre con ellos el buen

tiempo; además los primeros producen siempre, por lo menos en el invierno, una elevación notable de temperatura, y los segundos un frío más vivo. Por tanto, si fuese siempre posible conocer de antemano la existencia y la trayectoria de las depresiones ó de las fuertes presiones capaces de hacer cambiar la dirección del viento en París, se estaría, sólo por ese hecho, en condiciones de prever los cambios de tiempo.

A menudo es posible á un observador aislado presentir, con algunas horas de anticipación, las modificaciones atmosféricas que van á producirse. Desde tiempo inmemorial los marinos y pastores de Europa han mirado el cielo al ponerse el Sol (al oeste) para saber el tiempo probable del día siguiente. Razón tenían, puesto que de poniente es de donde nos vienen las borrascas. La previsión individual no puede fundarse en ninguna regla cierta; su grado de probabilidad reposa en gran parte sobre la sagacidad del observador, sobre las relaciones que haya podido encontrar entre el aspecto del cielo, la dirección del viento y las variaciones del barómetro y del termómetro en cada momento del día. Si no posee barómetro ni termómetro, el examen atento del cielo, del viento y de las aguas le bastan. Hipócrates, por ejemplo, había observado que los vientos de oeste enturbian las aguas, mientras los del este las aclaran; ese antiguo médico creía que los ríos turbios anunciaban la lluvia; en realidad, ese fenómeno indica con bastante frecuencia un descenso del barómetro.

En cuanto á esas previsiones lejanas que algunos pretendidos astrólogos creen poder deducir del movimiento de los astros, conviene considerarlas como ridículas y peligrosas quimeras. Lo mismo ocurre con la influencia que demasiadas personas atribuyen á la Luna sobre los cambios de tiempo y el éxito de gran número de operaciones agrícolas: esa in-

fluencia no existe. Ya hemos tenido ocasión de insistir sobre este punto en una de nuestras primeras lecciones (véase pag. 71).

CUESTIONARIO.

¿Qué se entiende por las palabras ciclones, borrascas y depresiones?

Hable V. de los movimientos de rotación y de translación de las borrascas.

¿En qué dirección se dirige el viento hacia el centro de las borrascas?

¿Cómo se construye la carta del estado del tiempo?

Siga V. en la figura 163 la marcha de la tempestad del 14 de octubre de 1881.

¿Por qué es difícil en Francia prever el estado del tiempo con más de 24 horas de anticipación?

Háganos V. ver que el conocimiento de los centros de depresión permite predecir el tiempo probable.

Influencia de los vientos sobre el estado atmosférico de París.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Descripción de las borrascas. Traducciones en el libro de M. Marié-Davy, *Les mouvements de l'atmosphère*. Insistir sobre la previsión del tiempo mediante el examen de los centros de depresión. Lectura de los mapas del estado atmosférico. Destruir las preocupaciones difundidas por los almanaques astrológicos.

Ciclones, huracanes, tempestades.

Las tempestades se deben en Europa, según acabamos de verlo, á la acción de las grandes borrascas que pasan por el norte de ese continente. El viento se precipita hacia el centro de la depresión con velocidades variables, superiores en ocasiones á 100 kilómetros por hora, y describe una verdadera espiral; si esa espiral es ancha, la tempestad se extiende mucho y no hay que temerla; pero si la espiral es estrecha, el movimiento giratorio del viento se hace muy perceptible; entonces la tempestad toma el nombre de *ciclón*, de *tifón*, de *huracán* ó de *tornado*, según los países.

En las regiones ecuatoriales, en las Antillas, la Nueva Caledonia, en el océano Indico, en el mar de China, esos fenómenos alcanzan terrible intensidad.

El capitán de fragata Bridet se hallaba en misión en Mozambique á bordo de la goleta *Eglé*, cuando fué asaltado por un huracán. Hé aquí los terminos en que lo describe :

« El 1º de abril de 1838, por la noche, empezaron á soplar ráfagas del S.-E. al S.S.E., acompañadas de un diluvio de agua. La mar, algo fuerte, era sin embargo detenida por la tierra y no fatigaba demasiado al navío, fondeado con dos anclas. A las 6 de la mañana, el barómetro marcaba 738^{mm}.

» A eso de mediodía, como el barómetro seguía bajando y el viento aumentaba sin cambiar de dirección, comprendimos que íbamos á sufrir un huracán de los trópicos, y tomamos nuestras medidas en consecuencia.

» Echamos otras dos anclas, enlazándolas con las dos

primeras, que se encontraron entonces con cincuenta brazas de cadena y las dos últimas con veinticinco. Una fragata portuguesa que se hallaba á poca distancia de la goleta no nos permitía establecer nuevas amarras, pero como estábamos en cinco brazas de fondo con nuestras cuatro anclas, creíamos poder resistir.

» La arboladura quedó reducida á los dos palos interiores, y á las dos de la tarde sólo nos quedaba que esperar los efectos del viento que soplabá del S.E. con la mayor violencia. El barómetro marcaba 755.

» Durante todo el día el viento fué aumentando y el barómetro descendiendo : á las seis de la tarde se encontraba á 748. La mar se hacía muy gruesa, á pesar del abrigo de la tierra, y la goleta daba tales tumbos que por instantes parecía ir á romper las cadenas. La mayor parte de los barcos árabes, anclados cerca de nosotros, rompían sus débiles amarras y algunos estaban ya en la costa; venía la noche, y el viento soplabá siempre, aumentando por instantes.

» Hacia las nueve de la noche, la lluvia redobló de intensidad y el viento de furor.

» A las once, el barómetro marcaba 742. A las once y cuarenta y cinco, una calma súbita sucedió á las ráfagas, en el momento en que parecían aumentar de violencia. La tempestad se apaciguó de una manera tan brusca, que pasamos sin transición de los más vivos temores á la seguridad más completa. El tiempo se serenó cesando la lluvia.

» A nuestro alrededor flotan los restos de numerosos barcos árabes que habían naufragado. Se oyen gritos y es á los franceses á los que se implora. A alguna distancia vemos una masa negruzca que marcha á sotavento, y el tiempo es bastante claro para permitirnos distinguir algunos marineros agarrados á ese trozo flotante : es una goleta portu-

guesa que se ha vuelto, y sobre cuya quilla se mantienen los hombres con mucho trabajo. Desgraciadamente no podíamos disponer más que de una chalupa muy débil para arrostrar la mar, todavía muy gruesa. Los gritos se alejan, y pronto se pierden en medio del ruido de las olas.

» Mientras que el tiempo parecía mejorar y que la más completa calma permitía mantener sobre el puente una vel encendida, el barómetro se mantenía á 740, indicando el paso del centro del huracán, que, suspendido un momento, iba á comenzar otra vez con furor.

» En efecto, á la una las primeras ráfagas del N.O. caían á bordo como el rayo y hacían dar vueltas á la goleta : íbamos á sufrir un nuevo asalto. Ahora el viento y el mar nos empujan sobre la isla de Mozambique, á escasa distancia de la cual estamos fondeados. Las olas que vienen del fondo de la bahía son tan enormes que á cada instante la *Eglé* desaparece toda entera.

» Pero el peligro más terrible viene de una embarcación árabe que se había detenido á algunas brazas de nosotros : la dirección completamente opuesta del viento, hace que se mantenga derecha á nuestra proa, y no tardamos en ver que no puede resistir á los efectos de la tempestad. Pasa una hora angustiosa ; la lluvia empieza de nuevo con el cambio súbito del viento y la mar se vuelve monstruosa. La embarcación árabe se acerca, y, en una ráfaga terrible, viene á caer de través debajo de nuestro bauprés. La *Eglé*, levantada por las olas, hunde su proa en el costado de aquel barco ; óyense ruidos, los mástiles y las vergas se vienen abajo, y en esta lucha entre dos débiles navíos, es de temer que haya dos víctimas.

» Por fin el barco árabe cede y sus dos pedazos nos abandonan, cargados de infelices marinos que corren á la muerte



Fig. 168. — Trombas formadas en el mar, frente á Tolón, el 23 de febrero de 1881.

sin un gesto, sin un grito, sombríos y resignados, ellos tan decidores de ordinario, al ejecutar la más insignificante maniobra... Habíamos salvado catorce con los cables que les habríamos lanzado; los otros se ahogaban unas cuantas brazas más lejos, sin que nos fuera posible arrañarlos á la muerte. Apenas esos infortunados han desaparecido, cuando pensamos en nosotros. La goleta no hace agua, pero se han roto dos cadenas, las anclas ceden y los golpes de mar nos empujan hacia la costa, cubriéndonos de punta á punta.

» Sin embargo, el barómetro sube de nuevo y nos indica que el huracán, si no ha disminuido de violencia, toca por lo menos á su término; son las tres de la mañana y en algunas horas podemos estar á salvo: esa esperanza se desvanece pronto, un golpe de popa nos indica que hemos llegado á la costa. El timón salta, la rueda vuela hecha pedazos, y en cada golpe de mar sentimos que la cubierta nos falta bajo los pies; los palos vibran como débiles juncos, amenazándonos á cada instante con caer... La proa de la goleta flota todavía, la popa es la única que toca el fondo, El barco podría romperse y más vale encallarlo completamente. Largamos las cadenas por la proa, una vela nos hace virar, el navío sube sobre la playa y se acuesta en un lecho de arena. Estamos salvados.

» El espectáculo que se presenta ante nuestros ojos en las primeras horas del día causa horror. De todos los barcos anclados en la bahía, sólo tres han resistido. Los esquifes árabes han naufragado y sus restos cubren la costa; más de doscientos hombres han perecido.

» El huracán ha sido terrible en tierra: las plantaciones soladas, árboles seculares arrancados, los cocoteros tronchados. Por todas partes la devastación y la ruina. »

Los ciclones del Atlántico del norte no son menos temi-

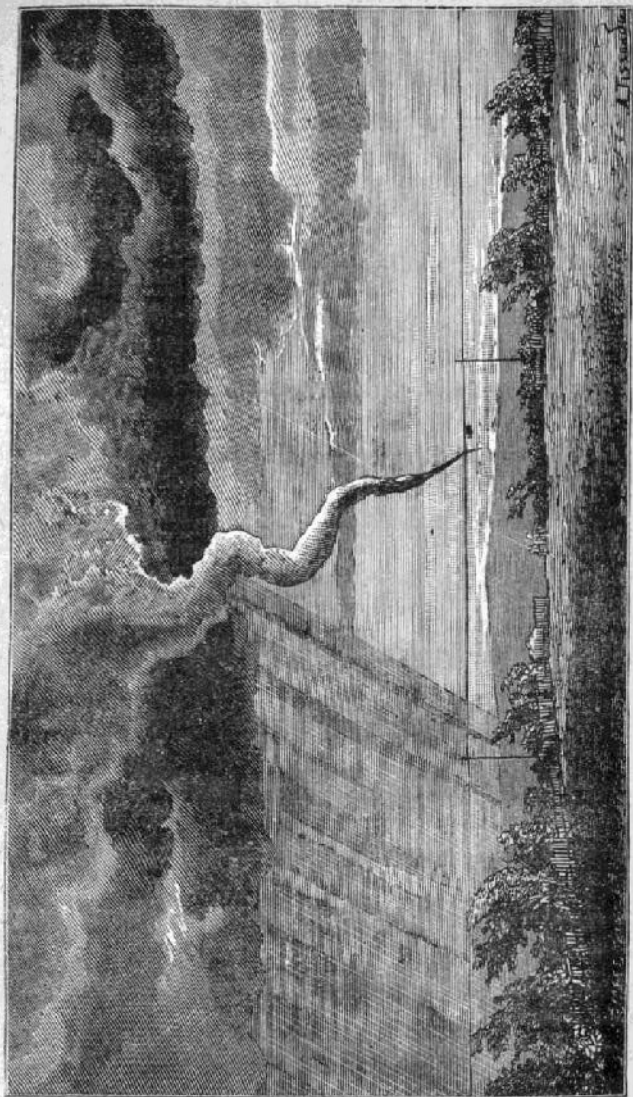


Fig. 167. — Tromba observada en Norwich (Inglaterra).

bles que los del mar de las Indias, y de tiempo en tiempo las Antillas reciben la visita de esos terribles meteoros. El mes de octubre de 1780, ha sido particularmente señalado por dos huracanes desastrosos. El primero destruyó Savanna-la-Mary, sobre la costa oeste de Jamaica. La escuadra del almirante Rodney que estaba fondeada allí perdió cuatro buques, y otros tres sufrieron averías graves. Algunos barcos que escaparon de ese primer desastre se dirigían con trabajo hacia un puerto de refugio, cuando se vieron envueltos por la segunda tempestad y tan maltratados fueron, que uno de ellos se perdió. Esta segunda tempestad extendió sus estragos hasta puntos muy lejanos unos de otros; las Barbadas y las islas Leeward fueron castigadas al mismo tiempo. El huracán sorprendió al sur de la Martinica un convoy de cincuenta buques franceses escoltados por dos fragatas y que llevaban cinco mil hombres de tropas; sólo siete escaparon salvos.

Nueve mil personas perecieron en la Martinica, mil en la sola ciudad de San Pedro, donde ni una casa quedó en pie: habiéndose elevado la mar 25 pies en el momento de pleamar, ciento cincuenta habitaciones fueron tragadas por el abismo casi al mismo tiempo. En San Eustaquio, veinte y siete navíos vinieron á estrellarse contra las rocas. Seis mil personas perecieron en Santa Lucía, cuyos edificios más sólidos fueron destruídos. El nivel del mar subió tanto que demolió el fuerte y lanzó un navío sobre el hospital marítimo, que cedió bajo el peso. « Es imposible describir el espantoso espectáculo que presentan las Barbadas, » escribe G. Rodney en su informe oficial.

Las trombas. — Cuando el aire, animado de un movimiento rápido, se mueve en una dirección dada, rara vez la velocidad es la misma en todos los puntos de la co-

rriente; de ahí resultan, como en los ríos, pequeños torbellinos que giran rápidamente sobre sí mismos y participan al mismo tiempo del movimiento general. Esos torbellinos son las *trombas*. Originanse dichos fenómenos en las altas regiones de la atmósfera (fig. 167 et 168); bajan de las nubes como un embudo y vienen á tocar en la superficie del mar ó del suelo, barriendo todo ante su paso, levantando masas de agua, arrancando los árboles, etc. Las trombas pueden acompañar las tempestades ó producirse solas; los navegantes las conocen bien. Las trombas pueden sumergir barcos de pequeñas dimensiones, pero, en general, la lentitud de translación de esos meteoros permite alejarse de ellos.

« A pesar de la exigüidad de su círculo de acción, comparado con el de los ciclones, las trombas adquieren á menudo una violencia extraordinaria debida á la energía del remolino central producido por las acciones eléctricas. El 18 de junio de 1863, varias localidades del distrito de Loudun (Francia) fueron arrasadas por una tromba. En Ceaux, el campanario se vino abajo, el techo de la iglesia con su armadura fué arrancado, cayendo á tierra de tal manera que las vigas quedaron encima y el techo debajo; entre el río y Ceaux, parte muy montuosa del país, el paso del meteoro fué marcado por un boquete de 4 á 5 kilómetros de longitud y 200 metros de ancho; la tromba arrancó grandes nogales, transportándolos á 100 metros de distancia.

Los efectos son todavía más terribles en los climas cálidos, donde la actividad de los fenómenos eléctricos es mayor que en Europa (Marié-Davy).

CUESTIONARIO.

¿A qué fenómeno meteorológico se deben las tempestades de nuestros países?

¿Qué se entiende por ciclón, tifón, huracán y tornado?

Describe V. un huracán.

¿Qué signos permiten prever la llegada próxima de un huracán?

¿Qué se entiende por la palabra tromba?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Lecturas y relaciones sobre los huracanes, las trombas y los tifones. Resumir las lecciones que se han hecho sobre la previsión del tiempo y sobre la importancia del barómetro como instrumento anunciador.

TERCERA PARTE.

GEOLOGÍA.

CAPÍTULO PRIMERO.

LA CORTEZA TERRESTRE Y SUS MOVIMIENTOS.

I.

Formación de la costra terrestre.

Nociones generales. — La Tierra tiene la forma de una esfera ligeramente aplanada en sus dos polos; todo parece demostrar que nuestro planeta se encontraba, durante los primeros periodos de su existencia, en estado fluido y pastoso, y que la temperatura de los materiales que la componían era muy elevada.

Después de largos siglos la enorme masa de materia fundida, perdiendo cada día por radiación en el espacio cierta cantidad de su calor, acabó por encontrarse bastante fría para producir una delgada película sólida en su superficie.

Sobre esa película empezaron á condensarse las aguas, que entonces se hallaban suspendidas en la atmósfera en

estado de vapor, para formar las primeras lluvias, los primeros ríos y los primeros océanos.

El grueso de la envoltura sólida que constituye la *costra* ó *corteza terrestre*, no llega á la centésima parte del radio

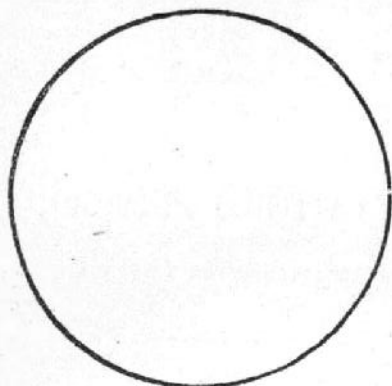


Fig. 169.

de la Tierra; en un globo de un metro de radio la corteza no tendría más que un centímetro de grueso, y en el de la figura 169, que tiene 0^m,025 de radio, la costra estaría representada por la línea que limita el círculo.

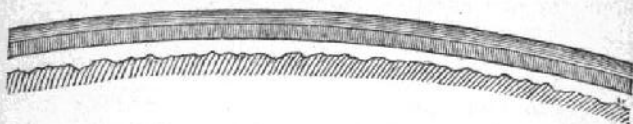


Fig. 170. — La primera corteza terrestre.

Una corteza tan fina ha podido ser elevada en ciertos puntos y deprimida en otros por oscilaciones lentas del fluido interior, ó por contracciones producto de su enfriamiento. Casi horizontal al principio (fig. 170), esa corteza ha experimentado desnivelaciones considerables, rompién-

dose y arrugándose, según lo indica la figura 171, que representa la disposición actual de los terrenos; los movimientos de la corteza terrestre, probablemente más violentos en las primeras edades geológicas, se dejan sentir aún.

La superficie de la Tierra pasa de 50.000 millones de hectáreas, y su volumen llega á 1.082.841 millones de kilómetros cúbicos.

La corteza terrestre soporta los mares y la atmósfera; sus arrugas son las cadenas de montañas. La más alta del globo es el monte Everest ó Gaurisankar, de Asia central (Himalaya), cuya elevación es de 8.840 metros; en

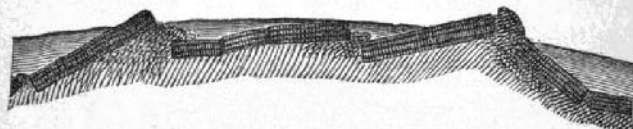


Fig. 171. — La corteza terrestre rota y arrugada.

cuanto á la profundidad de los mares, alcanza y en ocasiones es quizás superior á esa cifra.

A pesar de su altura, el Gaurisankar no estaría representado en una esfera de un metro de radio más que por una eminencia de un milímetro y medio, es decir, por una pequeña protuberancia, completamente despreciable.

Los mares cubren cerca de las tres cuartas partes de la superficie de nuestro planeta; sus aguas se evaporan bajo la influencia de los rayos del Sol, y producen nubes que vuelven á caer en forma de lluvia, alimentando los ríos. La circulación del agua desempeña un gran papel en la formación de los terrenos; ese líquido es el que transporta los materiales de los valles al fondo de los mares, y el que todos los días modifica el contorno de los continentes, de-

moliendo las costas escarpadas y construyendo los deltas.

Las rocas. — Las partes constitutivas de la corteza terrestre han sido denominadas *rocas* por los geólogos. Distingúense dos clases de ellas: las que provienen de la solidificación de las materias fundidas, que se llaman *rocas ígneas* ó *eruptivas*, y las que han sido depositadas por las aguas, que reciben el nombre de *rocas sedimentarias* ó *estratificadas*.

Las rocas sedimentarias han debido depositarse primitivamente en capas horizontales (fig. 172) y cubrirse regu-



Fig. 172. — Sedimentos dispuestos en capas horizontales.

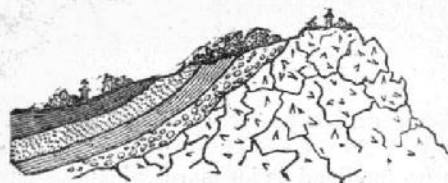


Fig. 173. — Sedimentos levantados por rocas eruptivas.

larmente unas á otras; pero las rocas eruptivas las han levantado (fig. 173) y aun invertido (fig. 174) sobre sí mismas.

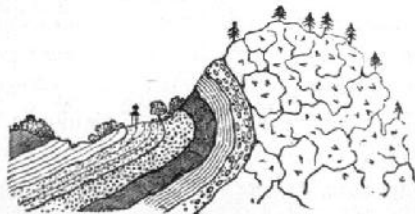


Fig. 174. — Sedimentos invertidos por el levantamiento de rocas eruptivas.

Después de los levantamientos, se han depositado horizon-

talmente nuevas capas ó *estratificaciones*, y el terreno presenta á menudo la disposición de la figura 175.

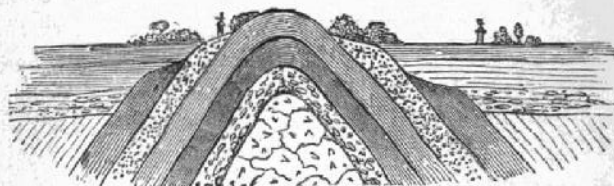


Fig. 175. — Rocas sedimentarias depositadas después de un levantamiento del terreno.

En la cordillera del Jura (fig. 176) las capas del suelo son

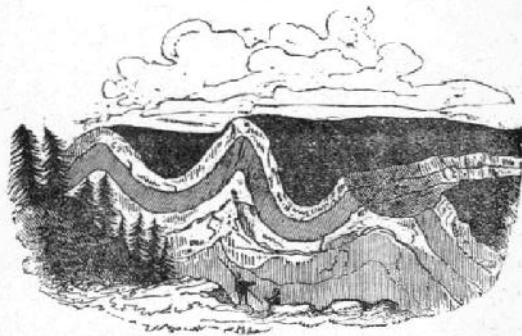


Fig. 176. — Disposición de los terrenos en la cordillera del Jura.

onduladas y forman valles de levantamiento. A menudo los



Fig. 177. — Terrenos estratificados corroidos por las aguas.

depósitos estratificados son corroídos poco á poco por las

aguas y tallados como lo indica la figura 177; entonces se dice que se ha formado un valle de erosión. En otras oca-



Fig. 178. — Roca eruptiva que atraviesa un terreno de sedimento.

siones esos depósitos son atravesados por rocas eruptivas (fig. 178) ó están inyectados por filones metalíferos (fig. 179).

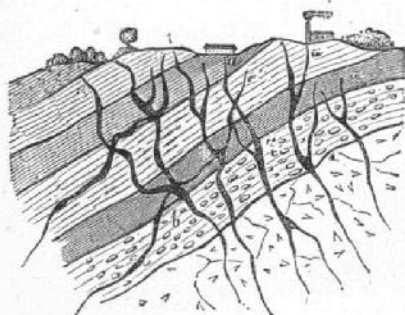


Fig. 179. — Filones metalíferos en terrenos estratificados.

Los fósiles. — Si se escarban con cuidado las rocas ó terrenos de sedimento, se encuentran en ellos restos de animales y de vegetales; esos restos han sido denominados *fósiles* por los geólogos; su estudio presenta grandísimo interés. Los seres cuyos vestigios encontramos de ese modo han desaparecido casi todos de la superficie del globo que en otra época habitaban; sus especies se han extinguido y aniquilado, desapareciendo completamente.

Para explicar la desaparición de las especies animales y vegetales, los geólogos pensaron primeramente que la cor-

teza terrestre había sido trastornada por grandes cataclismos que formaron las montañas, abriendo los valles y cambiando el sitio de los océanos; pero, en nuestros días, se profesan teorías más racionales, creyendo que las causas que han dado origen á la formación de los terrenos existen y funcionan aún. Dichos sabios explican todos los fenómenos geológicos antiguos examinando los actuales. Esos fenómenos son los que vamos á estudiar en las lecciones siguientes.

CUESTIONARIO.

- ¿Qué es la corteza terrestre?
- ¿Cuál es la superficie de la tierra?
- ¿Cuál es el volumen de la tierra?
- ¿Cuál es la montaña más alta del globo?
- ¿Cómo se dividen las rocas?
- ¿Qué se entiende por terrenos estratificados?
- Explique V. las deformaciones que presenta la corteza terrestre.
- ¿Qué se entiende por fósiles?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Grandes montañas del globo; señalarlas sobre una esfera terrestre. Grandes profundidades de los océanos; exploración de los fondos del mar por las misiones científicas del *Challenger* y del *Porcupine*. Expediciones francesas de M. Alph. Milne-Edwards en el *Travailleur* y el *Tatismeán* (véase la *Nature*). Diversas formas de estratificaciones; insistir sobre la formación de los valles por levantamiento del terreno ó por erosión del mismo.

II.

Movimientos de la corteza terrestre.

Cuando se practica un agujero en la corteza terrestre, se puede observar que la temperatura se eleva á medida que la profundidad aumenta, sea cual fuere la región donde se trabaje. En París, á 28 metros próximamente de la superficie del suelo, el termómetro marca en todas las estaciones 11° centígrados; más allá de 28 metros, la temperatura aumenta 1°. por 30 metros, con corta diferencia. A 3 kilómetros de profundidad, el suelo alcanza la temperatura del agua hirviendo, y á 90 kilómetros debe marcar 3000 grados!

Podemos decir que el núcleo central de nuestro planeta está formado por materiales en fusión, puesto que nada puede resistir á semejante calor; pero *encima de ese núcleo*, líquido y pesado, que se contrae poco á poco, á medida que se enfria, *la corteza terrestre se aplica exactamente, y, para seguir la contracción del núcleo interior, se pliega y se arruga*, como la piel de un guisante que se seca; *de ahí resultan movimientos del suelo* que son, unos bruscos y otros lentos é insensibles.

Movimientos lentos de la corteza terrestre. — Parece demostrado que todo el norte de Europa y de Asia, la Siberia, la Finlandia, la Laponia, la Escandinavia, el Spitzberg, la costa occidental de Groenlandia, experimentan en la actualidad un levantamiento del terreno de 1^m,50 por siglo. Ese movimiento, que se efectúa de una manera insensible para los habitantes, es sin embargo causa de un enfriamiento general de toda la región. Las misiones danesas de Groenlandia, que existían prósperas en el siglo ix, han quedado

cubiertas por los glaciares á fines del xiv. En el Spitzberg, la rada de Bell Sund, donde las escuadras rusas iban á fondear, se encuentra ocupada ahora por un glaciar, y cerca de allí se observan vestigios de una antigua playa á 45 metros de altura.

Al sur de esa zona que se levanta, existe otra que experimenta un movimiento inverso. Las riberas de la parte sur del Báltico, del mar del Norte y de la Mancha parecen sumergirse. En la Scania muchas calles se encuentran por debajo del nivel del mar; el golfo de Kønisberg ocupa el sitio de la antigua provincia de Vitandu. Las murallas de la ciudadela de Brettenburgo, construídas por los romanos en la embocadura del antiguo Rhin, eran todavía visibles en 1320, un kilómetro mar adentro. Toda la costa del Cotentin se halla cercada por bosques sumergidos que penetran hasta muy lejos en el Océano. En la edad media, el monte San Miguel, así como las islas de Jersey y de Aurigny, estaba unido al continente, según lo demuestran un mapa antiguo y las cédulas aboliendo ciertos privilegios que poseía el obispo de Coutances, tocante á la tabla por donde debía pasar para ir á visitar Jersey. Esta isla no se hallaba separada entonces del continente más que por un arroyuelo.

Movimientos bruscos de la corteza terrestre. — Los movimientos bruscos de la corteza terrestre se denominan *temblores de tierra*, y se efectúan ya vertical, ya horizontalmente.

Uno de los temblores de tierra más violentos ocurridos en Europa es el que destruyó Lisboa el 1°. de Noviembre de 1755. El primer choque se dejó sentir á las 9 de la mañana, seguido casi inmediatamente por otros dos. El palacio real, los conventos, todos los edificios públicos se hundieron; la

cuarta parte de las casas particulares corrió la misma suerte. El mar subió en un instante 12 metros, invadió parte de la ciudad y se retiró luego arrasando todo á su paso. El fuego de las cocinas se comunicó á las materias combustibles derramadas al venirse abajo las habitaciones; un viento violento, que había sucedido á la calma, aumentó el incendio, y, al cabo de tres horas, las ruinas estaban convertidas en cenizas. A eso de las doce, otra sacudida derribó lo que quedaba en pie. 30.000 personas perdieron la vida en esa catástrofe.

El puerto de Setúbal, cerca de Lisboa, fué sumergido por una ola enorme. En Cádiz subió el mar cerca de 20 metros sobre su nivel ordinario. En Marruecos quedaron destruidas muchas ciudades. Ese terrible temblor de tierra se dejó sentir á lo lejos. Los lagos de Suiza y de Suecia se agitaron con violencia sin que hubiese viento en aquellos instantes; el Vesubio, entonces en erupción, se paró de repente; las aguas termales de Toeplitz se secaron, volviendo á aparecer luego cargadas de herrumbre. En las Antillas el mar subió instantáneamente más de 7 metros. El centro del temblor parece haber estado en el Océano, pues un buque que navegaba 50 leguas al oeste de Portugal recibió una fuerte sacudida, resultando gravemente averiado. La tripulación creyó haber dado contra una roca.

En Calabria hubo también, á fines del siglo XVIII, temblores de tierra que duraron mucho más tiempo, si bien fueron menos violentos que el de Lisboa. Empezaron el 5 de febrero de 1783 y duraron hasta fines de 1786. Casi toda la región quedó minada; todas las ciudades destruidas: 40.000 personas perecieron. El príncipe de Scylla había recomendado á sus vasallos que se embarcaran en sus esquifes para evitar que las casas los aplastaran al venirse

abajo. Pero el mar se levantó, volcó las embarcaciones y arrojó algunas de ellas hasta contra las vertientes de los Apeninos. Unas 15.000 personas, y entre ellas el príncipe, fueron víctimas de esa inundación.

Los efectos geológicos de los temblores de tierra de Calabria han sido bien estudiados por diversos sabios, y especialmente por el geólogo francés Dolomieu, que recorrió, exponiendo su vida, todo el país, en los momentos mismos de la catástrofe.

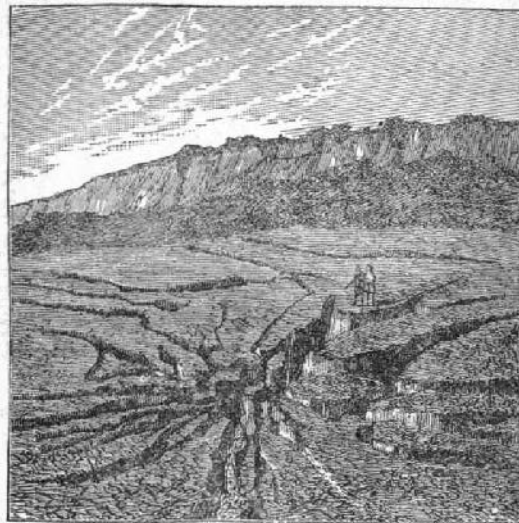


Fig. 180. — Hendiduras producidas por los temblores de tierra.

El suelo se resquebrajó en muchos puntos (fig. 180): algunas grietas permanecieron abiertas, pero otras se cerraron súbitamente, sepultando á los hombres, animales y habitaciones que en ellas habían caído. A menudo uno de los bordes de la hendidura subía mientras el otro baja-

ba (fig. 181). Esas resquebrajaduras acompañadas del cambio de nivel de uno de sus lados respecto del otro, constituyen lo que los geólogos llaman *fallas* (fig. 182). Además de las

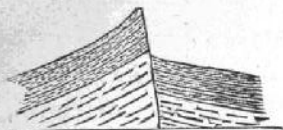


Fig. 181. — Una falla.

hendiduras (fig. 183), se abrieron hoyos profundos, verdaderos abismos (fig. 184) más ó menos

circulares, y también pequeñas cavidades en forma de embudo, llenas de arenas procedentes de

las capas profundas del suelo (fig. 185).

En 1835, la costa de Chile se elevó súbitamente de 50 centímetros á 1^m,50, en una longitud de cerca de 2.000 kilómetros. Ese fenómeno añadió al continente 260.000 kilómetros cuadrados, es decir, casi la mitad de la superficie de Francia.

En una época muy cercana aún ha ocurrido un cata-

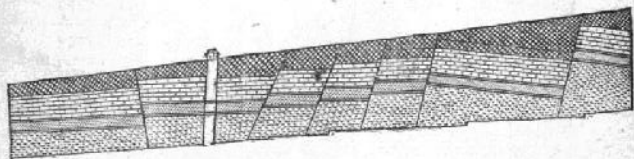


Fig. 182. — Serie de fallas en rocas estratificadas.

clismo espantoso en la isla de Ischia. Esa isla se halla situada á unos 30 kilómetros al oeste del Vesubio, y abunda en fuentes minerales que hacen de ella una estación termal de las más estimadas (fig. 186).

Ischia es una isla volcánica de unos 25 kilómetros de perímetro. En su centro se hallan tres conos de cráteres apagados, á la altura de 400 metros sobre el nivel del mar, cuya última erupción de lava ocurrió en 1306.

Esos volcanes pertenecen á la cordillera de los Monti-Flagrei, que forman una ramificación de los Apeninos.

El suelo de la isla no se compone más que de lava, lo que permite pensar que los fenómenos volcánicos pueden no haber sido extraños á la catástrofe en cuestión.

El día 4 de Marzo de 1881, á la 1 y 5 minutos de la tarde, empezaron las sacudidas, que duraron siete segundos.



Fig. 183. — Hendidura producida por un temblor de tierra.

Esas sacudidas derribaron cerca de trescientas casas en la pequeña población de Casamicciola, y causaron la muerte de ciento cincuenta habitantes aplastados por los escombros.

