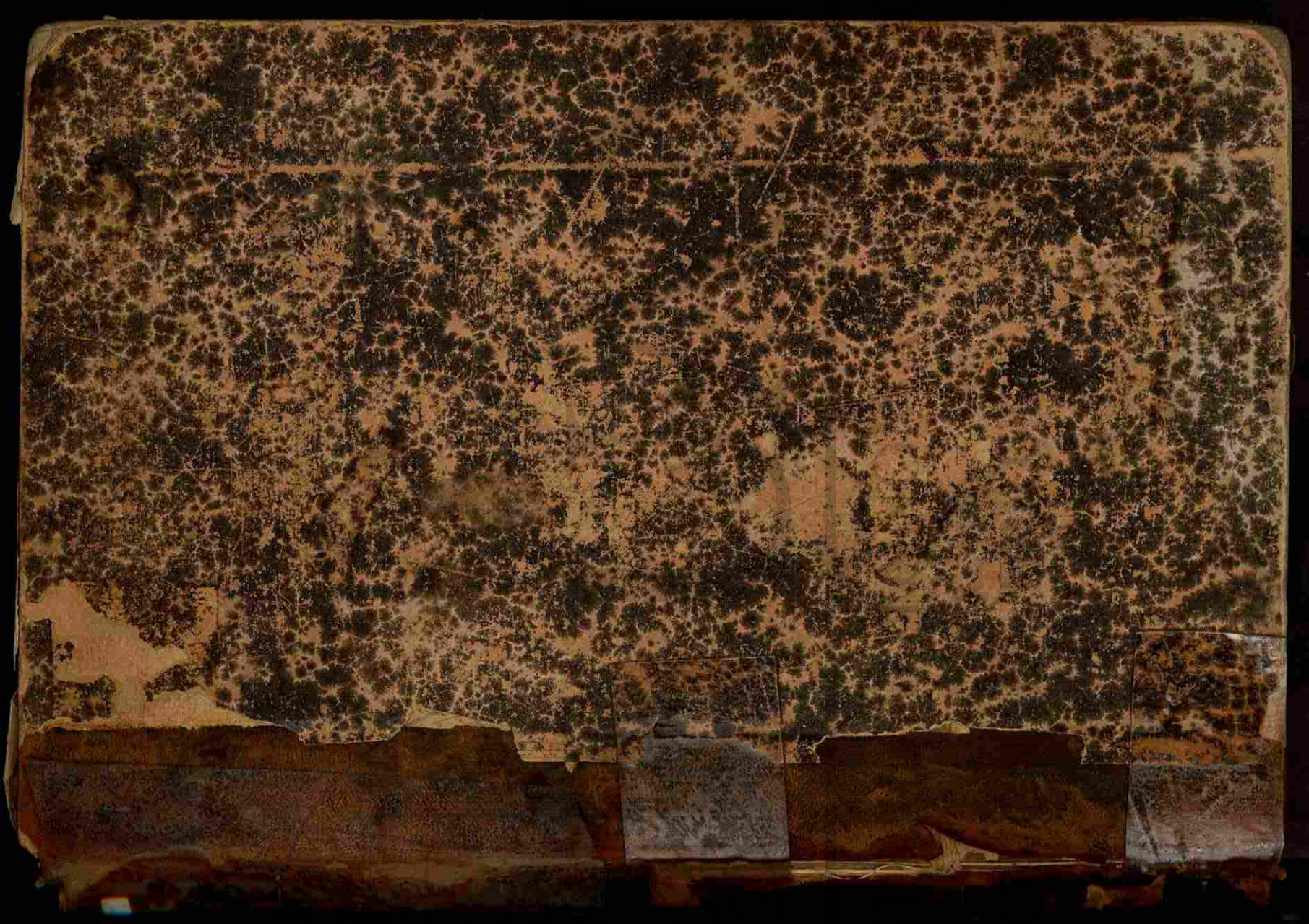


321

Propiedad de
Panfilo Valsarica Muguerza
Monterrey Feb.ª 28 de 1887

FACULTAD DE DERECHO Y C. S.
BIBLIOTECA
U. N. L.

Biblioteca Particular
del Lic.
ANDRES SANCHEZ FUENTES.

Volumen No.....

Estante..... Casiller.....

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

01 MAR. 1990
19 ABR. 1995
16037

TRATADO

DE

GEOLOGÍA

ELEMENTOS APLICABLES Á LA AGRICULTURA

Á LA INGENIERÍA Y Á LA INDUSTRIA

POR

MARIANO BÁRCENA

PROFESOR DE GEOLOGÍA

En las Escuelas Nacionales Preparatoria y de Agricultura de México,

Miembro de varias Academias científicas

de México, Europa, Guatemala y Estados-Unidos de América.

EDICION DE LA SECRETARIA DE FOMENTO.

MÉXICO

OFICINA TIP. DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO

Calle de San Andrés número 15.

—

1885

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

550
B.

PRÓLOGO

HAY ciencias que aunque basada su enseñanza sobre principios y teorías generales, necesitan apoyarse á cada paso en ejemplos y aplicaciones que deben referirse á localidades ú objetos que estén al alcance de las personas que las estudian.

Esta verdad, que abarca de un modo general á multitud de ciencias, es más aplicable á la Geología.

En efecto, en su estudio se hacen referencias continuas á la naturaleza de las rocas, á los diversos modos con que se presentan, á las alteraciones que en su posicion, estructura ó naturaleza se observan, á sus usos, etc.; y de ese estudio viene la aplicacion particular ó conocimiento que el discípulo va adquiriendo en la localidad en que estudia, y por consiguiente se prepara al provecho que de una ciencia tan útil como la Geología puede obtener.

Estas razones, que pueden referirse á otras muchas materias de estudio, impulsaron á la Secretaría de Fomento á prescribir en su última ley de Instruccion

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
ALERE FLAMMAM VERITATIS
UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

pública, que todo profesor de las Escuelas Nacionales de Agricultura é Ingenieros escribiera una obra de texto aplicada á las necesidades y circunstancias especiales del país.

En cumplimiento de esa ley hemos escrito esta obra, para que sirva de texto en la clase de Geología en la Escuela Nacional de Agricultura, y en sus aplicaciones procuramos, además, que reuna conocimientos referentes á diversos ramos de la carrera del ingeniero, persuadidos de que en los adelantos del país y en el conocimiento de sus diversas riquezas naturales, ejercen y ejercerán una poderosa influencia los ingenieros que con diversas comisiones exploran las variadas regiones del territorio nacional.

En esta obra, como en muchas de las de enseñanza, el método y la aplicacion local serán las porciones que más directamente correspondan al autor.

Los principios y teorías generales de la ciencia serán los mismos que, en determinado órden ó explicados de ciertos modos, sirven de base á las diversas obras de texto.

El método que en esta obra empleamos, nos ha sido recomendado por la experiencia adquirida en la enseñanza, y en vista de los buenos resultados con él obtenidos.

La Geología, formada de diversos conocimientos, que cada uno constituye de por sí determinada ciencia, necesita un órden lógico en la exposicion de esos conocimientos, sea para avanzar en via desconocida con los ya adquiridos, ó bien para lograr los beneficios de determinada aplicacion.

Teniendo por principal punto objetivo el conocimiento de las rocas, tanto en la enseñanza agrícola como en

otros ramos relacionados á la ingeniería, emprendemos desde el principio el estudio de la Litología, dándole la conveniente extension, sobre todo en la exposicion de los caracteres físicos de los minerales, á fin de que, preparado el alumno con ese conocimiento, pueda clasificar una especie mineral que le venga á las manos, de la misma manera que se clasifica una planta, sin que el botánico haya tenido necesidad de estudiar y conocer cada una de las especies que constituyen la flora de determinada comarca.

Para determinar las rocas es preciso conocer los elementos mineralógicos, y por esto se necesita estudiar algunos principios de Mineralogía, cuya extension y modo de estudio debe determinar el profesor.

En esta obra damos esos principios mineralógicos con la extension conveniente, y citamos con los principales detalles la descripcion de las especies necesarias para el estudio de las rocas: añadimos, como un complemento, otra descripcion compendiada de algunas especies industriales. En seguida viene el estudio de las principales rocas, comprendiendo la cita de sus caracteres, aplicaciones y modos de yacimiento.

A la segunda parte, que se refiere al estudio físico de la tierra y de las aguas, damos una extension conveniente en lo que toca á la descripcion, á las formas y todos los accidentes del terreno, y á lo relativo á las aguas continentales y marinas: estos conocimientos son muy útiles, no solamente por las diversas aplicaciones de que son susceptibles, sino tambien para que el explorador de una comarca, ó el ingeniero que describe ó avalúa una propiedad, dé á conocer todos los detalles que revelen el conocimiento perfecto de la localidad cuyo estudio se le ha confiado.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En la parte hidrológica nos hemos extendido lo necesario en la hidrografía subterránea, para dar elementos de estudio en una cuestion de tan vital importancia para México, como es el abastecimiento de aguas, pues la falta de este elemento indispensable de la vida es la ruina de muchas localidades del país. La investigacion de las aguas subterráneas es, pues, una necesidad apremiante á que todo explorador debe dedicar un cuidado muy especial.

En la Geología Histórica, parte la más amena de la ciencia, camina el observador con ansiedad comparable á la que experimenta el que hojea un libro cuya historia y desenlace le interesa de un modo extraordinario. La tierra en su conjunto es un gran libro: sus páginas están formadas por las capas terrestres, y los datos ó hechos de su historia se encuentran en los modos con que esas hojas se presentan, y en las marcas que en ellas dejaron los séres que han poblado la tierra en las diversas épocas de su existencia.

Este estudio, de un interes general tan importante, lo es tambien, y de un modo muy especial, para el país á que se aplica la observacion.

A este respecto es bueno advertir, que del estudio de la Geología Histórica en México conocemos muy poco en la actualidad: los materiales para ese conocimiento se encuentran en general dispersos en diversas obras, muchos inéditos, y en otros no se puede valuar la exactitud de sus deducciones.

Por esto solamente citarémos los hechos indispensables que puedan servirnos en la aplicacion que de México pueda hacerse en esa determinacion cronológica, y nos referirémos de preferencia á observaciones propias y á hechos publicados que hayan estado á nuestro alcance y cuya exactitud esté bien demostrada. La extension necesaria á tan importante estudio debe trasferirse para más tarde, cuando las comisiones exploradoras del país hayan dado á conocer un número de hechos bastante para el objeto.

En la Geología Dinámica, cuyo estudio es tambien ameno é interesante, hemos procurado darle muy marcada aplicacion local, para que este libro llene uno de sus principales objetos y á que ántes nos hemos referido.

Este es el conjunto de la obra. Se entiende que las descripciones de determinados accidentes geológicos, así como otras citas locales, no deben comprenderse en aquellas materias cuya referencia en una leccion se exija de un modo detallado y exacto, sino solamente en lo necesario para el conocimiento local y la aplicacion de la materia que se enseña. Reducido así el estudio de las diversas partes de esta obra, forma un conjunto de extension apropiada para un curso anual; y en este volúmen hemos procurado reunir los elementos necesarios á diversos ramos que, como hemos indicado, forman cada uno de ellos ciencias extensas, á las que podrá dedicarse con especialidad el lector que á ellas se aficione, y para cuyo estudio existen obras detalladas y de renombrados autores.

A fin de facilitar aun más la enseñanza, y sobre todo, el repaso de los diversos capítulos y párrafos de esta obra, ponemos al márgen de muchos de ellos algunas palabras que los extractan y recuerdan su contenido.

Al formar este libro de texto, hemos consultado varias obras, tomando de ellas lo necesario para la exposicion de los principios generales de la Geología y cien-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

cias anexas, y tambien para sus diversas aplicaciones: igualmente hemos adoptado algunas de las figuras que en esos libros se hallan insertas, y que en su mayor parte se ven en casi todos los textos de Geología.

Las obras que principalmente nos han servido en este sentido, son: J. D. Dana, Mineralogía, Litología y Geología. A. del Rio, Mineralogía. Vilanova y Piera, Manual de Geología y de Pozos artesianos. Burat, Mineralogía aplicada. Credner, Geología. Lapparent, Mineralogía. Ganot, Física. Paramelle, Hidrología.

Hemos aprovechado tambien las citas que sobre los minerales y fósiles de varias localidades han publicado algunos geólogos mexicanos, como los Sres. D. Antonio del Castillo y D. Santiago Ramírez.

En cumplimiento, pues, de la ley expedida por la Secretaría de Fomento, y con el deseo de cooperar al adelanto científico del país, escribimos este libro, que la misma Secretaría manda imprimir, esperando que nuestra buena intencion sirva para disculpar las omisiones, errores ó imperfecciones que debe contener.

INTRODUCCION.

Definicion y subdivisiones de la ciencia.

La Geología se ocupa del conocimiento de la Tierra en toda su extension; investiga su orígen y relacion con los cuerpos celestes; su naturaleza, su historia, las diversas creaciones que la han poblado, etc., á cuyo fin se divide en las cuatro secciones siguientes:

Se divide en cuatro partes.

1ª *Geología litológica*, que comprende el estudio de los materiales que forman la corteza terrestre.

2ª *Geología fisiográfica*, que se ocupa del aspecto físico de la Tierra, de sus accidentes, de las aguas y de la atmósfera.

3ª *Geología histórica*, que estudia lo relativo á las diversas épocas de la historia de la tierra y de las creaciones que la han poblado.

4ª *Geología dinámica*, que comprende lo relativo á los agentes que han contribuido y contribuyen aún en la formacion y alteracion de las rocas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

cias anexas, y tambien para sus diversas aplicaciones: igualmente hemos adoptado algunas de las figuras que en esos libros se hallan insertas, y que en su mayor parte se ven en casi todos los textos de Geología.

Las obras que principalmente nos han servido en este sentido, son: J. D. Dana, Mineralogía, Litología y Geología. A. del Rio, Mineralogía. Vilanova y Piera, Manual de Geología y de Pozos artesianos. Burat, Mineralogía aplicada. Credner, Geología. Lapparent, Mineralogía. Ganot, Física. Paramelle, Hidrología.

Hemos aprovechado tambien las citas que sobre los minerales y fósiles de varias localidades han publicado algunos geólogos mexicanos, como los Sres. D. Antonio del Castillo y D. Santiago Ramírez.

En cumplimiento, pues, de la ley expedida por la Secretaría de Fomento, y con el deseo de cooperar al adelanto científico del país, escribimos este libro, que la misma Secretaría manda imprimir, esperando que nuestra buena intencion sirva para disculpar las omisiones, errores ó imperfecciones que debe contener.

INTRODUCCION.

Definicion y subdivisiones de la ciencia.

La Geología se ocupa del conocimiento de la Tierra en toda su extension; investiga su orígen y relacion con los cuerpos celestes; su naturaleza, su historia, las diversas creaciones que la han poblado, etc., á cuyo fin se divide en las cuatro secciones siguientes:

Se divide en cuatro partes.

1ª *Geología litológica*, que comprende el estudio de los materiales que forman la corteza terrestre.

2ª *Geología fisiográfica*, que se ocupa del aspecto físico de la Tierra, de sus accidentes, de las aguas y de la atmósfera.

3ª *Geología histórica*, que estudia lo relativo á las diversas épocas de la historia de la tierra y de las creaciones que la han poblado.

4ª *Geología dinámica*, que comprende lo relativo á los agentes que han contribuido y contribuyen aún en la formacion y alteracion de las rocas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Aplicaciones de la Geología.

La Geología es una de las ciencias más importantes, por sus variadas y útiles aplicaciones: en el estudio que ahora emprendemos, harémos referencia especialmente á las relaciones de aquella ciencia con la agricultura, fijándonos de preferencia en la primera de las secciones mencionadas, y teniendo cuidado de referirnos á las rocas mexicanas, para dar al estudio un interes local.

Definicion de tierra vegetal.

Se da el nombre de *tierra vegetal*, *tierra arable* ó *cultivable* á la capa ó capas superficiales, y que están formadas de *detritus* ó fragmentos de otras rocas, mezclados en diferentes proporciones con sustancias orgánicas. En esas capas detríticas nacen y se desarrollan con más lozanía las plantas, y sus raíces toman los alimentos indispensables para las necesidades de la vida vegetal. La tierra no es un simple apoyo de las plantas, como se creyó por algun tiempo; muchos de los elementos de que se compone un terreno, tienen una influencia notable sobre la nutricion de los vegetales. De aquí viene la necesidad de conocer las tierras, examinar sus elementos, proveerlas de aquello de que carezcan, y neutralizar los efectos de algumos que les son nocivos, añadiendo en proporciones convenientes, las sustancias propicias para el objeto. Estas operaciones se designan en Agricultura con los nombres de abono y mejoramiento de los terrenos.

Medios de determinar los componentes de las tierras.

Para conocer los elementos de las tierras, recurre el cultivador al análisis químico, que ciertamente es el medio más seguro para el objeto; pero

el conocimiento mineralógico del terreno que trata de determinar, le dará gran luz sobre su naturaleza, y le expeditará las operaciones delicadas de la química.

Háse dicho que los terrenos cultivables están formados de *detritus* de varias rocas: si se conocen éstas, se tendrá igualmente conocimiento de las sustancias que forman sus componentes. Esto se aclarará fácilmente al definir las rocas y al clasificarlas, pues que se mencionará su orígen, su naturaleza y otras circunstancias que las darán á conocer con toda claridad.

Cómo se presentan en general las tierras cultivables.

Generalmente hablando, las tierras cultivables forman llanuras, laderas, ó cañadas rodeadas ó dominadas por montañas que se encuentran inmediatas á ellas ó situadas á grandes distancias.

Sedimentacion.

Las aguas pluviales, los vientos, etc., trituran las rocas de las montañas, las alteran y modifican en su naturaleza, y arrastran y depositan, en fin, los materiales así arrancados, formando las tierras arables, que por ese medio de formacion se les designa con el nombre de *rocas sedimentarias*, pues en Geología se llama *sedimentacion* al acto en que las aguas turbias depositan las sustancias que tienen en suspension; así se forma el fondo lodoso de un estanque, los arenales de los rios, etc. Al hablar del orígen de las rocas, se explicará con claridad este asunto, que por ahora basta sólo iniciar, para que se comprenda lo que es un terreno sedimentario.

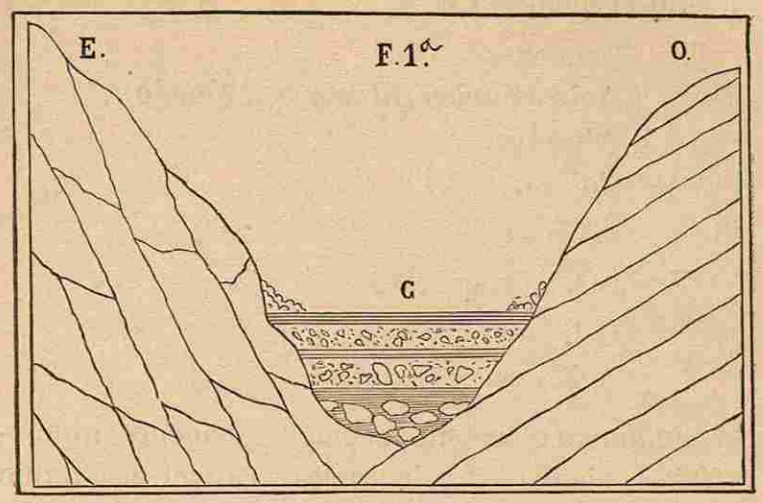
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La cita de ejemplos, en todo discurso, facilita mucho su inteligencia; y en el curso de esta obra se recurrirá con frecuencia á ese sistema.

Terreno en que se encuentra la Escuela N. de Agricultura.

El terreno en el cual está edificada la Escuela de Agricultura es un terreno sedimentario. En la parte superior pueden verse las capas ó lechos de tierras, y si se practica un pozo, un vallado ú otra excavacion, se verá en el corte del terreno una serie de zonas de distintos colores, que vienen á ser las secciones de las capas diferentes que están sobrepuestas unas á otras en un terreno sedimentario, como lo están las hojas de un libro. Más adelante se desarrollará este asunto, señalando la generalidad y las excepciones de que es susceptible.

No han sido prematuras estas ligeras nociones sobre la formacion sedimentaria, porque hay necesidad de referirse en esta introduccion á las tierras cultivables, y á la influencia que en su naturaleza y formacion tienen las rocas que constituyen las montañas inmediatas al terreno que se considera. Para mejor inteligencia de este asunto, ponemos á continuacion una figura que representa el corte vertical de un valle, y de las dos montañas que forman sus muros.



Corte de un valle.

Ejemplo de la formacion de un terreno cultivable.

A fin de presentar un ejemplo con la mayor claridad posible, supondrémos que la montaña E. es de pórfido cuarcífero, y la O. de calcita: en la composicion de la primera roca, es decir, de ese pórfido, dominan el ácido silícico ó cuarzo, y los silicatos de alumina, potasa y sosa, que se llaman *feldespatos*. En la montaña O. sólo se halla la calcita, que es un carbonato de cal natural. Para completar la explicacion de una formacion de tierra cultivable, supongamos además que en algunas llanuras ó montañas vecinas existan árboles y plantas herbáceas. Con estos elementos ó materiales, y atendiendo al trabajo incesante que ejercen los agentes atmosféricos, vamos á presenciar la formacion de un terreno que contenga los principales elementos de fertilidad.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En la montaña E.

Tenemos:
Acido silícico (libre y combinado).
Alumina.
Potasa.
Sosa.

En la O. se encuentra
Cal.
Acido carbónico.

Se toman en cuenta, además, los agentes atmosféricos, siendo los principales, para el efecto que vamos á citar, el aire, el ácido carbónico y el agua.

El ácido carbónico ataca al feldespato, forma carbonatos con la sosa y la potasa; parte de la siliza queda libre, y otra combinada con la alumina, formando arcilla; viene el agua pluvial, disuelve y lleva consigo los carbonatos alcalinos, y la siliza soluble; arrastra las arcillas y los granos libres de cuarzo que contenia el pórfido cuarcífero.

Por otra parte, el agua cargada de ácido carbónico disuelve el carbonato de cal de la montaña O., y ejerciendo tambien su accion puramente mecánica, arrastrará los fragmentos de pórfido y de carbonato de cal de ambas montañas, y cargada con los nuevos productos, y con esos materiales sin alteracion, llega al centro C. ó cañada del Valle, y allí los va depositando en capas sucesivas, lo mismo que á las hojas y otros despojos vegetales arrancados de aquellos lugares donde ya se hallaba establecida la vegetacion. Tendrémos, pues, en el centro C. del Valle: capas de granos de cuarzo, ó arenas cuarzosas, y de fragmentos más ó ménos gruesos de las rocas vecinas; capas de arcillas libres ó mezcladas á los detritus calcáreos, y constituyendo entónces las margas; fragmentos de hojas y demas materiales vegetales en diversos grados de alteracion; y en fin, las sustancias solubles, como la siliza, los carbonatos alcalinos, etc. Hemos considerado este caso en su mayor sencillez, haciendo abstraccion de otras circunstancias y otros compuestos minerales que pueden resultar en el caso de que nos ocupamos.

Importancia del conocimto. de las rocas.

De las anteriores consideraciones, se descubre la necesidad que tiene el agricultor de conocer perfectamente las rocas que constituyen los terrenos que explota, y las que forman las montañas vecinas y el subsuelo ó lecho sobre el que reposa la capa más superficial de la tierra cultivable.

Aplicaciones diversas de la Geología.

El conocimiento de las rocas que es tan útil al agricultor, lo es tambien al ingeniero civil, para elegir los mejores materiales de construccion, y al ingeniero de minas para esta misma aplicacion, y bajo el punto de vista geológico que le da á conocer, por decirlo así, la anatomía de la tierra, pudiendo determinar las leyes que las rocas y las vetas minerales tienen en su colocacion y yacimientos. Para el industrial, la Geología es un vas-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

to caudal de conocimientos, que en multitud de ocasiones puede utilizar.

Este libro será dividido en cuatro partes, correspondiendo cada una á las subdivisiones de la Geología que se han indicado ántes.

PRIMERA PARTE

LITOLOGÍA

NOCIONES DE MINERALOGÍA

CAPÍTULO I.

Generalidades sobre esta ciencia.

¿Qué se entiende por mineral?

Generalmente hablando se da el nombre de *minerales* á todos los cuerpos pertenecientes al reino anorgánico de la naturaleza, pero en el lenguaje científico se comprende en el mismo grupo á los combustibles fósiles. En las clasificaciones químicas se dividen los minerales en simples y compuestos, segun que estén formados de una sola ó de varias sustancias; así, el oro es un cuerpo simple porque no contiene más que el metal de ese nombre cuando está en su estado perfecto de pureza, y la sal comun es un cuerpo compuesto, porque se halla formada de cloro y de sodio. A los cuerpos formados por la reunion de varios simples que se hallen en proporciones indefinidas, sin sujetarse á las leyes de las combinaciones químicas, se les da el nombre de *mezclas*.

Cuerpos simples y cuerpos compuestos.

Mezclas.

A más de la acepcion que se ha indicado de la palabra *mineral*, se la usa tambien en el lenguaje científico, para designar cualquiera de esos cuerpos simples ó compuestos, cuando se les encuentra en su estado natural en la corteza terrestre. Una

Otra acepcion de la palabra mineral.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
ALERE FLAMMAM VERITATIS
UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

to caudal de conocimientos, que en multitud de ocasiones puede utilizar.

Este libro será dividido en cuatro partes, correspondiendo cada una á las subdivisiones de la Geología que se han indicado ántes.

PRIMERA PARTE

LITOLOGÍA

NOCIONES DE MINERALOGÍA

CAPÍTULO I.

Generalidades sobre esta ciencia.

¿Qué se entiende por mineral?

Generalmente hablando se da el nombre de *minerales* á todos los cuerpos pertenecientes al reino anorgánico de la naturaleza, pero en el lenguaje científico se comprende en el mismo grupo á los combustibles fósiles. En las clasificaciones químicas se dividen los minerales en simples y compuestos, segun que estén formados de una sola ó de varias sustancias; así, el oro es un cuerpo simple porque no contiene más que el metal de ese nombre cuando está en su estado perfecto de pureza, y la sal comun es un cuerpo compuesto, porque se halla formada de cloro y de sodio. A los cuerpos formados por la reunion de varios simples que se hallen en proporciones indefinidas, sin sujetarse á las leyes de las combinaciones químicas, se les da el nombre de *mezclas*.

Cuerpos simples y cuerpos compuestos.

Mezclas.

A más de la acepcion que se ha indicado de la palabra *mineral*, se la usa tambien en el lenguaje científico, para designar cualquiera de esos cuerpos simples ó compuestos, cuando se les encuentra en su estado natural en la corteza terrestre. Una

Otra acepcion de la palabra mineral.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
ALERE FLAMMAM VERITATIS
UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

especie mineral ó individuo mineralógico, es cualquiera de esos cuerpos cuando se halla cristalizado ó presentando caracteres y composicion constantes.

Lo que se entiende por Mineralogía.

La Mineralogía, en toda su extension, es la ciencia que se ocupa de estudiar los minerales, dando á conocer sus propiedades físicas y químicas, sus *yacimientos* ó criaderos y sus aplicaciones útiles.

Ventajas del estudio mineralógico.

Los minerales se definen por su composicion química; ella los individualiza, por decirlo así, pero una vez determinada una especie, no hay necesidad de analizarla cada vez que se trata de reconocerla, pues con ayuda de sus caracteres físicos se la puede distinguir. En algunos casos se recurre á ligeras operaciones químicas, como son las reacciones al soplete; pero éstas son más bien comprobaciones y se practican con gran prontitud y facilidad.

Aquí se manifiesta una de las grandes ventajas de la Mineralogía, pues reconocido un mineral por esos caracteres físicos, fácil es recordar cuáles elementos y en qué proporcion se encuentran en su composicion; así, al señalar el *espato fluor* ó *fluorina*, se sabe que existen en cien partes 51.85 de calcio, y 48.15 de fluor.

Importancia de los caracteres físicos.

Los caracteres físicos, aunque generales á muchos minerales, forman combinaciones que distinguen perfectamente á las especies fijas. La blenda, por ejemplo, cristaliza en el primer sistema como muchos minerales; como otros, es de color pardo, tiene lustre de diamante, etc., pero las circunstancias asociadas en ella, de esa forma cristalina, color, lustre y demas, la distinguen con facilidad.

