

CARTILLAS CIENTÍFICAS

NOCIONES DE GEOLOGÍA

POE

ARCHIBALDO GEIKIE

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

CON LÁMINAS



PARÍS

EDITORIAL GARNIER HERMANOS

6, RUE DES SAINTS-PÈRES, 6

QE 28

G3

C. 1

NEW

BOOKS

COLLECTION



1080024519



ITER PARA TVTVM

ALERE FLAMMAM  
VERITATIS

EX LIBRIS

HEMETHERII VALVERDE TELLEZ

Episcopi Leonensis

CARTILLAS CIENTÍFICAS, *compuestas por los Profesores HUXLEY, ROSCOE, y BALFOUR STEWART.*

NOCIONES DE GEOLOGÍA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Núm. Clas. 550  
Núm. Autor 6312 W  
Núm. Adg. 11194  
Procedencia -6-  
Precio \_\_\_\_\_  
Fecha \_\_\_\_\_  
Clasificó \_\_\_\_\_  
Catalogó \_\_\_\_\_



CARTILLAS CIENTÍFICAS

# NOCIONES DE GEOLOGÍA

POR

ARCHIBALDO GEIKIE

DOCTOR EN AMBOS DERECHOS; MIEMBRO DE LA SOCIEDAD REAL,  
DIRECTOR DE LA EXPLORACIÓN GEOLOGICA DE ESCOCIA  
Y PROFESOR DE GEOLOGÍA Y MINERALOGIA EN LA  
UNIVERSIDAD DE EDSBURGO

CON LÁMINAS



UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"

Apdo. 1625 MONTERREY, MEXICO

PARÍS

CASA EDITORIAL GARNIER HERMANOS

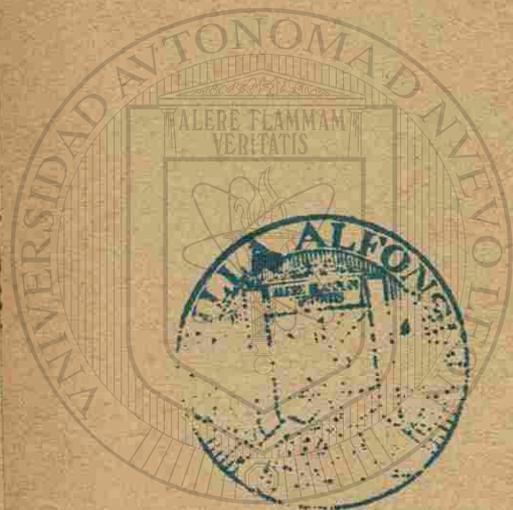
6, CALLE DES SAINTS-PÈRES, 6

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
Biblioteca Valverde y Telles

11194

QE 28

63



FONDO EMETERIO  
VALVERDE Y TELLEZ

125048

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
Apdo. 1625 MONTERREY, MEXICO

## INDICE

	ART.	PÁG.
CARTA QUE PUEDE SERVIR DE PRÓLOGO.	.	vii
INTRODUCCIÓN	1-14	9
DIFERENTES CLASES DE PIEDRAS	15-34	14
LO QUE LAS PIEDRAS NOS CUENTAN	32-42	23
ROCAS SEDIMENTARIAS :		
I. Lo que es sedimento.	43-56	28
II. Cómo se forman el cascajo, la arena y el limo	57-76	33
III. Cómo el cascajo, la arena y el limo se convierten en rocas sedimentarias	77-105	43
IV. Cómo vienen á encontrarse restos de plantas y animales en las rocas sedimentarias	106-117	65
V. Una cantera y lo que nos enseña	118-131	62
ROCAS ORGÁNICAS, Ó ROCAS FORMADAS DE RESTOS DE PLANTAS Y ANIMALES :		
I. Rocas formadas de restos de plantas	123-152	70
II. Rocas formadas con los restos de animales	153-162	81

011194

ROCAS ÍGNEAS :	ART.	PÁG.
I. Lo que son rocas ígneas . . . . .	163—173	90
II. De dónde provienen las rocas ígneas . . . . .	176—187	100
LA CÔRTEZA DE LA TIERRA :		
I. Pruebas de haberse elevado algunas partes de la corteza . . . . .	188—206	109
II. Pruebas de haberse hundido algunas partes de la corteza . . . . .	207—218	119
III. Pruebas de que las rocas de la corteza de la Tierra se han movido, contraído y roto . . . . .	218—226	126
IV. Origen de las montañas . . . . .	227—242	133
V. De qué manera las rocas de la corteza terrestre cuentan la historia de la Tierra . . . . .	243—284	142
CONCLUSIÓN . . . . .	285—288	149

## CARTA QUE PUEDE SERVIR

## DE PRÓLOGO.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
 "ALFONSO REYES"  
 Apdo. 1625 MONTERREY, MEXICO

Nueva York, Nov. 8, de 1876.

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

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

## PRÓLOGO

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

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

De Vds. atento Servidor.

G. RAWSON.

## NOCIONES DE GEOLOGIA

### INTRODUCCIÓN

1. Una casa común, como aquella en que vivimos casi todos, está construída con varias materias, siendo siempre una de ellas la *pedra*. En las paredes, hogares, chimeneas y tejados, se usa la *pedra* : en cada sitio suele usarse una clase diferente de las empleadas en el resto del edificio : pueden hacerse las paredes de *pedra arenosa*, de *pedra caliza* ó de ladrillo ; los hogares de *losas* ; los tejados, de *pizarra* ó *tejas* ; las chimeneas, de *mármol*, y quemarse en ellas también otra clase de *pedra* llamada *carbón*. No hay más que salir á la calle para ver todavía mayor variedad : de una especie es el empedrado, de otra el de las aceras ; las tiendas y edificios ostentan diferentes clases en sus varios ornamentos ; de manera que basta echar una ojeada á las calles y á las casas, para ver en seguida *que hay muchas clases diferentes de piedras*.

2. Examinándolas un poco más de cerca, se ve que pasan por varias transformaciones antes de for-

## PRÓLOGO

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

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

De Vds. atento Servidor.

G. RAWSON.

## NOCIONES DE GEOLOGIA

### INTRODUCCIÓN

1. Una casa común, como aquella en que vivimos casi todos, está construída con varias materias, siendo siempre una de ellas la *pedra*. En las paredes, hogares, chimeneas y tejados, se usa la *pedra* : en cada sitio suele usarse una clase diferente de las empleadas en el resto del edificio : pueden hacerse las paredes de *pedra arenosa*, de *pedra caliza* ó de ladrillo ; los hogares de *losas* ; los tejados, de *pizarra* ó *tejas* ; las chimeneas, de *mármol*, y quemarse en ellas también otra clase de *pedra* llamada *carbón*. No hay más que salir á la calle para ver todavía mayor variedad : de una especie es el empedrado, de otra el de las aceras ; las tiendas y edificios ostentan diferentes clases en sus varios ornamentos ; de manera que basta echar una ojeada á las calles y á las casas, para ver en seguida *que hay muchas clases diferentes de piedras*.

2. Examinándolas un poco más de cerca, se ve que pasan por varias transformaciones antes de for-

mar parte de un edificio. Las piedras de las paredes han sido desmenuzadas y preparadas con escople y martillo; el mármol de las chimeneas, suavizado y pulimentado; la pizarra, aserrada en láminas delgadas. Hay otras materias de construcción que aun han tenido mayores transformaciones. Los ladrillos, por ejemplo, eran en un principio arcilla blanda que ha sido después endurecida tostándola en hornos. La mezcla que sirve para sujetar juntos los ladrillos y piedras de las paredes se ha obtenido quemando piedra de cal en las caleras; el hierro usado en la casa estaba primitivamente en el estado de una piedra floja, roja ó de un color oscuro, que tuvo que tostarse y fundirse antes de salir de ella el claro y luciente metal.

3. Pero aunque estas diversas piedras se diferencian tanto entre sí, tienen un punto común, *vienen de debajo de la superficie de la tierra*. Si fuese posible seguir á cada una de ellas hasta el punto de donde salió, se vería que la arenosa y la caliza fueron tomadas de canteras, quizás no muy distantes, que las pizarras fueron cortadas del lado de alguna colina, que el mármol fué sacado de alguna montaña distante, es posible que en Italia, que el carbón fué extraído de minas muy profundas, y que fueron hechos los ladrillos con arcilla sacada de pozos labrados en alguna tierra baja de las inmediaciones.

4. En este país la mayor parte de la superficie tiene una cubierta de verde hierba, que tapiza hasta las laderas de las colinas; campos de trigo, praderas, bosques y huertos se extienden sobre aquélla,

ocultando lo que tienen debajo, como oculta al suelo una alfombra; pero este manto de vegetación y el terreno en que crece, es solamente una cubierta delgada; fácil es cavar á través de la hierba y el suelo, ó mejor aun observar cómo se quitan en canteras, pozos ó excavaciones de cualquier clase; se ve que forman una mera capa exterior, que tiene cuando más unos pocos pies de espesor. Debajo hay siempre alguna clase de piedra, de modo que precisamente lo mismo que al levantar la alfombra de una habitación, se ve el piso de madera, así cuando se monda la piel exterior de la vegetación y el suelo de cualquier parte de la tierra, queda á la vista un piso de piedra.

5. Sobre este piso de piedra caminamos todos los días de nuestra existencia. Se extiende sobre todo el globo, formando el fondo de los mares y la superficie de la tierra. Sabido es que es muy desigual, no pareciéndose en esto á los pisos de nuestras casas. En algunos parajes se extiende en llanuras anchas, y en otros se levanta en altas y escabrosas montañas.

6. Además, este vasto piso universal se diferencia de los pequeños de madera de las casas, en la asombrosa variedad de sus materias, de la cual sólo se ve una pequeña parte en las diferentes piedras que empleamos en los edificios: hay un número casi ilimitado de piedras. El constructor se contenta con hacer sus pisos de una misma clase de madera que dure; pero el gran piso de piedra que nos sustenta no tiene nada de esa uniformidad. Sus variadas materias están agrupadas de la manera más

irregular y cambiante, y hasta tal extremo que si se hiciera un mapa de todas ellas, parecería el intrincado dibujo de algún tapiz de mucho precio.

7. Acerca de este piso de piedra deseo hablar en las siguientes lecciones, diciendo de qué se compone y cómo se juntan sus diferentes partes. Á primera vista, acaso parezca que el asunto no ofrece interés ni atractivos; pero paso á explicar con un ejemplo la manera que tiene de estar relacionado con todo el mundo.

8. Trácese con lápiz en un mapa de las Islas Británicas dos líneas, una de las cuales empiece en Liverpool y cruce Inglaterra, tocando en Stafford, Birmingham y Cambridge, hasta encontrar el mar en Harwich, y la otra que atraviese la parte ancha de Escocia desde Skye á Montrose.

9. Supóngase que dos extranjeros que nunca hubieran estado en este país desembarcaran en su costa occidental, y después de cruzar la isla, cada uno siguiendo una de las líneas dibujadas, se encontrasen de nuevo en el continente y comparasen sus notas respecto á lo que habían visto. El viajero que siguió la línea de Liverpool á Harwich, podría emplear las siguientes ó parecidas palabras: "Me admira la llanura de la Gran Bretaña; he cruzado todo el ancho de la isla sin ver una sola ondulación del terreno, que mereciera el nombre de colina; la mayor parte de la tierra es asombrosamente fértil, estando en una parte cubierta de campos de pan llevar, en otro de huertos ó bosques, quedando anchas regiones dedicadas á los pastos. Las casas son todas de ladrillo. Vi algunas grandes

ciudades llenas de gente y animadas por industrias de todas clases. Reparé también que en algunas partes del país una gran porción de la riqueza de los habitantes venía de debajo de tierra. En Cheshire sacan grandes cantidades de sal de las minas. En Staffordshire extraen hierro y carbón de muchas galerías muy profundas; pero en conjunto, páreceme que los ingleses se ocupan por la mayor parte en sembrar y recoger granos y en criar ganados."

10. El otro viajero tendría que hacer una relación muy diferente: "No alcanzo á comprender, podría decir, cómo habláis de la Gran Bretaña, como país llano bajo ningún concepto. También cracé yo la isla de mar á mar, desembarcando en la costa de Inverness-shire y saliendo del puerto de Montrose, y pude ver muy poca tierra baja ó nivelada en todo el camino, que es una sucesión interminable de altas y escabrosas montañas y de valles profundos y roqueños. No pude ver ciudades, y apenas encontré alguna que otra aldea, hasta llegar á la costa de levante. La gente vive en casas de piedra, y no llegué á ver un solo ladrillo en ninguna parte. No tienen más carbón de piedra que el que traen de lejos, y la mayor parte de las clases pobres cortan en las colinas la turba para emplearla como combustible: ni vi minas en mi jornada, ni fábricas de ninguna especie. La población es escasisima, y parece principalmente ocupada en apacentar rebaños de ovejas. Juzgando de toda la Gran Bretaña por lo que con mis propios ojos he visto, la describiría como una isla accidentada, montañosa, árida, sin comercio ni industria, y buena única y

exclusivamente para tierras de pasto ó para caza y á trechos para la labor. ”

11. Ahora bien, cada uno de los supuestos viajeros habría dado cuenta bastante exacta de este país, hasta donde alcanzaba su propia experiencia personal, y sin embargo, uno y otro estarían completamente equivocados en suponer que lo que habían visto que era cierto para una parte del país, era de igual manera exacto para todo el país.

12. Pero ¿ en qué consiste que hay esta gran diferencia entre las diferentes porciones de la isla? ¿ Cuál es el motivo de ser una región montañosa, otra llana, una fértil, otra árida, una poblada de gente y teatro de toda clase de industrias, otra apenas poblada y dedicada al pastoreo y á la caza?

13. *Estas grandes diferencias en la superficie del país dependen de diferencias en las piedras ó rocas.*

14. Fácilmente podrá comprenderse ahora que, si tanto depende la manera de ser de un país y de sus habitantes, de la naturaleza de las piedras que están debajo de tierra, sea muy de desear conocer algo acerca de estas piedras, de cómo y cuándo se formaron, y de por qué forman llanos ó tierras bajas en un sitio, y colinas aisladas ó elevadas montañas en otro. Esta clase de conocimientos pertenece á la ciencia de la *Geología*.

#### DIFERENTES CLASES DE PIEDRAS.

15. Sería casi imposible contestar con exactitud al que preguntase cuántas clases diferentes de li-

bros había visto uno en el transcurso de su vida : se han visto muchos libros nuevos, otros viejos ; grandes y pequeños ; empastados ó simplemente con cubiertas de papel ; encuadernados hermosamente algunos con telas rojas, verdes, azules y de otros colores ; otros con cuero y cubiertos de ricos dorados ; impresos algunos con caracteres grandes, y otros con letra pequeña ; adornados éstos con láminas en abundancia, y aquéllos sin una siquiera ; para concluir, podría seguirse por tiempo interminable contando todas estas diferencias entre libros que se han visto. Pero deteniéndose á pensar un momento, se echará de ver pronto, que después de todo, las diferencias dichas son únicamente las exteriores. La parte realmente importante del libro no es la encuadernación, ni el papel, ni la impresión, sino las palabras que el libro tiene que comunicar : impresas éstas con caracteres grandes ó pequeños, formando un libro abultado ó uno reducido, con láminas ó sin ellas, encuadernado en tela ó en piel, ó sin encuadernación de ninguna clase, siempre será, en realidad, el mismo libro.

16. Así, pues, cuando se pasa de esas meras semejanzas ó diferencias exteriores, que carecen de importancia, á lo que los libros son por sí mismos, pronto se descubre que después de todo no hay tantas clases como se había creído. Pueden irse reuniendo en grupos, según los asuntos de que tratan. De esta manera en los estantes de libros se encuentran los de gramática, los de historia, los de geografía, los de poesía, los de viajes, los de cuentos, etc., etc. En cada uno de estos grupos pueden

exclusivamente para tierras de pasto ó para caza y á trechos para la labor. ”

11. Ahora bien, cada uno de los supuestos viajeros habría dado cuenta bastante exacta de este país, hasta donde alcanzaba su propia experiencia personal, y sin embargo, uno y otro estarían completamente equivocados en suponer que lo que habían visto que era cierto para una parte del país, era de igual manera exacto para todo el país.

12. Pero ¿ en qué consiste que hay esta gran diferencia entre las diferentes porciones de la isla? ¿ Cuál es el motivo de ser una región montañosa, otra llana, una fértil, otra árida, una poblada de gente y teatro de toda clase de industrias, otra apenas poblada y dedicada al pastoreo y á la caza?

13. *Estas grandes diferencias en la superficie del país dependen de diferencias en las piedras ó rocas.*

14. Fácilmente podrá comprenderse ahora que si tanto depende la manera de ser de un país y de sus habitantes, de la naturaleza de las piedras que están debajo de tierra, sea muy de desear conocer algo acerca de estas piedras, de cómo y cuándo se formaron, y de por qué forman llanos ó tierras bajas en un sitio, y colinas aisladas ó elevadas montañas en otro. Esta clase de conocimientos pertenece á la ciencia de la *Geología*.

#### DIFERENTES CLASES DE PIEDRAS.

15. Sería casi imposible contestar con exactitud al que preguntase cuántas clases diferentes de li-

bros había visto uno en el transcurso de su vida : se han visto muchos libros nuevos, otros viejos ; grandes y pequeños ; empastados ó simplemente con cubiertas de papel ; encuadernados hermosamente algunos con telas rojas, verdes, azules y de otros colores ; otros con cuero y cubiertos de ricos dorados ; impresos algunos con caracteres grandes, y otros con letra pequeña ; adornados éstos con láminas en abundancia, y aquéllos sin una siquiera ; para concluir, podría seguirse por tiempo interminable contando todas estas diferencias entre libros que se han visto. Pero deteniéndose á pensar un momento, se echará de ver pronto, que después de todo, las diferencias dichas son únicamente las exteriores. La parte realmente importante del libro no es la encuadernación, ni el papel, ni la impresión, sino las palabras que el libro tiene que comunicar : impresas éstas con caracteres grandes ó pequeños, formando un libro abultado ó uno reducido, con láminas ó sin ellas, encuadernado en tela ó en piel, ó sin encuadernación de ninguna clase, siempre será, en realidad, el mismo libro.

16. Así, pues, cuando se pasa de esas meras semejanzas ó diferencias exteriores, que carecen de importancia, á lo que los libros son por sí mismos, pronto se descubre que después de todo no hay tantas clases como se había creído. Pueden irse reuniendo en grupos, según los asuntos de que tratan. De esta manera en los estantes de libros se encuentran los de gramática, los de historia, los de geografía, los de poesía, los de viajes, los de cuentos, etc., etc. En cada uno de estos grupos pueden

colocarse centenares de libros, que se parezcan entre sí por tratar de las mismas cosas, sean nuevos ó viejos, grandes ó pequeños, y estén ó no encuadrados.

17. Al arreglar los libros de esta manera, no por sus parecidos exteriores y casuales, sino por los asuntos de que tratan, ó lo que es lo mismo, por su semejanza real, se sigue lo que se llama un *Principio de Clasificación*. No importa nada cuántos sean los diferentes libros que haya que arreglar; pueden también estar escritos en inglés, francés, alemán, latín, griego ó en cualquier otro idioma; pues no obstante, siguiendo el principio de clasificación, será fácil arreglarlos en su sitio correspondiente, reuniendo todos los libros que traten del mismo asunto, de modo que en cualquier momento pueda colocarse la mano en cualquier libro que se necesite.

18. Supóngase que en vez de libros, se quiere arreglar piedras según sus diferentes especies. Se piensa en los diferentes nombres de piedra que uno conoce y se trata de recordar sus caracteres. Quizás se principia arreglándolas según el color, como por ejemplo, las piedras negras, tales como el carbón; las piedras blancas, como el yeso. Pronto se verá que el color no sirve para el principio de clasificación entre las piedras, como no serviría para los libros: puede entonces pensarse en agruparlas según su dureza; piedras duras y piedras blandas: pero no bien empezada esta clasificación, se echará de ver que es preciso poner juntas piedras que son tan completamente desiguales, que hay la seguridad

de que la dureza o la blandura solamente es uno de aquellos rasgos accidentales ó exteriores, como el papel ó la impresión de un libro.

19. Indispensable es pues averiguar cuáles sean los rasgos reales y esenciales de las piedras. ¿Qué fué lo que se hizo con los libros? Examinar lo que contenían y colocar juntos los que se encontraban con la lectura, dedicados al mismo asunto. Sígase con las piedras igual conducta.

20. Podrá preguntarse ¿cómo se lee el contenido de las piedras? Es seguro que esto debe ser muy difícil, porque ¿no hay un número infinitamente mayor de especies en las piedras que en los libros? De ninguna manera. Pronto se sabrá que no es tan difícil como se supone, leer el contenido de las piedras, y que, en realidad, los grupos principales de piedras son en mucho menor número que los grupos principales de libros. Veámoslo.

21. Aquí están tres trozos de piedra:

1. Un trozo de piedra arenosa.
2. Un trozo de granito.
3. Un trozo de yeso.

22. De todos son conocidas cada una de estas tres clases de piedra. La piedra arenosa es un material de mucho uso en las paredes, dinteles, fogones y baldosas. El granito puede verse ahora con frecuencia en las pulimentadas columnas y losas de los edificios públicos y tiendas y en los mausoleos; y las calles de muchas de nuestras grandes ciudades están empedradas con él. El yeso blanco común es conocido de todo el mundo.

23. Tómese en la mano el trozo de piedra arenosa

para examinarlo con cuidado, usando un cristal de aumento si son pequeños los granos. Anótese en un papel cada uno de los rasgos que vayan observándose sucesivamente: poco llamará la atención el color, porque las piedras arenosas, como los libros, pueden ser rojas ó blancas, verdes ó amarillas, y casi de todos los colores: ni se dará tampoco mucha importancia á la dureza ó blandura como rasgo esencial, porque hasta en un mismo

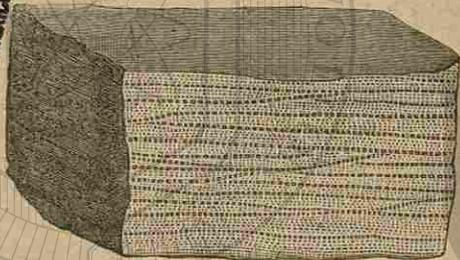


FIG. 1. -- Trozo de Piedra arenosa.

trozo pequeño de piedra, se verá que una parte es enteramente dura, mientras que la inmediata es blanda y se desmorona.

24. Si está bien escogido el trozo de piedra arenosa, se podrán apuntar los siguientes rasgos distintivos:

- (1.) La piedra se compone de pequeños granos.
- (2.) Los granos están todos más ó menos redondeados ó gastados.
- (3.) Raspando la superficie de la piedra, pueden separarse estos granos redondeados de la piedra,

y cuando están así sueltos parecen ser granos de arena.

(4.) Un examen más cuidadoso hace ver que los granos tienden á formar líneas, y que éstas son, por lo general, paralelas entre sí.

(5.) Se diferencian entre sí los granos en el tamaño y en el material de que están formados. La mayor parte de ellos se compone de una sustancia muy dura, blanca ó sin color, como el cristal, algunos son acaso pequeñas chispas de un material que reluce como la plata, otros son más blandos y de variadas formas. Se tocan unos á otros en algunas partes; en otras están separados por una especie de sustancia dura que los une á todos para formar la materia sólida. Este cemento es el que habitualmente da color á la piedra arenosa, pues es muchas veces rojo ó amarillo y algunas verde, oscuro, pardo y aún negro.

25. Recapitulando estos rasgos distintivos en una definición breve, se puede describir la piedra arenosa como *una piedra compuesta de granos gastados y redondeados de otras varias piedras, colocados de modo que forman capas.*

26. Hágase otro tanto con el trozo de granito, y se verá desde luego que una colección diferente de apariencias, pero después de algún tiempo se podrá descubrir y anotar lo siguiente:

- (1.) La piedra no contiene granos redondeados.
- (2.) Se compone de tres sustancias diferentes, cada una de las cuales tiene una forma cristalina particular (véase la cartilla de química, art. 23). Así es que, una de éstas que se llama feldespato, se

encuentra ahí en grandes y lisos cristales bien marcados, de un color encarnado claro ó blanquecino, y con dificultad se pueden arañar con la punta de un cuchillo. Éstos son los objetos grandes, blancos y bien delineados expuestos en el dibujo (Fig. 2). Otra, llamada mica, se encuentra en láminas relucientes, que fácilmente pueden abrirse en otras laminillas transparentes; comparando estas láminas lucientes con las plateadas chispas de la piedra arenosa, se verá que son una misma materia. La tercera, llamada cuarzo, es una sustancia dura, clara



FIG. 2. — Trozo de Granito.

como el vidrio, en la que no deja impresión el cuchillo, pero que es fácil reconocer como la misma sustancia de que están formados muchos de los granos de la piedra arenosa.

(3.) Los cristales del granito no se presentan en un orden definido, sino que están repartidos sin orden ni concierto por toda la piedra.

27. Hay rasgos notablemente distintos de los de la piedra arenosa, y de ellos podría hacerse una breve definición por este estilo: el granito es una *piedra compuesta de distintos cristales no dispues-*

*tos en capas, sino irregularmente entrelazadas unos con otros*

28. Últimamente, examínese por igual procedimiento el trozo de yeso. A primera vista parece esta piedra no tener rasgos distintos de ningún género. Es una sustancia suave, blanca, se desmenuza, ensucia los dedos que la tocan, y no parece tener granos como la piedra arenosa ni cristales como el granito. Se necesitará un cristal de aumento, ó quizás un microscopio, para alcanzar á ver la real naturaleza del yeso. Tómese un cepillo fino y cepílese con él dentro de un vaso de agua

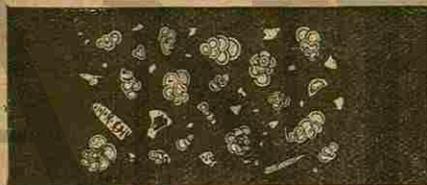


FIG. 3. — Trozo de Yeso.

clara un pedazo pequeño de yeso: muévase el agua delicadamente y déjese reposar luego hasta que se vea una capa de sedimento en el fondo. Derrámese el agua y colóquese un poco de este sedimento en un pedazo de cristal, y mírese con un microscopio ó cristal de aumento, y se verá que tiene rasgos fuertemente marcados, que pueden exponerse del siguiente modo:

(1.) La piedra, aunque á la vista parece ser de contextura mucho más uniforme que el granito y la piedra arenosa, está compuesta de partículas que

se parecen entre sí en color y composición, pero que presentan una variedad de formas.

(2.) Se compone de pequeñísimas conchas, pedazos de coral, fragmentos de esponjas y partículas blancas que son evidentemente restos molidos de conchas. En la Fig. 3, pueden verse algunos de estos granos de yeso, según el aspecto que tienen vistos con un microscopio que los aumenta cincuenta veces. También se presentan incrustadas en el yeso (Fig. 23) conchas bien conservadas, erizos de mar y restos de animalillos marinos.

29. Como descripción superficial del yeso, puede decirse que es *una piedra formada con los restos de animales que en algún tiempo vivieron.*

30. Si se repite esta clase de examen una y otra vez, llegará uno á familiarizarse completamente con los rasgos que acaban de enumerarse: ya se verá cuán importante es hacerlo así, cuando después se vea que son estas tres piedras ejemplos de los tres grandes grupos en que pueden distribuirse, porque una vez comprendida la composición de un trozo de piedra arenosa, de yeso ó de granito, y sabido cómo se formó cada una de estas piedras, no solamente se conoce ésto sino que se tiene la base para entender cómo empezaron á existir la mayor parte de las piedras de nuestras montañas y costas.

31. A pesar, pues, de la diversidad aparentemente infinita de las piedras con que el globo está constituido, se ve con un breve estudio que pueden agruparse en poquísimas clases. No hay más que seguir un simple principio de clasificación, y cada piedra que se encuentre entrará naturalmente en su

grupo correspondiente. Na hay que fijarse en su mera forma exterior ni en su color, sino tratar de encontrar de qué está hecha la piedra, para saber si ha de colocarse en el grupo de la piedra arenosa, en el del granito ó en el del yeso.

#### LO QUE LAS PIEDRAS NOS CUENTAN

32. Pero si no se va más lejos que á poder meramente arreglar las piedras en sus divisiones propias, no valdría la pena de emplear tiempo en el estudio de las mismas. Sería peregrino el que arreglase una biblioteca con un orden tan excelente, que cada libro ocupara su verdadero puesto en los estantes, pronto para consulta en cualquier momento, si se contentaba con este mero arreglo sistemático y no abría nunca ni uno solo de los libros para enterarse de su contenido. La clasificación de piedras, flores, pájaros ó peces, ó de otros objetos de la naturaleza, por sí sola no es más útil que el arreglo de una biblioteca cuyos libros no se leen, á menos que sirva para ayudarnos á entender mejor cuál es la naturaleza de las cosas que se clasifican y de qué manera se relacionan unas con otras.

33. En la base de toda ciencia verdadera hay este hábito de clasificar todo lo que descubrimos, y sin él no podríamos hacer progresos: estaríamos siempre confusos, y nunca sabríamos lo que había que hacer con cada cosa nueva que encontráramos. Estaríamos en el mismo caso que aquel á quien encerraran en una gran sala atestada de montones de libros en todos los idiomas y sobre todos los asun-

tos, y se le exigiera que se educara : en una confusión desesperada y absoluta.

34. Tratemos ahora de ver lo que podemos obtener de este hábito entre la variedad, al parecer interminable, de piedras que se encuentran en el mundo.

35. Tomemos otra vez nuestros tres trozos de piedra, la arenosa, el yeso y el granito, y comparemos otras piedras con aquéllas. Salimos de la ciudad y vamos á la mina, cantera ó barranca que esté más cerca, á cualquier hoyo natural ó artificial, que nos permita ver debajo de la yerba y del suelo de la superficie. En un lugar encontramos un barrizal, en otro una cantera de piedra arenosa, en otro un ferrocarril que atraviesa yeso ó piedra caliza, en otro una torrentera profunda de rocas duras con un arroyo que corre por el fondo. No importa para nuestro objeto de ahora cuál sea la naturaleza de la abertura, con tal de que nos deje ver lo que hay debajo del suelo : en todos los lugares dichos encontramos piedra de alguna clase ó de muchas clases diferentes y con alguna práctica aprendemos que estas variedades pueden ser, por lo general, distribuidas en una ú otra de las tres divisiones mencionadas en la lección última. Por ejemplo, se encontrarán en gran número piedras que respondan á la descripción general averiguada como verdadera para la piedra arenosa, y éstas naturalmente se colocarán al lado del trozo que teníamos de la misma. Se hallará otra cantidad considerable de piedras que estén formadas en su totalidad, ó poco menos, de restos de plantas ó animales, y colocaremos éstas en

la división de nuestro trozo de yeso. Últimamente, se encontrarán muchísimas compuestas de cristales de diferentes clases, y éstas, por ahora, las clasificaremos con nuestro trozo de granito.