La escena ocurrida en el momento del desastre es indescriptible. Las casas, que se hundían por centenares, produ-

cian un ruido espantoso. Por todas partes se elevaban nubes de polvo. Multitud de personas ensangrentadas corrían por las calles, locas de terror, y los gritos de centenas de heridos se confundían con el estertor de la agonía de los moribundos y con el tañido de las campanas tocando á rebato.

Las sacudidas se repitieron dos veces en el término de

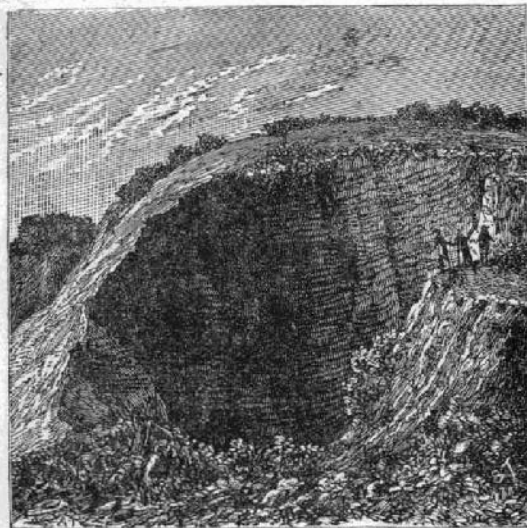


Fig. 184. — Abismo producido por un temblor de tierra.

treinta y seis horas, pero nunca fueron tan violentas como la primera vez. El segundo día se las sintió también en la pequeña ciudad de Lacco, situada á 4 kilómetros de distancia de Casamicciola, y en la cual se hundieron trece casas.

En cuanto á Casamicciola, en las tres calles principales ninguna casa quedó en pie. Esa ciudad contaba cerca de 5.000 habitantes.

El Vesubio se hallaba en erupción en el momento del desastre. Algunos testigos oculares aseguran que, algunos momentos antes del temblor de tierra, las aguas de la isla entraron en una especie de ebullición, y que las sacudidas fueron acompañadas de profundos ruidos retumbantes y subterráneos. Al día siguiente de la catastrofe se sumieron

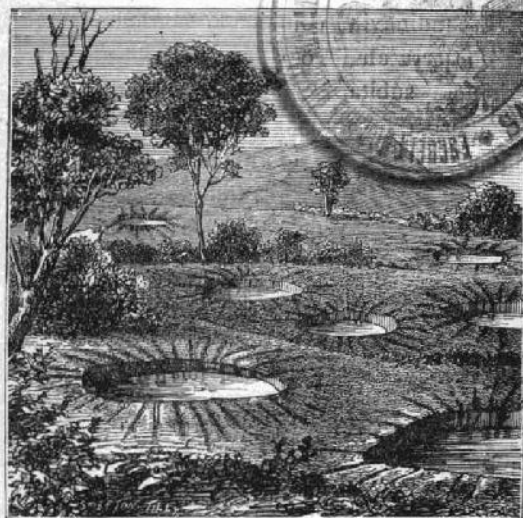


Fig. 185. — Cavidades circulares producidas por los temblores de tierra de Calabria.

otras trepidaciones muy violentas á una distancia de 4 kilómetros, lo que confirma el carácter volcánico del fenómeno.

El 28 de Julio de 1883 vino un nuevo temblor de tierra, más formidable tal vez que el primero, á consumir la ruina de la isla de Ischia, causando más de 3.000 víctimas (1).

(1) Para lo tocante á los terremotos de Ischia, puede consultarse la colección de *La Nature*, años de 1881 y 1883.

Formación de las montañas. — Las montañas son el resultado de movimientos bruscos, combinados con movimientos lentos y continuos, que tienden cada día á levantar las partes salientes de las tierras y á sumergir las llanuras en las profundidades del Océano. Nada se opone á que una cadena de montañas como los Alpes sea el resultado de un movimiento continuo como el que eleva actualmente la Escandinavia, combinado con una sucesión de temblores de tierra análogos á los de 1830, que levantaron de una manera súbita 4^m,30 las costas de Chile. Nada prueba tampoco que algunos de esos movimientos no han tenido intensidad más considerable. Lo que se puede afirmar, en contra de la opinión admitida generalmente hace algunos años, es que la formación de las cadenas de montañas no ha sido acompañada de un inmenso cataclismo que puso fin á todos los seres vivientes (Gosselet).

El último gran terremoto ha ocurrido en la noche del 25 de Diciembre de 1884, en España. Se sintieron las sacudidas hasta en Madrid, pero el centro del terrible fenómeno se encontraba en las provincias de Granada y Málaga. Pueblos enteros han quedado destruidos, pereciendo muchos miles de habitantes. Se han observado hechos curiosísimos. Algunos riachuelos mudaron de madre, y varias villas de la sierra han cambiado de sitio. Cerca de Málaga se ha visto una casa que se hallaba en lo alto de una colina bajar hasta el llano. Tan espantosa catástrofe ocurrió en el momento en que las familias andaluzas se entregaban á las fiestas y regocijos de Nochebuena. Las trepidaciones se repitieron sin cesar durante dos meses, y en Granada, así como en otros puntos, todos los habitantes han vivido durante semanas enteras en las calles, donde se improvisaron campamentos lo mejor que se pudo. La suscripción para socorrer á las víctimas de tan triste calamidad pasa de dos millones de pesos. M. Gérardin no ha podido describir ese terremoto por tener acabado su libro cuando ocurrió. El lector pierde así una de las brillantes descripciones que M. Gérardin sabe hacer, y de que van tantas muestras en este libro. Hemos creído conveniente, sin embargo, recordar el suceso en la traducción española. (N. del T.)

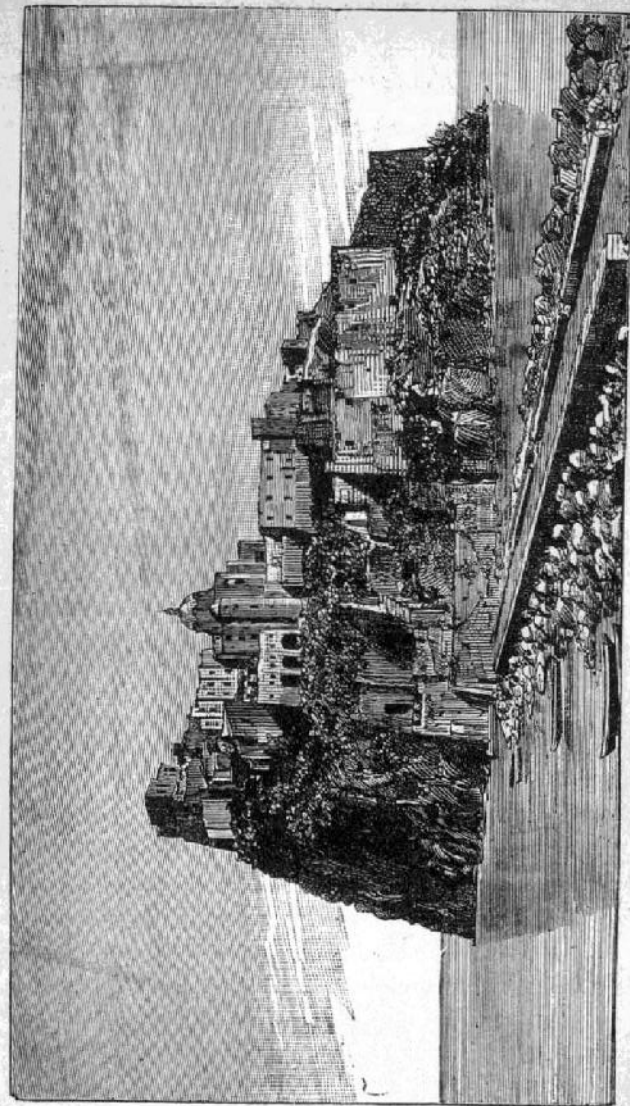


Fig. 186. — Vista de Ischia (tomada de una fotografía).

CUESTIONARIO.

Explique V. los movimientos del suelo.

Cite V. algunos países cuyo terreno se eleva actualmente sobre el nivel del mar.

Cite V. otros que se hunden.

Diga V. lo que sepa sobre los temblores de tierra.

Hable V. de la formación de las montañas.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Lecturas y relaciones sobre los movimientos del suelo. Temblores de tierra célebres. Insistir sobre el escaso grueso de la corteza terrestre y sobre la causa de los movimientos de esa corteza. Dirección de las cadenas de montañas. Fenómenos que acompañan á los temblores de tierra.

III.

Los volcanes.

Los volcanes son montañas más ó menos elevadas que presentan un orificio por donde se escapan gases, vapor de agua y materias fundidas.

Su número es considerable, pues hay cerca de cuatrocientos en actividad, y muchos centenares de otros que parecen apagados para siempre. En el centro de Francia,



Fig. 187. — La cordillera de los Puys en Auvernia

en Auvernia, la cordillera de los Puys (fig. 187) está constituida por una serie de conos volcánicos cuyos cráteres han vomitado una roca pesada y negra, el *basalto*; esos conos han terminado sus erupciones desde hace mucho tiempo; los volcanes de nuestros días vomitan *lavas*.

Distribución geográfica de los volcanes. — En general, los volcanes en actividad se encuentran situados á escasa distancia del mar: el mayor número de los mismos se halla repartido sobre las orillas del océano Pacífico, alrededor del cual forman un círculo de fuego. Sigamos en el mapamundi, á partir del Kamtchatka, el cordón de islas que circundan la ribera orientel de Asia.

En todo el trayecto existe una larga serie de bocas vol-

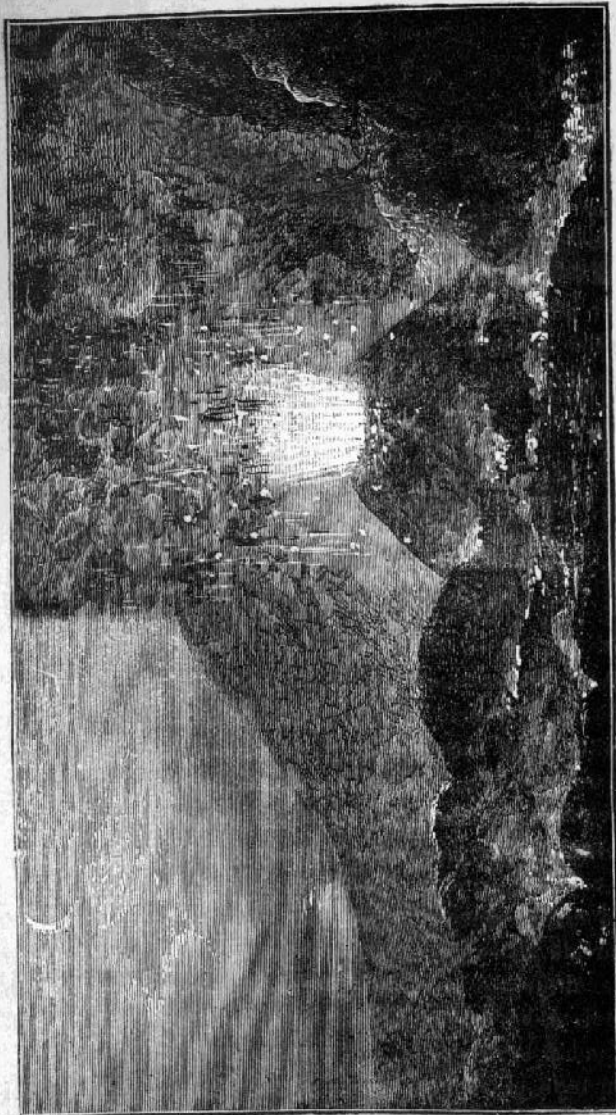


Fig. 188. — El Vesubio en erupción (Noviembre de 1878).

cánicas, que son las del Kamtchatka, de las Kuriles, del Japón, de las Filipinas, de Borneo, de Sumatra, de Java y otras islas del archipiélago de la Sonda. Esta serie continúa con los volcanes de Nueva-Guinea, de las islas Salomón, de las islas Tonga, de la Nueva-Zelanda. Sobre la ribera oriental del Pacífico, el circuito volcánico se completa con los numerosos volcanes de la cordillera de los Andes, de Méjico, de Sierra-Nevada, de la Colombia inglesa, del territorio de Alaska, y por último de las islas Aleutinas. En el interior de ese círculo de fuego se hallan los volcanes de las islas Sandwich, de las Marianas y las de los Galápagos. Europa tiene como volcanes activos el Vesubio (1.190 metros, fig. 188) cerca de Nápoles; el Etna (3.315 metros, fig. 189) en Sicilia; el Stromboli, en el pequeño archipiélago de Lípari, al norte de Silicia; el Hecla (1.690 metros, fig. 190) y el Skaptar Jökuhl, en Islandia.

Los volcanes pueden ser considerados como respiraderos naturales por cuya mediación comunica la superficie de la corteza terrestre con las materias fundidas del interior. Sus partes esenciales son, por tanto: 1º. una *chimenea* por la cual se efectúa la ascensión de las materias, y, 2º. un montón de materiales expulsados, en cuyo centro se abre la chimenea, y que se llama cono de *erupción*.

En estado de reposo, el volcán activo deja escapar *humaredas* y vapores que ostenta como un penacho; en estado de erupción, lanza cenizas y fragmentos de lava sólida, produciendo un humo negro espeso, que se eleva primero como una columna, y luego se difunde horizontalmente á algunos miles de metros de altura. Esas proyecciones van acompañadas de un gran ruido que recuerda el rodar del trueno, y que puede transmitirse á enormes distancias por medio del suelo. Así, en 1877, la erupción del

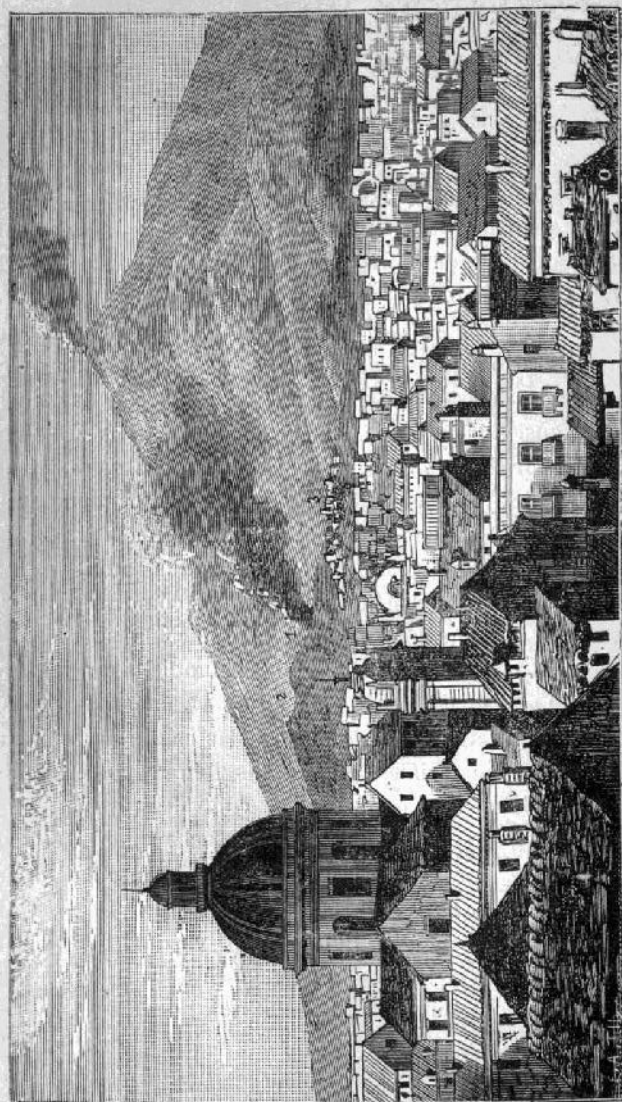


Fig. 189. — Erupción del Etna el 22 de Marzo de 1883. — 1, sitio de la erupción; 2, Monti-Rossi; 3, pueblo de Nicolosi.

Cotopaxi fué oída en Quito y en Guayaquil, es decir, á 350 kilómetros del volcán.

Los trozos de roca expulsados por la chimenea volcánica son á menudo muy voluminosos, y á veces se proyectan á muchos kilómetros de distancia; lo mismo ocurre con las cenizas, que las corrientes atmosféricas arrastran. En el año 512, la del Vesubio fué á parar hasta Constantinopla y Trípoli, y la erupción ocurrida en Islandia, á fines de Marzo de 1875 vino acompañada de una lluvia de cenizas en Stockolmo, esto es, á la distancia de 1.900 kilómetros.

Cuando la montaña volcánica está cubierta de nieve, ésta se funde en el momento de la *erupción*, y causa inundaciones terribles. Ese hecho se produce con frecuencia en Islandia.

Corrientes de lava. — El hecho capital de una erupción volcánica es la emisión de *lava*. La lava es una roca fundida que rebosa por encima de los bordes del cráter volcánico ó por hendiduras abiertas en las vertientes de la montaña. A veces un lago de lava incandescente llena el cráter del volcán (fig. 191), endureciéndose allí al fin de la erupción.

Las corrientes de lava cubren inmensos espacios y son en ocasiones extremadamente abundantes. La mayor que se ha observado en los tiempos modernos, dice M. de Lapparent, es la que salió del Mauna-Loa en 1853 y 1856. Algunos meses después del principio de la erupción, esa corriente tenía, con todos sus recodos, cerca de 100 kilómetros de largo, 4.800 metros de anchura media y, en ciertos puntos, alcanzaba 100 metros de elevación. Sin embargo, á 16.000 metros de su origen, era todavía posible observar la lava hirviendo á través de su costra de escorias. La erupción de 1880, en el mismo volcán, cubrió un espacio de 60 á 80 kilómetros.

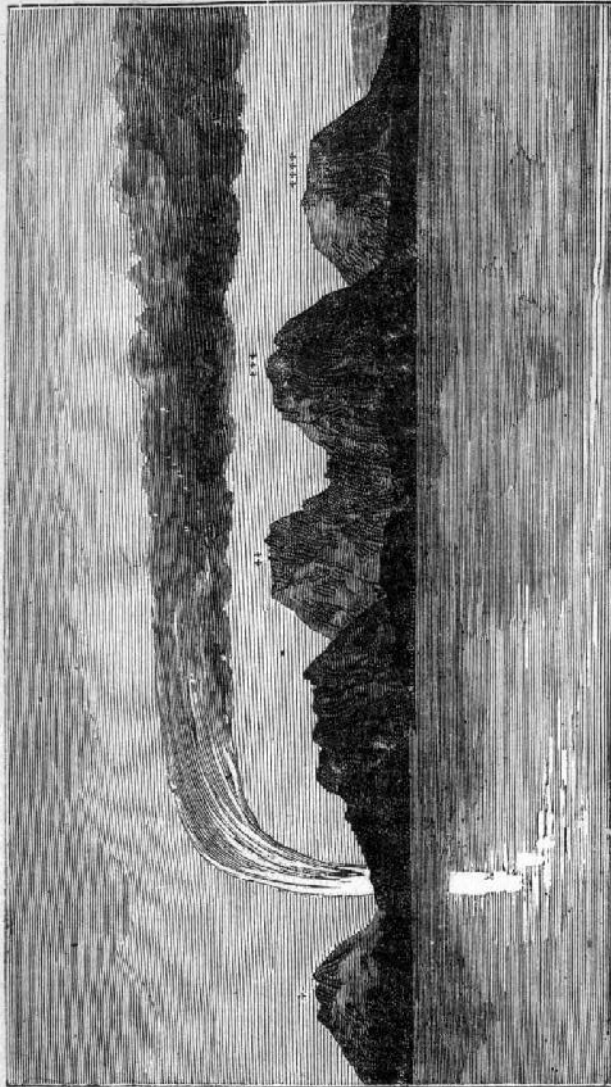


Fig. 190. — Erupción del Heda el 24 de marzo de 1878. — * El Heda; ** el Tin Fjeld; *** Oster Jökull; **** Midun Jökull.

En 1783, el Skaptar Jökuhl de Islandia dejó salir tres corrientes de lava que, después de haber rellenado las desigualdades de su lecho en la montaña, se derramaron por el llano bajo la forma de lagos de lava que tenían de 20 á 24 kilómetros de diámetro por 30 metros de profundidad. El mayor de esos depósitos tenía 81 kilómetros; otro llegaba á 65 kilómetros.

En la isla Borbón se observaron en 1776 y 1787 erupciones que produjeron cerca de 68.700.000 y de 86.000.000 de metros cúbicos de lava. La corriente de materias en fusión, que, saliendo del Vesubio, destruyó en 1794 el pueblo de Torre del Greco, tenía 5.700 metros de largo por un frente de 650 metros de ancho y 13 metros de altura. Los volcanes pueden ser submarinos y determinar la formación de islas; la isla Santorín (fig. 193), por ejemplo, apareció en el Mediterráneo después de violentos temblores de tierra, y, en Julio de 1831, la isla Julia surgió á 30 millas al sudoeste de Sicilia, por efecto de una erupción submarina, desapareciendo en el mes de Diciembre del mismo año.

Ciertas islas no son más que antiguos cráteres volcánicos, y su forma es tan característica, que los geólogos no se engañan nunca al examinar su origen; también lo reconocen en la naturaleza de su suelo (fig. 192).

En las regiones volcánicas se encuentran *fumerolas* y *solfataras* que dejan desprenderse gases más ó menos deletéreos. Las fumerolas son unas hendiduras abiertas en las paredes del volcán, por las cuales se escapan torrentes gaseosos de ácido carbónico, de ácido sulfhídrico, de ácido sulfuroso y de ácido clorhídrico. En una gruta cercana á Puzzoles el gas carbónico es tan abundante que forma una capa de algunos centímetros de altura sobre el nivel del suelo; los perros mueren allí sofocados, pero los hom-

bres, que por causa de su estatura más elevada respiran un aire más puro, pueden visitar esa cueva, llamada *Gruta del Perro*. En Java, el *Valle del Veneno* es célebre; constitúyelo un antiguo cráter que exhala sin cesar ácido carbónico irrespirable; todos los seres vivos que allí pene-



Fig. 192. — Forma característica de las islas volcánicas.

tran mueren asfixiados; por eso está lleno dicho valle de restos de aves y de animales feroces.

Las solfataras producen vapores sulfurosos y depósitos de azufre explotados por el hombre; las más célebres son las de Puzzoles y del Monte-Cittio, en Ischia.

CUESTIONARIO.

¿Qué es un volcán?

Hable V. de los volcanes apagados. ¿Qué forma tienen?

Señale V. sobre el mapamundi la posición de los volcanes.

¿Cuáles son los volcanes de Europa?

¿Qué productos arrojan los volcanes?

Hable V. de los volcanes submarinos y de las islas volcánicas.

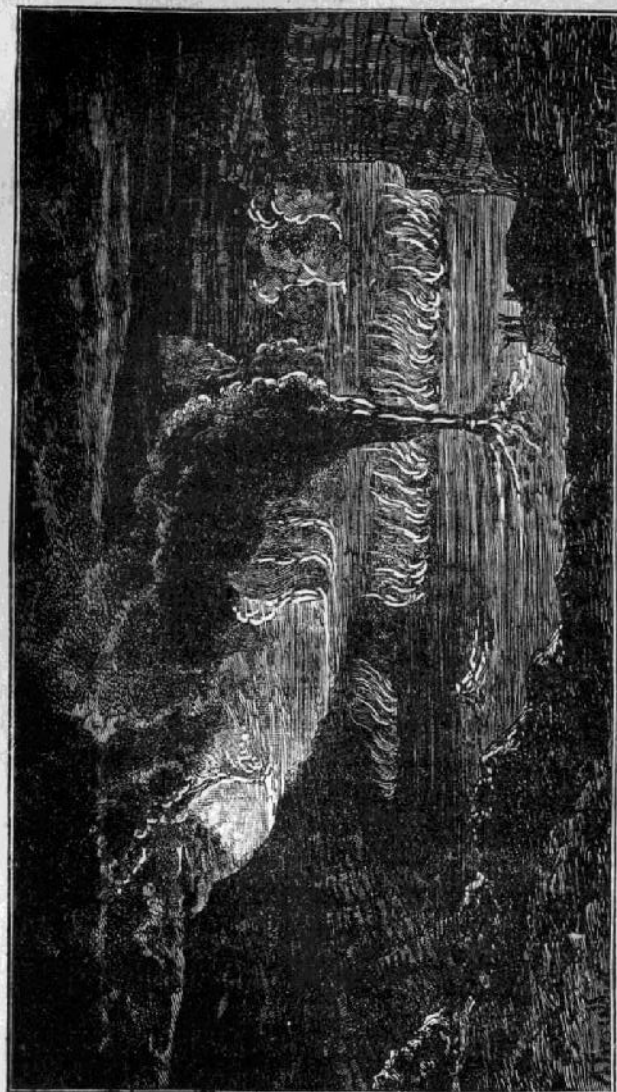
¿Qué se entiende por solfataras?

¿Qué es la Gruta del Perro?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Lecturas y relaciones sobre los volcanes y sobre las erupciones célebres. Descripción de los volcanes apagados de Auvernia. Volcanes de América. Insistir sobre los fenómenos que acompañan á las erupciones volcánicas.

Fig. 191. — El cráter de Kilauea, lleno de lava incandescente (islas Sandwich).



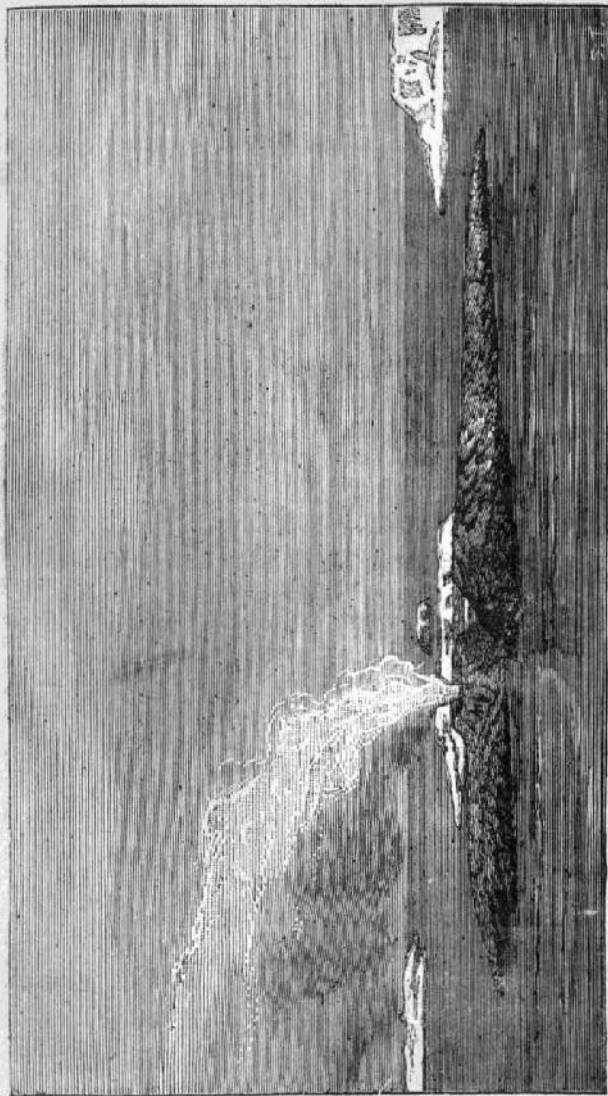


Fig. 193. — Vista de la isla de Sanlorin, en el Mediterráneo (Febrero 1867).

CAPÍTULO II.

FUNCIONES DEL AGUA EN GEOLOGÍA.

I.

Los mares y las corrientes marinas.

La atmósfera posee corrientes regulares, y lo mismo ocurre con los océanos: el agua caliente del ecuador se dirige hacia los polos, y el agua fría de los polos baja hacia el ecuador.

Además de esas corrientes, causadas por las diferencias de temperatura, hay otras debidas á la rotación de la tierra. Un punto del ecuador terrestre anda 7 leguas por minuto girando alrededor del eje del planeta; pero el agua, por razón de su fluidez, obedece con menor facilidad que la masa sólida al movimiento de rotación de la Tierra de oeste á este, principalmente en el ecuador, donde la velocidad es más considerable; de ahí resulta que las aguas ecuatoriales se hallan algo retrasadas respecto del movimiento general, dando así origen á una corriente que se propaga en sentido inverso, es decir, de este á oeste.

Si los mares cubriesen todo el globo, esa *corriente ecuatorial* daría regularmente vuelta á la Tierra en la dirección este-oeste; pero tropieza con América en el Atlántico y con Asia en el océano Pacífico, resultando de ahí derivaciones.

Corrientes marinas. — La corriente ecuatorial del

Atlántico se dirige desde las costas de Guinea en Africa, hacia las del Brasil, en la América meridional. Ahí se divide en dos ramales, uno que baja hacia el sur costeando América, mientras que la otra sube hacia el norte, penetrando en el golfo de Méjico. Ocupémonos especialmente de esta última, la más importante para nosotros.

Sus aguas, que se han calentado durante su largo tránsito bajo el ecuador, aumentan aún en temperatura en el golfo de Méjico, de donde salen formando una nueva corriente llamada *Gulf-Stream* (fig. 194), es decir, corriente del golfo. Esa corriente es un río de agua tibia en medio del mar. Sus riberas y su cauce son las aguas más frías del océano. En su origen, la *Gulf-Stream* mide 14 leguas de ancho y de 300 á 400 metros de profundidad. La rapidez de su curso es primero de 2 leguas por hora, pero disminuye poco á poco, aunque conserva hasta el fin un valor bastante considerable. Los dos gigantes de los ríos, el Amazonas y el Mississipi, no arrastran la milésima parte de sus aguas. Estas, de hermoso color azul, se destacan claramente sobre el fondo verde de las aguas comunes del océano. Ese río extraño, que corre á través de aguas más frías que las suyas, se mantiene sin embargo encajonado entre sus riberas fluidas y, hasta la altura de las Azores, no hay mezcla entre las ondas azules y las verdes.

Después de haber subido á lo largo de las costas de América, la *Gulf-Stream* se divide en dos ramas, una de las cuales se dirige hacia las Azores, recorre las costas de Africa, se inclina hacia el oeste, y penetra de nuevo en el golfo de Méjico, paralelamente á la corriente ecuatorial.

La segunda rama continúa su marcha hacia el nordeste, costea Irlanda, Escocia y Noruega, desapareciendo por último bajo los hielos del polo.



Fig. 194. — Corriente ecuatorial y Gulf-Stream.

Al calor de las aguas de esa segunda rama es á lo que las costas occidentales de Europa deben un clima más suave de lo que corresponde á su latitud. Sin ese aumento de temperatura que origina tan maravilloso calorífero, los inviernos de las costas de la Mancha, de Inglaterra, de Islandia, y de Noruega serían mucho más rigurosos. En las latitudes en que la temperatura empieza á ser inferior al cero termométrico, la *Gulf-Stream* posee una temperatura de 26°. No es sólo calor lo que la corriente del Atlántico lleva á las regiones boreales. Troncos de árboles de las costas de la Florida y la Luisiana, granos tropicales, todo eso corre hacia el norte, arrastrado por la *Gulf-Stream*, y va á depositarse en Islandia, en el cabo Norte y en el Spitzberg. Algunos trozos de bambú y de madera esculpida llevados hasta las islas Azores por la corriente, contribuyeron al descubrimiento de América, confirmando en el espíritu de Colón la idea de que hacia el oeste existían nuevas tierras.

La *Gulf-Stream* y la rama de la misma que se separa de ella á la altura de las Azores para costear el Africa y penetrar de nuevo en el golfo de Méjico, circunscriben una extensión de aguas tranquilas mayor que el Mediterráneo, y que lleva el nombre de *mar de las Algas* ó *mar de los Sargazos*. La botánica llama sargazos á unas plantas marinas, á unas algas cubiertas de numerosas vesículas redondas, que también han valido á esos vegetales las denominaciones vulgares de *uvas de mar* ó *uvas de los trópicos*.

En esta especie de depósito ó estanque que la corriente envuelve, se amontonan las algas y se multiplican hasta el punto de formar praderas flotantes, verdaderas alfombras tejidas, donde los buques se abren difícilmente

camino. Colón, en su primer viaje, experimentó una impresión profunda ante ese espectáculo, nuevo para él, y necesitó toda su firmeza de alma para franquear, no obstante las quejas de sus tripulaciones, ese mar insidioso que amenazaba con retener cautivos sus bajeles en la red de las hierbas oceánicas.

A la corriente de agua tibia que va del golfo de Méjico hacia el norte corresponde una *contra-corriente* de agua fría, procedente de las regiones polares y llamada corriente de la *bahía de Hudson*.

Esa corriente desemboca en el Atlántico por el mar de Baffin, rodea la península de Terranova, y se propaga en sentido inverso de la *Gulf-Stream*, entre ésta y las costas occidentales de los Estados Unidos, cuyo clima enfría. Sus aguas son frías, opacas, verdosas y poco saladas.

Así pues, por el lado de Europa se dirigen dos manantiales de calor: la *Gulf-Stream* y el alisio del sudeste; por el contrario, el litoral de la América del norte es costeadado por una corriente de agua fría, la corriente polar que baja por el mar de Baffin. Esas dos causas explican que, dada una misma latitud, el clima de América sea más riguroso que el clima de Europa, sobre las riberas del Atlántico, ó, lo que equivale á lo mismo, para encontrar la misma temperatura media hay que subir más hacia el Norte en Europa y bajar más hacia el sur en América. La extrema Laponia se halla á 0°. Bajo el mismo paralelo, se tiene en América una temperatura de 10° bajo cero en las cercanías del Atlántico y de 15° por bajo de cero en el interior de las tierras. Para hallar esa temperatura media de 0°, que es la de la Laponia septentrional, hay que avanzar en América unos veinte grados más hacia el sur, hasta el paralelo 51, es decir, casi hasta Terranova, correspondiente

en latitud al norte de Francia, donde la temperatura media es de 10° próximamente.

En el Pacífico, la corriente ecuatorial parte de las costas de Colombia, en América, y se divide en dos ramas á través de los archipiélagos de Oceanía. La rama meridional corona la Australia y marcha al encuentro de las aguas frías que vienen del polo sur; la rama septentrional tropieza con Asia, allí cambia de dirección dividiéndose hacia el norte á lo largo del Japón, donde recibe el nombre de *rio Negro*, por causa del color azul profundo de sus aguas. Esa rama penetra en el mar de Behring y encuentra los hielos flotantes y las aguas frías de una contra-corriente que viene de los mares polares por el estrecho de aquel nombre, y luego se encorva al topar con la América del Norte, volviendo á confundirse con la corriente ecuatorial, y formando en su circuito una nueva mar de los Sargazos.