Ponemos á continuacion una tabla general donde pueden verse los principales caracteres físicos, y desde ahora advertimos que los más fijos é importantes son los cristalográficos ó referentes á las formas geométricas.

CUADRO DE LOS CARACTERES FISICOS DE LOS MINERALES.

Cuadro de los caracteres físicos.

- Caracteres físicos referentes á
  - Agregacion.
    - Estado gaseoso.
    - Estado líquido.
    - Estado sólido.
      - Minerales amorfos....
        - Compactos. { Figuras imitativas.
        - Pulverulentos.
      - Minerales cristalinos
        - Figuras geométricas.
        - Masas cristalinas.
        - Cruceros.
      - Textura de los minerales.
      - Fractura de los minerales.
      - Dureza.. Comparada con los tipos de la escala.
  - Densidad..... Relativa á igual volúmen de agua.
  - Color.
  - Brillo.
  - Trasparencia.
  - Refraccion y polarizacion.
  - Fosforescencia.
  - Fluorescencia.
  - Electricidad.
  - Magnetismo.

Cada uno de los caracteres indicados en esta tabla, será definido en particular, dando á su estudio la extension necesaria para el objeto que nos ocupa.

Debemos advertir que en la descripcion de los minerales nos fijarémos de preferencia en aquellos cuyo conocimiento es indispensable para el estudio de las rocas, así como en otros que puedan servir más directamente en algunas aplicaciones industriales.

Si bien no es posible dar en esta parte de la obra un curso extenso y completo de Mineralogía, con el conocimiento de las nociones preliminares y con la práctica de las descripciones que se citan, podrá el lector clasificar cualquiera especie mineral, estudiando sus caracteres conforme á las reglas aquí establecidas y consultando una obra general de Mineralogía. Para este caso nos permitimos recomendar la obra del profesor James D. Dana, que á un método conciso y claro en las descripciones, reune una cita de las más completas que se han publicado sobre las especies mineralógicas.

Siendo los caracteres que vamos á definir, los elementos y recursos necesarios para reconocer y determinar los minerales,

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

recomendamos muy especialmente su estudio: son esos caracteres comparables por su importancia, á las letras, sin cuyo conocimiento previo no es posible formar palabras ni practicar la lectura.

CAPÍTULO II

DEL ESTADO DE AGREGACION.

Estado de los cuerpos.

Tres son los estados físicos de los cuerpos: *sólido*, *líquido* y *gaseoso*. Del primero nos ocuparémos con más detencion, por ser el que corresponde especialmente á los minerales que vamos á estudiar: pocos son los que se consideran pertenecientes al estado líquido, como el mercurio entre los metales, los aceites y betunes entre los combustibles minerales, etc., y harémos abstraccion de los cuerpos gaseosos, como el ácido carbónico, y otros, por estar perfectamente estudiados en la Química general.

Cuerpos amorfos. Cuerpos cristalizados.

Agrupamos los cuerpos sólidos en dos secciones principales que comprenden los *amorfos* y los *cristalizados*.

§ I.

Cuerpos amorfos.

Cuáles son los amorfos.

Los cuerpos amorfos no presentan figuras geométricas, y para definirlos buscarémos algunas semejanzas entre sus figuras particulares y las de algunos cuerpos muy conocidos, para que se presente con facilidad á la memoria esa comparacion, como por ejemplo, la *malaquita* ó carbonato verde de cobre, que á veces se encuentra formando masas esferoidales más ó ménos completas, y entónces se dice que se presenta *en figura globosa*, etc.

Su definicion por figuras imitativas.

Para facilitar este estudio agruparémos las figuras de cada órden, de la manera siguiente:

Clasificacion de las figuras.

A. *Minerales que no presentan figuras imitativas bien definidas.* *En masas.* Cuando están en pedazos irregulares como un fragmento de mármol. *En pedazos esquinados*, como fragmentos pequeños que se separan al labrar una roca. *En granos*, fragmentos relativamente pequeños y por lo regular arredondados, como se observa en la arena. Cuando un mineral se halla desparramado, por decirlo así, ó incrustado en otro, se le llama *diseminado;* así, cuando en una masa de calcita ó carbonato de cal se ven algunas masas pequeñas de galena, esparcidas é incrustadas en el carbonato, la galena está diseminada, y el otro mineral se llama la *matriz* ó *ganga* de la última.

A. Minerales sin figuras indeterminables. MASAS. Pedazos esquinados. GRANOS.

Diseminados.

Qué se entiende por matriz.

B. *Minerales en figuras ensanchadas.* Cuando una sustancia se halla formando una capa sobre otra, y que tenga un espesor de medio milímetro á dos ó tres milímetros, se la llama *figura en chapas*, como por ejemplo, las láminas de cobre nativo sobre su matriz. Si la lámina es de menor espesor se la llama *pegadura*, y si es más gruesa que tres milímetros, ya se la puede considerar como una *masa*. Aquí debe considerarse tambien la *figura dendrítica*, que la constituyen agrupamientos de pequeños cristales ó pegaduras colocados en cierto órden figurando ramificaciones de árboles. Ejemplo: los dibujos que forma el óxido de manganeso sobre las rocas, simulando frondas de helechos.

B. Minerales en figuras ensanchadas. Chapas. Pegaduras. Dendritas.

C. *Figuras concrecionadas.* Se comprenden en este grupo las de los minerales que generalmente están constituidos por capas sobrepuestas: agregarémos aquí algunos que aunque de constitucion diferente, tienen analogías de forma general con los verdaderamente concrecionados. *Figura arriñonada*, formada de cascos de esferas de diversos diámetros: ejemplo, la hematita. *Globosa*, en partes de esferas más desarrolladas. *Coagulada*, la que está formada de partes esferoidales aplanadas. En *racimos*, cuando se encuentran varias partes esferoidales sobrepuestas. Si éstas parten de un tronco comun, dirigiéndose en varios sentidos, se llama *figura de coliflor*.

C. Figuras concrecionadas. Arriñonadas. Globosa. Coagulada. Racimos. Coliflor.

Si las figuras son más ó ménos rectas y alargadas, se las llama

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ® DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

recomendamos muy especialmente su estudio: son esos caracteres comparables por su importancia, á las letras, sin cuyo conocimiento previo no es posible formar palabras ni practicar la lectura.

CAPÍTULO II

DEL ESTADO DE AGREGACION.

Estado de los cuerpos.

Tres son los estados físicos de los cuerpos: *sólido*, *líquido* y *gaseoso*. Del primero nos ocuparémos con más detencion, por ser el que corresponde especialmente á los minerales que vamos á estudiar: pocos son los que se consideran pertenecientes al estado líquido, como el mercurio entre los metales, los aceites y betunes entre los combustibles minerales, etc., y harémos abstraccion de los cuerpos gaseosos, como el ácido carbónico, y otros, por estar perfectamente estudiados en la Química general.

Cuerpos amorfos. Cuerpos cristalizados.

Agrupamos los cuerpos sólidos en dos secciones principales que comprenden los *amorfos* y los *cristalizados*.

§ I.

Cuerpos amorfos.

Cuáles son los amorfos.

Los cuerpos amorfos no presentan figuras geométricas, y para definirlos buscarémos algunas semejanzas entre sus figuras particulares y las de algunos cuerpos muy conocidos, para que se presente con facilidad á la memoria esa comparacion, como por ejemplo, la *malaquita* ó carbonato verde de cobre, que á veces se encuentra formando masas esferoidales más ó ménos completas, y entónces se dice que se presenta *en figura globosa*, etc.

Su definicion por figuras imitativas.

Para facilitar este estudio agruparémos las figuras de cada órden, de la manera siguiente:

Clasificacion de las figuras.

A. *Minerales que no presentan figuras imitativas bien definidas.* *En masas.* Cuando están en pedazos irregulares como un fragmento de mármol. *En pedazos esquinados*, como fragmentos pequeños que se separan al labrar una roca. *En granos*, fragmentos relativamente pequeños y por lo regular arredondados, como se observa en la arena. Cuando un mineral se halla desparramado, por decirlo así, ó incrustado en otro, se le llama *diseminado;* así, cuando en una masa de calcita ó carbonato de cal se ven algunas masas pequeñas de galena, esparcidas é incrustadas en el carbonato, la galena está diseminada, y el otro mineral se llama la *matriz* ó *ganga* de la última.

A. Minerales sin figuras indeterminables. MASAS. Pedazos esquinados. GRANOS.

Diseminados.

Qué se entiende por matriz.

B. *Minerales en figuras ensanchadas.* Cuando una sustancia se halla formando una capa sobre otra, y que tenga un espesor de medio milímetro á dos ó tres milímetros, se la llama *figura en chapas*, como por ejemplo, las láminas de cobre nativo sobre su matriz. Si la lámina es de menor espesor se la llama *pegadura*, y si es más gruesa que tres milímetros, ya se la puede considerar como una *masa*. Aquí debe considerarse tambien la *figura dendrítica*, que la constituyen agrupamientos de pequeños cristales ó pegaduras colocados en cierto órden figurando ramificaciones de árboles. Ejemplo: los dibujos que forma el óxido de manganeso sobre las rocas, simulando frondas de helechos.

B. Minerales en figuras ensanchadas. Chapas. Pegaduras. Dendritas.

C. *Figuras concrecionadas.* Se comprenden en este grupo las de los minerales que generalmente están constituidos por capas sobrepuestas: agregarémos aquí algunos que aunque de constitucion diferente, tienen analogías de forma general con los verdaderamente concrecionados. *Figura arriñonada*, formada de cascos de esferas de diversos diámetros: ejemplo, la hematita. *Globosa*, en partes de esferas más desarrolladas. *Coagulada*, la que está formada de partes esferoidales aplanadas. En *racimos*, cuando se encuentran varias partes esferoidales sobrepuestas. Si éstas parten de un tronco comun, dirigiéndose en varios sentidos, se llama *figura de coliflor*.

C. Figuras concrecionadas. Arriñonadas. Globosa. Coagulada. Racimos. Coliflor.

Si las figuras son más ó ménos rectas y alargadas, se las llama

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ® DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Cilíndricas. Tubulosas. Estalactitas. Mazas.

cilíndricas, cuando tienen el mismo diámetro en toda su longitud: *tubulosas*, si además de esa circunstancia son huecas: *estalactitas* cuando tienden á la forma cónica: en *mazas* si la figura es irregular y más aumentada en su extremo superior.

D. Figuras fibrosas.

D. *Figuras fibrosas.* Comprendemos aquí todas las que están compuestas de fibras regulares é irregulares, gruesas ó delgadas. Se llama *filamentosa* á la figura cuando presenta fibras largas y delgadas, y si se mezclan en varios sentidos, como una madeja, se designa con el nombre de *fieltro:* ejemplo, la plata nativa. Si las fibras son en extremo delgadas se las llama *capilares.*

Filamentosa. Fieltro. Capilares. Denticular. Reticular. Celosías.

Denticular, es la figura gruesa por la parte en que está adherida y aguda en su extremo libre: *reticular* cuando las fibras se cruzan en ángulos de 90°, y *celosías* cuando lo verifican en ángulos de 60.

Figuras ahuecadas. Celular. Ojosa. Ampollosa.

E. *Figuras con huecos é impresiones.* Si son láminas las que se cruzan, se da el nombre de *celular* á la figura que resulta; *ojosa* cuando tiene cavidades arredondadas; *ampollosa* con cavidades esféricas.

Impresiones.

Se llaman impresiones á las huellas que dejan algunos minerales sobre otros, quedando en éstos el molde ó parte ahuecada.

Minerales pulverulentos.

Los minerales pulverulentos se definen en su conjunto por el aspecto general, ó en particular describiendo los granos ó partículas de que se hallan compuestos.

Generalidad de las figuras imitativas.

La referencia por figuras imitativas que acaba de citarse, se puede pormenorizar siguiendo el mismo método de comparacion. Así, al referirse á la figura celular, se expresará si los espacios encerrados por los planos que se cruzan son tetraédricos, arredondados, etc.; si las figuras globosas tienden á la forma elipsoidal, y así se procederá con las partes de las figuras imitativas generales.

§ II.

Cristalografía.—Generalidades.

Cuerpos cristalizados. Definicion de la voz Cristalografía.

Pasamos ahora á ocuparnos de los cuerpos cristalizados.

Dáse el nombre de Cristalografía á la ciencia que se ocupa del estudio de esas figuras geométricas de los minerales.

Cuáles son los cristales.

En el lenguaje vulgar se da el nombre de cristales ó cuerpos cristalinos á los que, como el vidrio, son trasparentes y de colores claros; en Mineralogía se hace abstraccion de la trasparencia y del color, y se llaman cristales á los cuerpos de figuras geométricas limitados por caras ó planos colocados ordenadamente, respecto de ciertas líneas llamadas ejes; cuando las formas geométricas no están bien desarrolladas, pero que se manifiestan las tendencias á la cristalizacion por la existencia de planos colocados ó interrumpidos por secciones tambien ordenadas de alguna manera, entónces se da el nombre de *cuerpo cristalino* al que presenta esos caracteres. Los cuerpos cristalinos y los cristalizados presentan ciertas direcciones en que se parten ó separan con más facilidad y regularidad que en otras; á estas direcciones se les llama cruceros ó *clivages*, cuya palabra deriva del idioma frances [*clivage*] ó division cristalográfica. Los cruceros tienen diversas posiciones en los cristales; pueden existir paralelos á los ejes, á las diagonales, á las caras, etc.

Cuerpos cristalinos.

Cruceros ó clivages.

Elementos de los cristales.

Las partes ó elementos que se consideran en los cristales son los siguientes:

Caras.

Caras ó planos que los encierran.

Aristas.

Aristas, líneas de interseccion de los planos.

Ángulos sólidos.

Ángulos sólidos: los que forman las caras en su encuentro; se les llama tambien esquinas, y clasificados dichos ángulos sólidos por el número de planos que los forman, se les da los nombres de diedros y poliedros, segun que consten de dos ó más caras.

Ejes.

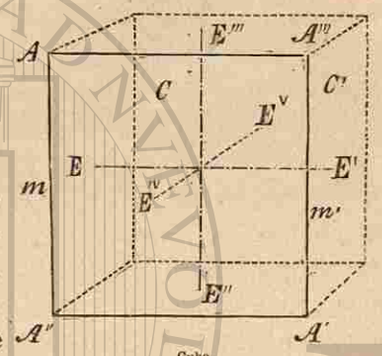
Ejes de los cristales son ciertas líneas que se supone pasan por su centro y terminan en el medio de dos elementos análo-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Elementos de un cristal.

gos y opuestos, como en dos caras, dos aristas ó dos esquinas. Para mayor claridad de lo expuesto, supongamos que tenemos á la vista un *cubo* ó *dado* que podemos clasificar como tipo de un cristal sencillo y perfecto.

F. 2ª



Cubo.

Los elementos cristalográficos de este sólido son los siguientes:

Caras: C C′ C″.....

Aristas: m m′ m″.....

Esquinas: A A′ A″

Ejes: E E′ E″ E‴..... Estos son ejes de caras, porque terminan en los medios de los planos del cristal.

Para hacer la aplicacion de la ley de simetría, que citarémos más adelante, deben observarse los elementos de los cristales relacionados unos con otros y tambien comparados entre sí, para determinar cuáles son de cierto género y buscar los análogos que les sean iguales, así como señalar los elementos que estén arreglados en cierta posicion respecto de alguno que se tome por guía, como un eje por ejemplo, y buscar en seguida cuáles les son homólogos.

Conviene observar la posicion, magnitud y otras circunstancias de esos elementos, así como sus iguales y homólogos.

Elegido el eje principal, como se dirá despues, se verá cuáles caras ó aristas concurren en sus extremos, las que se llamarán *terminales* ó *de apuntamiento*, considerándose como *laterales* ó *prismáticas* las que sean paralelas al eje principal. Cuando una sola cara es en la que termina el eje principal, se le llama *base*, y sus aristas se les llama tambien de la base.

Caras y aristas terminales, laterales y bases.

Las esquinas se clasifican con relacion á la naturaleza de sus aristas, y se llaman *uniaristadas*, *biaristadas*, etc., segun que tengan una, dos ó más especies de aristas.

Clasificacion de aristas.

Un cristal simple ó perfecto seria como el *cubo* que hemos citado de ejemplo: en él están sus diversos elementos, *caras*, *aristas* y *ángulos* en su estado de pureza, y así pueden presentarse muchos cristales, pero sucede tambien que esos elementos se encuentran cortados ó interrumpidos por otros, á cuyos accidentes se les llaman *modificaciones*. Para mayor claridad supongamos que en un cubo cortamos verticalmente una de sus aristas; se trasformará ésta en un plano vertical en vez de una línea. Consideraciones análogas pueden hacerse con los otros elementos.

Modificaciones.

Esas modificaciones tienen nombres particulares:

Truncamiento: es la sustitucion de un plano á un ángulo ó á una arista.

Truncamiento.

Biselamiento: es la modificacion producida por dos planos á uno de los elementos.

Biselamiento.

Apuntamiento: es la modificacion ocasionada por tres ó más planos.

Apuntamiento.

Por estas modificaciones se derivan cristales que siempre están sujetos á sus respectivos sistemas ó grupos cristalinos de que hablarémos adelante.

Esas modificaciones de los cristales no se verifican al acaso, sino conforme á las leyes de la cristalografía, y especialmente la que se llama *ley de simetría*, que puede enunciarse así: *Las modificaciones ó accidentes que se efectúan sobre determinado elemento de los cristales, afectan de igual manera á todos los elementos de la misma especie que el modificado.*

Ley de simetría.

Por consiguiente, si en un prisma que tiene cuatro aristas de una misma especie debiera cortarse una de ellas, aparecerian las cuatro con el mismo accidente.

Teniendo presente esa ley de simetría, es muy fácil reconocer las modificaciones que sufren los cristales, y de ellas nos ocuparémos en las páginas siguientes; mas ántes de entrar en esas consideraciones, darémos á conocer algunos nombres con que se distinguen ciertos casos que presentan los cristales.

Se llama *forma primitiva* á la del cristal tipo de cada sistema y que es la más sencilla de su clase; *formas derivadas* son las que provienen de las modificaciones de aquella. En general, y salvo pocas excepciones, los cristales obtenidos por tres cruceros se consideran como formas primitivas.

Formas primitivas y derivadas.

Generalmente los cristales se asocian conservando paralelos sus ejes principales, pero en algunos casos se inclinan en diversas

Cruzamientos y agrupamientos de cristales.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

direcciones resultando agrupamientos y aun penetraciones de los mismos cristales; así se definen esos grupos diciendo que se hallan dispuestos en rosas, si irradian de un centro comun, ó entremezclados de diversos modos. Para indicar la penetracion de unos cristales en otros hay en frances la palabra *Macle* que se ha adoptado en otros idiomas. Este fenómeno puede verificarse entre dos ó en mayor número de cristales; como ejemplo del primer caso debe citarse la *estaurolita*, llamada tambien *piedra de cruz*, á causa de su figura: de penetraciones de cristales, en mayor número, hay muchos ejemplos que referir, siendo muy notable el que presenta la pirita prismática en la que se asocian varios cristales. En estos casos aparecen á veces muy deformados los cristales, presentando ángulos entrantes; pero una observacion atenta pone de manifiesto el orígen de esas anomalías.

Hemitropía.

Llámase *hemitropía* al agrupamiento de dos medios cristales segun su eje mayor, y cuyas mitades se colocan en sentido inverso, es decir, el extremo inferior del uno va á corresponder al superior del otro, y recíprocamente. La hemitropia puede considerarse como un cristal único dividido por su medio y en el cual se hace girar una mitad para invertirse sobre la otra. En los cristales hemítropos se presentan frecuentemente ángulos entrantes; pero en algunos casos el cristal parece completo, sin este accidente, y para reconocer la hemitropia hay necesidad de recurrir al estudio de los cruceros ó de los fenómenos ópticos.

Epigenia.

Se llama *epigenia* al resultado de la sustitucion de una sustancia en otra que estaba cristalizada, y por consiguiente la forma que toma la primera no es propia ni debida al efecto de la cristalizacion, sino más bien á un amoldamiento: así aparece en cubos el óxido de hierro formado por alteracion de la pirita.

Figuras hemiedras.

En fin, se llaman *hemiedras* á las figuras que parecen como mitades de otras; así el tetraedro es la mitad del octaedro. Este accidente llamado *hemiedría*, se verifica conforme á la siguiente ley: las caras alternas, los pares de caras y los grupos de caras, tambien alternos, de una figura *holoedra* ó completa, crecen, haciendo desaparecer los otros, siendo las mitades figuras cerradas. Las figuras hemiedras son de caras paralelas ú oblícuas.

Ley de la hemiedría.

Dimorfismo.

Hay que advertir, ántes de pasar adelante, que algunas sustancias tienen la propiedad de cristalizar en dos formas diferentes, y entónces se las llama *dimorfas* ó *polímorfas*, y ese fenómeno se designa con el nombre de *dimorfismo*.

Medida de los ángulos.

Para medir los ángulos de los cristales, es decir, las inclinaciones respectivas de sus caras, se hace uso de los instrumentos llamados *goniométros*.

Goniómetros.

Los más usados son el de *aplicacion* y el de *reflexion*.

Goniómetros de aplicacion.

El primero consiste en un semicírculo graduado cortado por un diámetro: en el centro hay una alidada móvil que lleva un *nonius* para leer las partes de los grados. Esta alidada se coloca contra una de las caras del cristal por medir, y la otra se aplica tangencialmente al diámetro del círculo: la amplitud del ángulo se lee en la graduacion atendiendo á la posicion de la alidada.

Goniómetros de reflexion.

El método para usar el goniómetro de reflexion consiste en colocar el cristal en una posicion conveniente para ver, por reflexion, la imágen de cualquier objeto en una de las caras del ángulo diedro que se va á medir: en seguida se mueve el círculo vertical, graduado, del instrumento hasta que la otra cara reciba la misma imágen refleja; el espacio recorrido por el círculo da el valor del ángulo.

Sin poder detenernos en descripciones detalladas, sólo anunciamos los modos de usar esos goniómetros; pero el lector que quiera especializarse en la cristalografía, tiene que recurrir á las obras particulares sobre esta ciencia.

Sistemas cristalinos.

Pasamos á ocuparnos de los sistemas cristalinos: se llaman así ciertos agrupamientos que se forman para facilitar el estudio de los cristales.

Seis sistemas de cristales.

Los sistemas son seis solamente, y en ellos están comprendidos todos los cristales conocidos.

Primer caso. Ejes perpendiculares. Segundo caso. Ejes oblícuos.

Para agrupar así esos sólidos, se han tomado por basé las posiciones y longitudes relativas de sus ejes. Siendo tres los ejes de caras de que se habló ántes, pueden presentar los casos siguientes: 1º que los ejes sean perpendiculares entre sí; 2º que sean oblícuos. En el primer caso, como en el segundo, puede suceder que los tres ejes sean iguales, que sólo dos, ó que los tres

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ® DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Longitud relativa de los ejes en ambos casos.

sean diferentes en longitud. De estas diversas consideraciones resulta la clasificacion de los cristales en los seis sistemas siguientes:

Primer caso: ejes perpendiculares.

Primer sistema y su sinonimia.

Primer sistema. Tres ejes iguales.

Sinonimia. Sistema cúbico, monométrico, regular, teseral, etc.

Segundo idem.

Segundo sistema. Dos ejes iguales y el tercero diferente.

Sinonimia. Sistema cuadrado, dimétrico, piramidal, etc.

Tercer idem.

Tercer sistema. Tres ejes diferentes.

Sinonimia. Sistema rombal recto, prismático, ortorómbico, etc.

Segundo caso: ejes oblícuos.

Cuarto idem.

Cuarto sistema. Ejes iguales.

Sinonimia. Sistema romboédrico, exagonal, etc.

Quinto sistema y su sinonimia.

Quinto sistema. Dos ejes iguales y otro diferente.

Sinonimia. Sistema rombal oblícuo, monoclínico, etc.

Sexto idem.

Sexto sistema. Tres ejes diferentes.

Sinonimia. Sistema rombal no simétrico, triclínico, etc.

Estas consideraciones podemos expresarlas gráficamente así:

PRIMERA SECCION: EJES RECTANGULARES.

Primer caso ||| Segundo || | Tercero | ||

SEGUNDA SECCION: EJES OBLÍCUOS.

Primer caso \\\ Segundo \\ | Tercero \ ||

Eleccion de la forma primitiva.

Como debe comprenderse, tomarémos por tipo de cada sistema cristalino la figura más sencilla, la formada por seis caras sin modificacion alguna, constituyendo el prisma simple del sistema que se considera. Esa uniformidad de eleccion facilita y compendia en extremo el estudio de los cristales.

Vamos á ocuparnos en particular de cada uno de esos sistemas, advirtiendo que sólo considerarémos algunos casos, á fin

de enseñar el medio de estudiar todos los que ocurran en cada grupo, y que el lector podrá definir.

Colocacion de los cristales. Eje principal.

Debe observarse que al estudiar un cristal, se colocará frente al observador, de modo que si hubiere un eje más largo quede su posicion vertical, y á éste se le considerará como *eje principal*. Se llamará entónces *zenit* al extremo superior y *nadir* al opuesto: las caras laterales se citarán con referencia á su posicion respecto á los puntos cardinales.

Zenit y nadir.

Notaciones particulares.

Tambien es bueno advertir que á veces se usan las siguientes notaciones, para indicar los elementos de los cristales. Cuando las caras primitivas son todas de una misma especie como en el cubo y en el romboedro, se señalan con la letra P; en el prisma recto de base cuadrada y en el oblícuo de base rombal, las bases se designan por la misma letra P y las caras del prisma por M. En el prisma del tercer sistema así como en el sexto, las bases se designan siempre por P y las caras prismáticas, que son de dos especies, por M y por T. Los ángulos que pueden ser de una, dos, tres ó cuatro especies, se señalan por las letras A, E, I, O. Las aristas de las bases se citan con las consonantes B, C, D, F, y las del prisma por G. y H.

Se usan letras minúsculas para indicar las caras derivadas sobre los ángulos ó sobre las aristas señaladas por las mayúsculas respectivas: los índices 1, 2, 3, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, que se acompañan á las minúsculas, indican los valores de los ángulos, ó el decrecimiento que se supone ha determinado ese valor: por ejemplo a^2 $a^{\frac{1}{2}}$ señalan decrecimientos sobre el ángulo A y b^2 sobre la arista B.

Comprendidas estas advertencias, pasamos á ocuparnos de cada uno de los sistemas indicados.

Primer sistema cristalino.

Primer sistema cristalino.

Para el estudio de este sistema tomamos como tipo al cubo, que presenta los siguientes elementos cristalográficos:

Elementos del cubo.

Caras: seis iguales.

Esquinas: ocho iguales.

Aristas: doce iguales.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

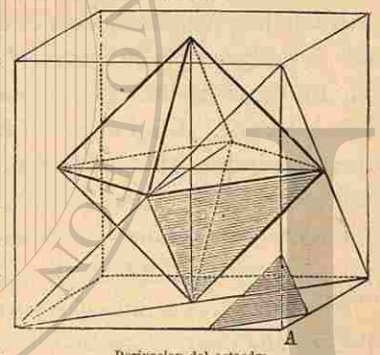
Conocidos esos elementos, veamos cómo puede modificarse el cristal en cuestion, conforme á la ley de simetría, ántes citada.

Modificaciones sobre los ángulos.

Si truncamos uno de los ángulos sólidos, como todos ellos son iguales, la ley de la simetría exige que todos sufran el mismo accidente, y resultarán ocho caras triangulares en vez de ocho esquinas. Como esos triángulos pueden crecer segun la magnitud del truncamiento, se presentará el caso de que los lados de los triángulos lleguen á tocarse, y entónces resulta un sólido limitado por ocho triángulos equiláteros y que se llama *octaedro regular*. En la figura 3 se ve el cubo, un truncamiento iniciado A, y el octaedro ya formado en el centro.

Derivacion del octaedro regular.

F. 3ª

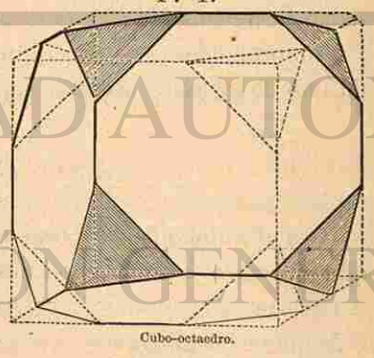


Derivacion del octaedro.

Figuras compuestas; cubo-octaedros, etc.