36. De esta suerte se irá adelantando desde los sencillos pedazos de piedra que pueden tenerse en la mano, hasta las masas que haya en todo un distrito y aun en toda la nación. Se verá que una larga cordillera de colinas, que se extiende completamente de una á otra parte de Inglaterra desde las costas de Dorsetshire á las de Yorkshire, está formada de yeso, y que otras partes del país están colocadas sobre especies de piedras que en muchos conceptos se parecen al yeso; se descubrirá pronto que mucha parte de las Islas Británicas es de piedra arenosa, como el trozo que teníamos; por ejemplo, las colinas y los valles ó cañadas de la mayor parte de Gales, Lancashire y Sur de Escocia; y encaramándose á los picos de algunas de las montañas más altas, como Ben Nevis, se verá que están formadas de sólidas masas de granito, semejantes en un todo á la muestra que teníamos, ó de otras clases de piedras que pertenecen á la misma división que el granito.

37. Empezará á comprenderse que no están repartidas á la ventura las diferentes clases de piedra por el país, sino que cada una ocupa el lugar que le corresponde, en su especie propia de colinas ó valles.

38. Aun es más asombroso lo que nos hará ver una atención más prolija para estos asuntos. Al preguntar á las piedras acerca de cómo fueron

hechas, aprenderemos poco á poco que cada una de ellas puede darnos una respuesta más ó menos precisa; que pueden, ciertamente, compararse con los libros, en que cada una encierra una historia que contar.

39. Á nadie repugna leer libros de historia, pues es grande el interés en seguir los cambios que ocurrieron en un país en épocas antiguas, y la manera de darse las batallas y de hacerse las leyes, y de desaparecer gradualmente los antiguos usos. No cabe duda de que cuanto más se conoce acerca de estos acontecimientos de los tiempos anteriores, más se comprende el modo de venir á ser lo que hoy son las leyes y usanzas de nuestros días.

40. Pues bien; la tierra sólida que está bajo nuestros pies tiene una historia, como la gente que vive en su superficie. Tómese, por ejemplo, Inglaterra, y pronto se averiguará que en un tiempo una gran parte de ese país, del mismo modo que de Europa y de la América del Norte, estaba sepultada bajo el hielo como Groenlandia. Todavía antes de esa época tenía arboledas de palmas y otras plantas tropicales; y todavía antes yacía debajo de un océano anchuroso y profundo; y aun pueden encontrarse huellas de tiempos mucho más remotos cuando era tierra cubierta de bosque ó llanuras pantanosas ó fondo de un gran mar muy anterior. Paso á paso puede seguirse retrocediendo en esta historia y con tanta certidumbre como en los hechos de Julio César ó de Guillermo el Conquistador.

41. Y todo los registros de estas antiguas revo-

luciones de la superficie de la tierra están contenidos en las piedras que tenemos debajo de nosotros. Aprendiendo lo que estas piedras son, cómo se formaron y llegaron á ser cuales hoy las vemos, estamos en realidad desenredando una parte de la historia de la tierra. Hasta el más común pedazo de piedra tiene una historia que contarnos. Si se cree que vale la pena de darse el trabajo de aprender á leer por todo el conocimiento que en los libros se adquiere ó puede adquirirse, no tardará también en caerse en la cuenta de que se compensan ampliamente las molestias que cueste adquirir un conocimiento de cómo se lee el significado de las piedras. Esta historia de la tierra está escrita en un idioma claro y legible que puede dominarse fácilmente con un poco de paciencia, y que una vez adquirido no deja satisfecho al que sólo puede leer en los libros. Conviértese entonces en manantial constante y siempre en aumento de deleite el salir á las canteras y quebradas, á las costas y laderas, ó á cualquier parte en fin donde se destaquen de la superficie rocas, para preguntarles y aprender lo que ellas responden sobre las antiguas revoluciones de la tierra.

42. El objeto de este librito es poner en disposición de hacer esas preguntas á cada piedra y roca que se encuentren. Empezaremos con las lecciones más sencillas y apelaremos en cada paso que demos á cosas que ya nos son familiares. De esta manera será el progreso seguro y firme y, al fin, habrá la facilidad de preguntar sin valerse de amigo ó libro. Observando lo que ocurre de día en día, en una quebrada ó en la orilla del mar, podrán entenderse los

acontecimientos de épocas remotísimas, y descifrarse entre las rocas aquella historia de la tierra que es deber de la Geología estudiar y apuntar.

ROCAS SEDIMENTARIAS

I. Lo que es sedimento.

43. Hemos adelantado ya algo en la tentativa de comprender lo que son piedras, y hemos aprendido que están llenas de una historia de antiguas revoluciones de la tierra y que podemos averiguar lo que esta historia dice, pero que para poder hacer algún progreso tenemos que arreglar en grupos distintos las varias piedras que queremos estudiar. También hemos visto que pueden dividirse en tres grandes grupos ó clases, teniendo cada uno una colección de caracteres ó rasgos bien marcados.

44. Hay que dar nombres á cada uno de estos grupos. Podríamos llamarlos el grupo de las arenosas, el grupo del yeso y el grupo del granito; pero es el caso que ya han estado en uso otros nombres, que son más convenientes; por consiguiente referiremos todas las piedras que tengan cualidades como los de la piedra arenosa á las *rocas sedimentarias*; las formadas de restos de plantas animales, como lo está el yeso, á las *rocas orgánicas*; y las que tengan un carácter cristalino, como nuestro grupo de granito, á las *rocas ígneas*. Más adelante iremos viendo el significado de estos nombres.

45. Se aplica la palabra *roca* á cualquier clase de piedra natural, sea cual fuere su dureza ó blandura. En este sentido la arena, el limo, el yeso, la turba

y el carbón son rocas, lo mismo que la piedra arenosa, la caliza ó el granito.

46. Pero es evidente desde luego que cada uno de estos grupos, por estar tan bien determinado y separado de los demás, ha de tener una historia que le sea particular, esto es, sus diversas especies de piedra ó roca han de haber sido formadas de un modo diferente que las de los otros grupos, para poder ser tan desemejante á ellos. Estudiemos, pues, sucesivamente cada uno de los grupos, empezando con las rocas sedimentarias, ó lo que es lo mismo, con aquellas que tienen mayor ó menor semejanza con la piedra.

47. Mas antes tenemos que comprender el significado de esta voz *sedimentario*, y la razón de su aplicación. Tomemos un vaso de agua y pongamos en él algún cascajo; éste se va desde luego al fondo y allí se queda, aunque agitemos con fuerza el agua. Tapemos el vaso y agitemos su contenido de arriba abajo para que el agua y el cascajo se mezclen completamente; tan pronto como dejemos de hacerlo y coloquemos otra vez el vaso sobre la mesa, el cascajo caerá y formará en el fondo una capa. Ésta se llama *sedimento de cascajo*.

48. En vez de cascajo pongamos arena en el agua y agitamos el vaso como antes; mezclaremos las dos sustancias tan completamente que por algunos momentos después de dejar el vaso en la mesa, el agua parecerá enteramente sucia; á los pocos minutos la arena habrá bajado toda al fondo formando una capa debajo del agua, y esta capa es un *sedimento de arena*.

acontecimientos de épocas remotísimas, y descifrarse entre las rocas aquella historia de la tierra que es deber de la Geología estudiar y apuntar.

ROCAS SEDIMENTARIAS

I. Lo que es sedimento.

43. Hemos adelantado ya algo en la tentativa de comprender lo que son piedras, y hemos aprendido que están llenas de una historia de antiguas revoluciones de la tierra y que podemos averiguar lo que esta historia dice, pero que para poder hacer algún progreso tenemos que arreglar en grupos distintos las varias piedras que queremos estudiar. También hemos visto que pueden dividirse en tres grandes grupos ó clases, teniendo cada uno una colección de caracteres ó rasgos bien marcados.

44. Hay que dar nombres á cada uno de estos grupos. Podríamos llamarlos el grupo de las arenosas, el grupo del yeso y el grupo del granito; pero es el caso que ya han estado en uso otros nombres, que son más convenientes; por consiguiente referiremos todas las piedras que tengan cualidades como los de la piedra arenosa á las *rocas sedimentarias*; las formadas de restos de plantas animales, como lo está el yeso, á las *rocas orgánicas*; y las que tengan un carácter cristalino, como nuestro grupo de granito, á las *rocas ígneas*. Más adelante iremos viendo el significado de estos nombres.

45. Se aplica la palabra *roca* á cualquier clase de piedra natural, sea cual fuere su dureza ó blandura. En este sentido la arena, el limo, el yeso, la turba

y el carbón son rocas, lo mismo que la piedra arenosa, la caliza ó el granito.

46. Pero es evidente desde luego que cada uno de estos grupos, por estar tan bien determinado y separado de los demás, ha de tener una historia que le sea particular, esto es, sus diversas especies de piedra ó roca han de haber sido formadas de un modo diferente que las de los otros grupos, para poder ser tan desemejante á ellos. Estudiemos, pues, sucesivamente cada uno de los grupos, empezando con las rocas sedimentarias, ó lo que es lo mismo, con aquellas que tienen mayor ó menor semejanza con la piedra.

47. Mas antes tenemos que comprender el significado de esta voz *sedimentario*, y la razón de su aplicación. Tomemos un vaso de agua y pongamos en él algún cascajo; éste se va desde luego al fondo y allí se queda, aunque agitemos con fuerza el agua. Tapemos el vaso y agitemos su contenido de arriba abajo para que el agua y el cascajo se mezclen completamente; tan pronto como dejemos de hacerlo y coloquemos otra vez el vaso sobre la mesa, el cascajo caerá y formará en el fondo una capa. Ésta se llama *sedimento de cascajo*.

48. En vez de cascajo pongamos arena en el agua y agitamos el vaso como antes; mezclaremos las dos sustancias tan completamente que por algunos momentos después de dejar el vaso en la mesa, el agua parecerá enteramente sucia; á los pocos minutos la arena habrá bajado toda al fondo formando una capa debajo del agua, y esta capa es un *sedimento de arena*.

49. Tomemos limo ó arcilla, en vez de cascajo y arena, y sacudamos dicha sustancia en el agua hasta mezclarla con ésta completamente. Cuando vuelva á colocarse esta vez el vaso en la mesa, el agua continúa enteramente sucia, y aun algunas horas después todavía está turbia, pero ya vemos una capa que empieza á aparecer en el fondo. Si no se mueve el vaso en mucho tiempo, la capa irá creciendo, hasta que otra vez el agua se ponga clara. En este caso hay *sedimento de limo*.

50. Es, por lo tanto, el sedimento algo que después de haber estado suspendido ó de haber tenido un movimiento en una ú otra dirección, por el agua, se ha sentado por último en el fondo. Cuanto más pesado y grueso va el sedimento, tanto más pronto se hundirá, y por el contrario, cuando es muy fino puede permanecer largo tiempo suspendido en el agua.

51. Las rocas sedimentarias tienen, pues, que ser aquellas que se han formado con sedimentos, y lo mismo que éstos se diferencian unos de otros por su finura, mayor ó menor, se diferenciarán aquellas entre sí.

52. Véanse trozos de tres rocas sedimentarias.

1. Un trozo de *conglomerado* ó *pudinga* (Fig. 4).

2. El trozo de *pedra arenosa* que ya se ha examinado (Fig. 1), y.

3. Un trozo de *esquistos* (Fig. 5).

53. Examínese la primera de estas tres muestras, y se verá que está formada de piedrecillas redondas firmemente amasadas. Separándolas unas de otras

y reuniéndolas luego en un montón, sin que estén pegadas, cualquiera lo creería un montón de cascajo. Evidentemente esta piedra no es otra cosa que un cascajo endurecido como el que puede reco-

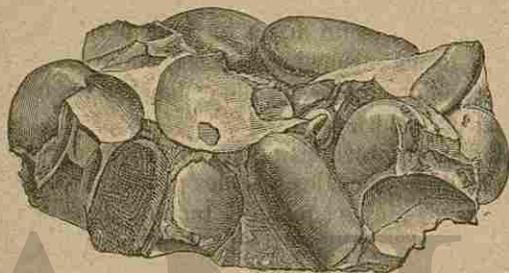


FIG. 4. — Trozo de Conglomerado ó Toba.

gerse en la orilla del mar ó en el lecho de un arroyo. Se le llama algunas veces *pudinga*, nombre tomado del inglés *pudding*, y éste se le ha dado

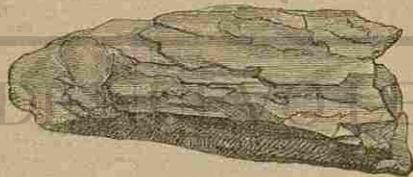


FIG. 5. — Trozo de Esquistos.

porque las piedras se encuentran juntas de una manera que se parece á la fruta en un *plum-pudding* (pastel de pasas).

54. Tómese otra vez el trozo de *pedra arenosa* para examinarla de nuevo, y en seguida se verá

que está formada de granos iguales á los que pueden encontrarse en cualquier parte. No hay más que ésto; la piedra arenosa se compone única y exclusivamente de arena pegada con tanta firmeza como para formar una piedra. Si en la orilla del mar, ó en el lecho de un torrente ó río, se recoge arena de la mismísima especie, endureciendo una masa compacta que con ella se haga se tendrá fabricada una piedra arenosa.

55. En el tercer ejemplar no puede distinguirse tan fácilmente cuáles sean los granos de la piedra, porque es muy pequeño el tamaño de éstos; pero tómese un cuchillo y ráspese un poco el extremo de la piedra y en el polvo que se saque derrámese unas gotas de agua; se formará una especie de pasta; colóquese ésta en un vaso de agua y agítese luego dando vueltas. Inmediatamente se ensuciará el agua y así permanecerá por algún tiempo; déjese el vaso quieto durante algunas horas y se verá que el agua se aclara otra vez, que lo que se puso en forma de pasta sucia se ha ido al fondo del vaso como capa de sedimento y que no es sencillamente más que fango. El esquisto, por lo tanto, no es nada más que una piedra formada de sedimento limoso muy fino, como el conglomerado lo está de sedimento, cascajoso grueso.

56. Por consiguiente las palabras Rocas Sedimentarias son muy expresivas, por cuanto incluyen piedras formadas de todas clases de sedimento, más ó menos grueso.

Fijese otra vez la vista en cualquiera de los tres trozos y se verá que en ellos tenemos dos cosas que

encontrar: primera, ¿cómo se hizo el sedimento de que están formadas las piedras? y segunda, ¿cómo llegó el mismo á reunirse y endurecerse para formar una piedra sólida?

*II. Cómo se forman el cascajo, la arena y el limo.*

57. Ya se ha dado el primer paso en el estudio de las rocas sedimentarias, y se sabe que están formadas de sedimento, por ejemplo, de cascajo, arena y limo. Lo que hay que averiguar en seguida es de donde vino este sedimento y cómo se formó. Si esto se consigue se sabrá evidentemente mucho más sobre la historia de estas rocas; y aquí, como en todas estas materias, la pregunta que uno debe hacerse á sí mismo, desde el mismo principio, es la siguiente: ¿Está sucediendo hoy ó en estos días algo que pudiera explicar lo que estamos buscando? Formando como punto de partida la observación de lo que ocurre en nuestro tiempo actual, se puede entender mucho mejor lo que hace largo tiempo se ha hecho. ¿Cómo, pues, se forman ahora, delante de nosotros, el cascajo, la arena y el limo?

58. Fijando un poco la atención se verá que la diferencia entre el cascajo y la arena es únicamente de finura. En el cascajo las piedras son grandes y en la arena simples granos. Para hacer esto más claro, colóquese un poco de arena en el campo de un cristal de aumento de mucha fuerza, á través del cual se verán los granos mucho mayores de lo que en realidad son, y tan grandes, que verdaderamente más tendrán el aspecto de guijarros que de granos

de arena. Puede, pues, verse que cada grano es una piedra gastada, redondeada, algunas veces con estrías y cavidades pequeñas en sus costados, precisamente como las que tiene cualquier guijarro que pueda tomarse al azar en un montón de cascajo. Cuanto más tiempo se detenga uno á mirar la arena de esta manera, mayor seguridad adquiere de que, después de todo, la arena y el cascajo son dos estados diferentes de la misma cosa, solamente por ser en el uno más gruesa que en el otro.

59. Si se registrase en las costas del mar ó en las orillas de un río, se podrá sin mucha dificultad demostrar de otro modo que la arena y el cascajo solamente se diferencian entre sí en el tamaño de sus granos. Pueden recogerse puñados de arena fina, luego de otra de grano un poco más grueso, y así gradualmente hasta llegar á un verdadero cascajo, con piedras redondeadas de todos tamaños, desde meras guijas pequeñas hasta pedazos como la cabeza humana. ¿Cómo se rompieron todos estos fragmentos, los grandes y los pequeños, y cómo se molieron, se redondearon y se amontonaron donde hoy los vemos?

60. Subamos á las montañas y observemos lo que allí sucede al empezar á correr los arroyos. Cuando las rocas son duras y fuertes, se destacan de las colinas formando peñascos y riscos, por entre los cuales bajan haciendo giros los arroyuelos de prominencia en prominencia, antes de unirse en arroyos más grandes en los fondos de los valles. Repárese ahora en esos despeñaderos. Véase cómo están abiertos y gastados por la lluvia y las heladas

Algo se verá de la manera de verificarse ésto en las *Nociones de Geografía Física* (Arts. 126-142; pero ahora hay que considerar algunos resultados de dicho desgaste.

61. Supóngase que para mayor claridad escogemos un peñasco especial donde la roca es de un color vivo—rojo, por ejemplo—y se diferencia en este sentido del resto de los peñascos que le rodean. Se separa atrevidamente del inclinado costado de una montaña y hace tomar un sesgo grande al arroyuelo que desde lejos parece un hilo de plata enmadrándose por las verdes praderas que están á nuestras pies. El peñasco que examinamos ha sido sumamente carcomido en el largo trascurso del tiempo. Las lluvias y heladas de muchos siglos han sacavado en sus costados profundas grietas y hendiduras (*Nociones de Geografía Física*, Art. 142). Éstas, cuando empieza la época de las aguas, se convierten cada una de ellas en canal de espumosa corriente, que se despeña por la vertiente y se lleva todo pedazo suelto de piedra ó tierra que encuentra en su camino.

62. Vamos á encaramarnos con toda precaución por el frente del peñasco para examinar algunas de estas hendiduras abiertas por la escarcha ó barrida por el torrente, y luego á bajar á la base. Toda la vertiente de debajo está sembrada de pedazos del peñasco; algunos de éstos son enormes trozos, pero la mayor parte forman una especie de escombros ordinarios, que van escurriéndose por la vertiente con nosotros, conforme la vamos bajando á largas zanaadas, hasta el fondo.

63. Cada una de las profundas grietas que se han abierto en los riscos tiene una larga hilera de esta clase de escombros debajo de ella; y ni un momento puede dudarse de que todo este material despedazado de la vertiente formó realmente en un tiempo parte del mismo peñasco, ó que es el mismo peñasco que se ha caído por el lento desgaste de los costados y fondos de las hendiduras, y que si pudiera recogerse y agruparse de nuevo en los sitios donde primeramente estuvo, rellenaría todos aquellos despeñaderos.

64. Nos lleva la quebrada á un arroyuelo, cuyo lecho está sembrado de pedazos de nuestro peñasco; bajemos por el arroyo y miremos cuidadosamente su cauce conforme vamos andando. Se distinguirán perfectamente los fragmentos rojos de aquella roca, de las otras piedras grises oscuras, que se han desprendido de los otros riscos que hay á los dos lados. Si se mira fijamente á los pedazos de piedra, aquí y allí esparcidos por la vertiente, se verá que todos ellos son de forma más ó menos angular, es decir, que tienen cantos afilados; pero los del arroyo no son tan bastos ni de tantos filos como los de la desnuda ladera que queda encima. Siguiendo al arroyo colina abajo, miremos al cabo de algún tiempo las piedras que hay en su fondo; ya no se encuentran tantas piedras grandes de la roca roja, y las que se ven están más redondeadas y gastadas, que cerca del despeñadero; se han suavizado y pulido, se han gastado los filos, y muchas de ellas son casi redondas. Todavía haremos otro nuevo alto más abajo, en el valle, para volver á examinar las piedras, y aquí y allí, donde el arroyo ha ido

levantando un banco de cascajo, hallamos que los pedazos de nuestro peñasco rojo han sido tan bien molidos y que ya forman parte de un cascajo común gastado por el agua.

65. De la misma manera y siguiendo bajando el río todavía más, podría verse que el cascajo se hace cada vez más fino hasta terminar en arena; y colocando parte de esta arena bajo un cristal de aumento, se vería que estaba formada en parte de granos más ó menos redondeados de aquella misma piedra roja que se veía en el cascajo, y que se sabía que era procedente del peñasco aquel, que quedaba allá lejos en lo alto de la montaña.

66. Ahora bien ¿cómo es que las piedras se van gastando de esta manera? ¿Por qué cuando están en el fondo de una corriente se van haciendo más pequeñas?

67. Si solamente se observa el arroyo con tiempo hermoso, cuando el agua está baja y la corriente es débil, apenas puede uno hacerse cargo del poder del agua. Vuélvase cuando las fuertes lluvias han llenado hasta el último hoyo de las colinas con un torrente espumoso, y cuando cada arroyuelo viene despeñándose al valle, llenando todo su cauce hasta el borde y aun derramándose por ambos lados. No pueden verse entonces las piedras en el fondo del canal, pero escúchese y se las oirá. Ese zumbido agudo que de vez en cuando sale del agua es causado por las piedras que chocan con otras, al ser arrastradas por la impetuosa agua. Ahí se muelen unas á otras como en un molino. Naturalmente, es de toda necesidad que se les vayan gastando los can-

tos y suavizando los lados, al mismo tiempo que ellas suavizan y pulen las rocas del canal sobre las cuales son lanzadas.

68. Cuando las piedras caen por primera vez ó



Fig. 6. — Piedras desgajadas de un peñascal por las lluvias, heladas, etc., y lanzadas al cauce de un arroyo.

son lanzadas de la colina al arroyo, son como ya se ha visto pedazos angulares (Fig. 6); cuando ya han recorrido alguna parte del arroyo, y han sufrido la molienda de unas pocas avenidas, pier-

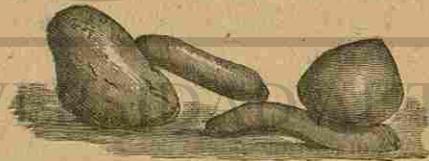


Fig. 7. — Piedras del mismo peñascal después de haber andado rodando en el lecho del arroyo.

den sus angulosidades, y este proceso de suavizarse y pulirse continúa hasta que se redondean más ó menos, y por último presentan el aspecto de cascajo bien gastado (Fig. 7). Una piedra redondeada v

más de prisa y más lejos que una angular, pero al fin se gasta y se convierte en arena (Fig. 8).

69. Así, pues, vemos cómo las piedras van redondeándose al mismo tiempo que se reducen en tamaño; pero no solamente se gastan las unas á las otras, sino que también van labrando los lados y fondo del canal del arroyo. Preciso es, por lo tanto, que se hagan polvo grandes cantidades de piedra (*Nociones de Geografía Física*, Art. 175), y este

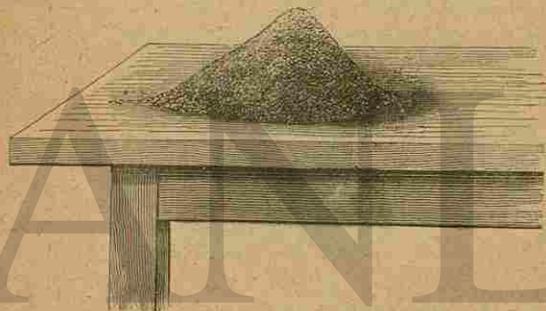


Fig. 8. — Montoncillo de arena, que consiste en pedazos de piedra del mismo peñascal, los cuales han sido más arrastrados y gastados por el cauce del arroyo.

pulverizado material es lo que forma el cascajo, la arena y el limo. En el cauce de cada corriente nunca dejarán de encontrarse con abundancia materias de esta clase, procedentes de la pulverización de las piedras por el agua.

70. Las partículas más finas, que con más facilidad son movidas, viajan mucho más que los fragmento más gruesos. Por ésto, mientras que el cascajo y la arena gruesa van arrastrándose por el

fondo, la arena fina y el limo quedan suspendidos en el agua que se mueve y pueden ser llevados por ella muchas millas antes de que se hundan poco á poco al fondo para formar allí un depósito de fango ó arcilla (Fig. 9).

71. En todo ésto se verá que mientras que los arroyos en las partes más elevadas de un país pueden tener sus canales interrumpidos por grandes moles de roca y cantidades de pedazos de la misma, grandes, afilados y angulares, todas estas materias



Fig. 9. — Vase de agua sacada del mismo arroyo estando crecido, para demostrar cómo las partículas más finas sacadas de las mismas piedras, se sientan en el fondo como una capa de fango.

se van gastando por grados, y llega á las tierras bajas del mar, sólo como arena fina y fango. Como los arroyos están siempre corriendo, están también transportando siempre los materiales gastados de las colinas; pero con igual rapidez se desmoronan las colinas y proveen de nuevos materiales á los arroyos, de manera que la cantidad de cascajo y arena que cada año muelen las corrientes de agua relativamente pequeñas de este país, tienen que ser enormemente grandes. (*Nociones de Geografía Física*, Arts. 170-182.)

72. Ahora podemos volver á nuestro peñasco de roca roja con nuevo interés. Cada grieta y hendidura que se ha abierto en sus lados, es testimonio del desmoronamiento general que sufre la superficie de la tierra. Podemos seguir sus animados trozos y desperdicios por el arroyo de debajo, observar cómo allí son molidos, y seguirlos hasta que en forma de fango y limo delgados sus restos se abran camino, por último, á las más distantes llanuras y de allí al fondo del océano.

73. Pero no es solamente en los lechos de los arroyos y ríos, donde pueden observarse cómo las rocas más duras se muelen y convierten en cascajo y arena. Mírese cualquiera de las partes roqueñas de la costa entera de este país, y obsérvense en ellas los efectos de las olas del mar. Si se levanta un peñasco del borde superior de la playa, puede desde luego decirse qué partes están azotadas por las olas y cuáles no. En la parte superior el peñasco está escabroso y abierto, donde solamente la lluvia, las heladas ó los manantiales han producido efecto en él (*Nociones de Geografía Física*, Arts. 137, 138); pero hacia su base las rocas se han suavizado y pulimentado como las que yacen en el fondo de un arroyo de montaña. ¿Qué es lo que ha suavizado la base del peñasco y dejado todas las partes más altas escabrosas y desmoronándose? Las olas lo hicieron.

74. Grandes pedazos del peñasco maltratado por el tiempo se han desprendido y caído á la playa de debajo. Otros están á punto de caerse. Examine los trozos caídos y se verá que generalmente

sólo aquellos que están en la base del peñasco, y que todavía no han sido movidos por las olas, tienen todavía cantos angulosos. Un poco más abajo manifiestan los trozos señales de haberse chocado unos con otros, y la mayor parte de la playa está tapizada de piedras de todos tamaños, bien redondeadas y pulimentadas.

75. En un día de calma cuando sólo unas rizadas olas pequeñas vienen á la playa, no se puede juzgar con facilidad lo que realmente hace el mar en punto á desmenuzar la playa y las bases de los peñascos, de igual manera que no podría formarse una idea propia del trabajo de un arroyo, solamente viéndolo deslizarse perezosamente por su cauce en una estación de sequía: pero si nos colocamos cerca de un peñasco en una tempestad, no será necesaria más explicación tocante al poder de las olas para desbaratar las rocas más duras. Cada enorme ola que viene rodando espumosa á la playa, levanta las piedras que hay en ella y las arroja contra la base del peñasco donde se deshace en mil direcciones. Cuando se retira el agua verde hirviendo para dejar paso á la ola inmediata, se puede oír, acaso á millas de distancia, el sordo mugido del cascajo al aplastarse y molerse mutuamente las piedras que van arrastradas á la playa, para ser de nuevo recogidas y lanzadas una vez más á la base del peñasco. No podría concebirse molino más potente para pulverizar rocas y convertír sus fragmentos en cascajo y arena bien desmenuzados (*Nociones de Geografía Física*, Arts. 230-232). De la misma manera que en el canal de cualquier corriente de agua, se en-

cuentran en las orillas de todos los mares fragmentos de las rocas del país, en todos los estados de destrucción, desde el gran trozo angular hasta la arena y el fango más finos.

76. Por consiguiente, puede contestarse aquella pregunta, ¿ cómo se formaron la arena y el cascajo? diciendo: La arena y el cascajo son parte del material desprendido de la superficie de la tierra, y molido en el agua que se mueve. Los materiales así suavizados se dice que están gastados por el agua; pero ya se verá que no es el agua la que por sí sola los gasta; el hecho es que ellos mismos se gastan y todo lo que el agua hace es tenerlos en movimiento y moliéndose los unos contra los otros.

*III. Cómo el cascajo, la arena y el limo se convierten en rocas sedimentarias.*

77. Hemos adelantado ya lo bastante para poder entender de dónde proceden las materias que componen las rocas sedimentarias; pero queda la otra pregunta, á saber: ¿ cómo se reúnen estas materias y se endurecen hasta formar una piedra sólida? Del mismo modo que antes, tenemos que encontrar la respuesta á tales preguntas en aquello que vemos alrededor nuestro. Volvamos á los arroyos, ríos y mar, y conseguiremos una explicación clara de este nuevo punto.

78. Corre el agua más á prisa por una pendiente inclinada que por una suave. Es sabido que cuando se levanta por un lado una bandeja, el agua que en ella se derrame corre al otro lado, tanto más ligera cuanto mayor sea la inclinación dada.

sólo aquellos que están en la base del peñasco, y que todavía no han sido movidos por las olas, tienen todavía cantos angulosos. Un poco más abajo manifiestan los trozos señales de haberse chocado unos con otros, y la mayor parte de la playa está tapizada de piedras de todos tamaños, bien redondeadas y pulimentadas.

75. En un día de calma cuando sólo unas rizadas olas pequeñas vienen á la playa, no se puede juzgar con facilidad lo que realmente hace el mar en punto á desmenuzar la playa y las bases de los peñascos, de igual manera que no podría formarse una idea propia del trabajo de un arroyo, solamente viéndolo deslizarse perezosamente por su cauce en una estación de sequía: pero si nos colocamos cerca de un peñasco en una tempestad, no será necesaria más explicación tocante al poder de las olas para desbaratar las rocas más duras. Cada enorme ola que viene rodando espumosa á la playa, levanta las piedras que hay en ella y las arroja contra la base del peñasco donde se deshace en mil direcciones. Cuando se retira el agua verde hirviendo para dejar paso á la ola inmediata, se puede oír, acaso á millas de distancia, el sordo mugido del cascajo al aplastarse y molerse mutuamente las piedras que van arrastradas á la playa, para ser de nuevo recogidas y lanzadas una vez más á la base del peñasco. No podría concebirse molino más potente para pulverizar rocas y convertír sus fragmentos en cascajo y arena bien desmenuzados (*Nociones de Geografía Física*, Arts. 230-232). De la misma manera que en el canal de cualquier corriente de agua, se en-

cuentran en las orillas de todos los mares fragmentos de las rocas del país, en todos los estados de destrucción, desde el gran trozo angular hasta la arena y el fango más finos.