En el océano Índico, la corriente ecuatorial es desviada hacia el sur por las costas de Africa y forma entre ésta y la isla de Madagascar la corriente de Mozambique. Ese río marino tiene también, como los precedentes, su mar de los Sargazos, en el centro del circuito. Las contra-corrientes de agua fría le vienen de los mares del polo sur, y acarrean hielos flotantes, en ocasiones hasta muy cerca del cabo de Buena-Esperanza.

Algunos estrechos presentan corrientes debidas á la desigual rapidez de evaporación de los dos mares que ponen en comunicación. Así, dada una superficie igual, el Mediterráneo pierde, bajo los rayos del Sol, mayor cantidad de agua que el Atlántico. Para reemplazar el líquido desaparecido y restablecer el nivel, entra por el estrecho de Gibraltar una corriente que parte del último mar. Pero eso

no basta. En efecto, la evaporación no sustrae más que el agua, dejando enteramente la sal. Por tanto, si el Mediterráneo recibiese siempre agua salada del Océano sin perder otra cosa que agua pura evaporada, su grado de salobridad iría siempre aumentando, y dicho mar acabaría por convertirse en un banco de sal. Ese exceso de salobridad se evita de la manera siguiente: mientras que penetra por el estrecho de Gibraltar agua poco salada que viene del Mediterráneo, sale por el mismo conducto agua muy salada que viene del Mediterráneo, la primera en gran abundancia para restablecer el nivel de las aguas, y la segunda en menor cantidad para expulsar el exceso de sales. De ese modo el estrecho es atravesado por dos corrientes inversas y superpuestas, la superficial, formada por el agua que entra, menos salada y en consecuencia más ligera, y la de fondo, constituida por el agua que sale, más salada y de consiguiente más densa.

Esos hechos se repiten, pero con mayor intensidad, en el estrecho de Bab-el-Mandeb. El mar Rojo, situado bajo un cielo ardiente, experimenta una evaporación enorme y además no recibe las aguas de ningún río. Para restablecer el nivel y mantener la salobridad en un grado constante, una corriente poderosa de entrada y otra menor de salida atraviesan el estrecho, la primera en la superficie y la segunda junto al fondo. (J. H. Fabre).

CUESTIONARIO.

- ¿Qué es la superficie de la Tierra?
- ¿Cuál es su volumen?
- ¿Qué se entiende por corteza terrestre?
- ¿Cuál es la montaña más elevada del globo?
- Hable V. de las profundidades del Océano.

- ¿Cómo se explica la formación de las corrientes marinas?
- ¿Qué es la corriente ecuatorial?
- ¿Qué es la Gulf-Stream, y cuál es su acción sobre Europa?
- ¿Qué es el mar de los Sargazos?
- ¿Qué es la corriente de la bahía de Hudson?
- ¿Qué es el río Negro?
- ¿Qué se entiende por corrientes de los estrechos?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Lecturas y relaciones sobre el mar de los Sargazos. La lección debe explicarse con un mapamundi á la vista. Insistir sobre la analogía que existe entre las corrientes marinas y las corrientes aéreas.

II.

Circulación del agua en la naturaleza.

Según hemos tenido ya ocasión de decirlo, el agua se encuentra en la naturaleza bajo tres formas : en estado de *vapor*, dando origen á las nubes y la humedad atmosférica; en estado *liquido*, constituyendo los mares, los lagos, los ríos, etc., y en estado *sólido*, produciendo los glaciares del polo y los del continente.

Sea cual fuere la forma que revista, el agua ejerce acción constante sobre las tierras : por una parte, una acción *destructora*, y, por otra, una acción *edificadora*; ese agente desempeña el principal papel en los cambios de forma de los continentes.

Acción del mar sobre los continentes. — Basta con haber presenciado una tempestad, con haber visto las olas rugientes subir cubiertas de espuma á lo largo de una costa escarpada, que parecen querer escalar, para darse cuenta de su poder destructivo.

Un hecho ocurrido en 1802 en las islas Shetland puede dar una idea de la fuerza de la ola, sobre todo cuando la marea ascendente es ayudada por un viento violento : un trozo de granito de 8 metros cúbicos fué arrancado de la roca que lo contenía, yendo á parar á 25 metros de distancia.

Las costas escarpadas, corroidas sin cesar por la base, se derrumban, y sus fragmentos deshechos, reducidos á piedra y arena, no tardan en ser arrastrados por las olas (fig. 193).

El fuerte de Châtillon (Francia) fué construído en

1548, por Enrique II, cerca de Boulogne-sur-Mer; tenía 300 metros de ancho y se hallaba probablemente á cierta distancia de la orilla; pues á estas horas ni vestigios del mismo quedan, y hasta el sitio en que estuvo ha desaparecido.

Las costas escarpadas del cabo Gris-Nez, entre Boulogne y Calais retroceden 25 metros por siglo, y las del cabo de la Hève, en la embocadura del Sena, 20 metros por año.

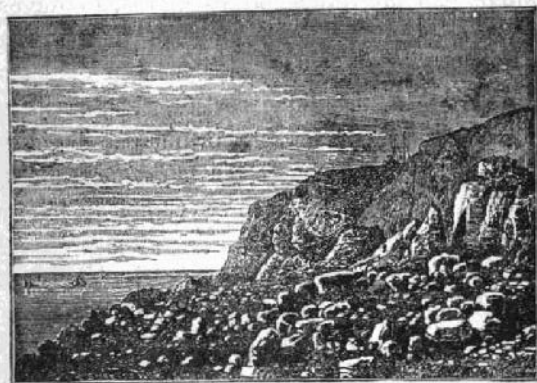


Fig. 105. — Acción del mar sobre las costas escarpadas.

Sobre el borde de una costa escarpada arcillosa del condado de Kent se ve actualmente la iglesia abandonada de Reculver. En 1781 ese edificio se encontraba á 1700 metros en el interior de las tierras. En 1804, el cementerio que la rodeaba se vino abajo con las casas vecinas. De modo que los derrumbaderos habían retrocedido 1700 metros en 23 años (1). Desde entonces la iglesia se habría cierta-

(1) Se llama en francés *falaises* á las costas escarpadas, que presentan derrumbaderos y precipicios dando sobre el mar. Las aguas las minan por la base y así se van desmoronando.

mente hundido en el mar si sus torres no sirvieran á los marinos de puntos de referencia, por lo cual se practicaron trabajos al pie del derrumbadero, á fin de detener los estragos de las aguas.

Uno de los resultados de la corrosión de las costas escarpadas es separar del continente islas que se encontra-

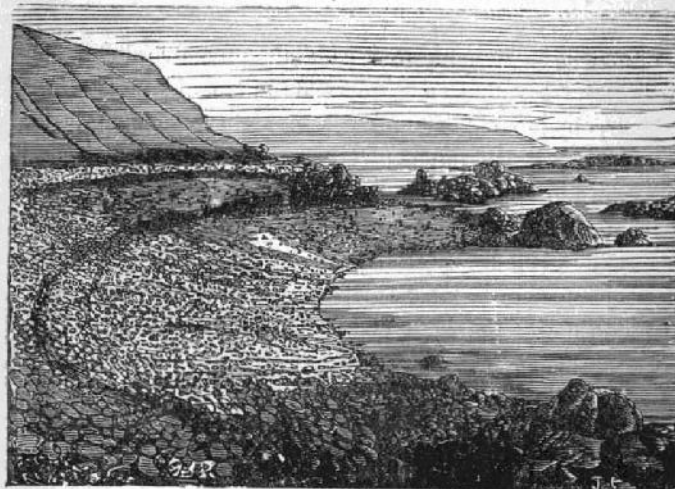


Fig. 106. — Una playa en las riberas del Océano.

ban reunidas á ellos ó que por lo menos no distaban mucho de los mismos.

En 1335, con motivo de una discusión entre el señor de Pons y Felipe de Valois, cien testigos afirmaron que en la época de su niñez la isla de Olerón se encontraba separada del continente sólo por un simple foso, que era posible saltar valiéndose de un cayado. Aunque ese testimonio esté desmentido por textos positivos, prueba al menos que por entonces la indicada isla distaba poco de la ribera. En el

siglo XVIII, el estrecho daba paso á barcos de 40 toneladas; en 1813 su ancho era doble, y el *Regulus* podía atravesarlo.

Cuando en el centro de una roca hay partes más sólidas, éstas resisten, mientras que á su alrededor todo se desmorona. De esa manera es como se han formado las pilastras de creta y los arcos naturales que bordan las costas escarpadas de Etretat (Gosselet).

El mar de la Mancha gana cada año un metro de terreno en Inglaterra y uno en Francia, de modo que la anchura del estrecho aumenta 200 metros por siglo; los geólogos demuestran fácilmente que en otra época los dos países no se hallaban separados, y que Inglaterra se unía al continente.

Lo que el mar arranca por un lado, lo deposita por otro, gastando las piedras y transformándolas en arena ó en callaos, que forman extensas playas sobre las costas (fig. 196). El fondo de los mares se eleva poco á poco con todos esos materiales robados á los continentes, que se suman con los que acarrean los ríos.

Fuentes. Pozos. Pozos artesianos. — El agua de las lluvias, que cae sobre el suelo, da origen á corrientes y charcas subterráneas, cuando puede penetrar en el interior del terreno, lo que no siempre sucede. Las rocas son, en efecto, unas veces *permeables* como la arena, y otras *impermeables*, como las tierras arcillosas: el agua que cae en un suelo arenoso es rápidamente absorbida, al paso que la que cae encima de la arcilla produce charcas que no se secan más que por la acción del Sol.

El agua, absorbida por las rocas permeables, no penetra en la tierra indefinidamente, sino que, á profundidades diferentes, acaba por encontrar capas impermeables que sigue entonces en todas sus sinuosidades. Con bastante fre-

cuencia la capa impermeable sube hasta flor de tierra y el agua sale al exterior; en ese caso tenemos una *fuente*. El agua de fuente es siempre límpida y pura, y por eso se la prefiere para la alimentación. Sin embargo, algunas fuentes suministran aguas cargadas de sustancias que las vuelven impropias para ese uso; tales son las *aguas minerales*.

Conviene observar que la naturaleza del suelo ejerce gran influencia sobre el régimen de las aguas. En los países *cuyos terrenos son muy permeables, los ríos son tranquilos*, porque

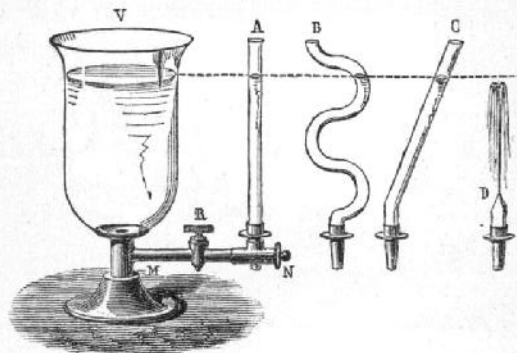


Fig. 197. — Experiencia de los vasos comunicantes.

reciben casi toda su agua por mediación de las corrientes subterráneas, es decir, de las fuentes; sus crecidas se producen con lentitud, y cesan lentamente también. Así, por ejemplo, en 1854, el Sena, en Montereau, partiendo de 0^m,50, tardó 25 días en llegar á 2^m,20 de altura, y 35 días para descender de nuevo á 1 metro.

Por el contrario, *en los terrenos impermeables, las crecidas son rápidas*, pero los ríos decrecen con rapidez. En 1846, el Loira, partiendo de 0^m,90 en Roanne, se elevó á 6^m,94 en 6 días, aumentado el caudal de sus aguas por

afuentes torrenciales, y luego bajó á 0^m,68 en menos de un mes.

Cuando la corriente de la charca subterránea no da origen á fuentes á nivel del suelo, es posible también llegar hasta ella taladrando un *pozo*. En ese caso hay que tener cuidado de no atravesar la capa impermeable que retiene el agua, pues se tendría un pozo *perdido*.

Se da el nombre de *pozos artesianos* á unos pozos en que el agua se presenta en forma de surtidor ó salto, y cuya naturaleza ha sido perfectamente explicada por los geólogos.

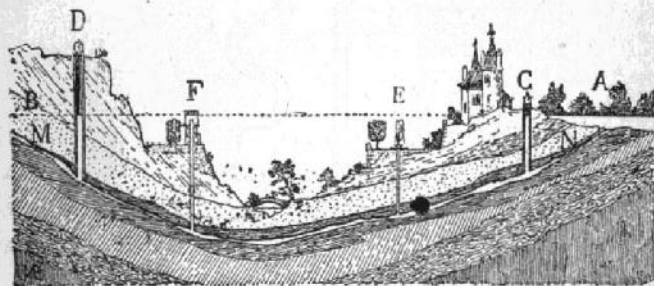


Fig. 198. — Pozos en C y D; salto de agua en E, pozo artesiano en F, alimentados por el agua del nivel A B.

Una experiencia de física va á haceros comprender bien la teoría de los pozos artesianos. Tomemos un vaso de vidrio V, provisto en su parte inferior de un tubo de cobre MN, con una llave R, en cuya extremidad N se puedan colocar tubos de vidrio de formas diversas A, B, C.

Se empieza por colocar el tubo A, según lo indica la figura 197, y se llena de agua el vaso V. Si se da vuelta á la llave R, el agua se precipita en el tubo A, y no se detiene más que cuando ha alcanzado el mismo nivel que en el vaso V. Repítese la misma experiencia con los tubos B y C, y el

agua sube igualmente hasta el nivel de la que se encuentra en el vaso. Por último, se atornilla el tubo afilado D, cuya punta está taladrada por un pequeño agujero; el agua salta, pero en consecuencia de la pérdida de fuerza causada por los rozamientos, nunca llega completamente hasta el nivel del agua en el vaso V.

Considerad ahora la figura 198: en A existe un lago cuyas aguas penetran por medio de una quebradura del terreno en el conducto formado por dos capas de arcilla NM, que constituyen una especie de palangana; si se abre un pozo en el punto C, es evidente que el agua subirá hasta su primer nivel A. Si se taladra la tierra en E, saltará el líquido como el del tubo D en la experiencia precedente.

Por el otro lado del pequeño valle, el camino de hierro ha utilizado á su vez la capa de agua NM; perforando en F, el agua ha subido, formando un pozo artesiano, hasta penetrar en un depósito que sirve para la alimentación de las locomotoras; en D se encuentra otro pozo parecido al C, pero más profundo.

La perforación de los pozos, que se considera entre nosotros como un descubrimiento moderno, ha sido inventada en realidad por los chinos, que, con ayuda de una simple cuerda armada de una paleta de hierro, practican agujeros en la corteza terrestre desde tiempo inmemorial, alcanzando de ese modo profundidades de mil y más metros. Ese procedimiento ha sido mencionado por primera vez en la relación de un viaje pintoresco á China, publicado en Amsterdam á fines del siglo XVII. Y ese mismo método es el que Jobard, de Bruselas, ha popularizado en Europa hace unos treinta años, después de haberlo perfeccionado, bajo el nombre de *sondeadura china* ó por medio de cuerda; ese es el que se empleó hace años para abrir el pozo

de Passy y para otras muchas perforaciones (Girardin).

Uno de los ejemplos más conocidos de pozo artesiano es el pozo de París-Grenelle, alimentado por el agua que cae de las nubes en Borgoña y en la Champagne (fig. 199). Hé aquí los términos en que lo ha descrito M. Stanislas Meunier :

« A los ojos de los transeúntes no presenta más que una elegante columna de fundición de 40 metros de alto, á cuyo alrededor se eleva una escalera en forma de hélice. Acercándose y aplicando el oído contra esa columna, se oye el ruido incesante de una masa de agua que corre, pero eso es todo lo que de fuera puede observarse. La parte interesante del aparato escapa á las miradas. Al pie de la columna se encuentra un inmenso tubo de metal, hundido verticalmente en la tierra hasta 548 metros de profundidad, por el cual sube sin descanso el agua, con gran velocidad. Como ese tubo sobresale del suelo, continuando por dentro de la columna hasta su parte superior, el agua sube hasta lo más alto, desde cuyo punto baja por otro tubo para alimentar, gracias á un sistema conveniente de ramificaciones, una parte de París.

» El pozo de Grenelle suministra la enorme cantidad de 1.620 litros de agua por minuto. Este agua, cuya temperatura llega á 27 ó 28 grados, es absolutamente límpida y, después de una aereación conveniente, muy propia para las necesidades de la vida.

» Como lo pensáis sin duda, la introducción subterránea de un tubo vertical de 548 metros no ha sido cosa de poco más ó menos. El aparato que se ha empleado recibe el nombre de *sonda*, y se compone de una serie de barras de hierro, que sostienen inferiormente una masa de acero, muy pesada, análoga á las que se emplean con el nombre

de mazos ó pilones en circunstancias variadas, como por ejemplo para clavar pies derechos en terrenos movedizos; esas barras, cuya longitud es superior á la profundidad del pozo, son manejadas desde la parte exterior por una *cabria*, que una máquina de vapor pone en movi-

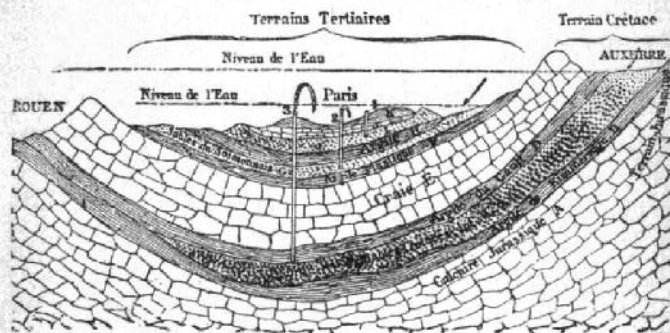


Fig. 199. — Pozos artesianos alimentados por diversos depósitos subterráneos.

miento, lo que permite subirlas, bajarlas, hacerles dar vueltas, etc. Algunas barras rígidas colocadas en el interior del pozo obligan al aparato á seguir una dirección perfectamente vertical y, como siempre da en el mismo sitio, determina pronto, gracias á su dureza, á su peso y á su forma, la pulverización de las rocas que machaca.

» El polvo que así se produce pasa al estado de lodo más ó menos espeso por efecto de su mezcla con el agua que *sudan* las paredes. Ese lodo se aloja en una cavidad de la sonda llamada *cuchara*, y así viene á la superficie cuando se retira del pozo el instrumento. Continuando de ese modo llega un instante en que el salto de agua aparece. La perforación duró en Grenelle siete años, gastándose en él más de 362.000 francos, pero los servicios que el pozo presta compensan con largueza el trabajo y dinero que ha costado.

» Acabo de deciros que *el agua del pozo de Grenelle se hallará 27 ó 28 grados* : es claro que semejante temperatura es susceptible de muchas aplicaciones, y, durante la perforación, Arago recomendaba como uno de los usos posibles, que se la emplease en calentar el hotel de los Inválidos. Sin embargo, hasta hoy nada se ha hecho para aprovechar tal riqueza, y el agua de Grenelle se enfría sin provecho para nadie.

» En otras localidades se ha procedido con mejor acuerdo. En Alemania se calientan por ese medio varios invernaderos. En Oxforth se ha construido un huerto para berros, mantenido á buena temperatura por las aguas artesianas, y que no produce menos de 300.000 francos por año. En Canstadt, cerca de Stuttgart, se reúnen las aguas de un pozo artesiano en un depósito cuya temperatura es tan agradable y suave que desde principios de la primavera los habitantes pueden procurarse en ellas el placer de la natación. »

CUESTIONARIO.

¿Cuáles son los diversos estados del agua en la naturaleza?

¿Cómo actúan los mares sobre los continentes?

Presente V. ejemplos de la acción destructora del agua.

Presente V. ejemplos de su acción edificadora.

¿Qué es una fuente?

¿Qué es un pozo?

Dé V. la teoría de los pozos artesianos.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Insistir sobre la acción de los océanos que destruyen y construyen los continentes; lecturas y relaciones sobre ese punto. Las aguas de fuente, las aguas minerales; fuentes célebres. Experiencias de los vasos comunicantes. Los saltos de agua, los pozos artesianos. Explicar de qué manera puede subir el agua en las ciudades hasta los pisos superiores de las casas. Visita á los depósitos de agua de la localidad, y, si no los hay, de alguna cercana.

III.

Las aguas mansas y bravas.

Las aguas circulan, no solamente en las profundidades de los terrenos para alimentar las fuentes, los pozos y los pozos artesianos, sino también en la superficie del suelo, desempeñando en este caso un papel geológico más importante todavía.

Los deltas. — Los arroyos y los ríos aun cuando acarrean aguas mansas ó tranquilas, *ahondan los valles* y llevan al mar los materiales que roban al continente; esos materiales de *aluvión* se acumulan en la embocadura de aquéllos si las aguas los dejan depositarse, y forman los *deltas*.

Los deltas más célebres son los del Mississipí, del Nilo, del Po, del Ródano, del Danubio y del Ganges. ✓

El Ródano lleva cada año al Mediterráneo 21.000.000 de metros cúbicos de aguas turbias, y según los cálculos de los geólogos, su delta ha aumentado cerca de 300 kilómetros cuadrados de la época galo-romana hasta nuestros días. Lo que hay de cierto es que, en el siglo cuarto de nuestra era, la ciudad de Arlés se encontraba á 26 kilómetros del mar; hoy está á 48 kilómetros del mismo.

Los aluviones se depositan sobre todo en la punta del brazo mayor del Ródano, cuyo progreso, de siglo y medio á esta parte, ha sido de unos 57 metros por año.

El Po, con su producto de 43.000.000 de metros cúbicos, arranca al mar 113 hectáreas por año, y el Danubio puede edificar sin trabajo un inmenso delta en el mar Negro, tan tranquilo por causa de la ausencia total de mareas.

La superficie ocupada por los aluviones del Mississippi llega á 31.800 kilómetros cuadrados, lo cual depende de la escasa profundidad del golfo de Méjico, que no pasa de 30 metros, y de lo débil de sus mareas, que no alcanzan 0^m,50 de elevación. La forma de ese delta es muy original, pues se parece á una enorme pata de ganso.

Los torrentes. — El ahondamiento de los valles (fig. 200) por los riachuelos y los ríos, se efectúa lentamente cuando el régimen de las aguas es regular y tranquilo, como en



Fig. 200. — Los ríos ahondan los valles.

los terrenos permeables; pero en las regiones montañosas, cuyo suelo es impermeable, las lluvias se concentran y producen corrientes de aguas bravas, tan violentas como efímeras, llamadas *torrentes*, que excavan y arrastran todo ante su paso.

La rapidez con que se efectúa la concentración de las aguas torrenciales es tan grande, que á menudo el viajero, que camina á pie enjuto por el canal de salida, tiene apenas tiempo para salvarse refugiándose en los rivazos. En los países tropicales, donde las lluvias son verdaderos diluvios, por ejemplo en Abisinia, sucede con frecuencia,

según cuenta M. d'Abbadie, que, estando el cielo despejado, se oye de repente á lo lejos un ruido cuya significación conocen los indígenas; menos de un minuto después, el valle desaparece debajo de una capa de agua, ancha y profunda, que arrastra árboles, piedras y hasta animales sorprendidos por la irrupción de la catástrofe. Es una tempestad local, ocurrida á lo lejos en la montaña, y cuyo producto entero pasa formando, por decirlo así, una ola única.

El hombre puede aumentar por desgracia, talando las montañas, el número y la importancia de los torrentes. Ese hecho se ha producido en los Alpes, donde las talas de árboles mal entendidas han dado origen á la pérdida de muchos terrenos cultivados. Los terrenos, compactos gracias á los árboles y arbustos, han quedado sin consistencia después de las tajas, y las aguas bravas han hecho en ellos fácil presa; las lluvias, absorbidas en otra época por las laderas cubiertas de bosque, vienen ahora á engrosar los torrentes y á provocar crecidas rápidas. La fundición de las nieves en las montañas produce también aguas bravas cuyos efectos son en ocasiones terribles. Escuchad la narración siguiente :

Catástrofe de Szegedin. — Szegedin se encuentra situada sobre el Theiss, cerca del confluente de este río con el Marosch, á 80 millas de Pesth (Hungria). El Theiss, que figura entre los principales tributarios del Danubio, es uno de esos ríos de curso torrentoso, que cuesta trabajo mantener regulamente en su cauce. En toda su extensión, desde las fronteras de la Bukowina al Danubio, el Theiss recibe, sobre todo antes de Szegedin, considerable número de pequeños afluentes diversos que, al fundirse las nieves ó durante las grandes lluvias, crecen en un momento hasta

el punto de convertirse en corrientes de agua importantes.

Á la temperatura primaveral del mes de Febrero de 1879 se debió la horrible catástrofe. Las nieves de las altas mesetas de Hungría se fundieron prematuramente, aumentando el caudal de todos los afluentes del Theiss, hasta el punto de que éste, saliendo de madre, vino á dar contra los tres diques que protegían á Szegedin y que se hallaban todos en estado muy malo para resistir á tanto furor. En los primeros días de Marzo, las aguas rompieron el dique Pecsora, el primero y más importante baluarte de la ciudad, situado unos cuantos kilómetros al norte de ésta. Luego, en la noche del 7 al 8 de Marzo, el dique Baktoer cedió á su vez, y Szegedin quedó protegida únicamente por el dique del ferrocarril ó de Alfoldbahn. Los ingenieros militares hicieron esfuerzos heroicos para consolidar esa obra: los soldados, en número de dos mil, trabajaron con abnegación á toda prueba, de noche y de día, para triunfar del peligro. Desgraciadamente, fueron mal secundados por los habitantes.

Sin embargo, se tenía confianza. El 12 había empezado á anunciarse una baja, de dos pulgadas tan sólo, pero que se creyó ser la primera señal de salvación. Sin embargo, de repente aquella noche vino una tempestad formidable, soplando del norte, á destruir todos los esfuerzos de los días precedentes. A eso de las nueve circula el rumor de que el dique se ha roto, bajo la presión de las olas enormes que el viento proyectaba contra él.

A las dos y cuarto tocan á somatén; la ciudad está perdida. La eventualidad más terrible se ha producido al fin.

La crecida, después de haber roto el último dique, penetra, formando olas enormes que arrastran consigo la estación del camino de hierro, el depósito y los almacenes.

Quince honveds y veinte soldados, que trabajaban en ese momento por la parte que derribaron las olas, perecen todos, víctimas de su abnegación.

Las aguas penetran en la ciudad con la rapidez del rayo é inundan las calles, que parecen otros tantos ríos. Un número considerable de habitantes, sorprendidos en medio de su sueño, no tienen tiempo de huir y sucumben con todo lo que poseén.

La ciudad de Szegedin con sus alrededores contaba 9.700 casas; según el informe oficial sólo quedaron en pie, en los cuatro distritos, 261, comprendiendo en ese número las iglesias; el número de víctimas fue considerable (1).

Lo dicho en esta lección demuestra bien que las aguas que circulan en la superficie del suelo actúan absolutamente como las de los océanos, destruyendo también por un lado para construir por otro. Mansas ó bravas, las aguas superficiales modifican, por tanto, lentamente la forma de las tierras, disminuyendo su elevación y aumentando sus dimensiones por la adición de los deltas.

De ese modo los esfuerzos de la naturaleza producen inmensos resultados, porque tienen de su parte la duración. El examen de los *fenómenos geológicos actuales* ha bastado para demostrar á los naturalistas que la faz de la tierra *no ha sido trastornada por cataclismos y catástrofes repentinas*, sino, al contrario, *por acciones lentas é insensibles*, multiplicadas por el más importante de los factores, el tiempo.

(1) Véase *La Nature*, la revista de M. Gastón Tissandier tantas veces citada. Otra catástrofe análoga ocurrió en Murcia (España) poco tiempo después de la de Szegedin. El Segura salió de madre y destruyó barrios enteros de la ciudad. En toda la huerta perecieron innumerables víctimas. Posteriormente se ha visto Murcia amenazada una ó dos veces por catástrofes análogas.

CUESTIONARIO.

¿Qué es un delta?

Cite V. los principales deltas.

Diga V. lo que sepa sobre el delta del Ródano,

¿Cómo se produce el ahondamiento de los valles?

Hable V. de los riachuelos, de los ríos y de los torrentes.

Influencia de la tala de los montes en el régimen de las aguas.

Refiera V. la catástrofe de Szegedin.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Lecturas y relaciones acerca de los grandes ríos. Insistir sobre los fenómenos de desagregación y erosión producidos por las corrientes de agua en los valles. Inundaciones célebres. Importancia del estudio de los fenómenos geológicos actuales; refutación de la teoría de los cataclismos.

VI.

Los glaciares del polo y los glaciares de montaña.

Si, partiendo del ecuador, nos dirigimos hacia los polos, el clima de las regiones que se atraviesan se hace cada vez más frío; si, partiendo del nivel del mar, subimos en globo, ó por las vertientes de una montaña, se observa también un descenso notable de la temperatura.

El agua que se condensa en las proximidades de los polos y en las cimas de las montañas forma una gran cantidad de nieve; esa nieve acumulada persiste, á condición de que la temperatura permanezca bastante baja, transformándose en hielo por efecto del rehielo y produciendo un glaciar.

Durante el verano, los bancos de hielo que cubren la superficie de los mares polares se rompen, con formidables detonaciones, en fragmentos enormes llamados *ice-fields* (llanuras de hielo). No es raro encontrar algunas de esas placas, que miden varios kilómetros cuadrados de superficie. A veces bajan del mar de Baffin témpanos incomparablemente más voluminosos; el ballenero inglés *Scoresby* los ha visto que medían 35 leguas de largo por 10 de ancho. Por último, de las tierras vecinas se desprenden cayendo en el mar, montañas de hielo llamadas *ice-bergs*. Se ha calculado que el volumen de algunas de ellas llegaba á muchos millones de toneladas, pudiendo alcanzar su altura total de uno á dos mil metros. Esas masas salían de 100 á 200 metros por encima de las aguas, quedando sumergido el resto. Bajo la acción del sol, los *ice-bergs* se resquebrajan, se llenan de hendiduras, y á veces estallan en mil piezas con un ruido que se ha comparado á la des-

carga simultánea de varios cientos de cañones. En su superficie, ó incrustadas en su masa, existen arenas, piedras y trozos de rocas arrancados á las tierras de donde los ice-bergs proceden.

Todos esos *hielos flotantes*, fragmentos de bancos y de

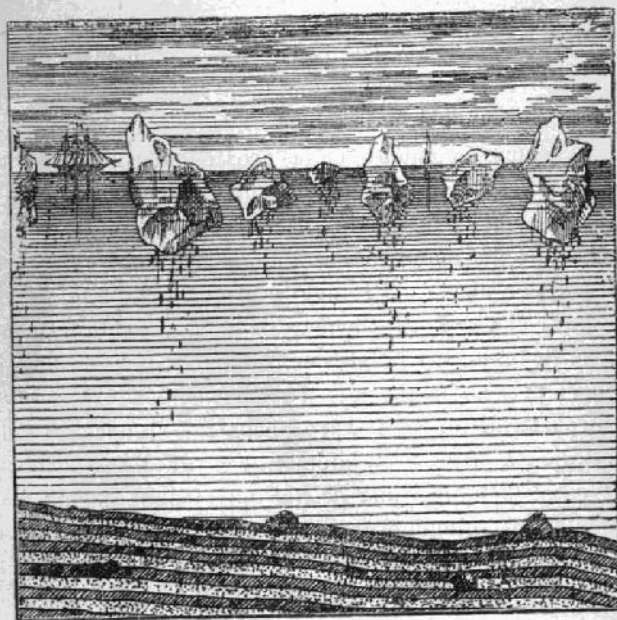


Fig. 201. — Los hielos flotantes depositan piedras en el fondo del mar.

glaciares, descienden hacia el sur, arrastrados por la corriente polar. Los témpanos se presentan en ocasiones aislados, y á veces se les ve avanzar formando una inmensa flota, que cubre los límites del horizonte visible. Entonces el espectáculo es grandioso: diríase que sobre las olas

oscilan las ruinas de alguna ciudad de gigantes edificada con cristal y alabastro.

Más ó menos pronto, las placas de hielo se funden en las aguas tibias, pero los ice-bergs flotan todavía algún tiempo y no acaban de fundirse hasta que no encuentran á la *Gulf-Stream*. Al norte de Terranova es donde se verifica el encuentro de las aguas tibias que llegan del golfo de Méjico y las frías que bajan de las zonas polares. La gran meseta submarina conocida por el nombre de *banco de Terranova* es el producto del encuentro de las dos corrientes. Al ponerse en contacto con las aguas tibias, los ice-bergs empujados por la corriente polar, se funden y dejan caer al fondo del mar los minerales sustraídos á las riberas de Groenlandia (fig. 201). *El banco de Terranova es un terraplén formado con materiales que los hielos flotantes acarrearán de las tierras árticas.* » (H. Fabre.)

Los glaciares. — Puede decirse que un *glaciar* es un valle de montaña lleno de hielo.

Los geólogos distinguen varias regiones en un glaciar de montaña :

- 1º. La región de las *nieves perpetuas* ;
- 2º. La región de los *nevados* ;
- 3º. El *mar de hielo* ;
- 4º. La *región de las fuentes* ;
- 5º. Los *canchales*.

Las *nieves perpetuas* se encuentran en la cima de los montes; son finas y pulverulentas; el viento las levanta y las dispersa, formando nubes á veces muy densas que van á depositarse en los altos valles cercanos.

Mirad la figura 202 pues da una idea muy exacta de la manera como la nieve ocupa los altos valles; diríase que de lo alto de la montaña descienden infinitos torrentes.

La nieve de las regiones superiores comprime á la que se encuentra debajo y la cambia en hielo; á este hielo blanco, lleno de burbujas de aire y de copos de nieve es á lo que se llama *nevado*.

Todos vosotros sabéis que la nieve comprimida produce hielo: ciertamente habéis observado que si se anda durante cierto tiempo encima de nieve, se forma en los zapatos una plantilla de hielo.