Cuando las caras triangulares no están bien desarrolladas, resultan cubos con esquinas truncadas y se les llama *cubo-octaedros*, cuyo nombre indica una combinacion de ambas figuras. Si en un octaedro se ven poco desarrolladas las caras cuadradas pertenecientes al cubo, se le considerará tambien como una combinacion *en que domina el octaedro*. Este mismo sistema de definicion se usará con todas las formas compuestas, teniendo cuidado de examinar las diferentes partes que se noten de otros cristales.

F. 4ª



Cubo-octaedro.

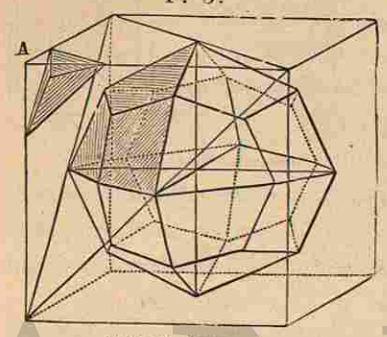
Modificaciones por apuntamiento.

Consideramos ya el caso de un simple truncamiento. Supongamos que se coloca un plano que tenga una inclinacion cualquiera sobre una de las caras; como son tres las que forman la esquina, exige la simetría que sobre las dos restantes se coloquen planos con aquella

inclinacion. Resultará entónces lo que hemos llamado apuntamiento, y éste tendrá que efectuarse sobre las ocho esquinas, puesto que son iguales. Se iniciarán así 24 caras, que si se desarrollan suficientemente, producirán el sólido marcado en el interior de la figura número 5 y el cual se llama *trapezoedro* por ser trapezoidales las caras que lo encierran. Variando como pueden variarse las inclinaciones de los planos, se concibe que pueden originarse muchos trapezoedros. Se comprende tambien con facilidad que pueden variar en número las *facetas* ó caras de los apuntamientos.

Derivacion del trapezoedro.

F. 5ª

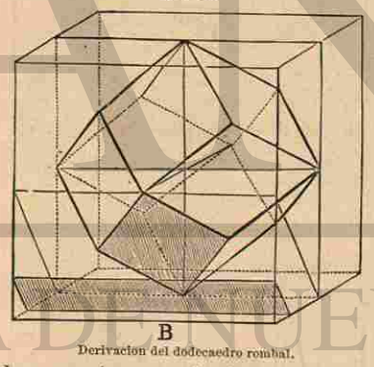


Derivacion del trapezoedro.

Vamos ahora á examinar las modificaciones sobre las aristas. Usando métodos análogos á los anteriores, modificarémos primero una arista (B) como se ve en la figura 6, por un plano *igualmente inclinado á las caras adyacentes*. Todas las aristas sufrirán el mismo accidente, puesto que son iguales y quedarán sustituidas por doce caras. Si se desarrollan suficientemente resultará la figura encerrada en la número 6 y la cual se llama *dodecaedro rombal regular*. En el caso de que las caras sean poco extensas, resultarán cubos con truncamientos, ó más bien, combinaciones de cubos con aquella especie de dodecaedro.

Modificaciones sobre las aristas.

F. 6ª



Derivacion del dodecaedro rombal.

Derivacion del dodecaedro romboidal regular.

Si en vez de truncamientos se efectúan biselamientos sobre las aristas, resultará un número de caras doble del caso anterior y serán entónces sólidos de veinticuatro caras los procedentes de esa alteracion. Desarrolladas suficientemente las caras, resultará el *hexatetraedro*, que parece un cubo con una

Modificaciones por biselamiento sobre las aristas.

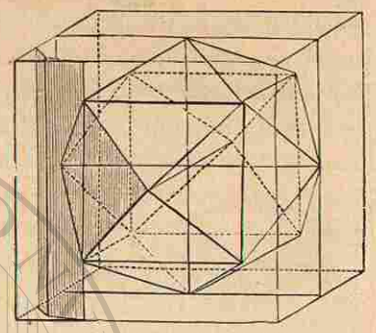
Derivacion del hexatetraedro.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

pirámide en cada una de sus caras. Examinadas esas clases de modificaciones, se tiene ya la clave para reconocer los accidentes que puedan presentar los cristales del primer sistema: réstanos ahora hablar de aquellos casos que parecen sustraerse á la ley de la simetría, pero que siempre pertenecen al sistema regular de que nos estamos ocupando. Dijimos ya lo que debia entenderse por hemi-edría, y ahora repetimos que se comprenden en ella aquellos cristales que parecen mitades simétricas de otros. En esta ocasion es fácil comprender el modo de formacion de esos cristales, que consiste en suponer que sólo se desarrollan las caras alternas ocultando las intermedias. Si al formarse el octaedro por las modificaciones que indicamos en su caso, pero sólo creciendo as caras dos á dos, en vez del ocho resultaran cuatro, ó su mitad, y queda un sólido que se llama *tetraedro*, cuya generacion se ve en las figuras 8 y 9; se comprende igualmente que la reunion de dos tetraedros formaria un octaedro del primer sistema.

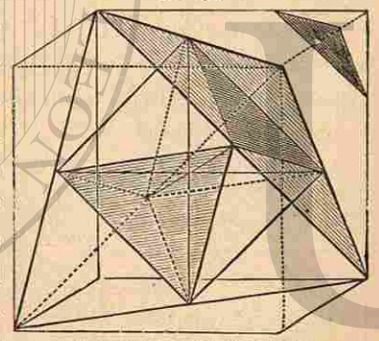
Formas hemiedras del primer sistema.

F. 7ª



Derivacion del tetraquishexaedro.

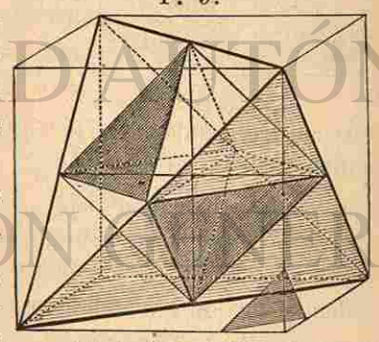
F. 8ª



Derivacion del tetraedro á la izquierda.

Derivacion del tetraedro.

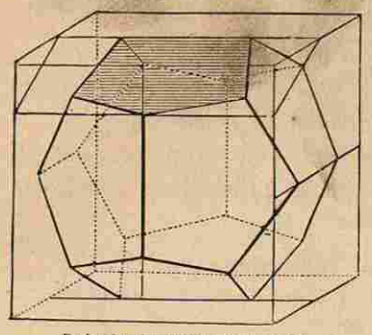
F. 9ª



Derivacion del tetraedro á la derecha.

El sólido que designamos con el nombre de exatetraedro, puede producir otro cristal, por caso de hemi-edría, suponiendo que la mitad de sus

F. 10ª

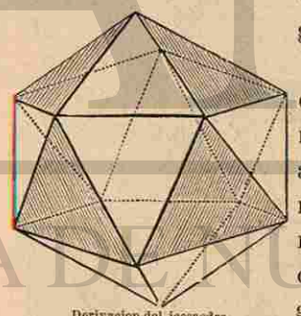


Derivacion del dodecaedro pentagonal.

caras se desarrollan dos á dos, y entónces resulta otro dodecaedro diferente del que ántes señalamos y se ve en la figura 10: las caras del nuevo sólido son pentagonales. Este dodecaedro, llamado tambien *piritoedro*, se puede originar del *cubo*, desarrollando solamente uno de los planos biseladores, colocados en inclinacion desigual sobre las caras de la forma primitiva indicada. Este dodecaedro se llama *simétrico*, y no *regular*, porque presenta dos clases de ángulos triedros; ocho de ellos son regulares y corresponden á los del cubo. Si se aplica la ley de simetría á estos ocho ángulos sólidos, truncándolos todos y prolongando suficientemente las caras triangulares hasta su union, resulta que las doce caras del piritoedro se reducen á triángulos isósceles, que unidas á las formadas por los truncamientos sobre los elementos del cubo, producen el sólido conocido con el nombre de *icosaedro*. (Figura 11ª)

Derivacion del dodecaedro pentagonal ó piritoedro.

F. 11ª



Derivacion del icosaedro.

Derivacion del icosaedro.

Con lo anterior basta para dar idea de la generacion de los sólidos del primer sistema; y acostumbrados desde ahora á la aplicacion de la ley de simetría y de sus efectos, reducirémos más las explicaciones referentes á los otros sistemas cristalinos que en seguida vamos á estudiar.

Segundo sistema cristalino.

Tomamos como tipo de este sistema al prisma de base cuadrada, que se diferencia del cubo por tener un eje mayor, ó alargado, que aquí consideramos como eje principal. Los elementos cristalográficos de ese prisma son los siguientes:

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Elementos del prisma recto de base cuadrada.

Caras. *Cuatro* verticales iguales entre sí. *Dos* colocadas en los extremos del eje principal é iguales entre sí.

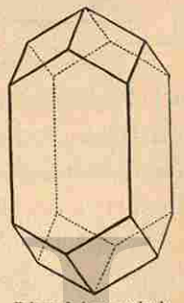
Ángulos sólidos. *Ocho* de la misma especie.

Aristas. *Cuatro* verticales, mayores, iguales entre sí. *Ocho* menores, limitando las caras de las bases, é iguales entre sí.

De esto se deduce que los elementos modificables, aristas y ángulos sólidos, son de dos especies los primeros, y de una los últimos.

Truncamientos sobre los ángulos.

F. 12ª



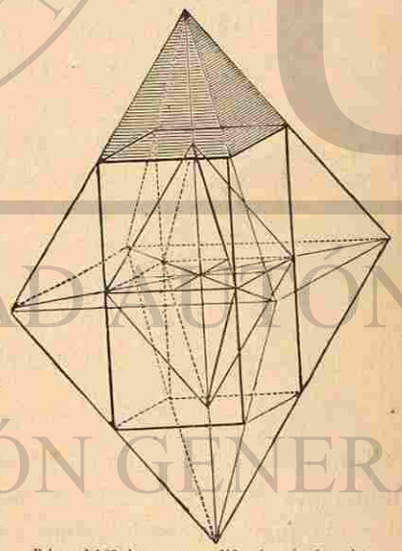
Prisma de base cuadrada con truncamientos sobre los ángulos.

Truncamientos sobre los ángulos. Siendo iguales estas esquinas, recibirán todas la misma modificacion: resultarán ocho caras triangulares que si se desarrollan suficientemente, producirán el *octaedro de base cuadrada*, distinto del anterior por la variacion que puede tener en el sentido del eje principal. Si éstos no se desarrollan lo suficiente, darán prismas cuadrados con apuntamientos piramidales, es decir, terminados por pirámides en vez de caras. (Figura 12ª) Como los planos modificadores pueden tener diferentes inclinaciones respecto de las caras, que no todas son iguales, resultarán muchas clases de octaedros.

Derivacion del octaedro del 2º sistema.

Diversos octaedros procedentes del prisma cuadrado.

F. 13ª



Prisma del 2º sistema con modificaciones en las aristas de las bases.

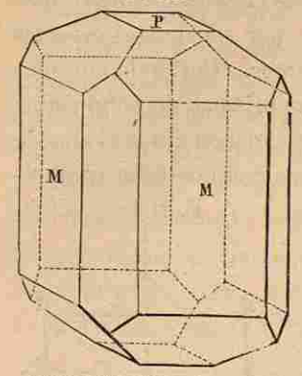
Modificaciones sobre las aristas.

Modificaciones sobre las aristas. Aplicando planos sobre las aristas de las bases, se obtendrán igualmente truncamientos octaédricos sobre el prisma, ú octaedros, si se prolongan suficientemente, quedando entónces encerrado el prisma primitivo. (Figura 13ª)

Otra derivacion del octaédro.

Cortando las aristas verticales, que son cuatro iguales, resultará entónces un

F. 14ª



Prisma del 2º sistema con truncamientos en las aristas.

prisma de ocho caras, y si se biselan, resultará de doce. (Figura 14.) Hay que notar en los prismas modificados de este sistema, que el número de las modificaciones es múltiplo de cuatro.

Cuando un prisma de este sistema dimétrico presenta á la vez las modificaciones octaédricas y las laterales de las aristas mayores, puede reconocerse con facilidad, pues todo consiste en tener presente la magnitud relativa de los ejes: dos iguales y el tercero diferente.

Debe advertirse que algunos de los octaedros de este sistema pueden ser divididos en tetraedos, pero sólo serán *sumétricos* y no *regulares* como los citados en el sistema monométrico.

Tercer sistema cristalino.

Tipo del sistema.

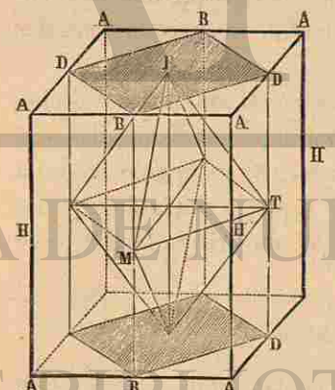
El tipo de este sistema es el prisma rectangular, que tiene sus tres ejes perpendiculares y desiguales entre sí.

Elementos de este prisma.

Este prisma tiene los siguientes elementos:

Caras. Dos anchas ó verticales, iguales. Dos más angostas, tambien verticales é iguales, y dos de las bases.

F. 15ª



Prisma del tercer sistema.

Aristas. Cuatro largas, iguales en las bases. Cuatro más cortas iguales en las bases. Cuatro verticales iguales.

Ángulos sólidos: ocho iguales.

Modificaciones.

Esos diversos elementos pueden modificarse por los medios siguientes:

Truncamientos sobre ángulos sólidos.

Truncamientos sobre los ángulos. Resultarán en este caso, como en el prisma cuadrado, caras octaédricas que en su desarrollo perfecto producirán octaedros de base rectangular. (Figura 15.)

Derivacion de octaedros.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

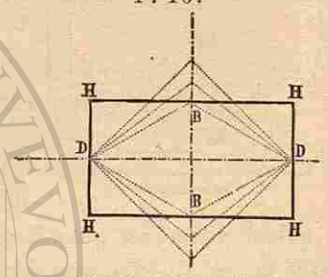
Truncamiento de aristas.

Formacion de prismas de ocho caras.

Formacion de prismas de base romboidea.

Modificaciones sobre las aristas. En este caso se obtendrán más variaciones que en el sistema anterior, por ser de tres especies esas líneas en el prisma que consideramos. Cortando con planos las aristas verticales obtendrémos prismas de ocho caras; pero si se desarrollan suficientemente desaparecerán las caras de la forma primitiva, y quedará un prisma recto de base romboidea, que puede variar diversamente puesto que varía igualmente la inclinacion que se puede dar á los planos modificantes, respecto de las caras verticales que concurren en una de estas aristas y que son de diferente especie, como se observa en la figura 16ª

F. 16ª



Base del prisma del tercer sistema.

Modificaciones en los prismas romboidales.

Estos nuevos prismas pueden á su vez ser modificados en sus ángulos sólidos ó en sus aristas. Los ángulos diedros son de dos especies, y los truncamientos pueden ser aislados de dos en dos. Para definirlos se toma en cuenta su colocacion diciendo si son paralelos á la grande ó á la menor diagonal de la base romboidea del prisma. Consideradas las aristas verticales en este nuevo prisma, se clasificarán como correspondiendo á dos especies, puesto que entónces corresponden á ángulos diedros de diferente inclinacion, pues dos son obtusos y dos agudos.

Modificaciones sobre las aristas.

Respecto á las aristas de las bases, como son de dos especies, pueden dar lugar á dos clases de modificaciones aisladas y el prisma estará terminado muchas veces por un ángulo diedro á cuya figura se le llama *doma*. Este carácter ayudará extremadamente para distinguir con facilidad un prisma recto ú otro cristal del tercer sistema.

Cuarto sistema cristalino.

Serie de ejes oblícuos.

Vamos ahora á ocuparnos de los cristales que presentan ejes oblícuos, y harémos las mismas consideraciones que con los rectangulares; es decir, examinar los casos de tres ejes iguales, dos iguales y tres desiguales.

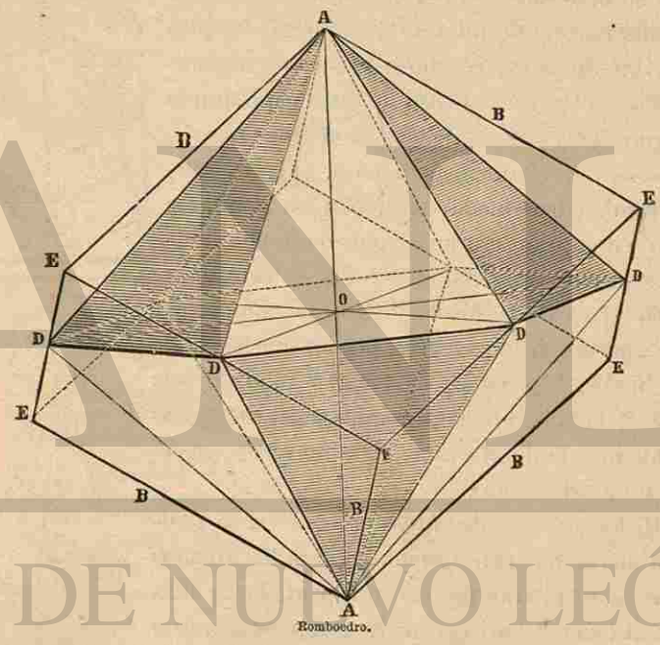
Caso de 3 ejes iguales.

El primer caso lo presenta el prisma llamado *romboedro* que da el nombre á este cuarto sistema cristalino.

Siendo oblícuos los ejes de este cristal, es claro que puede variar de diversa manera su inclinacion, y de aquí tambien las especies de romboedros que pueden ser agudos, obtusos, ó aproximarse mucho á la forma del cubo. Tomando, para relacionar los elementos de este cristal, un cuarto eje que reune dos esquinas formadas por tres planos igualmente inclinados entre sí y con referencia á este eje, resultarán los siguientes elementos modificantes. (Figura 17ª)

Colocacion de los elementos cristalográficos por relacion á un eje.

F. 17ª



Romboedro.

2 ángulos triedros citados, A.
6 ángulos laterales, E.
6 aristas B que parten de los vértices.
6 aristas D dispuestas en zig-zag rodeando á este eje.

Modificaciones sobre las aristas. Romboedros inscritos y circunscritos.

Modificaciones sobre las aristas. Aplicando planos sobre esas aristas que parten de los vértices, se envolverá al romboedro primitivo en otro más obtuso ó circunscrito que se llama

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

equiaxe. Se pueden colocar los planos de manera que quede inscrito el nuevo romboedro al primitivo; resultará necesariamente otro más agudo y que se llama *inverso:* estas operaciones de inscripcion y circunscripcion pueden repetirse sobre los nuevos romboedros.

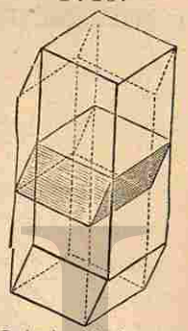
Dodecaedro bipiramidal.

Los planos aplicados á las seis aristas que acabamos de considerar pueden cortarlas así como á los ángulos laterales, y entónces resulta el dodecaedro bipiramidal.

Derivacion del prisma exagonal.

Hemos dejado ilesas las aristas laterales en estas modificaciones, aunque debe considerarse que en el accidente anterior son cortadas en su medio; pero aplicándoles directamente los planos modificantes resultan: prismas exagonales regulares en el caso de tangencia simple (Figura 18ª) y dodecaedros *metásticos ó escalenoedros,* en el de biselamiento. (Figura 19ª) El romboedro queda encerrado en el primer caso y dos de sus esquinas aparecerán coronando al prisma exagonal en sus dos extremos.

F. 18ª



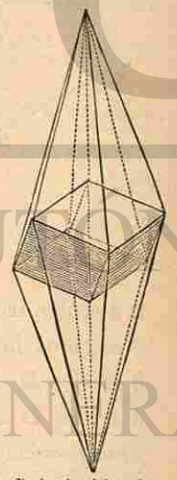
Derivacion del prisma exagonal de las aristas del romboedro.

Biselamiento de las aristas laterales.

En el caso de biselamiento, se comprende que aparecerán doce caras, puesto que son seis las aristas biseladas: estas caras tendrán sus tres aristas diferentes formándose así triángulos escalenos, de donde viene el nombre de *escalenoedro* á este sólido.

Generacion del escalenoedro.

F. 19ª



Derivacion del escalenoedro.

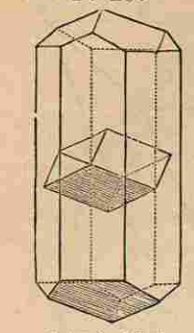
Cortes sobre las esquinas.

Modificaciones sobre las esquinas. De la posicion de estos truncamientos sobre los ángulos triedros resultarán figuras muy variadas, y más aún al tocar las aristas en zig–zag, pues con este accidente aparecerán troncos de prismas exagonales: si se truncan los vértices que apuntan al prisma exagonal con coronamiento romboédrico de que ántes se habló, quedarán prismas de seis caras, terminadas por bases planas.

Prismas exagonales derivados de los ángulos laterales.

Modificando ahora los ángulos laterales, resultarán tambien prismas exagonales en el caso de planos tangentes, paralelos al eje tomado para la simetría de los elementos del cristal. (Figura 20ª)

F. 20ª

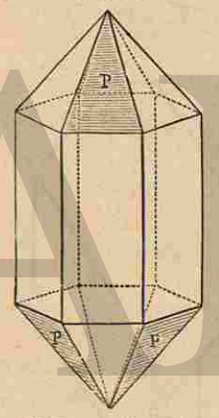


Derivacion del prisma exagonal de los ángulos laterales del romboedro.

Distínguense esas dos clases de prismas exagonales, en que los procedentes de la modificacion de las aristas presentan caras rombales en el apuntamiento romboédrico, y los originados en los ángulos dán caras pentagonales en el rombaedro primitivo que aparece en los vértices del prisma.

En los prismas exagonales se ven con frecuencia apuntamientos ó pirámides de seis caras que proceden de la combinacion de los vértices triedros con truncamientos oblícuos de los ángulos ó esquinas laterales. Esta figura es muy comun en el cuarzo. (Figura 21ª)

F. 21ª



Prisma exagonal apuntado por pirámides.

Quinto sistema cristalino.

Prisma rombal oblícuo.

El prisma romboidal oblícuo tipo de este sistema, tiene solamente dos ejes iguales, y en esta serie oblícua viene á ser el correspondiente del prisma cuadrado en la serie rectangular. Las modificaciones á que se presta este prisma son más variadas atendida su falta de simetría; en efecto, los elementos de la forma primitiva son:

Elementos de esta forma primitiva.

Ángulos. Dos A y dos O opuestos en el plano diagonal mayor que divide al prisma. Cuatro E en el plano diagonal menor.

Aristas. Cuatro B, formando dos á dos los ángulos planos en A: cuatro D en los ángulos O; dos aristas H verticales y dos G en la misma posicion. (Figura 22ª)

Modificaciones en los ángulos.

Modificaciones en los ángulos. Las esquinas A ó las O pueden ser modificadas aisladamente, como diferentes, y producir planos ó cortes que se combinarán con el resto de las bases ó unas con otras si ambas se desarrollan. De aquí resultarán prismas oblícuos terminados por apuntamientos piramidales más ó mé-

Accidentes en los ángulos A ó O de las bases.

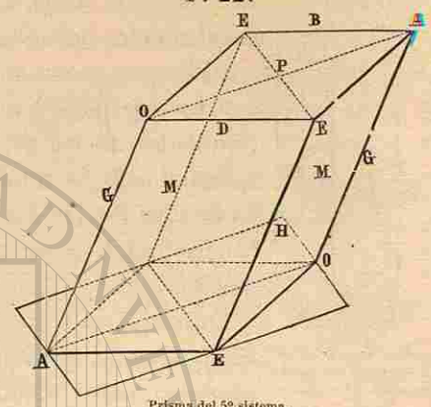
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

nos perfectos ó por vértices diedros.

Accidentes en los ángulos E.

En cuanto á las esquinas E como iguales, sufrirán todas el mismo accidente, y serán fácilmente determinables.

F. 22ª.

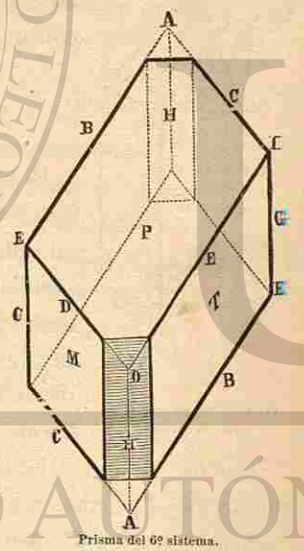


Prisma del 5º sistema.

Modificaciones en las aristas.

Modificaciones en las aristas. Cortadas dos á dos aisladamente, las análogas de las bases darán á los prismas un aspecto de irregularidad que los señalará inmediatamente como pertenecientes á la serie oblícua: las aristas verticales pueden ser cortadas aisladamente dos á dos ó todas ellas, produciendo prismas de seis, ocho ó más caras: los cortes paralelos á las diagonales dan prismas oblícuos de base rectangular.

F. 23ª.



Prisma del 6º sistema.

Las analogías de accidentes, aplicados á su vez á los elementos de una misma especie de cada sistema, nos hace ser ménos difusos en estos últimos casos.

Sexto sistema cristalino.

Prisma oblícuo no simétrico.

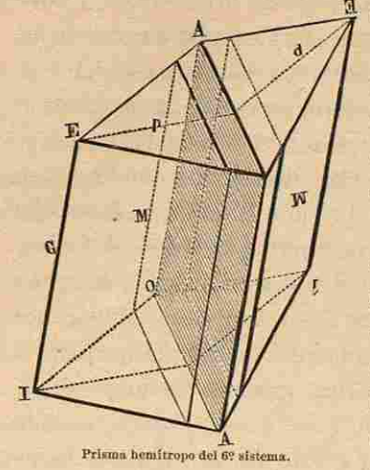
El prisma oblícuo, no simétrico, termina la serie de ejes oblícuos, y los grupos en que están clasificados los cristales: en este prisma son desiguales sus tres ejes oblícuos, y por consiguiente son más variados sus elementos cristalográficos. (Figura 23ª)

Sus ángulos sólo son iguales dos á dos.

Diferencias entre sus elementos.

Las cuatro aristas de una base son desiguales entre sí y tienen sus análogas entre las de la otra base.

F. 24ª.



Prisma hemítropo del 6º sistema.

Las cuatro aristas verticales sólo son iguales dos á dos.

De esta falta de simetría viene mayor complicacion en las modificaciones; pero presentándose así por pares es muy fácil reconocer este sistema.

Las modificaciones sobre los ángulos pueden revelar en algunos casos la falta de simetría en este sistema cristalino: todas ellas darán caras simples ó biseles combinados con las bases ó con los accidentes de los otros ángulos. Consideraciones análogas se hacen respecto de las aristas: debe advertirse que en este sistema son frecuentes las hemitropias. (Figura 24ª)

CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LA CRISTALOGRAFÍA.

Regla para la determinacion de los cristales.

Todo el artificio que debe ponerse en práctica para reconocer las diversas modificaciones que hemos anotado en los seis sistemas cristalinos, consiste en tener presente cuáles son los elementos del tipo que se considera, y si las modificaciones proceden de simples truncamientos ó de biseles ó apuntamientos. No debe olvidarse en todo reconocimiento previo, que la clasificacion del sistema á que corresponde el cristal que se considere, depende de la posicion y longitud relativa de sus ejes.

Dificultades en la práctica.

Es cierto que al pasar de la teoría cristalográfica á las determinaciones prácticas sobre los cristales naturales, se encontrarán diferencias que á primera vista pueden tomarse por dificultades sérias; pero un exámen atento de los casos que se presenten hará que el estudio se facilite y se puedan aplicar las consideraciones teóricas que ántes expusimos.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Irregularidades en los cristales naturales.

Esas dificultades dependerán especialmente de que á veces no se perciben más que partes aisladas de los cristales, y tambien por las deformaciones que pueden presentar á causa de los desarrollos irregulares que adquieren las caras de esos sólidos. La primera dificultad se vence acostumbrándose, á fuerza de la práctica, á considerar los cristales completos, cuando sólo se perciben algunos de sus elementos, del mismo modo que se comprende un cristal dibujado sobre una lámina. Al desarrollo irregular de las caras se unen á veces otras causas de deformacion, como los accidentes que pueden presentar los cristales en la superficie, las estrías, líneas, ángulos salientes, etc., que generalmente son indicantes de agrupamientos de cristales pequeños, cuyo conjunto constituye uno ó más cristales de mayores dimensiones.