76. Por consiguiente, puede contestarse aquella pregunta, ¿ cómo se formaron la arena y el cascajo? diciendo: La arena y el cascajo son parte del material desprendido de la superficie de la tierra, y molido en el agua que se mueve. Los materiales así suavizados se dice que están gastados por el agua; pero ya se verá que no es el agua la que por sí sola los gasta; el hecho es que ellos mismos se gastan y todo lo que el agua hace es tenerlos en movimiento y moliéndose los unos contra los otros.

### III. *Cómo el cascajo, la arena y el limo se convierten en rocas sedimentarias.*

77. Hemos adelantado ya lo bastante para poder entender de dónde proceden las materias que componen las rocas sedimentarias; pero queda la otra pregunta, á saber: ¿ cómo se reúnen estas materias y se endurecen hasta formar una piedra sólida? Del mismo modo que antes, tenemos que encontrar la respuesta á tales preguntas en aquello que vemos alrededor nuestro. Volvamos á los arroyos, ríos y mar, y conseguiremos una explicación clara de este nuevo punto.

78. Corre el agua más á prisa por una pendiente inclinada que por una suave. Es sabido que cuando se levanta por un lado una bandeja, el agua que en ella se derrame corre al otro lado, tanto más ligera cuanto mayor sea la inclinación dada.

79. Si se colocan migajones ó piedrecillas de diferentes tamaños en la bandeja, se verá que son más arrastrados por la corriente rápida que por la lenta. Una corriente de agua que se mueve á prisa es más poderosa para mover cualquier objeto que la que va poco á poco. Por esta razón, que salta á la vista, tiene que haber mucha diferencia en el tamaño y peso de las materias que corrientes diferentes ó diversas partes de la misma corriente, puedan mover.

80. Mientras una corriente de agua se mueve velozmente, impide que el cascajo, arena y limo se depositen en el fondo. No se olvide que cuando se ponen estas materias en vasos, y se mueve el agua rápidamente, continúan suspendidas en el agua, y sólo se van al fondo cuando el agua empieza á perder su movimiento y en el siguiente orden: el cascajo primero, después la arena y por último el limo (Arts. 47-49). Precisamente ocurre lo mismo en todas las aguas del mundo cuando se mueven. Una corriente rápida lleva consigo, no solamente el limo y la arena, sino también el cascajo. Al disminuirse su rapidez, cae al fondo como sedimento primeramente el cascajo, la arena se hundirá más lentamente y será arrastrada más lejos, y el limo continuará suspendido en el agua largo tiempo, viajará una distancia mayor, y sólo caerá con extremada lentitud al fondo.

81. Hay que probar la verdad de estas aserciones la primera vez que se tenga una oportunidad de mirar el cauce pedregoso de un arroyo al salir de las montañas. Colocándose en un sitio donde el agua, corriendo velozmente sobre rocas, tenga bas-

tante fuerza para llevarse hasta los grandes trozos de piedra que encuentre á su paso, se verá que un poco más abajo el cauce es menos inclinado y la corriente menos fuerte; mírese allí el fondo del arroyo, ¿ está cubierto de fango? no por cierto; sólo se encuentran allí pedazos grandes de piedra y cascajo grueso, que han caído en el momento que el agua encontró combatida su fuerza por venir de una pendiente más inclinada á una parte más nivelada de su curso; pero todavía tiene poder para transportar otras clases más finas de sedimento, y es preciso seguir más adelante hacia las tierras bajas antes de ver el fondo del cauce cubierto de arena, y mucho más lejos todavía, hasta las mismas llanuras, para encontrar capas de limo.

82. Después de ver estas cosas personalmente, se convence uno de que donde quiera que encuentre grandes masas de cascajo, dicen por sí mismos que hay fuertes corrientes de agua, que las de arena indican otras menos rápidas, y que las de fango demuestran que el agua tuvo un insignificante movimiento, ó estuvo tan completamente quieta que fué posible que el sedimento fino bajara tranquilamente al fondo.

83. Véase la importancia de este conocimiento al empezar á averiguar cómo fueron hechas las diferentes piedras. Si se ha descubierto con certeza y claramente cómo se formaron los varios géneros de sedimentos, mucho se ha adelantado para comprender cómo llegaron á hacerse las rocas sedimentarias, las mismas que hoy son piedra dura y pueden emplearse en el pavimento de las calles ó en la cons-

trucción de las casas; pero ya se ha dicho que no es de mucha importancia la mayor ó menor dureza, y que las materias de que la piedra se compone son las únicas cosas dignas de estudio. Al encontrar que estas materias son granos de limo, arena ó cascajo, gastados por el agua, puede asegurarse con fundamento, que, sin hacer caso de la dureza que en aquel momento pueda tener la piedra, hubo un tiempo en que estuvo como sedimento suelto, y nada más, debajo del agua.

84. Pero aun puede decirse algo más. Viendo la clase de sedimento de que está formada una roca, se conoce algo sobre la clase del agua en que se depositaron los materiales de la expresada roca. Por ejemplo, se reconoce que una roca de conglomerado es solamente una masa compacta de cascajo, y hay la seguridad de que, como el cascajo ordinario de ahora, corrió aquel arrollado en agua poco profunda, como el cauce de un lago ó de un río, ó en las orillas del mar. Si se ve también una roca formada de delgado limo, como el esquisto, hay pruebas de agua más profunda ó más tranquila á la cual solamente las partículas más finas y gastadas llegaron desde la tierra.

85. Hemos observado cómo van moliéndose los sedimentos por arroyos, ríos y olas: sigámoslos ahora hasta que se reúnan en lugares donde puedan acumularse sin ser constantemente arrastrados.

86. Algo se dirá también (*Nociones de Geografía Física*, Arts. 147 y 182) sobre lo que sucede con los materiales arrastrados de la superficie de la tierra, dando cuenta de cómo las lluvias se los

llevan á los arroyos y ríos, donde son molidos, y que finalmente, en forma de arena fina ó limo, son arrastrados al fondo de los mares.

87. Pues bien, estos depósitos de sedimento en el fondo de los mares, se convierten luego en duras capas de piedras, como las rocas sedimentarias comunes en que nos hemos ocupado en estas lecciones. No es posible ver con los ojos lo que sucede debajo del mar, pero si lo es formarse alguna idea observando lo que pasa en los charcos que se forman en tierra.

88. Supongamos que sabemos de una calle ó vereda fangosa que se inclina suavemente hacia una parte más llana, y que en época de aguas, la lluvia se detiene en charcos al extremo del plano inclinado; escogemos un día de aguas, y después de seguir el curso de una de las canales que corren por la pendiente y de observar cómo la fangosa agua se lleva consigo arena, cascajo, pedazos de corcho, astillas, papel y cuanto en su camino se atraviesa, nos detenemos al borde de un charco grande que se ha formado en el camino, y en el cual desagua la corriente aquella de agua sucia. Entretanto que el agua corre á prisa hacia abajo, va barriendo y llevándose cascajo y arena; pero véase lo que sucede cuando empieza á moverse más despacio al llegar á la parte llana y entrar en el charco. Al perder velocidad pierde potencia para acarrear, y tiene indispensablemente que soltar parte de su carga de sedimento; las partículas más pesadas son las primeras que caen al fondo, y esto acontece justamente cuando se ve detenida la corriente por encontrar el

agua nivelada del charco. Obsérvese ahora el resultado: aquella parte del charco por donde entra la corriente, se va rellenando gradualmente, excepto el canal que la corriente se deja abierto; puede verse cómo esta lengua de sedimento va avanzando sobre el agua, y que acabaría por último si la lluvia durase lo bastante por rellenar enteramente el charco. Allí solamente se agrupa la arena gruesa; el fango fino sigue atravesando el charco; y aunque parte de él, como ya se verá, se sienta en el fondo, mucha parte, la mayor, se desliza hasta el otro extremo del charco, porque el agua no ha tenido tiempo, en su paso de un extremo al otro, de dejar caer su carga de fango.

89. Supongamos además que cuando cese la lluvia, no viene carretilla ni intruso alguno á perturbar el charco, sino que se deja al agua filtrarse por el terreno tranquilamente ó evaporarse, de manera que quede el hueco seco en uno ó dos días. Puede entonces examinarse el fondo del charco para ver exactamente lo que ocurrió cuando lo llenaba el agua fangosa. En el extremo superior está la lengua de arena apartada de la orilla por el arroyuelo; allí se ve como un verdadero delta (*Nociones de Geografía Física*, Art. 181). El fondo de lo demás del charco está cubierto de fango muy fino ó arena esparcida por todo el espacio en que hubo agua.

90. Hagamos con un cuchillo un agujero ó una raya á través de estos depósitos hasta su base, para averiguar de qué se componen, de abajo arriba. Un corte así se llama una *sección*, y puede ser de

cualquier tamaño. El inclinado lado de una quebrada, la pared de un barranco, el lado de una cantera ó desmonte de ferrocarril, una línea de derrumbaderos, son todos ejemplos de secciones de las rocas. Veamos lo que nuestra sección nos dice.

91. En el centro del pequeño estanque se ha acumulado el sedimento que la lluvia trajo, hasta formar una altura de una pulgada, por ejemplo, sobre la línea ordinaria de superficie del camino. Ahora bien ¿qué es lo que primero nos llama la atención en este depósito de sedimento, cuando se mira la sección que hemos hecho? ¿Están las materias arregladas sin orden? De ninguna manera. Si se hiciera un dibujo de la sección, sería algo por el estilo del siguiente grabado (Fig. 10). Las materias

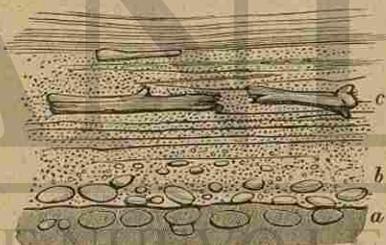


Fig. 10. — Sección ó corte del sedimento llevado por la lluvia á un charco. a. Superficie del camino. b. Capas de arena gruesa con pedazos de carbón y cenizas. c. Capa que contiene palitos, pajas, hojas, papel, etc.

se han depositado en capas que se han ido colocando la una sobre la otra. Algunas de estas capas son finas, otras son más gruesas; pero las unas y las otras manifiestan el mismo arreglo general en sus niveles.

92. Mirando estas capas se puede deducir exactamente cómo se depositó cada una. El sedimento grueso se ve principalmente en lo hondo, y marca el sitio en que las corrientes más fuertes llevaron arena y piedrecillas á través del charco: pero al ir escampano, fueron menos los arroyuelos que desaguaban en el estanque y más débil su corriente, y por esto, en vez de arena gruesa, se depositó solamente fango delgado, de manera que en la mitad superior son las capas más delgadas que en la de debajo. Al mismo tiempo que la arena, cascajo y fango, podrán verse astillas de madera, hojas, ramitas (c en la Fig. 10), que se han ido posando entre las capas de sedimento.

93. Acaso se crea que observaciones de esta índole son demasiado insignificantes, y que ciertamente no importa nada lo que la lluvia haga en un charquito, porque no podemos juzgar del mundo entero por lo que acontece en escala tan pequeña. En realidad, sin embargo, si se entiende completamente lo que se verifica en el fondo de aquel charco, por insignificante que parezca, se ponen los cimientos para que sea fácil entender cómo se están formando y se han formado las rocas sedimentarias en todo el mundo.

94. Supóngase que en vez del charco es un gran lago como el de Ginebra, y en lugar del arroyuelo raquítico del camino, formado por el aguacero, y que desaparece cuando deja de llover, se trata de un gran río como el Ródano, alimentado incesantemente por lluvias, nieves y manantiales de una enorme cordillera de montañas; y á pesar de ser la

escala mucho mayor, la clase de trabajo sigue siendo la misma que en el charco. Se mira con asombro al río correr tan velozmente, lanzándose sus fangosas aguas en olas y espumas, entre orilla y orilla; se le ve entrar en el lago, y se observa cómo las olas se precipitan una por una, y cómo se pierden en el río y su tumulto en la tranquila y silenciosa agua del profundo lago azul

95. Pero trepemos á una de las montañas que inclinadas se levantan á los dos lados del extremo superior del lago de Ginebra. Cuando ya estemos á algunos cientos de pies de altura, volvámonos para mirar río y lago, y veamos si no nos traen á la memoria vivamente nuestro charco y arroyuelo del camino. Á nuestra vista se extiende como en un mapa el fondo del valle: los giros del río, las verdes y llanas praderas de cada lado, dilatándose como larga lengua dentro del lago, las alquerías y aldeas y las líneas del camino, todo tan reducido por la distancia que de una ojeada se abarca su disposición. Aquella verde lengua de prados rellenando el extremo superior del lago y avanzándose por ambos lados del río es su *delta*, y se ha formado del mismo modo que el pequeño de nuestro charco, con la diferencia de que en vez de horas ha necesitado miles de años para su formación. Á cosa de milla y media de la margen del lago, esa aldehuela que se levanta entre los llanos campos, estaba en la misma orilla del agua hace unos mil ochocientos años, y se llama todavía Puerto Vallais. El río ha ensanchado, pues, su delta y rellenado el lago en una extensión de milla y media, desde los tiempos romanos.

96. Desde las tierras altas que dominan la cabeza del lago, puede verse además otro hecho curioso, acerca de la manera de reunirse el sedimento en el fondo. El Ródano es muy fangoso, y como el fango tiene aquí un color blanco, el aspecto lechoso que da al agua permite seguir el curso del río dentro del claro azul del lago. Mirándolo desde las alturas puede trazarse la pálida corriente fangosa, por alguna distancia desde que desemboca hasta que gradualmente se va mezclando con las aguas del lago y desaparece.

97. Dirijámonos ahora al extremo inferior del lago para observar el sitio por donde se va el agua. ¿Se ve allí algún fango? No, nunca los ojos vieron agua más clara, más límpida, más azul que la que viene saltando precipitadamente entre las orillas y por debajo de los puentes de Ginebra. ¿Qué se hizo de aquella nube de pálido fango que llevaba el río al entrar en el lago? Todo se ha depositado en el fondo. Día tras día, año tras año, y siglo tras siglo, allí está la nube de fango, hundiéndose siempre en el agua hasta el fondo y renovándose siempre por el incansable río.

98. Podría sacarse toda el agua del lago y se encontraría el fondo cubierto de depósitos de sedimentos extendiéndose, no sobre unos cuantos pies cuadrados, como en nuestro charquito del camino, sino sobre muchas millas cuadradas. Los sedimentos más gruesos — guijas y cascajos — se encontrarían en el extremo superior donde afluye la corriente más fuerte, y los sedimentos más delgados — arena y fango — cubrirían la parte principal del fondo.

99. Si se hicieran excavaciones en estos depósitos, se encontraría que en algunos sitios alcanzan las capas un espesor de más de cien pies, y en cualquier parte que se hicieran las excavaciones se vería la misma disposición de capas planas observadas en el charco formado por la lluvia. Arena, fango y cascajo se seguirían en sucesión de arriba abajo, pero siempre en capas ó tongas encima la una de la otra.

100. El lago de Ginebra es muchos miles de veces más grande que nuestro pequeño charco; y, sin embargo, en sí mismo no es más que un charco, y pequeñísimo, cuando se le compara con los grandes mares. Váyase á la orilla del mar por donde desembogue un caudaloso río, y se verá que solamente el tamaño no altera lo clase de obra que están haciendo el río y el mar, y que en su caso también hay el mismo proceso que estudiar que el que ya ha sido observado. Se ve cómo el río está acarreado continuamente al mar enormes cantidades de arena y fango; pueden seguirse las fangosas aguas del río hasta alguna distancia de la costa, cuando poco á poco su fango se hunde al fondo, y él mismo se confunde en las aguas del océano. Se sabe que por estos medios el fondo del mar en una distancia grande de la costa está recibiendo nuevos depósitos de arena y fango que han sido barridos de la tierra. El borde superior de estos depósitos queda al descubierta cuando baja la marea. Se puede excavar en ellos donde forman la playa, y si así se hace, se reconoce la misma disposición de capas, que se encontró en los otros casos.

101. De esta manera se va uno poco á poco convenciéndose de un rasgo saliente de los depósitos sedimentarios que están debajo del agua, es que no son meros montones de escombros, sin orden ni concierto, sino que están distribuidos y esparcidos unos sobre otros en capas regulares. Esta clase de arreglo se llama *estratificación* y de los sedimentos así dispuestos, se dice que están *estratificados*. Tan característico es este modo de arreglo entre las rocas

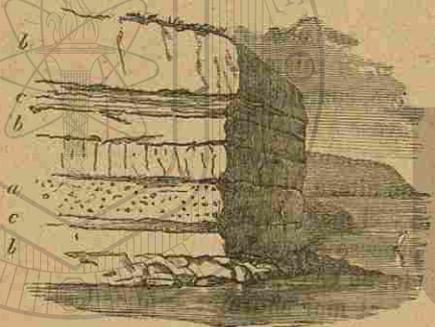


FIG. 11. — Estratificación de rocas sedimentarias. a. Conglomerado. b. Piedra arenosa. c. Esquistos.

sedimentarias, que se llaman también con mucha frecuencia *rocas estratificadas*.

102. Las capas de arena, cascajo ó fango que pueden verse en las orillas del mar, ó en cualquier lago ó charco de la tierra, son materias *suaves ó sueltas*. La piedra arenosa, el conglomerado, el esquisto y todas las demás rocas sedimentarias, son generalmente más ó menos *duras ó compactas*. ¿Cómo puede explicarse esta diferencia? Es se-

guro, á no poder serlo más, que á pesar de su firmeza, no fueron estas rocas en un tiempo más que sedimento suelto formado debajo del agua de la misma manera que se hace hoy en todas partes el mismo sedimento; pero ¿qué los ha vuelto piedra dura?

103. Si se toma una porción de fango, y se coloca debajo de un peso que escurra el agua que contenga aquél, se verá que se hace más firme: así se puede endurecer el fango por la *presión*. Del mismo modo, si se coloca alguna arena debajo de agua que haya estado saturada de cal (esto es, la sustancia de que están formados el yeso y la piedra caliza), ó de hierro, ó de cualquier otro mineral soluble en el agua, se verá que al evaporarse lentamente el agua deposita la sustancia que en ella está disuelta al rededor de los granos de arena y ésta los enlaza unos con otros. Si se continuare largo tiempo este procedimiento, añadiendo más agua de la misma clase conforme se fuere evaporando, se convertirá aquella arena suelta en una piedra sólida. En este caso el sedimento se endurece hasta formar piedra por el proceso llamado *infiltración*.

104. De uno ú otro de estos modos, ó de ambos á la vez, se han endurecido hasta el estado en que hoy encontramos la mayor parte de las rocas sedimentarias. Cuando se acumulan y se amontonan la arena y el fango en anchas capas ó tongas, hasta una profundidad de cientos ó miles de pies, las tongas de la base, que tienen encima un enorme peso, forzosamente tienen que solidificarse de una manera mucho más firme que las superiores; pero además

de ésto, el agua está siempre infiltrándose á través de los poros y grietas de las rocas, llevándose unas veces y depositando otras, sustancia mineral (de la manera explicada en las *Nociones de Geografía Física*, Arts. 117-125) contribuyendo á unir entre sí con más firmeza los granos de muchas rocas.

105. Si ahora se preguntase lo que es una roca sedimentaria ordinaria, se daría en seguida una definición parecida á la siguiente, con claro conocimiento de la cosa: « Una roca sedimentaria es la que está formada de sedimento procedente del desperdicio de rocas más viejas y depositado en el agua. Generalmente deja ver la característica disposición estratificada de los depósitos formados por el agua. Desde que se formó primitivamente se ha endurecido, por lo común, hasta formar piedra, por presión ó por infiltración. »

#### IV. *Cómo vienen á encontrarse restos de plantas y animales en las rocas sedimentarias.*

106. Aunque las rocas sedimentarias se componen de sustancias como cascajo, arena ó limo, suelen contener otras cosas de igual interés é importancia. Por ejemplo, las figuras 12 y 13 representan dos pedazos más de esquisto, en los cuales se ven ciertos objetos muy diferentes del sedimento ordinario que constituye la piedra. Veamos primeramente lo que son dichos objetos, y luego cómo llegaron á embutirse en la piedra.

107. Empezaremos por la muestra dibujada en la Fig. 12. En la piedra veremos solamente un frag-

mento de esquisto común, formado de las mismas materias, y arregladas del mismo modo estratificado, que en el anterior ejemplar de aquella roca.

108. Pero ¿qué es el objeto negro que hay en la



FIG. 12. — Pedazo de esquisto que contiene una parte de helecho fósil.

superficie superior de la piedra? Desde luego se ve que tiene la forma de una planta que se parece á un helecho. Examinándola más de cerca, y siguiendo las delicadas venas de las hojas, no cabe duda de que, aunque ya no es blanda ni verde, fué en un tiempo un helecho vivo: se ha transformado en una sustancia negra que, al observarla cuidadosamente, se ve que es una especie de carbón. Pueden presentarse fragmentos pequeños y capas de la misma sustancia negra en todo el pedazo de esquisto. Si se raspa un poco y el polvo raspado se coloca en la punta de un cuchillo, se verá que se consume con el fuego la materia negra, mientras que

de ésto, el agua está siempre infiltrándose á través de los poros y grietas de las rocas, llevándose unas veces y depositando otras, sustancia mineral (de la manera explicada en las *Nociones de Geografía Física*, Arts. 117-125) contribuyendo á unir entre sí con más firmeza los granos de muchas rocas.

105. Si ahora se preguntase lo que es una roca sedimentaria ordinaria, se daría en seguida una definición parecida á la siguiente, con claro conocimiento de la cosa: « Una roca sedimentaria es la que está formada de sedimento procedente del desperdicio de rocas más viejas y depositado en el agua. Generalmente deja ver la característica disposición estratificada de los depósitos formados por el agua. Desde que se formó primitivamente se ha endurecido, por lo común, hasta formar piedra, por presión ó por infiltración. »

#### IV. *Cómo vienen á encontrarse restos de plantas y animales en las rocas sedimentarias.*

106. Aunque las rocas sedimentarias se componen de sustancias como cascajo, arena ó limo, suelen contener otras cosas de igual interés é importancia. Por ejemplo, las figuras 12 y 13 representan dos pedazos más de esquisto, en los cuales se ven ciertos objetos muy diferentes del sedimento ordinario que constituye la piedra. Veamos primeramente lo que son dichos objetos, y luego cómo llegaron á embutirse en la piedra.

107. Empezaremos por la muestra dibujada en la Fig. 12. En la piedra veremos solamente un frag-

mento de esquisto común, formado de las mismas materias, y arregladas del mismo modo estratificado, que en el anterior ejemplar de aquella roca.

108. Pero ¿qué es el objeto negro que hay en la

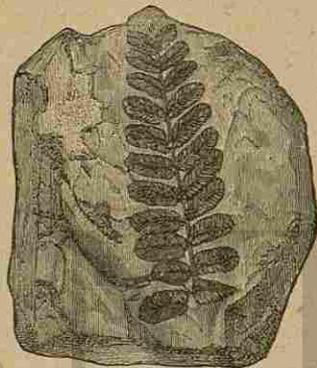


FIG. 12. — Pedazo de esquisto que contiene una parte de helecho fósil.

superficie superior de la piedra? Desde luego se ve que tiene la forma de una planta que se parece á un helecho. Examinándola más de cerca, y siguiendo las delicadas venas de las hojas, no cabe duda de que, aunque ya no es blanda ni verde, fué en un tiempo un helecho vivo: se ha transformado en una sustancia negra que, al observarla cuidadosamente, se ve que es una especie de carbón. Pueden presentarse fragmentos pequeños y capas de la misma sustancia negra en todo el pedazo de esquisto. Si se raspa un poco y el polvo raspado se coloca en la punta de un cuchillo, se verá que se consume con el fuego la materia negra, mientras que

no se consumen los granos de arena ó arcilla. Estos fragmentos ó capas son solamente y con toda evidencia hojas y ramitas de diferentes plantas, incrustadas al mismo tiempo que aquel helecho más grande y mejor conservado. Pero, ¿cómo se introdujeron estas plantas en el corazón de un pedazo de piedra?

109. Para entender cómo sucedió ésto, tenemos otra vez que volver á buscar lo que la naturaleza está haciendo en nuestros días. No se habrá olvidado que cuando se observaba el arroyuelo en miniatura que corría por el inclinado camino (Art. 88), se notó que algunas veces arrastraba pajitas, madera, papel y otros objetos sueltos que se hallaban á su paso; algunos de éstos se iban flotando hasta la salida más próxima y pronto se perdían de vista; pero otros se hundían al fondo del charquito. Mírese de nuevo la sección que hicimos entonces (Fig. 10), y se verá que contiene astillitas de madera, ó pajas, ú hojas y espigas de hierba, entre la arena fina y el limo dejado allí por la lluvia. Estos objetos se asientan planamente entre las delgadas capas de sedimento; y pensando en ello se entenderá que esa debe ser la posición que naturalmente tomen al hundirse al fondo. La lluvia puede, por tanto, llevarse hojas y otras partes de las plantas, depositarlas en un charco donde se *interstratifican* con el fango, esto es, se depositan entre sus capas y son cubiertas por otras nuevas.

110. Aun hay más: obsérvese lo que se verifica en las márgenes ó boca de todo río, y pronto se notará que las hojas, ramas y otros objetos flotan-

tes llevados por la corriente río abajo, acaban por irse al fondo, para ser allí incrustados y gradualmente cubiertos por la creciente acumulación de arena y fango. Haciendo excavaciones en alguno de estos depósitos de las orillas, se encuentran algunas veces capas de hojas ó ramitas, agrupadas de la misma manera estratificada que el sedimento que tienen encima y debajo. Estos depósitos de vegetación movediza suelen formar una parte importante de las acumulaciones que constituyen el delta de un río (*Nociones de Geografía Física*, Art. 180).

111. Pero tiene que suceder forzosamente y de continuo que, antes de que las hojas, ramas ó troncos de los árboles se saturen ó empapen tanto de agua, que se hundan al fondo, sean arrastrados al mar; en tales casos pueden flotando apartarse gran trecho de la costa antes que caigan al fondo y se entierren en el fango y arena que allí haya. Por esto, ya en los lechos de los ríos, ya en el fondo de lagos y mares, tienen que estar cayendo continuamente en los depósitos sedimentarios que se reúnan, restos de plantas terrestres.

112. Ahora se comprenderá de qué manera se encuentran pedazos de helecho ó de otra clase de plantas terrestres, en el corazón de una piedra tan sólida como nuestro trozo de esquisto. La piedra no fué en otro tiempo, sino sedimento depositado bajo el agua, y las fragmentarias plantas fueron arrastradas desde el lugar donde habían crecido hasta que, por último, quedaron sepultadas entre el sedimento. Al endurecerse el fango para formar el esquisto, se

fué alterando cada vez más la planta, hasta que se convirtió en carbón su sustancia. Más adelante se verá que el carbón fué en otro tiempo vegetación, que sepultada bajo grandes masas de sedimento se ha ido poco á poco convirtiendo en la negra sustancia lustrosa, que tan familiar nos es.

113. No son sólo las plantas, sin embargo, las que se encuentran incrustadas en las rocas sedimentarias. En la figura 13, por ejemplo, tenemos el dibujo de

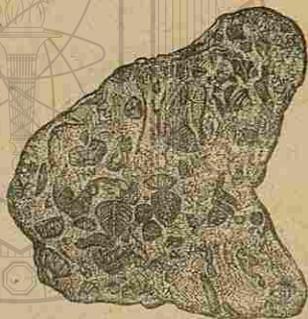


FIG. 13. — Trozo de esquisto con restos animales.

un trozo de esquisto en el cual pueden verse algunas conchas y otros restos animales, principalmente *trilobitos*, esto es, animalillos marinos que pertenecen á la misma extensa familia del cangrejo y la langosta. No es necesario que se diga cómo llegaron allí, porque se ha aprendido ya que todo lo que cae al fondo de los mares ó lagos se sepulta en el sedimento. Los restos de conchas, corales, peces, ó de otro animal cualquiera que viva en el agua,

tienen que agruparse en el fondo cuando estos animales mueren, y quedar incrustados en el fango y demás depósitos que están allí formándose. Claro es, pues, que de esta manera se conservaron las conchas y corales del trozo de esquisto.

114. ¿Quién no ha reparado alguna vez los charquillos de agua salada que quedan en las rocas de una costa cuando se retira la marea? ¡Cuán llenos de vida están! Aquí retoñan penachos de sargazo, allí aparecen grupos de anémonas de mar de alegres tintes, en los lados se pegan caracoles y lepadas, y allá abajo por el fondo, se ven serpeando cautelosamente para ocultarse cangrejuelos, y otras muchas más clases de habitantes del mar, de nombres desconocidos, que se mueven de un lado para otro. Si se mira un poco más de cerca, puede notarse que algunas de las conchas del fondo están vacías, por muerte de los animales que en ellas vivieran antes, y que se ven también por allí pedazos rotos de otros seres muertos.

115. Está de más decir que no ha de suponerse que todo el fondo del mar es como el de uno de aquellos charquillos de la playa. Las plantas y animales de los charcos son los que viven en las orillas y en los sitios de poco fondo de los mares, y las partes más profundas tienen otras plantas y otros animales, que les son peculiares; pero aunque estos seres vivos se diferencian muchísimo en las diversas partes del piso del océano, y aunque puedan faltar en algunos sitios, en manchas de cascajo, arena ó piedra, el piso del gran mar se parece al del charquito de la playa, en cuanto á tener una

abundancia de muchas clases de animales vivos, y de restos de otros muertos. Así es que los depósitos de arena y fango que se acumulan sobre el fondo del mar tienen indispensablemente que contener abundantes reliquias de estos seres.

416. Si, pues, quedan muy generalmente sepultados restos de plantas y de animales en las acumulaciones de sedimento que ahora se aumentan de día en día en el fondo de lagos y mares, podemos asegurar que lo mismo habrá sucedido en los pasados tiempos, y que las rocas sedimentarias, que solamente son sedimento endurecido en el fondo de antiguos lagos ó mares, también contendrán restos de plantas y animales; y con abundancia los contienen, encontrándose piedras arenosas, esquistos y otras rocas sedimentarias, tan llenas de tales restos como pueda estar poblada de vida cualquier parte del moderno fondo de los mares.

417. Toda reliquia de planta ó animal incrustada en una roca se llama un *fósil*. El helecho en la Fig. 12, por ejemplo, y las conchas y trilobitos de la Fig. 13, son fósiles. En la lección siguiente indicaremos algunas de las cosas que los fósiles nos dan á conocer.

V. Una cantera y lo que nos enseña.

418. En las lecciones que preceden se ha aprendido lo que es sedimento; cómo diferentes clases de sedimento, arregladas bajo el agua, se han convertido en rocas sedimentarias, y cómo pueden contener los restos de plantas ó animales. Tratemos ahora de hacer algunas preguntas á estas rocas, para que nos cuenten su propia historia.