El glaciar entero se desliza á lo largo de la montaña; es

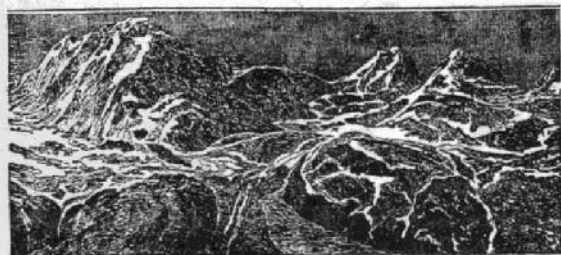


Fig. 202. — La nieve ocupando los valles elevados de las montañas.

un río sólido que desciende. Las *nieves eternas* empujan delante de sí á los *nevados*, que siguen las pendientes y vienen á extenderse en las gargantas más anchas, formando lagos sólidos que se denominan *mares de hielo*. Pero con el glaciar descienden también las rocas arrancadas á las laderas de la montaña, los trozos más ó menos voluminosos, más ó menos gastados y pulimentados por el roce con el hielo, los limos terrestres y arenosos: esos materiales, acumulados en los sitios donde el hielo se funde, forman unos muros que se denominan *canchales*.

En medio de los *canchales* circulan hilos de agua; nos hallamos casi al pie de los núcleos de montañas; allí es

donde el hielo da origen á *fuentes* que se reúnen, se abren un cauce y producen un río.

H. de Saussure fué el primero que señaló el movimiento descendente de los glaciares, presentando la teoría de la formación de los *canchales*. De 1841 á 1843, Agassiz y Desor tuvieron la audacia de pasar dos veranos sobre el glaciar del Aar inferior (cantón de Berna, Suiza) para comprobar los hechos; así reconocieron que el río de hielo recorría unos 75 metros al año, y que acarreaba continuamente nuevos materiales á sus *canchales*. Posteriormente se han hecho observaciones en todos los glaciares conocidos, quedando perfectamente demostrada la exactitud de la teoría de Saussure.

Ejemplos de glaciares. — En Europa, los principales



Fig. 203. — Campos de nieve del Mont-Blanc.

glaciares se encuentran en la cadena de los Alpes (fig. 203). La Suiza presenta más de mil, que ocupan en junto una superficie total de 2.096 kilómetros cuadrados; los glaciares de Suiza ejercen una influencia saludable sobre el régimen

de los grandes ríos de Europa, pues en el verano, cuando las lluvias cesan y cuando el Sol seca todo, es la época en que esos mares de hielo suministran la mayor cantidad de agua de fusión. Así se alimentan el Danubio, el Po, el Ródano, el Rhin y sus numerosos tributarios.

El más importante de los glaciares alpestres es el de Aletsch (Valais); después vienen: el glaciar del Aar (Berna); la mar de hielo de Chamonix (Alta-Saboya) que recibe los glaciares del Talefre, del Gigante y del Lichaud; el glaciar de Grindelwald (Berna), los de Brenva y de Miage (Piamonte), y el glaciar del monte Cervín (Valais).

En los Pirineos, los glaciares son menos extensos que en los Alpes; por lo demás, la cordillera del Pirineo es menos elevada que la alpina y se encuentra situada en una latitud más meridional; sin embargo, debemos citar los pintorescos glaciares de la Maladetta, los de Cabrioules, del Vignemale, de Neouvielle y de la brecha de Rolando. ¡Qué magnífico cuadro el que se extiende ante la vista del viajero cuando éste se encuentra en el centro del circo de Gavarnie! La nieve que se funde en el Astazou, en el Marboré y en la Brecha de Rolando, alimenta numerosas cascadas: trece de ellas desaguan en el circo, y una desciende de una altura de 422 metros.

Los restantes glaciares europeos se encuentran en Escandinavia, en Islandia y en el Cáucaso; los primeros bajan hasta el mar; los del Cáucaso son menos importantes que los de los Alpes, y el mayor de ellos es el glaciar de Karagán.

Las elevadas cordilleras del Asia central poseen grandes glaciares poco explorados; las cadenas de montañas del Himalaya y del Karakorum, más conocidas, están cubiertas de nieve á pesar de su proximidad á los trópicos, presentando

inmensos campos de hielo por causa de su inmensa altura.

En la América del Norte, la escasa cantidad de vapor de agua atmosférico que llega actualmente hasta la cordillera de las Montañas Rocosas, no permiten que en ellas se formen glaciares, á pesar de las alturas superiores á 4.000 metros. Por el contrario, en la cadena de montañas que sigue la orilla del Pacífico, fuera de las masas de nevado, que descienden á lo largo de las pendientes escarpadas, como se ven algunas en diferentes puntos, existen, en las vertientes de las cimas culminantes, verdaderos glaciares. El más meridional es el del monte Shasta, en la Sierra Nevada de California, á los 41 grados de latitud norte. Los restantes son los de los montes Hood, Adams, Saint-Heléns, Rainier y Baker; este último está casi bajo el paralelo 49, en los límites de los Estados Unidos y de las posesiones inglesas.

Fenómenos observados en los glaciares. — Ciertos fenómenos observados en los glaciares son particularmente interesantes. Tales son la formación de las *mesas* y la de los *pozos*.

Cuando un trozo grande de roca cae sobre el hielo, protege contra los rayos del Sol toda la superficie que cubre, y, al cabo de algún tiempo, fundido ya todo el hielo que estaba á su alrededor, queda aquél sostenido por un pedestal de dicha sustancia. Los guías llaman la atención de los viajeros sobre esas mesas, cuyas dimensiones son á veces muy considerables.

Si el cuerpo que cae sobre el hielo es demasiado pequeño para producir una tabla de glaciar, y sobre todo, si es buen conductor del calórico, los rayos del Sol lo calientan, y el hielo se funde á su alrededor; entonces se forma

un pozo ó una palangana, y, al congelarse de nuevo el agua, el objeto deja de ser visible; sin embargo, anda con el glaciar, y acaba por detenerse en algún canchal.

Las *avalanchas* son producidas por la caída de las piedras ó por el derrumbamiento de las masas de nieve en la parte superior de los glaciares. Esas piedras ó esas masas se precipitan acelerando su carrera, y arrastran consigo más nieves, que se unen á las primeras, con lo cual aumenta siempre el irresistible torrente. La avalancha se desploma sobre las rocas, y desciende formando una cascada, destruyendo todo ante su paso, derribando árboles y edificios, para concluir deshaciéndose en el valle, que obstruye. Las aguas se detienen contra ese obstáculo y se desbordan á su vez, aumentando el desastre y la desolación.

Muchos viajeros han sido víctimas de las avalanchas, y muchos montañeses arruinados por esas terribles calamidades. Así es que en todas partes se toman precauciones serias contra las avalanchas, ya estableciendo faginas sobre las vertientes de las montañas, según se practica enfrente de Barèges (Pirineos), ya construyendo muros de piedra seca como en Obenwald (Suiza); ambas cosas sirven para detener, ó al menos, para dirigir los torrentes de nieve. El único remedio eficaz es plantar de bosque las montañas. Los matorrales que rodean los valles son su mejor protección.

Las *grietas* en los glaciares son también un peligro para las personas que los visitan. « Las excursiones sobre los glaciares, dice M. Ad. Focillon, aunque llenas de interés y muy instructivas, son lo bastante peligrosas para exigir siempre la vigilancia de los guías y gran sumisión á sus consejos. Sería posible trazar una larga lista de los imprudentes ó desgraciados viajeros hundidos en las grietas heladas; los valles de Suiza han conservado recuerdos fú-

nebres de las mas célebres de esas catástrofes: en 1600, el poeta danés Eshén cayó en una grieta de 30 metros de profundidad, en el glaciar del Buet; en 1821 el pastor Mourón, de Neufchâtel, desapareció en una grieta del Grindewald; en 1846, el prusiano Burstenbinder fué tragado por otra del glaciar de Oertzhthal. Esas desgracias deben advertir, sin acobardarlos, á los viajeros que recorren por millares la pintoresca cordillera de los Alpes. »

CUESTIONARIO.

- ¿Qué es un glaciar?
- ¿Cuáles son las regiones de los glaciares?
- ¿Qué se entiende por bancos de hielo, ice-fields y ice-bergs?
- ¿Cuál es la función geológica de los hielos flotantes?
- ¿Qué se entiende por nieves perpetuas, nevados, mares de hielo y canchales?
- ¿Cómo se forman los nevados?
- Hable V. del movimiento de los glaciares.
- Hable V. de los canchales.
- Cite V. glaciares de Europa, Asia y América.
- ¿Cómo se forman las mesas y pozos de los glaciares?
- ¿Cómo se forman las avalanchas?
- ¿Qué precauciones se toman contra las avalanchas?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Altura de las nieves eternas, variable según las latitudes. Experiencias de rehuelo. Los glaciares son ríos sólidos; plasticidad del hielo. Descripción de los glaciares con arreglo á las narraciones de los viajeros (Geografía de Reclus, etc.). — Lecturas y relaciones sobre las avalanchas, las ascensiones célebres al Mont-Blanc, etc.

Adviértase á los alumnos que en muchos libros españoles se llama ventisqueros á los glaciares, aunque impropriamente, pues la Academia define esa palabra en los siguientes términos: « *Ventisquero*, sitio resguardado y sombrío donde la nieve, amontonada por el viento, se conserva mucho tiempo. — Altura de los montes más expuesta á las borrascas de viento y nieve. » Ya se ha visto que un *glaciar* es cosa muy diferente. Hay, pues, que admitir esta palabra, cuyo uso es general en los establecimientos científicos de España. La Academia acabará por adoptarla.

CAPÍTULO III.

LAS ROCAS.

I.

Clasificación de las rocas. — Rocas eruptivas.

Definición. — Se da en geología el nombre de *rocas* á las materias minerales que componen los *terrenos*. Para un geólogo, la palabra *roca* no implica la idea de dureza: la *arena* y la *tierra gredosa* son rocas, ni más ni menos que el *granito*.

Clasificación de las rocas. — Divídense las rocas en dos grandes grupos:

1º. El primer grupo comprende las rocas que se han formado en el seno de las aguas, sea por simple depósito, sea por precipitación química; se las llama ROCAS SEDIMENTARIAS (ó *rocas estratificadas*, porque están dispuestas en forma de capas ó láminas sucesivas, y también *rocas neptónicas*, para indicar su origen).

Como ejemplos de esas rocas podemos citar: la *creta*, la *arcilla*, la *piedra de cantería de París*, etc.

Las rocas depositadas por las aguas pueden ser divididas en cuatro clases, según su composición química y sus propiedades físicas:

A. LAS ROCAS SILICOSAS, cuyo tipo es el *SILEX* ó *pedernal*.

B. LAS ROCAS ALUMINOSAS, cuyo tipo es la *arcilla plástica*.

C. LAS ROCAS CALCÁREAS, que contienen sobre todo cal unida con ácido carbónico ó ácido sulfúrico, y cuyos tipos son la *creta* y la *piedra de yeso*.

D. Y, por último, las ROCAS COMBUSTIBLES, cuyo tipo es el *carbón de piedra*,

Estudiaremos en detalle todas esas rocas en las lecciones que seguirán.

2º. El segundo grupo comprende las rocas que han sido fundidas por el fuego central y que, taladrando á las anteriores, han salido á la superficie formando núcleos más ó menos considerables; se les ha dado el nombre de ROCAS ERUPTIVAS, *rocas ígneas* ó *rocas plutónicas*; nunca se las encuentra en capas, como las sedimentarias, sino en masas de formas irregulares. Ejemplos: el *granito*, el *pórfido*, los *basaltos*, las *lavas*.

Evidentemente, los restos de animales y de vegetales, es decir, los *fósiles*, no pueden existir más que en las rocas sedimentarias. Las otras no los contienen nunca.

Rocas eruptivas. — Las rocas eruptivas están compuestas de cristales de diversas naturalezas, y sus elementos se encuentran, ya simplemente reunidos unos á otros, ya reunidos por una pasta sólida, que los liga fuertemente.

Cuando la roca es enteramente cristalina, pertenece al tipo *granito*, y se la llama *roca granitoide*; cuando, por el contrario, presenta una composición amorfa (no cristalina) y cristales, es una *roca porfiroide*.

El *granito* es una roca dura que se encuentra en los más antiguos terrenos. Examinada con una lente, aparece compuesta de tres elementos muy distintos: un elemento vítreo agrisado, el *cuarzo*; un elemento laminoso negro ó blanco plateado, la *mica*; y un elemento rosado ó blanco opaco, el *feldespato*. Ciertos granitos están formados por cristales

enormes y otros por cristales microscópicos, pero todos tienen la misma composición.

El granito se emplea por causa de su dureza para formar los bordes de las aceras; es difícil de trabajar; en Francia se le encuentra en Bretaña, los Vosgos y en Auvernia. Los granitos de grandes elementos se hallan en Rusia. La mica que contienen se usa en determinadas industrias: en efecto, esa sustancia es preciosa porque resiste á las más altas temperaturas. Se esfolia fácilmente, esto es, se divide en láminas delgadas, flexibles y transparentes. Se la emplea para cerrar los tragaluces de los navíos y los orificios de los hornos de porcelana. También se hacen con mica tubos para gas que no se rompen, y se cubre con dicha sustancia la parte interior de las pantallas. Como veis, la mica sirve para reemplazar al vidrio donde quiera que se necesita un cuerpo transparente, infusible y que no se rompa. Las más hermosas placas de mica, cuyo diámetro llega á veces á 2 metros, vienen del Indostán y de Siberia.

La sienita es una especie de granito que se encuentra en Syene (Egipto): ese cuerpo ha servido para hacer magníficas agujas monolíticas, entre las que puede citarse el obelisco de la plaza de la Concordia en París.

Para llegar hasta la superficie del suelo, los granitos han taladrado y dislocado la capa de *gneiss* que los cubría, y hasta han arrastrado á menudo consigo trozos de esa roca sedimentaria, como se puede observar examinando las baldosas de las aceras de París, que á menudo están sembradas de grandes pedazos negros de *gneiss*, envueltos en la roca eruptiva.

La figura 204 representa una sección del monte Pilat (Loira) el granito (4) ha levantado las rocas estratificadas (1, 2, 3) que lo cubrían; esas rocas son *gneiss*.

Los *pórfidos* son rocas eruptivas, algo más recientes que los granitos, pero también muy antiguas. Generalmente se encuentran los *pórfidos* en las mismas localidades que los granitos y se les emplea en los mismos usos, cuando su pasta es bastante dura.

Los *pórfidos* han levantado y taladrado, como los granitos, las rocas estratificadas, pero los geólogos tienen una prueba de la existencia de los granitos anterior á la de los

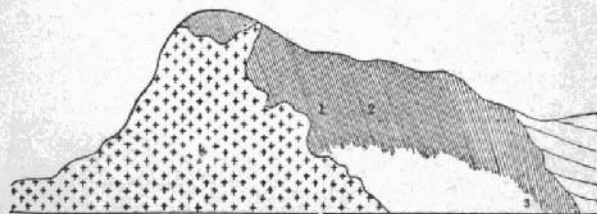


Fig. 204. — Sección del monte Pilat (Loira), donde se ve que el granito ha levantado el *gneiss*.

pórfidos, y es que estos últimos, al abrirse paso, han arrastrado consigo trozos de granito.

Las rocas porfíricas más recientes son los *basaltos* y las *lavas*.

El basalto es una roca negra, pesada, de cristales raros; en Francia se las encuentra en Auvernia y en el Ardèche, donde quiera que hay volcanes apagados. En ciertas regiones del globo el basalto es prodigiosamente abundante y forma el suelo entero del país.

Así ocurre en Groenlandia, en el Dekkan (India) y en el Africa austral. Conócense voluminosas masas de ese cuerpo en Escocia, en Irlanda, en Transilvania. A menudo esas masas están cortadas en forma de columnas. De ese modo se hallan constituidas la Calzada de los Gigantes, en el Con-

dado de Antrim, la Calzada del Volante, en el Ardèche (fig. 205), los Organos de Murat y de Espally en el centro de Francia. En Groenlandia, la erupción del basalto ha traído á la superficie masas de hierro metálico, á veces muy voluminosas, que representan ejemplares de las rocas profundas de nuestro globo (Stanislas Meunier).

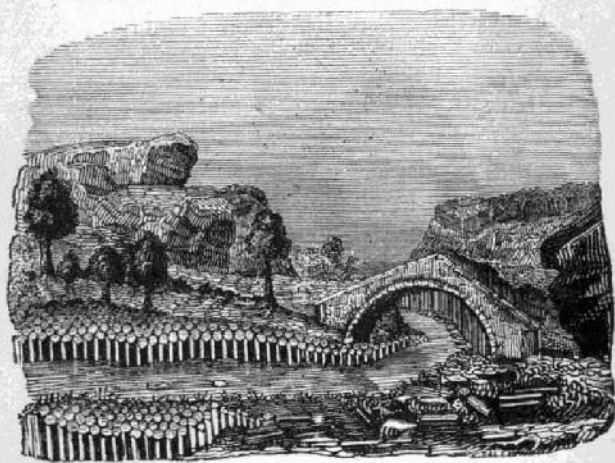


Fig. 205. — La calzada basáltica del Volante (Ardèche).

Las lavas, según lo hemos visto precedentemente, son vomitadas por los volcanes aun en nuestros días. Su composición es muy parecida á la de los basaltos; á menudo son muy celulosas, y en ocasiones bastante compactas para servir en la contrucción. En todos los países volcánicos hay casas construídas con lavas.

CUESTIONARIO.

- ¿Qué significa en geología la palabra roca?
- ¿Cómo se dividen las rocas?
- ¿Qué se entiende por rocas sedimentarias?
- ¿Qué se entiende por rocas eruptivas?
- ¿Cómo se dividen las rocas sedimentarias?
- ¿Cómo se dividen las rocas eruptivas?
- Hable V. del granito: ¿Cuáles son sus elementos?
- ¿Para qué sirve la mica?
- ¿Cuáles son las rocas porfíricas que conocéis?
- ¿Donde se las encuentran?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Insistir sobre la clasificación de las rocas. Explicar la diferencia entre los términos *sedentario* y *eruptivo*. Presentar á los alumnos algunos ejemplares de rocas sedimentarias. Excursión á una zanja donde sea visible la superposición de las rocas sedimentarias. Presentar ejemplares de rocas eruptivas.

Hacer notar la presencia del gneiss en los granitos.

II.

Rocas sedimentarias. — A. Las rocas silicosas.

Las principales rocas silicosas son el *cuarzo* ó cristal de roca, el *silex* ó pedernal, la *piedra molar* y el *tripoli*; vamos á trabar conocimiento con esas piedras, y veréis hasta qué punto son todas útiles al hombre.

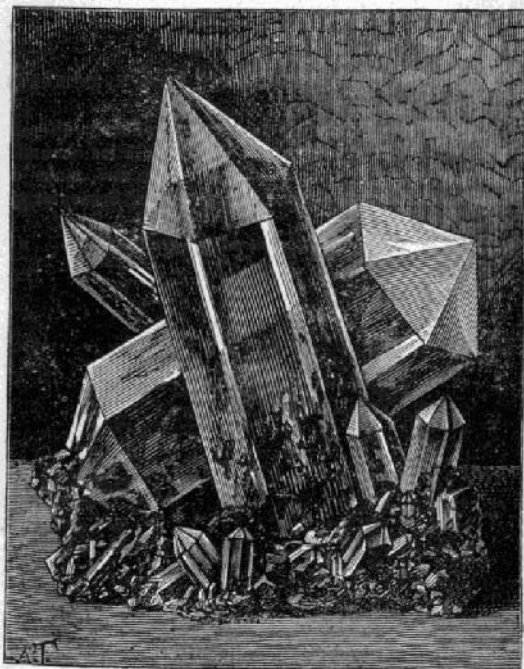


Fig. 206. — El cristal de roca.

Cristal de roca. — El cuarzo es llamado *cristal de roca*

porque se encuentra á menudo en hermosos cristales limpidos y transparentes en las montañas; es común en los Alpes del Delfinado, en la región de Tarento y en Madagascar; los cristales son *prismas* de seis facetas terminadas por pirámides, que tienen igual número de caras (fig. 206).

El cristal de roca se emplea en joyería para imitar el diamante; también se fabrican con él borlas para lámparas, vasos de adornos y vidrios de óptica; es tan duro que raya el acero y corta el vidrio, pero es rayado fácilmente por el diamante.

Teñido por partículas de un metal llamado *manganeso*, el cristal de roca se convierte en *amatista*, esa hermosa piedra violada con que se fabrican pendientes tan lindos y tan brillantes collares. También se buscan otras variedades de cuarzo para adornos de las mujeres. Entre ellas citaremos el *topacio del Brasil*, el *rubi de Bohemia*, el *cuarzo negro ahumado*, el *cuarzo rodado* ó *guijarro del Rhin*, etc.

El silex, piedra de chispa ó pedernal. — El silex tiene la misma composición que el cristal de roca, pero es menos puro; no está cristalizado, y, cuando se le fractura, da pedazos de caras curvas (fractura concoidal). Los primeros hombres se servían del silex para fabricar sus armas y sus instrumentos, tallándolos á porrazos bien dirigidos, y haciendo con ellos hachas, cuchillos y puntas de lanzas ó de flechas. Los salvajes australianos se sirven también de los silex como lo hacía el hombre prehistórico (fig. 207).

El silex es casi tan duro como el cuarzo; raya el vidrio y los metales y da fuego en el eslabón, es decir, cuando se le roza violentamente contra una lámina de acero (Los fumadores se sirven del eslabón para encender mechas muy combustibles; los primeros fusiles llevaban un eslabón,

cuyas chispas inflamaban la pólvora; de ahí el nombre de *pie­dra de fusil* que se da á veces al *silex*).

Las variedades de *silex* son numerosas; *silex negros* y *amarillos* son los más comunes. Se les halla en forma de gruesos riñones en los terrenos cretáceos. Esos *silex* sirven para empedrar los caminos, y sin duda habéis visto á me-

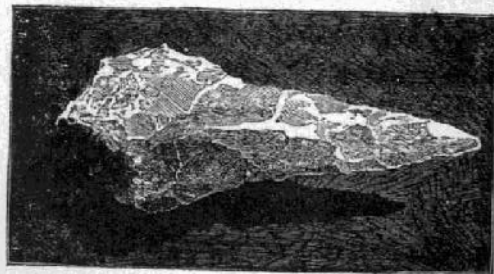


Fig. 207. — Silex tallado por el hombre prehistórico.

nudo montones de ese cuerpo á lo largo de los caminos reales; algunos pobres obreros los rompen con martillos de mango muy largo y los emplean para rellenar los baches. Los *silex* de eslabones más usados en Francia proceden de los departamentos del Seine-et-Oise, Yonne, Indre, Loir-et-Cher y Ardèche.

El *silex* es producido por el depósito de una sustancia que los químicos llaman *silice*; ciertas aguas la contienen en disolución. A veces la precipitación se efectúa por capas que tienen colores diversos, y esto es lo que ocurre con el *silex ágata*. Cuando se rompe una piedra de ágata, se ven las zonas de diversos colores depositadas como en una botella (fig. 208).

El ágata se usa mucho en la fabricación de bolos, de sellos, de morteros, pilones y moletas de pintores. Tam-

bién se la emplea para hacer camafleos: éstos son unas figuras esculpidas en una capa de ágata, y cuyo relieve se destaca sobre otra capa de color diferente.

Las ágatas de color blanco lechoso son las *calcedonias*; las encarnadas, las *cornalinas*; las amarillas, los *sardágitos*; las verdes, los *crisopasos*, y las rayadas paralela-

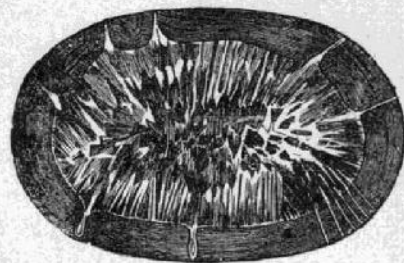


Fig. 208. — El ágata.

mente, los *ónices*: todas son susceptibles de un hermoso pulimento. Ciertos *silex* presentan un brillo graso y resinoso; llámaseles *silex resinitas*; una de las más hermosas variedades de ese *silex* es el *ópalo*. La explotación más considerable de ágata se encuentra en Oberstein (Prusia renana).

La piedra molar. — La *molar* ó *piedra molar* es una roca silicosa que presenta cavidades más ó menos extensas; esa roca ha sido depositada por aguas muy cargadas de *silice*, como las que salen de los *geysers* de Islandia, de los Estados Unidos (fig. 209), del Kamtchatka y de Nueva Zelanda.

Los más célebres *geysers* de Islandia son: el Gran Geyser y el Strokur en el valle del Rikum, á dos ó tres kilómetros de la ciudad de Skalholt. El Strokur, poco conside-

rable antes del temblor de tierra de 1789, es en la actualidad el geyser más importante de toda Islandia.

Sus aguas forman surtidores ó saltos que alcanzan cerca de 50 metros de altura y á veces 5 metros de diámetro; son intermitentes, y su temperatura varía entre 80 y 100 grados (210).

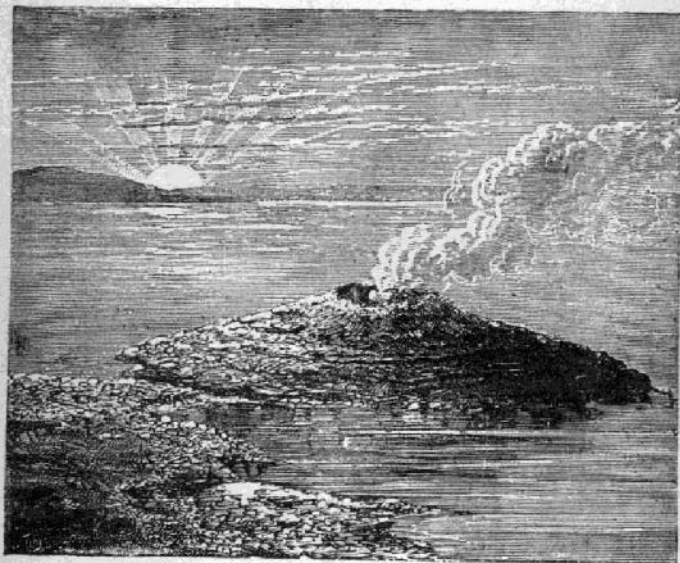


Fig. 209. — El Geyser de Yellowstone.

En todos los países de geysers se encuentran alrededor de esas fuentes piedras molares semejantes á las que se extraen de las capas geológicas.

Cuando las cavidades de la molar son pequeñas y numerosas, la roca es casi compacta, presenta reflejos blanco-azulados (la Ferté-sous-Jouarre, Montmirail y Champagne), y sirve para fabricar ruedas de molino. Cuando las cavidades

son mayores, no se puede emplearla en tal cosa, pero entonces tiene gran valor como piedra de construcción. Con esa piedra es con lo que se establecen los cimientos de las casas y todos los muros subterráneos, como los de las alcantarillas, porque la humedad no la atraviesa; en los alrededores de París, en Meudón y Montmorency, hay hermosos criaderos de molares para la construcción. Los restos de esas

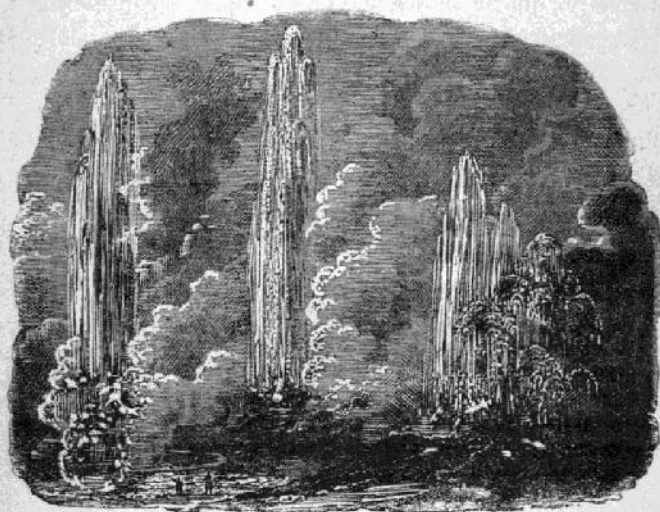


Fig. 210. — Los geysers de Islandia.

piedras son machacados y sirven para rellenar el piso de las grandes avenidas de la capital; se las machaca con grandes cilindros movidos por el vapor, y se las cubre de arena, que se introduce en los intersticios que quedan entre aquéllas.

El tripoli. — Se da el nombre de *tripoli* á una roca silicosa compuesta enteramente de costras de diatomadas.

Las diatomadas son unos vegetales microscópicos : se necesita una veintena de millones de ellos para obtener el peso de una cabeza de alfiler. Esas pequeñas algas están cubiertas por una delgada costra de sílice, y la acumulación por millones de esas costras es lo que produce la roca llamada tripoli. El tripoli más hermoso se encuentra en Bolding, en Bohemia, donde forma una capa de 4 metros de grueso, que se extiende por un espacio considerable. Se ha calculado que una pulgada cúbica de tierra de Bolding contiene 41.000 veces un mil de millón de costras microscópicas. El tripoli se emplea en la industria para el pulimento de los metales ; con esa sustancia es con lo que nuestras cocineras dan á sus cacerolas de cobre el brillo que todos conocéis. A esta roca se la llama en algunos puntos de España *pedra de ladrillo*.

CUESTIONARIO.

¿Cuáles son las principales rocas silíceas?

Describe V. el cristal de roca y sus variedades.

Describe V. el sílex y sus variedades.

¿Cuáles son los principales usos de los diversos sílex?

¿Qué es la piedra molar? Hable V. de su origen.

Uso de las piedras molares.

¿Qué es el tripoli?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Las rocas silíceas no producen ninguna efervescencia por la acción de los ácidos ; introducir sílex y cristal de roca en algún ácido. Esas rocas rayan el acero.

Experiencia del eslabón. La piedra de toque.

Presentar ejemplares de cristal de roca, de amatista, de sílex pegro y amarillo, de ágata, de ópalo, de molar. Examinar con el microscopio un trozo de tripoli.

III.

Las rocas silíceas (continuación).

Las arenas. — Todas las rocas silíceas, rodadas por las aguas y gastadas por su rozamiento recíproco, producen un polvo de partículas más ó menos gruesas, que es la arena.

Así es como las costas escarpadas cretáceas de la Mancha, dejando caer sus enormes pedazos silíceos, producen los cantos rodados y las arenas del litoral.

Esos pedazos de terreno silíceo al rodar continuamente, gastan sus ángulos y se ponen redondos y lisos. El guijarro se queda en el sitio por razón de su peso, y las arenas van á formar bancos movedizos, que los vientos y las aguas arrastran sin descanso.

Las arenas que constituyen capas geológicas, como las de Fontainebleau y de Beauchamps, tienen el mismo origen que nuestras modernas. Libres de materias extrañas y formadas únicamente de granos de cuarzo, esas arenas son blancas y pueden servir para fabricar el vidrio ; pero á menudo se las encuentra coloreadas por óxidos de hierro y entonces son amarillas ó rojizas.

Las arenas silíceas constituyen las llanuras áridas llamadas *landas* y los montículos denominados *dunas*. Los inmensos desiertos de Africa, quemados por el Sol y agitados por el *simún*, no son más que montones de arena (fig. 211).

Los bancos de cantos rodados pueden ser considerados como bancos de arena de gruesos elementos. Desde hace algunos años se les prefiere á todas las restantes rocas silíceas para los trabajos de cerámica.

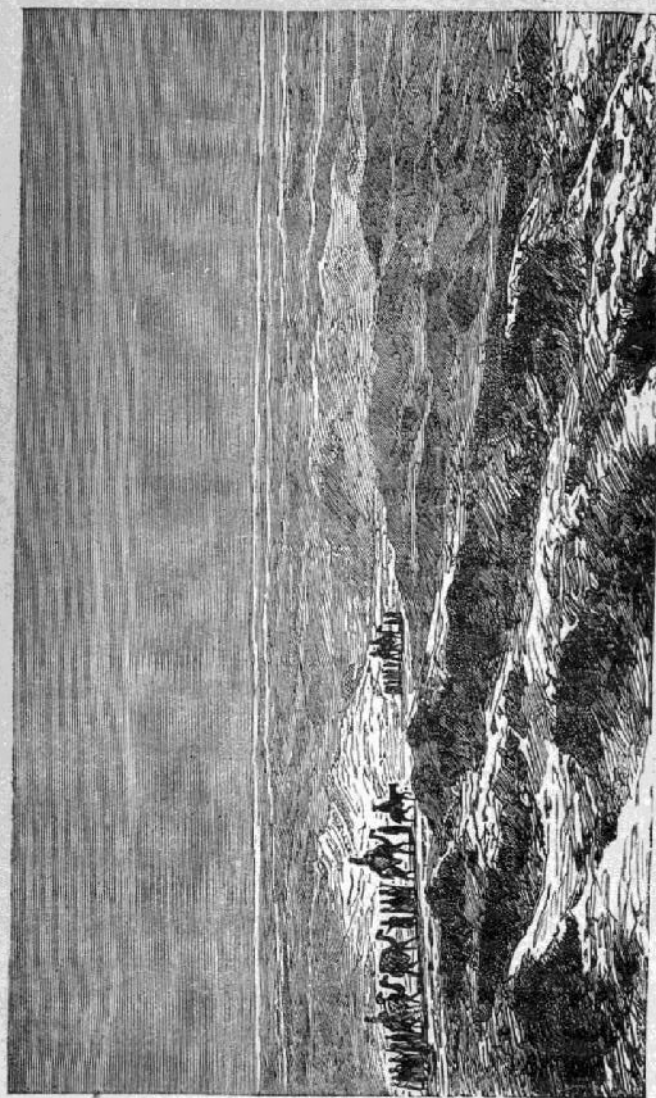


Fig. 314. — El desierto de Sahara.

Las arenas se utilizan en varias industrias. Cuando se mezcla con cal, dan la argamasa empleada en la construcción; también se hacen con ellas moldes donde se vierten el hierro fundido y el latón. Pero la aplicación más importante consiste en la fabricación de vidrios y cristales, de que hablaremos en seguida.

Los asperones. — Cuando las aguas que contienen sílice en disolución (aguas geysierianas) ó carbonato de cal (fuente incrustante de Saint-Allyre) bañan playas de arena, aglutinan los elementos de éstas. Entónces se forma una roca compacta que se llama conglomerado ó *asperón*.

Las arenas reunidas por el cemento silicoso forman asperones muy duros, que se denominan *asperones silicosos*. Las arenas de cemento calcáreo se empobrecen con mayor facilidad y forman asperones que se usan en el empedrado. Por ejemplo, las arenas de Fontainebleau son transformadas en asperones en ciertos puntos de su región. Los asperones sirven para hacer piedras de amolar.