Constancia en la inclinacion de las caras.

En estas irregularidades lo que queda de constante es la inclinacion de las caras, ó mejor dicho, la rigurosa precision de los ángulos; así es que el goniómetro viene á ser el especial auxiliar en las determinaciones de los cristales deformados.

Importancia de los cruceros.

La observacion de los cruceros da gran luz en las formas dudosas, puesto que en muchos casos se deduce la forma primitiva por la division segun los planos de crucero.

Pero ante todo es preciso tener presentes los elementos modificables de cada forma típica y los derivados á que da lugar, así como las circunstancias siguientes que caracterizan determinados grupos. Sigamos á Burat en las reglas sencillas que recomienda para esas determinaciones. En el primer sistema, cuando se conservan las caras primitivas, se encuentran ángulos de 90°, y además es característica en el sistema cúbico la simetría de las modificaciones sobre las caras primitivas adyacentes.

Resúmen de caracteres en el primer sistema.

En el segundo sistema.

En el 2º sistema los prismas cuadrados presentan ángulos de 90°; pero en general se hallan terminados por pirámides y truncamientos. Las modificaciones son simétricas y múltiples de 4 sobre los ángulos y las aristas.

En el tercero.

En el tercer sistema las modificaciones son múltiples de 2 sobre los extremos; los demas, así como los truncamientos sobre

dos aristas de las bases, solamente caracterizan al prisma rombal recto.

En el 4º sistema.

En el sistema romboédrico son características las modificaciones únicas en los ángulos A; las otras múltiples de 3 sobre la mitad del cristal. Los prismas exagonales que carezcan de apuntamientos pudieran confundirse con los derivados de otros sistemas; mas los cruceros servirán para distinguir el prisma exagonal regular.

En el 5º sistema.

En el 5º sistema son características las modificaciones sobre los ángulos A y O, únicas sobre la mitad del cristal; modificaciones múltiples de 2 sobre las aristas de las bases; múltiples de 2 sobre las aristas del prisma.

En fin, en el 6º sistema, su falta de simetría y el hecho de presentar modificaciones únicas ó aisladas, son caracteres bastantes para reconocerlo.

Orígen de esas reglas.

Como se ve, estas reglas no son sino la traduccion del exámen que en cada sistema cristalino hicimos de los elementos de que consta, pues allí observamos cuantas modificaciones deben aparecer, dados los elementos de una misma especie propios de cada figura primitiva, y de aquí que las modificaciones sean múltiples de tal ó cual número.

CAPÍTULO III.

TEXTURA DE LOS MINERALES.

Textura y fractura.

Se llama textura al aspecto natural de las superficies de los cuerpos, y que es debida al modo con que se hallan colocadas sus partes constitutivas, y se designa con el nombre de *fractura* á la superficie puesta á la vista por ruptura ú otro medio artificial.

Este arreglo natural de las partículas de los cuerpos minera-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Irregularidades en los cristales naturales.

Esas dificultades dependerán especialmente de que á veces no se perciben más que partes aisladas de los cristales, y tambien por las deformaciones que pueden presentar á causa de los desarrollos irregulares que adquieren las caras de esos sólidos. La primera dificultad se vence acostumbrándose, á fuerza de la práctica, á considerar los cristales completos, cuando sólo se perciben algunos de sus elementos, del mismo modo que se comprende un cristal dibujado sobre una lámina. Al desarrollo irregular de las caras se unen á veces otras causas de deformacion, como los accidentes que pueden presentar los cristales en la superficie, las estrías, líneas, ángulos salientes, etc., que generalmente son indicantes de agrupamientos de cristales pequeños, cuyo conjunto constituye uno ó más cristales de mayores dimensiones.

Constancia en la inclinacion de las caras.

En estas irregularidades lo que queda de constante es la inclinacion de las caras, ó mejor dicho, la rigurosa precision de los ángulos; así es que el goniómetro viene á ser el especial auxiliar en las determinaciones de los cristales deformados.

Importancia de los cruceros.

La observacion de los cruceros da gran luz en las formas dudosas, puesto que en muchos casos se deduce la forma primitiva por la division segun los planos de crucero.

Pero ante todo es preciso tener presentes los elementos modificables de cada forma típica y los derivados á que da lugar, así como las circunstancias siguientes que caracterizan determinados grupos. Sigamos á Burat en las reglas sencillas que recomienda para esas determinaciones. En el primer sistema, cuando se conservan las caras primitivas, se encuentran ángulos de 90°, y además es característica en el sistema cúbico la simetría de las modificaciones sobre las caras primitivas adyacentes.

Resúmen de caracteres en el primer sistema.

En el segundo sistema.

En el 2º sistema los prismas cuadrados presentan ángulos de 90°; pero en general se hallan terminados por pirámides y truncamientos. Las modificaciones son simétricas y múltiples de 4 sobre los ángulos y las aristas.

En el tercero.

En el tercer sistema las modificaciones son múltiples de 2 sobre los extremos; los demas, así como los truncamientos sobre

dos aristas de las bases, solamente caracterizan al prisma rombal recto.

En el 4º sistema.

En el sistema romboédrico son características las modificaciones únicas en los ángulos A; las otras múltiples de 3 sobre la mitad del cristal. Los prismas exagonales que carezcan de apuntamientos pudieran confundirse con los derivados de otros sistemas; mas los cruceros servirán para distinguir el prisma exagonal regular.

En el 5º sistema.

En el 5º sistema son características las modificaciones sobre los ángulos A y O, únicas sobre la mitad del cristal; modificaciones múltiples de 2 sobre las aristas de las bases; múltiples de 2 sobre las aristas del prisma.

En fin, en el 6º sistema, su falta de simetría y el hecho de presentar modificaciones únicas ó aisladas, son caracteres bastantes para reconocerlo.

Orígen de esas reglas.

Como se ve, estas reglas no son sino la traduccion del exámen que en cada sistema cristalino hicimos de los elementos de que consta, pues allí observamos cuantas modificaciones deben aparecer, dados los elementos de una misma especie propios de cada figura primitiva, y de aquí que las modificaciones sean múltiples de tal ó cual número.

CAPÍTULO III.

TEXTURA DE LOS MINERALES.

Textura y fractura.

Se llama textura al aspecto natural de las superficies de los cuerpos, y que es debida al modo con que se hallan colocadas sus partes constitutivas, y se designa con el nombre de *fractura* á la superficie puesta á la vista por ruptura ú otro medio artificial.

Este arreglo natural de las partículas de los cuerpos minera-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

les, proporciona á veces algunos caracteres importantes para el estudio de su especificacion.

Texturas compacta, estriada, fibrosa y pizarreña.

Cuatro son los tipos principales á que pueden referirse las texturas: *la compacta*, *la estriada*, *la fibrosa* y *la pizarreña*.

La primera, es decir, la textura compacta, es la más homogénea; aquella que resulta de la asociacion más inmediata de las partículas, y es como si dijerámos la más unida. Segun el aspecto de esa superficie se la define de varias maneras, comparándola con cuerpos ó aspectos de cuerpos conocidos. Así, *textura compacta ó concoidea* es la que presenta superficies cóncavas ó convexas, más ó ménos desarrolladas, semejando á las valvas ó conchas de los moluscos, sea en su relieve, ó en sus impresiones; es decir, como si se amoldara la concha sobre una sustancia blanda: la obsidiana presenta ejemplos claros de este caso.

Textura concoidea ó conchoide.

Textura igual.

Textura compacta igual, es la que no presenta eminencias sensibles, como se ve en la calcedonia.

Textura desigual.

Compacta y desigual, es aquella que tiene protuberancias más ó ménos notables, y se la subdivide en *desigual de grano fino* y *desigual de grano grueso:* un caso particular de esta textura se designa con el nombre de *terrosa*, como se observa en la creta, el tiza, etc., etc.

Tetxura estriada.

La textura estriada se presenta constituida por láminas ó superficies angostas, y pueden ser paralelas ó divergentes; si las láminas son muy angostas ó capilares figurando líneas, entónces resulta la que se llama *textura fibrosa*, y pueden presentarse *divergentes*, *radiantes*, *entretejidas*, etc., etc.; en los minerales de antimonio se ven efectos de esta textura.

Textura fibrosa.

Textura pizarreña.

La *textura pizarreña* se distingue por estar formada de láminas de espesor sensible como en las pizarras.

En la *fractura* ó caras de ruptura de los minerales, se puede apreciar tambien el aspecto de las partes cortadas y se define por comparacion: así, se dice *fractura astillosa*, cuando presenta varios puntos ó partes salientes simulando astillas; *ganchosa* si las partes salientes figuran ganchos, como sucede en los metales nativos, y así sucesivamente.

Fracturas astillosa y ganchosa.

Estas definiciones aplicadas en pequeño á los minerales, se

pueden referir en grande á las masas de rocas, y se dirá una textura, ó más bien estructura maciza ó compacta de tal ó cual roca, pizarreña, prismática, como en los basaltos, etc.

Estructura de las rocas.

A las rocas se las llama tambien *granitoides* cuando presentan en su superficie una gran cantidad de cristales entretejidos; *porfiroides* cuando sobre el fondo homogéneo de su pasta se ven algunos cristales diseminados.

Con lo expuesto basta para acostumbrarse á definir las texturas á objetos conocidos para hacer más claras las definiciones.

CAPÍTULO IV.

DUREZA DE LOS MINERALES.

La resistencia que presentan las partes constitutivas de los minerales, para ser separadas con el auxilio de un cuerpo cortante como navaja, etc., varía naturalmente segun su cohesion propia; pero se puede graduar esa resistencia ó dureza, comparándola, para cada cuerpo que se estudie, con las durezas relativas de un número limitado de minerales conocidos.

Formacion de escalas de dureza por comparacion con minerales conocidos.

Por este medio se pueden formar escalas de dureza, escogiendo bien sus límites extremos así como los grados intermedios.

Dos son las escalas usuales.

Dos son las escalas usuales; la de 12 y la de 10 grados. La primera, llamada de Breithaupt, se aplica por muchos mineralogistas y tiene la ventaja de uniformar mejor los grados intermedios entre los límites extremos: la de diez grados se prefiere á veces para referir esta apreciacion numérica al sistema decimal.

Como se indicó ántes, se han escogido ciertos minerales para comparar la dureza de los otros con la que ellos presentan; en ambas escalas se consideran como cuerpo más blando el talco,

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

y como más duro el diamante: los grados intermedios se han llenado como se ve á continuacion:

ESCALA DE 12 GRADOS.

Escala de 12 grados.

1er grado. Talco hojoso.
2º „ Yeso hojoso.
3º „ Mica.
4º „ Espato calizo.
5º „ Espato fluor.
6º „ Apatita.
7º „ Sodalita, ó la piedra radiante.
8º „ Adularia.
9º „ Cristal de roca.
10º „ Topacio.
11º „ Corundo.
12º „ Diamante.

La escala de 10 grados es la siguiente:

Escala de 10 grados.

1er grado. Talco.
2º „ Yeso.
3º „ Espato calizo.
4º „ Espato fluor.
5º „ Apatita.
6º „ Adularia.
7º „ Cuarzo.
8º „ Topacio.
9º „ Corundo.
10º „ Diamante.

Algunos mineralogistas toman para el primer grado el diamante, haciendo entónces decreciente el órden de la escala.

La comparacion de las durezas relativas de los minerales se practica tambien probando cuál cuerpo puede rayar á tal otro, ó es rayado por él: este es un buen sistema de comparacion y sirve para quitar la confusion que á veces se hace de la *dureza* y la *tenacidad* de los minerales. La primera se prueba con otro cuerpo por friccion ó simple presion, tratando de separar las

Diferencias entre dureza y tenacidad.

partículas; y la segunda se reconoce por percusion ó choque: para hacer clara esta distincion basta recordar que al diamante no se le puede rayar con otro cuerpo, mas sí se le puede romper por percusion.

Para probar la dureza de los minerales y hacer comparables los resultados, es conveniente uniformar los modos de observacion: se debe tomar con la mano izquierda el mineral que se estudia, y con la derecha la navaja, del mismo modo que se hace al tajar un lápiz; solamente que se apoyará el dedo pulgar sobre el mineral; se dará á la hoja de la navaja una inclinacion de 40° sobre el plano del mineral, y se incará la punta graduando el esfuerzo hasta separar el polvo del mineral. Se comprende que llegando á ciertos grados de los superiores de la escala, se untará el material de la navaja sobre el mineral ántes que éste ceda sus partículas; en ese caso, hay que probar la dureza buscando algun mineral de los citados en la escala y que sea capaz de rayar al que se estudia.

Colocacion del mineral y de la navaja al probar la dureza.

Al separarse el polvo del mineral, se debe ver si se queda á un lado de la parte herida ó si salta hácia diversas partes: en el primer caso se dice que el mineral es *dócil*, y en el segundo que es *agrio*. Se le llama dúctil si se rebana en hojillas como el plomo. Despues de comparada la dureza se debe observar el color del polvo y el de la parte frotada: sucede con frecuencia que se llama color del polvo el de éste y al que presenta la parte herida, pero es muy útil el distinguirlos con claridad.

Minerales dóciles, agrios y dúctiles.

No confundir el color del polvo con el de la parte frotada.

El color observado así es de la mayor importancia para distinguir varios minerales. Algunos hay idénticos en su aspecto exterior, pero que tienen un color muy diferente en el polvo, ó en la parte que queda descubierta al probar su dureza. Como ejemplo podemos citar los minerales conocidos con los nombres de *Franklinia*, *Magnetite* y *Espinela*. Los tres cristalizan en el primer sistema y tienen color y aspecto general muy semejantes, pero el polvo de la raspadura es rojo en el primero, agrisado en el segundo y blanco en el último.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPÍTULO V.

EL LUSTRE Y LA TRASPARENCIA.

Qué se entiende por lustre.

El efecto producido por la luz sobre la superficie de los minerales ministra, á veces, caracteres de la mayor utilidad: el lustre, con cuyo nombre se designa este efecto, puede considerarse de varias maneras.

Lustre metálico y lustre comun.

Primeramente se clasifica por su calidad, en *lustre metálico* y *lustre comun*. El primero, como lo indica su nombre, es aquel que se percibe sobre un cuerpo metálico herido por la luz. Viene en seguida la clasificacion de intensidad, en la que se establece el órden siguiente:

Escala de lustre.

1º *Lustre resplandeciente:* el más intenso y que se percibe aun á lo léjos, como en una superficie de acero pulido.

2º *Lustroso:* es el que siendo de un brillo notable, no se percibe, sin embargo, más que á corta distancia, como se nota, p. e., en el sulfuro amarillo de cobre.

3º *Poco lustroso:* en grado inferior que su antecedente, y que para percibirlo hay necesidad de aproximarse bastante á los objetos, como p. e. en el mármol.

4º *Centellante:* el viso que se concentra solamente en determinados puntos ó líneas, quedando mate el resto del cuerpo, como se nota en una pizarra.

Se dice que un cuerpo es mate cuando no presenta lustre alguno.

Comparacion del lustre comun.

El lustre comun es aquel en que no hay apariencia metálica: se define con los mismos grados anteriores, y se le compara, además, con el viso particular de algunos cuerpos conocidos: así se dice: lustre de vidrio, de cera, resinoso, perla ó nácar, seda, diamante, etc.

Al describir, pues, un mineral podria decirse: su lustre es metálico y poco lustroso; ó lustre comun; lustroso de seda: así quedan establecidas las relaciones por calidad é intensidad.

Ciertos cuerpos minerales pueden dejar pasar más ó ménos fácilmente la luz, y al definirlos hay que manifestar si tienen, y en qué grado, aquella propiedad, ó si carecen de ella. Las definiciones se normarán por las reglas siguientes:

Cuerpos trasparentes.

Cuerpos trasparentes: aquellos á través de los cuales pueden verse los objetos aunque tengan regular espesor, como p. e. el cuarzo hialino.

Cuerpos semitrasparentes.

Semitrasparentes: los que solamente presentan ese efecto cuando se reducen á láminas delgadas.

Cuerpos traslucientes.

Traslucientes: aquellos á través de los cuales se puede ver la forma general de un cuerpo, pero sin detalles en sus formas.

Cuerpos opacos.

Opacos: los que no son atravesados por la luz.

Algunos cuerpos solamente son traslúcidos en los bordes, y esta circunstancia se expresará así en las definiciones.

CAPÍTULO VI.

LOS COLORES.

Referencia á objetos conocidos.

Diversos son y muy difíciles de explicar con palabras los que afectan los minerales: el mejor sistema para explicar esos colores es siempre el que se ha usado entre otros de los caracteres mineralógicos que hemos estudiado, y es el de compararlos con objetos conocidos para conservar más fácilmente las definiciones.

Division por calidad.

Por su calidad dividimos los colores en *metálicos* y *comunes*.

COLORES METÁLICOS.

Los colores metálicos pueden agruparse del modo siguiente:

1º Blancos.

Blancos.

De plata: se define así el que tiene un ligero tinte amarillento. Ejemplo: plata.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

2º Grises.

Grises. *De platina:* con un poco de azulado y amarillo. Ejemplo: platina.

De acero: con viso plomizo claro. Ejemplo: cobre gris.

De plomo: el más azulado. Ejemplo: galena.

3º Negros.

Negros. *De hierro:* negro con algo de gris. Ejemplo: magnetita.

4º Amarillos.

Amarillos. *De bronce:* el más blanquecino. Ejemplo: pirita comun.

De laton: mezclado de verde y gris. Ejemplo: pirita de cobre.

De tumbaga: mezclado de rojo. Ejemplo: pirita magnética.

De oro: el amarillo más limpio. Ejemplo: oro.

5º Rojo.

Rojo. *De cobre:* presenta además del color propio, un ligero tinte amarillo. Ejemplo: cobre metálico.

COLORES COMUNES.

1º Blancos.

Blancos. *De nieve:* el más limpio. Ejemplo: anhidrita.

Los otros derivados del blanco se definen añadiendo el color que se nota en la mezcla.

Blanco rojizo. Ejemplo: perla espato.

Blanco amarillento. Ejemplo: ópalo.

Blanco verdoso. Ejemplo: amianto.

Blanco azuloso. Ejemplo: calcedonia.

Blanco agrisado. Ejemplo: cristal de roca.

Con este último color se definen varios minerales trasparentes, que, como el cuarzo, parecen incoloros al primer golpe de vista.

2º Grises.

Las mezclas, en diversas proporciones de blanco y negro, se definen con adjetivos de los otros colores que se les asocian, ó por comparacion con los de otros cuerpos. Grises.

Gris amarillento. Ejemplo: mármol.

Gris verdoso. Ejemplo: vácia.

Gris de humo. Ejemplo: pedernal.

3º Negros.

Absoluto ó *de terciopelo* es aquel en que no se nota mezcla de otro color. Ejemplo: grahamita. Negros.

Negro agrisado. Ejemplo: piedra lidia.

Negro pardusco. Ejemplo: mica.

Negro azuloso. Ejemplo: cobalto terroso.

Negro rojizo. Ejemplo: cinabrio hepático.

4º Pardos.

Rojizo. Ejemplo: blenda. Pardos.

Castaño. Ejemplo: cassiterita.

Madera. Ejemplo: asbesto.

Hígado. Ejemplo: cobalto pardo terroso.

Cetrino. Ejemplo: ocre amarillo.

Clavo. Ejemplo: cristal de roca (var. parda).

5º Rojos.

Muy variados son los colores de este grupo, y para facilitar su estudio los separamos del modo siguiente:

1. *Rojos claros:* Rojos.

Rojo rosado. Ejemplo: apofilita roja.

„ *encarnado.* Ejemplo: espato pesado.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

2. *Rojos puros:*
   Rojo escarlata. Ejemplo: cinabrio.
   „ *de sangre.* Ejemplo: piropo.
   „ *carmin.* Ejemplo: chalcotriquita.
3. *Rojos azulosos:*
   Rojo cochinilla. Ejemplo: cinabrio oscuro.
   „ *carmesí.* Ejemplo: rubí.
   „ *albérchigo.* Ejemplo: arseniato de cobalto.
   „ *cereza.* Ejemplo: antimonio rojo.
   „ *columbino.* Ejemplo: granate fino.
4. *Rojos con negro:*
   Rojo de sangre. Ejemplo: piropo.
5. *Rojos con pardo:*
   Rojo pardusco. Ejemplo: hierro arcilloso.

6º Amarillo.

Amarillo puro.
1. *Amarillo puro:*
   „ *de limon.* Ejemplo: oropimento.

Id. pálido.
2. *Amarillo pálido:*
   „ *pajizo.* Ejemplo: azufre sin cristalizar.

Id. mezclado con rojo.
3. *Amarillo con rojo:*
   „ *naranjado.* Ejemplo: jacinto.

Id. con rojo y pardo.
4. *Amarillo con rojo y pardo:*
   „ *de ocre.* Ejemplo: peróxido hidratado de hierro.
   „ *de arvejones.* Ejemplo: carbonato de hierro.
   „ *de Isabel.* Ejemplo: jaspe ágata.

Id. con verde.
5. *Amarillo con verde:*
   „ *de azufre.* Ejemplo: azufre cristalizado.
   „ *de melado.* Ejemplo: succino.
   „ *de cera.* Ejemplo: ópalo.

7º Azul.

Azul puro.
1. *Azul puro:*
   „ *de Prusia.* Ejemplo: zafiro.

Azul blanquecino.
2. *Azul blanquecino:*
   „ *de esmalte.* Ejemplo: linarita.

Id. con rojo.
3. *Azul con rojo:*
   „ *violado.* Ejemplo: amatista.
   „ *ultramar.* Ejemplo: lapizlázuli.

Id. con rojo y pardo.
4. *Azul con rojo y pardo:*
   „ *de ciruela.* Ejempo: espato fluor.
   „ *de flor de espliego.* Ejemplo: jaspe aporcelanado.

Id. con verde.
5. *Azul con verde:*
   „ *de patos.* Ejemplo: mica.
   „ *celeste.* Ejemplo: berilo.

Id. con negro.
6. *Azul con negro:*
   „ *turquí.* Ejemplo: cobre azul.

Se notará que en mineralogía no se considera el color llamado comunmente *violeta*, sino que entra en la seccion de los azules.

8º Verde.

Verde puro.
1. *Verde puro y claro:*
   „ *manzana.* Ejemplo: crisoprasa.

Id. amarillento.
2. *Verde amarillento:*
   „ *yerba.* Ejemplo: onfacita.

Id. con azul.
3. *Verde con azul:*
   „ *cardenillo.* Ejemplo: cobre verde.
   „ *celedon.* Ejemplo: asbesto.
   „ *montaña.* Ejemplo: piedra radiante.
   „ *esmeralda.* Ejemplo: esmeralda.

Id. con pardo.
4. *Verde con pardo:*
   „ *aceituna.* Ejemplo: piedra pez.
   „ *aceite.* Ejemplo: berilo.

Id. con negro.
5. *Verde con negro:*
   „ *Verdinegro.* Ejemplo: serpentina.

Colores superficiales.
Estos colores que acabamos de considerar, pueden llamarse colores propios, por pertenecer á la masa entera del mineral, pero hay otros que sólo afectan su superficie, y entónces se llaman *colores superficiales.*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Al definirlos hay que notar esta particularidad, y además decir los tintes dominantes, tal cual se ha enseñado: algunos hay que presentan cambiantes y aun un reflejo metálico como el hierro pavonado y lo que vulgarmente se llama tornasol, y se comparan á la cola del pavo real, pecho de paloma, etc.; otros colores superficiales sólo presentan un tinte en posicion determinada, y se les da el nombre de *viso*, como se nota en las obsidianas doradas y plateadas del Real del Monte.

Viso.

Hasta aquí se han considerado los colores esparcidos uniformemente sobre los minerales, pero pueden mezclarse, y entónces forman mezclas ó dibujos que se definen tambien por comparacion: así, se dice:

Dibujos.

Dibujo en puntos, manchas, flamas, cinta, nubes, jaspes, etc.

No se insiste más en la explicacion de los colores, por ser suficientes las reglas y ejemplos indicados para definir los casos que se presentan.

CAPÍTULO VII.

DEL PESO ESPECIFICO.

Explicacion del peso específico.

El peso relativo que bajo un mismo volúmen presentan los minerales es otro dato de la mayor importancia para su determinacion específica. Si se comparan bajo este respecto ciertos cuerpos cuyos pesos relativos sean muy diferentes, se podrá, aun con un simple tanteo, distinguirlos entre sí con mucha facilidad. Supongamos que se va á determinar un fragmento mineral de color blanco y cuyos caracteres geométricos y algunos otros físicos se hayan perdido por la percusion ú otra causa y que se tenga duda de si el mineral en cuestion fuera carbonato de cal ó sulfato de barita; al calcular su peso sobre la mano se resolveria la cuestion, porque el segundo es doblemente pesado que el primero.

Para conocer con exactitud esos pesos relativos de los cuerpos, se les compara bajo el mismo volúmen con el agua destilada, á 4° C. de temperatura; y para evitar los errores que pudieran provenir por las dilataciones de los cuerpos, á causa de las temperaturas, se calcula su peso reduciendo dichos cuerpos á cero grados de temperatura por medio de correcciones adecuadas. Ese peso del cuerpo comparado con el de igual volúmen de agua se llama peso específico. Por consiguiente, si P es el peso de un volúmen de un cuerpo, y p el de su igual de agua en las condiciones en que se ha manifestado, la comparacion de un peso con otro ó el peso específico se obtendrá dividiendo el primero por el segundo, lo que se indica por la fórmula siguiente, llamando D el peso específico

Determinacion del peso específico.

$$D = \frac{P}{p}$$

Se comprende que el método más sencillo para obtener el volúmen de agua, igual al del cuerpo en cuestion, consiste en sumergir éste en una vasija llena de agua, pues para alojarse allí debe derramarse un volúmen del líquido igual al del cuerpo que se introdujo en la vasija. Si se conocia el peso de ese cuerpo ántes de sumergirlo, y se pesa el agua derramada, se tendrán los datos P y p para el cálculo anterior. Esta operacion se verifica por medio de un frasco que se llama de volúmen constante, porque el ajuste de su tapon permite que siempre se llene de agua hasta una misma altura. En este estado se pesa el frasco; despues se le introduce el cuerpo y vuelve á pesarse; si no se hubiera derramado el agua, es claro que ahora tendria un peso total igual al del frasco de agua, más el del cuerpo en cuestion, pero lo que le falta será el peso del volúmen de agua derramada que es igual al del cuerpo que lo sustituyó. Se tienen, pues, los datos P, peso del cuerpo ántes de sumergirse, y p del agua; haciendo la division indicada se tendrá ya la relacion que se busca y que es el peso de ese cuerpo, comparado

Método del frasco de volúmen constante.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

con el de igual volúmen de agua destilada. Como el agua que se usó no tendrá exactamente la temperatura de + 4° que se necesita, se introduce en aquella un termómetro, y se anota su indicacion y con ella se hacen, por medio del cálculo, las correcciones de que se hizo mencion y que se hallan consignadas en cualquier tratado de física.

Caso de cuerpos solubles en el agua.

Si el cuerpo por estudiar es soluble en el agua, se usa entónces otro líquido en que no se disuelva, como alcohol, aceite, etc., y determinando el peso específico de este vehículo, con relacion al agua, se multiplica por el que correspondió al cuerpo respecto del líquido que se usó, y así se tiene el del mismo cuerpo con relacion al agua.

Otros métodos para determinar el peso específico.

Este método se llama, como se indicó ántes, de *volúmen constante*, y es ciertamente muy expedito; pero se puede llegar al mismo resultado con la balanza hidrostática y con el areómetro. No entramos en sus pormenores por no alargar este escrito, y por ser métodos consignados con amplitud en el estudio de la física: el primero lo describimos como un ejemplo para recordar lo que se llama *peso específico de un cuerpo*.

Al hacer las descripciones de los minerales se verá siempre anotado como un dato de la mayor importancia, su peso específico ó densidad relativa.

CAPÍTULO VIII.

DOBLE REFRACCION, POLARIZACION, FOSFORESCENCIA Y FLUORESCENCIA.

Refraccion.