419. Si se va á las canteras que abundan en muchas partes de este país, puede aprenderse mucho sobre este punto. Supongámonos en una como la que representa la Fig. 14.

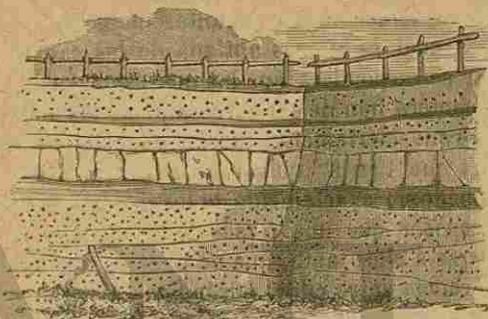


FIG. 14. — Cantera de rocas sedimentarias.

420. En primer lugar ¿cuál es el rasgo de la cantera que más llama la atención forzosamente al entrar? Se responderá en seguida: la *estratificación* de las rocas, arregladas en capas ó tongas, una sobre otra, en aquella disposición estratificada que se ha visto que es tan característica de las rocas depositadas como sedimento debajo del agua. (Arts. 90-101.)

421. En segundo lugar, se observará que no todas se componen de los mismos materiales. Algunas son de conglomerado fino (las marcadas con circulitos y puntos en el grabado), otras de varias clases de piedra arenosa (marcadas con puntos más pequeños) y otras de esquistos y arcillas (marcadas

con líneas horizontales). Estas capas ó *strata*, que así se llaman, alternan entre sí irregularmente, del mismo modo que el cascajo, la arena y el fango, pueden encontrarse alternando en el delta de un río ó debajo del mar.

122. En tercer lugar, permítaseme pedir que se indique cuál es la más antigua de las capas. Sin vacilar se responderá que las que están en la base de la cantera han de ser forzosamente las más viejas, porque ciertamente fueron depositadas antes que las que tienen encima de ellas. La capa más baja puede ser exactamente de los mismos materiales y espesor que una ó más de las otras, y puede parecerse á ellos tanto, que no pudiera distinguirse la diferencia entre ellas, mirándolas aisladamente. Sin embargo, el presentarse la una encima de la otra, prueba que no son una misma capa, sino que han sido formadas en épocas diferentes, y la una después de la otra. En todos los casos semejantes, son las más viejas las capas que están en el fondo, y las que están encima de todas, las más nuevas. Esta disposición de una capa ó estrato sobre otra se llama el *orden de superposición*.

123. En una cantera como la dibujada en el grabado, este orden es sin duda muy simple y de suyo evidente, pero después se sabrá que no es lo común que sea tan claro; porque en muchos casos las rocas están ocultas por sustancias terrosas ó de otra manera, y se necesita mucho cuidado y no poca paciencia para averiguar con certeza su verdadero orden de superposición. Pero cuando, á pesar de todas las dificultades, se consigue demostrar cuáles

son las rocas de la base y cuáles las que están encima de todas, se determina al mismo tiempo cuáles son las más viejas y cuáles las más nuevas.

124. En cuarto lugar, veamos si las rocas de esta cantera han conservado alguna prueba del sitio en que fueron depositadas. Partimos en dos pedazos alguna de las capas más bajas de piedra arenosa y encontramos que sus superficies suelen estar cubiertas de marcas semejantes á las representadas en el siguiente dibujo (Fig. 19). ¿ Hemos visto alguna

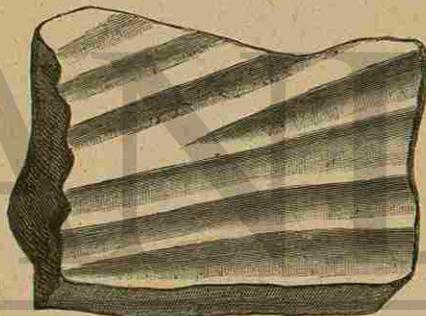


Fig. 19. — Marcas del oleaje en la piedra arenosa.

vez cosa parecida en otras partes? El que haya paseado alguna vez por una playa llana de arena, debe de haberse fijado en las huellas que el oleaje pequeño, del agua de poco fondo, deja en la blanda arena. Son precisamente las mismas que se ven en la piedra arenosa. También pueden verse en la orilla pendiente de un lago, y en todas partes donde el viento haya impulsado al agua, en pequeñas onditas, sobre un fondo de arena. Son señal de agua

de poco fondo. Por lo tanto hemos aprendido en nuestra cantera un hecho importante en cuanto al origen de estas rocas, á saber; que no fueron depositadas en mar de mucho fondo, sino en poca agua.

125. Miremos aun más detenidamente estas capas ó estratos, y notemos cuando menos que algunas de ellas están cubiertas de una manera curiosa de huecos pequeños y redondos, del tamaño de guisantes ó menores. El aspecto general de estas su-

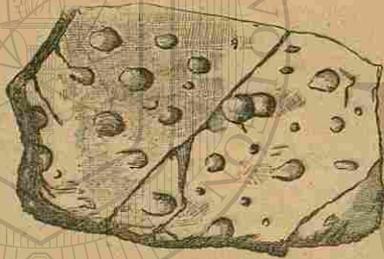


Fig. 16. — Marcas de la lluvia en la piedra arenosa.

perficie agujereadas es el expuesto en la Fig. 16. ¿Cómo se formaron esos hoyos? Del mismo modo que las huellas de las olas, deben naturalmente haberse impreso en la arena cuando estaba blanda y antes de endurecerse y convertirse en piedra. Tenemos también que buscar la explicación, atendiendo á lo que se verifica ahora. Ya se sabe que cuando caen gotas de lluvia en una superficie lisa de arena húmeda, como la de una playa, cada gota hace una pequeña marca ú hoyo. Ya se ha aprendido algo sobre estas marcas de la lluvia, y comparando el dibujo que tenemos delante con la pintura de la

impresiones hechas por la lluvia, en las *Nociones de Geografía Física*, Fig. 9, se verá que esencialmente son las mismas, y que unas y otras han sido hechas por la caída de gotas de lluvia en arena suave y húmeda.

126. Aquí, pues, es otro hecho que arroja todavía más luz en la historia de estas rocas. Las marcas de las olas demuestran que el agua tiene que haber sido de poco fondo; las de la lluvia prueban que tiene que haberse formado en una playa que debía quedarse, de vez en cuando, en seco, expuesta al aire y á la lluvia. ¿Podemos, pues, decir ahora si el agua era salada ó fresca? en otras palabras, ¿era esta playa, costa de un lago ó de un mar?

127. Volvamos ahora á las rocas mismas, y de algunas de las capas de esquisto, recojamos cierto número de *fósiles*, que nos permitan responder á la pregunta. Si se pesca en un lago, ¿se encontrará solamente la misma clase de peces que en el mar? Ciertamente que no; pronto se verá que no sólo los peces, sino los demás animales y plantas que viven en agua dulce, se diferencian de los que habitan el agua salada. Las estrellas de mar, lepidas, ostras y platiijas, por ejemplo, son habitantes del mar, y en cambio las percas, los varios, y los peces-espinas, pertenecen á los ríos y lagos. Puede, por lo tanto, comprenderse que los restos de animales y plantas conservados en los depósitos del fondo del mar, deben diferenciarse de los conservados en los del fondo de los lagos.

128. Algunos de los *fósiles* recogidos están representados en la Fig. 17. Entre éstos, *a* es el

coral, *b* es parte del tallo unido á la encrina ó cro-  
noide, animal que tiene relación con la estrella de  
mar común; y *c* es una concha que pertenece á una

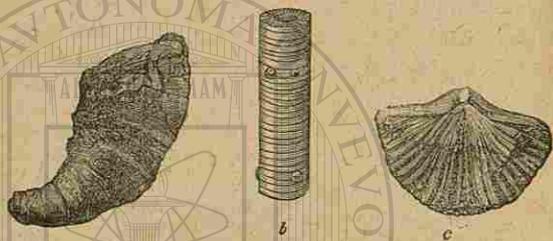


FIG. 17. — Fósiles. *a*, coral; *b*, parte de encrina; *c*, *spicifer*, concha  
marina.

familia cuyos miembros son todos habitantes de la  
mar. Ahora bien, todos éstos son animales marinos  
fuera de duda, y cuando los encontramos asociados  
de esta manera en una capa de piedra, estamos se-  
guros de que las materias que componen la piedra  
tienen indispensablemente que haber sido deposi-  
tadas en el fondo del mar; es posible que fueran  
arrojadas á la orilla del mar antiguo, como hoy lo  
son las conchas.

129. Aquí se presenta un tercer hecho sobre la  
historia de nuestras rocas. Las marcas del olcaje  
y las de la lluvia nos dijeron con seguridad que se  
formaron en agua de poco fondo cerca de la orilla  
y en una playa; y los fósiles nos prueban ahora  
que aquellas aguas eran del mar.

130. En la cantera se han encontrado, por consi-  
guiente, pruebas claras de que han cambiado de  
sitio el mar y las tierras. Aunque esté la cantera

en lo más interior del país, de nada, sin embargo,  
puede estarse más seguro que de que el mar llegó  
en una época pasada, hasta el lugar que aquélla  
ocupa, y si se busca en otras canteras, se encontrará  
en todas ellas las mismas clases de pruebas de la  
presencia anterior del mar. En resumen, si des-  
de el sur de Inglaterra se partiera con dirección  
al norte, hasta el extremo de Escocia, casi todas  
las canteras que se encontraran serian de rocas que  
en su origen se formaron debajo del mar. En esa  
jornada podría aprenderse que casi todo nuestro  
país se compone de esas rocas. Abajo, en las pro-  
fundidades de las minas, y arriba, en las cumbres  
de las altas montañas, se daría con rocas de dicha  
clase, lo cual no sucede sólo en la Gran Bretaña :  
cruzando la Europa y mirando con cuidado á todas  
las rocas que se hallen al paso, se vería también que  
las formadas en la mar constituyen una inmensa  
mayoría. Desde Europa hasta Asia, y de Asia  
atravesando África por un lado, y toda la extensión  
de América por otro, se encontrarían más rocas for-  
madas en los mares, que de todas las demás clases.  
Las más altas montañas del mundo están compues-  
tas de rocas formadas en los mares.

131. ¿No es una cosa singular, que la tierra firme  
haya sido en su mayor parte hecha en el fondo del  
mar? Las rocas deben haberse levantado de un  
modo ú otro fuera de las aguas, y ya que la tierra  
es tan desigual, deben haberse levantado en algunos  
puntos más que en otros. El modo de levantarse  
el fondo del mar, será tratado en la última lección.  
Primeramente tenemos que investigar la historia de

otras ciertas rocas, muchas de las cuales han sido también formadas en el fondo del mar.

### ROCAS ORGÁNICAS Ó ROCAS FORMADAS DE RESTOS DE PLANTAS Y ANIMALES

#### I. Rocas formadas de restos de plantas.

132. Esparcidas tan abundantemente en los sedimentos ordinarios, materias tales como hojas, ramas y tallos de plantas, conchas y otros restos de animales, es fácil comprender que algunas veces se encuentren en cantidades que lleguen á formar por sí solas grandes depósitos. Apenas podría decirse que éstos eran sedimentarios, en el mismo sentido con que se designa así la piedra arenosa y el esquisto. Podemos llamarlas *rocas orgánicas* ó *rocas formadas orgánicamente*, porque deben su origen á la acumulación de lo que se llaman *restos orgánicos* ó *fósiles*, esto es, restos de plantas y animales. Una planta ó un animal vive y crece por medio de lo que se entiende por *órganos*. Por ejemplo, al andar nos valemos de las piernas que son nuestros *órganos de locomoción*; hablamos con la boca que contiene nuestros *órganos de vocalización*; vemos á favor de los ojos, que son nuestros *órganos de visión*, y así de todos los demás *órganos*. Se dice de todos los objetos, que poseen *órganos*, por consiguiente, que están organizados ó que son un *organismo*; de manera que cuando se vea esta palabra organismo, debe recordarse que significa una planta ó un animal, pues solamente las plantas y los animales están realmente organizados.

133. Empezemos por aquellas rocas que se han formado con restos de las plantas. Como ejemplo, examinemos cuidadosamente un *pedazo de carbón*. Si se comprende todo lo que puede enseñar, no habrá luego dificultad en trazar la historia de otras rocas que pertenezcan á esta serie.

134. Ya se conoce el aspecto general del carbón. ¿Se ha reparado que, aunque cuando se pone en la chimenea está partido en trozos irregulares y toscos, tiene, sin embargo, una disposición en capas como la rocas sedimentarias? Trátese de romper un pedazo grande y compacto de carbón, y se verá que generalmente se abre más fácilmente en una dirección que en otra, y que ésta es la de las capas delgadas que constituyen el carbón. Si se quiere que ardan pronto y hagan un buen fuego grandes pedazos de carbón, hay que tener cuidado en ponerlos en la chimenea de modo que estas capas estén más ó menos verticales. En esa posición el calor las abre.

135. Ahora mirese el extremo de un pedrusco de carbón, donde están á la vista los cantos de las capas; no pueden verse tan claramente y con tanta facilidad como en un pedazo de esquisto, porque parecen confundirse las unas con las otras; pero puede notarse que entre las capas de sustancia dura, luyente, cristalina, se presentan otras de un material blando como el carbón vegetal. Una mera ojeada general á una pieza así de carbón bastará para demostrar que es estratificada.

136. Sabido es que el carbón puede consumirse por el fuego de tal manera que solamente deje detrás cenizas, y que en este concepto se parece á la

otras ciertas rocas, muchas de las cuales han sido también formadas en el fondo del mar.

### ROCAS ORGÁNICAS Ó ROCAS FORMADAS DE RESTOS DE PLANTAS Y ANIMALES

#### I. Rocas formadas de restos de plantas.

132. Esparcidas tan abundantemente en los sedimentos ordinarios, materias tales como hojas, ramas y tallos de plantas, conchas y otros restos de animales, es fácil comprender que algunas veces se encuentren en cantidades que lleguen á formar por sí solas grandes depósitos. Apenas podría decirse que éstos eran sedimentarios, en el mismo sentido con que se designa así la piedra arenosa y el esquisto. Podemos llamarlas *rocas orgánicas* ó *rocas formadas orgánicamente*, porque deben su origen á la acumulación de lo que se llaman *restos orgánicos* ó *fósiles*, esto es, restos de plantas y animales. Una planta ó un animal vive y crece por medio de lo que se entiende por *órganos*. Por ejemplo, al andar nos valemos de las piernas que son nuestros *órganos de locomoción*; hablamos con la boca que contiene nuestros *órganos de vocalización*; vemos á favor de los ojos, que son nuestros *órganos de visión*, y así de todos los demás *órganos*. Se dice de todos los objetos, que poseen *órganos*, por consiguiente, que están organizados ó que son un *organismo*; de manera que cuando se vea esta palabra organismo, debe recordarse que significa una planta ó un animal, pues solamente las plantas y los animales están realmente organizados.

133. Empezemos por aquellas rocas que se han formado con restos de las plantas. Como ejemplo, examinemos cuidadosamente un *pedazo de carbón*. Si se comprende todo lo que puede enseñar, no habrá luego dificultad en trazar la historia de otras rocas que pertenezcan á esta serie.

134. Ya se conoce el aspecto general del carbón. ¿Se ha reparado que, aunque cuando se pone en la chimenea está partido en trozos irregulares y toscos, tiene, sin embargo, una disposición en capas como la rocas sedimentarias? Trátese de romper un pedazo grande y compacto de carbón, y se verá que generalmente se abre más fácilmente en una dirección que en otra, y que ésta es la de las capas delgadas que constituyen el carbón. Si se quiere que ardan pronto y hagan un buen fuego grandes pedazos de carbón, hay que tener cuidado en ponerlos en la chimenea de modo que estas capas estén más ó menos verticales. En esa posición el calor las abre.

135. Ahora mirese el extremo de un pedrusco de carbón, donde están á la vista los cantos de las capas; no pueden verse tan claramente y con tanta facilidad como en un pedazo de esquisto, porque parecen confundirse las unas con las otras; pero puede notarse que entre las capas de sustancia dura, luyente, cristalina, se presentan otras de un material blando como el carbón vegetal. Una mera ojeada general á una pieza así de carbón bastará para demostrar que es estratificada.

136. Sabido es que el carbón puede consumirse por el fuego de tal manera que solamente deje detrás cenizas, y que en este concepto se parece á la

leña y á la turba (véase Art. 145). Los químicos han analizado el carbón y han encontrado que lo constituyen las mismas materias que forman la leña y la turba, y que en realidad no es otra cosa sino una cantidad de vegetación que se ha prensado, y que poco á poco se ha transformado en la sustancia negra que se usa como combustible.

137. Supongamos que estamos en una mina de carbón, con el objeto de ver exactamente como está colocado el carbón antes de ser sacado de la tierra y roto en los pequeños pedazos que quemamos en las chimeneas (véase Fig. 37). Bajemos en el aparato descendente que lleva á los mineros á la galería subterránea, y después de acostumbrada nuestra vista á la oscuridad que hay en el fondo.

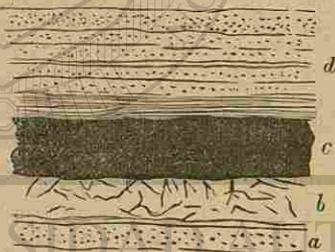


Fig. 18. - Sección de una veta de carbón con su techo y piso. a. Piedras arenosas, esquistos, etc. b. Arcilla inferior que forma el piso del carbón. c. Carbón. d. Piedras arenosas y esquistos que forman el techo del carbón.

pongámonos en camino, lámpara en mano, por uno de los pasadizos hasta llegar, por último, á una parte en que los mineros trabajen en la extracción del carbón. Ya allí, lo primero que vemos es que el carbón se presenta en capas de espesor de algu-

nos pies. Este rasgo de estar en camas conviene con la que ya se ha dicho respecto á las capas interiores de la piedra, y ratifica la creencia de que el carbón es una roca estratificada. Obsérvese en seguida que el piso en que el carbón descansa y el techo que lo cubre, se componen ambos de materiales muy diferentes del carbón mismo. Si se cortase una sección ó zanja (Art. 90) á través del piso, carbón y techo, se encontraría una disposición parecida á la de la Fig. 18, y se probaría fuera de toda duda que la capa de carbón está situada entre dos capas de roca sedimentaria.

136. Pero ¿cuál es esta capa marcada *b* que forma el piso en que descansa el carbón? Examinándola con atención se reconoce que es una capa de arcilla oscura, en la que abundan rayas negras y ramificaciones, á manera de raíces, que se extienden por todas partes. Pueden seguirse estas ramificaciones á las raíces hasta la misma base del carbón. Visitando luego otras minas se encontraría que cada veta de carbón ocupa generalmente una posición análoga á la que ya se había visto. Ahora bien ¿por qué ha de estar el carbón sobre una capa de arcilla ó esquistos, y no sobre una de piedra arenosa ó de otra cualquiera clase de roca? Al observar que este piso particular se encuentra en todas las minas que se visitan, se empieza á adquirir la certeza de que la constante asociación del carbón y de su arcilla inferior no pueden ser mero accidente, y que indispensablemente tiene un significado.

139. Miremos, pues, otra vez la arcilla que está debajo. ¿No se parece algo á una capa de terreno

con las raíces de las plantas? Una vez sugerida esta idea, cuánto más se examine la roca más claro parecerá la semejanza, hasta verse uno obligado á deducir que ciertamente *la arcilla inferior es un antiguo terreno, y que la capa de carbón representá la vegetación que en él crecía* (Fig. 38).

140. Cada capa de carbón ha sido realmente en otro tiempo una densa masa de vegetación que crecía en una extensa llanura pantanosa, como los cañaverales de los países tropicales en nuestros días. Estas grandes esplanadas pantanosas, tenían un fondo de suelo fangoso, en que crecía la vegetación lozana, y este mismo suelo es el que todavía se ve en la arcilla inferior.

141. ¿Podríamos decir algo de la clase de plantas que florecieron en estas llanuras, y que vinieron acumulándose á formar la espesa masa que constituye el carbón? No es mucho lo que suele deducirse del carbón mismo, porque la vegetación de tal modo ha sido exprimida y tales alteraciones ha experimentado, que se han destruído las hojas y ramas de las plantas; sin embargo, en muchas clases de carbón, se han transformado algunas partes de las antiguas plantas en una especie de carbón vegetal, que ensucia los dedos, y deja ver la fibra vegetal como cualquier otro carbón de madera, de los que se usan. Si se cortan pedazos de carbón en rebanadas y se fijan sobre cristales, gastándolos con un trapo ó cepillo hasta que estén tan delgados que sean transparentes, y luego se miran con un microscopio, se verá muchas veces que el carbón contiene millones de pequeñas cápsulas de semilla, que to-

man el nombre de *sporangia*. Estas fueron esparcidas por plantas algún tanto semejantes á cierta clase de musgo que se encuentra en nuestros margales y colinas, pero mucho mayores, y que deben indispensablemente haber caído sobre las tierras llanas con tanta abundancia que han formando una especie de suelo ó terreno sobre ellas.

142. Pero aunque las plantas más grandes no se



Fig. 19. — Plantas de las cuales se ha formado el carbón.

han conservado generalmente bien en el carbón mismo, algunas veces se las encuentra en perfecto estado de belleza en las capas de rocas, que están encima ó debajo del carbón. Algunas de las variedades comunes están representadas en la Fig. 19. De vez en cuando se ven estas plantas unas sobre

otras estrujadas, pero conservando todavía mucha parte de su primitiva hermosura, en el fondo de la capa de roca que forma el techo de las galerías que atraviesan la mina carbonifera.

143. Cada filón de carbón fué en otro tiempo superficie exuberante de vegetación, abierta á la luz del sol, y extendiéndose por muchas millas cuadradas; y hoy yace en lo profundo de la tierra, debajo de enormes masas de rocas, que hay que perforar antes de poder llegar al carbón. Cómo esto ha ocurrido será asunto para una lección más adelante (Arts 213-216). Entretanto preciso es que aprendamos algo sobre otra clase de formación, en que entra en juego la vegetación, y que puede examinarse á la luz del día y no en las profundidades de una mina.

144. Todo el mundo ha oído hablar, y no es difícil haberlos visto, de los pantanos ó tremedales que son tan abundantes en Irlanda, Escocia y algunas partes de Inglaterra. El que no los haya visto, figúrese un anchuroso y llano espacio de matorrales oscuros y lagunas verdes, tan blandos y acuosos en muchas partes que se hundiría en el negro cieno el que tratase de andar por su traidora superficie; en otras partes tienen una corteza más firme, que suena debajo de los pies conforme se van moviendo éstos de un sitio á otro. Este espacio llano se llama *bog* en Irlanda, mientras en Escocia y en Inglaterra se conoce como *moss* ó *peat-moss*. La séptima parte próximamente de la superficie entera de Irlanda la forman *bogs*, y en Escocia hay también muchísimos pantanos, de los dichos.

145. Visitando uno de estos lugares se ve que, por lo general, es terreno firme el que los circunda, y que hasta puede haberse secado tanto el mismo centro, que pueda ararse y dar cosechas de nabos y patatas. Donde quiera que se eche la vista, encima de la sustancia que constituye el musgo, se encontrará que es una clase de terreno llamado turba, negro



Fig. 20. — Sección de un turbal ó turbera, donde se corta la turba y se forman montoncillos de ella para secarla y que sirva de combustible.

ú oscuro, formado de los restos de plantas firmemente apretados juntos. Sobre toda la extensión del musgo, se extiende esta turba formando una capa de treinta ó cuarenta pies de espesor algunas veces. Es sencillamente un depósito vegetal, y en éste y en otros conceptos se parece al carbón.

146. Siendo tal su composición, natural es que arda fácilmente, y así es que esos turbales se escavan á pedazos, que sirven de combustible después de secos. En grandes regiones de Irlanda y de Escocia, no usan los campesinos otro combustible que la turba tomada por ellos en los turbales todos los veranos.

147. En la Fig. 20 se da una representación de uno de los cortes de turba. En esos parajes es donde mejor puede estudiarse el modo de originarse el depósito, y como el seguir las huellas de la formación de un turbal da un buen ejemplo del sistema que emplean los geólogos para tratar de descubrir la historia del pasado de la tierra, veamos qué es lo que se ve asomándose á la abertura hecha en el pantano de turba de la Fig. 20.

148. Debajo de la superficie de la hierba gruesa y de los trezales, está la turba, masa de fibra oscura en las partes superiores, que se va haciendo cada vez más compacta conforme se va aproximando á la base, hasta convertirse quizás en una sustancia compacta oscura, en la cual no pueden distinguirse rasgos de las fibras. Abajo, allá en el fondo de la turba, hay algunas veces una capa de arcilla fina, que contiene los restos de conchas, de las que viven sólo en agua dulce. De vez en cuando, también se saca del fondo de la turbera una grosera canoa, hecha ahuecando el tronco de un roble, reliquia de alguno de nuestros antepasados no civilizados.

149. Aquí ya hay un sí es no es de historia geológica, y agrupando todos estos hechos separados, puede sacarse en limpio la historia de los turbales.

150. Empezando por el fondo, la formación más antigua que se encuentra es la capa de arcilla á que acabamos de aludir hace poco, y ya se sabe que la dicha capa tiene indispensablemente que haberse depositado debajo del agua. Si por ventura fuese gruesa, sugeriría ésto que probablemente no se trataba de estanque ó charco de poco fondo, sino que tenia más profundidad y extensión; pero las conchas indican además que el agua debió ser la de un lago, por ser de aquellas que todavía podríamos encontrar vivas en los lagos de las cercanías. El primer punto que queda sentado, por todo lo razonado, es que antes de existir allí una turbera, hubo un lago ocupando el mismo sitio; y hasta pueden trazarse los límites del lago, porque las vertientes que alrededor del llano turbal se levantan, deben de igual manera haber rodeado al antiguo depósito de agua, sobre la cual hacían flotar nuestros rudos antecesores esas canoas que de vez en cuando se sacan de lo profundo de los tremedales.

151. Sobre la capa de arcilla que marca el antiguo fondo del lago, viene la capa de turba, compuesta por entero de materias vegetales. Evidentemente ha sustituido al agua. Los restos de las plantas han rellenado el lago, poco hondo, convirtiéndolo en turbera; en muchos sitios se puede ver aún este procedimiento. En algunos turbales, por ejemplo el pintado en la Fig. 21, es evidente que el pequeño charco de agua del centro no es ni más ni menos que un residuo del lago, que en un tiempo cubriera todo aquel hueco. En las orillas de ese charco que queda se ve que la vegetación panta-

nosa de que se ha estado formando la turba, está creciendo é invadiendo el agua por todas partes. Clávese una estaca en el fondo y se verá moverse la turba fina, negra ú oscura, formada con las dete-

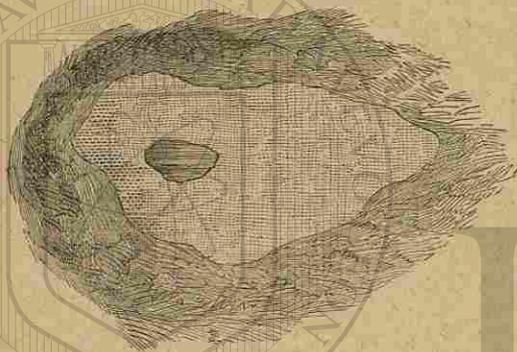


Fig. 21. — Plano horizontal ó mapa de una turbera que ocupa el sitio de un antiguo lago, con una parte de éste todavía no rellena.

rioradas raíces y fibras. Aquí hay todavía algún agua entre la muerta materia turbal del fondo y las plantas en desarrollo, que forman una especie de corteza en la parte superior; pero al fin las plantas rellenarán por completo todo este espacio intermedio, y entonces hasta el mismo centro se convertirá en una sólida capa de turba, como ya lo son todas las partes exteriores del pantano.

152. Las turberas se han formado en terrenos pantanosos ó lagunas de poco fondo, por el crecimiento y destrucción de las plantas, y la acumulación de sus restos en el mismo sitio en que vivieron y murieron. Del mismo modo que los filones

de carbón enseñan cómo en ciertas circunstancias el crecimiento y muerte de las plantas pueden dar lugar á depósitos espesos y de mucha extensión.

### II Rocas formadas con los restos de animales.

153. Cuando por vez primera se piensa en ello, parece no haber muchas probabilidades de que se acumulen restos animales en tanto grado que lleguen á formar un depósito bien característico. Aunque esté el aire lleno de insectos, aunque se vean y oigan pájaros innumerables cuando el verano está concluyendo, aunque en praderas y montes vivan en gran número conejos, liebres, jutías y muchas criaturas más, en ninguna parte se ve, sin embargo, que formen sus restos un depósito en la superficie. Hay más aún; rara vez se encuentra un animal muerto; se meten en agujeros para morir y sus cuerpos allí se descomponen, se desmoronan y desaparecen; pero mirando en donde debe mirarse, se descubrirá que los restos de los animales, lo mismo que los de las plantas, y á decir verdad mucho más que estos últimos, forman grandes acumulaciones.

154. En la capa de yeso que hay debajo de una turbera, según se ha descrito en el Art. 148, las conchas que algunas veces se ven pulverizándose, pertenecen á ciertas clases que viven en lagos. En algunas partes del país están cubiertos los fondos de los lagos de conchas semejantes, y tan es así, que si se tomara un bote y se empezara á sacar fango blando del fondo de algunos de estos depósi-

tos de agua, se vería que dicho fondo está constituido con una especie de sustancia blanca como el yeso, que se llama marga, compuesta de conchas en todos los estados de descomposición. Los animales que viven en estas conchas abundan tanto en el agua, que los restos de los que mueren forman una capa sobre el piso del lago. Unas veces se rellena gradualmente uno de esos lagos, por la vegetación y el légamo (Art. 131), y otras lo desecan los hombres artificialmente para convertirlo en tierras de siembra. Haciendo excavaciones en el sitio del desaparecido lago, se llegará á la marga del agua dulce, que forma una capa de algunos pies, y aun varas de espesor. Quizás se encuentre allí el esqueleto de algún venado, ó de un toro salvaje, ó de otro animal que haya podido ahogarse por cualquier causa en el antiguo lago; ó se desentierre la canoa ó la maza de piedra ú otra reliquia de la raza humana primitiva, que pobló el país antes de que hubieran desaparecido tantos lagos y bosques. En algunas localidades, donde escasea la piedra caliza, la marga de los lagos secos ha sido extraída en grandes cantidades, como abono para la tierra; por esta razón, se ve que hasta las frágiles conchas que se encuentran en las piedras y arrecifes de las orillas de un lago, pueden servir para ejemplo de la manera que tienen de formarse las rocas con restos animales.

135. En el fondo de los mares es, sin embargo, donde ocurren los ejemplos más asombrosos, en cuanto á irse formando rocas poco á poco con los restos de animales, á una profundidad de muchos cientos

ó miles de pies, y en distancias de millares de millas. Algo se dice de ésto en las *Nociones de Geografía Física*, Arts. 236 y 247; donde se trató del empleo de la draga para la exploración del océano, y se aludió al fango fino, formado de restos orgánicos imperceptibles, que se encontraba en la mayor parte del fondo del océano Atlántico. Estudiemos un poco más ahora dicho limo.