Cuando lo que el cemento calcáreo aglomera son guijarros más ó menos grandes, se forma un asperón de granos voluminosos llamado *almendrilla*.

Fabricación de los vidrios y cristales. — Las arenas son infusibles, aun á las más altas temperaturas; pero cuando se las mezcla con ciertas sustancias, se funden y producen el vidrio, al unirse con las materias añadidas.

Plinio refiere que la casualidad fué lo que condujo á los fenicios al descubrimiento del vidrio. Según ese escritor, habiendo desembarcado unos mercaderes fenicios en las orillas del río Belus, hicieron con algunos pedazos de natrón una especie de hogar sobre la arena. Durante la cocción, esos trozos se fundieron y transformaron en vidrio las arenas sobre que descansaban. La leyenda de Plinio es di-

fácil de admitir, pues es más que probable que los fenicios al hacer su comida no produjeron un fuego bastante enérgico para obtener semejante resultado. Sea de ello lo que quiera, las fábricas de vidrio de Tyro, de Sidón y de Alejandría fueron célebres en la antigüedad. En las Galias y en España se empezó á fabricar el vidrio en el siglo primero de la era cristiana. Esa sustancia se vendía entonces muy cara. Cuéntase que Nerón pagó 600 francos por dos pequeñas copas que fueron llevadas á Roma. En el siglo tercero esa industria gozaba de gran prosperidad; en el sexto, todas las iglesias estaban provistas de vidrieras; pero cuando ese arte tomó en Francia su mayor desarrollo fué en tiempos de Luis XIV y de Colbert.

Todavía hoy los productos de dicha nación ocupan el primer lugar en los mercados extranjeros:

Para fabricar el vidrio, se mezcla arena de buena clase con sal de soda y creta, se coloca todo en crisoles de tierra refractaria (fig. 212), y se calienta en hornos á una tem-



Fig. 212. — Cisol de vidrieros.

peratura muy elevada (fig. 213). Cuando la materia está fundida, los vidrieros introducen en ella la extremidad de una larga varilla de hierro hueca y soplan en la pasta que han cogido hasta hacer con ella un globo (fig. 214).

Las formas que se dan al vidrio varían con el destino que

ha de recibir; unas veces el obrero sopla una botella; otras hace un ancho cilindro que se corta y se extiende sobre una superficie horizontal para hacer con él un vidrio de ventana, y en ocasiones se estira el vidrio para fabricar tubos y barras.

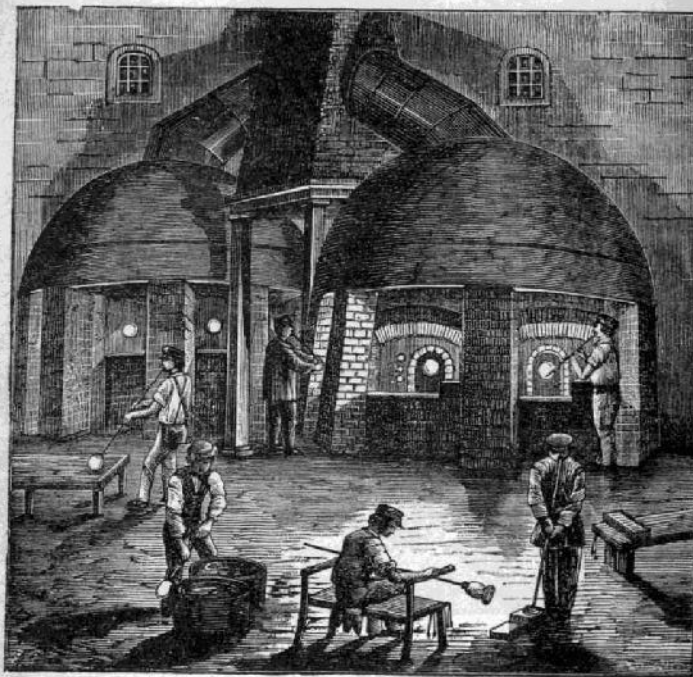


Fig. 213. — Vista de una cristalería.

El vidrio es sumamente precioso por la facilidad con que se le trabaja. se le puede teñir, soldar, moldearlo, y aun hacerle adquirir una dureza considerable.

Cuando se deja caer vidrio fundido en agua fría, forma

gotas, que estallan al romperles la punta. Se las llama *lágrimas batávicas*.

Reemplazando la soda del vidrio por potasa, se obtiene

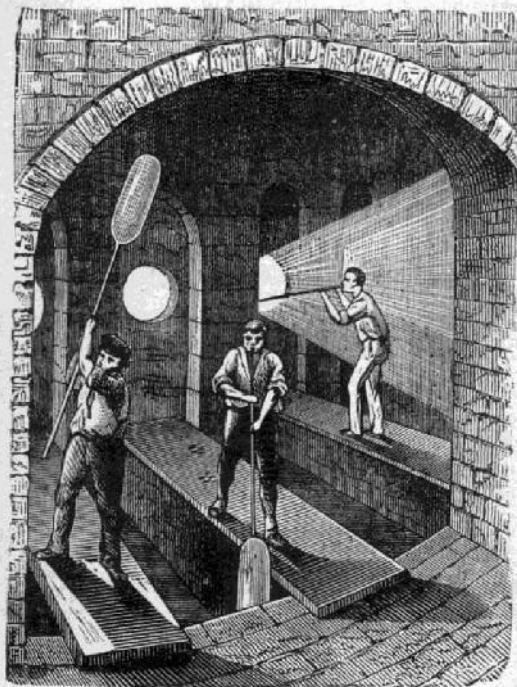


Fig. 214. — Trabajo del vidrio.

cristal; entonces se añade á la mezcla cierta cantidad de minio ú óxido de plomo.

En los laboratorios de química se trabaja el vidrio por medio de la lámpara de esmaltar (fig. 215); así es como se encorvan los tubos de los aparatos y como se soplan los globos de ensayo.

Muchas industrias se sirven de la misma lámpara para

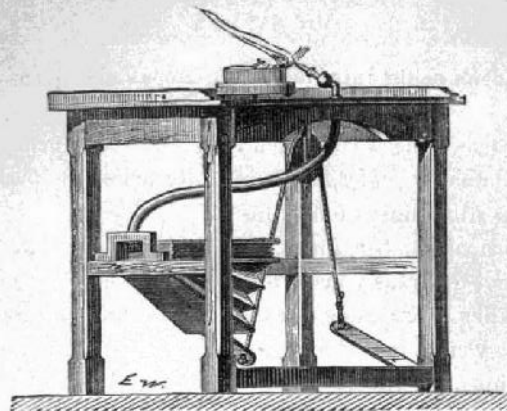


Fig. 215. — La lámpara de esmaltador.

fabricar piedras preciosas artificiales y objetos menudos de vidrio fundido, perlas, flores, etc.

CUESTIONARIO.

Explique V. el origen de las arenas y de los cantos rodados.

¿Cuál es el origen de los asperones?

¿Para qué sirven las arenas y los asperones?

¿A quién se atribuye el descubrimiento del vidrio?

Explique V. en algunas palabras la fabricación del vidrio y del cristal.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Presentar ejemplares de arena, de asperón, de cantos rodados, de almendrilla. Insistir sobre la fabricación del vidrio y hacer las experiencias indicadas por el asunto (fusión del vidrio, soplado, etc.). Visita á una cristalería. Nociones sobre el arte de esmaltar y sobre la fabricación de vidrios de colores.

IV.

Rocas sedimentarias. — B. Rocas arcillosas.

Las rocas ígneas contienen en gran abundancia un elemento llamado *feldespato*, cuya alteración ha producido las rocas aluminosas ó arcillosas.

La roca aluminosa más pura es el *caolín*; luego vienen las *arcillas* diversas y las *pizarras*. Vamos á entrar en algunos detalles sobre estas rocas, que son muy empleadas en las artes y en la industria.

El caolín. — El *caolín*, llamado también tierra para porcelana, entra como elemento fundamental en la composición de la pasta de esa loza. En Francia existen criaderos importantes de caolín, en Saint-Yrieix (Alto-Vienne), en los Pieux, cerca de Cherburgo y en Loutrossoa (Bajos-Pirineos). En China, Sajonia, Rusia é Inglaterra se encuentran grandes depósitos de la roca en cuestión.

El criadero de Saint-Yrieix, descubierto en 1763, es el que alimenta la fábrica de porcelana de Sevres y que sirve para la exportación, sobre todo con destino á los Estados Unidos.

El caolín es blanco, suave al tacto, forma pasta con el agua y se adhiere á la lengua, apoderándose de la humedad que cubre ese órgano. Por lo demás, ese carácter pertenece á todas las rocas arcillosas y permite reconocerlas fácilmente.

Las arcillas. — Lo mismo que el caolín, la *arcilla plástica* proviene de la descomposición de los feldespatos, pero es mucho menos pura; los óxidos de hierro la coloran. La arcilla más hermosa es la arcilla *plástica*, que los escultores

emplean para modelar sus estatuas; en Vaugirard, á las puertas de París, hay un criadero célebre de esa sustancia. Después de la cocción toma un vivo color encarnado. Otra arcilla plástica igualmente buena está naturalmente teñida de rojo y sirve para los mismos usos.

A veces la coloración de las arcillas es tan intensa, que se las emplea para la fabricación de los colores, como son los *ocres*, las *sanguíneas*, las *tierras de sombras* y de *Siena*, etc.

La arcilla mezclada naturalmente de arena toma el nombre de *tierra gredosa*. Ya sabéis que se la emplea en la elaboración de los ladrillos.

Mezclada con un poco de creta, es la *tierra de pipa*, y con mucha creta, la *marga*. La marga es un elemento precioso de que los cultivadores se sirven para dar consistencia á las tierras demasiado arenosas, que así se hacen más productiva.

La *tierra de batán* sirve principalmente para el desengrasado de los paños y otras telas de lana; no forma pasta con el agua, pero tiene la propiedad de absorber rápidamente los aceites y las grasas con que se han impregnado las lanas para facilitar las operaciones de hilado y tejido.

En todos los países hay tierras de batán. Las más renombradas de Francia son las del Indre, del Isère y del Aveyrón.

En Argenteuil, cerca de París, encima de las capas de piedra de yeso, existe una marga, tierra de batán, que se vende en la capital con el nombre de piedra para quitar manchas ó jabón de los pobres. Esa sustancia desengrasa perfectamente las telas, sobre todo si se la mezcla con un poco de soda, cuerpo que entra en la composición de los jabones ordinarios.

Las pizarras. — La *pizarra* es una roca que se puede cortar en láminas muy delgadas. Proviene de la transfor-

mación de las arcillas muy antiguas depositadas durante las primeras edades de la tierra; á menudo se le da el nombre de *esquisto pizarroso*, porque en geología la palabra *esquisto* es aplicada á todas las rocas que pueden dividirse en placas.

La pizarra resiste muy bien á la humedad y al calor, por lo cual se la emplea en numerosas circunstancias. Sirve para cubrir los techos, para empavesar los suelos húmedos, y como es susceptible de hermoso pulimento, se fabrican con ella mesas de billar, consolas, chimeneas, etc.

Las pizarras tienen todos los colores de las arcillas: las más comunes son las grises y las rojas. En Francia se explota esa sustancia en el Anjou y las Ardennes. Las pizarreras de Angers se extienden de Trélazé á Avrillé, presentando 8 kilómetros de largo y 150 metros de profundidad; las de las Ardennes están en Rimogne y Fumay.

Desde hace algunos años con objeto de aumentar la solidez de las pizarras para techos, se las cuece en un horno de ladrillos; entonces toman un color que recuerda el de la arcilla cocida.

En Italia existen hermosas pizarreras, en la provincia de Génova, así como en Suiza y en Inglaterra.

CUESTIONARIO.

- ¿Cuáles son las principales rocas aluminosas?
- ¿De dónde proceden?
- ¿Qué es el caolín y dónde se le encuentra?
- ¿Qué es la arcilla, la tierra gredosa, la tierra de pipa, la marga?
- ¿Qué es la tierra de batán?
- ¿Qué es la pizarra? ¿Dónde se halla la pizarra?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Presentar ejemplares de feldespato, de caolín, de arcilla, de sanguínea, de tierra gredosa, de tierra de pipa, de marga, de tierra de batán, de pizarra, etc. — Experiencias con la arcilla plástica, modelado, cocido.

V.

Empleo de las rocas arcillosas.

Arte del alfarero ó cerámica. — Hemos dicho en la lección precedente que las rocas arcillosas son muy empleadas en las artes y en la industria; en efecto, los primeros hombres, después de haber fabricado armas para su defensa y vestidos de pieles de animales para preservar sus cuerpos de las intemperies, inventaron desde los comienzos de la civilización el *arte del alfarero*, trabajando las rocas arcillosas que acabamos de estudiar en compañía.

La *cerámica* puede, por tanto, ser considerada como una de las industrias humanas más antiguas: entre los Hindús, los Chinos y los Japoneses es donde hizo sobre todo progresos más rápidos.

Todos los objetos de alfarería conocidos pueden ser clasificados de la manera siguiente (1):

PRIMERA CLASE: Objetos de *pasta poco consistente y porosa después de la cocción*.

SEGUNDA CLASE: Objetos de *pasta dura é impermeable después de la cocción*.

A la primera clase pertenecen las *tierras cocidas* de arte: los ladrillos, las tejas, los cristales para ventanas, los tubos de desagüe, los tiestos para flores, los hornillos de tierra, los crisoles de química y las botellas llamadas alcarrazas; ninguno de esos objetos está cubierto por un barniz. Otros los hornillos de calefacción, las cántaras y lezas bastas se colocan en la misma clase, pero se distinguen de los prim

(1) J. Girardin, *Chimie appliquée aux arts industriels*, G. Masson, etc.

ros en que están cubiertos por una especie de vidriado brillante é impermeable que se llama barniz, baño ó esmalte.

A la segunda clase pertenecen las fuentes de cocina, las lozas finas y las porcelanas.

Fabricación de los objetos porosos de alfarería. — Las

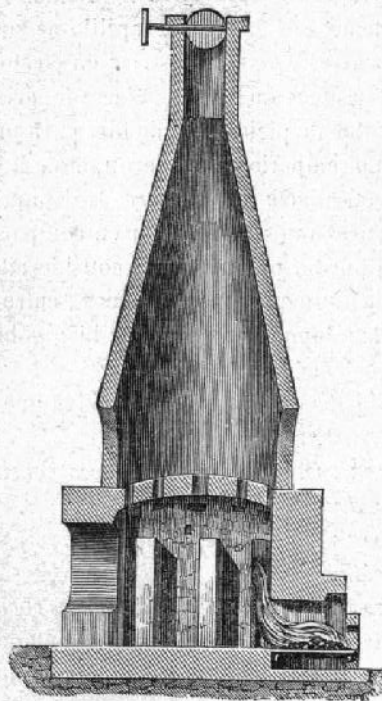


Fig. 216. — Horno para loza.

tierras cocidas son modeladas por los escultores con la mejor arcilla plástica, fácil de trabajar y que no contiene guijarros. Esta arcilla experimenta una contracción considerable cuando se la cuece, es decir, que disminuye mucho

de volumen, por lo cual se tiene cuidado de exagerar las dimensiones de los objetos modelados antes de meterlos en el horno.

Para fabricar las *tejas* y los *ladrillos* se mezcla arena con arcilla, ó bien se emplea tierra gredosa, que es, como sabemos, una mezcla natural de arena y de arcilla la materia,



Fig. 217. — Barnizado de la loza.

bien amasada con agua, se moldea primero en formas de madera y se seca en el aire, después de lo cual se la cuece en el horno durante varios días. Los ladrillos de horno de vidriero son hechos con materiales muy puros, pues tienen que resistir sin alterarse un calor intensísimo.

Las *alcarrazas* se fabrican con margas arcillosas adicio-

nadas con arena fina; se las cuece á temperatura poco elevada para que conserven una gran porosidad.

Los hornillos, las cántaras y la loza basta exigen una pasta arcillosa mezclada con creta y arena; se lava esa tierra y se la deja podrir en fosos, y luego se la amasa con los pies durante mucho tiempo para volverla homogénea. Infelices obreros *andan la tierra*, como se dice, por espacio de bastantes días, apoyados en una barra fija, danzando sobre la pasta con los pies descalzos.

La cocción de las lozas se efectúa dos veces en un horno especial (fig. 216). Primeramente se colocan los objetos en el piso superior del horno, donde se realiza la primera cocción que los *bizeocha*, y luego se les remoja en agua cargada de un polvo fusible (*calderada de estaño*) que será el esmalte (fig. 217). En la segunda cocción, en el piso inferior del horno, el polvo fusible se funde y cubre el objeto con su barniz impermeable.

Fabricación de los objetos no porosos de alfarería. —

La loza fina, en vez de tener un brillo opaco y una tierra porosa como la loza basta, presenta un esmalte transparente y una tierra fina, sonora, que no se deja atravesar por el agua. Se la fabrica, en Francia, en Sarreguemines, en Montereau, en Creil, en Chantilly, en Choisy, en Gien, en Burdeos, en Nevers, etc...

La *porcelana* es la más hermosa de todas las lozas; se la prepara con caolín, arenas muy puras y feldespato.

«La porcelana es de origen chino; en los tiempos de Han, 163 años antes de Jesucristo, era ya conocida; pero los vasos de esa materia no se generalizaron hasta la dinastía de los Sui de 581 á 618 después de la era cristiana. Los célebres hornos de King-te-tchin, situados al este del lago Payang, en número de 3.000, que ocupan un millón de

obreros, no fueron establecidos antes del año 1000. En 1518, un año después del descubrimiento de las costas de la China por el portugués Fernando de Andrada, fué cuando apareció por primera vez en Europa la porcelana del Celeste Imperio. La palabra *purcelana*, que se convirtió más tarde en *porcelana*, procede evidentemente de *porcellana* ó más



Fig. 218. — El torno de alfarero.

bien *porcolana*, que significa en portugués taza, escudilla ó cualquier otra vasija de tierra. Durante mucho tiempo se empleó esa loza sin conocer su naturaleza; y sólo mucho más tarde, en 1709, fué cuando Federico Böttger, alquimista al servicio de Augusto I, elector de Sajonia, después de varios años de ensayos, llegó á fabricar porcelana seme-

jante en todo á la de la China y del Japón, y á fundar la primera manufactura de ese género en Europa, en la pequeña ciudad de Meissén, sobre las orillas del Elba. En Francia, Réaumur, como término de largas investigaciones comenzadas en 1729, descubrió por su parte el procedimiento de fabricación de la porcelana tierna, y el químico Macquer estableció en Sevres en 1769 la fabricación de la porcelana dura parecida á la Sajonia, sirviéndose del cao-

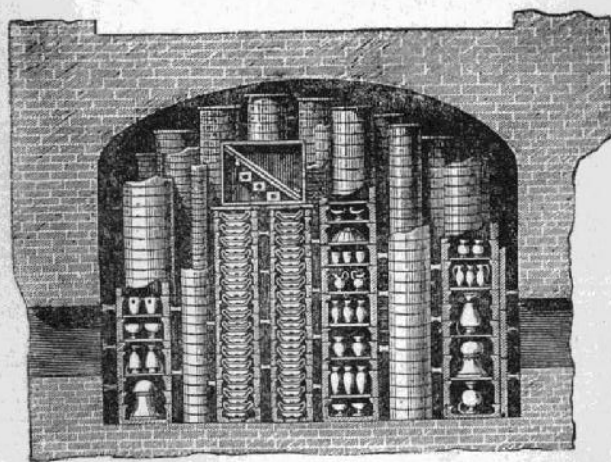


Fig. 219. — Piezas de porcelana en cajas.

lin que acababa de ser hallado en Saint-Yrieix, cerca de Limoges (J. Girardin).

Para fabricar la porcelana se pulverizan muy bien el caolín, la arena y el feldespato, se remoja la mezcla y se la pisa en una fosa, en la forma antes explicada. El modelado se efectúa, ya por medio de formas (moldes) ya empleando el torno de alfarero (fig. 218). Las piezas modeladas se someten

á la primera cocción, que les comunica cierto grado de dureza; luego se las barniza.

Cuando las piezas están preparadas se las coloca en cilindros de tierra refractaria que se llaman *cajas* (fig. 219) y que las protegen contra el humo del horno.

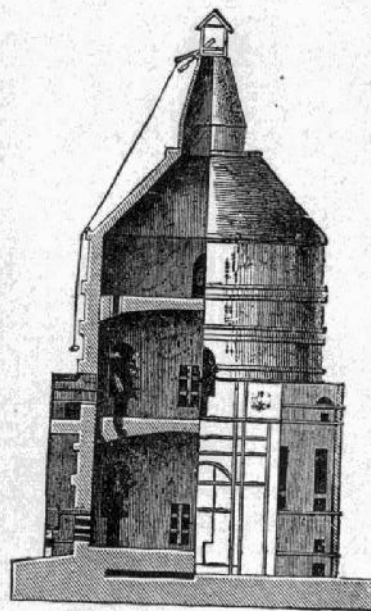


Fig. 220. — Horno para porcelana.

El horno para porcelana tiene tres pisos; la primera cocción se efectúa en el piso superior (fig. 220) y la cocción definitiva en los dos inferiores.

Estas dos partes del horno se calientan por medio de fogones laterales.

Antes de retirar del horno, se dejan enfriar lentamente

las piezas de porcelana que se volverían muy frágiles, si no se tomara esa precaución.

Se puede adornar la porcelana empleando colores especiales, fabricados con vidrios de colores pulverizados y esencia de trementina. Esos vidrios, de positados sobre la porcelana, se funden y la cubren con un segundo esmalte.

El arte de decorar la porcelana ha alcanzado su más alto grado de perfección en la célebre manufactura nacional francesa de Sevres (fig. 221).

CUESTIONARIO.

¿Qué es la cerámica?

¿Cómo se dividen los objetos de alfarería?

Presente V. ejemplos de objetos de alfarería de pasta porosa.

Presente V. ejemplos de objetos de alfarería de pasta no porosa.

¿Cómo se fabrican las tejas, los ladrillos y las alcarrazas?

Diga V. lo que sepa sobre los objetos artísticos llamados tierras cocidas.

¿Cómo se fabrica la loza?

¿Cómo se fabrica la porcelana?

Diga V. algunas palabras sobre la historia de la porcelana.

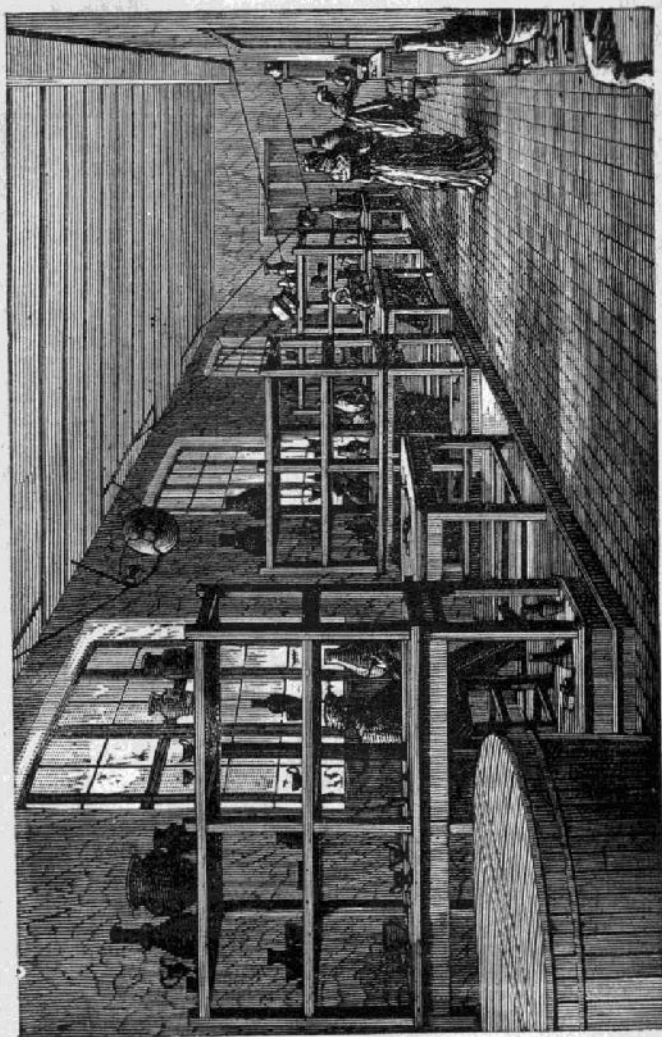
¿Cómo se puede decorar la porcelana?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Lecturas y relaciones acerca de la cerámica. Presentar ejemplares de tierras cocidas y de objetos diversos de alfarería. Explicar por qué las alcarrazas refrescan el agua. Grandes centros manufactureros de cerámica en el extranjero y en el país del alumno; productos de las distintas fábricas. Visita a los museos de cerámica y a las manufacturas de localidad.

Arte del modelado, de la escultura, colocación en el foco, etc.

Fig. 221. — Sala de esmaltado de la manufactura de Sevres.



VI

Rocas sedimentarias. — C. Las rocas calcáreas.

Las *rocas calcáreas* se dividen en dos grupos : aquellas cuya cal se encuentra combinada con el ácido carbónico y las en que la cal se combina con el ácido sulfúrico. Las primeras son las *rocas calcáreas propiamente dichas*; las segundas las *rocas yesosas*.

Rocas calcáreas propiamente dichas. — Las *rocas calcáreas propiamente dichas* son todas descompuestas por la acción de los ácidos y producen efervescencia cuando se las sumerge en vinagre; el gas que entonces queda libre es el ácido carbónico que aquéllas contienen; la más pura de esas rocas es el carbonato de cal cristalizado, que generalmente recibe en geología el nombre de *espato de Islandia*.

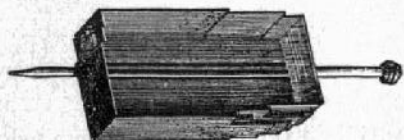


Fig. 222. — Espato de Islandia.

El espato de Islandia es á menudo muy transparente. Ese cuerpo dista mucho de ser tan duro como el cristal de roca, y es fácil rayarlo con un punzón de acero; presenta el fenómeno curioso de la doble refracción (fig. 222), es decir, que cuando se mira un objeto á través de un cristal de espato, se le ve doble.

El *calcáreo saccaroide*, llamado así porque se parece al azúcar, está formado de granos brillantes, semi-transpa-

rentes ó translúcidos : ese es el MÁRMOL BLANCO, único que emplean los escultores. Las canteras de mármol estatuario más célebres son las de Paros (archipiélago griego), de Carrara (ducado de Módena), de Seravezza (Toscana) y de la isla de Elba.

Los *mármoles de colores*, ó *jaspes* no tienen el aspecto cristalino del calcáreo saccaroide; se les emplea en la decoración de los edificios, desde la más remota antigüedad; son bastante duros para resistir á las intemperies y pueden adquirir un hermoso pulimento. Los más conocidos son las *mármoles negros* de Dinant y de Namur, el *mármol guindo* de Narbona, el *amarillo de Viena*, el *sarrancolino*, el *portor* (negro con vetas amarillas), el *tangara*, el *gran antiguo* y el *Santa Ana*, notables por sus tintas; es fácil ver colecciones de esos mármoles en los museos de geología y en las colecciones formadas por los arquitectos. En Francia existen buenas explotaciones de mármoles en el Ariège, en el Aude, en los Pirineos, en el antiguo condado de Francia, etc. El pulimento de los mármoles se efectúa frotando su superficie con polvos duros más ó menos finos; se empieza por allanarlos con asperón, luego con piedra pómez, con el esmeril, con ocre de Inglaterra y con limadura de plomo; las operaciones duran varios días.

El CALCÁREO LITOGRAFICO puede adquirir el pulimento del mármol; contiene un poco de arcilla, y su pasta compacta lo hace propio para reproducir con claridad las líneas de un dibujo. En Baviera se encuentran magníficos criaderos de esa sustancia. Un cantante del teatro de Munich fué el inventor de la litografía (1799). Este arte consiste en dibujar con un creyón graso, sobre la piedra pulimentada, la imagen que se quiere reproducir, lavándola en seguida con un ácido. El ácido descompone el calcáreo, excepto en los

puntos preservados por la tinta grasa, y el dibujo queda en relieve; después se le cubre de tinta de imprenta para sacar pruebas sobre papel.

La CRETA es un calcáreo compacto, desmenuzable, que contiene un poco de sílice y gran cantidad de restos de foraminíferas (fig. 223). Las costras de esos seres microscópicos componen sin mezcla alguna, por decirlo así, terrenos enteros. Las canteras de creta son muy explotadas para la fabricación de la tierra blanca y de la cal, de que hablaremos en la lección próxima.

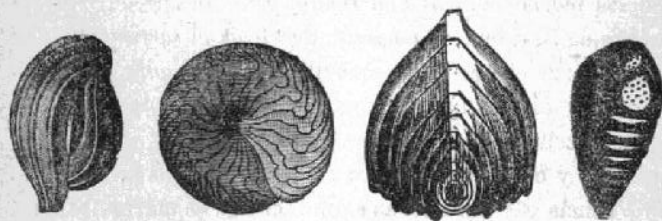


Fig. 223. — Las foraminíferas de la creta.

La creta no es rara en Francia; se la encuentra en Meudon, cerca de París (fig. 224), forma las hermosas costas escarpadas de la Mancha (fig. 225), y constituye también el subsuelo de gran número de departamentos (Normandía, Champagne, etc.). En la Turena se la utiliza para la construcción, y en el mismo país se ven habitaciones labradas en la creta cuyo aspecto es muy pintoresco. La creta se deposita aún a la hora presente en el fondo de los mares, sobre todo cerca de las islas *madrepóricas*; ese hecho ha sido comprobado por sondajes numerosos.

La creta no es soluble en el agua ordinaria, pero si lo es en el agua de Seltz, es decir, en agua cargada de ácido carbónico; esa propiedad ha dado origen a la formación de

rocas calcáreas muy interesantes. En efecto, en gran

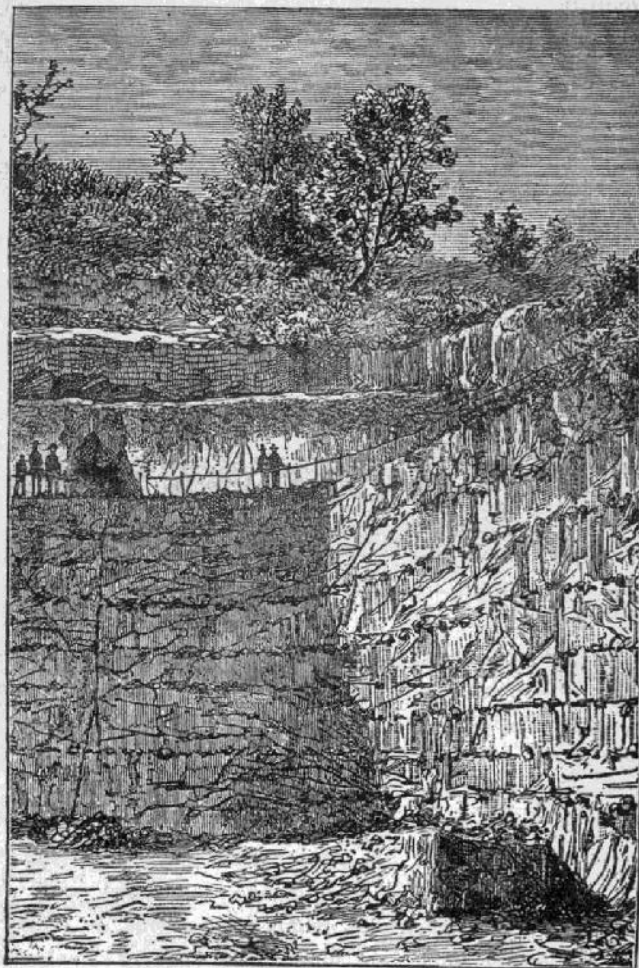


Fig. 224. — Una cantera de creta en Meudon, cerca de París.

número de casos el agua natural, que contiene ácido car-

bónico libre, penetra en el suelo, y allí se carga de carbonato de cal; si ese agua vuelve en seguida al aire, el ácido que contiene se desprende, y el carbonato de cal se deposita. De este modo se explica la formación de las *estalactitas* y de las *estalagmitas*.

El agua que la bóveda de una gruta deja pasar, puede caer gota á gota sobre el suelo, abandonando cierta cantidad



Fig. 225. — Costas escarpadas de creta en Etretat.

de calcáreo; así resulta una columna descendente, la *estalactita*, y debajo, una columna ascendente, la *estalagmita* (fig. 226). En los Pirineos existen hermosas grutas de estalactitas, entre otras la *gruta del Gato*, cerca de Bagnères de Luchón; en la provincia de Namur se encuentra la magnífica *gruta de Han*, compuesta de veinte y dos salas diferentes cubiertas de adornos calcáreos incomparables (fig. 227); en el Archipiélago griego, la célebre *gruta de Antiparos*, y en América las *grutas del Mammut*, de *Wegers* y la *Fountain Cave*, que numerosos viajeros acuden á visitar.

El calcáreo de las estalactitas es brillante y semi-transpa-

rente; á menudo se le da el nombre de *alabastro calcáreo* y

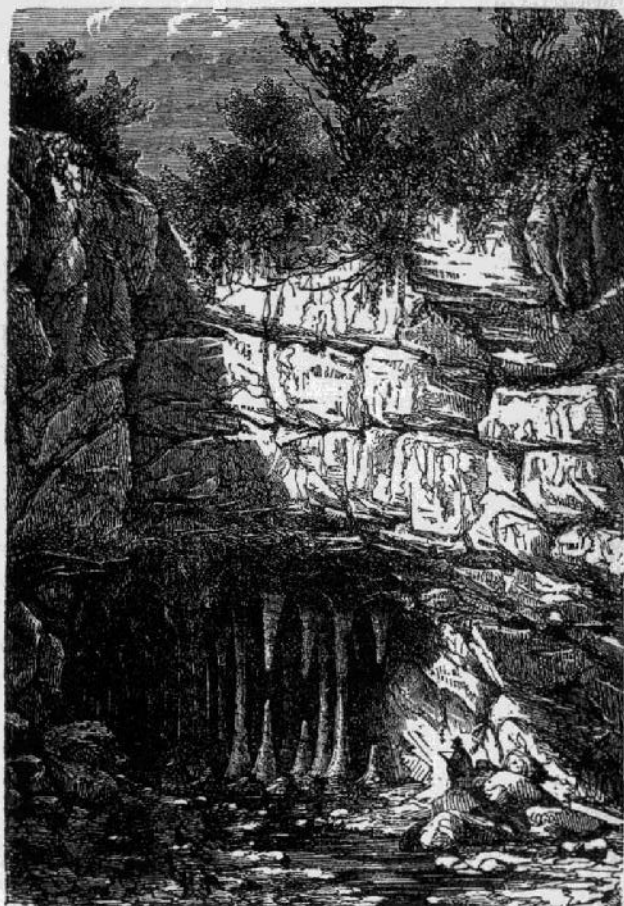


Fig. 226. — Gruta con estalactitas y estalagmitas.

con él se fabrican vasos, copas y estatuas; en las provincias de Granada y Málaga, en España, se hallan hermosas

canteras de ese alabastro, así como también en la isla de Malta y en Trapani (Sicilia).