Llámase refraccion á la desviacion que sufren los rayos luminosos cuando pasan oblícuamente de un medio á otro; el ángulo

Ángulos de incidencia y de refraccion.

que forma el rayo oblícuo con la normal al punto en que aquel toca, se llama ángulo de incidencia, y el que forma el radio refractado, con la prolongacion de la misma normal, es el ángulo

de refraccion. Se da el nombre de *índice de refraccion* á la relacion de los senos de los dos ángulos, y se expresan así:

Indice de refraccion.

$$n = \frac{\operatorname{sen} i}{\operatorname{sen} r}$$

El fenómeno, como acaba de describirse, se observa en los medios no cristalizados y se le llama *refraccion simple*, porque el rayo refractado no da lugar más que á una sola imágen. En el espato calcáreo, en el yeso y otras sustancias cristalizadas el rayo refractado se divide y produce dos imágenes; á este caso se le da el nombre de *doble refraccion*, cuyo fenómeno forma un carácter importante en el estudio de algunos minerales, y por esto lo consignamos entre los caracteres físicos qne se utilizan en las determinaciones mineralógicas.

Distincion entre la simple y la doble refraccion.

Los cuerpos que presentan esta propiedad se llaman *birefringentes* y son los cristalizados en los sistemas del 2º á 6º, pues no se nota ese fenómeno en el sistema cúbico; en los otros se manifiesta en grados desiguales y más ó ménos perceptibles. Debe advertirse que entre los cuerpos pertenecientes al primer sistema y algunos otros que no son cristalizados pueden adquirir la doble refraccion por medios mecánicos, como una desigual compresion, ó por el temple.

Cuerpos birefringentes.

La doble refraccion no se observa en todas las direcciones de un cristal, sino que hay una ó dos, segun las cuales no se percibe más que una sola imágen: á estas direcciones se les llama *ejes ópticos*, ó *ejes de doble refraccion*, siendo este nombre notoriamente impropio.

Ejes ópticos.

Se llaman cristales de un eje aquellos que sólo tienen una direccion en la cual no se bifurca la luz, y de dos ejes á los que tienen un par de aquellas direcciones. Brewster ha asentado la regla de que en los cristales de un eje, la direccion en que no se refracta la luz coincide con el eje de cristalizacion.

Cristales de uno ó dos ejes.

En las dos imágenes producidas en el fenómeno de que nos ocupamos, se observa que uno de los dos rayos refractados en que se divide el rayo incidente, sigue las leyes de la refraccion simple, llamándose por esto *rayo ordinario*, y el otro difiere al

El rayo extraordinario no sigue las leyes de la refraccion simple.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

con el de igual volúmen de agua destilada. Como el agua que se usó no tendrá exactamente la temperatura de + 4° que se necesita, se introduce en aquella un termómetro, y se anota su indicacion y con ella se hacen, por medio del cálculo, las correcciones de que se hizo mencion y que se hallan consignadas en cualquier tratado de física.

Caso de cuerpos solubles en el agua.

Si el cuerpo por estudiar es soluble en el agua, se usa entónces otro líquido en que no se disuelva, como alcohol, aceite, etc., y determinando el peso específico de este vehículo, con relacion al agua, se multiplica por el que correspondió al cuerpo respecto del líquido que se usó, y así se tiene el del mismo cuerpo con relacion al agua.

Otros métodos para determinar el peso específico.

Este método se llama, como se indicó ántes, de *volúmen constante*, y es ciertamente muy expedito; pero se puede llegar al mismo resultado con la balanza hidrostática y con el areómetro. No entramos en sus pormenores por no alargar este escrito, y por ser métodos consignados con amplitud en el estudio de la física: el primero lo describimos como un ejemplo para recordar lo que se llama *peso específico de un cuerpo*.

Al hacer las descripciones de los minerales se verá siempre anotado como un dato de la mayor importancia, su peso específico ó densidad relativa.

CAPÍTULO VIII.

DOBLE REFRACCION, POLARIZACION, FOSFORESCENCIA Y FLUORESCENCIA.

Refraccion.

Llámase refraccion á la desviacion que sufren los rayos luminosos cuando pasan oblícuamente de un medio á otro; el ángulo

Ángulos de incidencia y de refraccion.

que forma el rayo oblícuo con la normal al punto en que aquel toca, se llama ángulo de incidencia, y el que forma el radio refractado, con la prolongacion de la misma normal, es el ángulo

de refraccion. Se da el nombre de *índice de refraccion* á la relacion de los senos de los dos ángulos, y se expresan así:

Indice de refraccion.

$$n = \frac{\operatorname{sen} i}{\operatorname{sen} r}$$

El fenómeno, como acaba de describirse, se observa en los medios no cristalizados y se le llama *refraccion simple*, porque el rayo refractado no da lugar más que á una sola imágen. En el espato calcáreo, en el yeso y otras sustancias cristalizadas el rayo refractado se divide y produce dos imágenes; á este caso se le da el nombre de *doble refraccion*, cuyo fenómeno forma un carácter importante en el estudio de algunos minerales, y por esto lo consignamos entre los caracteres físicos qne se utilizan en las determinaciones mineralógicas.

Distincion entre la simple y la doble refraccion.

Los cuerpos que presentan esta propiedad se llaman *birefringentes* y son los cristalizados en los sistemas del 2º á 6º, pues no se nota ese fenómeno en el sistema cúbico; en los otros se manifiesta en grados desiguales y más ó ménos perceptibles. Debe advertirse que entre los cuerpos pertenecientes al primer sistema y algunos otros que no son cristalizados pueden adquirir la doble refraccion por medios mecánicos, como una desigual compresion, ó por el temple.

Cuerpos birefringentes.

La doble refraccion no se observa en todas las direcciones de un cristal, sino que hay una ó dos, segun las cuales no se percibe más que una sola imágen: á estas direcciones se les llama *ejes ópticos*, ó *ejes de doble refraccion*, siendo este nombre notoriamente impropio.

Ejes ópticos.

Se llaman cristales de un eje aquellos que sólo tienen una direccion en la cual no se bifurca la luz, y de dos ejes á los que tienen un par de aquellas direcciones. Brewster ha asentado la regla de que en los cristales de un eje, la direccion en que no se refracta la luz coincide con el eje de cristalizacion.

Cristales de uno ó dos ejes.

En las dos imágenes producidas en el fenómeno de que nos ocupamos, se observa que uno de los dos rayos refractados en que se divide el rayo incidente, sigue las leyes de la refraccion simple, llamándose por esto *rayo ordinario*, y el otro difiere al

El rayo extraordinario no sigue las leyes de la refraccion simple.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

grado de que la relacion de los senos de los ángulos no es constante como en el primer caso, y además, el plano del ángulo de incidencia no es el mismo que el de refraccion; por esta razon se da á dicho rayo el nombre de extraordinario.

Cristales positivos y negativos.

Cuando el índice del rayo ordinario es más grande que el del extraordinario, se llama *cristal negativo* al que lo posee así, y en caso contrario se le da el nombre de *cristal positivo*.

Como ejemplos de cristales del primer género debemos citar los del espato calizo, esmeralda, mica, etc., y del segundo, el cuarzo y el jergon, entre otros.

Seccion principal.

Se llama seccion principal en los cristales de un eje, al plano que pasa por el eje óptico y termina perpendicularmente en una cara del cristal.

Si se examina un punto negro p. e. á través de un cristal de espato de Islanda, se verán dos imágenes; girando ó moviendo el cristal se notará que una de las imágenes permanece fija miéntras que la otra gira al derredor de aquella; la primera es la imágen ordinaria, y la última la extraordinaria, cuyo plano se separa del de incidencia.

Como se ve, esta relacion entre la forma cristalina de los cuerpos y el fenómeno que nos ocupa, es de mucho interes en las investigaciones mineralógicas, y más aún tomando en cuenta el fenómeno de la polarizacion de la luz.

Polarizacion de la luz.

Se llama polarizacion á una modificacion que pueden sufrir los rayos luminosos y á consecuencia de la que no pueden volver á reflejarse ó refractarse en ciertas direcciones.

Polarizacion por reflexion y por refraccion.

La luz se puede polarizar por reflexion ó por refraccion; el ángulo bajo el cual se polariza la luz por reflexion, varía con la naturaleza de los cuerpos, y esta circunstancia puede servir en las determinaciones mineralógicas. Sobre un vidrio negro la luz se polariza bajo el ángulo de 35°25′: hé aquí otros ángulos de polarizacion:

Ángulos de polarizacion.

Yeso	33°15′
Cuarzo	32. 28
Magnesia hidratada	32. 35

Baritina	31°31′
Topacio	31. 26
Espato calizo	31. 9
Espinela	29. 35
Jergon	27. 0
Azufre	26. 15
Diamante	22. 00

Propiedades del rayo polarizado.

El rayo polarizado sobre un vidrio negro, presenta las siguientes propiedades:

1ª El rayo no sufre ninguna reflexion cayendo sobre otra lámina de la sustancia de que se trata y bajo su ángulo de reflexion, si el plano de incidencia sobre la segunda lámina es perpendicular al plano de incidencia de la primera; bajo otras incidencias puede ser más ó ménos reflejado el rayo luminoso.

2ª Trasmitido á través de un prisma birefringente, no produce más que una imágen, si la seccion principal es paralela ó perpendicular al plano de incidencia, miéntras que en cualquiera otra posicion con relacion á este plano, da dos imágenes.

3ª El rayo luminoso no puede ser trasmitido á través de una lámina de turmalina, cuyo eje de cristalizacion es paralelo al plano de incidencia, y se trasmite tanto más fácilmente cuanto el eje de la turmalina se aproxima más á la direccion perpendicular á este plano.

La polarizacion por reflexion se observa en todos los cuerpos, aunque en grados y bajo ángulos diferentes.

Aplicaciones de la polarizacion en las determinaciones mineralógicas.

Conocidas estas propiedades de la luz polarizada, veamos el uso que de ellas puede hacerse en las determinaciones cristalográficas, en las de refraccion y aun en el reconocimiento de algunos minerales.

Análisis con las láminas de turmalina.

Como se ha visto, la posicion del eje de una lámina de turmalina influye terminantemente sobre la determinacion del fenómeno que nos ocupa; pues bien, si se colocan paralelamente dos láminas de esa sustancia, con tal que sean diáfanas y se hayan cortado paralelamente á su eje, dejarán pasar la luz; mas si se ponen en cruz, la luz se polarizará y el espacio de contac-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

to de ambas láminas quedará oscuro. Ahora, si en ese espacio del cruzamiento de las láminas se pone un cristal de doble refraccion, al pasarlo el rayo polarizado se desviará de su camino, y no siendo perpendicular á la superficie de salida, no estará en la posicion conveniente para polarizarse, y la parte oscurecida volverá á iluminarse. Se podrá, pues, así conocer los cristales que poseen la doble refraccion.

Anillos coloridos.

En posiciones apropiadas los cristales refringentes presentan anillos coloridos y otros fenómenos ópticos que pueden observarse bien por medio de la tenaza ó estuche de turmalinas. Consta este pequeño aparato de dos turmalinas talladas paralelamente á su eje, y montadas cada una en discos negros de cobre los cuales se colocan en dos anillos metálicos, unidos por un alambre doblado formando pinza ó tenaza para poder dar diversas posiciones á las turmalinas.

Observando con este aparato, una de las turmalinss obra como polarizador y la otra como analizador; cuando el cristal que se examina se halla tallado en lámina delgada, se le ven con toda claridad una serie de anillos coloridos concéntricos separados por otros oscuros, cuyo fenómeno es muy perceptible con la luz de un solo color, y con la luz blanca se producen irizaciones: con láminas gruesas los anillos son ménos visibles y desaparecen del todo bajo un regular espesor.

Diferencias entre los anillos coloridos en los cristales de un eje y los de dos.

Lo que hay de muy particular en esta observacion por medio de la turmalina, es que en los cristales refringentes de un solo eje los anillos son circulares, y se hallan cortados por una cruz negra cuando los ejes de las turmalinas son perpendiculares entre sí; en el caso de que éstos sean paralelos, los anillos presentan colores complementarios, y la cruz es blanca. Fenómenos análogos se presentan con todos los cristales refringentes de un eje; ya verémos la particularidad que el cuarzo presenta sobre este particular.

Con los cristales de dos ejes, los anillos coloridos aparecen bajo la forma de curvas con dos centros, generalmente elipsoidales, y girando lentamente el cristal que se observa, las fajas negras parecen ramas parabólicas.

Polarizacion rotatoria.

En fin, si se experimenta con una lámina de cristal de roca, tallada perpendicularmente á su eje de cristalizacion, sucederá que cuando es atravesada por un rayo de luz polarizada, este rayo se polariza aun á la emergencia, mas no en el mismo plano de polarizacion que ántes de su paso al través del cuarzo. El nuevo plano se encuentra, en algunos ejemplares de cristal de roca, á la izquierda, y en otros á la derecha del primero. Esta circunstancia es la que se llama polarizacion rotatoria del cuarzo, y que se observa muy bien en otras sustancias, como en el azúcar de caña disuelto en el agua, en la trementina, etc. Se llaman *dextrógiras* á las sustancias que giran á la derecha, y *levógiras* á las que lo verifican á la izquierda.

Polariscopios.

Para la observacion de estos fenómenos, así como los anteriores referidos, sobre polarizacion de la luz, hay aparatos propios llamados polariscopios, y que se encuentran definidos con todos sus detalles en las obras de física. Para el objeto que nos hemos propuesto en esta obra, bastan las nociones citadas que indican la marcha que debe seguirse en la aplicacion de estos fenómenos de óptica á las investigaciones mineralógicas. Como ántes se expresó, el conocimiento del índice de refraccion, del ángulo de polarizacion y la determinacion de los cristales de uno ó dos ejes, serán recursos de gran valía para la clasificacion de los sistemas cristalinos y aun de varias especies mineralógicas. Que se tengan p. e. fragmentos de minerales trasparentes; se podrá ver desde luego cuáles son sus índices, y si presentan la refraccion comun ó la doble; si es la segunda, quedan por este hecho excluidos los cristales del sistema cúbico; despues se determinarán los ángulos de polarizacion, y se observará si los cristales son positivos ó negativos.

Fosforescencia.

Fosforescencia es la propiedad que presentan algunos cuerpos de emitir luz, espontáneamente ó sometidos á ciertas causas.

Casos de fosforescencia.

Los casos de fosforescencia son los siguientes: espontánea, por elevacion de temperatura, por efectos mecánicos, por electricidad y por insolacion.

La primera se observa en algunos vegetales y animales, como en los hongos y en insectos alumbradores. La fosforescencia por

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

elevacion de temperatura se nota muy bien en algunos diamantes y en el espato fluor, calentándose á 300 ó 400 grados. La fosforescencia por efectos mecánicos, como son la percusion y el frotamiento, se observa en varias sustancias, como frotando uno contra otro dos cristales de cuarzo. El fenómeno físico de que nos ocupamos puede tambien ocasionarse por medio de la electricidad, y en fin, por insolacion, cuyo caso es el más importante en los estudios mineralógicos: este fenómeno se observa exponiendo al sol algunas sustancias, y observándolas despues en la oscuridad, donde aparecen luminosas. Entre los cuerpos más notables por este efecto deben citarse los sulfuros de calcio, estroncio y barium, algunos diamantes, el espato fluor, la aragonita, el calcite, el fosfato de cal y otros compuestos, especialmente de los alcalino terrosos.

Fluorescencia.

Se llama fluorescencia á una produccion instantánea de luz que se observa en el espato fluor, en algunas sales de quinina y en otros compuestos; distínguese este fenómeno del anterior, en que el efecto luminoso cesa con la causa que lo produce.

CAPÍTULO IX.

DIVERSAS PROPIEDADES FISICAS.—CARACTERES ORGANOLEPTICOS.

Habiendo citado con algunos detalles las propiedades físicas más importantes, reunimos en este capítulo las descripciones de algunas otras que pueden enumerarse con más brevedad.

Electricidad y magnetismo.

Electricidad y magnetismo. En tiempos anteriores se dió alguna importancia á la propiedad que presentan los minerales de electrizarse bajo la influencia de ciertas circunstancias; mas es ésta una propiedad tan general, y además variable en sus modos de manifestarse, aun en una misma sustancia, que en la

actualidad no se estima la electrizacion de las especies minerales como uno de sus caracteres distintivos, y por lo mismo basta advertir que las especies mineralógicas pueden electrizarse por los medios conocidos al efecto en los tratados de física. Las propiedades magnéticas se observan en la magnetita y otros cuerpos ferruginosos, y pocas veces hay que poner de manifiesto esta propiedad para reconocer una sustancia; así al probar la dureza del hierro magnético, se verá que el polvo arrancado se pega á la navaja, y tambien se podrá observar que el mismo compuesto ejerce una accion muy notable sobre la aguja imantada. Para probar estas propiedades magnéticas se usa generalmente una de esas agujas, colocada sobre una punta de manera que pueda girar con libertad; en esta posicion se le va acercando el cuerpo que se quiere experimentar, y se notará si atrae ó repele á la aguja. Tanto las propiedades eléctricas, como las magnéticas, cuando sean notables en ciertos cuerpos, se designarán entre los caracteres especiales que les correspondan.

Olor, sabor, aspereza y untuosidad al tacto.

Olor, sabor, aspereza y untuosidad al tacto. Estos caracteres comprendidos entre los llamados organolépticos, pueden estimarse como diferenciales en algunos minerales; así, respecto al olor, servirá para reconocer á los betunes, á las calizas y otras sustancias que contengan azufre ó ciertos compuestos sulfurados ú orgánicos en descomposicion. El sabor del sulfato de hierro, del carbonato y sulfato de sosa, de la sal comun, del salitre, etc., es un dato muy apreciable al reconocer esas sustancias. La untuosidad que se nota en el talco y otros compuestos magnesianos, es un aviso para caminar ya en determinada via al hacer una determinacion mineralógica; lo mismo puede utilizarse el efecto contrario, es decir, la aspereza que presenta p. e. el trípoli y el ruido particular que hace cuando se le frota entre los dedos; la propiedad de las arcillas y otras sustancias ávidas de humedad que se pegan á la lengua, es otro carácter de importancia en ese sentido.

Elasticidad y flexibilidad.

Elasticidad y flexibilidad. La primera de estas propiedades consiste en la facultad que tienen algunos cuerpos de volver á su forma ó volúmen primitivos, cuando cesa de influenciarlos la

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

causa que los deformaba, y por el contrario, la flexibilidad sólo permite que el cuerpo se doble, quedando con este accidente despues de separada la accion que le obligó á tomar nueva forma. Ambas propiedades pueden observarse en varias sustancias minerales; así p. e. las láminas de mica pueden doblarse y al soltarlas vuelven á su forma primitiva; circunstancia que no sucede con las láminas de yeso, con el amianto, el asbesto, etc., que sólo son flexibles.

CAPÍTULO X.

DESCRIPCION DE LOS MINERALES.

Utilizacion de los caracteres estudiados.

Llegamos ya al momento de utilizar los caracteres que hemos estudiado para poder describir los minerales, del mismo modo que se aprenden las letras para formar despues las sílabas y las palabras.

Modos de distinguir los objetos en general.

Los objetos, aun en los usos vulgares, se describen y determinan por la enumeracion de sus caracteres; algunos de éstos son comunes á varios objetos, pero sea por la combinacion de dos ó más de aquellos, ó por la particularidad de alguno, podemos distinguir ó especificar los cuerpos. Así, p. e., dirémos que se tienen veinte ó más libros de la medida llamada cuarto mayor; dirémos para describirlos: tienen 800 páginas con sus bordes teñidos de azul; pasta á la holandesa, etc., etc. Despues,

Especificacion de un objeto en particular.

describiendo uno á uno esos libros, habiendo ya citado los caracteres que llamarémos generales, dirémos: este libro tiene pasta verde, el otro azul; una es de color uniforme, otra manchada, etc.

Del mismo modo se describen muchos cuerpos, y en el caso de los minerales usarémos la fórmula ó método siguiente:

Fórmula para la descripcion de los minerales.

1º Figura.
2º Crucero.
3º Color.
4º Lustre.
5º Trasparencia.
6º Textura.
7º Dureza.
8º Densidad y casos particulares.
9º Caracteres químicos.
10. Yacimiento.
11. Aplicaciones.

Ejemplo de una descripcion.

Supongamos que se trata de describir un cristal de carbonato de cal; se dirá:

Figura cristalizada: La forma es un romboedro, y por tanto pertenece al 4º sistema cristalino; las dimensiones del cristal son.....

Cruceros: Tres, fáciles que conducen á romboedros.

Color: Comun blanco, ligeramente agrisado.

Lustre: Comun por calidad, lustroso por intensidad, comparable al del vidrio é inclinándose al de cera.

Trasparencia: Perfecta en láminas delgadas; en algun espesor es trasluciente.

Textura: Hojosa, ligeramente conchoide.

Dureza: De tres grados; es dócil; el polvo es mate y de color blanco agrisado; iguales caracteres presenta la parte frotada.

Densidad: De 2 á 3.

Casos particulares: Posee la doble refraccion.

Caracteres químicos: Hace efervescencia con los ácidos: es infusible al soplete, y por el calor de la flama se hace frágil y cáustico; con el agua se calienta vivamente, combinándose con ella.

Clasificacion: Es espato calizo ó carbonato de cal, por su cristalizacion romboédrica, cruceros fáciles que conducen á romboedros; trasparencia; dureza de 2; densidad de 2 á 3, y porque hace efervescencia por los ácidos y es infusible al soplete, etc., etc.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

causa que los deformaba, y por el contrario, la flexibilidad sólo permite que el cuerpo se doble, quedando con este accidente despues de separada la accion que le obligó á tomar nueva forma. Ambas propiedades pueden observarse en varias sustancias minerales; así p. e. las láminas de mica pueden doblarse y al soltarlas vuelven á su forma primitiva; circunstancia que no sucede con las láminas de yeso, con el amianto, el asbesto, etc., que sólo son flexibles.

CAPÍTULO X.

DESCRIPCION DE LOS MINERALES.

Utilizacion de los caracteres estudiados.

Llegamos ya al momento de utilizar los caracteres que hemos estudiado para poder describir los minerales, del mismo modo que se aprenden las letras para formar despues las sílabas y las palabras.

Modos de distinguir los objetos en general.

Los objetos, aun en los usos vulgares, se describen y determinan por la enumeracion de sus caracteres; algunos de éstos son comunes á varios objetos, pero sea por la combinacion de dos ó más de aquellos, ó por la particularidad de alguno, podemos distinguir ó especificar los cuerpos. Así, p. e., dirémos que se tienen veinte ó más libros de la medida llamada cuarto mayor; dirémos para describirlos: tienen 800 páginas con sus bordes teñidos de azul; pasta á la holandesa, etc., etc. Despues,

Especificacion de un objeto en particular.

describiendo uno á uno esos libros, habiendo ya citado los caracteres que llamarémos generales, dirémos: este libro tiene pasta verde, el otro azul; una es de color uniforme, otra manchada, etc.

Del mismo modo se describen muchos cuerpos, y en el caso de los minerales usarémos la fórmula ó método siguiente:

Fórmula para la descripcion de los minerales.

1º Figura.
2º Crucero.
3º Color.
4º Lustre.
5º Trasparencia.
6º Textura.
7º Dureza.
8º Densidad y casos particulares.
9º Caracteres químicos.
10. Yacimiento.
11. Aplicaciones.

Ejemplo de una descripcion.

Supongamos que se trata de describir un cristal de carbonato de cal; se dirá:

Figura cristalizada: La forma es un romboedro, y por tanto pertenece al 4º sistema cristalino; las dimensiones del cristal son.....

Cruceros: Tres, fáciles que conducen á romboedros.

Color: Comun blanco, ligeramente agrisado.

Lustre: Comun por calidad, lustroso por intensidad, comparable al del vidrio é inclinándose al de cera.

Trasparencia: Perfecta en láminas delgadas; en algun espesor es trasluciente.

Textura: Hojosa, ligeramente conchoide.

Dureza: De tres grados; es dócil; el polvo es mate y de color blanco agrisado; iguales caracteres presenta la parte frotada.

Densidad: De 2 á 3.

Casos particulares: Posee la doble refraccion.

Caracteres químicos: Hace efervescencia con los ácidos: es infusible al soplete, y por el calor de la flama se hace frágil y cáustico; con el agua se calienta vivamente, combinándose con ella.

Clasificacion: Es espato calizo ó carbonato de cal, por su cristalizacion romboédrica, cruceros fáciles que conducen á romboedros; trasparencia; dureza de 2; densidad de 2 á 3, y porque hace efervescencia por los ácidos y es infusible al soplete, etc., etc.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Yacimiento: El carbonato de cal es muy abundante en la naturaleza; se le encuentra formando montañas enteras, masas aisladas, etc., y en varios terrenos geológicos: cristalizado como el ejemplo de que nos ocupamos se halla generalmente en las vetas.

Aplicaciones: El carbonato de cal es comun en los usos domésticos.

Este es el sistema general de describir los minerales; si necesario fuere, se entrará en ciertos pormenores, como medida de los ángulos de los cristates, de los cruceros, etc.; indicacion de las modificaciones de los cristales; semejanzas y diferencias del mineral en cuestion con otros; variedades del mineral, etc., etc.

Sistemas de clasificacion.

Para facilitar el estudio de los minerales se les agrupa de diversos modos, reuniendo aquellos que tienen ciertos caracteres, como se efectúa con los objetos en los diversos ramos de las ciencias naturales.

Así se han formado grupos de familias en los minerales ó se ha atendido á su composicion química, á la forma cristalina, á sus usos industriales, etc.; p. e., grupo de los carbonatos, grupo de minerales de cobre, de hierro, etc., etc.

Nosotros, para la aplicacion que nos hemos propuesto, adoptamos el método que agrupa los minerales por su composicion química, y reunirémos en un primer grupo las especies que más se usan en la agricultura, así como las más necesarias para el conocimiento de las rocas; en la siguiente seccion reunirémos algunos minerales industriales á fin de darle más generalidad á este libro y que pueda servir á personas de diferentes profesiones, tomando la parte que les fuere necesaria. Debemos advertir que en las primeras descripciones repetirémos constantemente los nombres y el órden de cada uno de los caracteres, á fin de acostumbrar al discípulo á que haga las citas en el órden necesario; en la parte relativa á los minerales industriales, se hará la cita de sus caracteres en resúmen, pues se supone que ya el lector está familiarizado con las descripciones. Este ejercicio le permitirá conocer cualquiera otra especie mineralógica de las no anotadas en este libro, consultando los caracteres que observa con

los correspondientes á las especies definidas en una obra completa de mineralogía.

SECCION I.

Descripcion de las especies minerales útiles en la agricultura y necesarias para el conocimiento de las rocas.

ÁCIDOS Y ÓXIDOS MINERALES.—CUARZO.

Sinonimia: Cristal de roca, chichicle, prasio, cuarzo.

El ácido silícico se encuentra anhidro ó hidratado: vamos á ocuparnos del primer caso.

El cuarzo anhidro, es decir, sin agua combinada, se subdivide en *cuarzo cristalizado* y *cuarzo amorfo*, ó lo que es lo mismo, *cuarzo fenocristalino* y *cuarzo criptocristalino*, indicando el primer adjetivo que las figuras ó formas geométricas son determinables ó visibles, y el segundo que no se observan aquellas en el caso que se considera.

1.—Cuarzo anhidro.

A.—*Cristalizado ó fenocristalino.*

Formas: Del sistema romboédrico: generalmente en prismas exagonales, con las caras rayadas trasversalmente; los prismas terminados por pirámides de seis caras: se encuentran tambien gemelos y aun grupos en que los cristales se asocian, libres, ó penetrando unos en otros.

Cruceros: Generalmente carece de ellos, y á veces presenta indicios de crucero, principalmente calentando ese mineral y sumergiéndolo en agua fria.

Colores: Comunes, variando del blanco lechoso, blanco agrisado, gris de humo, pardo de clavo y otros tonos, verde, rojizo, etc.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Lustre: Por calidad, comun; por comparacion, generalmente de vidrio, que pasa á veces al resinoso; por intensidad, resplandeciente ó lustroso.

Trasparencia: Perfecta en algunas variedades; trasluciente ó aun opaca en otras.

Textura: Compacta, comunmente conchoide y á veces desigual, astillosa.

Dureza: De 7°; dócil: la parte raspada es por lo regular blanquizca, excepto en las variedades coloridas: polvo, id., id., id.

Densidad: De 2.5 á 2.8.

Casos particulares: Posee la doble refraccion. Tiene polarizacion circular.

Caracteres químicos.

Caracteres químicos: Insoluble en el agua y en los ácidos.