136. Al oeste de Inglaterra, pronta y repentinamente se hace hondo el Atlántico. Su piso se extiende desde allí hasta el banco de Terranova como una vasta llanura, cuya parte más baja queda 14,000 pies debajo de las olas. Sobre esta anchurosa llanura submarina se tuvo que tender los cables telegráficos, y por esta razón se hicieron numerosas sondas, en todo el espacio desde Irlanda á la costa Americana (*Nociones de Geografía Física*, Art. 234). Mientras que en los sitios de poco fondo, se vió que estaba ésto cubierto de arena, cascajo ó fango, de las partes más hondas vino pegada al escandallo una sustancia particular, pegajosa y gris, llamada *ooze*, limo, que á no dudarlo se extiende sobre aquella vasta extensión debajo del mar profundo por muchos millares de leguas cuadradas. Cuando esta sustancia está seca, tiene el aspecto de una clase sucia de yeso. Puede comprarse una pequeña cantidad de ella preparada sobre un vidrio para el microscopio. Mirando ese cristal á la simple vista, podría suponerse que los puntitos que se ven, sólo son granillos de polvo que hay en el cristal; pero colocando éste en el foco de un vidrio fuerte de aumento ó de un microscopio, se descubrirá que se compone de conchas

pequeñas llamadas *Foraminíferas*, algunas enteras, otras rotas, y todas delicadísimamente labradas y esculpidas (Fig. 22). Al mirar esas formas tan llenas



Fig. 22. — Ejemplares de limo del fondo del Atlántico, aumentados 25 veces.

de gracia, se ocurre la reflexión de que en el fondo del Atlántico hay millones de millones de ellas, y que cuando mueren sus conchas se agrupan allí formando un depósito de muy vasta extensión, y al nacer á la vida nuevas generaciones sucesivas este depósito se va haciendo mayor de continuo. Después de transcurridos siglos, si el depósito permaneciera sin movimiento, y si pudiéramos vigilarlo para medir su crecimiento, encontraríamos que se ha ido levantando y que ha envuelto los restos de todas las estrellas de mar ú otros habitantes del mar, que acertaran á morir y dejar sus restos en el fondo. Ya hay formados, sin duda, centenaras de pies de profundidad de ese depósito, sobre el fondo del océano que hay entre Terranova é Irlanda. Aquí, pues, se ve un segundo y notable ejemplo de cómo puede formarse una dilatada masa de rocas de los restos de animales.

157. Volyamos ahora otra vez á nuestro pedazo

de yeso (Art. 28) y comparémoslo con el *ooze* del Atlántico. Á la primera ojeada se ven en muchos pedazos de yeso, las conchas, corales, erizos de mar y otros restos, ya enteros, ya en fragmentos (Fig. 23). Éstos son bastantes para convencer de que

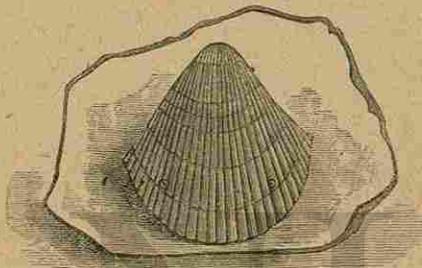


Fig. 23. — Pedazo de yeso con una concha incrustada.

el yeso ha de haberse formado precisamente debajo del mar; pero un examen algo más detenido demostrará que el yeso no solamente contiene restos animales, sino que está compuesto exclusivamente con ellos. Si se tiene suerte, en el pedazo de yeso que se sometió al tratamiento recomendado en una lección anterior (Art. 28), se habrán encontrado numerosas conchas pequeñas (Fig. 3) enteramente iguales á las del limo del Atlántico (Fig. 22) con fragmentos de otras más grandes rotas y de otros restos. El conjunto del yeso evidentemente está formado de restos animales, algunos en completa perfección, otros tan rotos y desmoronados que no se puede tener una seguridad de á qué clase de seres pertenecieron. No hay que desanimarse si durante algún

tiempo ninguno de los pedazos de yeso que van raspándose, hace ver un organismo claro (Art. 132), sino solamente granos blancos informes. Todos estos granos no son más que fragmentos de organismos, y entre ellos debe buscarse hasta encontrar alguno conservado todavía perfectamente y ejemplares completos. Cuando se haya conseguido, se encontrarán una reunión de restos orgánicos imperceptibles parecidos á los de la Fig. 3, que representa muestras del yeso de Gravesend.

158. Ahora bien: el yeso es una sola de las mu-



Fig. 24. -- Pedazo de piedra caliza, que hace ver cómo la piedra está compuesta de restos animales.

chas rocas que están compuestas enteramente de restos de animales; la mayor parte de las piedras calizas se han formado con estos materiales. En la Fig. 24. por ejemplo, hay un pedazo de piedra ca-

liza que ha estado por muchos años expuesto al aire, y en él se ve que su superficie está cubierta de pedazos de encrinitas, corales, conchas y otros restos. La vista de un pedazo de piedra semejante á éste, hace desde luego pensar en algún fondo de un mar antiguo, pues puede uno figurarse de qué modo estos fragmentillos delicadamente labrados formaron en otro tiempo parte de animales vivos, que se movían y crecían bajo las cristalinas aguas de los mares. El pedazo de piedra caliza viene á ser una especie de modelo de lo que debe ser el piso del mar, y trae á la mente lo que uno con sus propios ojos ha visto en los fondos de algunos de los charcos en las rocas de la playa (Art. 114).

159. Si tales sugerencias causa un fragmentillo de piedra caliza, ¿qué sucederá trasladándose á lugares donde todas las colinas están formadas de esa misma piedra caliza, donde hay enormes pilas de rocas de dos y tres mil pies de espesor, y que se extienden sobre la tierra por cientos de millas cuadradas? Y, no obstante, lejos de ser raras tan asombrosas masas de piedra caliza pobladas de restos de antiguos habitantes de los mares, puede darse con ellas en casi todos los países del mundo. En las Islas Británicas, las colinas y cañadas de una gran parte de Derbyshire y Yorkshire están formadas de piedra caliza. Mirando desde uno de estos maravillosos valles, se ven las capas de piedra caliza por ambos lados y elevándose en anchas mesetas, una sobre la otra, hasta donde puede alcanzar la vista. Al andar por la superficie de una de estas elevadas altiplanicies, realmente se está uno pasean-

do sobre el fondo de un mar antiguo; y si se detiene uno en cualquier parte para mirar á la roca que está pisando, verá que no es otra cosa que una masa de los agrupados restos de los animalejos que poblaron las aguas de aquel mar. De un modo ú otro se ha hecho tierra firme el fondo del mar, y los espesos depósitos animales de su base, se han endurecido hasta formar piedra caliza, y de ésta se han hecho las elevadas colinas, y los extensos valles.

160. Todavía mayores son las masas de esta piedra caliza que hay en Irlanda. Algunas de las gigantes cas cordilleras del mundo se componen en gran parte de piedra caliza. Entre las altas crestas de los Alpes, por ejemplo, y en la cadena del Himalaya, se ve que la piedra caliza, compuesta de restos de animales marinos, constituye grandes hileras de las elevadas tierras en que las nieves son eternas y de que bajan los ventisqueros á los valles.

161. *Resumen.* Antes de pasar más adelante, preciso es volver atrás la vista para ver lo que ya se ha aprendido, y conocer exactamente el punto á que se ha llegado. Si ahora se pidiera un breve extracto de las lecciones anteriores, probablemente se haría un resumen parecido al siguiente :

(1) La superficie de la tierra es desgastada por la lluvia y las corrientes de agua, y como consecuencia, se forma una gran cantidad de fango, arena y cascajo.

(2) El material arrancado á la tierra en este proceso se acumula en las desembocaduras de los ríos, en los lagos y sobre el fondo de los mares, hasta

llegar á formar grandes depósitos, que acaban por endurecerse y ser rocas sedimentarias.

(3) Hojas, tallos, ramas, troncos y otras partes de las plantas, mezclados con restos de animales, se incrustan y conservan como fósiles en estas acumulaciones sedimentarias.

(4) Por sí solos forman las plantas y los animales espesos y extensos depósitos sobre la superficie de la tierra.

(5) Las rocas de que está formada la tierra firme, se han compuesto, en su mayor parte, debajo del mar.

(6) Antiguos terrenos, que, como las restas carboníferas, fueron en un tiempo frondosas florestas, hoy yacen enterrados bajo la superficie actual, debajo de masas de sólida roca.

162. Se ha avanzado paso á paso para llegar á estas conclusiones, de las cuales hay una seguridad completa, porque se han ido sometiendo á la prueba. Una y otra vez se han puesto las pruebas á la vista de cómo tierras y mares han cambiado muchas veces de lugar. Se han hallado antiguos fondos del mar hasta en las cúspides de las más altas montañas; bosques antiguos enterrados en forma de filones de carbón en las entrañas de la tierra. ¿Cómo pueden haberse verificado cambios tan maravillosos? Para poder responder á esta pregunta, preciso será estudiar algo de la historia del tercero de los tres grandes grupos en que dividimos las piedras de la tierra : el de las rocas ígneas.

## ROCAS ÍGNEAS

## I. Lo que son rocas ígneas.

163. Retrocediendo á una de las primeras lecciones de este libro (Art. 44), se ve que dividimos las piedras en tres grandes clases, y que la tercera de éstas fué llamada *ígneas*. Esta palabra ígneo, significa literalmente *de fuego*. No describe con mucha exactitud las rocas á que se aplica, pero como viene empleándose desde hace largo tiempo, incluye todas aquellas rocas que han llegado ya á fundirse dentro de la tierra, ó que han sido lanzadas á la superficie de ésta, por la acción de los volcanes. Así, pues, las rocas ígneas deben su origen á algunos de los efectos del calor interno de la tierra, sobre el que ya algo se ha aprendido (*Nociones de Geografía Física*, Arts. 252-263), y ahora aprenderemos más.

164. La primera cosa que se ocurre al empezar á buscar ejemplos de rocas ígneas, será probablemente que de ninguna manera son tan abundantes como las otras dos grandes clases de rocas. Sirva la Gran Bretaña de ejemplo. Si se atraviesa el país de extremo á extremo, en todas partes se encuentran rocas que pertenecen á las series sedimentaria y orgánica; pero se recorrerán espacios considerables sin encontrar una sola de la clase ígnea. Toda aquella parte de Inglaterra, por ejemplo, que queda al S. E. de una línea trazada desde Lyme Regis, por Leicester, á Flamborough Head, no contiene una sola masa de roca ígnea; y sin embargo, cru-

zándola para pasar á la Gales del Norte, ó á Cumberland, ó al valle de tierra adentro de Escocia, se encuentran rocas de aquella clase con abundancia, abriéndose paso en la superficie, y formando muchas de las colinas y peñascos más elevados y pintorescos de aquella parte de la isla. De suerte que, aun cuando no están difundidas universalmente las rocas ígneas, las hay con bastante abundancia en muchos sitios. Aun en un espacio tan pequeño como la Gran Bretaña, se encuentran muchas; y de igual modo pueden verse en casi todas las partes del mundo. Tienen una historia curiosísima é importante y por lo tanto es de desear que se conozca lo que en realidad son, y la manera de reconocerlas.

165. En la relación dada de los volcanes en la *Nociones de Geografía Física* (Art. 258) se ha visto que los materiales sólidos lanzados por los volcanes eran de dos clases—1.º, arroyos de roca fundida llamada *lava*, que se derramaba por los lados de las montañas volcánicas durante las erupciones; y 2.º, cantidades inmensas de *polvo arena*, y *pedras*, arrojadas á los aires de la boca del volcán, y que caían sobre la montaña, y algunas veces por el país circundante y á distancia de muchas millas.

166. Aquí hay, pues, ya dos clases muy diferentes de material de roca lanzado del interior del globo. La lava se enfría y endurece, poniéndose como roca sólida. La cenizas y pedras sueltas, se prensan y endurecen también con el tiempo, formando capas de piedra más ó menos firmes. De manera que el volcán deja sobre la superficie de la tierra dos géneros totalmente distintos de roca: en

el caso de la lava, se ve que la roca formada, cuando se la mira con un cristal de aumento, se compone de *crisales* distintos, todos agrupados juntos. Las capas de cenizas, por otra parte, háyanse hecho más ó menos compactas, se componen de *fragmentos* irregulares de varias clases de piedras, y de todos tamaños, desde el polvo impalpable hasta el peñasco enorme. Sujetándose á esta sencillísima y clara diferencia, pueden arreglarse las rocas ígneas en dos grandes grupos: 1.º, *los cristalinas*, esto es, aquellas que se forman de *crisales*, y que han estado antes en estado de *fusión*; y 2.º, *las fragmentarias*, esto es, aquellas formadas de los materiales sueltos arrojados fuera durante las explosiones volcánicas.

167. 1. *Rocas ígneas cristalinas*. El pedazo de granito que hemos examinado (Art. 26) es ejemplo de una forma de las rocas de esta clase. Hemos



Fig. 25. — Pedazo de lava, que deja ver los cristales y los agujeros del vapor.

visto cuán grandemente se diferencia de las rocas arenosas ó arcillosas; pero hay otras muchas variedades de roca ígnea cristalina. En la Fig. 25, por ejemplo, se dibuja una de dichas variedades. Es un fragmento desprendido de una corriente de

lava, que en estado fundido descendió por la falda de un volcán. Se observa en él los pequeños cristales angulares, entre ellos algunos negros y grandes, otros meros puntos blancos en la masa general de la piedra; pero además de los cristales, se ve un

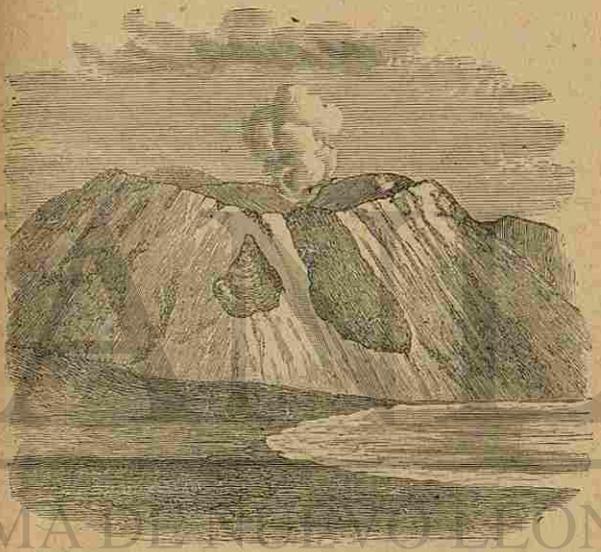


Fig. 26. — Vista de la parte N. del cono volcánico de la Isla del Volcán que deja ver una corriente de lava negra que no ha bajado hasta el extremo de la vertiente.

número de agujeros redondeados ó cavidades, como si se hubieran desprendido de la roca piedras, por la acción de las aguas. Cuando la roca estaba todavía en estado líquido, encerraba vapor y gas que continuamente se esforzaban por salir á la super-

ficie, y este vapor fué el que se reunió formando burbujillas y después la curiosa colección de agujeros en la masa de la todavía blanda roca. De la misma manera los agujeritos que suelen verse en la miga de un panecillo se formaron por las luchas del vapor para escapar de la masa, cuando se calentaba ésta en el horno.

168. Toda la lava pertenece á esta clase de rocas. Uno ó dos grabados servirán para hacer ver mejor algunos de los rasgos más simples y que más llaman la atención en estas masas de lavas. Es la Fig. 26 dibujo de parte de la Isla del Volcán, en el Medi-



Fig. 27. — Vista de una corriente de lava saliendo de uno de los conos volcánicos extinguidos, de Auvergne, en la Francia central. [Scraper.]

terráneo, en el cual se ve que la lava ha levantado el interior ó garganta de la montaña volcánica hasta el borde del cráter (*Nociones de Geografía Física*, Art. 256), y que corre hasta el exterior de la vertiente. Cuando eso ocurrió, la lava estaba naturalmente fundida por completo como el hierro líqui-

do, y se iba endureciendo conforme iba moviéndose. Se observará que no ha podido llegar hasta el pie de la colina. Era verdaderamente una corriente muy pequeña, que se enfrió y endureció antes de recorrer toda la parte declive hasta el fin; pero mirese ahora la Fig. 27, y en ella se verá que ha salido una corriente de lava mucho más copiosa, que se ha desplomado un lado del cono volcánico, hasta el punto de que se puede ver ahora el interior del cráter, y que la lava se ha vertido y desparramado por el inclinado terreno. Así, pues, cada explosión de lava es el escape de un río de piedra fundida, en la cumbre ó lado de un volcán. Como el río común de agua, corre naturalmente al hueco ó valle que encuentra más fácilmente, de modo que en las cercanías de un volcán en actividad, los valles suelen llenarse completamente y hasta sepultarse debajo de las vastas capas de lava que se derraman y esparcen. Como los ríos, también varían mucho de tamaño las corrientes de lava. La representada en la Fig. 26, fué muy débil para llegar á la base de la montaña; pero en la famosa erupción de Skaptar Jokul, Islandia, en el año de 1783, se derramaron dos enormes corrientes, de las cuales una llegó á una distancia de cuarenta y cinco millas y la otra recorrió cuarenta. Tenían una anchura que variaba entre menos de siete millas y doce ó quince, y una profundidad de cien pies y en algunos valles circunscritos, hasta de seiscientos pies.

169. Si se va á cualquier corriente de lava después de detenida y enfriada, se verá que es su superficie una acumulación irregular de toscos fragmen-

tos negros ó de un color moreno oscuro, muy parecidos á las escorias ó restos del carbón en un horno. Por debajo de esta superficie áspera, la roca es más compacta, generalmente de un color oscuro, y contiene varios cristales esparcidos por toda su masa, y suele estar llena de agujeros, como se representó en la Fig. 25. En algunos casos la lava, al solidificarse, ha tomado una figura interna curiosa á la par que bella, formando columnas. Los pilares de la cueva de Fingal, en Staffa, y de la Cal-



FIG. 25. — Vista de la isla de Staffa, con la cueva de Fingal.

zada del Gigante en Antrim, han sido formados de esa manera. En ambos lugares fué en un tiempo aquella roca, lava fundida, que al enfriarse y solidificarse se contrajo, y quedó dividida en aquellas co-

lumnas regulares. Podría imitarse esta disposición poniendo almidón en agua caliente, agitando bien todo, y dejándolo luego en reposo. Poco á poco se observará que al hacerse sólido el almidón, toma una disposición interna en columnas, de un modo análogo al basalto.

170. Veamos ahora en qué parajes han de encontrarse rocas de esta clase. Naturalmente hay que esperar hallarlas en los costados de un volcán en actividad; y es lo cierto que abundan en la mayor parte de los volcanes como el Vesubio ó el Etna, ó los de Islandia: pero también se encontrarán alrededor de volcanes apagados, como, por ejemplo, en la parte de la Francia central donde los hay, y de los cuales se dibujó uno en la Fig. 27. Aun más, viajando por todo el mundo, se encuentran dichas rocas en muchos sitios donde no ha habido jamás erupción volcánica desde que empezó la historia humana. En otros términos, dichas rocas atestiguan siempre que hubo volcanes en actividad en los sitios en que se encuentren, de modo que aprendiendo á distinguir estas formas de la antigua lava, se puede demostrar que ha habido volcanes en tiempos muy remotos de los nuestros, en localidades que hoy están ocupadas por populosas ciudades ó fértiles campos. ®

171. Por ejemplo, aunque en la actualidad no existen volcanes en actividad en la Gran Bretaña, puede demostrarse que hubo allí erupciones en los pasados tiempos, mucho antes de que hubiera hombres en la superficie de la tierra. Algunos de los rastros más antiguos de acción volcánica se encuen-

tran en el país septentrional de Gales, donde no pocas de las capas de lava forman notables puntos del paisaje de aquel accidentado terreno. Mucho más modernas son las capas de variadas lavas antiguas que se extienden atravesando la parte media de Escocia, cuyas colinas, en su mayor parte, están compuestas por aquellas: pero los últimos volcanes británicos fueron los que estaban situados en una larga línea desde Antrim, en Irlanda, siguiendo las islas de occidente, y por el N., por las islas de Faroe hasta Islandia. Las vastas altiplanicies de Antrim, Mull, Skye y Faroe han sido edificadas con montones de capas de lava; otro tanto puede decirse de vastas comarcas en los países recorridos por los Andes.

172. Hay también otras rocas igneas cristalinas á más de las que salen á la superficie, y en ésta corren como lava fundida. El granito, por ejemplo, que ya hemos examinado (Art. 26), es admirable ejemplar del carácter cristalino; pero, en vez de venir á la superficie para enfriarse, el granito, al parecer, se ha enfriado y cristalizado en las profundidades, y debajo de grandes masas de otras rocas diferentes; y sin embargo, hoy forma montañas escuetas, peladas y elevadas. También se eleva á considerable altura en el centro de la cordillera de los Alpes. El granito suele extenderse y ramificarse por en medio de las rocas que le rodean por encima y por los costados, lo cual no podría haberlo hecho si no se hubiese encontrado en una condición pastosa ó fluida.

173. Però podrá preguntarse, si el granito no se

ha cristalizado en la superficie, sino debajo de masas de otras rocas ¿cómo llega á presentarse ahora en la superficie, y no solamente en la superficie, sino hasta formando las cimas de escuetas y elevadas montañas? No es tan fácil contestar en seguida á esta pregunta, pero sí lo será probablemente después de haber llegado en nuestras lecciones á la parte que trata de lo que se llama la corteza de la Tierra (Art. 239).

174. 2. *Rocas igneas fragmentarias.* El pedazo de piedra representado en la Fig. 29 es un fragmento de una capa de cenizas volcánicas consolidadas. Se verá que está formado de fragmentos irregulares y angulares, los cuales son pedacitos de lavas y de otras rocas, que han sido lanzados á los aires por el volcán mismo. También hay que observar que cuando cayeron en tierra y se acumularon unos encima de otros, tomaron una forma estratificada. Esa capa de fragmentos toscos que hay en la base indica una lluvia de cenizas volcánicas más gruesas, mientras que las capas de fragmentos menores de encima, es señal de lluvias de polvo más fino, que cayeron después. Ahora bien, ésta es la clase de material, bajo el cual quedó sepultada la ciudad romana Pompeya (*Nociones de Geografía Física*, Art. 259) Cayó sobre las calles y casas y poco á poco las fué cubriendo, por la continuación de las erupciones del volcán inmediato. Hoy, al excavar las minas, encuentran los obreros las calles y las habitaciones, rellenas de capas de cenizas más gruesas y más finas, y de polvo, en la disposición que representa la Fig. 29.

175. Naturalmente si las cenizas volcánicas caen en el mar ó en un lago, se sentarán debajo del agua y formarán allí depósitos. Podrían cubrir y

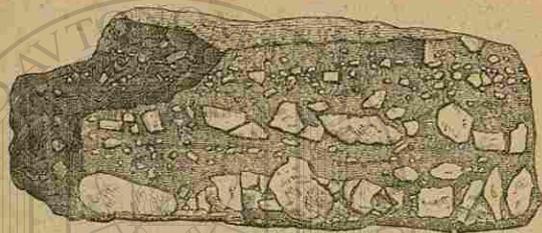


FIG. 29. — Pedazo de tufa volcánica: roca formada de cenizas volcánicas consolidadas.

conservar también los restos de algunas plantas y de animales, que estuviesen en el fondo en el momento de la erupción, lo cual ha sucedido muchas veces en pasadas épocas. En la montaña de Snowdon, en Gales, por ejemplo, y en casi todas partes de los Andes en América, existen todavía muchos centenares de pies de ese polvo volcánico consolidado, y al examinar esta sustancia pueden recogerse conchas y otros organismos animales, que prueban que los materiales volcánicos cayeron en los mares. En Escocia se encuentran muchas capas de una naturaleza parecida, entre las vetas de carbón. Estas masas de polvo volcánico consolidado y de piedras del mismo origen se conocen con el nombre de *tufa*.

## II. De dónde provienen las rocas ígneas.

176. Si se preguntare de qué origen han provenido las *rocas ígneas*, se contestará con toda segu-

ridad que han subido desde las regiones del seno de la tierra donde el calor es intenso. En las *No- ciones de Geografía Física* (Arts. 252-263) algo se dice del interior de la tierra, y de las pruebas de que tiene una alta temperatura. No es necesario recordar aquí cuán pequeñísima parte de la capa exterior de nuestro planeta es realmente visible para nosotros, aun cuando miremos desde la cumbre de la montaña más alta al fondo de la más profunda mina. En esta lección va á entrarse un poco más en los detalles, para probar el gran calor del interior de la tierra, y la relación que hay entre dicho calor y ciertos movimientos y cambios de la superficie.

177. *Minas y pozos hondos*. Trasladándose al fondo de una mina profunda, se encuentra que la temperatura es mucho más caliente allí que en las inmediaciones de la superficie, y se nota un aumento análogo de calor en todas las minas muy hondas de todos los países. Pronto se descubre también que, en general, cuanto más honda es una mina, tanto más alta es su temperatura. Del mismo modo, si se abre en la tierra un agujero estrecho y profundo y se baja algunos cientos de pies un termómetro, se verá que el mercurio sube en el tubo del instrumento.

178. Se han hecho en todo el globo experimentos de esta clase, con el resultado de demostrar que, después de bajar una distancia corta y variable debajo de la superficie, llegamos á una temperatura que continúa siendo la misma durante todo el año, y que por debajo de esa línea la temperatura sube cosa de 1° Fahrenheit por cada cincuenta ó sesenta

pies de descenso. Si sigue la misma proporción de aumento de calor, sin bajar mucho se llegaría á un punto donde la temperatura sería insoportable. Por ejemplo, á unas dos millas de profundidad el agua estaría en ebullición, y á veinte y cinco ó treinta



FIG. 30. — vista de las fuentes calientes ó *geysers*, de Islandia.

millas de profundidad, los metales tendrían las mismas temperaturas que tienen respectivamente en la superficie de la tierra cuando se funden. Claro es que esto demuestra que el interior de nuestro planeta debe forzosamente tener un calor intensísimo.

179. Otras pruebas hay que conducen á la misma consecuencia. La ciudad de Bath ha tenido antiquísimo renombre por sus pozos, de los que sale el agua á la superficie con una temperatura de  $120^{\circ}$  Fahrenheit ( $48^{\circ},9$  de centígrado), la cual es mucho más alta que la que generalmente se emplea en los baños calientes; y así ha estado brotando allí el agua y corriendo á desahogar en el mar, desde que los romanos ocuparon á Inglaterra y probablemente desde mucho tiempo antes. En otras muchas partes del mundo se presentan *manantiales calientes* parecidos. Islandia, por ejemplo, presenta algunos notables en los llamados *geysers*, en los cuales brota con gran ruido y á intervalos el agua hirviendo y el vapor, elevándose á mucha altura por el aire (Fig. 30). Para que existan esos manantiales de agua caliente en todas las regiones del globo, segura é indispensablemente tiene que haber grandes cantidades de calor en las entrañas de la tierra.

180. Ni el calor de las minas profundas ni de las fuentes de agua caliente, da una lección que se quede tan fija, respecto de la alta temperatura del interior de la tierra, como la de los *volcanes*. Los vapores que suben de los cráteres de los volcanes, los torrentes de agua caliente que algunas veces se derraman por sus costados, los torrentes de lava fundida que salen y van despeñándose por las vertientes de la montaña volcánica, quemando y sepultando árboles, campos, jardines y poblados, todo ésto es prueba del intenso calor del interior de la tierra, de donde proceden.

181. En la actualidad se dice que existen unos

270 volcanes, que constantemente ó á intervalos, están arrojando vapor, cenizas calientes y lava, en diferentes partes del globo. Se comprenderá la distancia que separa á unos de otros tomando un mapamundi y separando en él los puntos de los volcanes en actividad (*Nociones de Geografía Física*, Art. 260). En primer lugar, en toda la línea de montañas que forman una cordillera en la costa occiden-

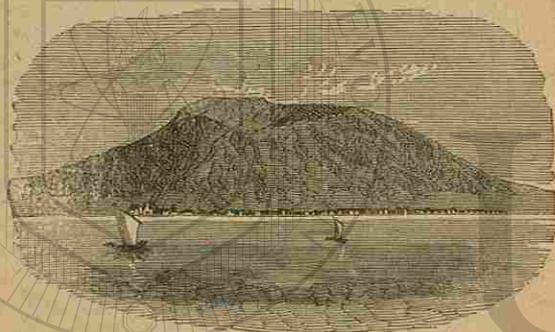


FIG. 31. — El Vesuvio, tal como se veía al principio de la era cristiana, siendo entonces un volcán apagado.

tal del continente americano son numerosos los volcanes; algunos de ellos de considerable altura, como el Cotopaxi (18,877 pies). Desde la extremidad septentrional de América, se extienden, siguiendo las islas Aleutianas y el Japón, al archipiélago malayo, abundando en Java. Desde este punto siguen una línea con grandes intervalos hasta Nueva Zelanda por un lado, y por el otro al centro del Asia, por el Mar Rojo y el Mediterráneo, hasta

Islandia y hasta las Azores, y de allí atravesando las Antillas, al centro de América. Se encuentran hasta en las nieves perpetuas de las regiones polares antárticas y también más arriba del círculo polar ártico en la isla de Jan Mayen.

182. Pero además de estos volcanes que todavía están en actividad, hay otros muchos de cuyas erupciones no hay memoria, y que por lo mismo se lla-

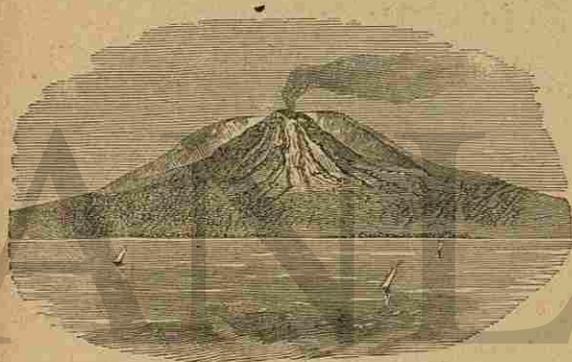


FIG. 32. — El Vesuvio, tal cual hoy se e ve—volcán en actividad.

man *apagados* ó *dormidos* (Figs. 27 y 31). Si se marcara en un mapa la posición de todos los volcanes, que ahora ó en épocas pasadas, hayan arrojado gases, vapor, cenizas ó lava, se encontrarían probablemente muy pocas áreas de alguna extensión, en toda la tierra, en que no fuera posible encontrar vestigios de acción volcánica. La Gran Breteña, por ejemplo, siglos ha que está libre enteramente de trastornos volcánicos, y sin embargo, como ya se ha

indicado (Art. 471) sería necesario marcar muchos lugares en el mapa que fueron en un tiempo teatro de prolongadas erupciones volcánicas. Había que pintar algunos puntos alrededor de Exeter, para marcar la situación de algunos volcanes antiguos; muchísimos en Gales, algunos en Derbyshire, y otros en Cumberland. Habría que cubrir casi todo el centro de Escocia, pues es región llena de rocas volcánicas, y también en Irlanda habría aquí y acullá, buen número de puntos marcados.