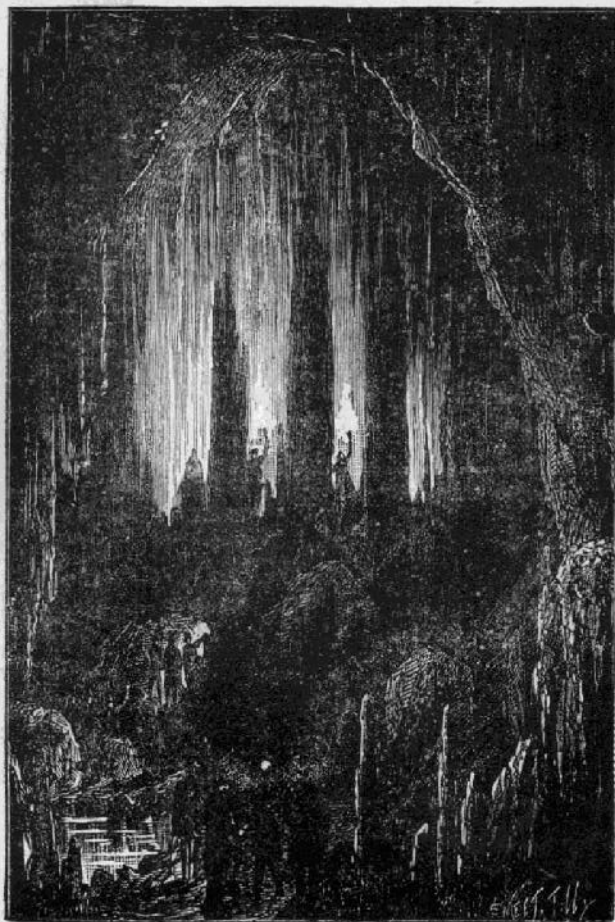


Fig. 227. — La Gruta de Han (Bélgica).

Ciertas aguas están cargadas hasta tal punto de calcáreo

en disolución, que forman incrustaciones sobre todos los objetos que en ellas se sumergen; tales son las aguas de la *fuelle de Saint-Ayre* en Clermont (Auvernia), las de Saint-Nectaire (Puy-de-Dôme) y de Orcher, cerca del Havre. Esas aguas son las mismas que, en las edades geológicas, produjeron los calcáreos compactos y veteados que se llaman TRAVERTINES, los calcáreos granulosos *oolíticos* y *pisolíticos* constituidos por granos que se parecen á huevos de



Fig. 228. — Las catacumbas son antiguas canteras debajo de París.

peces ó á guisantes, las *brechas calcáreas* y las *lumaquelas*.

Se llama *brechas* á unos trozos de calcáreo soldados por medio de un cemento natural calcáreo, y *lumaquelas* á unas conchas soldadas entre sí de la misma manera; las *brechas* y las *lumaquelas* son á menudo tan compactas y tan duras, que se las utiliza como mármoles; tales son las *brechas* del Ariège y de Andalucía, las *lumaquelas* de Troyes, de Narbona, de Brest y de las Ecausinas, cerca de Mons, en Bélgica. Los travertines son comparables á los depósitos

formados por las calderas de las máquinas de vapor; á veces tienen un grueso enorme y se les utiliza para la decoración de los edificios y la fabricación de los mosaicos.

El CALCÁREO GROSERO, *calcáreo grueso* ó *calcáreo de construcción* es un calcáreo impuro, cargado de cantidades variables de arcilla y de arena; es en extremo precioso para la construcción: en otra época se le explotaba en galerías situadas bajo el suelo de París (fig. 228). Los arquitectos distinguen dos grupos de piedras para edificar: las *piedras duras* como las de Château-Landón, de Caén, de Saint-Ylie, de Grimault, en Francia y de Rombaux, en Bélgica, que pueden ser utilizadas al salir de las canteras, y las *piedras blancas*, como las de París, de Ruen y de Lille, que hay que dejar secar en el aire después de extraerlas, durante mucho tiempo. En Canarias las llaman respectivamente cantería azul y cantería blanca.

Las piedras blancas empleadas demasiado pronto se rajan á menudo durante las grandes heladas, perdiendo sus ángulos y gastándose bajo la acción de los movimientos atmosféricos.

El calcáreo grueso se prepara en forma de *cantos* y *piedras de sillería*. Estas miden á veces muchos metros cúbicos; aquéllos no pasan de algunos decímetros.

CUESTIONARIO.

- ¿Cómo se dividen las rocas calcáreas?
- ¿Cuál es el carácter que distingue las rocas calcáreas propiamente dichas?
- ¿Qué es el espato de Islandia?
- ¿Qué es el calcáreo sacarroide?
- Indique V. las diversas especies de mármol que conozca.
- Hable V. del calcáreo litográfico.

Diga V. lo que sepa sobre la creta.

¿Cuáles son las variedades de calcáreos concrecionados y travertines?

¿Qué es el calcáreo grueso?

¿Cómo se le explota?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Tratar creta, mármol y piedra de construcción por medio de un ácido, para hacer ver la efervescencia del carbonato de cal. Doble refracción del espato de Islandia. Presentar á los alumnos ejemplares de todas las rocas citadas en esta lección. Lecturas y relaciones sobre las grutas célebres y acerca de las catacumbas. — Trabajo del picapedrero.

VII.

Las rocas calcáreas (continuación) Sus usos.

Rocas yesosas. — En las rocas yesosas, la cal, en vez de estar unida al ácido carbónico, se halla combinada con el ácido sulfúrico; de ahí resulta que esas rocas *no producen efervescencia por los ácidos* como las anteriores, de las que pueden ser así fácilmente distinguidas. Los yesos son rocas tiernas que se pueden rayar con la uña. Hay distintas variedades: la *piedra especular*, el *alabastro yesoso* y la *piedra de encalar*.

La piedra especular es sulfato de cal cristalizado en forma de láminas, que los antiguos utilizaban para hacer tejas brillantes (*speculum*, espejo), que reflejaban los rayos del Sol. Los cristales de yeso tienen generalmente la forma de puntas de lanza ó de tablas (fig. 229); se dividen en láminas con mucha facilidad. Los obreros dan al yeso punta de lanza el nombre original de *espejo de borrico* y también de *piedra de Jesús*. Se les halla en los criaderos de piedra de encalar.

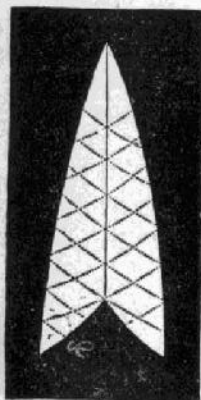


Fig. 229. — Yeso en forma de punta de lanza.

El *alabastro yesoso* se parece en su aspecto al mármol blanco más hermoso; es una roca de color blanco de nieve con la cual se fabrican objetos de arte. Los alabastros más bellos son los de Volterra, en Toscana; se explotan igualmente, en Lagny (Francia), algunos cuyo color es

agrisado; todos presentan el inconveniente de rayarse por efecto del menor choque; así es que los objetos esculpidos de alabastro yesoso se deben conservar bajo fanales de vidrio.

La más útil de las rocas yesosas es la *piedra de encalar*, que se encuentra formando capas considerables en los alrededores de París y en otros muchísimos puntos. Las canteras parisienses se vienen explotando desde el siglo catorce, habiendo suministrado durante mucho tiempo los materiales necesarios para las construcciones de Francia, de Inglaterra y aun de América; todavía hoy son para la gran ciudad un manantial de riquezas.

Si visitáis una explotación de piedra de encalar (vulgarmente se la llaman *yese*) observaréis que las capas de la roca están separadas unas de otras por depósitos de marga ó de arcilla, ya blancas, ya de colores.

Usos de las rocas calcáreas. — Casi todas las rocas calcáreas se emplean en la construcción; ya hemos tratado ampliamente este punto al hablar de los mármoles, de los calcáneos compactos y de los calcáneos gruesos; quedanos sólo que decir algunas palabras sobre la fabricación de la *cal*, de las *argamasas*, de los *cementos*, de los *betones* (una especie de cemento que se emplea en las estribaciones de los edificios) y del *yese*.

Para hacer cal, se toma creta ó calcáreo grueso, y se coloca en trozos dentro de un horno, según lo indica la figura 230. Cuando el horno está lleno, se enciende un fuego de leña, que se activa poco á poco hasta que la llama salga por la parte superior de aquél, sin dar ningún humo; en seguida se apaga gradualmente, teniendo cuidado de dejar enfriar antes de sacar la cal.

En los hornos en que se gasta carbón de piedra, se dis-

ponen calcáreo y el combustible en forma de capas sucesivas como se puede ver en la figura 231.

La cal que sale del horno se llama *cal viva*, y es calcáreo al que se ha sustraído su ácido carbónico por medio del calor; dicha sustancia *no sigue produciendo efervescencia*, ni aunque se la trate por un ácido fuerte, pero se *infla* con el agua, es decir, que aumenta de volumen y se

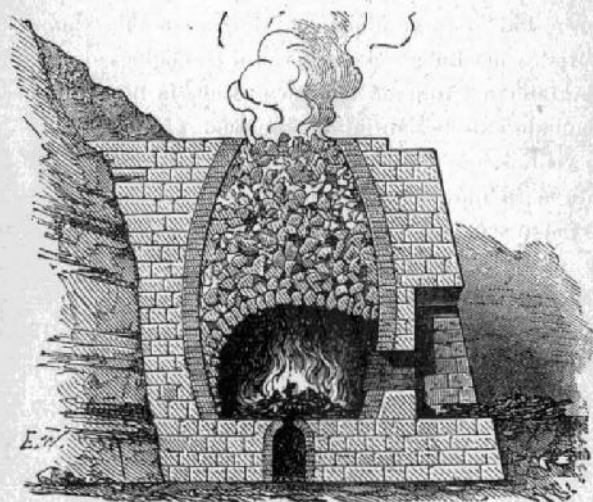


Fig. 230. — Horno para cal.

calienta absorbiéndola. En seguida que ha tomado toda el agua que puede contener, se dice que la cal está *apagada*. Después de eso no vuelve á inflarse.

Con la cal y la arena se fabrican *argamasas* para establecer las piedras, ligándolas entre sí, y cubrir los muros; todos vosotros habéis visto las cubetas de arena en que los mamposteros apagan la cal y hacen la mezcla de

que hablo; delante de todas las casas en construcción existe alguna.

La cal que se infla mucho se llama *cal grasa*; la que aumenta poco de volumen, *cal pobre*, y la que se endurece en el agua *cal hidráulica*. Las cales hidráulicas se obtienen empleando calcáreos arcillosos; sirven para la fabricación de los cementos célebres de Portland y de Vassy; son las únicas que cabe usar en las construcciones sumergidas en agua.

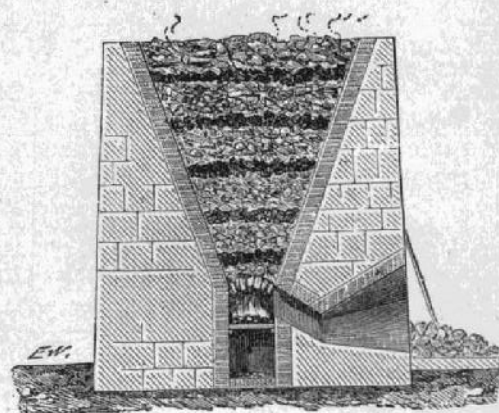


Fig. 231. — Horno para la cocción con carbón de piedra.

Los *betones* son unas mezclas de cales grasas, de arcillas cocidas y de pequeñas piedras porosas, que resisten muy bien á la acción de las aguas del mar. Al célebre ingeniero francés Vicat (1786-1861), se debe el descubrimiento de los cementos modernos, tan sólidos como los antiguos *cementos romanos*, y más fáciles de obtener.

Para preparar el *yeso* se emplea la piedra de ese nombre, que se cuece (fig. 232) hasta que deje de desprenderse

vapor de agua. Como la piedra de encalar es un sulfato de cal combinado con agua, esta última sustancia es lo que desaparece al efectuarse la calcinación. El yeso, convenientemente *cocido*, reducido á polvo y amasado con su volumen de agua por el mampostero, se calienta y se transforma en algunos minutos en una masa blanca, que

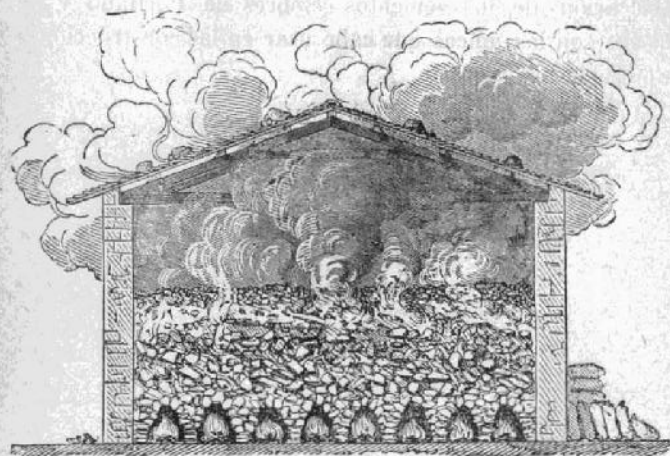


Fig. 232. — Horno para yeso.

poco á poco se vuelve dura y resistente. Se debe conservar el yeso al abrigo de la humedad; sin esa precaución, absorbe el vapor de agua contenido en el aire y *se pica*.

En el siglo diez y siete, Mathieu Danzmy, hijo de un mercader de Génova, tuvo la idea de amasar yeso con agua cargada de cola fuerte, descubriendo así el *estuco*, tan empleado en nuestros días. El estuco se pulimenta con facilidad y puede ser teñido de diversas maneras para imitar los mármoles más ricos y más raros; por desgracia, resiste mal los choques y se raya rápidamente. Sin em-

bargo, es un adorno excelente para las partes elevadas de los edificios, como los cielos rasos y los artesonados.

El yeso más fino y más puro se usa para hacer los bocetos de estatuas y medallas; con esa sustancia se obtienen muy buenos moldes, porque tiene la propiedad de inflarse absorbiendo el agua, lo que la hace penetrar en todas las sinuosidades del modelo. Los yesos antiguos se utilizan en la agricultura como abonos.

QUESTIONARIO.

- ¿Cuáles son las propiedades de las rocas yesosas?
- ¿Cómo se distinguen las rocas yesosas de las rocas calcáreas propiamente dichas?
- ¿Qué es la piedra de encalar?
- ¿Qué es el alabastro yesoso?
- ¿Cómo se fabrica la cal?
- ¿Cómo se fabrica el yeso?
- ¿Qué se entiende por argamasas, cementos, betones y estucos?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Presentar á los alumnos ejemplares de las rocas estudiadas en esta lección. Insistir sobre los caracteres que diferencian los calcáreos de las rocas yesosas. Esfoliación del yeso (cristalizado). Propiedades de la cal, experiencias. — Visitar una casa en construcción, y decir los nombres de los materiales que en ella se encuentran. Amasar yeso y tomar el molde de una moneda. — Visitar explotaciones de rocas calcáreas al aire libre ó en galerías. — Visitar hornos de cal y de yeso.

VIII.

Rocas sedimentarias. — Las rocas combustibles.

Las rocas combustibles son el *grafito*, la *antracita*, la *hulla* ó carbón de piedra, los *lignitos* y las *turbas*; todas provienen de la descomposición lenta de los vegetales, que poco á poco se han reducido á carbón más ó menos puro.

El carbón más puro que podemos encontrar en la naturaleza es el *diamante*: como lo sabéis, esa es una piedra muy preciosa, muy dura y en extremo refringente, que produce efectos de luz magníficos. Se le talla

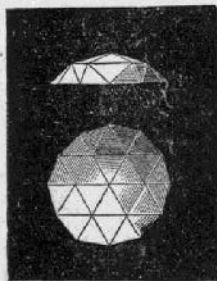


Fig. 233. — Diamante tallado en rosa.

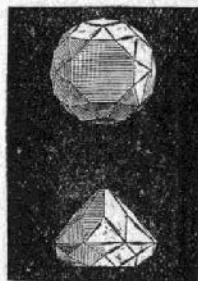


Fig. 234. — Diamante tallado en brillante.

en rosa (fig. 233) ó en brillante (fig. 234). Se le encuentra en el Brasil, en las Indias orientales y en Siberia. El pulimento de los diamantes es largo y difícil (fig. 235). Los diamantes de clase inferior, negros ó de colores, sirven para cortar el vidrio.

El GRAFITO, llamado también mina de plomo ó plomagina, es igualmente un carbón muy puro; se le encuentra en los terrenos más antiguos del Piamonte, de los Pirineos,

de los Altos-Alpes, y sobre todo en Marinski, á 400 kilómetros de Irkoutsk, en la Siberia oriental. En América se halla grafito en Barreros (Brasil). El grafito es negro, brillante, untuoso al tacto; se reduce á polvo impalpable.



Fig. 235. — El trabajo del diamante.

mancha los dedos y deja rastros sobre el papel. Se le usa para fabricar lápices, y para preservar de la herrumbre los objetos de hierro ó de fundición. Mezclándolo con grasa sirve para suavizar los rozamientos en las máquinas.

La ANTRACITA (1), que algunos denominan *el antracito*, arde en una fuerte corriente de aire; es un carbón sin brillo, empleado sobre todo en las fábricas de Pensilvania (Estados Unidos). En Francia se la explota en la Sarthe, la Mayenne, el Anjou y el Forez; en Inglaterra, en el país de Gales, para mezclarla con la hulla y fabricar de ese modo una especie de leños económicos que se colocan en el fondo de las chimeneas.

La *hulla* es el más precioso de todos los combustibles; se la usa desde la más remota antigüedad, diga lo que quiera la leyenda del país de Lieja, que hace datar su empleo solamente del año 1049 de nuestra era. Esa sustancia debe su nombre al viejo Hullos, del pueblo de Plénevaux (Bélgica), cuya historia es la siguiente:

« Un día que un pobre herrador, llamado Hullos, se encontraba trabajando en su forja, pasó un anciano venerable por su barba y sus cabellos blancos, vestido de blanco también. El extranjero, después de dar los buenos días al herrador, le deseó mucho que hacer y particularmente una ganancia considerable. — ¡Oh! buen viejo ¿qué ganancia quiere V. que yo haga, puesto que mi oficio apenas puede darme para comer? ¿No gasto por ventura la mayor parte de mis beneficios en comprar el carbón, el *cokis*? — Amigo mío, replicó el desconocido, hay manera de hacer su profesión más lucrativa. Vaya V. á la montaña de los Monjes, donde encontrará en la superficie del suelo venas de tierra preciosa, muy negra. Tome V. fragmentos de ella y empléela como carbón; así se calentará muy bien el hierro. » El anciano desapareció casi al acabar de

(1) En Francia se llama á la *antracita* carbón de piedra y á la *hulla* carbón de tierra; en España no se distingue entre las dos, y á ambas se les da el primer calificativo.

decir las anteriores palabras. El herrador corrió al sitio indicado, volviendo con la tierra negra; el ensayo que de la misma efectuó, confirmó los asertos del incógnito personaje. En seguida Hullos, transportado de alegría, reveló á sus vecinos el precioso descubrimiento que acababa de hacer... (1). »

La hulla no es sólo un excelente combustible para la metalurgia, sino que también da por destilación productos muy útiles; el *gas del alumbrado* y aceites ligeros densos, como la *bencina*, la *naftalina*, etc. Desgraciadamente, ese cuerpo deja salir de su seno á menudo un gas terrible, que, mezclado con el aire, detona violentamente: es el *grisú*. Los mineros tienen mucho cuidado de no encender nada en las galerías de extracción, y para que ninguna llama se encuentre en contacto con el *grisú*, se sirven de lámparas especiales, rodeadas de tela metálica (fig. 236). El depósito de aceite se encuentra en A, la mecha puede ser elevada por medio de la varilla D, encontrándose envuelta por la tela metálica BB, que los montantes de hierro CC, protegen.

Las capas de hulla se encuentran á veces dispuestas en forma de cubetas, según lo indica la figura 237, pero á menudo también se las halla dislocadas

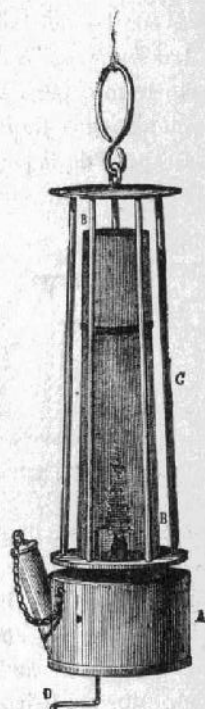


Fig. 236. — Lámpara de los mineros.

(1) Hénau, *Recherches historiques sur l'exploitation des houilles de Liège*.

todas por los movimientos de la corteza terrestre y su explotación se hace mucho más difícil.

Los países más ricos en hulla son Inglaterra, los Estados Unidos, Prusia, Bélgica y Francia. En este último país existen 62 cuencas hulleras, de las cuales las más productivas son las del Loira, del Norte, del Gard y del Creusot.

Las *hullas secas* dan una llama corta al arder y producen poco humo, pero las *grasas* ó aceitosas humean mucho y emiten largas llamas.

Después de la destilación de la hulla para obtener el gas del alumbrado, queda en las retortas (fig. 238) un carbón

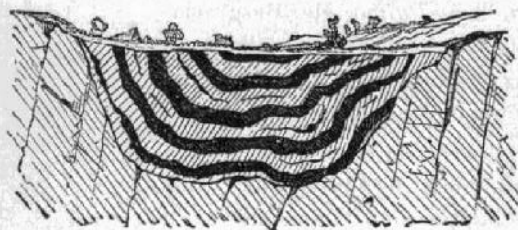


Fig. 237. — Capas de hulla en forma de cubetas.

poroso que se denomina *coke*, ventajosamente empleado en los hornillos de las cocinas, en los caloríferos y en las chimeneas de las habitaciones, porque no da humo; otro carbón, que se encuentra en la bóveda de las retortas para gas, es el *carbón de los retortas*, negro y más compacto, que los físicos emplean en la construcción de las pilas eléctricas.

Los *lignitos* conservan la forma de los vegetales de que provienen; son más recientes que las hullas, es decir que se encuentran en terrenos de formación menos antigua. Los hay en Suiza, en Turingia, en Bohemia, en Suecia y en varios departamentos de Francia; se les emplea como

combustible, pero al arder despiden un olor desagradable. Algunos de entre ellos son susceptibles de hermoso pulimento; se les llama *azabaches*, y con ellos se fabrican desde la más remota antigüedad alhajas, broches, collares, botones, etc. Los más hermosos azabaches salen de Asturias (España), de los departamentos franceses del Aude y de los Altos-Alpes, de Irlanda y de Alemania.

Las *turbas* se producen aún en nuestros días en ciertos

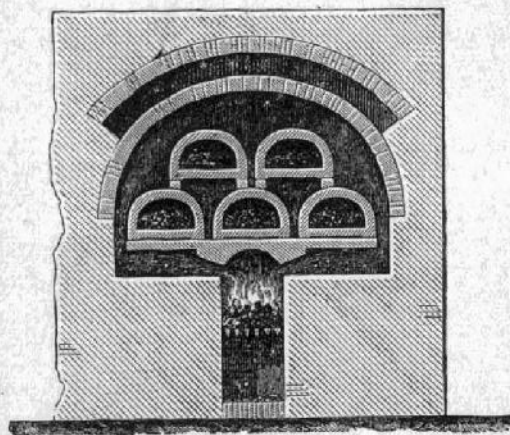


Fig. 238. — Destilación del carbón de piedra para fabricar gas del alumbrado.

pantanos poco profundos donde el agua se renueva poco á poco; se forman por la carbonización lenta de una variedad de los musgos. Se explotan ricas hornagueras en el norte de Francia (fig. 239) cerca de Amiens. La turba es un combustible malo, pero puede entrar con los demás carbones en la fabricación de los ladrillos inflamables aglomerados. Sin embargo, se la usa sola en las familias obreras de las clases pobres.

Al lado de las rocas combustibles debemos citar las *naftas* ó *aceites de petróleo* que se emplean en el alumbrado, dando lugar en la Pensilvania á inmensas explotaciones. Por lo demás, una parte de América del Norte parece descansar sobre una vasta charca de petróleo, pues los sondeos han demostrado su existencia desde el lago Erie



Fig. 239. — Explotación de una hornaguera.

hasta la Florida. También se encuentra esa sustancia en Tejas, en California y en el Illinois. En Francia existen exquisitos petrolíferos en los alrededores de Autún, los hay igualmente en Suecia, en Baviera, en Hungría, en Palestina, en Turquía, en Persia y en China.

Los *betunes* son rocas que se emplean en el establecimiento de los pavimentos y aceras. Se encuentra el betún

en las riberas del mar Muerto (Judea) y en el lago de Poix de la islas de la Trinidad (Antillas); lo hay en Aniches y en Seyssel (Francia), en el Puy-de-Dôme y en Alsacia-Lorena. Donde queira que se desea evitar la humedad, se funde y se extiende una capa de betún mezclado con arena. Los calcáreos porosos impregnados de betún se llaman *asfaltos*; se les pulveriza, y después de haberlos extendido, se les calienta con un hierro que funde la materia bituminosa, soldando unas con otras las moléculas calcáreas.

Se fabrican betunes y asfaltos artificiales con los productos sólidos sacados de los alquitranes de hulla. Esas sustancias poseen, con corta diferencia, las propiedades de los betunes naturales.

CUESTIONARIO.

- ¿Cuales son las principales rocas combustibles?
- ¿Cuál es el carbón más puro que se encuentra en la naturaleza?
- Diga V. lo que sepa sobre el diamante.
- ¿Qué es el grafito y para qué sirve?
- Hable V. de la hulla y de sus productos.
- ¿Qué se entiende por antracita, lignito y turba?
- Diga V. lo que sepa sobre los aceites de petróleo y los betunes.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Lecturas y relaciones sobre el trabajo de los diamantes y sobre los diamantes célebres. Fabricación de los lápices. Explotación de la hulla. Descripción de las minas. Accidentes ocasionados por el grisú. — Visita á una fábrica de gas. Presentar á los alumnos ejemplares de las rocas de que se habla en esta lección. — Asfalto y betún.

IX.

Piedras preciosas y metales de uso corriente.

Además de las numerosas rocas que acabamos de estudiar, se utilizan también en las artes y en la industria piedras más raras, que se donominan *piedras preciosas*; no se las encuentra en medio de las otras más que accidentalmente. Las principales son: la *turquesa*, el *topacio*, el *corindón*, la *esmeralda*, el *granate*, el *rubí*, la *turmalina* y el *lápiz-lazuli*.

La *TURQUESA* es en ocasiones azul y en ocasiones verde. Se la encuentra en Persia en ciertas arcillas ferruginosas; se la emplea para adornar anillos, collares y pendientes. Es una piedra opaca, que adquiere un hermoso pulimento.

El *TOPACIO* es transparenté, más duro que el cristal de roca, de hermoso color de ámbar, que lo hace muy apetecible por los joyeros. Los topacios más bellos salen del Brasil, pero también se les encuentra en Sajonia y en Siberia.

El *CORINDÓN* es todavía más duro que el topacio; sólo lo raya el diamante. Es una piedra preciosa transparente, cuyo color varía según la especie. Se distinguen corindones azules ó *zafiros*, corindones encarnados ó *rubís orientales*, corindones amarillos ó *topacios de Oriente*, y corindones verdes ó *esmeraldas orientales*; esas ricas joyas vienen de las Indias y particularmente del reino de Pegú. Se emplea mucho un corindón común de Naxos y de Asia Menor para pulimentar y aserrar las piedras duras; véndesele en el comercio con el nombre de *esmeril*.

La *ESMERALDA* es más dura que el cristal de roca, pero

puede ser rayada por el topacio; es una piedra transparente verde ó verde azulada, muy apetecida para la confección de collares y de brazaletes. Se la encuentra en Colombia. Esa piedra presenta variedades comunes opacas ó translúcidas no utilizadas en joyería; son los *berilos* de Limoges, Autún y de Nantes, que también existen en Bohemia, Siberia, el Brasil y Madagascar.

El *GRANATE* posee la misma dureza que el cuarzo; se le encuentra en cristales más ó menos voluminosos de hermoso color encarnado característico. El granate no es raro, pues lo hay en todos los filones eruptivos del mundo entero, pero ciertos ejemplares son dignos de figurar en medio de las piedras preciosas más estimadas, por causa de la riqueza de su coloración; son sobre todo los *jacintos* de Ceilán, los *piropos* de Bohemia y los *granates de Syrián* (Pegú).

Los *RUBÍ*s son piedras finas muy estimadas; se las recoge en las Indias y Ceilán; los rubís llamados *bajalas* son de color de rosa; los otros de un encarnado vivo; encuéntranse algunos en Francia en las rocas cristalinas antiguas de la Bretaña; su limpidez es extraordinaria y su dureza supera á la del topacio.

Las *TURMALINAS* son á menudo de hermoso color negro, pero las hay verdes, encarnadas, azules, y aun incoloras, que los físicos emplean en la construcción de ciertos instrumentos de óptica.

Las turmalinas son tan abundantes como los granates en las rocas cristalinas antiguas; las más hermosas, las que se emplean en joyería salen de Siberia, del Brasil ó de Ceilán.

El *LÁPIZ-LAZULI* es notable por causa de su magnífico color azul celeste; es una piedra opaca empleada desde la

más remota antigüedad en las incrustaciones y los mosaicos; actualmente viene de Persia, de China y de Siberia.

Metales de uso corriente. — Se dice que un metal es de uso corriente, ó usual, cuando se le emplea universalmente, es decir, cuando no existe un caserío, por pobre que sea, donde no se le encuentre aplicado, sea en estado compuesto, sea solo. Aunque se conocen cerca de 40 metales, el número de los de uso corriente es muy limitado, pues se reduce á 12, de los que 4 se emplean únicamente en estado de compuestos y 8 en estado metálico.

Los metales que se emplean en estado de compuestos químicos son:

El *potasio*, que existe en las cenizas de maderas, en ciertos jabones, en algunos vidrios y en el salitre;

El *sodio* de la sal de cocina, del jabón, del vidrio;

El *calcio* de la cal, de la piedra de construcción, de la creta y del yeso;

El *aluminio* de la arcilla, de la alfarería, de las lozas, de las porcelanas;

Los metales que se usan libres son:

El *zinc* de los techos, los baldes, las tinas y los depósitos;

El *hierro* de las llaves, de los clavos, de las serraduras, de los arados, de las espadas, de las máquinas;

El *estaño* de los cubiertos, de las cacerolas estañadas;

El *cobre* de los cuartos, de los calderos, de las lámparas;

El *plomo* de las balas de fusil, de las cañerías;

El *mercurio* de los espejos, de los termómetros y de los barómetros;

La *plata* de la moneda, de la platería;

El *oro* de las piezas de moneda, de la joyería, de los marcos de cuadros y de espejos (A. Girardin).

Combinados entre sí, los metales forman *aleaciones*, especie de metales artificiales muy usados. Todas esas cosas las estudiaréis en el curso de química; no citaré, como ejemplos de aleaciones, más que el bronce, el latón, la soldadura de los hojalateros y la materia con que se fabrican las letras de imprenta.

Algunos metales se encuentran en la naturaleza comple-



Fig. 240. — Lavado de las arenas auríferas de las orillas del Rhin.

tamente preparados, es decir, en *estado nativo*: por ejemplo, el oro existe en cantidad notable en ciertas arenas de río (fig. 240) ó en algunas rocas cuarzosas (fig. 241) de las que se le separa por medio del machacado y de lavados sucesivos; pero, en general, los metales están unidos íntimamente á sustancias extrañas; entonces tienen que sometérselos á numerosas operaciones químicas antes de ser obtenidos en estado de pureza. Sus *minerales* se hallan mezclados con las diversas rocas que componen la corteza

terrestre y que hacen ricos á los países que las poseen (1).

El *oro* se encuentra á menudo en California, en Australia, en Colombia, en Chile, en el Perú, en el Brasil y en Méjico (*pepitas*);

La *plata*, en Méjico, en Chile, en el Perú, en Bolivia, en Argelia y en España (*argirosa*, *plata roja* y *pepitas*);

El *mercurio*, en España, en Toscana, en China, en el Japón y en el Ural (*cinabrio*);

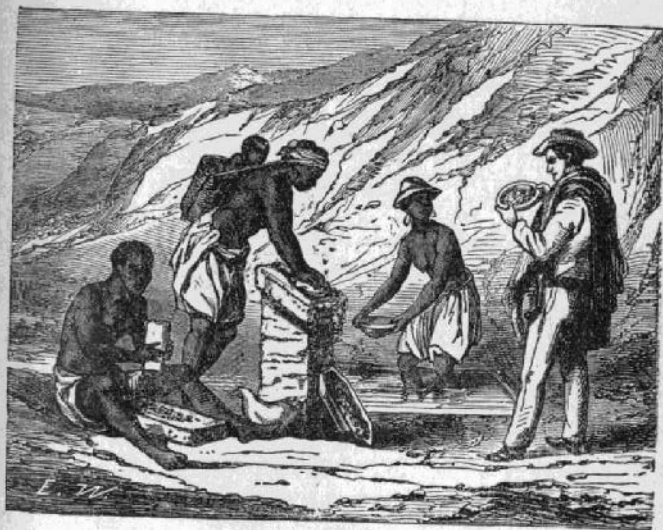


Fig. 241. — Extracción del oro de las rocas cuarzosas en la América española.