El ácido fluorhídrico gaseoso ataca al cuarzo y lo opaca, cuya propiedad se utiliza para grabar el vidrio. Al soplete, sobre el carbon, es infusible, pero añadiéndole sosa ó potasa, se funde formando un vidrio. En el alambre de platina con el bórax se disuelve lentamente; con el fosfato amoniacal forma una perla donde se percibe un esqueleto de siliza.

Variedades.

Variedades.—Cristal de roca (Chichicle de los mineros del país): El más limpio y vítreo.

Aéreo-hidro: Como el anterior, pero conteniendo cavidades ocupadas por líquidos ó gases.

Ametista (Chichicle): De color azul violado.

Prasio: De color verde.

Cuarzo rosado: De color blanco rosado.

Cuarzo gris de humo: De color agrisado como lo indica su nombre.

Falso topacio: De color amarillo bajo.

Lechoso: Blanco lechoso y generalmente opaco.

Sagenítico: Conteniendo en su interior cristales de la misma sustancia ó de otros minerales.

Aventurina: El que contiene láminas de mica en su masa.

Guijarro ferruginoso: De color pardo rojizo, pardo de clavo, etc.: el cristal de roca más impuro y diversamente colorido.

Cuarzo impuro: En general se da este nombre á las variedades que contienen cantidades notables de óxidos, silicatos, etc.

Composicion: La variedad típica, que es el cristal de roca, se compone de

Silicium (Si).....	46.67	
Oxígeno (O).....	53.33	Siendo su fórmula Si $O.^2$
	100.00	

Las otras variedades contienen diversas impurezas, que les dan color: así el ametista tiene óxido de manganeso, el cuarzo rosado óxido de hierro, etc., etc.

Yacimientos: Son muy variados los del cuarzo fenocristalino; se encuentra en terrenos de varias épocas geológicas, en vetas, incrustado en diversas rocas, diseminado, etc.

El *cristal de roca* abunda en muchas minas, y sus cristales llegan muchas veces á grandes dimensiones. Se citan como muy grandes los siguientes ejemplares: en el Museo de Nápoles existe un grupo de grandes cristales que pesa media tonelada: el Sr. Rafaeli, de Milan, posee un cristal que tiene $3\frac{1}{4}$ piés de longitud por $5\frac{1}{2}$ pulgadas de diámetro. En la Exposicion de Filadelfia vimos ejemplares de cerca de 0.^{m}40 de longitud en el departamento Brasilero. En México abunda el cristal de roca en varias vetas minerales, y se encuentran muchos cristales sueltos en terrenos de acarreo, como en las cercanías de San Juan de los Llanos, Estado de Puebla, y otras muchas localidades. En Norte-América, en Europa, etc., abunda igualmente el cuarzo cristalizado. El *cuarzo aéreo-hidro* se encuentra igualmente en varias localidades de Europa y América: en México se halla en el Real del Monte, Estado de Hidalgo. El *ametista* se encuentra en las vetas de Guanajuato, de Zacatecas y otras partes. El *cuarzo rosado* en Albany, Estados Unidos, en Baviera, etc. El *prasio* en Sajonia. El *cuarzo humeado* en Massachusets, Estados Unidos. El *guijarro ferruginoso* en Guanajuato, etc., etc.

Aplicaciones: El cristal de roca, el ametista, el prasio y esas otras variedades se usan en la joyería como piedras de adorno.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En general, el cuarzo limpio, cristalizado ó no, se utiliza en la fabricacion del vidrio, fundiéndolo con carbonatos alcalinos, y tambien con óxidos de plomo para hacer el cristal. Pulverizado el cuarzo, natural ó artificialmente, se utiliza en la agricultura para dividir los terrenos arcillosos y compactos, cuya operacion entra en los llamados *mejoramientos* de los terrenos: tambien se usa en ese estado para mezclarlo á la arcilla en la fabricacion de la porcelana.

B.—*Cuarzo anhidro criptocristalino.*

Formas: Comunes; figuras imitativas como arriñonada, estalactítica, concrecionada, globulosa y otras; tambien en masas informes, en cintas y vetas y en piedras rodadas.

Colores: Comunes; variando del blanco agrisado, lechoso, azuloso, gris negruzco, verde, rojo, amarillento, pardo, etc.: tambien con dibujos de listas, nubes, manchas, etc.

Lustre: Por calidad, comun: por comparacion, de cera que se acerca al vidrio en algunas variedades: por intensidad, lustroso, y poco lustroso: á veces mate.

Trasparencia: Menor que en la seccion anterior: por lo comun es trasluciente y á veces opaca.

Textura: Compacta: domina la conchoide.

Dureza: La misma del cuarzo fenocristalino.

Densidad: Id., id.

Caracteres químicos: Los mismos del anterior, presentando algunas reacciones particulares á los óxidos metálicos que contienen algunas variedades.

Composicion química: Ácido silícico más ó ménos puro.

Variedades: Tomando por base el color dominante y la estructura, podrémos reunir las variedades de cuarzo criptocristalino en los siguientes grupos:

a *Variedades grises azulosas.*

Calcedonia: Trasluciente; blanca agrisada ó azulosa: lustre resinoso ó de cera; estalactítica, concrecionada, globosa ó en masa.

Pedernal: Más opaco que la calcedonia.

Piedra córnea: Un poco más lustrosa.

Jaspe aporcelanado: Color gris de perla, lustroso.

Jilolita: Blanca, agrisada, amarillenta, etc., en forma de troncos vegetales.

b *Variedades gris-negruzcas ó negras.*

Basanita ó piedra lídica: Color gris negruzco ó negro de terciopelo: en masas, cintas, vetas, mantos, etc.

c *Variedades verdes.*

Crisopasa: Caracteres semejantes á los de la calcedonia, pero su color es verde manzana.

Prasio: Verde y trasparente: caracteres análogos á los de la misma variedad del grupo anterior, excepto la forma.

Plasma: Verde puerro, yerba ó montaña.

Ojo de gato: Gris verdoso ó rojizo: pulido en formas convexas, presenta visos claros, nacarados ó amarillentos.

d *Variedades rojas.*

Cornelina: Es una especie de ágata, trasluciente, de color rojo.

Guijarro ferruginoso: En masas, bolas, etc.: color rojo de sangre, pardo de ocre, amarillento, etc.

e *Variedades listadas y manchadas.*

Ágata: Es una calcedonia con dibujos de bandas ó manchas en diversas formas.

Ónix: Semejante á la anterior, con listas muy finas.

Jaspe: Cuarzo impuro con mezclas de colores.

Heliotropo: De color verde con manchas rojas.

f *Cuarzo en masa:* Llámase así cuando constituye rocas, y tambien se designa con el nombre de *cuarzita.*

g *Cuarzo granular:* En forma de granos: si éstos están unidos entre sí formando masas granosas, finas, se llaman *areniscas* á las masas que constituyen.

Se llama *Itacolumita* á una de estas variedades, pero cuyas masas son flexibles.

h *Cuarzo concrecionado comun:* En forma de cascos, concreciones, etc., en revestimientos, incrustaciones: procede generalmente de los depósitos de aguas termales.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

i *En geodas ó cocos:* Son elipsoides ó esferas más ó ménos regulares, huecos ó conteniendo cristales de cuarzo y otras sustancias en su interior.

Yacimientos: Son semejantes y tan generales como los del cuarzo fenocristalino. La calcedonia se encuentra en las vetas, en incrustaciones y en masas rodadas. Se halla en varias localidades mexicanas: es notable una variedad azul, muy fina, que se encuentra en Meztitlan. El pedernal es tambien abundante. En Europa se presenta á veces formando nódulos en la creta. Se encuentra en masas, en Izúcar del Estado de Puebla, y otras muchas localidades. La piedra de lidia se presenta en bancos, vetas y nódulos en muchas de nuestras montañas calcáreas del período mesozoico, como en la Sierra de Querétaro. La crisoprasa se halla en Silesia. La cornelina en Zimapan, Estado de Hidalgo. La ágata en incrustaciones en las rocas llamadas almendrillas; en piedras rodadas en Quila, 5º canton de Jalisco. La Itacolumita ó cuarzo flexible es propio de la América del Sur. Las geodas se encuentran en los Estados de Puebla, Guerrero, en Panales, Estado de Querétaro, y otras varias localidades.

Aplicaciones: Tiene generalmente las mismas que el cuarzo cristalizado. Muchas de las variedades amorfas que hemos señalado se usan como piedras de adorno; tales son el heliotropo, la cornerina, la ágata, el ónix y otras. La piedra de Lidia ó siliza negra, la usan los plateros para conocer la ley de una liga de oro, para lo cual la frotan sobre la piedra y comparan el color dorado de la traza con el de otro de una liga conocida que sirve de testigo.

2.—Cuarzo hidratado ó resinita.

Formas: Comunes: en masas, concreciones, capas, costras, terroso: tambien en estado líquido.

Colores: Comunes, variando del blanco agrisado, de leche, azuloso, amarillo de Isabel, rojo de fuego, gris, manchado, etc., etc.

Lustre: Por calidad, comun; por comparacion, de cera que

pasa al de vidrio; por intensidad es lustroso, poco lustroso y aun mate.

Trasparencia: Casi perfecta en algunas variedades; en otras trasluciente y aun mate.

Textura: Conchoide.

Dureza: 5.5 á 6.5; agrio; raspadura clara.

Densidad: 1.9 á 2.

Casos particulares: Algunas variedades poseen un tinte azuloso, turbio, que es un efecto de la refraccion y al cual se le llama *aspecto opalino:* otras variedades descomponen la luz y presentan bellísimos cambiantes de colores rojos, verdes, violados y otros.

Caracteres químicos: Al soplete decrepita y salta en astillas, poniéndose opaco y azuloso: calentado en un tubo abierto por una extremidad, emite vapores acuosos: las variedades amarillas que contienen hidróxido de hierro se hacen rojas por la accion del fuego. Los otros caracteres químicos son los propios del ácido silícico.

Composicion: Ácido silícico conteniendo siempre agua, aunque en cantidades variables comunmente de 3 á 9 por ciento: algunos autores creen que es solamente agua higroscópica y no de combinacion.

Variedades: Para facilitar el estudio de la siliza hidratada, dividirémos sus variedades en diversos grupos.

a *Ópalo fino:* Lo caracterizan los reflejos ó cambiantes irizados: segun la distribucion y formas de los colores, se distinguen en *ópalos de flamas* cuando tienen semejanza con éstas; *girasoles* cuando presentan reflejos rojos por efecto de una luz brillante; *arlequines* en el caso de que los colores estén distribuidos en puntos ó manchas cortadas. Partiendo de estas denominaciones generales, creemos conveniente dividir los ópalos finos en las tres secciones siguientes:

Ópalos húngaros: Blanco-lechosos ú otro color, pero siendo opacos y con reflejos.

Ópalos mexicanos: Trasparentes ú opacos, de color rojo de fuego y con visos. Este nombre fué dado primeramente á

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

esa variedad por el profesor mexicano D. Antonio del Castillo. A la temperatura de 19°5 C., hemos encontrado que la densidad de ese ópalo es de 2.0.

Ópalos queretanos: Designamos con este nombre á las variedades trasparentes, incoloras, ó de otros tintes que no sean el rojo de fuego, y teniendo siempre sus cambiantes irizados. Estas variedades abundan en el Estado de Querétaro, México, por cuya circunstancia las designamos con aquel nombre.

b *Ópalo comun:* Trasparente ó trasluciente y con otros caracteres semejantes á los anteriores, excepto los reflejos. En estos ópalos de color propio, que puede ser uniforme, listado, manchado, etc., debemos citar un magnífico ejemplar que poseemos, procedente del Estado de Guanajuato, y que es de color azul de ultramar.

c *Semi-ópalos:* Llámanse así á las diferentes variedades ménos traslucientes, pero conservando el lustre resinoso y la textura conchoide.

d *Jilópalo:* Dáse este nombre á las diferentes variedades que presentan los caracteres de ópalo comun ó de semi-ópalo y tienen estructura de madera ó troncos vegetales.

e *Ópalo blando:* De consistencia de arcilla, y como ésta, forma á veces una pasta dúctil con el agua; es blanco azuloso ó amarillento y presenta el viso azuloso llamado opalino. *Ópalo líquido:* Tiene el aspecto de la siliza gelatinosa y presenta el viso opalino.

f *Cacholonga:* Esta variedad de siliza hidratada se encuentra generalmente en concreciones ó arriñonada, revistiendo á las rocas: es opaca y sus colores varian del blanco azuloso, amarillento y rojizo.

g *Hialita:* Ésta forma revestimentos arriñonados, en racimos, globosa, etc.: es trasparente, y su color blanco agrisado, teniendo el aspecto del vidrio comun.

h *Menilia:* Tambien es concrecionada y por lo regular bajo la forma de raíces ó rizomas; lustre de cera, textura conchoide; colores grises.

Siliza sedimentaria: Compréndense aquí los depósitos silícicos

que dejan las aguas termales, y los que proceden de la descomposicion de algunos silicatos. Se presenta esta siliza en masas compáctas ó esponjosas, en concreciones, costras, escamas, revestimientos y fibras: su color es generalmente blanco agrisado ó amarillento. Se llama *Fiorita* á una variedad de lustre aperlado que generalmente se encuentra en las tobas.

Siliza pulverulenta.—Trípoli. En masas terrosas formadas por despojos de seres microscópicos, especialmente por las algas llamadas *Diatómeas:* es mate; su color blanco agrisado y amarillento más ó ménos oscuro: es blando de 1 á 2°. Frotado entre los dedos produce un sonido particular. *Tiza.* Del mismo orígen que el anterior: blanco agrisado ó amarillento, más fino al tacto y algo untuoso.

Yacimientos. Los ópalos, semi-ópalos, etc., se encuentran generalmente en nódulos y capas de poca extension en las cavidades y caras de separacion de los pórfidos, traquitas y otras rocas ígneas. Los principales criaderos de ópalos finos de México se encuentran:

En la Barranca de Tepezalá, dos leguas al Sur de la hacienda de San Miguel, jurisdiccion del Real del Monte, Estado de Hidalgo: los ópalos se hallan en un conglomerado traquítico formado por los detritus del cerrro de las Navajas. Este fué el primer criadero que se conoció en México, y fué descubierto por los alumnos del Colegio de Minería D. Juan Orozco y D. Juan C. C. Hill.

En Zimapan, del mismo Estado, se halla el ópalo mexicano, juntamente con el ópalo de fuego, en conglomerados traquíticos.

Los criaderos más importantes son los de Esperanza, á diez leguas NO. de San Juan del Rio, Estado de Querétaro. Los ópalos se hallan allí diseminados en nódulos y vetillas en la masa de un pórfido cuarcífero de color rojo pardusco, que varía al blanco agrisado y rojizo. Las montañas porfídicas de aquella localidad forman eminencias sucesivas, y están cortadas por escalones y bancos de la misma roca: á veces están los bancos replegados, y por su aspecto puede suponerse que en su apari-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEON ®
DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

cion vinieron acompañados de aguas termales silicíferas, á cuya sedimentacion se debe la formacion del ópalo. Se nota que en las rocas compactas y más duras abundan las variedades rojas de fuego y las mexicanas, y en las más claras y blandas se encuentran las variedades húngaras: los bancos de pórfido tienen generalmente la direccion NO. á SE. En el año de 1872, en que visitamos aquellos criaderos, habia varias minas en explotacion. Pudimos observar allí las variedades húngaras, las mexicanas, las que llamamos queretanas, los ópalos de fuego y los comunes, los semi–ópalos, la hialita y la cacholonga.

Esos criaderos fueron descubiertos en 1855 por un sirviente de la hacienda de Esperanza, llamado Ignacio Lozano, pero hasta el año de 1870 fueron emprendidos los trabajos de explotacion por el Sr. D. José María Siurob, vecino de Querétaro.

En los criaderos de Esperanza hay ópalos de grandes dimensiones: recogimos un ejemplar de la variedad húngara, que tenia el tamaño de un huevo de paloma: el Sr. D. Eufemio Amador posee un paralelipípedo de la variedad llamada arlequin, cuyos lados tienen 0.^{m}07 de longitud y 0.^{m}30 de anchura: el espesor de la capa de ópalo fino es de 0.^{m}01. Uno de los mayores ejemplares de ópalo fino que se citan es el que existe en el Museo de Viena y tiene 17 onzas de peso, pero no está enteramente separado de su matriz.

Posteriormente se han descubierto otros criaderos de ópalo en el Distrito de Amealco del propio Estado de Querétaro. La formacion opalífera de ese Estado abarca muchas leguas de extension.

Varias son las localidades mexicanas donde se encuentran las diversas variedades de ópalos comunes, semi–ópalos, etc.: en México abundan mucho los pórfidos traquíticos donde aquellas se encuentran. Atendiendo á la posicion de esas montañas respecto de ciertos horizontes geológicos, suponemos que corresponden al período terciario.

Los ópalos finos se hallan en Hungría y en Honduras, tambien en pórfidos ó en conglomerados de esta roca.

Los ópalos comunes y los semi–ópalos se encuentran en México en circunstancias análogas á los anteriores: á veces sirven de matriz al cinabrio, como se observa en los cerros porfídicos del Puesto, cerca de Lagos, en Jalisco y en otras localidades. En Santa María de la Huerta, en el 5º Canton del propio Estado, abunda el semi-ópalo en los criaderos de caliza de agua dulce. Ópalo blanco azuloso; muy puro, se encuentra en San Juan de los Lagos.

El ópalo blando se halla ocupando algunas cavidades de las rocas que forman la matriz de las anteriores variedades.

El Sr. D. Miguel Rul nos mostró un frasco conteniendo ópalo líquido procedente de una mina de Guanajuato: esa muestra fué presentada en la Exposicion Internacional de Filadelfia, 1876, y despues de cuatro ó cinco meses, notamos que en aquella sustancia gelatinosa se formaban varios núcleos donde se hacia más perceptible el viso opalino.

La cacholonga se encuentra en los criaderos de ópalo.

La hialita abunda en los cerros de Esperanza; es muy frecuente tambien en los cerros porfídicos de Guadalupe y las lavas del Peñon cerca de la ciudad de México.

La menilia se encuentra formando nódulos en los terrenos terciarios y en los cuaternarios: abunda en la caliza silizosa del Peñon de los Baños, en las cercanías de México.

El trípoli es muy comun en los terrenos posterciarios mexicanos: en el Valle de Aguascalientes, en el de México y otros muchos forma bancos que alternan con las tobas, margas, arcillas y otras rocas de acarreo y lacustres. En Ceyssat, en Toscana y otras localidades extranjeras.

El Tiza, v. Tizate, se encuentra tambien con abundancia en algunos de nuestros valles y varias localidades, llevando el nombre de "Los Tizates," por existir en ellos muchos criaderos de ese mineral. Cerca de Zacoalco, en Jalisco, en Puerta de Vega de idem, en Ixtlahuaca, en Atotonilco, etc., etc.

Aplicaciones. Usanse los ópalos como piedras de adorno, y á veces se estiman en gran valor: los ópalos comunes, los semi–ópalos, pueden emplearse como el cuarzo comun en los usos industriales: el trípoli y el tiza sirven para limpiar los metales.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Los indígenas del Valle de México y otras localidades decantan el tiza y forman pastas esféricas que venden en las poblaciones, especialmente en la ciudad de México.

MAGNETITA.

Sin. Hierro magnético. Piedra iman, magnetite de Haindinger.

Formas. Del primer sistema; generalmente en octaedros ó dodecaedros.

Crucero. Octaédrico, más ó ménos perfecto; tambien se encuentra en masas y dendrítico.

Colores. Metálicos: negro de hierro.

Lustre. Por calidad, métálico; por intensidad, resplandeciente ó lustroso.

Trasparencia. En general es opaco, sólo en láminas muy delgadas, como las de las dentritas magnéticas que se hallan en algunas micas; es trasluciente.

Textura. Compacta, hojosa ó desigual de grano fino, á veces conchoide.

Dureza. 6.5 á 7: agrio: el polvo es negro y se pega á la navaja.

Densidad. De 4.9 á 5.2.

Casos particulares. Es magnético: su polvo se pega á la navaja; atrae á la aguja magnética: en algunos casos tiene polos, es decir, que atrae á la aguja por un extremo y lo repele por el otro.

Composicion. La variedad más pura contiene:

Fe.....	72. 4
O	27. 6
	100.00

Considerándolo como formado por protóxido y sesquióxido de fierro tendria:

Fe O..... ..	31.03
$Fe^2 O^3$	68.97
	100.00

Su fórmula se representa por Fe O, $Fe^2 O.^3$

Caracteres químicos. Se disuelve en ácido clorhídrico. Al soplete, con la flama de oxidacion pierde sus propiedades magnéticas. Con los fundentes da una masa verde botella al fuego de reduccion y rojiza al de oxidacion.

Variedades:—a *Cristalizado.* En las formas que quedan indicadas.

b *Granular.* Diseminado en las rocas, ó en granos sueltos.

c *En masas.* Lenticulares, hojosas ó de otras formas.

El Prof. Dana lo divide en magnetita comun, magnesiana, titanífera y ocrácea, considerando las materias que tiene mezcladas.

Yacimientos. La magnetita se encuentra en diversas formaciones geológicas, especialmente en las primitivas, como sucede en Suecia, en Córcega, etc., donde á veces forma grandes masas de rocas y pequeñas montañas, ó se halla diseminado en nódulos y en granos. Esto último sucede especialmente en las rocas metamórficas, como en la clorita y mica–pizarra. Las rocas volcánicas suelen contener el mismo mineral diseminado en su masa.

Los Estados Unidos de América poseen igualmente muy ricos criaderos de magnetita, formando en algunos lugares grandes lechos de bastante espesor. El Canadá y otros territorios boreales de la América contienen ese rico mineral. En México se encuentra en varias localidades. En la Ferrería de la Encarnacion, Estado de Hidalgo, se explota un rico criadero que se halla en la caliza mesozoica del cerro llamado *Cangando*, que quiere decir "Piedra azul," en la lengua otomí. El iman de esa localidad contiene una pequeña ley de oro. Lo hay tambien en el cerro de Ameca, Estado de Jalisco, en Durango, en Michoacan y en la mayor parte de los criaderos de fierro del país, sólo ó mezclado á la hematita y al fierro pardo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Aplicaciones. La principal es la extraccion del fierro metálico, pues ese mineral produce el metal más dúctil y de mejor calidad.

Alteraciones. Puede trasformarse en óxidos rojos ó amarillos por medio de la oxidacion del protóxido y pasar á las arcillas y otros terrenos de acarreo por medio de las aguas pluviales.

HEMATITA.

Sin. Hematite. Peróxido rojo de hierro —Red Iron Ore— Hematite rouge. Hematita.

Formas: Del sistema romboédrico: generalmente en romboedros más ó ménos modificados.

Crucero: Segun las caras del romboedro, más ó ménos fácil. Tambien en masas, laminosa, reniforme y terrosa.

Colores. Metálicos, semi-metálicos y comunes: negro de hierro, gris de acero, rojo pardusco y rojo de sangre.

Lustre. Por calidad metálico ó semimetálico: por intensidad, varía de resplandeciente á mate.

Trasparencia. En general es opaco, y sólo en escamas muy delgadas es resplandeciente.

Textura. Compacta, á veces hojosa, conchoide, desigual y aun terrosa.

Dureza. Varía de 6 en las masas compactas y cristales, á 2 en el hierro escamoso y en el ocráceo: es dócil; la parte frotada y el polvo tienen color rojo pardusco ó rojo de sangre.

Densidad. 4.5 á 5.5.

Casos particulares. Es dimorfo, pues cristaliza en el sistema cúbico, y entónces se llama Martita, ó en el romboédrico que es el caso ordinario: tambien aparece á veces como pseudomorfo. En algunos casos las piritas ó sulfuros de hierro se trasforman en óxido de este metal, conservando sus formas del primer sistema, no obstante el cambio de su naturaleza: á estas trasformaciones se les llama *epigenias.*

Composicion. La variedad más pura contiene:

Fierro (Fe).....	70.00
Oxígeno (O).....	30.00
	100.00

Su fórmula es $Fe^2 O.^3$

Caracteres químicos. Se disuelve en ácido clorhídrico concentrado, y la solucion, aunque esté muy diluida, se colora en rojo intenso por el sulfocianuro de potasio. Calentado en tubo no emite vapores acuosos. Al soplete es infusible: la flama de reduccion lo hace magnético.

Variedades:—a *Hierro oligisto ó espejado.* En cristales ó en láminas de color gris de acero ó negro de hierro: á veces con irizaciones: es duro; su lustre es resplandeciente.

b *Hierro micáceo.* En masas escamosas ó en escamas sueltas: las primeras tienen poca cohesion generalmente: color gris de acero que rojea, sobre todo cuando se ven las láminas contra la luz. Cuando las escamas son finas se pegan en los dedos al tocarlas.

c *Hierro hematítico en masa.* Gris de acero ó negro de hierro: se halla en masas con lustre metálico ó semimetálico.

d *Hierro espumoso.* En masas formadas de partículas ténues que se desagregan fácilmente: es untuoso y tizna ó ensucia al tocarlo: su color es gris de acero, que pasa á rojo pardusco ó de sangre.

e *Hematita compacta.* En masas duras y compactas: generalmente reniforme ó en otras concreciones y con una estructura radiada: se presenta tambien fibroso ó en barras: su color es gris metálico ó rojo pardusco más ó ménos oscuro.

f *Hierro ocráceo.* Es desmoronadizo, de textura terrosa: blando; tizna al tocarlo. Su color es rojo pardusco, que pasa al rojo de sangre.

g *Hierro arcilloso.* Como el anterior, conteniendo cantidades variables de arcilla, y presentando tambien en diversos grados la tenacidad, olor y demas caracteres de estas últimas.

h *Hierro globoso.* De color rojo y bajo la forma de esferas generalmente pequeñas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Yacimientos. El peróxido anhidro de hierro se encuentra en muchas formaciones geológicas, desde las azoicas hasta las actuales, pues se halla en los productos de erupcion de los volcanes modernos.

El criadero de hierro espejado más célebre se halla en la isla de Santa Elena: se encuentra en otras muchas localidades europeas y americanas. Se ha encontrado tambien en los productos actuales del Etna, Vesubio y otros volcanes.

Hemos visto ejemplares de hierro espejado procedentes del Real del Monte, Estado de Hidalgo, México. Tambien examinamos una veta que contenia hierro espejado bajo la forma de láminas delgadas y brillantes, asociado al óxido de estaño en una formacion porfídica, terciaria, de la "Meza de los Caballos," Estado de Zacatecas. Se encuentra en otras localidades mexicanas.

El hierro micáceo se encuentra en muchos de nuestros criaderos de hierro: en el Sur de Jalisco le llaman "marmaja hojosa," y le dan iguales usos que á la marmaja pulverulenta.

El hierro espumoso se encuentra en masas ó en revestimientos muy ténues.

La hematita compacta y el hierro hematítico en masa se hallan en muchos casos en circunstancias semejantes á las de la magnetita: á veces forman grandes lechos y masas de rocas, como en Sajonia, en Chile, en los Estados Unidos de América y en otros países. Muchas son las localidades mexicanas que pueden citarse de ese mineral: hemos examinado ejemplares verdaderamente típicos de hematita radiante, procedente del Estado de México.

Sucede con frecuencia que muchas personas confunden los riñones de la hematita con los de óxido de estaño: varios procedimientos habria para hacer esa distincion, como p. e. la fundicion fácil del metal de estaño en una hornilla con carbon, la raspadura roja que caracteriza á la hematita, etc. A veces se encuentran asociadas las concreciones de ambas especies minerales. Nosotros las hemos visto en el cerro del Pinalito, distrito de la Cañada, Estado de Querétaro. Existe allí una gran veta

manteada, cuya direccion es NO. SE. con inclinacion al S., está formada de un conglomerado de riñones de hematita con algunos de cassiterita, aunque éstos en muy poca cantidad. Los riñones están unidos por un cemento de calcedonia que parece de orígen hidro–termal. La veta arma en un conglomerado de pórfido, formado de fragmentos de los cerros inmediatos. En la masa de las rocas de éstos encontramos muchos riñones de hematita, lo que hace creer que es contemporánea del pórfido, y que las masas sueltas que se hallan en los aluviones vecinos proceden de los mismos pórfidos.