183. De esta manera llegaría á verse cuán universal ha sido la acción volcánica, en conjunto, sobre todo el globo, y por la misma razón cuán poderosa y generalmente se ha manifestado en la superficie el calor del interior de la tierra.

184. Pero no se ve en las rocas ígneas la única evidencia de cómo afecta el calor interno á la superficie de la tierra. Poca duda puede haber sobre que los terremotos (*Nociones de Geografía Física*, Art. 262) tienen que ser manifestación en gran parte de conmociones que tienen su origen en los efectos de este calor.

185. Quizás se preguntará ¿por qué, siendo tan caliente lo interior del planeta, no se funde lo exterior, ó á lo menos por qué no es más caliente la parte de fuera? No hay duda de que una vez hace muchos millones de años, fué el calor del globo inmensamente mayor de lo que es ahora; en otros términos, parecíase á nuestro ardiente sol, del cual probablemente formó parte anteriormente, y del cual se destacaron el planeta que habitamos y los demás del sistema. Durante el vasto intervalo que ha trans-

currido desde entonces, se ha ido enfriando poco á poco, y así es que el calor de lo interior, solamente es los restos de aquel horrible calor que antes hubiera en todo el planeta. Las partes exteriores se han enfriado y solidificado, pero son malos conductores del calórico, y no permiten por lo mismo que el calor de dentro se vaya al espacio, sino con lentitud extremada (*Nociones de Física*, Arts. 64 y 65). Por esta razón, á pesar de la elevada temperatura de lo interior de la tierra, no echamos de ver que se caliente la superficie exterior del globo.

186. Para aclarar más este punto, supóngase que se ve un volcán precisamente en el momento de arrojar por su cráter una gran cantidad de lava fundida, que se derrame por sus vertientes. Al principio, tendrá aquel torrente el calor del blanco rojo, brillando de tal manera que apenas será posible fijar en él la vista; pero unas cuantas varas más abajo del punto de salida, empezará á tomar un tinte rojizo, que cada vez se hará más débil y más oscuro, lo mismo que sucede á la brasa de carbón que cae de la parrilla al cenicero, y la superficie de la lava se irá al mismo tiempo enfriando y solidificando tan de prisa que á los pocos días se puede andar sobre ella, aun cuando todavía conserva el calor rojo á uno ó dos pies solamente de la superficie. Podría volverse al mismo sitio diez ó doce años después; la superficie estará perfectamente fría, formando un mar negro de pedazos de roca puntiagudos, y sin embargo, en las profundidades de la masa aun estaría caliente la roca, y aun se encontrarían grietas de las cuales saldría el calor en guirnaldas de vapor y en las que

no podría ponerse la mano sin quemársela. Ahora bien, si un simple río de lava necesita tanto tiempo para que su centro se enfríe, puede suponerse y comprenderse la razón de conservar todavía un calor tan intenso en su parte interior la masa enorme de nuestro globo, aun cuando sus partes exteriores se hayan solidificada y enfriado, desde tiempos muy remotos.

187. Sabido es que los cuerpos se dilatan cuando se les somete al calor, y se contraen al enfriarse (*Nociones de Física*, Art. 49). Cuando la tierra estaba mucho más caliente que ahora, debía también ocupar más espacio. Al irse enfriando, iría contrayéndose. Como todavía sigue enfriándose, todavía seguirá contrayéndose, pero de un modo tan pausado, que no echamos de ver el proceso, aunque son bastante visibles entre las rocas algunos de los efectos. La contracción no podía menos de producir una presión enorme ó tirantez sobre las partes exteriores, las cuales por el hecho de estar compuestas de materiales tan sumamente diversos — rocas sedimentarias, orgánicas ó ígneas, — cederían á la compresión en unos lugares más; en otros, menos. Y de este modo, muy semejante á la piel de una manzana que se seca y arruga, la superficie del globo formaría elevaciones en una región ó se hundiría en otra, además de escurrirse y romperse. Las pruebas que hay de ésto, se verán en las lecciones siguientes.

## LA CORTEZA DE LA TIERRA

### *I. Pruebas de haberse elevado algunas partes de la corteza.*

188. Ya está completa la primera parte de la tarea que se propuso en una lección anterior (Art. 7), de averiguar cuáles son los materiales de que se compone el gran pavimento de piedra de la tierra. Se ha aprendido algo acerca de tres grandes clases de rocas, que forman dicho piso, de cómo están formadas, y de en qué sitios pueden encontrarse; pero al aprender estos hechos relacionados con la tierra, se ha visto que las rocas no son una mera cubierta delgada, como un piso de madera debajo del cual encontramos algo diferente en un todo. No es posible ir más abajo de las rocas, y en las profundidades de la mina más honda se encuentran rocas de la misma clase que las que existen en otras partes en la superficie. Siempre hay que bajar atravesando rocas, hasta el punto en que se puede penetrar en las entrañas de la tierra.

189. Esta parte exterior sólida y de rocas de la tierra en que vivimos, dentro de la cual los hombres abren minas, y de cuyas profundidades brotan las fuentes, se llama *la corteza de la tierra*. Se le dió este nombre cuando suponía la gente que todo el planeta estaba lleno de una masa líquida con un calor intenso, cubierta por una corteza relativamente delgada y fría. Se ha discutido muchísimo sobre si la masa principal del interior de la tierra es líquida ó sólida, pero conviniendo todos los que discuten, cualquiera que pueda ser su opinión, en

no podría ponerse la mano sin quemársela. Ahora bien, si un simple río de lava necesita tanto tiempo para que su centro se enfríe, puede suponerse y comprenderse la razón de conservar todavía un calor tan intenso en su parte interior la masa enorme de nuestro globo, aun cuando sus partes exteriores se hayan solidificada y enfriado, desde tiempos muy remotos.

187. Sabido es que los cuerpos se dilatan cuando se les somete al calor, y se contraen al enfriarse (*Nociones de Física*, Art. 49). Cuando la tierra estaba mucho más caliente que ahora, debía también ocupar más espacio. Al irse enfriando, iría contrayéndose. Como todavía sigue enfriándose, todavía seguirá contrayéndose, pero de un modo tan pausado, que no echamos de ver el proceso, aunque son bastante visibles entre las rocas algunos de los efectos. La contracción no podía menos de producir una presión enorme ó tirantez sobre las partes exteriores, las cuales por el hecho de estar compuestas de materiales tan sumamente diversos — rocas sedimentarias, orgánicas ó ígneas, — cederían á la compresión en unos lugares más; en otros, menos. Y de este modo, muy semejante á la piel de una manzana que se seca y arruga, la superficie del globo formaría elevaciones en una región ó se hundiría en otra, además de escurrirse y romperse. Las pruebas que hay de ésto, se verán en las lecciones siguientes.

## LA CORTEZA DE LA TIERRA

### *I. Pruebas de haberse elevado algunas partes de la corteza.*

188. Ya está completa la primera parte de la tarea que se propuso en una lección anterior (Art. 7), de averiguar cuáles son los materiales de que se compone el gran pavimento de piedra de la tierra. Se ha aprendido algo acerca de tres grandes clases de rocas, que forman dicho piso, de cómo están formadas, y de en qué sitios pueden encontrarse; pero al aprender estos hechos relacionados con la tierra, se ha visto que las rocas no son una mera cubierta delgada, como un piso de madera debajo del cual encontramos algo diferente en un todo. No es posible ir más abajo de las rocas, y en las profundidades de la mina más honda se encuentran rocas de la misma clase que las que existen en otras partes en la superficie. Siempre hay que bajar atravesando rocas, hasta el punto en que se puede penetrar en las entrañas de la tierra.

189. Esta parte exterior sólida y de rocas de la tierra en que vivimos, dentro de la cual los hombres abren minas, y de cuyas profundidades brotan las fuentes, se llama *la corteza de la tierra*. Se le dió este nombre cuando suponía la gente que todo el planeta estaba lleno de una masa líquida con un calor intenso, cubierta por una corteza relativamente delgada y fría. Se ha discutido muchísimo sobre si la masa principal del interior de la tierra es líquida ó sólida, pero conviniendo todos los que discuten, cualquiera que pueda ser su opinión, en

emplear esta frase, corteza de la tierra, para dar á entender la parte de la tierra que los hombres pueden observar desde la cumbre de la montaña más elevada hasta las profundidades de la mina más honda, y donde se puede inferir con razones lo que las rocas tienen que ser.

190. Las rocas que constituyen esta corteza pertenecen en su mayor parte á las series sedimentarias; un número bastante grande á las orgánicas, y otro más pequeño, aunque todavía en proporción considerable, á las ígneas. En la Gran Bretaña, por ejemplo, si fuera posible reunir todas las diferentes series de rocas sedimentarias y orgánicas, unas encima de otras, en el orden con que fueron depositadas, formarían una masa de un espesor de diez ó doce millas, por lo menos. De tales materiales está construída la tierra sólida, hasta aquellas profundidades adonde el hombre ha podido llegar.

191. Pero por lo que se ha dicho en lecciones anteriores, se ve claramente que muchas de estas rocas no ocupan ahora su posición primitiva. La cantera, por ejemplo, que estudiamos en el Art. 119, nos demostró cómo las rocas en que se hallaba habían formado en un tiempo parte del fondo del mar. Luego las vetas carboníferas que se encuentran, á tan grandes profundidades en la tierra, fueron antes verdes florestas ó intrincados breñales en la superficie (Art. 139). ¿Cómo puede convertirse el fondo del mar en tierra seca, y cómo una floresta que se extendía por la superficie del globo ha podido llegar á cubrirse con una capa de piedra sólida de centenares de pies de espesor?

192. Empecemos por estudiar cómo es que una parte del fondo del mar ha podido cambiarse en buena tierra seca, y para seguir el cambio tan claramente como sea posible, escogeremos uno de los ejemplos más sencillos, que tenga además la particularidad de que muchos hayamos tenido ocasion de comprobarlo por nosotros mismos.

193. Alrededor de las costas de algunas partes de las islas británicas, corre una meseta baja y llana, cuyos límites son el mar por una parte y un derumbadero por la otra. Se han construído ciudar-

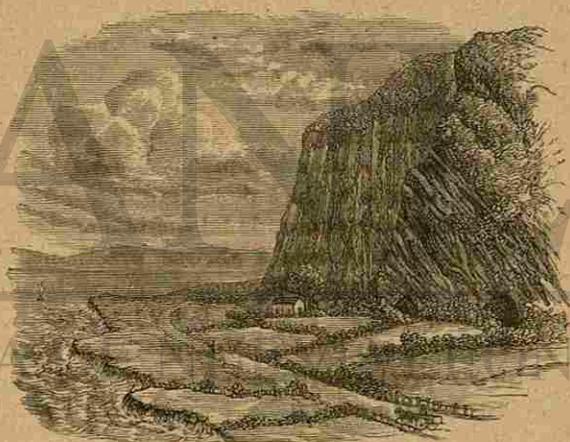


FIG. 33. — Vista de una playa levantada.

des en esta meseta, como lo son partes de Gláscow, Greenock y Leith. Es tan llana que hay caminos de muchas millas sobre su superficie, que atraviesan campos de pan llevar, praderas y aldeas,

Alguna idea puede colegirse de su aspecto general por la Fig. 33, que hace ver cómo es el llano y cuán poco elevado está sobre el nivel del mar en su borde exterior. Por la parte de tierra adentro suele levantarse una línea de peñascos llenos de cuevas, como se ve en el dibujo. Parándose en cualquier parte de esta meseta y mirando su nivelada superficie que va bordeando los derrumbaderos y colinas de tierra adentro, se ocurre en seguida la idea de una antigua línea de la costa, y puede sin dificultad alguna verse en la imaginación el mar cubriendo aquella meseta y batiendo la base de aquellos peñascos y colinas.

194. Y esta fantástica creación no es solamente una cosa supuesta; ciertamente que no. Cruzemos hasta el borde interior de la meseta para examinar con atención las cuevas que allí se encuentran. ¿Cómo pudieron socavarse aquellos huecos en la roca sólida, en toda la línea de la cordillera y exactamente á la misma altura, de tal suerte que el piso de cada uno de ellos viene á abrirse precisamente sobre la misma meseta? Súpongase que visitamos una de dichas cuevas. Festones de hiedra y madre-selva forman quizás lujosas colgaduras en su boca, y acaso sea preciso abrir paso á la fuerza por un matorral de espinosas zarzas, pero al fin se llega al piso de la caverna, el cual es bastante malo, por estar lleno de piedras redondeadas y gastadas por el agua. Cuelgan del techo algunos helechos, musgos y hepáticas, y las paredes también están vestidas de cortinajes verdes; pero se presenta, sin embargo, con abundancia la roca pelada, y en ella puede verse

que ha sido raspada suavemente, y que tiene el mismo aspecto de estar consumida por el agua que las piedras que se van pisando. Salgamos ahora y miremos las escuetas rocas del derrumbadero que está encima; se verá cuán ásperas son y qué cantos tan agudos tienen en las grietas, que de vez en cuando ha abierto la influencia del tiempo. Las paredes de la cueva han sido pulimentadas por una causa, y por otra se ha hecho escabrosa la superficie del derrumbadero.

195. La explicación de esta diferencia se hará comprensible en cuanto se recuerde lo que se verifica donde quiera que un litoral elevado de roca dura tiene su base azotada por las olas (Arts. 73-75). Se ha visto ya de qué manera las rocas, en



FIG. 34. — Sección de una playa elevada.

todas partes donde las alcanzan las olas, se van suavizando por la moledura incesante del cascajo y de las piedras que adelantan y retroceden, y que toda cueva en la que entran y de la que salen las olas llevando cascajo, se muele y suaviza del mismo modo. Unas cuantas horas de la mañana, pasadas en una costa semejante, bastan para enseñar lo que nunca se olvida respecto de la manera que tienen las olas de pulimentar las superficies de las

rocas; pero todo lo que queda fuera del alcance de los rompientes entra bajo la influencia de otras fuerzas. La lluvia, la escarcha y los manantiales se combinan para desmoronar el peñasco, y se separan de su superficie fragmentos que le dan aquel aspecto escabroso y angular, que hace contraste tan marcado con las rocas inferiores gastadas por la acción de las aguas.

196. Después de haber observado de esta manera lo que ocurre hoy en un peñasco de la mar, apenas puede dudarse de que la línea de peñascos que se levanta en el borde interior de la meseta de que tratábamos, fué en un tiempo peñasco de la mar, cuya base estuvo batida por las olas, que socavaron aquella sucesión de cuevas, como siguen todavía haciéndolo en otras partes. La línea de aquel peñasco viene pues á ser en nuestra imaginación la línea de una antigua ribera marítima.

197. Pero si se interroga más á la meseta, aun se obtendrán nuevas pruebas de la presencia anterior del mar; si se cava debajo de la superficie de aquella meseta, en cualquier sitio elegido al azar, se encuentra arena y cascajo, algunas veces con conchas en abundancia. Si se mira el canto exterior de la meseta donde el mar está poco á poco cortándola, se verá que allí también hay arena y cascajo, formando capas, precisamente lo mismo que en la playa baja, y que las conchas pertenecen á la clase común que las mareas arrojan á todas las playas. Se descubrirá, en resumen, que la meseta no es ni más ni menos que una playa antigua, y que el mar debe haber depositado los materiales de la meseta

cuando socavaba las cuevas de la base del peñasco. Así, pues, la meseta y las cuevas se combinan para demostrar que ha habido un cambio en la línea de la costa.

198. Midiendo la altura del piso de las cuevas y la de la meseta por encima del nivel actual del agua, se averiguará la diferencia de nivel entre la playa antigua y la de estos días. Supongamos que en el caso que nos ocupa sea de veinte pies: claro es que la tierra debe haberse levantado, ó que el mar debe haberse hundido, una distancia de veinte pies.

199. Cuando se observa el movimiento sin reposo del mar, con sus flujos y reflujos, sus olas y corrientes, y se pone luego en contraste con la calma quietud de la tierra, se supondrá naturalmente que en los cambios de posición relativa entre mar y tierra es mucho más probable que el mar haya abandonado el lugar que ocupaba, que cualquier alteración ocurrida á la tierra; pero hay que reflexionar un momento sobre las consecuencias que acarrearía un cambio del nivel del mar en cualquier parte. Si se profundiza el fondo del extremo de un estanque, no baja sólo el nivel del agua en aquel extremo, sino en todo el depósito de agua; del mismo modo que si se vacía en el estanque una cantidad de piedras y tierra que hagan menor la profundidad de un extremo del estanque, no se levanta el nivel en aquella parte solamente.

200. Ahora bien, en vez del estanque, supóngase el gran océano, que no es más que una reunión de agua de enormes dimensiones. Se ve que una alte-

ración de su nivel en una región, tiene necesariamente que extenderse á todo el globo, hasta que se restablezca la misma uniformidad general de nivelación. Si el mar se hubiese hundido de nuestra meseta (Figs. 33 y 34), tendría que haber habido un hundimiento semejante de todo el nivel del mar en todas partes. ¿Sucede así? ¿Cómo podría averiguarse de cierto?

201. Claro está que si la meseta hubiere quedado en seco por hundirse la capa del mar, se encontraría una meseta análoga en todas las costas del mundo; pero no será necesario viajar mucho para convencerse de que no ha de encontrarse tal meseta universal. En la misma costa británica, se verán bastantes pruebas de que no ha habido semejante depresión general del océano. En una gran parte de las orillas de la isla no hay ni señales de meseta, y únicamente en ciertas localidades se encuentra, y no siempre con la misma altura.

202. Suele verse algunas veces una serie de mesetas que se levantan una sobre otra, y que cada una forma una línea de costa. Al Norte de Noruega las hay muy perfectas (Fig. 35) elevándose á alturas de algunos centenares de pies. Son á la vista perfectamente horizontales, aun cuando presentan una ligera inclinación elevándose en su parte interior, lo cual se ve midiéndolas exactamente; y una meseta que en el extremo más inmediato al mar tenga una altura de 80 pies sobre su nivel, tiene en el otro extremo de 90 á 100. Esa diferencia de nivel en distancia muy corta prueba que algo más debe haber ocurrido que una simple depresión del

mar; porque si esta hubiera sido la causa de que quedaran en seco las mesetas, estarían éstas tan horizontales como la misma superficie del mar, y

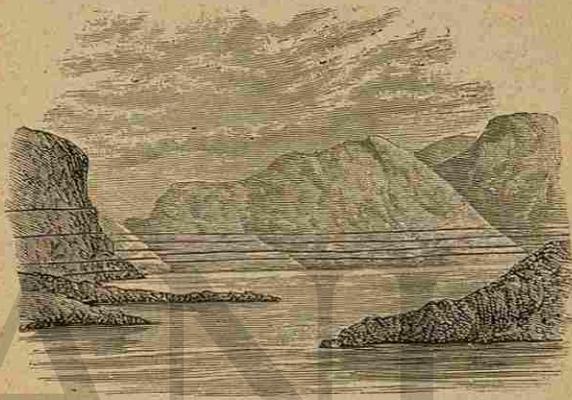


FIG. 35. — Mesetas (playas elevadas) del Alten Fjord, Noruega.

cuando menos, se encontrarían análogas mesetas en alturas correspondientes de nuestro propio país y de todo el mundo.

203. Por extraño que pueda esto parecer, es sin embargo lo cierto que *la tierra es la que se eleva*, y no el mar el que se hunde. Sucediendo así, es fácil comprender por qué hay mesetas en unos países y no las hay en otros, y por qué la misma varía de altura en diferentes partes de su extensión. Porque la tierra puede haberse elevado en un sitio más que en otros, y hasta haberse dejado de elevar en algunos. La antigua meseta de mar (Fig. 33) se llama una *playa elevada*, porque se compone de depósi-

tos de cascajo, arena y otros que se encuentran en las playas, que han sido levantados sobre el nivel del mar. Toda playa así elevada es indicativa de una orilla del mar anterior, y de una elevación de la misma hasta convertirse en tierra firme. Cuando hay muchas mesetas, sucesivamente una sobre otra, como en Noruega (Fig. 33), demuestran que durante un largo período se ha levantado allí la tierra á intervalos; y cada meseta elevada debajo marca la pausa que hubo entre dos subidas. Naturalmente, la meseta más alta ha de ser la más antigua, y por esta razón suele ser menos perfecta que las más modernas, por cuanto ya ha sufrido más la acción de varias fuerzas, como la lluvia, la escarcha y los arroyos, cuya ocupación constante es deshacer y desmoronar la superficie de la tierra (*Nociones de Geografía Física*, Art. 126).

204. En algunas partes del mundo podemos ver el terreno, en los momentos de estarse levantando. En la parte sudeste de Suecia, por ejemplo, se han marcado algunas rocas en el sitio adonde llegaban las aguas en pleamar, y al cabo de algunos años se ha visto que estaban muy por encima de su antiguo nivel. Por observaciones de esta índole se ha deducido que allí la tierra se está elevando á razón de dos ó tres pies por siglo, movimiento que, al parecer, es demasiado lento para que pueda ser apreciado, á no ser por mensuraciones escrupulosas; y que, sin embargo, si continuara durante mil años, lo que es hoy la playa, sería una meseta elevada veinte ó treinta pies sobre las aguas.

205. Se ve, pues, que la elevación del fondo del

mar, por rara que la cosa nos parezca, no pertenece enteramente á los tiempos que pasaron, y que sigue lentamente en nuestros días en algunos parajes del globo: y de la misma manera que hoy se eleva la costa de Suecia sin violencia ni conmoción, así en otros tiempos pudo haber sido proceso tranquilo y suave la elevación del fondo del mar hasta convertirse en tierra firme.

206. Las rocas de todos los países dan pruebas abundantes de que el fondo del mar se ha elevado hasta formar tierras, una vez y otra. Ya es conocida esta clase de pruebas, que se componen principalmente de restos de corales, estrellas de mar, conchas, y otros habitantes de los mares, que se encuentran incrustados en las rocas. La altura á que se encuentran estos restos da una idea del grado de la elevación. Las conchas de la playa elevada (Art. 197) indicaba una elevación de sólo unos veinte pies; pero el encontrar las mismas á veinte mil pies de altura sería prueba de que el lecho del mar se había elevado hasta allí cuando menos (Art. 128). Por pruebas de esta índole puede demostrarse que la parte mayor, y con mucho, de la tierra firme se ha ido elevando, poco á poco, fuera del mar, y que los movimientos han distado no poco de ser regulares ó uniformes, pues que algunas partes se han levantado á mayor altura que otras.

*II. Pruebas de que partes de la corteza se han hundido.*

207. Ya hemos descubierto algunos hechos que prueban que se ha elevado algunas veces la su-

perficie del globo, hasta dejar en seco partes del fondo del mar; pero hay otros movimientos precisamente en sentido opuesto, mediante los cuales se han convertido en lecho de mares, partes de tierra firme. Busquemos, pues, las pruebas de estas depresiones.

208. En algunas costas de la Gran Bretaña, como por ejemplo, en las de Devón y Cornualla y en la del *Firth of Tay*, se presenta un rasgo curiosísimo y muy interesante entre pleamar y bajamar. Puede verse que se elevan en la llana y arenosa superficie de la playa algunos oscuros troncos, que examinados detenidamente, no son otra cosa más que los extremos inferiores de árboles. Excavando la arena de la playa se encuentra una marga oscura, de la cual salen aquellos pedazos de troncos, y en la cual se encuentran avellanas, hojas, ramitas, y acaso de vez en cuando el estuche de un insecto ó un hueso de algún animal de tierra. Si se van examinando uno por uno todos los troncos de la

Marca del Bajamar.

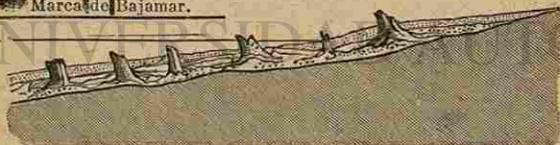


Fig. 36. — Sección de un bosque sumergido

playa, se verá que todos conservan la posición vertical en la que generalmente crecen los árboles. La tierra oscura en la cual se esparcen las raíces de los árboles es, sin disputa, un antiguo terreno, en

que hasta hoy mismo pueden recogerse las hojas, ramas y frutos que cayeron de los árboles y fragmentos de los insectos que vivían entre las hojas caídas. Los troncos de la playa son evidentemente porciones de un antiguo bosque.

209. ¿ Pero podrían los árboles haber crecido donde hoy se ven sus restos? De ninguna manera. El avellano, el abedul, el aliso y el roble, de cuyos árboles son la mayor parte de las cepas, morirían en cuanto estuvieran permanentemente sumergidos en el mar sus raíces y troncos; nunca crecen hoy estos árboles más abajo de la marca de pleamar, y no puede suponerse que antes de ahora hayan crecido tampoco. Si indispensablemente los árboles de la playa se han criado donde todavía existen sus restos, y si no han podido crecer en el mar, preciso es que el mar se haya levantado hasta ellos, ó que la tierra se haya hundido hasta sumergirlos. Pero ya sabemos (Art. 203) que en todos los casos de alteración de nivel no podemos creer que el mar cambie su nivel de una manera apreciable, de manera que debemos deducir que la sumersión de los árboles viejos ha sido efecto de un hundimiento de la tierra. Estos *bosques sumergidos* son por estas razones considerados como testimonios de haber bajado la superficie de la tierra, no de otro modo que las playas elevadas los son del fenómeno contrario.

210. Se comprenderá que ha de ser más difícil probar las depresiones de la tierra que sus elevaciones, porque cuando alguna región se ha sumergido debajo del mar, las olas van poco á poco borrando toda huella de la superficie primitiva, y así van hoy

haciendo desaparecer los bosques sumergidos; mientras que en el otro caso, cuando se convierte en terreno firme el fondo del mar, quedan las playas levantadas, y las socavadas cuevas, para señalar el espacio que ocupara antes el agua salada.

211. Se ha observado en diferentes partes del globo que el mar parece ir gradualmente levantándose sobre la tierra, cuando en realidad es ésta la que se va hundiendo debajo del mar. Por ejemplo, la parte meridional de Groenlandia, en una extensión de algunos centenares de millas, ha estado descendiendo lentamente de pocos siglos á esta parte, y tanto es así que rocas que en un tiempo estaban fuera del alcance de las mareas, hoy están sumergidas, y las casas de los habitantes han tenido que ser construidas cada vez más hacia dentro del país.

212. Ya se han referido otras pruebas del mismo hecho en las lecciones anteriores. Las capas de carbón, por ejemplo, que en un tiempo florecieron como verdes bosques en la superficie, se encuentran hoy sepultadas en las entrañas de la tierra. ¿Qué proceso las llevó allí? Volvamos por un momento á la galería de carbón á que ya aludimos en el Art. 137.

213. En muchas comarcas inglesas tienen las minas de carbón una profundidad de más de mil pies, y en el fondo de cada una de estas galerías está la veta del carbón, que ya hemos visto que no era otra cosa sino un pantano ó cañaverál enterrado. Si fuese posible mirar todas las rocas que se han ido cortando para hacer el largo pozo de la galería, se vería que suele haber otras vetas de carbón además

de la que queda en el fondo, y sucede algunas veces que se explotan varias vetas al mismo tiempo á diferentes alturas. Podrá entenderse su colocación por la sección de la Fig. 37, que representa la manera

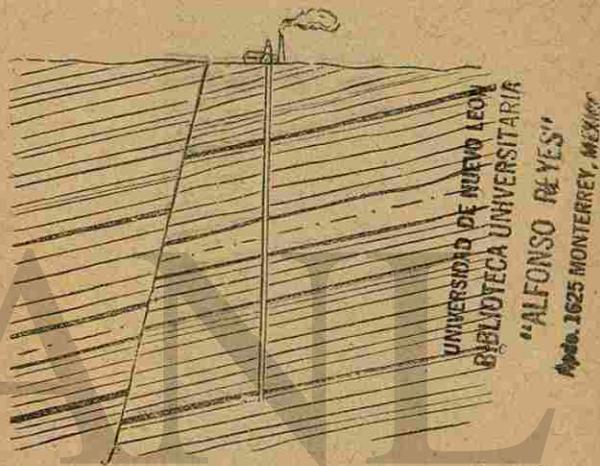


Fig. 37. — Sección de los estratos en una galería de carbón, c, vetas de carbón, f, falta ó fractura de las rocas.

de descansar las rocas, unas sobre otras, en una de las expresadas galerías. Se ve que la veta inferior, hasta donde llega el pozo, es la quinta de la serie, pero se ha escogido para la explotación, por ser probablemente de mejor clase que las cuatro que tiene encima, y más productiva por lo tanto en el mercado.

214. En una sección como la de la Fig. 37, que sólo representa lo que puede encontrarse en un terreno carbonífero, vemos que la extraña revolución

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
Apdo. 1625 MONTERREY, MEXICO

que fué causa de que un campo de vegetación ondulante y verde quedara enterrado, debe haberse

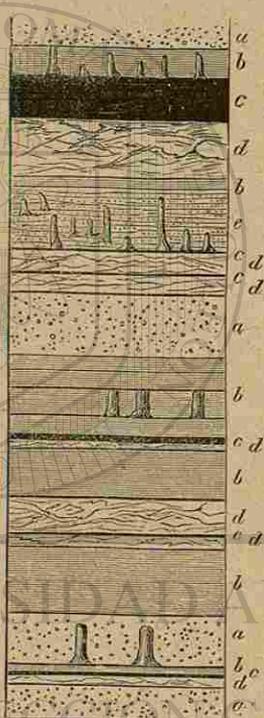


FIG. 38. — Sección de una parte de la región carbonífera de cabo Bretón que presenta siete antiguos terrenos, con restos de otros tantos bosques; (R. Brown.) *a*, Piedras arenosas; *b* y *e*, esquistos; *c*, vetas de carbón. *d*, arcillas interiores ó suelos.

repetido muchas veces; porque cada veta separada fué evidentemente en un tiempo verde llanura.

bañada por el sol, y adornada con árboles y helechos. Todavía hay más : sin contar la prueba que presentan las vetas de carbón, tenemos troncos de árboles derechos, convertidos hoy en piedra, y que se encuentran algunas veces en las piedras arenosas y esquistos, en la mismísima posición que tuvieron cuando se desarrollaron, y con sus raíces incrustadas aun en el antiguo suelo (Fig. 38).

215. Las capas inferiores son naturalmente las más viejas (Art. 122). Por esta razón la veta de carbón que queda más baja ha de haber sido enterrada antes de que los bosques posteriores brotaran en el sitio que después ocuparon. Creció aquella probablemente en una llanura extensa y pantanosa, la cual al hundirse el terreno, quedó convertida en vasto depósito de agua. Á ésta afluyeron arena y fango, que se depositaron sobre el sumergido bosque, y estos depósitos sedimentarios pueden hoy verse en las capas de piedra arenosa y esquisto que están encima de la veta del carbón. La arena y el fango acumulados en aquella vasta sabana de agua de poco fondo, acabaron por rellenarla de manera que al fin, por levantarse el fondo de fango á la superficie, una nueva masa de vegetación echaría allí raíces, formando otro campo de lozana vegetación como lo había sido el ya enterrado; pero después de haber ocurrido esto, sobrevino de nuevo el movimiento de depresión de la tierra, supuesto que este segundo bosque fué hundido debajo del agua y cubierto con otras nuevas acumulaciones de arena y fango.