El *plomo*, en Alemania, en España, en Inglaterra, en Francia y en Argelia (*galena*);

El *cobre*, en Siberia, en Alemania, en Inglaterra, en España y en la América del Norte (*pirita cúprica*, *malaquita*);

(1) En las nociones que siguen, el nombre de los minerales va entre paréntesis.

El *estaño*, en las Indias, en Méjico, en Sajonia, en Inglaterra, en Bohemia y en Francia (*casiterita*);

El *hierro*, en Suecia, en Noruega, en Inglaterra, en Francia, en la América del Norte y en casi todos los países del mundo (*inán*, *hierro oxidulado*, *hierro oligisto limonita*);

El *zinc*, en los alrededores de Aix-la-Chapelle, en Silesia, en Sajonia, en Bohemia, en Hungría, en Inglaterra, en Francia y en Argelia (*calamina*, *blenda*).

El *potasio*, el *sodio*, el *calcio* y el *aluminio* entran en la composición de las rocas sedimentarias y de las rocas eruptivas, hallándose, por tanto, diseminados sobre la superficie entera del globo en masas incalculables.

CUESTIONARIO.

Cite V. algunos nombres de piedras preciosas.

Diga V. lo que sepa sobre la turquesa, el topacio, el corindón, la esmeralda, el granate, el rubí, la turmalina y el lapis-lazuli.

¿Cuáles son los metales de uso corriente?

¿Cuáles son los que se utilizan en estado metálico?

¿Cuáles son los que se emplean en estado de compuestos químicos?

¿Qué es un mineral?

¿Dónde se encuentra el oro, la plata, el mercurio, el plomo, el cobre, el estaño, el hierro y el zinc?

¿Cómo se llaman sus minerales?

¿Cuáles son las rocas que contienen el potasio, el sodio, el calcio y el aluminio?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Presentar algunas piedras preciosas, si es posible, ó hacer que los alumnos visiten el Museo geológico, donde lo hubiere, y si no, alguna colección particular. Trabajo del lapidario. — Presentar los metales citados; hablar de sus aleaciones. — Operaciones metalúrgicas, descripción de los altos hornos. El Creuzot en Francia, el Seraing en Bélgica, etc. — Enseñar algunos minerales comunes é insistir sobre las riquezas del subsuelo del país donde se habite.

LÉON GÉRARDIN. — La Tierra.

CAPÍTULO IV.

LAS EDADES DE LA TIERRA.

I.

Periodos geológicos. Edad primitiva, sus terrenos y sus fósiles.

Cuando nuestro planeta, antes líquido, hubo solidificado su primera corteza, y cuando la temperatura de esa costra descendió lo bastante para permitir que el agua permaneciese condensada en su superficie, entonces se originaron los terrenos de sedimento más antiguos.

El agua empezó á desempeñar su papel geológico, poniéndose á destruir por un lado para edificar por otro. Desde esa época, á pesar de los temblores de tierra, á pesar de las depresiones y elevaciones del suelo, el aumento de espesor de la corteza terrestre ha continuado sin interrupción hasta nuestros días. Encima de los depósitos antiguos, *se han formado otros depósitos nuevos, páginas sucesivas, cuyo estudio permite al naturalista leer la historia de la Tierra.*

Habitado primeramente por seres de organización muy inferior, nuestro planeta les ha visto modificarse poco á poco, perfeccionándose de siglo en siglo, á medida que las condiciones de existencia cambiaban en su superficie y se hacían mejores; sólo cuando la atmósfera más pura

y los climas más sanos permitieron al hombre vivir, tomó nuestra especie posesión de su imperio.

En las rocas estratificadas se encuentran restos de esos seres precursores del hombre, que consisten en huesos, conchas, dientes, espinas, huellas, llamados *fósiles*. « No hace mucho tiempo, dice M. Stanislas Meunier, que se concede al estudio de los fósiles toda la atención que merecen, y á un francés, Jorge Cuvier, se debe saber que los fósiles provienen de seres organizados, diferentes de todos los que viven en la actualidad. Se ha observado, por otra parte, que durante el largo período que ha acompañado al depósito de los terrenos estratificados, las formas orgánicas se han modificado constantemente, de tal manera que *los fósiles pueden enseñar la edad relativa de las capas en que se encuentran enterrados.* »

Las formaciones geológicas han sido divididas en varios grupos, fundándose en el examen de los fósiles y en los grandes cambios ocurridos en la naturaleza y la disposición de los terrenos que los contienen.

Después de la formación del suelo primitivo, la tierra permaneció mucho tiempo inhabitada; sus mares eran demasiado cálidos; su atmósfera demasiado pesada y brumosa dejaba apenas pasar los rayos del Sol. Los sabios han dado á esa época geológica el nombre de PERÍODO AZOICO (privado de seres vivos); su duración fué de muchos miles de siglos, si se calcula tomando por base el grueso de los terrenos que entonces se depositaron.

Las rocas sedimentarias del período azoico son los *gneiss*, los *esquistos micáceos*, el *grafito* y ciertos mármoles; las rocas eruptivas del mismo período son el *granito*, la *sienita*, la *pegmatita*, el *cuarzo* en filones y el *hierro magnético*.

En Francia se hallan terrenos azoicos en Bretaña, en Vendée y en algunos puntos de los Vosgos, de los Alpes y de los Pirineos. Pero donde se encuentran más extendidos es sobre todo en la meseta central.

«La meseta central de Francia es la porción de territorio que surgió del seno de las aguas antes que las otras, y alrededor de la cual se agruparon luego las restantes. Sus límites pasan cerca de Avallón, Confolens, Privas y Lyon; y se eleva á unos 750 metros sobre el nivel del mar. Su suelo está formado de granito y de gneiss; en sus bordes se encuentran esquistos cargados de mica. Sobre ella se alzan varias cadenas de montañas, como si fueran islas que han surgido en ese mar de granito. Las del Limosín y de la Lozère son también de granito y datan del mismo período azoico. Las otras, más recientes, son los pórfidos de la región lionesa y del Morván, y las rocas volcánicas del Mont-Dore, de la cordillera de los Puys, del Cantal, etc. A parte esas cimas, casi siempre incultas, la meseta central se halla cubierta de bosques de castaños; pero en los sitios donde no puede efectuarse la salida de las aguas existen pantanos. Los valles presentan un poco de tierra vegetal, y en ellos se cultiva el centeno y el alforfón; igualmente se forman buenos prados.

Después del período azoico empieza el PERÍODO PALEONTÓNICO, durante el cual vivieron los seres cuyos fósiles poseemos. El período paleontónico ha sido clasificado á su vez en tres edades ó épocas: *primaria*, *secundaria* y *terciaria*; en seguida viene el PERÍODO CONTEMPORÁNEO ó edad *cuaternaria*, caracterizado por la presencia del hombre.

En resumen, hay tres grandes períodos geológicos:

1º. El PERÍODO AZOICO. — La tierra está inhabitada.

2º. El PERÍODO PALEONTÓNICO. — La tierra se halla habitada

por animales y vegetales que casi todos han desaparecido.

3º. El PERÍODO CONTEMPORÁNEO. — La tierra se encuentra habitada por los seres actuales y por el hombre.

Esos periodos se subdividen á su vez de tal manera que se tiene el cuadro siguiente:

PERÍODOS.	CONTEMPORÁNEO ...	Terrenos cuaternarios.	{ Tierra vegetal. Aluviones modernos. Diluvium.
		Terrenos terciarios.	{ Plioceno. Mioceno. Eoceno.
	PALEONTÓNICO,	Terrenos secundarios.	{ Cretáceo. Jurásico. Liásico. Triásico.
		Terrenos primarios.	{ Permiano. Carbonífero. Devoniano. Siluriano. Arqueano.
	AZOICO,	Terrenos primitivos.	

Ya hemos hablado de los terrenos primitivos y del período azoico; podemos, pues, estudiar ahora los terrenos fosilíferos, empezando por los más antiguos.

Terrenos primarios. — Las capas más antiguas de los terrenos primarios han sido reunidas á menudo, bajo el nombre de *terreno de transición* porque esas capas establecen el paso entre el período azoico y el período paleontónico.

El ARQUEANO descansa sobre el terreno azoico, y está formado por esquistos y conglomerados. En Francia alcanza escaso desarrollo, pero constituye masas considerables en el Estado de Nueva-York, en el Vermont y en el Canadá. Los seres que vivían en los mares arqueanos eran pólipos adheridos en forma de barbas de pluma (fig. 242),

ciertos crustáceos parecidos á nuestras correderas, cuyo cuerpo se dividía en tres lóbulos y que por esa razón se han llamado *trilobitas* (fig. 243), y algunos equinodermos semejantes á nuestras estrellas de mar.

Las trilobitas han sido muy comunes durante el período de formación de los terrenos primarios; se encuentran numerosas especies de ese fósil en las rocas del terreno *siluriano*, que siguen al arqueano, así como en el *devoniano*; en nuestros días esos seres no existen vivos. Hasta tal punto caracterizan la época primaria que se ha propuesto dar á esa época el nombre de *era de las trilobitas*.

El terreno SILURIANO debe ese nombre al país de los Siluros en Inglaterra (país de Gales); es rico en pizarras que se explotan en Francia en Angers, Fumay,



Fig. 242. — Pólipos de la edad primaria (Graptolitos).

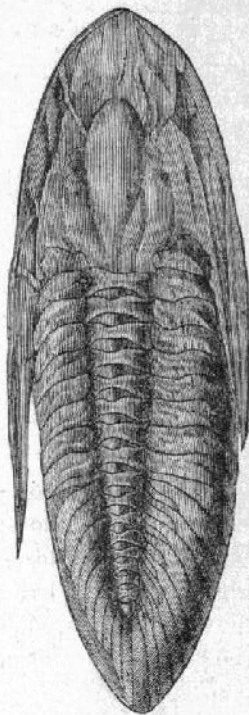


Fig. 243. — Trilobita, crustáceo, de la edad primaria (Ogygia).

Deville y Rimogne. El más hermoso ejemplar de terreno siluriano existe en Bohemia, donde forma estratificaciones poderosas, que los trabajos de M. Barrande han hecho célebres.

Los fósiles que caracterizan el siluriano son, al mismo tiempo que las trilobitas (fig. 243, 244 y 245), algunos moluscos inferiores llamados *espiríferos*, algunos políperos

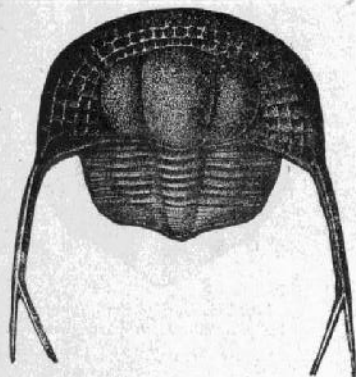


Fig. 244. — Trilobita, crustáceo de la edad primaria (Trinucleus).

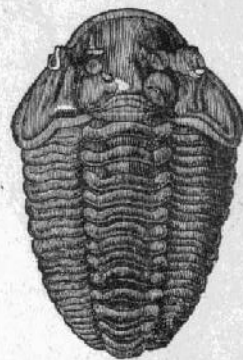


Fig. 245. — Trilobita, crustáceo de la edad primaria (Calimeno).

(fig. 246) y varias especies de nautilos llamados *lituitas* (fig. 247).

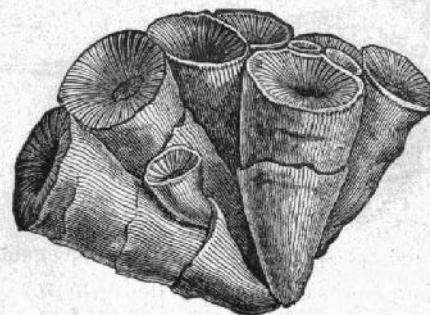


Fig. 246. — Políperos de la edad primaria (Ciatofilos).

Encima del siluriano se halla el DEVONIANO, formando extratificaciones discordantes; comprende algunos *conglome*

rados rojos, que llaman *viejos*, muy comunes en Inglaterra, y *mármoles* que se explotan en el Pirineo en el valle de Campán, cerca de Bagnères-de-Bigorre. Durante la



Fig. 247. — Molusco cefalópodo de la edad primaria (Lituíta).

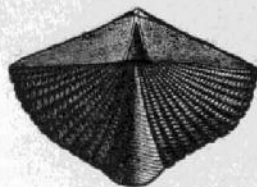


Fig. 248. — Espirífero, molusco braquiópodo de la edad primaria.

formación de los depósitos devonianos las trilobitas se extinguen, los *espiríferos* crecen en número y en especies (fig. 248), los moluscos cefalópodos se perfeccionan, y apa-

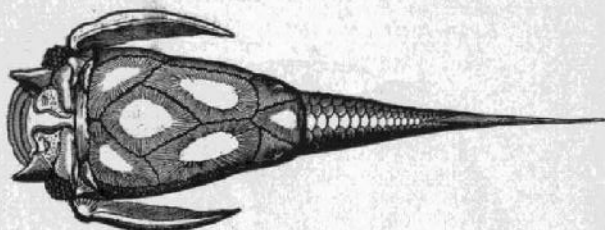


Fig. 249. — Pez de la edad primaria (Pterichthys).

recen los primeros peces (fig. 249). Los vegetales debían ser muy abundantes en las orillas de los mares devonianos, pues se encuentran numerosos criaderos de antrácita en medio de las rocas de ese terreno; se las explota en Montrélais-Saint-Georges y Chatelaisson (Francia) como combustibles.

El terreno devoniano se encuentra especialmente desarrollado en las orillas del Rhin, entre Bingen y Bonn; en

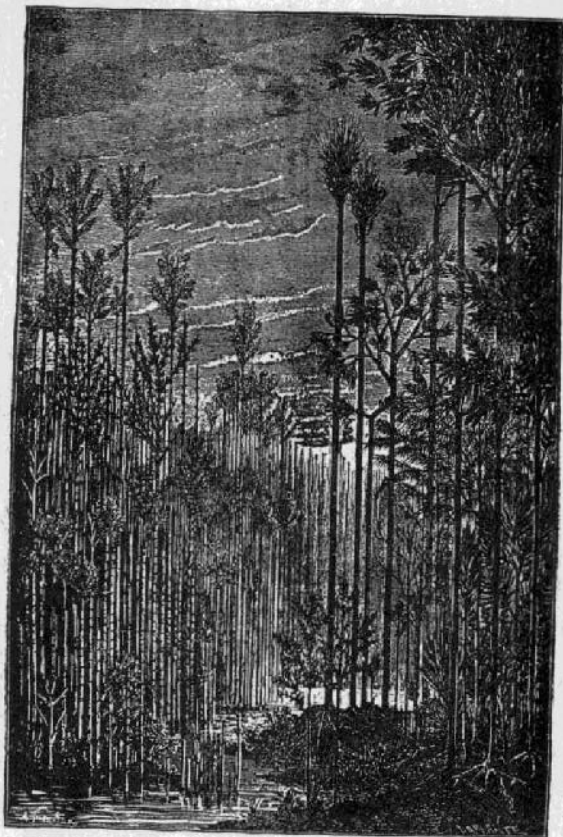


Fig. 250. — Un bosque de la edad primaria (período carbonífero).

Bélgica, donde suministra materiales para el empedrado, varias clases de mármoles y un mineral de hierro explotado en las cercanías de Namur; en Bretaña, donde da las

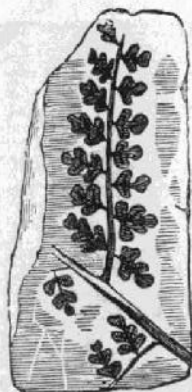


Fig. 251. — Helecho del periodo carbonifero (Pecopteris).



Fig. 252. — Helecho del periodo carbonifero (Sphenopteris).

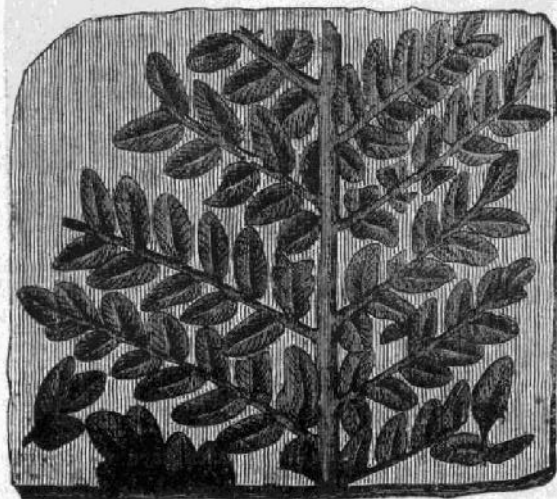


Fig. 253. — Helecho del periodo carbonifero (Nevropteris).

pizarras de Chateaulin; en los Vosgos, en Escocia y en Inglaterra.

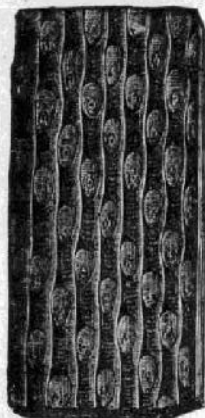


Fig. 254. — Sigilaria del periodo carbonifero.



Fig. 255. — Cicatrices dejadas por las hojas de sigilarias sobre su tronco.

El TERRENO CARBONIFERO es el más interesante de los terrenos primarios, y descansa sobre el devoniano en forma



Fig. 256. — Molusco braquiópodo de fines de la edad primaria (Productus).

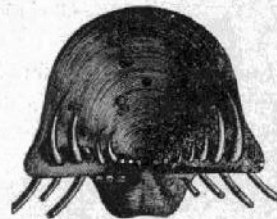


Fig. 257. — Interior de la concha de un Productus.

de estratificaciones discordantes. A esa edad pertenecen la mayor parte de los mármoles belgas, así como el carbón

de piedra y los mejores minerales de hierro; su potencia, esto es, su grueso, puede alcanzar 500 metros.

La hulla proviene de la transformación lenta de vegetales enterrados y que han sufrido una especie de destilación en el seno de la tierra. Ahora bien, en la época hullera, la vegetación tomó proporciones gigantescas; los acotiledones y las coníferas formaban inmensos bosques (fig. 250). Los *helechos* eran entonces árboles; los geólogos han encontrado sus hojas (fig. 251, 252 y 253). También se han hallado troncos de grandes *licopodios*, plantas muy pequeñas en la actualidad, y *sigilarias* caracterizadas por las huellas de sus hojas (fig. 254 y 255).

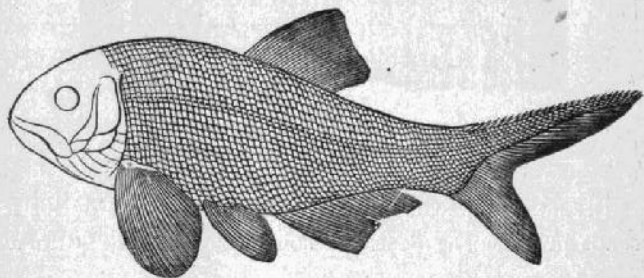


Fig. 258. — Pez de la edad primaria (Amblyptero).

Encima del carbonífero, y terminando la serie de los terrenos primarios, se ha depositado el TERRENO PERMIANO ó

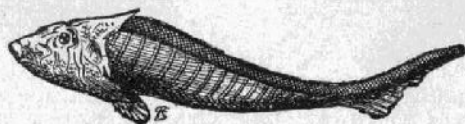


Fig. 259. — Pez de la edad primaria (Cephalaspis).

peneano, muy pobre en fósiles. Comprende *conglomerados*

rojos nuevos, esquistos bituminosos, y asperones resistentes que constituyen toda la parte septentrional de los Vosgos. Ese terreno, poco considerable en Francia, lo es más en Inglaterra y Alemania. Los mares de la época devoniana estaban habitados por moluscos braquiópodos de conchas erizadas de púas (fig. 256 y 257) y por peces de forma extraña cuya columna vertebral llegaba hasta el fin de la cola (fig. 258 y 259). En sus riberas vivían algunos reptiles saurios bastante análogos á los ignanos y monitores actuales, pero es probable que aun no existían sobre la tierra, ni aves ni mamíferos.

CUESTIONARIO.

- ¿ Para qué sirve el estudio de los fósiles?
- ¿ Cómo se han dividido las edades de la tierra?
- Diga V. lo que sepa sobre el período azoico.
- ¿ Qué es el período paleontónico?
- ¿ Qué terrenos se han depositado durante ese período?
- ¿ Qué es el período contemporáneo?
- ¿ Cómo se dividen los terrenos primarios?
- Diga V. lo que sepa sobre el arqueano, el siluriano, el devoniano, el carbonífero y el permiano.
- ¿ Cuáles son los principales moluscos de la edad primaria?
- ¿ Cuáles son los principales crustáceos de la edad primaria?
- ¿ Cuáles son los vertebrados que vivían en la edad primaria?
- Hable V. de los vegetales de esa época.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Presentar rocas y fósiles de los terrenos azoicos y de transición. Insistir sobre el desarrollo gradual de los seres organizados y sobre la aparición sucesiva de organismos cada vez más elevados. — Excursiones geológicas á los terrenos primarios, si la localidad lo permite.

II.

Edad secundaria, sus terrenos y sus fósiles.

Los terrenos secundarios, *triásico*, *liásico*, *jurásico* y



Fig. 260. — Francia al empezar la edad secundaria.

cretáceo, presentan mucho menos grueso que los terrenos

EDAD SECUNDARIA, SUS TERRENOS Y SUS FÓSILES. 411

primarios, pero contienen una inmensa cantidad de fósiles muy interesantes.

Al comenzar la edad secundaria, la Francia actual se componía sólo de tres islas principales: la meseta central (Auvernia) la meseta armoricana (Bretaña) y la meseta de los Vosgos (fig. 260). El estrecho de Poitiers separaba la meseta central de la armoricana, y el estrecho de Dijón la separaba de la meseta de los Vosgos. Los terrenos secundarios han venido á depositarse poco á poco alrededor de esos contrafuertes, constituyendo el actual territorio francés.

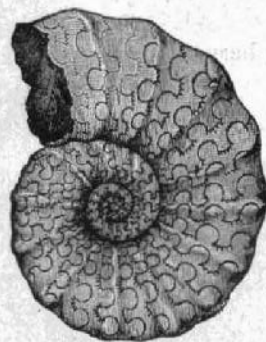


Fig. 261. — Molusco cefalópodo de la edad secundaria (Ceratites).



Fig. 262. — Molusco cefalópodo de la edad secundaria (Ammonites).

En los mares de la edad secundaria vivieron moluscos cefalópodos de organización elevada: fueron en primer



Fig. 263. — Hueso interior de un molusco cefalópodo de la edad secundaria (Belemnite).

lugar las *ceratitas* (fig. 261), luego las *ammonitas* (fig. 262)

y las *belemnitis* (fig. 263) de las cuales poseemos magníficos fósiles. Los moluscos lamelibranquios estaban representados por numerosas ostras de formas diversas

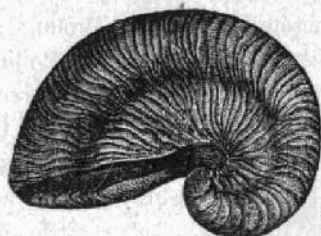


Fig. 264. — Ostra de la edad secundaria (Grifeo).

(fig. 264), los equinodermos por hermosos erizos (fig. 265 y 266).

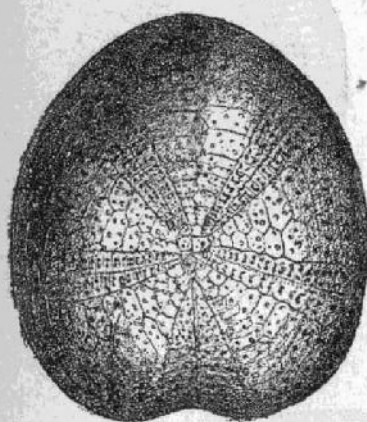


Fig. 265. — Erizo de la edad secundaria, cara superior (Holaster).

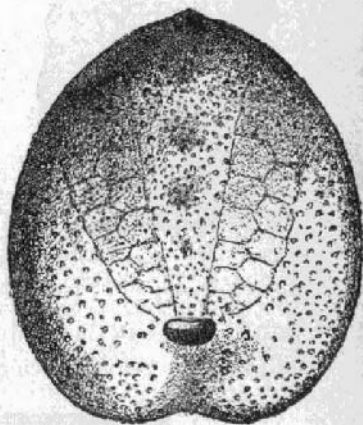


Fig. 266. — Erizo de la edad secundaria, cara inferior (Holaster).

Los vertebrados alcanzaron tamaños enormes durante la edad secundaria; entre los vertebrados, los reptiles toma-

ron sobre todo tan gran desarrollo, que se ha propuesto dar á la edad en cuestión el nombre característico de *era de los Reptiles*.

El más antiguo de los terrenos secundarios, el triásico está bien representado en Lorena y en el centro de Alemania; en Francia es poco importante; sus fósiles principales son conchas de *ceratitas* y restos de crinoides (Equinodermos); las rocas que lo componen son *conglomerados de colores diversos, calcáreos conchíferos* y arcillas ó *margas irisadas*, ricas en *sal gema*.

Es probable que el yeso y la sal gema del periodo triásico hayan sido depositados en lagos salados ó en mares interiores semejantes al mar Caspio.

Es de advertir que la sal gema se parece absolutamente á la sal marina y puede ser empleada en lugar suyo. Se la explota en Dieuze, en Château-Salins, en Staasfurt, cerca de Magdeburgo y en Wieliczka, en Polonia, donde las minas alcanzan tales dimensiones, que forman por decirlo así, una ciudad subterránea (fig. 267). Conviene decir aquí que la sal gema no ha sido depositada durante la edad secundaria, sino mucho más tarde, durante la edad terciaria.

El terreno Liásico, que se encuentra encima del Triásico, está formado por *asperones y calcáreos arcillosos* cargados de conchas de *grifeos*. Estos calcáreos arcillosos, muy abundantes en Charleville y Vassy (Francia), sirven para la fabricación de la cal hidráulica.

En el Liásico se hallan también capas de mineral de hierro, muy importantes, en Nancy y Langres, y aun carbón de piedra excelente en Austria, en el Cáucaso y en Persia. El Liásico se clasifica, en general, en la gran formación jurásica que le sigue.

Ese terreno, muy frecuente en el Jura, está caracterizado

por numerosas *ammonitas* y *belemnitas*; se ha depositado á lo largo de las mesetas primarias cerrando los dos estre-

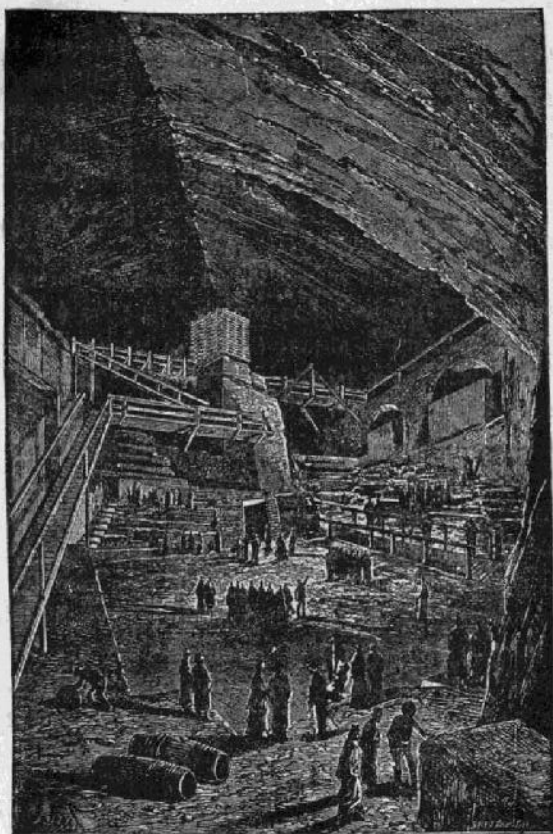


Fig. 267. — Mina de sal gema en Wieliczka (Polonia).

chos de Poitiers y Dijón (fig. 268), y dando á Francia la forma de una V mayúscula entre cuyas ramas, se encontraba el golfo de París.

Una ancha banda de terreno jurásico se extiende desde las orillas del Océano hasta el este de Francia. Empieza en la Rochela, pasa por Poitiers, Châteauroux, Bourges, Ne-



Fig. 268. — Francia después del depósito del terreno jurásico.

vers, Tonnerre, Chaumont, Metz, Luxemburgo y Mezières; otra banda sube de Poitiers hacia Caén costearo la meseta armoricana, y una tercera va de la Rochela á Montpellier, á la largo de la meseta central.

También se extienden algunas bandas importantes de terreno jurásico al este de la meseta central y al sur del de los Vosgos.

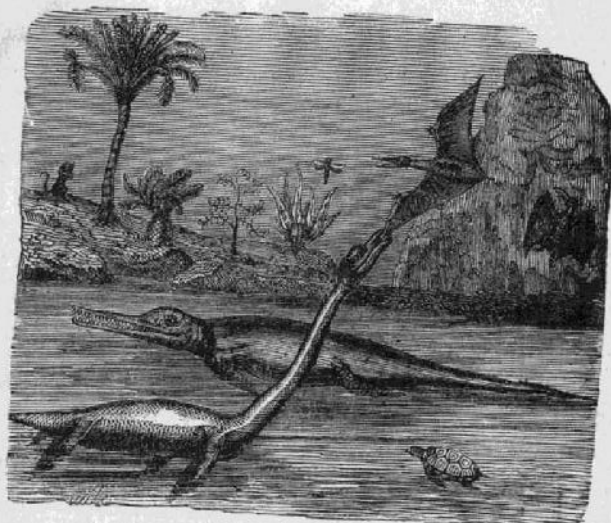


Fig. 269. — Animales de la edad secundaria.

En los mares del período jurásico es donde vivían los *Ictiosauros* (fig. 269) y los *Plesiosauros*.

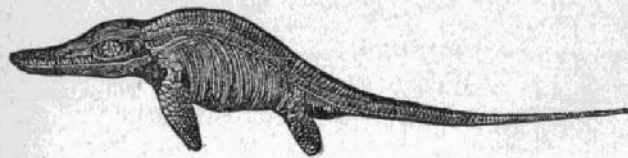


Fig. 270. — Gran reptil de la edad secundaria (Ictiosauo).

El Ictiosauo (fig. 270) tenía una cabeza bastante parecida á la del cocodrilo y del lagarto; su cuerpo, que lle-

EDAD SECUNDARIA, SUS TERRENOS Y SUS FÓSILES. 417
gaba á 10 metros de largo, presentaba cuatro aletas macizas

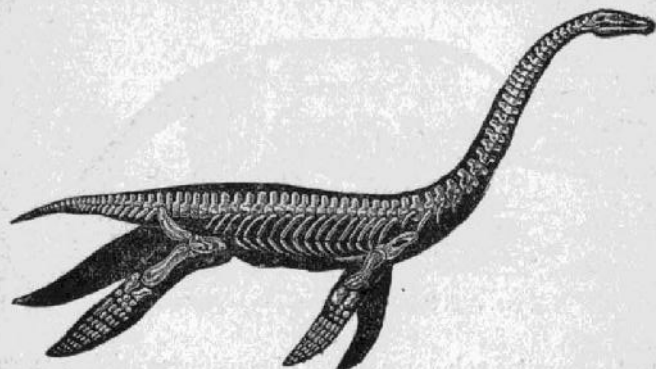


Fig. 271. — Gran reptil de la edad secundaria (Plesiosauro).

muy potentes y sus numerosos dientes eran agudos como

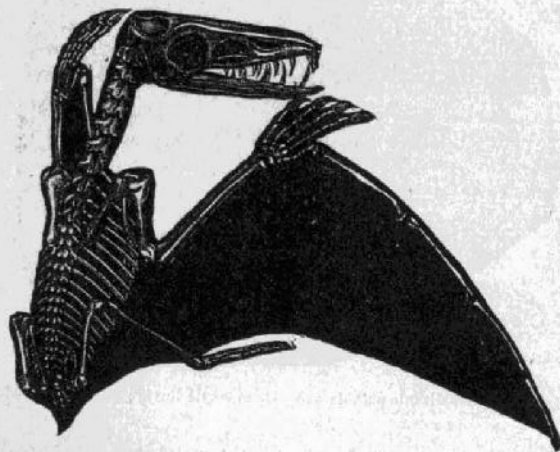


Fig. 272. — Reptil volador de la edad secundaria (Pterodáctilo).

los de un carnívoro. El Plesiosauro (fig. 271), su contem-

poráneo, era igualmente carnívoro, pero de seguro más débil; alimentábase quizás de peces y de *Pterodáctilos*, ex-

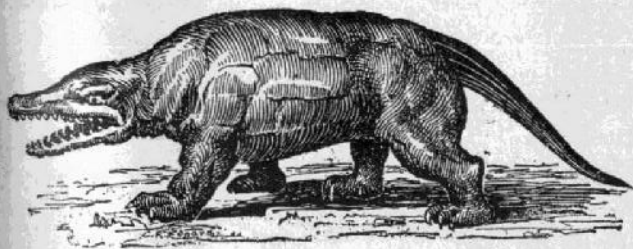


Fig. 273. — El Megalosauo, animal de la edad secundaria.

traños reptiles voladores, cuyas dimensiones variaban entre las del murciélago y las del cisne (fig. 272).

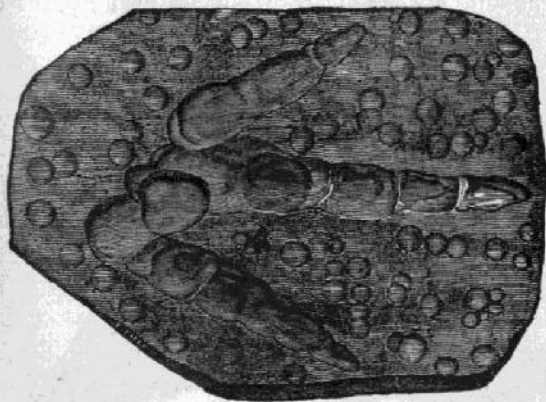


Fig. 274. — Huellas de pata de ave y de gotas de lluvia; edad secundaria.

En las riberas de los mares jurásicos vivían también otros reptiles que se perpetuaron hasta la época del depósito de los terrenos cretáceos. Eran esos los *Teleosauros*, los *Ran-*

forincos y los *Megalosauros* (fig. 273), que alcanzaban 12 metros de longitud.