El hierro arcilloso y las arcillas ferruginosas abundan en muchas localidades mexicanas. Generalmente se encuentran relacionados sus yacimientos á los del basalto. Un criadero ó depósito de arcilla roja ferruginosa que puede citarse es el de Tepatitlan en el Estado de Jalisco. La formacion de arcilla ferruginosa se extiende en una gran superficie de terreno y se halla sobre el basalto formando capas de regular espesor. El camino que conduce de Lagos á Guadalajara pasa en una extension de poco más de doce leguas sobre esa formacion. En las tierras que contienen este óxido rojo de hierro se desarrollan con mucha lozanía las encinas (querqus), y muchas veces la presencia de estos árboles indica que en las cercanías de donde se encuentran aparecerá el terreno ferruginoso.

El hierro rojo globoso se encuentra en el cerro de Galvan, Estado de Puebla; las esferitas de esa localidad son bastante regulares y tienen un diámetro de cerca de cinco milímetros. Las esferas están unidas entre sí por un cemento ferruginoso.

Alteraciones. Los óxidos anhidros que acabamos de citar pasan á las tierras arables por la desagregacion mecánica de los agentes atmosféricos, y forman los terrenos ferruginosos: bajo la accion de las materias orgánicas se reducen á veces al estado de protóxidos; éstos se reoxidan por el aire: tambien se combinan con los ácidos orgánicos y pasan á las tierras. En el acto de la reduccion ceden oxígeno á la materia orgánica ó al terreno, y en el de la oxidacion por el agua dejan hidrógeno libre que puede formar amoniaco. Así, esos óxidos contribuyen á la

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

formacion de elementos de fertilidad, y además tienen la propiedad de almacenar ó retener al amoniaco y sus sales. Tambien se cree que contribuyen con su presencia al fenómeno de la nitrificacion.

Aplicaciones. Esos óxidos se usan, como el magnético, para la extraccion del hierro, y tambien producen metal de muy buena calidad: la hematita pulverizada se usa tambien para pulir los metales. El ocre ú óxido más puro se usa en la pintura á causa de su hermoso color rojo.

GOËTHITA.

Sin. Hierro pardo cristalizado. Hidróxido de hierro. Brown iron–ore.

Formas. Del sistema ortorómbico: generalmente en prismas rayados longitudinalmente. Tambien en tablas, hojas, compacto reniforme y estalactítico.

Crucero. Muy perfecto, paralelo á la diagonal menor.

Colores. Comunes: pardo cetrino claro ú oscuro; amarillo de ocre moreno, etc. En partículas delgadas aparece rojizo.

Lustre. Por calidad comun ó semi–metálico; por intensidad lustroso ó mate; por comparacion diamantino ó ligeramente resinoso.

Trasparencia. En general es opaco; las escamas muy ténues son ligeramente trasparentes.

Textura. Compacta; hojosa ó estriada; á veces terrosa.

Dureza. De 5.0 á 5.5: polvo pardo cetrino claro.

Densidad. De 4.0 á 4.4.

Composicion. La variedad tipo contiene:

Sesquióxido de hierro ($Fe^2 O^3$).....	89. 9
Agua (HO.).....	10. 1
	100. 0

Siendo su fórmula $Fe^2 O^3 HO$.

Como impurezas contiene, á veces, óxidos de manganeso, siliza y arcilla.

Caracteres químicos. Se disuelve en ácido clorhídrico: la solucion se colora de rojo con el sulfo–cianuro de potasio.

Calentado en tubo produce vapores acuosos. Al soplete, sobre el carbon pierde tambien el agua y se cambia en hematita, produciendo las otras reacciones propias de esta especie.

Variedades. Pueden establecerse las siguientes, atendiendo á su aspecto físico:

a En cristales bien desarrollados, grandes ó microscópicos.
b En láminas cristalinas.
c En fibras delgadas ó cristales aciculares, á veces divergentes.
d En masas columnares ó fibrosas.
e En masas informes, arriñonadas ó estalactíticas.

Yacimientos. Se halla asociado á los otros óxidos de hierro, y con más especialidad á la limonita. Le hemos visto en varias muestras mexicanas de esta especie, procedente de muchas localidades. En una masa careada de limonita, procedente de la Ferrería de Tula, Estado de Jalisco, vimos un cristal prismático de Goëthita muy bien desarrollado: tenia 15 milímetros de longitud y sus caras estaban revestidas de capas de limonita. Se encuentra tambien en los criaderos ferríferos de Inglaterra, Sajonia, en los Estados Unidos de América y en otros países.

Alteraciones. Puede deshidratarse y pasar al estado de hematita, á veces conservando su forma primera: como los otros óxidos, al máximum es susceptible de reducirse y tambien de combinarse con el ácido carbónico.

Aplicaciones. Esta especie es relativamente escasa, pero podria utilizarse, como los otros minerales oxidables de hierro, para la extraccion de este metal. Confundido con aquellos, cede su hierro al producto en las fundiciones.

LIMONITA.

Sin. Hierro pardo. Hematita morena, Hidróxido de hierro, Ocre de hierro, etc.

Formas. En masas informes, porosas, en capas, granos, concreciones esferoidales ó estalactíticas y terroso. A veces pseudomórfico y en petrificaciones.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Colores. Comunes; á veces semi-metálicos. Pardo cetrino, moreno más ó ménos oscuro, amarillo de ocre. En algunos casos tiene colores abigarrados.

Lustre. Por calidad semi-metálico y comun; por intensidad poco lustroso ó mate; por comparacion metaloide, de seda ó resinoso. Opaco.

Textura. Compacta, hojosa, terrosa y á veces estriada.

Dureza. De 5 á 5.5 en las variedades compactas; en las terrosas de 1 á 2, y aun tizna los dedos: es agrio y el color de la raspadura pardo cetrino claro.

Densidad. De 3.6 á 4. Cuando está mezclado con arcilla pesa ménos. Esta propiedad se utiliza para juzgar de la riqueza en óxido de un mineral arcilloso, siendo tanto mayor cuanto lo sea su densidad.

Casos particulares. Se presenta tambien epigénico como el anterior.

Composicion. La variedad tipo contiene:

Sesquióxido de hierro ($Fe^2 O^3$).....	85. 6
Agua (HO).....	14. 4
	100. 0

Siendo su fórmula $Fe^2 O^3$ HO.

Contiene como impurezas, arcilla, óxido de manganeso, siliza, ácido fosfórico y materias orgánicas.

Caracteres químicos. Los de la especie anterior, salvo el caso de la presencia de las impurezas citadas, que darán sus reacciones propias.

Variedades.—a *Concrecionado.* En riñones, estalactitas, cilindros, coliflor, etc.; á veces estas concreciones son fibrosas en su interior.

b *Compacto.* En masas de diversas formas.

c *Escorioso.* Llamado *stilnopsiderita:* es de color oscuro, casi resplandeciente, y de lustre resinoso; se encuentra en masas separadas ó formando vetillas, ojos, etc., en la variedad compacta.

d *Cavernoso.* En masas conteniendo cavidades de diversas formas y dimensiones.

e *Oolítico.* En granos pequeños y esféricos. *Granular.* En granos de diversos tamaños y formas; en masas rodadas.

f *Palustre.* En masas generalmente cavernosas, en costras y en revestimientos muy ténues: generalmente tiene preciosos cambiantes irizados y viso metálico.

g *Arcilloso.* Puede encontrarse como alguna de las anteriores variedades, pero conteniendo arcilla.

h *Arcilla ferruginosa.* En capas, en masas de diversas formas, de color pardo cetrino de diversos grados hasta el amarillo de ocre, y dominando la arcilla en su composicion.

Yacimientos. La limonita se encuentra más especialmente en terrenos sedimentarios y de acarreo, sea formando capas ó al estado de granos y concreciones rodadas, en arcillas ferruginosas, en margas, arenas, etc. Encuéntrase tambien en algunas vetas donde se forma por la alteracion de otros minerales que contienen fierro.

El profesor Dana, al hablar de los criaderos de ese mineral, dice que en todos los casos es el resultado de la alteracion de otros minerales por la influencia del aire, del ácido carbónico, ó de los ácidos orgánicos.

Los depósitos de limonita se encuentran desde los terrenos secundarios hasta los actuales. En Francia se hallan llenando cavidades en las formaciones jurásicas: en otras partes aparecen bajo la forma de bancos ó lechos de grande extension.

El hierro compacto y el cavernoso se encuentran en varias localidades mexicanas, en Coalcoman, Estado de Michoacan, y en varias ferrerías como en la de Tula, Estado de Jalisco, en Zacualtipan de Hidalgo, y otras muchas. Las muestras que hemos visto de esas ferrerías tienen, unas, el aspecto del hierro pardo compacto, y otras el del hierro palustre. Las muestras que de Zacualtipan hemos revisado tienen un color moreno pardusco: en las cavidades existen revestimientos en forma de coliflor, con lustre metaloide y arborizaciones de óxidos de manganeso.

Otros ejemplares tienen epigenias de piritas cúbica y prismática.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El hierro palustre se halla en los lechos de los lagos ú otros depósitos y corrientes de agua, ó en algunos terrenos bajos donde lo depositan las aguas: á veces es superficial, pero en otras está recubierto por arenas ó arcillas.

En el mineral del Bramador, Estado de Jalisco, se encuentra el hierro palustre con impresiones muy claras de hojas de encina: en otros que proceden de las vetas se hallan dendritas de plata nativa: tambien se encuentran allí magníficos ejemplares concrecionados con viso metálico y preciosos cambiantes abigarrados. En el mineral de Agostadero, Estado de Zacatecas, se ve la formacion actual del hierro palustre en las grietas de las rocas feldespáticas de las montañas de aquella localidad. Las aguas cargadas de hidróxido de hierro lo depositan en las caras de separacion de las rocas, y se forman pegaduras de color de oro con brillo metálico. Igual efecto se observa en la mina de La Cantera en Zacatecas y en otras muchas localidades del país.

El hierro pardo ocráceo se encuentra en el Mineral de las Aguas, Estado de Querétaro, sobre la formacion caliza: su color es pardo cetrino claro, y se usa en la pintura.

El hierro granular, en fragmentos rodados de varios tamaños, se halla con profusion en las arcillas ferruginosas de Santa María de los Álamos, Estado de Hidalgo. Las arcillas rojas y amarillas ocupan allí muy grandes extensiones de terreno, y contienen, además de hierro de aluvion, infinidad de bolas epigénicas de hierro pardo, que proceden de la alteracion de pirita radiante. Las masas trasmutadas presentan figuras muy caprichosas, como cilindros terminados por esferas, por conos más pequeños y otras formas. Al lado de esas concreciones abundan tambien las de óxido de manganeso, de forma esférica, llamadas Groroilita.

Se ha dado el caso, de muy difícil explicacion, de que contengan platino algunas de aquellas concreciones ferruginosas de Santa María de los Álamos.

En esas arcillas ferruginosas crecen con notable lozanía el *Liquidambar stiraciflua*, varios *Sambucus* y la *Vitis silvestris*.

Parece que esas grandes formaciones de arcillas ferruginosas proceden de la alteracion de los pórfidos y pizarras arcillosas de la localidad, y las concreciones son de orígen hidro-termal.

Alteraciones. Las mismas de la Goëthita, y pasan los fragmentos á formar terrenos ferruginosos como acaba de citarse. Se ve igualmente que el hidróxido de hierro mezclado á la arcilla y materias orgánicas forma tierras muy fértiles donde crecen grandes árboles y se desarrolla la vitis ó uva silvestre, indicando la seguridad de un buen cultivo de las otras especies de vitis en aquellos terrenos.

Aplicaciones. La limonita sirve igualmente para la extraccion del hierro y produce metal de excelente calidad. De los terrenos que contienen limonita puede decirse lo mismo que de los anteriores, al tratarse de su influencia en los cultivos de las plantas.

El ocre amarillo se usa en la pintura como el ocre rojo, y por medio del fuego puede trasformarse aquel en este último.

SILICATOS.

Por la importancia relativa que tienen estos compuestos en las rocas, pasamos á estudiarlos, colocándolos en órden de esa importancia; como verémos al tratar en particular de las rocas, la definicion de las principales de ellas se hace citando los silicatos de que están formadas, y para poder determinarlas con claridad, debe dedicarse mucha atencion al estudio de los silicatos.

A fin de facilitar el estudio de los silicatos, los dividirémos en diversos grupos, como sigue:

GRUPO DE LOS FELDESPATOS.

Compréndense con este nombre algunos silicatos que presentan analogías muy marcadas para constituir un grupo natural bastante notable: las formas cristalinas pertenecen á los sistemas 5º y 6º; la existencia de dos cruceros muy fáciles; su

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

textura hojosa; el lustre nacarado en las caras de crucero; la dureza de 6 á 7°, etc., son caracteres que permiten distinguir estos silicatos con facilidad.

HIALOFANIA.

Sin. Hyalophane (Watershausen): Feldespato de potasa y barita.

Formas. Cristales del 5º sistema, parecidos á los de la ortoclasia; á veces en cristales agrupados: un crucero muy claro y otro ménos perceptible.

Colores. Comunes, blanco agrisado ó rojizo.

Lustre. Por calidad, comun; por intensidad, lustroso, y por comparacion de vidrio.

Trasparencia. Perfecta ó sólo trasluciente.

Dureza. De 6 á 6.5; polvo blanquizco.

Densidad. 2.80.

Composicion. Se expresa por la fórmula:

$$(\tfrac{1}{4}(BaO, KaO)^3 + \tfrac{3}{4}Al^2O^3)^2(SiO^2)^3 + 3SiO^2.$$

Contiene cantidades variables de cal, magnesia y sosa.

Caracteres químicos. Al soplete forma vidrio, aunque difícilmente; no es atacado por los ácidos.

Yacimientos. Hállase en rocas cristalinas en el Valais y en Suecia.

Aplicaciones. Las de los feldespatos comunes.

Alteraciones. Por la accion del ácido carbónico puede trasformarse en carbonatos alcalinos, en arcilla y siliza gelatinosa.

ANORTITA.

Sin. Indianite, Cristianite, Biotina, Amphodelit, Anorthit (G. Rose).

Formas. Cristales del 6º sistema, con dos cruceros fáciles. Tambien se encuentra en masas.

Color. Comun, blanco agrisado ó rojizo.

Lustre. Por calidad, comun; por comparacion, aperlado en las caras de crucero.

Trasparencia. Perfecta ó sólo trasluciente.

Textura. Conchoide.

Dureza. 6 á 7°; polvo blanco.

Densidad. 2.6 á 2.7.

Casos particulares. Es quebradizo.

Composicion:

Siliza	43. 1
Alúmina	36. 9
Cal	20. 0
	100.00

Su fórmula general es:

$$(\tfrac{1}{4}(RO)^3 + \tfrac{3}{4}Al^2O^3)^2(SiO^2)^3.$$

Contiene cantidades variables de hierro, magnesia y sosa.

Caracteres químicos. Al soplete se funde; es atacada por los ácidos.

Variedades. a Anortita, Cristianita y Biotina, con los caracteres referidos.

b *Indianita:* es granular y con colores blanco, agrisado y rojizo.

c *Amfodelita:* gris rojiza.

Yacimientos. Se encuentra en algunas rocas metamórficas y volcánicas, en el Vesubio, en el Hecla, en los montes Urales y en Irlanda.

FELDESPATO COMUN.

Sin. Feldespato potásico. Feldespato ortoclasia, comun, etc.

Formas. En cristales del 5º sistema. Tambien se encuentra en masas compactas, láminas y concreciones.

Cruceros. Dos muy fáciles.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Colores. Comunes: blanco agrisado, rojizo, amarillento, verdoso, rojo, verde, gris de perla y negro.

Lustre. Por calidad, comun; por intensidad lustroso ó poco lustroso; por comparacion, de vidrio, á veces aperlado en las caras de crucero.

Trasparencia. Perfecta ó sólo trasluciente.

Textura. Compacta, conchoide ú hojosa.

Dureza. De 6 á 6°5; raspadura clara.

Densidad. De 2.4 á 2.6.

Composicion. La variedad tipo puede considerarse formada de:

Ácido silícico.....	64.6
Alúmina.....	18.5
Potasa.....	16.9
	100.0

La fórmula general puede escribirse así:

$$(\tfrac{1}{4}\,KaO^3 + \tfrac{3}{4}\,Al^2\,O^3)^2 + 6\,SiO^2\,.$$

Caracteres químicos. Se funde al soplete, y la flama indica el color correspondiente á las sales de potasa: con el nitrato de cobalto se obtendrá la coloracion azul propia de la alúmina.

Variedades. Como principales deben considerarse las siguientes:

a *Adularia.* En cristales trasparentes, á veces con reflejos opalescentes, en cuyo caso se llama *piedra de luna:* cuando tiene visos amarillentos se le llama *piedra de sol.* A la variedad que consideramos se refiere el feldespato llamado *valencianita*, procedente de Valenciana, en Guanajuato.

b *Piedra de Amazonas.* En cristales ó masas hojosas de color verdoso.

c *Feldespato comun.* En cristales ó masas cristalinas, generalmente opaco y de color blanco agrisado, amarillento ó rojizo.

d *Feldespato vidrioso* ó *Sanidin.* En cristales ó granos trasparentes de aspecto vítreo: se encuentra más generalmente en las rocas traquíticas.

e *Feldsita.* En masas de diversos colores, formando á veces la pasta de los pórfidos y traquitas, sobre la cual se dibujan los cristales de feldespato que caracterizan á estas rocas.

f *Obsidiana.* En masas de color negro puro ó manchado de rojo ladrillo; á veces tiene visos dorados ó plateados; textura conchoide; lustre de vidrio, que tira algo á resinoso; trasluciente en masas delgadas y en los bordes. Al calor de la mufla la obsidiana se hincha y se trasforma en una masa esponjosa como la piedra pómez. La obsidiana puede considerarse como un feldespato impuro asociado á diversas materias.

g *Piedra pez.* En masas con lustre resinoso.

h *Piedra aperlada.* En masas ó en granos, de lustre vítreo resinoso y color gris de perla.

i *Esferulita.* Se presenta en esferas libres ó aglomeradas.

Yacimientos. El feldespato ortoclasia se encuentra en terrenos de diversas edades, desde los más antiguos, como en los modernos, en los cuales se le ve en cristales bien determinados ó en las masas que forman la feldsita ó la pasta de los pórfidos. Así se encuentra en numerosas localidades mexicanas, en cristales diseminados en los pórfidos, separados como en Valenciana y otros lugares: la variedad vítrea abunda en las traquitas y pórfidos traquíticos que son tan comunes en el país.

La obsidiana se encuentra con abundancia en muchos terrenos volcánicos de México: en las vertientes del cerro de Tequila, Estado de Jalisco, y de allí hasta el pueblo de Magdalena, sobre el camino de Tepic, se encuentran muchas y muy grandes masas de obsidiana negra, incrustadas ó formando vetas en una formacion basáltica. En el cerro de las Navajas, Estado de Hidalgo, se encuentra tambien con profusion la variedad comun, así como las de viso: se cree que los criaderos de esta localidad surtian especialmente de esa sustancia á los aztecas para la fabricacion de armas y otros objetos, á los cuales daban formas muy elegantes y un excelente pulimento, no obstante la dureza y la fragilidad de este silicato, y la falta de utensilios en aquella

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

época, de los más á propósito para la talla de las piedras. En el Museo Nacional de México existen un vaso, dos máscaras y varios espejos y *tentetls* de obsidiana. Una de las máscaras es del tamaño del rostro humano, perfectamente modelada y pulida, teniendo taladros muy delgados en las orejas: el vaso es de forma muy elegante, de paredes delgadas y de excelente pulimento: los *tentetls* tienen la figura de un sombrero pequeño, y servian para adornar la boca de los magnates.

La obsidiana de manchas rojas procede de Pénjamo.

La piedra pez se encuentra en los terrenos volcánicos, en masas, diques y vetas; á veces salpicada de cristales de feldespato formando pórfido. Los productos de la erupcion del volcan Ceboruco, que comenzó en 1870, están formados en su mayor parte de lavas traquíticas de base de piedra pez.

La piedra aperlada se encuentra de un modo análogo á la anterior en muchas localidades mexicanas: son muy notables las masas de ese mineral que se encuentran en los baños termales de Tequixquiapan, Estado de Querétaro.

De la barranca de Ibarra, inmediata á Guadalajara, proceden los ejemplares de esferolitas, sueltos, de forma perfectamente esférica, que se encuentran en el Museo Nacional. En los cerros vecinos á Cadereyta Méndez existen masas de esferolitas comprimidas recíprocamente, de suerte que en la seccion dan figuras poligonales: tambien se halla embutida en las masas de obsidiana.

Aplicaciones. La adularia, la piedra de sol y la piedra de amazonas se usan como piedras preciosas en la joyería: ya hemos visto el uso que de este mismo género hacian los aztecas de la obsidiana. Posteriormente hemos visto un anillo y otras piezas de obsidiana pulidas por el inteligente tallador D. Eufemio Amador.

El feldespato en masas, puede usarse como fundente, y tambien en la fabricacion de la porcelana: la piedra pómez, en masas de regular tamaño, sirve para la construccion, especialmente para construir las bóvedas, pues siendo un material ligero y que se deja penetrar fácilmente por los cimentos, se puede utilizar ventajosamente en esa clase de construcciones, como se ve en las bóvedas del Gran Teatro de Guadalajara. En esta misma ciudad se ha empleado últimamente la arena pomosa, que tanto abunda allí, para la fabricacion del vidrio corriente, y ha producido muy buenos resultados. Al hablar de las rocas se mencionarán los usos que de los conglomerados pomosos se hacen como materiales de construccion.

FELDESPATO OLIGOCLASIA.

Sin. Feldespato aventurina. Piedra de sol, Oligoclasia, Espodumena sódica, etc.

Formas. Del 6º sistema; cruceros fáciles.

Tambien se encuentra en masas compactas ú hojosas.

Colores. Comunes: blanco agrisado con tintes verdosos ó rojizos, ó agrisados solamente; á veces presenta reflejos ó visos rojizos, amarillentos, ó viso de ópalo de fuego.

Lustre. Por calidad, comun; por intensidad, lustroso; por comparacion, vítreo, vítreo-resinoso más ó ménos nacarado.

Trasparencia. Más ó ménos perfecta y á veces sólo trasluciente en los bordes.

Textura. Compacta, hojosa ó conchoidea.

Dureza. De 6 á 7°.

Densidad. De 2.56 á 2.72.

Composicion. La de la variedad tipo se representa por

Ácido silícico.....	62. 1
Alúmina.....	23. 7
Sosa.....	14. 2
	100.00

Parte de la sosa es reemplazable por cal.

La fórmula general de la oligoclasia se escribe así:

$$(\tfrac{1}{4}(NaO, CaO)^3 + \tfrac{3}{4}Al^2O^3)^2\, 3SiO^2 + 3, \tfrac{3}{4}Sio^2 .$$

Caracteres químicos. Al soplete se funde con más facilidad que

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

el feldespato ortoclasia, cuya circunstancia proporciona un medio de distincion; la coloracion amarillo–naranjada de la flama revelará la presencia de la sosa, y la adicion del nitrato de cobalto dará, al calentar la oligoclasia, la coloracion azul propia de la alúmina. No es atacado por los ácidos este feldespato.

Variedades. a *Piedra de sol:* Su color es blanco agrisado ó gris rojizo, presentando cambiantes ó reflejos interiores amarillentos ó de color rojo de fuego.

b *Piedra de luna:* Variedad blanquizca con viso opalescente.

c *En cristales* ó masas con crucero, presentando los caracteres generales de la especie.

Compacto ó feldsita oligoclásica: en masas, granular ó semejando al pedernal.

Yacimientos. Se encuentra en granito pórfido, sienita, traquita y otras rocas metamórficas ó ígneas; es más comun en los países del Norte de Europa; en México se le ha encontrado en las obsidianas de Zimapan, Estado de Hidalgo.

Aplicaciones. La piedra de sol y la piedra de luna se usan en la joyería; el feldespato oligoclasia en masas puede usarse como fundente, y tambien para la fabricacion de vidrio y la porcelana.

FELDESPATO ALBITE.

Sin. Feldespato de sosa. Albite, Chorlo blanco. Tetartina, etc.

Formas. Del 6º sistema con cruceros fáciles. Tambien en masas, en láminas y granos que pueden ser gruesos ó muy finos.

Colores. Comunes: blanco agrisado, azuloso, rojizo ó verdoso.

Lustre. Por calidad, comun; por intensidad, lustroso; por comparacion, de perla en las caras de crucero, y de vidrio en las demas.

Trasparencia. Perfecta en algunas variedades y solamente trasluciente en otras.

Textura. Compacta: la trasversal concoidea.

Dureza. De 6 á 7°: raspadura blanca.

Densidad. De 2.59 á 2.65.

Composicion. Se puede expresar así de un modo general:

Ácido silícico.....	68.6
Alúmina.....	19.6
Sosa.....	11.8
	100.0

Parte de la sosa puede estar reemplazada por potasa ó por cal. Su fórmula es:

$$(\tfrac{1}{4}(NaO)^3 + \tfrac{3}{4}Al^2O^3)^2(SiO^2)^3 + 6\,SiO^2.$$

Caracteres químicos. Al soplete se funde produciendo un vidrio blanco ó incoloro; la flama se colora en amarillo por la sosa; no es atacado por los ácidos.

Variedades. a *Albite comun.* Comprendiendo las masas que tienen cruceros muy marcados y los cristales; á éstos se les designa con ciertos nombres para hacer notar algunas particularidades; así, se llaman piedras de sol y de luna á los que presentan visos como los cristales análogos de la oligoclasia; *Peristerita* á cristales que tienen irizaciones semejantes al pecho de un pichon, de donde le viene ese nombre; *Periclina* es el nombre de los cristales de albita, que son grandes, blancos y opacos; *Hiposclerita*, se encuentra cristalizada, de color verde oscuro, que contiene piroxena, y su dureza apénas llega á 5.5; *Cleavelandia*, en masas y tablas delgadas rombales.

b *Albite compacto* ó feldsite: de colores blanco agrisado y gris rojizo; dureza de 6.5 á 7.5; caracteres químicos, los ántes citados.

Yacimientos. El feldespato albite se encuentra en varias rocas, como granito, *gneis*, pórfido, etc.; mezclado á la anfíbola forma la roca llamada diorita; tambien se le encuentra en cristales aislados ó agrupados en algunas vetas. En tales condiciones se le halla tanto en Europa como en América: hemos visto algunos ejemplares de *albite*, que segun nos informaron, proce-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

dian de unas montañas de pórfido del canton de Lagos, Estado de Jalisco.

Aplicaciones. Las mismas que las de los otros feldespatos.

El nombre de albita le fué dado por el químico Berzelius, para aludir al color blanco de la especie.

FELDESPATO DEL LABRADOR.

Sin. Labradorita. Piedra del Labrador, Feldespato iridescente.

Formas. Del 6º sistema, con cruceros fáciles. Tambien se encuentra en masas y en piedras rodadas.

Colores. Comunes: gris, moreno y verdoso, presentando cambiantes ó visos azules, verdes, rojos, grises ó amarillos, lo que le da un bellísimo aspecto á esta piedra; rara vez tiene color blanco ó de porcelana.

Lustre. Por calidad, comun; por intensidad, lustroso; por comparacion, de vidrio que pasa al de nácar.

Trasparencia. Trasluciente ó poco trasluciente.

Textura. Hojosa plana; la trasversal desigual de grano fino.

Dureza. De 6°; raspadura del color del mineral.

Densidad. De 2.7.

Caracteres especiales. Los reflejos en las caras de crucero.

Composicion. La de la variedad tipo es:

Ácido silícico.....	52. 9
Alúmina.....	30. 3
Cal	12. 3
Sosa.....	4. 5
	100.00

Su fórmula química se expresa de un modo general, así:

$$RO\ SiO^2 + (Al^2\ O^3\ SiO^2)^2,$$

indicando R el radical de las bases.

Caracteres químicos. Se funde al soplete, formando vidrio; la

flama se colora en amarillo rojizo por la cal y la sosa; con el nitrato de cobalto señala la reaccion de la alúmina; se descompone, aunque con alguna dificultad, por el ácido clorhídrico.

Variedades. a Cristales ó masas con cruceros.

b En masas amorfas, constituyendo el feldsite del Labrador.

Yacimientos. Este feldespato entra como componente de varias rocas, p. e., diabasa, dolerita, etc., y se le encuentra tanto en Europa como en América; las variedades más apreciadas por sus colores proceden de la Costa del Labrador.

Su nombre lo debe á uno de sus yacimientos.