216. Aquí se ve que nuestros campos carbonífe-

ros se formaron en regiones que se estaban hundiendo, y que el movimiento de descenso no era continuo, sino cortado á intervalos. Que esto debió prolongarse durante larguísimos períodos de tiempo, es tangible por el hecho de que las capas de los campos de carbón tienen muchos miles de pies de espesor, y han necesitado, por consiguiente, enormes períodos para formarse.

217. Dos hechos nos son ya clarísimos respecto de la corteza de la tierra — 1º., que se ha hinchado muchas veces, hasta levantarse sobre el nivel del mar; y 2º., que también muchas veces se ha hundido, hasta llevar partes de la tierra muy por debajo del nivel del mar; pero no podría sufrir esos cambios, sin experimentar otros movimientos, de que va á hablarse en la lección siguiente.

*III. Pruebas de que las rocas de la corteza de la tierra, se han movido, contraído y roto.*

218. Pensando en los movimientos descritos en las dos lecciones anteriores, y recordando cuántas veces debe la corteza de la tierra haberse levantado ó deprimido, no es sorprendente encontrar que las rocas no solamente hayan sido movidas, arriba y abajo, sino que se hayan despedazado y dividido. Por esta razón, lejos de componerse la corteza de la tierra de capas regulares y sucesivas, como las cáscaras de una cebolla, ha sido tan exprimida y fracturada, que en muchos casos el fondo ó rocas más viejas se han levantado muy por encima de las más nuevas. Vamos á darnos clara cuenta de cómo

pueda esto verificarse, y con este objeto empezaremos como antes por el caso más sencillo.

219. Vuélvase atrás la vista por un momento al dibujo y sección de la playa elevada en las Figs. 33 y 34. Las antiguas capas de arena y cascajo se han elevado incuestionablemente sobre su nivel primitivo, pero en otros conceptos no han sufrido trastorno; allí están todavía en la posición horizontal que siempre tuvieron; ¿pero sucederá lo mismo en toda la extensión de la meseta? Recuérdese que ya averiguamos de cierto que no podía seguirse el curso de la meseta en derredor de todo el país, que desaparecía en ciertas direcciones, y como consecuencia que la elevación que producía no era universal sino local. Pues bien, claro está que aun cuando la parte levantada se alce tan uniformemente que conserve el mismo nivel durante muchas millas la playa levantada, con todo, entre los estratos horizontales que se elevaron y aquellos que, permaneciendo fuera de la región que sube, quedaron sin cambiar de nivel, tiene que haber indispensablemente un espacio intermedio, más ó menos largo, donde las capas tendrán una inclinación desde los terrenos elevados á los estacionarios.

220. Para aclarar todavía más este punto, supóngase par vía de ejemplo, que sobre una mesa colocamos algunos dobleces de paño, que representen los diferentes estratos de que venimos tratando. Los dobleces como los estratos, están situados horizontalmente; pero empujémoslos hacia arriba en cualquier punto y veremos cómo quedan inclinados desde los sitios altos á los bajos, ó los que no se han

ros se formaron en regiones que se estaban hundiendo, y que el movimiento de descenso no era continuo, sino cortado á intervalos. Que esto debió prolongarse durante larguísimos períodos de tiempo, es tangible por el hecho de que las capas de los campos de carbón tienen muchos miles de pies de espesor, y han necesitado, por consiguiente, enormes períodos para formarse.

217. Dos hechos nos son ya clarísimos respecto de la corteza de la tierra — 1º., que se ha hinchado muchas veces, hasta levantarse sobre el nivel del mar; y 2º., que también muchas veces se ha hundido, hasta llevar partes de la tierra muy por debajo del nivel del mar; pero no podría sufrir esos cambios, sin experimentar otros movimientos, de que va á hablarse en la lección siguiente.

### *III. Pruebas de que las rocas de la corteza de la tierra, se han movido, contraído y roto.*

218. Pensando en los movimientos descritos en las dos lecciones anteriores, y recordando cuántas veces debe la corteza de la tierra haberse levantado ó deprimido, no es sorprendente encontrar que las rocas no solamente hayan sido movidas, arriba y abajo, sino que se hayan despedazado y dividido. Por esta razón, lejos de componerse la corteza de la tierra de capas regulares y sucesivas, como las cáscaras de una cebolla, ha sido tan exprimida y fracturada, que en muchos casos el fondo ó rocas más viejas se han levantado muy por encima de las más nuevas. Vamos á darnos clara cuenta de cómo

pueda esto verificarse, y con este objeto empezaremos como antes por el caso más sencillo.

219. Vuélvase atrás la vista por un momento al dibujo y sección de la playa elevada en las Figs. 33 y 34. Las antiguas capas de arena y cascajo se han elevado incuestionablemente sobre su nivel primitivo, pero en otros conceptos no han sufrido trastorno; allí están todavía en la posición horizontal que siempre tuvieron; ¿pero sucederá lo mismo en toda la extensión de la meseta? Recuérdese que ya averiguamos de cierto que no podía seguirse el curso de la meseta en derredor de todo el país, que desaparecía en ciertas direcciones, y como consecuencia que la elevación que producía no era universal sino local. Pues bien, claro está que aun cuando la parte levantada se alce tan uniformemente que conserve el mismo nivel durante muchas millas la playa levantada, con todo, entre los estratos horizontales que se elevaron y aquellos que, permaneciendo fuera de la región que sube, quedaron sin cambiar de nivel, tiene que haber indispensablemente un espacio intermedio, más ó menos largo, donde las capas tendrán una inclinación desde los terrenos elevados á los estacionarios.

220. Para aclarar todavía más este punto, supóngase par vía de ejemplo, que sobre una mesa colocamos algunos dobleces de paño, que representen los diferentes estratos de que venimos tratando. Los dobleces como los estratos, están situados horizontalmente; pero empujémoslos hacia arriba en cualquier punto y veremos cómo quedan inclinados desde los sitios altos á los bajos, ó los que no se han

movido. Pongamos un plato llano grande debajo de ellos, como para elevar una superficie considerable; encima de él los dobleces quedan planos, como en nuestra playa elevada, pero desde aquella área elevada, se van inclinando hacia abajo á las partes circundantes que no han experimentado variación alguna. De esta manera se ve, pues, cómo una elevación local que pueda levantar los estratos en una extensa región sin alterar su nivel, tiene que producir una inclinación de las capas que están más inmediatas á los confines de las elevadas.

221. Siempre, pues, que se eleven ó hundan estratos en un sitio más que en otro, sin que lleguen á romperse, tienen que quedar en una posición inclinada. Ahora bien, esta clase de movimiento desigual é irregular se ha reproducido muchas veces en el mundo. Si se fija la vista en las rocas estratificadas, en la mayor parte de los países, rara vez se las encontrará en un nivel perfecto, pues generalmente están inclinadas, unas veces débilmente, y otras con brusquedad, de suerte que no sólo han sido levantadas fuera del mar (Art. 206), sino que han sido movidas irregular y desigualmente.

222. En la cantera que ya antes visitamos (Art. 119), eran horizontales los estratos; pero hay muchas en que se inclinan hacia arriba como en la Fig. 39, en la cual la parte de la derecha ha subido (ó la de la izquierda ha bajado) más que las otras. En algunas partes, es lo cierto que tan movidas se encuentran las rocas, que ocupan una posición vertical las capas (Fig. 40), como los libros en las tablas de un estante. Como las rocas se componen de sedi-

mentos que van acumulándose sobre una base plana ó de vertiente muy pequeña, desde luego se ve que

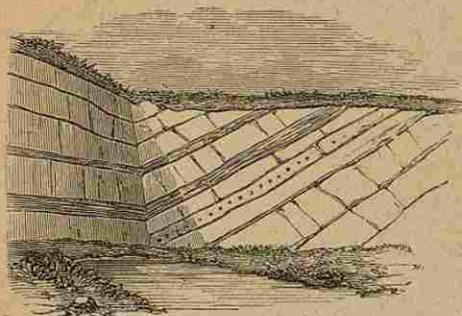


Fig. 39. — Estratos inclinados.

nunca pudieron ser colocadas en pie en su origen, sino que han sido trasladadas á su nueva posición por cambios subterráneos.

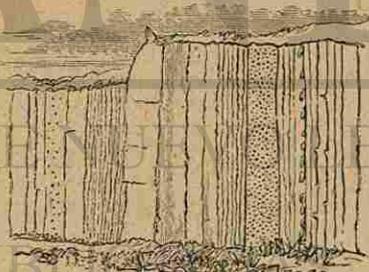


Fig. 40. — Estratos verticales.

223. Pero no es ésto todo. Si cuando estaban los dobleces de paño sobre la mesa (Art. 220) se les hu-

biese apretado por los dos costados á la vez, hubieran formado pliegues (Fig. 41). Del mismo modo, durante los movimientos que levantaron los estratos, se han hecho pliegues semejantes. En la Fig. 42, por ejemplo, se ven las duras rocas torcidas y dobladas y plegadas como si no fueran otra cosa que meras capas de paño. ¡ Cuán enorme ha de

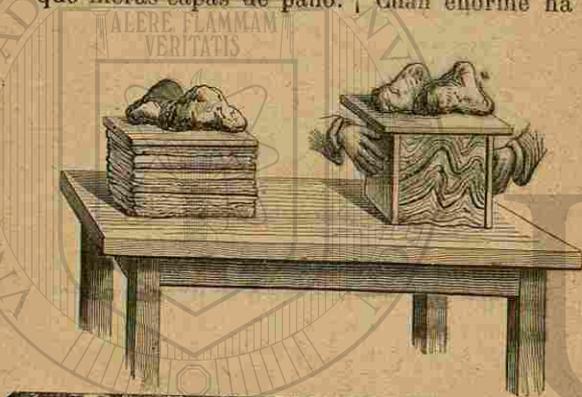


Fig. 41. — Paño con pliegues causados por la presión.

haber sido la presión á que estuvieron expuestas para que hayan tomado esas figuras!

224. Se ocurrirá que hay una diferencia entre los pliegues de paño y los estratos; que los primeros son blandos y plegables y los segundos duros y rígidos; pero nos es posible hacer doblar un poco aun las más inflexibles rocas, y si ésto puede conseguirse con la fuerza relativamente débil que el hombre puede emplear, fácil es comprender cómo, con la enorme presión que sufrieron en las profundidades de la tierra antes de ser elevadas, se deshicieron las

rocas y doblaron como los pliegues de paño más suaves.

225. Todavía tiene que haber á veces un punto del que no pueda pasarse, y en el que, más bien que doblarse, se rompa la roca. Entonces se formarán grietas, y las capas se elevarán ó deprimirán. Ya

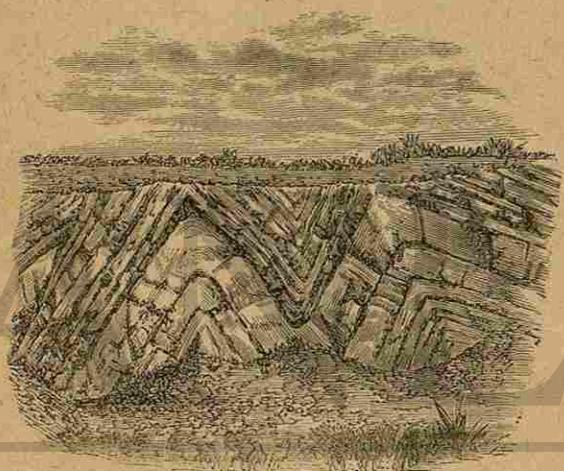


Fig. 42. — Vista de estratos desfigurados por la presión.

se ha visto una de estas fracturas ó *soluciones*, que así se llaman, en *f*, Fig. 37, donde las vetas de carbón y los estratos que había entre ellas, estaban todos partidos, quedando los de un lado de la fractura mucho más bajos que los del otro lado. Son tan frecuentes estas dislocaciones que toda la superficie de la tierra puede considerarse como una red de grietas. No son pequeño obstáculo para la ex-

plotación de las minas de carbón, como en la Fig. 37, donde las galerías que se labren á lo largo de las vetas de carbón, desde el pozo á la mano izquierda, tendrán que alterarse donde queda cortado el filón por la dislocación *f*.

226. Ha sucedido muchas veces que en esas grietas así formadas, se han comprimido masas de rocas fundidas ó ígneas desde el interior, que han levantado ó cortado á las otras rocas. En la sección representada en la Fig. 43 por ejemplo, han ocurrido

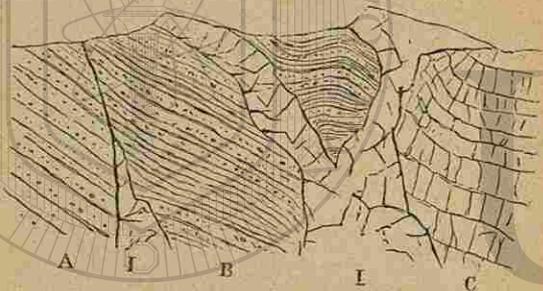


Fig. 43. — Sección de roca ígnea introducida por la presión en las grietas y hendiduras de la corteza de la tierra.

dos dislocaciones de esa clase, en una serie de rocas estratificadas, de suerte que tres grupos diferentes, A, B y C, han cambiado de lugar. Dentro de una de estas hendiduras se ha abierto paso y adelantado algún camino, una masa de roca ígnea I; pero, en la hendidura que queda á la derecha, se ha levantado una porción mucho mayor de roca fundida, que ha bastado á separar por completo las rocas estratificadas B y C, y no solamente ésto, sino que

ha roto el grupo B, subiendo por encima de lo que es hoy la superficie de la tierra.

#### IV. Origen de las montañas.

227. Es cosa común hablar de las « eternas montañas, » como si hubiesen existido desde los mismos comienzos de la historia del mundo; y lo cierto es que pocos objetos hay en la superficie del globo que más impresionen el ánimo con la idea de una remotísima antigüedad. Las montañas han permanecido sin cambio alguno sensible desde que la historia ó la tradición transmitió sus recuerdos; y así es que, como siempre han sido para el hombre lo que son todavía, se halla éste dispuesto á mirarlas como partes de la arquitectura primitiva del planeta.

228. Y, sin embargo, por lo que ya se ha aprendido en algunas de las lecciones precedentes, se comprenderá que, aun cuando son muy antiguas indudablemente las montañas, no se remontan hasta el principio de las cosas. Es posible trazar, no obstante, su origen y llegar hasta los tiempos más remotos, cuando aun no existían aquéllas. Se entenderá desde luego la manera de llegar á este conocimiento, que no puede ser otra que el examen de las rocas que componen la montaña. Ya se ha visto cómo las rocas cuentan su propia historia; sólo se necesita dar un paso más adelante en el mismo sistema de razonamiento para inquirir lo que las rocas tienen que contar respecto del nacimiento de las montañas.

229. Lo primero que se encuentra, pues, cuando se examina una cordillera de montañas, es que se

componen de rocas, que pertenecen á una ó más de los tres grandes grupos—los cuales son ya conocidos. En particular, la gran masa de la mayor parte de las montañas se compone de varias especies de rocas estratificadas, tales como piedras arenosas, conglomeradas, calizas y otras; pero sabido es que todas estas rocas se han formado debajo del agua, y la mayor parte debajo del mar. Contienen muchas veces restos de conchas, corales, erizos de mar, ú otras criaturas marítimas, y pueden sacarse estos restos de las rocas que están en los mismos picos de las montañas (Art. 160). No se necesita prueba más clara para demostrar que las montañas no son tan antiguas como el « principio de todas las cosas, » pues prueban estos fósiles que donde hoy se levantan montañas, se agitaban en otros tiempos anchurosos mares.

230. Además, montañas que consisten en rocas formadas primitivamente debajo del mar, tienen forzosamente que deber su existencia á una fuerza capaz de levantar el fondo del mar hasta ser tierras altas. Ya se ha aludido á esa fuerza (Art. 187). Como consecuencia del pausado enfriamiento de nuestro planeta, su corteza exterior, bajo la enorme fuerza de la contracción, ha tenido que formar arrugas en diferentes lugares, dejando entre ellas espacios vastísimos hundidos. Dichas arrugas forman las cordilleras, y los espacios están rellenos con las aguas del océano. Si se mira un mapa-mundi, pueden seguirse las diferentes *líneas de elevación* que así se llaman, sobre el globo. Quizás el más notable de todos los pliegues ó

arrugas, que se han formado en la superficie del globo, es la extensa línea de montañas que corre á lo largo de todo el continente americano; podrá observarse que las varias cadenas de las Montañas Roqueñas, de la América Central y las cordilleras de los Andes, son prolongaciones y forman una vasta línea de elevación. Hay otros menores en el mismo continente, como las cordilleras de Venezuela, y la cadena de los Alleghanis, que se halla en la parte oriental de los Estados Unidos. En Europa hay una línea de elevación que se extiende á través del continente, y que tiene ramificaciones en todo su curso. Puede vérsela en los Pirineos, luego en los Alpes, desde los cuales, después de desviarse formando los Apeninos, se dirige hacia el E. en la cadena de los Carpatos ó Carpacios y luego por el Cáucaso hasta el Mar Caspio. Vuelve esta misma línea á presentarse al otro lado de aquel mar interior y cruza el vasto continente de Asia en dos líneas divergentes; de las cuales se dirige una hacia el S. E. para formar las grandes Himalayas, y la otra sigue al E. atravesando la gran planicie asiática hasta las orillas del Pacífico. Cuando se piensa que estas enormes cordilleras son los resultados del enfriamiento y contracción de la masa del globo, se empieza á comprender cuán enorme ha de ser la fuerza que pudo arrugar rocas sólidas hasta formar serranías que tienen muchas millas de longitud y miles de pies de altura.

231. Pero como el globo viene enfriándose y contrayéndose desde los mismos comienzos, tenemos razones para deducir que las montañas se han

levantado en épocas diversas, y que no tienen todas, por lo tanto, igual edad. Bastará fijar un poco la atención en las rocas para convencerse de que no solamente no son de igual edad todas las montañas, sino que, aun la misma montaña no ha sido formada por entero de una vez, y si unas partes con posterioridad á las otras.

232. Supóngase, por ejemplo, que se han ido depositando en el fondo del mar una serie de rocas sedimentarias, como piedras arenosas, conglomeradas y esquistos, descritas ya en lecciones anteriores. Estas rocas se formarían, las unas sobre las otras, en capas planas (Fig. 44) hasta llegar á acumularse en



Fig. 44. — Sección de una serie de rocas sedimentarias depositadas, en un principio, horizontalmente en el fondo del mar.

masas, acaso de muchos miles de pies de espesor. Así pudieron permanecer sin cambio largo tiempo. Pero supóngase además, que llegan á estar depositadas sobre una de esas partes más débiles de la corteza terrestre, que al empezar á producirse los efectos acumulados de la contracción de la tierra continuada por largo tiempo, son empujadas hacia arriba por los espacios que van hundiéndose á su lado. Comprimidas así por la presión de estas regiones que bajan, las rocas que estaban horizontales se desharán en pliegues (como los del paño en la Fig. 44, cuando se apretaba de un modo semejante), y tendrán que levantarse sobre el nivel de las tierras adyacentes (Fig. 45), produciéndose de

esta manera una arruga ó cordillera de montañas sobre la superficie de la tierra.

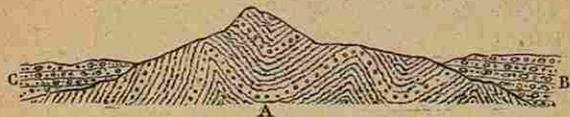


Fig. 45. — Sección de una montaña formada de rocas torcidas A, que han sido comprimidas y deformadas antes de que se depositaran las rocas planas B.

233. Una serranía ó cadena semejante formada de las rocas sedimentarias A, en un tiempo horizontales, pero hoy desfiguradas, no podría elevarse mucho en la atmósfera, sin ser presa de las varias fuerzas, que, como ya se ha aprendido (*Nociones de Geografía Física*, Arts. 126-142) están incesantemente trabajando para desgastar la superficie del globo. El aire, la lluvia, los manantiales, los ríos, las escarchas, ó las olas del mar, atacarían á la recién formada montaña, y empezaría á destruir su superficie, en cuanto asomara la cabeza por encima del nivel del océano. Con el tiempo se harían profundos surcos en sus costados, y todos sus fragmentos desagregados serían barridos y llevados á terrenos más bajos. Allí estos fragmentos formarían nuevos depósitos, que se depositarían en los bordes de las rocas más antiguas, como en la Fig. 45 se ve que la serie más nueva B, descansa sobre la más vieja A.

234. Ahora bien, en una sección de esta clase (Fig. 45) podría fijarse, cuando menos relativamente, la fecha de la montaña. Podría asegurarse de un modo positivo, 1.º, que hubo un tiempo en

que la montaña no existía, y que en el lugar que hoy ocupa había un mar en que se depositaran las rocas sedimentarias a; 2.º, que se formó la montaña por el amontonamiento de estas rocas torcidas, y que ésto se realizó antes de empezar á formarse ninguna de las rocas de la serie b; y 3.º, que después de la formación de los estratos b, toda la masa siguió elevándose hasta quedar las últimas fuera del agua y transformadas en tierra firme.

233. Pero supóngase que en otra parte de la cordillera descubrimos una disposición en las rocas semejante á la representada en la Fig. 46. En este

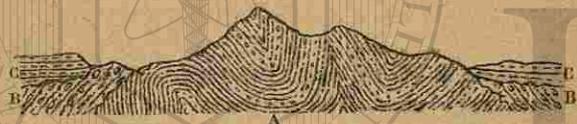


Fig. 46. — Sección de una montaña en que las rocas A fueron levantadas antes que las b, y éstas antes que las c.

caso, como en el anterior, vemos que la serie A se elevó antes de poder depositarse en ella la serie b; pero en el actual, la serie b también ha sido movida de su primitiva posición horizontal. Una montaña semejante indica tres periodos sucesivos de elevación; el primero de A, más antiguo que el b, y éste que el de c, que vino después de formadas las rocas c, por cuanto convirtió esta serie de estratos en tierra firme.

236. Por este género de consideraciones se determinan las edades relativas de las cadenas de montañas. Siempre que se encuentren rocas sedimentarias en posición vertical ó desbaratadas y amonto-

nadas, se sabe que ha habido una causa que las trastornara, y cuando estas rocas tienen sus rotos bordes cubiertos por otras, se ve que el acto de elevarse fué anterior á la formación de la segunda serie de rocas.

237. Si pudiera, pues, encontrarse algún medio de reconocer la misma serie de rocas en diferentes países; si, por ejemplo, se tuviera la seguridad de que los grupos A y B de las Figuras 45 y 46 se presentaban tanto en Inglaterra como en Alemania, podrían compararse las edades relativas de las montañas de ambos países. Si en uno de ellos presenta una montaña la estructura representada en la Fig. 46 y en el otro está construída según la Fig. 45, una montaña formada de la misma serie de rocas, deberá de inferirse que la montaña primera era más nueva, ó mejor dicho, que había recibido su último impulso hacia arriba, después que la segunda.

238. En la lección siguiente se explicará cómo identifican los geólogos la misma serie de rocas en diferentes países, lo cual hacen por los fósiles. Con esta clase de pruebas es posible decidir cuáles son las cordilleras más antiguas y cuáles las más modernas. Así se ha averiguado que los gigantes Alpes, que á manera de grandes torres se levantan á tanta altura sobre los llanos de Europa, son menos antiguos que más de una verde colina de Gales y Escocia.

239. Hay además otro punto singular é importante respecto de las montañas, que ponen en claro secciones semejantes á las de las Figuras 45 y 46. La serie de rocas marcada A es la parte más vieja

de la montaña en los dos casos. Pudiera suponerse naturalmente que las partes más viejas han de ser aquellas que estén más hondamente enterradas debajo de las otras partes; y, sin embargo, en el examen se encuentra que las partes más antiguas no siempre son las que están en el nivel más bajo, sino que, como en los dos casos supuestos, pueden haber sido empujadas hacia arriba de tal manera que formen en realidad los picos y cerros más elevados; pero si se estudian los flancos de la montaña, se verá que las rocas más viejas pasan realmente debajo de las más nuevas, como las de la serie A en los dibujos pasan debajo de las de la B.

240. El desmoronamiento de la superficie de la tierra es tan constante y tan general, que con el tiempo, no hay cadena de montañas que deje de sufrir grandes cambios y de diversos géneros. Se gastan y rabajan los picos y costados. Se abren sus cumbres formando picos y picachos, como efecto de las lluvias y heladas de muchas edades. En sus flancos se van tallando peñascos y riscos; hondonadas, barrancas, valles y llanos, se van labrando en sus rocas por el interminable fluir de riachuelos y ríos. Por esta razón, aun cuando queda la línea primitiva de elevación, la parte de tierra elevada queda cortada por innumerables cerros y valles, conforme va labrando el procedimiento de desgaste (*Nociones de Geografía Física*, Art. 126).

241. Tan enormes han sido los efectos del antedicho proceso sobre la superficie de la tierra, que grandes mesetas ó anchas masas de tierra elevada, han sido cortadas y convertidas en cerros y colinas

aisladas. En la Fig. 47 se puede ver cómo se verifica esta excavación; la figura representa una meseta de España. Obsérvese cómo al bajar los arroyos y aumentar de tamaño, van socavando zanjas



Fig. 47. — Vista de una meseta cortada en hondonadas y barrancas por las aguas de sus ríos.

cada vez más anchas y profundas en las rocas, cómo sus quebradas van ensanchándose hasta ser valles, cómo la tierra alta que queda entre éstos se va cortando en cerros irregulares, y cómo estos cerros, todavía subdivididos en montículos y colinas aparte, pierden su altura conforme atacan sus cumbres y costados las lluvias y escarchas. En todas las partes del mundo hay estos cambios. En la Gran Bretaña, por ejemplo, no son nuestras montañas más que fragmentos, como los del dibujo, que han ido quedando después de la excavación de los valles que

las rodean. Los grandes Ghauts de la India, y la Montaña de la Mesa en el Cabo de Buena Esperanza, son de igual manera patentes ejemplos del mismo origen.

242. Las mismas fuerzas que han labrado esos valles y dejado algunos cerros en pie entre aquellos, siguen todavía funcionando. Cada año que pasa aumenta la cantidad de desgate hecho, y así, aunque cuando miramos á una cordillera de montaña, sabemos que lo primero que ocurrió en ella fué el elevarse por movimientos que la impulsaron hacia arriba, tenemos sin embargo que aprender que todas las formas familiares que hoy nos presenta, han sido formadas desde el tiempo en que se elevó por la acción constante de aquellas verdaderas fuerzas — lluvia, escarcha, manantiales, ventisqueros, etc., etc. — que siguen siempre labrando la vía la superficie.

*V. De qué manera las rocas de la corteza terrestre cuentan la historia de la tierra.*

243. Cuando se dedica un historiador á escribir la historia de un país, su primer cuidado es enterarse de todos los documentos esparcidos por todas partes, que probablemente puedan arrojar alguna luz sobre los acontecimientos que tenga que describir. Escudriña los documentos de los archivos y bibliotecas, saca lo que pueda de libros impresos, y aun si le es posible viaja á países extranjeros en busca de escritos contemporáneos que le expliquen lo que en su patria está oscuro ó es dudoso. Solamente después de un prolongado trabajo de esta índole,

llega á estar en disposición de reunir la suma de todo lo que ha aprendido, para tejerlo en una narración no interrumpida. En el curso de sus investigaciones encontrará indudablemente algunos períodos mucho más aclarados que otros, por documentos de la época, y acerca de algunos de aquellos apenas conseguirá hacerse con noticia satisfactoria, porque en el tiempo transcurrido se hayan perdido ó destruido los papeles que le hubieran dado informes de los hechos; y he aquí la razón porque su historia no es completa y verídica, por igual. Puede haber en ella vacíos que no hayan podido rellenar ni la mayor asiduidad de esfuerzos en las investigaciones.

244. Pues lo que es verdad tratándose del historiador de cualquier país, lo es también del geólogo. Como ya se indicó (Art. 38), y como para todo el mundo ha de ser muy claro, la tierra tiene una historia, lo mismo que los que habitan su superficie. Al geólogo podría llamársele un historiador de la tierra. El gran objeto que se propone es reunir todas las pruebas que queden de los cambios sucedidos en la superficie de la tierra, y arreglarlas por el orden en que han ocurrido, de manera que puedan enseñar la gran marcha de los acontecimientos hasta los tiempos presentes.

245. Lo que para el historiador son los documentos y las inscripciones, las medallas y los libros, son para el geólogo las rocas de la corteza de la tierra, que contienen todas las pruebas verdaderas de que puede disponer. Tiene que comparar los datos que ellas le proporcionan en un lugar, con los que le

las rodean. Los grandes Ghauts de la India, y la Montaña de la Mesa en el Cabo de Buena Esperanza, son de igual manera patentes ejemplos del mismo origen.

242. Las mismas fuerzas que han labrado esos valles y dejado algunos cerros en pie entre aquellos, siguen todavía funcionando. Cada año que pasa aumenta la cantidad de desgate hecho, y así, aunque cuando miramos á una cordillera de montaña, sabemos que lo primero que ocurrió en ella fué el elevarse por movimientos que la impulsaron hacia arriba, tenemos sin embargo que aprender que todas las formas familiares que hoy nos presenta, han sido formadas desde el tiempo en que se elevó por la acción constante de aquellas verdaderas fuerzas — lluvia, escarcha, manantiales, ventisqueros, etc., etc. — que siguen siempre labrando la vía la superficie.

*V. De qué manera las rocas de la corteza terrestre cuentan la historia de la tierra.*

243. Cuando se dedica un historiador á escribir la historia de un país, su primer cuidado es enterarse de todos los documentos esparcidos por todas partes, que probablemente puedan arrojar alguna luz sobre los acontecimientos que tenga que describir. Escudriña los documentos de los archivos y bibliotecas, saca lo que pueda de libros impresos, y aun si le es posible viaja á países extranjeros en busca de escritos contemporáneos que le expliquen lo que en su patria está oscuro ó es dudoso. Solamente después de un prolongado trabajo de esta índole,

llega á estar en disposición de reunir la suma de todo lo que ha aprendido, para tejerlo en una narración no interrumpida. En el curso de sus investigaciones encontrará indudablemente algunos períodos mucho más aclarados que otros, por documentos de la época, y acerca de algunos de aquellos apenas conseguirá hacerse con noticia satisfactoria, porque en el tiempo transcurrido se hayan perdido ó destruido los papeles que le hubieran dado informes de los hechos; y he aquí la razón porque su historia no es completa y verídica, por igual. Puede haber en ella vacíos que no hayan podido rellenar ni la mayor asiduidad de esfuerzos en las investigaciones.