Algunas aves han dejado las huellas de sus pasos sobre la arena de esas riberas (fig. 274), y también se han encontrado los restos de un pequeño mamífero insectívoro, el *Microlestes*, probablemente el más antiguo de los representantes de esta clase.

El terreno cretáceo es el más reciente de los terrenos secundarios, debiendo su nombre á la abundancia de sus capas de creta; se depositó en el golfo de París, llenando una especie de mar interior anglo-francesa (fig. 275). Actualmente es posible estudiarlo en la Champagne y á lo largo de las costas de la Mancha. Durante el depósito de los terrenos cretáceos, los grandes reptiles se hacen menos numerosos y se extinguen poco á poco, las *Ammonitas* aumentan, lo mismo que los políperos que pululan en todos los mares.

Los bosques, que en la edad primaria sólo estaban compuestos de plantas criptógamas, se vuelven á fines de la edad secundaria, es decir, en la época cretácea, muy ricos en fanerógamas gimnospermas (coníferas ó árboles verdes como los pinos, los cedros, etc.) y hasta presentan algunas dicotiledóneas como los sauces y los arces.

El terreno cretáceo ha sido separado en dos capas, el *cretáceo inferior* y el *cretáceo superior*, cuyas principales formaciones son el neocomiano, el aptiano, el gault, la creta glauconitosa, la creta marganosa y la creta blanca.

El *Neocomiano*, que toma su nombre de Neufchâtel en Suiza, se encuentra sobre todo en la Provenza, el departamento de Aube y el de Haute-Marne en Francia; el *Aptiano*, en el Vaucluse; el *Gault*, en el antiguo condado de Francia y en Bélgica; la *creta glauconitosa*, en Ruén y el

Maine; la *creta marganosa* en la Turena y la *creta blanca* en las tierras escarpadas que forman las costas de la Mancha en Francia y en Inglaterra. En París, cerca de Meudón,

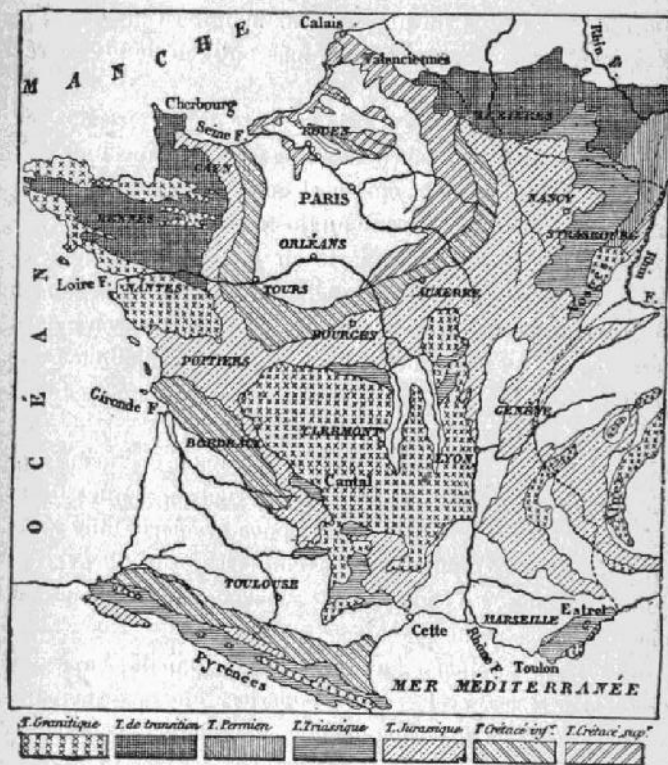


Fig. 275. — Francia después del depósito de los terrenos cretáceos.

existen hermosas canteras de creta blanca donde se encuentran con facilidad las *belemnitas* y los *erizos* que caracterizan las capas superiores del terreno cretáceo.

Francia é Inglaterra estaban unidas en la época de la formación del terreno cretáceo, pero las olas del Océano vinieron más tarde á combatir la roca demasiado desmenuza-

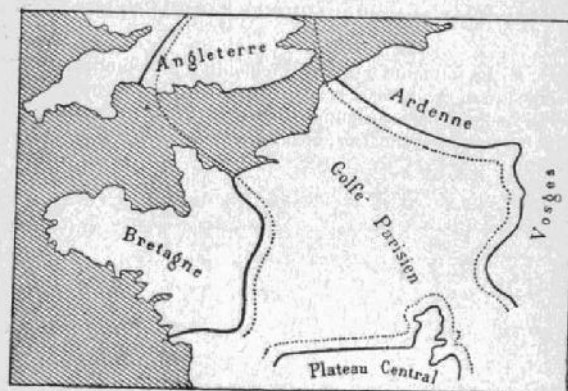


Fig. 276. — Golfo de París, en el cual se han depositado los terrenos jurásicos y cretáceos.

ble, y así se formó el paso de Calais; por lo demás ese canal aumenta de ancho cada día (fig. 276).

CUESTIONARIO.

- ¿Cómo se dividen los terrenos secundarios?
- ¿Cuál era la forma de Francia antes de que se depositaran los terrenos secundarios?
- ¿Cuáles son los fósiles que caracterizan los terrenos secundarios?
- Diga V. lo que sepa sobre el Triásico y sobre las rocas útiles que ese terreno contiene.
- Diga V. lo que sepa sobre el Liásico.
- ¿Qué modificaciones ha experimentado Francia después del depósito de los terrenos jurásicos?

Hable V. de los reptiles cuyos restos se encuentran en las rocas que componen esos terrenos.

Diga V. lo que sepa sobre el terreno cretáceo.

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Presentar á los alumnos algunas Ammonitas, Belemnitas, Ostras y Erizos fósiles, pertenecientes á la edad secundaria. Insistir sobre los reptiles de esa época. Enseñar algunas rocas y efectuar excursiones geológicas á los terrenos secundarios, si la localidad lo permite.

III.

Edad terciaria, sus terrenos y sus fósiles.

Durante la edad terciaria, por causa de un lento hundi-



Fig. 277. — Francia después del depósito de los terrenos terciarios.

miento del suelo, el mar penetró en la cuenca de París

(fig. 277), depositando, encima de la creta de la edad precedente, *arenas, arcillas, calcáreos y yeso*. Los grandes reptiles, así como las Belemnitas y las Ammonitas han desaparecido; á pesar de éso, los seres vivos llegan á un grado de perfección que hasta entonces no habían alcanzado: los mamíferos, antes muy raros, se hacen cada vez más numerosos, y los moluscos están provistos de conchas muy parecidas á las de nuestros moluscos actuales. Los vegetales se parecen á los que conocemos, y, por fin, surgen numerosas especies zoológicas y botánicas, que viven aún en la época presente.

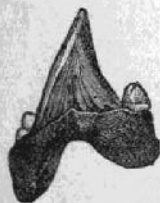


Fig. 278. — Diente de tiburón de la edad terciaria.

Los terrenos terciarios han sido divididos en tres capas: el EOCENO, que á menudo se llama *terreno parisiense*, el MIOCENO ó *molasa* y el PLIOCENO ó *sub-apenino*.

Entre los mamíferos predominan los ungulados, por lo

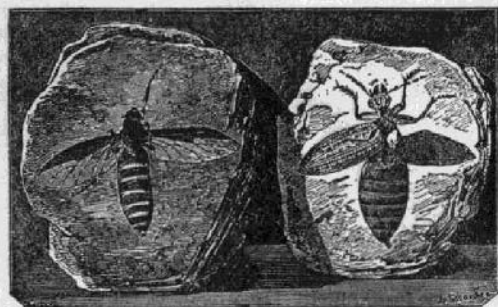


Fig. 279. — Insectos fósiles de la edad terciaria.

cual se ha querido dar á la época del depósito de los terrenos terciarios el nombre de *era de los Ungulados*; las aves,

los reptiles, los batracios y los peces abundan. Los tiburones pueblan los mares, y se encuentran todavía sus dientes muy bien conservados (fig. 278). Los insectos no son raros (fig. 279), y se les halla en ciertas localidades, empastados por una especie de resina llamada *ámbar ó succino*. Pero los fósiles que caracterizan mejor la edad terciaria son las *ceritas* y las *nummulitas*. La cerita es una concha en forma de cono muy prolongado, con una abertura provista de un canal por donde pasaba el tubo respiratorio del molusco gasterópodo que la habitaba (fig. 280). La nummulita se parece á una moneda pequeña (fig. 281); interiormente se encuentra dividida en numerosos compartimientos.

Ese fósil abunda tanto en multitud de localidades que forma capas importantes de terreno (fig. 282).

A fines de la edad terciaria vivían unos grandes ani-



Fig. 280. — Cerita, molusco gasterópodo de la edad terciaria.



Fig. 281. — Nummulita, rizópodo fósil de la edad terciaria.

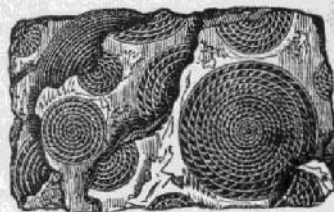


Fig. 282. — Calcareo nummulítico.

males, muy parecidos á nuestros elefantes, los *Mastodontes*

y los *Dinoterios*, cuya longitud pasaba de cinco metros (fig. 283).

Las rocas de sedimento que componen los terrenos terciarios son : el *calcáreo*, la *marga*, la *arena*, el *asperón*, la *arcilla*, el *yesso*, la *sal gema*, los *lignitos*, la *almendrilla* y la *piedra molar*; las rocas eruptivas que las han atravesado son los *traquitos* y los *basaltos*, que en Francia es fácil encontrar en Auvernia y en el Cantal.



Fig. 283. — El *Dinotero*, animal de la edad terciaria.

El *EOCENO* abunda en París y sus alrededores; comprende ese terreno tres formaciones principales, que enumero por su orden de superposición, empezando por la más antigua, es decir, por la que se encuentra debajo de las otras :

- 1º. Las *arenas de Soissons* (Cuisse-la-Motte);
 - 2º. El *calcáreo grosero* (piedra de París, Arcueil, etc.);
 - 3º. El *yesso* (París, Argenteuil, Noisy-le-Sec, etc.);
- El *MIOCENO* comprende á su vez otras tres formaciones :
- 1º. Las *arenas de Fontainebleau*;
 - 2º. Las *arenas conchíferas* de Turena y Aquitania;
 - 3º. Las *margas y asperones* de Viena (Austria).

En cuanto al *PLIOCENO*, se le halla sobre todo en Inglaterra, en Suffolk y en Norwich; en los alrededores de París está

representado únicamente por las arenas de Chartres.

En la época miocena el Mediterráneo estaba cegado, pero un hundimiento ocurrido en la época pliocena hizo entrar allí otra vez el mar. Los volcanes de Velay, que son los más antiguos conocidos, datan de ese tiempo; antes de su aparición, las rocas ígneas no habían formado aún conos de erupción.

CUESTIONARIO.

- ¿Cuáles son los principales caracteres de la edad terciaria?
 ¿En cuántas formaciones se dividen los terrenos terciarios?
 ¿Qué animales se encuentran en estado fósil en las rocas de esos terrenos?
 Diga V. los nombres de las formaciones principales del Eoceno.
 Diga V. los nombres de las formaciones principales del Mioceno.
 ¿Donde se encuentra sobre todo el Plioceno?

EXPERIENCIAS Y EXPLICACIONES COMPLEMENTARIAS.

Insistir sobre la disposición de los terrenos primarios, secundarios y terciarios, en Francia, principalmente en París, y aplicar esas consideraciones al país del alumno. — Presentar ceritas y nummulitas para caracterizar los terrenos terciarios. — Moluscos gasterópodos; papel que los foraminíferos desempeñan en la constitución de los terrenos. — Calcáreo nummulítico. — Excursión en los terrenos terciarios si la localidad lo permite.

banco de agua congelada. El deshielo de esos glaciares ha

IV

Edad cuaternaria. Aparición del hombre.

Muchos geólogos pretenden que nos encontramos todavía en la época terciaria; pero tal vez conviene hacer de los tiempos actuales una edad especial, bajo el nombre de cuaternaria, por causa de los notables fenómenos climáticos que la distinguen de la época precedente.

En efecto, al principio de la edad cuaternaria, la tierra ha estado sometida á un enfriamiento muy intenso, que se designa diciendo, que entonces se experimentó un primer PERÍODO GLACIAL. Agassiz ha hallado restos de esos bancos de hielo hasta bajo el ecuador. En el hemisferio Norte los glaciares se han fundido, y los torrentes formados de ese modo han depositado el DILUVIUM GRIS, especie de arcilla parduzca con arenas y cantos rodeados constituidos por sílex, granitos y pórfidos. En la cuenca de París se pueden observar esas piedras, venidas de las montañas del Morván, y es fácil seguirlas en los valles sucesivos del Sena, del Yonne y del Cure, por donde descendieron.

Más tarde, los torrentes impetuosos se detuvieron y depositaron un lodo rojizo que se llama LÖESS (limo). Al mismo tiempo se produjo un descenso general de los mares, cuyas playas conchíferas se encuentran á alturas que varían entre 450 y 1900 metros (Inglaterra, Escandinavia, América del Norte).

Después del período del Scées se atraviesa un nuevo período glacial, menos intenso que el primero, durante el cual los glaciares marinos alcanzan gran desarrollo. Todo el norte de América y de Europa estaba cubierto por un

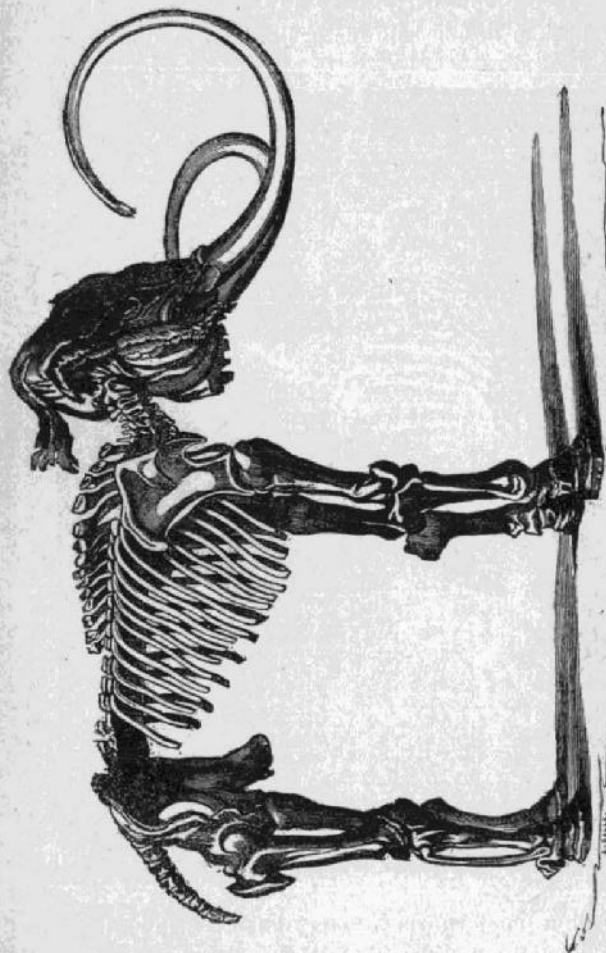


Fig. 284. — El Mamut, animal fósil de la época cuaternaria.

acarreado piedras erráticas angulosas como lo hacen los de hoy con sus témpanos flotantes; esas piedras se en-

encuentran en toda la parte septentrional de nuestro hemisferio, excepto en Siberia; pero no llegaron hasta la latitud de Francia, á donde sólo fué el limo, formando la tercera

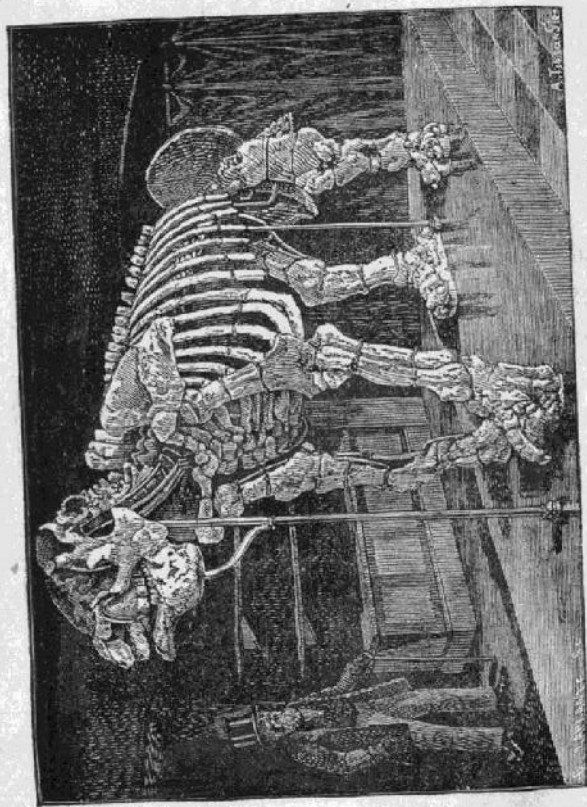


Fig. 285. — El Megaterio, animal fósil de la edad cuaternaria.

estrificación cuaternaria, ó DILUVIUM ROJO. Por último, un nuevo período de elevación de las tierras da á nuestros continentes su forma actual. Los volcanes de Auvernia y la mayor parte de los del Eifel son de esta época.

Los terrenos que se han formado desde los comienzos de la edad cuaternaria contienen gran cantidad de huesos pertenecientes á seres cuyas especies viven aún ó se han

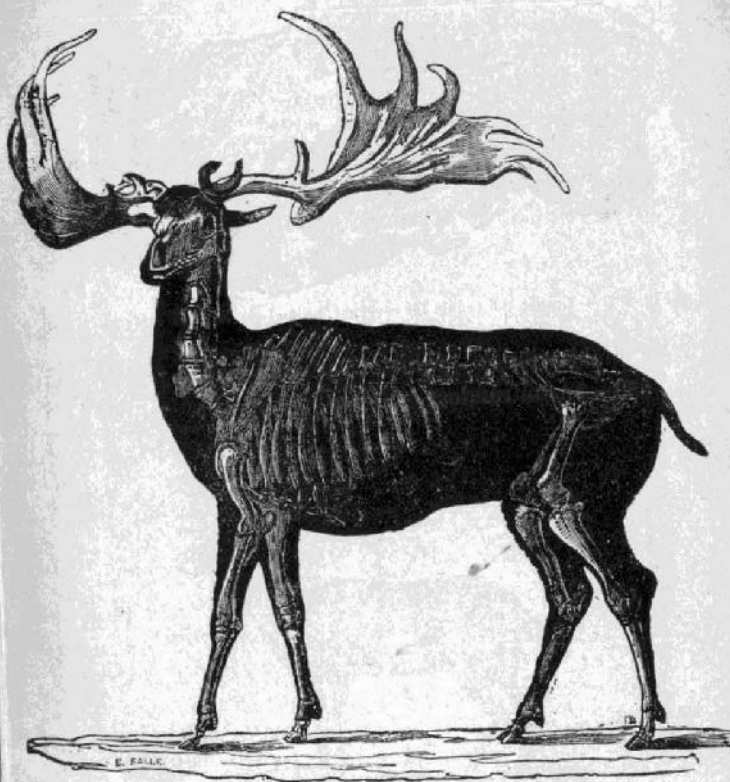


Fig. 286. — Ciervo primitivo, de la época cuaternaria.

perdido por completo: esqueletos de *Mammut* (fig. 284) de *Magaterio* (fig. 285), de *Ciervo primitivo* (fig. 286), de *Oso de las cavernas* (fig. 287) y de *Reno* (fig. 288). Todos esos

animales han sido contemporáneos del hombre, que los ha cazado; los geólogos han probado el hecho.

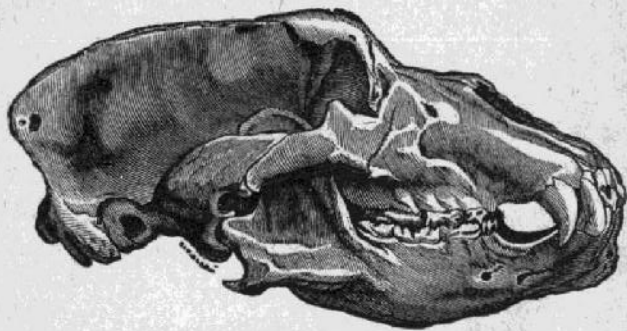


Fig. 287. — Cráneo del oso de las cavernas, animal de la edad cuaternaria.

Las habitaciones prehistóricas han sido registradas (fig. 289), encontrándose en ellas una enorme cantidad de



Fig. 288. — El Reno, animal de la época cuaternaria, cuya especie vive aún en la actualidad.

objetos y de huesos que demuestran la coexistencia del

hombre y de los grandes mamíferos de que acabamos de hablar. Entre esos objetos se hallan placas de esquisto, de cuerno de reno y de marfil donde nuestros antepasados pre-

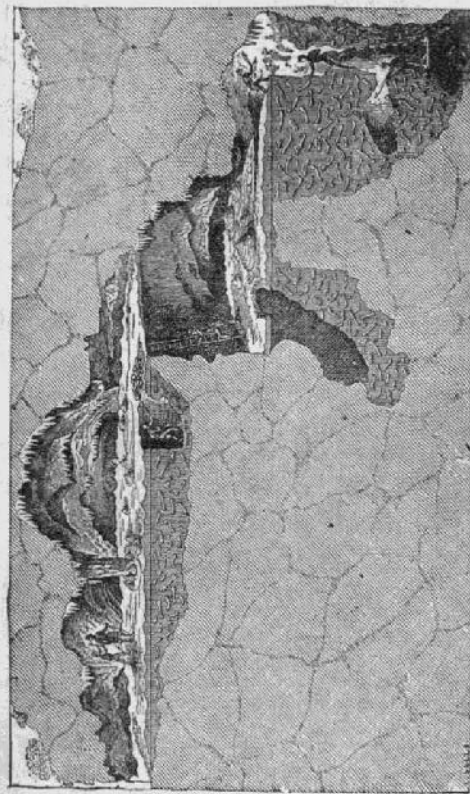


Fig. 289. — Caverna de huesos de Gaylenruth (Baviera).

históricos grabaron imágenes del oso, del mammut y del reno (fig. 290). En el año 1864 unos pescadores descubrieron en el golfo del Obi un mammut, cuyas carnes

heladas estaban cubiertas todavía por su piel velluda (fig. 291). Ese mammut se parecía completamente al que dibujó el hombre del período glacial.

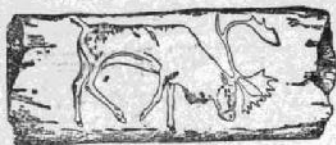


Fig. 290. — El Reno, grabado por el hombre prehistórico.

En los sedimentos de la época cuaternaria, en medio de los huesos de esos grandes animales, se encuentran también piedras talladas, primeros productos de la industria huma-

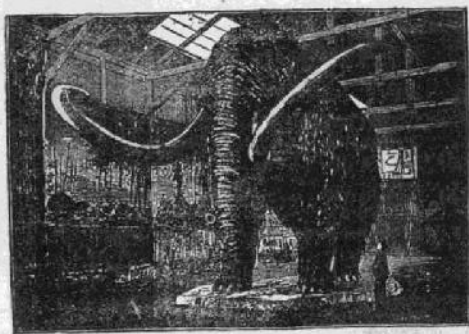


Fig. 291. — Mammut restaurado.

na : son pedazos de sílex que nuestros antepasados utilizaban como armas ó como instrumentos. Al principio esas piedras fueron simplemente talladas á golpes, y luego se las pulimentó por medio del rozamiento. Encima de las capas

antiguas de nuestra época, se depositan aluviones más recientes, cubiertos casi en todas partes de tierra vegetal. A la edad de piedra sucede la del bronce, que podemos llamar la aurora de la civilización moderna.

FIN

INDICE

Nociones preliminares	1	Definición de la Meteorología.	5
Definición de la Cosmografía.	1	Definición de la Geología.....	7

PRIMERA PARTE. — COSMOGRAFÍA.

Descripción del Sol.....	9	Orbitas de los Cometas.....	36
Distancia de la Tierra al Sol..	9	Constitución física de los Co-	
Dimensiones del Sol.....	10	metas.....	38
Aspecto de la superficie del Sol.	12	Cometa de 1881.....	44
El Sol da vueltas sobre su eje.	15	Cometa de 1882.....	46
Calor producido por el Sol...	15	Descripción de la Luna....	51
Generalidades sobre los pla-		Dimensiones de la Luna....	51
netas	17	La Luna no posee ni atmósfera	
Distinción entre las Estrellas y		ni mares.....	58
los Planetas.....	17	Las fases de la Luna	63
Distancia de los Planetas al		Explicación de las fases de la	
Sol.....	18	Luna.....	63
Los Satélites.....	19	La luz cenicienta.....	67
Magnitudes comparadas de los		La Luna nos presenta siempre	
Planetas.....	20	la misma cara.....	68
Los Planetas inferiores	22	Efectos de la atracción lunar	
Mercurio	23	sobre el Océano.....	69
Venus.....	23	Lo que se debe pensar de la in-	
Paso de los Planetas inferiores		fluencia de la Luna sobre el	
sobre el disco del Sol.....	25	tiempo.....	71
Los Planetas superiores ...	27	La Luna roja.....	75
Marte y los Asteroides.....	27	Los Eclipses	78
Júpiter.....	29	Eclipses de Luna.....	78
Saturno.....	31	Eclipses de Sol.....	80
Urano.....	32	Ocultaciones.....	84
Neptuno.....	33	Forma y dimensiones de la	
Cuadro del sistema solar..	35	Tierra	86
Los Cometas	36	Longitudes y latitudes.....	88

El día y la noche.....	93	El Calendario.....	119
Orientación.....	93	Calendario romano.....	119
Movimiento aparente del Sol.....	93	Calendario gregoriano.....	120
Cuadrantes solares.....	94	Calendario republicano.....	123
Movimiento real de la Tierra.....	95	Fasti calendares ó Calenda-	
Las horas.....	97	ria.....	126
Las diferencias de horas.....	98	Estrellas y constelaciones.....	128
Elección de un primer me-		Clasificación de las estrellas.....	128
ridiano.....	103	Principales constelaciones.....	129
Cartas marinas y terrestres.....	106	La Osa mayor.....	130
La milla marina.....	108	Movimiento diurno.....	131
El nudo marino.....	108	El zodiaco.....	131
Los climas.....	110	Las nebulosas.....	134
Las estaciones.....	111	Distancias de las Estrellas á la	
El Sol de medianoche.....	114	Tierra.....	135

SEGUNDA PARTE. — METEOROLOGÍA.

Composición del aire atmos-		La veleta.....	174
férico.....	138	Velocidad de los vientos.....	175
Experiencia de Lavoisier.....	138	El anemómetro.....	175
Los gases del aire.....	142	Vientos constantes.....	178
El aire tiene peso.....	145	Vientos periódicos.....	179
El barómetro.....	148	Trabajos de Maury.....	183
Las variaciones del barómetro.....	151	El agua.....	186
El calor atmosférico.....	155	Diversos estados del agua.....	186
Dilatación de los cuerpos por		Funciones del agua en geología.....	
el calor.....	155	Aguas minerales.....	187
Descripción del termómetro.....	157	Funciones del agua en la eco-	
Graduación del termómetro.....	158	nomía doméstica.....	188
Diversos termómetros.....	160	Aguas potables.....	189
Observaciones termométricas		Agua destilada.....	189
cas.....	162	Composición del agua.....	189
Temperaturas medias.....	162	El voltámetro.....	191
Distribución de las tempera-		Los meteoros acuosos.....	191
turas en la superficie del		Humedad de la atmósfera.....	193
globo.....	164	El higrómetro.....	193
Temperaturas más altas obser-		Nieblas.....	194
vadas en París.....	166	Nubes.....	195
Temperaturas más bajas obser-		Rocío.....	196
vadas en París.....	167	Lluvia.....	199
Los grandes inviernos.....	170	El pluviómetro.....	199
Efectos del calor sobre la		Repartición de las lluvias en	
atmósfera.....	173	la superficie del globo.....	203
El aire caliente sube.....	173	La lluvia en París.....	204
Dirección de los vientos.....	174	El vergláz.....	207

La nieve.....	207	Arco iris.....	240
El granizo.....	208	Descomposición de la luz solar.....	240
El hielo.....	209	Los halos.....	242
Neveras.....	212	Las coronas.....	244
Meteoros eléctricos y lumi-		Previsión del tiempo.....	246
nosos.....	215	Observaciones meteorológicas.....	246
Electricidad atmosférica.....	215	Instrumentos que se emplean	
Relámpago y trueno.....	216	en los observatorios.....	248
Relámpagos de calor.....	219	La oficina central meteorolo-	
Rayo globular.....	219	gógica de Francia.....	253
El pararrayo.....	222	Servicio de los avisos meteorolo-	
La electricidad se escapa por		gógicos.....	254
las puntas.....	222	Escalas y notación de los des-	
Teoría del pararrayo.....	224	pachos meteorológicos.....	255
Pararrayo de Melsens.....	226	Borrascas y depresiones.....	258
Las auroras boreales.....	228	Movimientos de los ciclones.....	259
Observaciones de auroras bo-		Mapas del tiempo.....	261
reales.....	229	Influencia de la dirección del	
Estrellas errantes.....	233	viento sobre el clima de	
Las piedras que caen del cielo.....	234	París.....	263
Bolidos.....	235	Huracanes y tempestades.....	266
Meteoritos.....	238	Las trombas.....	272

TERCERA PARTE. — GEOLOGÍA.

Formación de la costra te-		Corriente ecuatorial.....	307
rrestre.....	275	Acción del mar sobre los	
Nociones generales.....	275	continentes.....	311
Las rocas.....	278	Aguas subterráneas.....	314
Los fósiles.....	280	Fuentes.....	315
Movimientos de la corteza		Pozos.....	316
terrestre.....	282	Pozos artesianos.....	316
Movimientos lentos de la cor-		Pozo artesiano de Grenelle.....	318
teza terrestre.....	282	Las aguas mansas y bravas.....	321
Movimientos bruscos.....	283	Formación de los deltas.....	321
Temblores de tierra.....	285	Los torrentes.....	322
Temblores de tierra de Ischia.....	289	Catástrofe de Szegedin.....	323
Los volcanes.....	293	Los glaciares.....	327
Distribución geográfica de los		Glaciares polares.....	327
volcanes.....	293	Glaciares de montañas.....	329
Corrientes de lava.....	297	Ejemplos de glaciares.....	331
Solfataras.....	299	Fenómenos observados en los	
Los mares y las corrientes		glaciares.....	333
marinas.....	303	Clasificación de las rocas.....	336
Gulf-stream.....	304	Rocas eruptivas.....	337
Mar de los Sargazos.....	306	Rocas sedimentarias.....	342

Rocas silíceas.....	342	Los betunes.....	390
Cristal de roca.....	342	Asfaltos.....	391
Silex, piedra de chispa ó pedernal.....	343	Piedras preciosas.....	392
La piedra molar.....	345	La turquesa.....	392
Los geysers.....	346	El topacio.....	392
El tripoli.....	347	El corindón.....	392
Las arenas blancas y duras.....	349	La esmeralda.....	392
Los asperos.....	351	El granate.....	393
Fabricación de los vidrios y cristales.....	351	Los rubís.....	393
Rocas arcillosas.....	356	Las turmalinas.....	393
El caolín.....	356	El lápiz-lazuli.....	393
Las arcillas.....	356	Metales de uso corriente..	394
Las pizarras.....	357	El oro.....	394
Arte del alfarero ó cerámica.....	359	La plata.....	394
Objetos porosos.....	360	El cobre.....	396
Objetos no porosos.....	362	El hierro.....	397
La porcelana.....	363	El zinc.....	397
Las rocas calcáreas.....	368	Las edades de la tierra...	398
Los mármoles.....	369	Periodos geológicos.....	398
Calcáreo litográfico.....	369	Periodo azoico.....	399
La creta.....	370	Edad primaria.....	401
Estalactitas y estalacmitas...	372	Arqueano.....	401
Travertines.....	375	Siluriano.....	402
Lumaquelas.....	375	Dovoniano.....	403
Calcáreo grueso ó de construcción.....	376	Carbonífero.....	407
Piedra especular.....	378	Permiano.....	408
Piedra de encalar.....	378	Edad secundaria.....	410
Usos de las rocas calcáreas...	379	Triásico.....	413
La cal y los cementos.....	380	Liásico.....	413
El yeso y el estuco.....	382	Jurásico.....	413
Las rocas combustibles.....	384	Cretáceo.....	419
Diamante y grafito.....	384	Edad terciaria.....	423
Antracita.....	386	Eoceno.....	426
La hulla ó carbón de tierra...	386	Mioceno.....	426
Los lignitos.....	388	Plioceno.....	426
Las turbas.....	389	Edad cuaternaria.....	428
Naftas y petróleos.....	390	Diluvium gris.....	428
		Loess.....	428
		Diluvium rojo.....	430
		Cavernas de osamentos.....	432



EN LA MISMA LIBRERÍA

OBRAS DEL MISMO AUTOR

Adoptadas por el municipio de París, é inscritas en la lista de libros a que esa corporación suministra gratuitamente á sus escuelas.

Las Plantas. — Primeras lecciones de Botánica, 1 t. 42, con 107 grabados en el texto.

Los Animales. — Elementos de Zoología teórica y aplicada, 1 t. 42; con 336 grabados en el texto.

El Hombre. — Elementos de Fisiología y de Higiene, de Pedagogía y de Etnografía, 1 t., con mas de 300 grabados en el texto.

Escritos con arreglo al mismo plan, y respondiendo á idéntico propósito, los 4 tomos, *Las Plantas, los Animales, la Tierra y el Hombre*, constituyen un curso completo de historia natural. Estas obras, tan notables por su valor didáctico como por su ejecución tipográfica, presentan nuevos estudios en forma enteramente nueva, que reúne, sin excluir, ni en ningún sentido la *teoría* á la *aplicación*. No es ya la *exposición de cosas*; no es sino, embargo todavía la *ciencia pura*; es la *ciencia en su primer grado*, elemental y superior, con su *aplicación práctica*. Esas obras responden á las necesidades de los cursos complementarios y de los cursos profesionales. Podemos añadir que además reúnen todas las condiciones y ventajas de libros para premios y para bibliotecas escolares.