244. Pues lo que es verdad tratándose del historiador de cualquier país, lo es también del geólogo. Como ya se indicó (Art. 38), y como para todo el mundo ha de ser muy claro, la tierra tiene una historia, lo mismo que los que habitan su superficie. Al geólogo podría llamársele un historiador de la tierra. El gran objeto que se propone es reunir todas las pruebas que queden de los cambios sucedidos en la superficie de la tierra, y arreglarlas por el orden en que han ocurrido, de manera que puedan enseñar la gran marcha de los acontecimientos hasta los tiempos presentes.

245. Lo que para el historiador son los documentos y las inscripciones, las medallas y los libros, son para el geólogo las rocas de la corteza de la tierra, que contienen todas las pruebas verdaderas de que puede disponer. Tiene que comparar los datos que ellas le proporcionan en un lugar, con los que le

suministran en otro. Tiene que viajar mucho en busca de hechos que no puede encontrar á la puerta de su casa. Se presentarán ciertamente vacíos que nunca podrán salvar la habilidad y laboriosidad de muchos años; porque las rocas, como ya se ha visto, están sujetas á revoluciones tan destructoras á su manera, como las que han destruido los archivos de ciudades y naciones. Por esta razón el geólogo puede solamente, cuando más y mejor, producir una crónica imperfecta; pero crónica, que para todo el mundo tiene un profundo interés, por ser la historia del globo que habitamos, de sus continentes y océanos, de sus montañas y valles, de sus ríos y lagos, de las tribus de plantas y animales que pueblan su superficie, y del advenimiento y progreso del hombre mismo.

216. Respecto de los primeros períodos de la historia de la tierra, no puede obtenerse en las rocas ahora pruebas directas. Cuando se separó la tierra del sol, su padre, debió de ser una masa furiosamente caliente, como aun lo es el sol. Debió de transcurrir un período muy largo antes de que pudiera formarse ninguna de las rocas que hoy vemos; así es que, aun cuando las rocas nos llevan muy lejos á épocas remotísimas del pasado, no pueden conducirnos hasta el principio de la historia de la tierra como planeta separado. Aquel tiempo primitivo solamente puede deducirse de otras pruebas, principalmente astronómicas.

247. En las páginas anteriores se ha aprendido ya que de cada una de las rocas puede sacarse su historia de la tierra. Se ha conseguido,

por ejemplo, descubrir en las rocas de una sola cantera, el sitio que ocupó el fondo de un mar antiguo con algunos de los restos de animalejos marítimos que en él vivieran (Arts. 118-131). Además, se ha visto cómo una turbera da medios de trazar los límites de un lago desvanecido hace mucho tiempo, á cuyas aguas botaron nuestros rudos antepasados sus canoas de roble (Arts. 144-152); y cómo las rocas de una galería de carbón, podrían suministrar un registro histórico de bosques sucesivos, que florecieran verdes y hermosos en la superficie, hundiéndose después uno tras otro, y que hoy estaban enterrados á mucha profundidad (Arts. 137 y 212).

248. En estos ejemplos y otros parecidos, cuando cada serie de rocas cuenta su propia historia, está refiriendo una parte de la historia general de la tierra. Cuanto mayor sea el cuidado puesto en cada narración particular, más completa será aquella crónica general de la historia de la tierra, cuya compilación es el principal fin de la geología.

249. Según la ley de la superposición (Art. 122) las rocas estratificadas de más abajo son las más antiguas. Poca es la profundidad á que podemos llegar á través de la tierra. Las minas más hondas solamente descienden unos pocos miles de pies en las rocas. Si, por tanto, todavía estas rocas siguen planas como cuando se depositaron, estaremos en disposición de conocer solamente aquellas que están cerca de la superficie; pero por efecto de la manera de doblarse y romperse que las rocas han tenido, y de subir y bajar (Arts. 188, 218-226) no solamente podemos ver las partes que quedan encima de las

series, sino aun algunas de las masas más viejas. Se encuentran muchas veces las rocas inclinadas hacia la tierra formando mayor ó menor ángulo, en vez de estar horizontales, y podemos andar sobre sus bordes vueltos hacia arriba como sobre los lomos de otras tantas hileras de libros (Figs. 39 y 40). Lejos pues de encontrarse las rocas de la base sepultadas todavía en las entrañas de la tierra, debajo de miles de pies de sólida roca, donde antes estuvieran, á menudo se hallan ahora alzadas á las cumbres de elevadas cordilleras (Art. 239). Asi pues, se ahorra el geólogo el trabajo de abrir profundos pozos y galerías para encontrar la clase de rocas que tiene debajo de su planta. Haciendo secciones cuidadosas de cuanto pueda observarse en la superficie (como en las Figs. 45 y 46) determina con certeza dicho orden, y de esta manera sabe cuáles son las partes más antiguas de su crónica, y cuáles las más modernas.

250. La corteza de la tierra, á lo menos en cuanto nos es posible examinar, se compone principalmente de rocas sedimentarias y orgánicas. En estas rocas, por tanto, tienen que buscarse las principales fuentes de pruebas para la historia de la tierra. Si pudiéramos agruparlas, una sobre otra, en el orden de su formación, darían probablemente una masa de más de doce millas de altura. Ésta, pues, es la biblioteca de que hay que extraer la historia geológica.

251. Tiene el geólogo otra indicación para la edad relativa de las rocas, además del orden de superposición, pues comparando las series diferen-

tes de rocas entre sí, ha descubierto que los fósiles, ó restos de plantas ó animales (Art. 117), de una serie se diferencian de los de otra. Por ejemplo, volviendo á la Fig. 46, se ha averiguado que si se presentan fósiles en la serie de rocas A, se verá que difieren de los de la serie B, y así mismo los de estas últimas de los hallados en C. Si, partiendo de las plantas y animales de hoy, retrocedemos á rocas más antiguas y á otras todavía más, aprendemos que las plantas y animales fósiles, van siendo, en general, cada vez más desemejantes de los que todavía viven. En cada gran división de rocas se encuentran sus propios fósiles característicos, de tal suerte, que por encima y además de la prueba por el orden de superposición, podemos hacer la distinción de estas divisiones por medio de los fósiles.

252. Por estos medios de clasificación puede dividirse la vasta y compleja masa de rocas estratificadas, en unas pocas divisiones grandes, éstas en subdivisiones, éstas también en menores subdivisiones, y éstas aun, en otras zonas ó fajas todavía más pequeñas, de tal modo que cuando se encuentre una capa de roca, pueda referirse á su parte peculiar propia en toda la vasta serie. Este método de arreglo es necesario para mayor claridad, pareciéndose ésto muchísimo á lo que se hace en la obra de historia al dividirla en volúmenes, en épocas, en capítulos, y en páginas y líneas.

253. Por consiguiente, haciendo uso de toda clase de pruebas que puedan dar las rocas, trata el geólogo de tejer su narración de la historia de la tierra. Demuestra cómo el mar y la tierra firme han cam-

biado de lugar muchas veces; cómo de tiempo en tiempo han hecho explosión los volcanes en todas las partes del mundo; cómo, uno por uno, se han ido levantando los continentes, y formándose sucesivamente las cordilleras, y abiértose los valles, las quebradas y los lagos, y cómo han cambiado lentamente los climas desde el calor tropical al frío ártico. En medio de todas estas revoluciones de la tierra sólida misma, encuentra que ha habido al propio tiempo enormes cambios en las plantas y animales que han poblado su superficie. Puede trazar cómo la vida, empezando en el más remoto pasado con los organismos más simples, ha ido avanzando á través de las edades, tomando formas cada vez más organizadas (Art. 132), hasta la época en que nos hallamos. Puede marcar cómo ha empezado á existir grupo tras grupo de conchas, peces ó reptiles, y después de vivir durante períodos larguísimos, ha desaparecido poco á poco para dejar el puesto á tribus más nuevas, hasta que á los fines de la historia, ha aparecido el Hombre en la escena.

254. La historia geológica nos presenta delante, de esta manera, muchos hechos que tienen que impresionar el ánimo con la idea de la gran antigüedad de nuestro planeta, y de la maravillosa cadena de cambios, que ha venido á resultar en el actual estado de las cosas. Por ella sabemos que no han nacido repentinamente las montañas y los valles, tales como hoy los vemos, sino que gradualmente se han ido formando, por una larga serie de procesos semejantes á los que aun ahora siguen haciendo la misma clase de trabajo. Descubrimos que toda

las partes de la tierra que tenemos bajo nuestros pies, puede entregarnos su propia historia, con tal que sepamos la manera de preguntársela; y, lo que todavía es más extraño, vemos que las razas de plantas y animales que hoy pueblan tierras y mares, no son las primitivas ó las que hubo en un principio, sino que han sido precedidas por otras, y éstas á su vez por otras todavía más remotas. Vemos que ha habido en la Tierra una historia de seres vivos, lo mismo de que de materia muerta. Al principio de aquella maravillosa historia, distinguimos rastros de formas muy inferiores, como los foraminíferos del limo del Atlántico. Al fin de la mismas, nos encontramos cara á cara con el Hombre, con ese hombre que piensa, que trabaja, que no descansa, que batalla firmemente con las facultades de la Naturaleza, y que va sometiéndolas una á una, aprendiendo á obedecer las leyes que las gobiernan.

## CONCLUSIÓN.

255. No es el objeto de este librito penetrar más en la historia de la Tierra. Ya ha conducido al dintel desde donde uno puede asomarse á ver la clase de interés que está preparado para el que siga avanzando. Ya se ha aprendido algo de los principios generales en que se basa la historia. Miradas á la luz de la enseñanza geológica, las mismas piedras de la calle y los guijarros de la playa, tienen cada uno un significado. Ya no debe uno contentarse con reunir minerales y rocas sólo porque son objetos agradables á la vista; aparte de su

belleza, hay que tratar de descubrir lo que son, y la manera que tuvieron de llegar al sitio en que fueron encontrados.

256. No pierde un paisaje nada de su belleza porque se trató de descubrir en él, cómo se formaron las rocas de sus colinas, cómo se produjeron cerro y valle, por qué en una parte se levantó un peñasco y en otra se extiende millas y millas una anchurosa llanura. Cuando se esté á la orilla de un espumoso río, no se disminuirá el placer que causa el ruido de las aguas al despeñarse y atropellarse, porque se piense en que el río es una de las máquinas potentes de la naturaleza, que de día y de noche está abriendo su cauce por entre las rocas, y llevándose los desgastes de las montañas, hacia abajo, á las llanuras y al lecho del océano. Las costas del mar tendrán un nuevo encanto cuando en sus litorales elevados y roqueños y en sus cavernas se vea al progreso de la decadencia, y en sus playas de arena y pizarra los iguales de aquellos depósitos sedimentarios de que están construidas todas las montañas.

257. Toda cantera y toda barranca, donde se presenta á la vista la roca pelada, ofrece un atractivo, si se trata de descubrir allí los restos de algunas de aquellas formas de plantas perdidas, que en un tiempo cubrieron la tierra, ó de aquellas tribus de animales, hace largo tiempo extinguidos, inquilinos entonces de los mares. Estos fósiles ya no serán simples objetos de curiosidad y asombro; en ellas habrá que aprender, valiéndose de un amigo ó de un libro, á qué se parecen más de lo que hoy

existe en el mundo, y ni habrá que contentarse hasta haber visto todo cuanto puede descubrirse, y qué luz pueden arrojar sobre el estado anterior de la localidad en que se encontraron.

258. Ya no será la Geología una tarea sólo propia para libros, sino compañera deliciosa en todo paseo y en cualquier excursión. No hay que llegar á ser geólogo, para no lamentar el tiempo empleado en poseer los principios en que se basa la ciencia geológica, y en trazar, guiados por los mismos, la maravillosa Historia de la Tierra.

## PREGUNTAS

### INTRODUCCIÓN.

1. Menciónense algunas de las clases de piedra más familiares, y los usos á que se aplican.
2. De qué se hacen el ladrillo y la mezcla?
3. ¿Cómo se obtiene el hierro?
4. De dónde se sacan la piedra, la pizarra, el mármol y el carbón?
5. ¿Bajo qué clase de cubierta están en su mayor parte las rocas de un país?
6. ¿Cuál es la naturaleza general de la superficie de la Gran Bretaña, á lo largo de una línea trazada desde Liverpool á Harwich?
7. ¿Cuál es la naturaleza general de la superficie de la Gran Bretaña, á lo largo de una línea trazada desde Skye á Montrose?
8. Explíquese la razón de existir esta diferencia en dos partes del mismo país.

### DIFERENTES CLASES DE PIEDRA, Pág. 14.

1. ¿Qué se entiende por principio de clasificación?
2. Demuéstrase por qué no son suficientes el color solo, ó la dureza ó blandura de una piedra, como principio de clasificación de éstas.
3. Describáse los distintivos de un trozo de piedra arenosa.
4. ¿Cómo se definiría una piedra arenosa, por dichos distintivos?
5. Describáse del mismo modo los distintivos de un trozo de granito.
6. Dése una definición del granito, según dichos distintivos.
7. Describáse los distintivos de un trozo de yeso, y explíquese la manera de hacerse el examen de la muestra.
8. Dése una definición breve del yeso, según dichos distintivos.

### LO QUE LAS PIEDRAS TIENEN QUE DECIRNOS, Pág. 23.

1. ¿Están las diferentes clases de piedras distribuidas sobre la superficie de la tierra, sin orden ni concierto? Póngase un

## PREGUNTAS.

133

ejemplo que aclare la respuesta con referencia á las piedras que hay bajo el terreno de la Gran Bretaña.

2. ¿Qué clase de historia es la que hacen conocer las piedras? Dáense ejemplos de las piedras de la Gran Bretaña.
3. ¿De qué trata la ciencia de la Geología?

### ROCAS SEDIMENTARIAS.

#### I. LO QUE ES SEDIMENTO, Pág. 28.

1. ¿En qué grupos pueden dividirse las diferentes clases de piedra?
2. Defínase el sentido que se da á la palabra *roca* en Geología.
3. ¿Qué es sedimento?
4. ¿Cuáles son las rocas sedimentarias?
5. Describáse un trozo de conglomerado, y dígase de qué materiales se ha formado.
6. ¿De qué materiales se han formado la piedra arenosa y el esquisto?
7. ¿Qué preguntas nos sugieren las rocas sedimentarias respecto de su origen?

#### II. CÓMO SE FORMAN EL CASCAJO, LA ARENA Y EL FANGO, Pág. 33

1. ¿Qué pregunta debemos hacernos cuando queramos descubrir la historia de una clase cualquiera de roca? [Art. 37].
2. ¿Cuál es la diferencia entre cascajo y arena, y cómo puede demostrarse que existe?
3. Describáse el origen de los escombros que cubren las vertientes de las montañas y altas colinas.
4. Este escombros tiene generalmente bordes afilados que se van redondeando cada vez más, conforme bajan por los arroyos vecinos. Explíquese este cambio.
5. ¿Por qué el fango fino llega mucho más abajo en el curso de una corriente, que el cascajo grueso?
6. ¿En qué forma se extiende por las llanuras el desperdicio de las montañas?
7. ¿Cuál es la diferencia en una costa roqueña entre la superficie de las rocas azotada por las olas y la que no ha experimentado dicha influencia? Explíquese la causa de esta diferencia.
8. ¿Qué vienen á ser los fragmentos que caen del frente de un peñasco marítimo?

#### III. CÓMO EL CASCAJO, LA ARENA, EL LIMO SE CONVIERTEN EN ROCAS SEDIMENTARIAS, Pág. 43.

1. ¿Qué relación hay entre la velocidad de una corriente y el depósito de sedimento en el fondo?

2. ¿Que se inferiría, vistas las capas de cascajo, de arena, y de fango, respecto del movimiento del agua en que estos depósitos se han sentado?

3. ¿Cómo se aplicaría lo que se sabe sobre el origen del cascajo y del fango, á la historia de rocas, como el conglomerado y el esquisto?

4. ¿Dónde y de qué manera se arreglan los materiales sedimentarios en un camino, por efecto de la lluvia?

5. ¿Cómo vierte el Ródano su sedimento en el lago de Ginebra?

6. ¿En qué se convierten la arena y el fango, que un río lleva al mar?

7. Defínase las palabras *estratificación* y *rocas estratificadas*.

8. ¿Por qué se han hecho las rocas sedimentarias mucho más duras de lo que lo fueron en un principio? Explíquense las palabras *presión* é *infiltración* con referencia á la historia de aquellas rocas.

9. Defínase una roca sedimentaria.

#### IV. CÓMO VIENEN A ENCONTRARSE RESTOS DE PLANTAS Y ANIMALES EN LAS ROCAS SEDIMENTARIAS, PÁG. 56.

1. ¿Cómo están incrustados en depósitos sedimentarios modernos los restos de plantas terrestres?

2. Explíquese cómo se han incrustado muchas veces en piedras arenosas y esquistos.

3. Explíquese el origen de los restos de animales marittimos en muchos esquistos y piedras calizas.

4. ¿Por qué debemos esperar que cualquier depósito sedimentario del mar esté lleno de restos de seres que vivieron?

5. ¿Qué es un fósil?

#### V. UNA CANTERA Y LO QUE NOS ENSEÑA, PÁG. 62.

1. ¿Cuál es generalmente el rasgo más característico en una cantera, entre las rocas estratificadas?

2. ¿Cuáles son las capas más antiguas entre las diferentes que tiene una cantera, y por qué?

3. Defínase la frase *orden de superposición*.

4. ¿Cuáles son las marcas ó estrias que tienen las rocas y qué luz arrojan en la historia de aquellas rocas en que se presentan?

5. ¿Qué son las huellas de la lluvia en las rocas, y qué prueban respecto de las condiciones en que se formaron dichas rocas?

6. ¿Cómo podría determinarse, por la prueba de los fósiles, si una roca se había formado en agua dulce ó salada?

7. Menciónense algunos hechos que prueben hasta qué punto hay en la tierra rocas formadas en la mar.

#### ROCAS ORGÁNICAS, Ó ROCAS FORMADAS DE RESTOS DE PLANTAS Y ANIMALES.

##### I. ROCAS FORMADAS DE RESTOS DE PLANTAS, PÁG. 70.

1. Explíquese la frase *restos orgánicos*.

2. Describáse brevemente los distintivos de un pedazo de carbón.

3. Describáse de qué manera se presenta el carbón entre otras rocas.

4. ¿Cuál es la naturaleza de la arcilla que hay inmediatamente debajo de una veta de carbón?

5. ¿Cuál ha sido el origen del carbón?

6. Describáse una turbera.

7. ¿Qué es turba? ¿Cuáles han sido los periodos en la historia de una turbera?

##### II. ROCAS FORMADAS CON LOS RESTOS DE ANIMALES, PÁG. 81.

1. ¿Cuál es el origen de la marga blanca que por lo común se encuentra en el fondo de los lagos de agua dulce?

2. ¿Cuál es el *ooze* ó limo del lecho del Atlántico?

3. ¿En qué se parece el yeso al limo del Atlántico?

4. ¿Cuál es el origen de la piedra caliza, que contiene los restos de corales y conchas?

5. Preséntense ejemplos en las diversas partes del mundo, de grandes localidades y montañas enteras compuestas de esa piedra caliza.

6. Dése un resumen de los cambios geológicos representados por las rocas sedimentarias. [Art. 161.]

#### ROCAS ÍGNEAS.

##### I. LO QUE SON ROCAS ÍGNEAS, PÁG. 90.

1. En qué sentido se ha empleado en geología, la palabra *ígneas*, y qué quiera decir *rocas ígneas*?

2. ¿En qué grupos pueden dividirse los materiales arrojados por los volcanes?

3. ¿Cómo pueden á primera vista distinguirse entre sí las rocas de estos dos grupos, y qué nombres puede dárseles, en consecuencia?

4. ¿Cuáles son los distintivos de la lava? [Arts. 165, 166, 167.]

5. ¿En qué forma sale la lava de un volcán? [Arts. 168, 169.]
6. Preséntense ejemplos de la existencia de rocas de lava en diferentes partes del mundo.
7. ¿Cómo se presenta el granito?
8. ¿Cuáles son los rasgos distintivos de un trozo de tufa volcánica.
9. ¿Cómo se ha formado la tufa volcánica? Dense algunos ejemplos de su presentación.

## II. DE DÓNDE PROVIENEN LAS ROCAS ÍGNEAS PÁG. 100.

1. ¿Qué testimonio dan los pozos profundos y las minas en lo tocante á temperatura de lo interior de la tierra?
2. ¿Cuál es el testimonio de las fuentes calientes, en este punto?
3. ¿Qué nos enseñan los volcanes, respecto del estado del interior de la tierra?
4. Describáse con brevedad la distribución de los volcanes encendidos, en toda la superficie del globo.
5. ¿Qué pruebas dan los volcanes activos y los extinguidos?
6. ¿Qué relación tienen con esto los terremotos?
7. ¿Cómo podría explicarse la actual temperatura elevada del interior de la tierra? Demuéstrese cómo el enfriamiento de una corriente de lava ayuda á poner ésto más claro. [Arts. 185, 186.]

## LA CORTEZA DE LA TIERRA.

### I. PRUEBAS DE HABERSE ELEVADO ALGUNAS PARTES DE LA CORTEZA, PÁG. 109.

1. ¿Qué se entiende por corteza de la tierra?
2. ¿De qué materiales se compone la corteza de la tierra?
3. ¿Por qué clase de pruebas podría demostrarse que las rocas de la corteza de la tierra no están ahora en su posición primitiva?
4. Describáse una playa elevada. [Art. 193.]
5. ¿Qué pruebas suministran las playas elevadas, respecto de los movimientos de la superficie de la tierra.
6. ¿Por qué decimos, cuando hay cambios en el nivel respectivo de tierra y mar, que es la tierra la que sube ó baja, y no el mar?
7. ¿Qué deducción podremos sacar de mesetas como las que hay al Norte de Noruega? [Art. 201.]
8. En una serie de playas elevadas sucesivas ¿cuáles son las más antiguas y por qué?
9. ¿Qué hechos se han observado en Suecia respecto de los movimientos recientes de la corteza de la tierra?

10. ¿Cómo podría demostrarse que la mayor parte de la tierra firme se ha levantado fuera del mar, y que este movimiento de elevación ha sido muy desigual?

### II. PRUEBAS DE HABERSE HUNDIDO ALGUNAS PARTES DE LA TIERRA, PÁG. 119.

1. Describáse un bosque sumergido.
2. ¿Qué conclusiones hay que sacar de los bosques sumergidos, respecto de los movimientos de la corteza terrestre?
3. ¿Por qué es más difícil encontrar pruebas de sumersión que de elevación?
4. ¿Qué hechos se han observado relativos á sumersión en Groenlandia?
5. ¿De qué manera prueba una serie de vetas carboníferas la sumersión de la tierra? [Arts. 213-216.]
6. Menciónense las dos conclusiones respecto de los movimientos de la corteza de la tierra, que han de sacarse de las pruebas que estas lecciones nos han enseñado.

### III. PRUEBAS DE QUE LAS ROCAS DE LA CORTEZA TERRESTRE SE HAN MOVIDO, CONTRAÍDO Y ROTO, PÁG. 126.

1. ¿Además de la elevación y depresión, menciónense otros cambios que han sufrido las rocas de la corteza terrestre.
2. ¿Por qué suelen encontrarse las rocas en posiciones muy inclinadas, y cómo podría probarse que no fueron éstas sus posiciones primitivas?
3. ¿Se doblan y despedazan alguna vez las capas sólidas de roca?
4. ¿Qué son soluciones ó faltas?
5. ¿Cómo se han aprovechado muchas veces de las faltas, las rocas ígneas?

### IV. ORIGINE DE LAS MONTAÑAS, PÁG. 133.

1. ¿De qué materiales se componen las montañas?
2. ¿Por medio de qué pruebas puede demostrarse que muchas montañas no existen desde el principio de la tierra, como parte de su superficie?
3. ¿Cuáles son las líneas de elevación, y cómo se han formado en la superficie del globo?
4. Póngame algunos ejemplos de dichas líneas.
5. Manifiéstese con brevedad la naturaleza de las pruebas, por medio de las cuales puede demostrarse que las cadenas de montañas se diferencian entre sí por su edad, y que la misma montaña puede haber sido levantada con grandes intervalos sucesivos. [Arts. 231-236.]

6. ¿ Por qué se encuentran en las cumbres más elevadas de una cordillera, piedras de las capas más bajas y de las más antiguas?

7. ¿ Qué efectos se producen en las formas externas de las montañas durante el desgaste general de la superficie de la tierra?

V. DE QUÉ MANERA LAS ROCAS DE LA CORTEZA TERRESTRE CUENTAN LA HISTORIA DE LA TIERRA, Pág. 142.

1. ¿ Qué es historia geológica, y con qué clase de datos se forma?

2. ¿ Por qué es necesariamente imperfecta la historia geológica?

3. ¿ Qué indican las pruebas astronómicas, respecto de la condición probable de la tierra en un principio?

4. ¿ Cómo aprende el geólogo cuáles son las partes más antiguas, y cuáles las más modernas de su crónica?

5. ¿ Qué espesor tiene la masa de rocas sedimentarias y orgánicas de que hay que sacar la historia geológica?

6. ¿ De qué modo ayudan al geólogo los fósiles, en el estudio de la historia de la tierra?

7. Dése alguna idea de lo que significa historia geológica.

[Arts. 223, 254.]

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
Apto. 1625 MONTERREY, MEXICO

LISTA DE MUESTRAS, PARA ILUSTRAR  
LA CARTILLA DE GEOLOGÍA

	PÁGINA.
<b>ROCAS SEDIMENTARIAS.....</b>	<b>28</b>
1. Conglomerado.....	31
2. Piedra arenosa.....	18
3. Esquisto.....	31
4. Esquisto que contenga restos de plantas (parte de un helecho fósil).....	57
5. Esquisto que contenga restos animales (trilobitas, etc.).....	60
<b>ROCAS ORGÁNICAS.....</b>	<b>70</b>
I. FORMADAS DE RESTOS DE PLANTAS .....	70
6. Turba.....	77
7. Carbón, que demuestre su estructura estratificada.....	72
II. FORMADAS CON LOS RESTOS DE ANIMALES .....	81
8. Marga de concha de agua dulce.....	82
9. Limo del fondo del Atlántico preparado para el microscopio.....	84
10. Yeso con una concha.....	85
11. Granos de yeso preparados para el microscopio.....	21
12. Piedra caliza que contenga encrimas, etc.....	86

FÓSILES..... 62

## I. PLANTAS.

- |                              |                                                          |      |
|------------------------------|----------------------------------------------------------|------|
| 13. Stigmarias ó Sigillarias | } Plantas de que se ha<br>formado en parte el<br>carbón. | } 75 |
| 14. Lepidodendrones          |                                                          |      |

*Véanse también los Nos. 4, 6 y 7.*

## II. ANIMALES.

- |                                     |                                                                                              |      |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 15. Coral                           | } Animales de cuyos<br>restos suelen for-<br>marse espesas ca-<br>pas de piedra ca-<br>liza. | } 66 |
| 16. Pedazo de encrina               |                                                                                              |      |
| 17. <i>Spirifer</i> , concha marina |                                                                                              |      |

*Véanse también los Nos. 5, 8, 9, 10, 11 y 12.*

ROCAS ÍGNEAS..... 90

18. Granito ..... 28

19. Mica

20. Cristal cuarzo } Sustancias encontradas en el granito 20

21. Lava que esponga á la vista cristales y agujeros  
del vapor..... 92

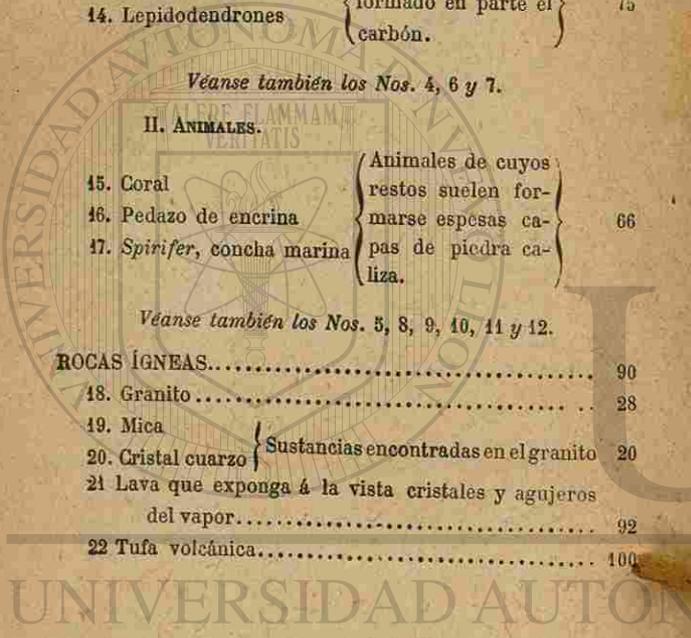
22. Tufa volcánica..... 100

FIN

DIRECCIÓN GENERAL

BIBLIOTECAS

94

550  
G 3122

## EN LA MISMA LIBRERÍA

### CARTILLAS CIENTÍFICAS :

**Nociones de economía política**, por STANLEY JEVONS, 1 tomo en 12.<sup>o</sup>, holandesa.

**Nociones de geografía física**, por ARCHIBALDO GEIKIE, 1 tomo en 12.<sup>o</sup>, holandesa.

**Nociones de geometría inventiva**, por W. J. SPENCER, 1 tomo en 12.<sup>o</sup>, holandesa.

**Nociones de fisiología**, por el Dr. M. FOSTER, 1 tomo en 12.<sup>o</sup>, holandesa.

**Nociones de botánica**, por J. D. HOOKER, 1 tomo en 12.<sup>o</sup>, holandesa.

**Nociones de física**, por BALFOUR STEWART, 1 tomo en 12.<sup>o</sup>, holandesa.

**Nociones de química**, por H. E. ROSCOE, 1 tomo en 12.<sup>o</sup>, holandesa.

**Gramática castellana (Compendio de)**, dispuesto con arreglo á la última edición de la Real Academia Española, por M. DE TORO Y GÓMEZ. 1 tomo en 18.<sup>o</sup> holandesa.

**Geografía de Smith (Primer libro de) ó Geografía elemental**, dispuesta para los niños, por ASA SMITH. Traducida del inglés y adaptada al uso de las escuelas de América, por TE ISTOCLES PAREDES. Novísima edición, enteramente refundida, puesta al nivel de los actuales conocimientos geográficos y adornada con 19 mapas iluminados, 2 en negro, 135 retratos y vistas, y los escudos y banderas de todas las naciones. 1 tomo en 8.<sup>o</sup> holandesa.

**Historia de América (Resumen de la)**, por NICOLÁS ESTÉVANEZ. 1 tomo en 18.<sup>o</sup>, adornado con numerosos retratos. Telo.

Este notable compendio de la historia del Mundo se halla dividido en tres partes: — (América primitiva). Descripción geográfica americana. El imperio de los Incas. El imperio Aztecas. — *Segunda* (Historia colonial). Descubrimiento y los descubridores. La conquista y los conquistadores. La colonización, la administración y Gobierno y gobernantes. Invasiones, guerras y revoluciones. — *Tercera* (Independencia americana). Revolución y sus caudillos. Historia moderna de las Repúblicas americanas.