Aplicaciones. Por sus visos de color se usa como piedra preciosa en la joyería: industrialmente tiene las otras aplicaciones de los feldespatos.

ANDESITA.

Sin. Andesin. Pseudoalbit.

Formas. Del 6º sistema; con cruceros fáciles. Tambien en masas.

Colores. Comunes: blanco, gris, verdoso amarillento y rojizo.

Lustre. Por calidad, comun; por intensidad, lustroso; por comparacion, sub–vítreo, acercándose al de perla.

Textura. Hojosa.

Dureza. De 5 á 6.

Densidad. De 2.61 á 2.74.

Composicion: La de Marmato contiene:

Ácido silícico.....	59.60
Alúmina	24.18
Fierro.....	1.58
Magnesia.....	1.08
Cal	5.77
Sosa	6.53
Potasa.....	1.08
	99.82

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La fórmula general de la andesita se expresa así:

$$(\tfrac{1}{4}(\,CaO.\,NaO)^3 + \tfrac{3}{4}\,Al^2\,O^3\,)^2 + 3\,SiO^2\,.$$

En algunos análisis de la andesita se ha encontrado tambien agua.

Estos caracteres corresponden á la especie tipo. Hay una variedad llamada *Sacarita*, que es compacta, con trazas de crucero en una direccion, y que se encuentra en Silesia.

Yacimientos. Se halla en los Andes, como componente de una roca sienítica; tambien se encuentra en Europa en rocas análogas y en pórfidos, así como en el Canadá.

GRUPO DE LA ANFÍBOLA.

Los silicatos reunidos en este grupo, que vienen á ser variedades de una especie, son muy importantes como constitutivos de algunas rocas metamórficas é ígneas: cristalizan en el sistema 5º, y en su composicion entran la siliza, el fierro, la cal, la magnesia y la alúmina: este último compuesto varía en proporciones y aun llega á faltar en algunas variedades, sirviendo esa circunstancia para agruparlos formando secciones en que entran las que contienen alúmina y las que carecen de ella.

ANFÍBOLA.

Sin. Amphibole. Hornblenda, Asbesto (en parte), Amianto (en parte), Actinolite, Piedra radiante, etc.

Formas. Del 5º sistema: el ángulo de las caras del prisma es de 124°30′; crucero prismático. Tambien en masas hojosas, compactas y fibrosas.

Colores. Comunes: negro, blanco, verdoso de varios tonos.

Lustre. Por calidad, comun; por intensidad, lustroso ó poco lustroso; por comparacion, de vidrio que pasa al de perla en las caras de crucero; tambien es de seda en algunas variedades.

Trasparencia. Generalmente son traslucientes en los bordes algunas variedades.

Textura. Compacta, hojosa, conchoide y aun fibrosa.

Dureza. De 5 á 6: la raspadura es generalmente más pálida que el color del mineral.

Densidad. De 2.9 á 3.4.

Composicion. RO^3 Si: estando representada RO, por magnesia, cal, óxido de hierro, manganeso, potasa y sosa; la alúmina reemplaza á veces parte de la siliza.

Variedades. Citarémos las principales en el órden siguiente:

A. Las que contienen poca alúmina ó que carecen de este compuesto.

a *Tremolana* ó *Tremolita.* Colores: blanco–verdoso, amarillento ó agrisado más ó ménos oscuro: en cristales distintos generalmente agrupados en ramilletes ó entretejidos; tambien en masas: textura fibrosa ó estriada, recta ó paralela; lustre de vidrio ó nácar. Su fórmula es $(CaO\ Mgo)\ SiO^2$. Plinio la llamó Tremolita para aludir á su localidad, Tremola, en Suiza. Se ha llamado *Nefrita* ó *Jude* á la tremolana que tiene una textura de grano muy fino en astillas gruesas de color verde ó azul y cuyas caras de fractura son muy brillantes.

b *Actinolita* ó *piedra radiante.* Colores: gris verdoso, verde aceituna que pasa á verdinegro: se encuentra en cristales rayados á lo largo, generalmente entretejidos ó en ramillete; tambien compacta y en masas: lustre, entre vidrio y nácar; á veces trasluciente y aun trasparente; peso específico de 3 á 3.2.

c *Asbesto.* Se presenta generalmente en masas fibrosas ó en fibras separadas, con aspecto de madera; en las caras de fractura tiene lustre nácar: colores, del blanco verdoso al blanco de montaña y gris verdoso ó amarillento: textura, en fibras paralelas, ó pizarreña, blando, resistente, inflexible, y las astillas largas algo flexibles con elasticidad. Se funde al soplete, sin necesidad de fundente, formando una bolita agrisada. Llámase *Amianto* á una variedad de anfíbola que tiene el aspecto de la seda; se encuentra en masas y en fibras capilares de colores semejantes á los del asbesto, y con lustre de seda; es muy fino

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

al tacto y apénas untuoso. *Corcho fósil* y *cuero fósil* son variedades de estos silicatos, que presentando sus caracteres generales, tienen la apariencia del corcho y de cuero ó vaqueta, á lo que deben sus nombres. Es de advertirse que algunos ejemplares de asbesto y de amianto se refieren á la piroxena, atendiendo á su composicion y otras particularidades.

B Variedades que contienen alúmina.

a *Hornblenda.* Se presenta en cristales sueltos ó asociados en estrellas ó ramilletes, con las caras de los prismas ásperas ó rayadas; tiene cruceros paralelos á las caras del prisma; tambien se encuentra en masas compactas más ó ménos pizarreñas. Colores, de negro agrisado algo pardusco que pasa á negro de cuervo: textura hojosa ó estriada; lustre de nácar ó vítreo: el color de la raspadura es gris verdoso: al soplete, con carbonato de sosa, se funde en vidrio negro y lustroso. Se refiere á la hornblenda una variedad de anfíbola, que es de color azul verdoso con caracteres generales como los de aquella, y que se llama *pargasita*, por encontrarse en Pargas, en Finlandia. La Esmaragdita (Smaragdite) de Saussure es otra variedad de anfíbola que algunos mineralogistas consideran como una hornblenda verde ó como dialage: es hojosa, de color verde yerba; su dureza es de 5 y la densidad de 3.

Caracteres químicos. Son algo variables en atencion á las diferencias que las variedades presentan en sus bases: la presencia de la alúmina, de la magnesia y del hierro, se demuestran con más ó ménos claridad, al soplete, segun sus proporciones relativas: los grados de fusibilidad de las variedades citadas están comprendidos entre 2.5 y 3.75.

Alteraciones y trasformaciones. El agua y el ácido carbónico pueden ejercer su accion sobre la anfíbola, hidratando algunas variedades y descomponiendo otras por la formacion de carbonatos con algunas de las bases; así resultarán otros silicatos, óxidos de hierro, tierras ferruginosas, etc., proporcionando cal, magnesia, óxido de hierro y arcilla á los terrenos.

Yacimientos. Las diversas variedades de anfíbola se encuentran formando parte de algunas rocas metamórficas é ígneas;

tambien se hallan como accesorias en rocas calizas, en rocas serpentinosas y en algunas vetas. La tremolana es más comun en estas últimas rocas: en México se encuentra en Zimapan, en las cercanías de Jalapa y en algunas partes del Estado de Guanajuato. La actinolita ó piedra radiante es más comun en mantos y en vetas con hierro magnético, pirita, chalcopirita, etc.; se encuentra en las minas de cobre de Tepezalá, Estado de Aguascalientes, asociada á la pirita cobriza. El asbesto se halla por lo comun asociado á la serpentina ó en las vetas metalíferas; en México se ha encontrado en Catorce, Zacatecas y en Zacualtipan; el amianto y el corcho fósil se ven en la primera localidad de las últimas citadas, y en la veta de la Luz en Guanajuato y cerca de Huetamo, Michoacan. La hornblenda entra como componente de las rocas llamadas sienitas, diorita, y en algunos pórfidos y granitos: en la *chiluca* de México aparece en pequeños cristales que dan vistoso aspecto á esa roca. La pargasita se ha encontrado en Pargas, en espato calizo; segun el Sr. Castillo, se halla con mica parda tumbaga, en caliza granuda que probablemente es de Tehuacan. No se ha señalado localidad mexicana para la esmaragdita, mas debe encontrarse en el país, porque algunos ídolos de los aztecas son de ese mineral, y es probable no hayan ido á traerlo de muy grandes distancias.

GRUPO DE LA PIROXENA.

La piroxena presenta muchas analogías con la anfíbola y es tan importante como ésta en el estudio de las rocas: de la misma manera que en la anfíbola, dividirémos en dos secciones las variedades de las piroxena.

PIROXENA.

Sin. Pyroxene. Augite, Diopside, Sahlite, etc.

Formas. Cristales del 5º sistema; el ángulo de las caras del prisma es de $87^{c}5'$; crucero prismático y otro paralelo á las dia-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

gonales. Tambien en masas compactas, hojosas, fibrosas y en grano.

Colores. Comunes: variando del blanco agrisado al verdoso de diversos tonos hasta el negro.

Lustre. Por calidad, comun, pareciendo metaloide en algunas variedades; por intensidad, lustroso ó poco lustroso; por comparacion, de vidrio que pasa al resinoso ó al de perla.

Trasparencia. Perfecta en algunas variedades, y otras solamente son traslúcidas.

Textura. Compacta hojosa ó conchoide.

Dureza. De 5 á 6; la raspadura es blanca, verdosa ó agrisada.

Densidad. De 3.23 á 3.5.

Composicion. La piroxena es un bisilicato de diversas bases de protóxidos, como magnesia, cal, de hierro, potasa, sosa y zinc; la alúmina puede entrar ó no en la combinacion, y de aquí las subdivisiones como en la anfíbola; algunos de los protóxidos pueden ser sustituidos por sesquióxidos.

Su fórmula general se expresa así: $RO^3 Si$, representando R una base de las ánles referidas.

Variedades. A. Las que contienen poca alúmina ó que carecen de ella.

a *Sahlia.* En cristales ó en masas con un crucero basal muy claro; colores, verde agrisado más ó ménos oscuro; trasluciente en los bordes: textura hojosa plana. Se llama *dialage* á una variedad que se presenta en masas hojosas de color verde más ó ménos agrisado y aun pardo verdinegro, con lustre de nácar y viso metaloide.

B. Las variedades aluminosas.

a *Augita.* En cristales lustrosos; tambien en masas y en granos sueltos ó embutidos: colores verdosos que pasan al negro de cuervo; textura hojosa y la trasversal conchoide. Se llama *fasaite* á una variedad de color verde de varios tonos. Por su composicion algunos ejemplares de asbesto pueden referirse á la piroxena; pero es muy difícil distinguir cuándo corresponde á este grupo ó al de la hornblenda.

Caracteres químicos. Variables como son las proporciones en

que entran los componentes de las variedades referidas; á veces dan vapor acuoso cuando se calientan en un matracito; la presencia de la alúmina, de la magnesia y del fierro se descubre por sus reacciones de que ya hemos hablado.

Alteraciones y trasformaciones. Las diversas variedades de piroxenas pueden suministrar á los terrenos, arcillas, óxidos de hierro, cal, magnesia y siliza.

Yacimientos. Los minerales de que nos hemos ocupado en este grupo se encuentran en las rocas ígneas y en las metamórficas: al tratar de las rocas, citarémos aquellas en que entra la augita como componente. Siendo comunes en México las rocas volcánicas, son numerosas, por consiguiente, las localidades en donde se hallan las variedades de piroxenas; el fasaite, que puede considerarse como una de las variedades ménos comunes, lo hemos encontrado en algunas rocas procedentes del cráter del Popocatepetl.

La principal distincion entre la anfíbola y la piroxena consiste en el ángulo de las caras del prisma.

GRUPO DE LAS MICAS.

Las diversas especies de micas forman un grupo muy natural, caracterizado especialmente por un crucero básico muy fácil que las divide en láminas delgadas más ó ménos trasparentes y elásticas.

Su fórmula general puede expresarse así:

$$RO\ R^2\ O^3\ (SiO^2)^2$$

entrando en las bases el óxido de hierro, la potasa, la cal, la magnesia, la sosa, la alúmina y la litina; algunas micas tambien contienen agua.

Citarémos la especie llamada Muscovita por ser la más comun y dar idea del aspecto y caracteres generales de las micas: añadirémos la Lepidolita ó mica de litina que casi siempre se encuentra en las colecciones mineralógicas, y que á su estructura escamosa le debe aquel nombre.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

MUSCOVITA Ó MICA COMUN.

Formas. Pertenecientes al 5º sistema, con ángulo de 120°, crucero básico muy fácil; los cristales pueden asociarse por pares ó en mayor número; los gemelos se descubren por ciertas marcas interiores ó por medio de luz polarizada; á veces las hojas se hallan reunidas en figuras estrelladas, plumosas ó globosas; tambien se presenta la muscovita en masas hojosas y en escamas.

Colores. Comunes: á veces metaloides, variando del blanco al gris, moreno, pardo de pelo, verdoso violado, amarillo y rosado.

Lustre. Por calidad, comun; por intensidad, resplandeciente ó lustroso; por comparacion, de perla que pasa á metaloide.

Trasparencia. Más ó ménos perfecta.

Textura. Hojosa.

Dureza. De 2 á 2.5; raspadura blanca agrisada.

Densidad. De 2.75 á 3.1.

Caracteres particulares. La elasticidad de sus láminas y sus propiedades ópticas.

Caracteres químicos. Calentada en tubo abierto da vapores acuosos; al soplete se funde con dificultad, produciendo vidrio amarillo ó gris: algunas micas de esta especie suelen dar reacciones de fluor ó de cromo; no es atacada por los ácidos y sí por fusion con los álcalis.

Composicion. La muscovita puede considerarse esencialmente como un silicato de alúmina, potasa y hierro con algunas otras bases no esenciales.

Alteraciones y aplicaciones. Se hidrata, se pone opaca, se descompone y puede trasformarse en esteatita y serpentina. Cuando se encuentra en grandes láminas se puede usar como vidrio.

Yacimientos. La muscovita es la más comun de las micas; se la encuentra formando parte del granito y del *gneiss;* tambien se halla en otras rocas metamórficas y las ígneas. En la Siberia se encuentran láminas que tienen aun más de una yarda de diámetro. En México se halla la mica comun en muchas localidades; en Etzatlan, Jalisco, se encuentra en láminas de regular tamaño; en muchos pórfidos traquíticos, como en los de Tepeyac en el Valle de México, y en algunos basaltos, como los de Puebla, se encuentra la mica en laminitas doradas. En muchos aluviones aparece bajo esta forma, lo que hace que con bastante frecuencia se la confunda con el oro.

LEPIDOLITA Ó PIEDRA DE ESCAMAS.

Formas. Pertenecientes al 3º sistema: el crucero básico es muy fácil como en las mica. Tambien se le encuentra en masas escamosas y en escamas sueltas.

Colores. Comunes: generalmente violado, rojizo, amarillento ó blanco agrisado.

Lustre. Por calidad, comun; por intensidad, resplandeciente ó lustroso; por comparacion, de perla.

Trasparencia. Más ó ménos perfecta.

Textura. Hojosa.

Dureza. De 2.5 á 4.

Densidad. De 2.84 á 3.

Caracteres particulares. La doble refraccion.

Caracteres químicos. Calentada en tubo abierto produce vapor acuoso y da reacciones del ácido fluorhídrico; al soplete se funde y colora la flama en rojo purpúreo, por la existencia de la litina; es atacada en parte por los ácidos.

Composicion química. Es un silicato de alúmina, litina y potasa, con algunas otras bases accidentales y tambien con fluor, que casi siempre se contiene en regular cantidad.

Yacimientos. Análogos á los de la mica en Europa y América del Norte.

GRUPO DE LOS SILICATOS MAGNESIANOS.

TALCO.

Sin. Talco. Talck, Piedra de Jabon, etc.

Formas. Pertenecientes al sistema ortorómbico, con ángulo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

prismático de 120°; crucero básico muy fácil. Tambien en masas, en hojas y escamas.

Colores. Comunes: blanco agrisado, verdoso de varios tonos, y verde manzana.

Lustre. Por calidad, comun; por intensidad, lustroso; por comparacion, de perla que pasa á metaloide.

Trasparencia. Subtrasparente ó trasluciente.

Textura. Hojosa, curva que pasa á estriada.

Dureza. De 1 á 1.5: raspadura blanquizca.

Densidad. De 2.6 á 2.8.

Caracteres particulares. Sus láminas son flexibles sin elasticidad; cruje al partirse; es untuoso al tacto y presenta un aspecto algo grasoso.

Composicion. Es un silicato de magnesia, hidratado, y su fórmula se expresa así:

$$H^2 Mg^3 Si^4 O^{12}.$$

Caracteres químicos. Calentado en tubo abierto el talco, generalmente produce vapores acuosos: calentado al soplete se pone blanco, se exfolia y se funde con dificultad en sus aristas; con la solucion de cobalto toma el color rosado propio de la magnesia.

Variedades. a *Talco hojoso.* De colores blanco verdoso ó agrisado; en láminas muy untuosas al tacto.

b *Talco compacto, estealita, piedra ollar.* Colores grises ó verdosos; en masas y pulverulento. La *renselaerita* es una variedad que comunmente tiene cruceros, pues parece pseudomorfa de la sahlia: el talco en grandes masas y la pizarra talcosa se definirán al tratar de las rocas.

Aplicaciones. Se usa el talco compacto para hacer vasos y estatuas; pulverizado sirve para limpiar guantes y otros objetos.

Yacimientos. Encuéntrase el talco con bastante frecuencia en diversas localidades, especialmente en las rocas metamórficas. En México se halla en los cerros de Jacala, Estado de Hidalgo, en vetas con minerales de plata que arman en caliza cretácea;

segun el Sr. Castillo, se encuentra tambien en Ipala, Estado de Jalisco.

SERPENTINA.

Formas. Casi siempre pseudomórficas, y se cree que su forma propia sea del sistema ortorómbico; generalmente en masas informes ó apizarradas; en hojas y en fibras finas.

Colores. Comunes: negro rojizo y de cuervo, verdinegro pasando por varios tonos, de verde al pardo cetrino rojo, pardusco y otros rojos: generalmente no presenta un color uniforme, sino mezclas de varios.

Lustre. Por calidad, comun; por intensidad, muy poco lustroso, mate ó centellante; por comparacion, de cera.

Trasparencia. Trasluciente en los bordes ú opaca.

Textura. Compacta la general, que pasa á conchoide; la de fractura es astillosa, característica.

Dureza. De 2.5 á 4; es dócil y su raspadura blanquizca.

Densidad. De 2.5 á 2.65.

Caracteres particulares. Es algo untuosa al tacto; á veces es magnética.

Composicion. Es un silicato de magnesia, hidratado, que generalmente contiene hierro y accidentalmente níquel, manganeso, cromo y cal.

La composicion de la variedad más pura se estima así:

Ácido silícico.....	44.14
Magnesia.....	42.97
Agua.....	12.89
	100.00

Su fórmula es:

$$H^6 Mg^3 Si^2 O^{10}$$

Caracteres químicos. Da agua en el tubo abierto: se funde con dificultad en los bordes; es atacada por los ácidos.

Variedades. a *Serpentina compacta.* Compréndense aquí la

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

serpentina fina y la comun: la primera tiene colores verdes muy agradables, generalmente verde aceite; es trasluciente y su dureza es de 2.5 á 3; la serpentina comun es ménos trasparente, de colores más oscuros, y su dureza mayor, llegando hasta 4.

b *Serpentina hojosa.* Como lo indica su nombre, comprende las variedades que se encuentran en láminas y en masas hojosas.

c *Serpentina fibrosa.* Comprende las variedades que además de presentar los caracteres generales de la especie, se presentan en fibras finas ó en masas fibrosas.

d *Serpentina cristalizada.* Como se dijo ántes, las formas observadas en la serpentina son pseudomórficas de otras especies.

e *Rocas de serpentina.* De éstas se hablará en las seccion respectiva.

Aplicaciones. Se usa para tallar vasos, columnas y otros objetos de adorno, que á veces son de bastante valor.

Yacimientos. La serpentina se encuentra formando vetas, mantos, y aun montañas en formaciones generalmente metamórficas en ambos continentes; en México no se ha citado alguna localidad particular para la serpentina; pero es probable que se encuentre en el país, porque los antiguos mexicanos dejaron muchos ídolos y otros objetos labrados en esa sustancia.

PENNINITA.

Sin. Clorita en parte, hidrotalco. Penninita. Dana.

Formas. Pertenecientes al sistema romboédrico, con ángulo de 65°36′. Crucero básico muy fácil; los cristales son generalmente tabulares y á veces se presentan en grupos. Tambien se encuentra en masas escamosas ó compactas.

Lustre. Por calidad, comun; por intensidad lustroso que pasa á centellante; por comparacion, de vidrio en las caras laterales, y de perla en las de crucero.

Colores. Comunes: verde manzana, verde yerba, agrisado y

de olivo; tambien rojizo, violado ó gris rojizo; rara vez amarillento ó blanco metaloide.

Trasparencia. Más ó ménos perfecta.

Textura. Hojosa que pasa á terrosa fina ó escamosa.

Dureza. De 2 á 2.5; raspadura verdosa.

Densidad. De 2.6 á 2.85.

Caracteres particulares. Tiene láminas flexibles sin elasticidad.

Composicion. Es un silicato hidratado, de alúmina y magnesia, que contiene óxido de hierro en proporciones variables, y accidentalmente níquel, cromo, litina y cal.

Su fórmula general es:

$$8\,((MgO)^3\,Al^2\,O^3),\,9\,SiO,^3\,12\,HO.$$

Caracteres químicos. Calentada en el tubo de vidrio da vapores acuosos; al soplete se exfolia y es difícilmente fusible; con los fundentes da siempre reaccion de hierro; se descompone parcialmente por el ácido clorhídrico, y completamente por el sulfúrico.

Variedades. a *Penninita.* Es una clorita verde, cristalizada, de los Alpes: el *hidrotalco* se refiere á esta misma variedad.

b *Tabergita.* Llamada tambien mica–clorita; es una variedad azul–verdosa ó verde.

c *Kammererita.* Es una variedad de Itkul en Rusia; á esta misma se refiere el *rodocromo*, que es una variedad compacta, escamosa, de color verde oscuro, violada ó rojiza.

Yacimientos. Análogos á los de la serpentina, á la cual se halla asociada muchas veces.

RIPIDOLITA.

Sin. Clorita en parte, Clinocloro.

Formas. Del sistema monoclínico; con ángulo de 125°37′; crucero basal muy fácil; los cristales generalmente tabulares y de aspecto exagonal; á veces se presentan gemelos ó agrupados. Tambien se presenta en masas escamosas ó terrosas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Colores. Comunes: verdes ó rojo rosado; presenta el fenómeno del dicroismo.

Lustre. Por calidad, comun; por intensidad, lustroso; por comparacion, de perla en las caras del crucero.

Trasparencia. Más ó ménos perfecta ó trasluciente.

Dureza. De 2 á 2.5; raspadura blanca verdosa.

Densidad. 2.65 á 2.78.

Caracteres particulares. Sus láminas son flexibles, y algunas veces tambien elásticas.

Composicion:

Ácido silícico.....	32. 5
Alúmina.....	18. 6
Magnesia.....	36. 0
Agua.....	12. 9
	100.00

Caracteres químicos. Calentada en tubo abierto emite vapores acuosos; al soplete, en las pinzas de platino se pone blanca y funde difícilmente en los ejes; descomponible por el ácido sulfúrico.

Variedades. a *Ripidolita comun*, compacta ú hojosa, colores azulosos ó verdes.

b *Kotschubeita.* De color rojo rosado.

c *Exfoliosa.* Que se parece á la vermiculita. Las variedades que se han citado de la penninita y la ripidolita, comprenden algunos de los minerales y rocas llamadas *cloritas* de un modo general, y que volverémos á citar al hablar de las rocas.

Yacimientos. En formaciones metamórficas, generalmente en las mismas circunstancias que el talco y la serpentina.

GRUPO DEL KAOLIN Y DE LAS ARCILLAS.

Las variedades que este grupo comprende son difíciles de definir bajo una misma serie de caracteres generales, y es más propio clasificarlas por secciones del modo siguiente:

KAOLIN.

Sin. Kaolinite. Tierra de porcelana, litomarga en parte.

Formas. Del sistema ortorómbico, con ángulo de 120°; en tablas rombales ó exagonales, con escamas, y en masas terrosas ó compactas como la arcilla; crucero básico muy fácil; las tablas exagonales se asocian á veces.

Colores. Comunes: blanco más ó ménos agrisado, azuloso y rojizo.

Lustre. Por calidad, comun; por intensidad, lustroso ó mate; por comparacion, de perla en las láminas.

Trasparencia. Las laminitas trasparentes ó traslucientes.

Dureza. De 1 á 1.5; raspadura blanca.

Densidad. De 2.4 á 2.53.

Caracteres particulares. Las laminitas son flexibles sin elasticidad; comunmente es untuoso al tacto y plástico, presentando muchos de los caracteres de las arcillas, como es el olor, la facultad de formar pasta con el agua y la de endurecerse con el cocimiento.

Composicion. La especie tipo puede considerarse formada de:

Ácido silícico.....	46. 3
Alúmina.....	39. 8
Agua.....	13. 9
	100.00

Contiene generalmente cal, magnesia y óxidos de hierro como impurezas.

Caracteres químicos. Calentado en tubo abierto emite vapores acuosos; al soplete es infusible; con la solucion de cobalto da el azul característico de la alúmina.

Variedades. a *Kaolin arcilliforme.* Blando, semejante á la arcilla, y bajo el microscopio se ve que está formado de laminitas de lustre de perla.

b *Ariniforme.* Pesado, coherente, formado de escamitas angulares.

c *Kaolin endurecido.* Comprende parte de la arcilla llamada

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

litomarga; es duro, sus colores variables, de un solo tono ó con manchas y listas; textura concoide; adquiere lustre en la raspadura.

Yacimientos. El kaolin procede de la descomposicion de los silicatos aluminosos, con especialidad de los feldespatos; así es que se encuentra revistiendo á esos minerales ó formando lechos sedimentarios más ó ménos extensos. Sabido es que este mineral forma uno de los principales ramos de riqueza en el Japon y en la China; tambien se le encuentra en Europa y en América.

ARCILLAS.

Se confunden con este nombre genérico varias sustancias generalmente térreas, compactas ó sueltas, que tienen por principales propiedades: formar pasta dúctil cuando se mojan, al grado de que se pueden amoldar de diversas maneras; endurecerse y perder la propiedad anterior cuando se las calienta convenientemente; apegarse á la lengua por su avidez de humedad; producir un olor particular cuando se las moja, adquirir lustre cuando se las frota con la navaja ó con la uña. Se componen de siliza, alúmina y algunas impurezas. Estos caracteres más ó ménos marcados, se utilizan á veces en la clasificacion de las diversas variedades de arcilla; pero es más conveniente agruparlas por sus usos ó aplicaciones del modo siguiente:

A *Arcillas plásticas.* Son suaves al tacto, muy dúctiles, forman pasta con el agua, se prestan muy bien al amoldamiento y se endurecen mucho por el fuego; son infusibles cuando no tienen cal, óxidos de fierro ni otras impurezas. Como pertenecientes á esta seccion deben citarse la tierra de alfareros que es de color blanco, poco agrisado y muy dúctil; la arcilla refractataria que por no tener cal ú óxidos de hierro resiste á muy altas temperaturas sin fundirse; la litomarga compacta, que generalmente absorbe el agua sin formar pasta; sus colores son generalmente de manchas y listas; los diferentes barros que son arcillas más ó ménos impuras por contener materias orgánicas, cal, arena, etc.; las arcillas ferruginosas, rojas ó amarillas que

contienen mucho sesquióxido anhidro ó hidratado de hierro; las diferentes arcillas verdes ó grises, más ó ménos tenaces, compactas ó quebradizas; las margas ó arcillas calizas y las arcillas apizarradas ó en grandes masas de que se hablará al definir las rocas.

B *Arcillas esmécticas.* En éstas es mayor la cantidad de agua combinada que en las otras; son suaves al tacto y á veces tienen lustre de cera; se hacen lustrosas en la raspadura y tambien al frotarlas con la uña; se deslien en el agua sin formar pasta dúctil. Las principales arcillas esmecticas son: *tierra de batan*, generalmente verdosa; es mate ó centellante; la textura es concoide ó desigual, que se inclina á hojosa; en la raspadura adquiere lustre de cera; se deshace en el agua dejando desprender burbujas de aire; absorbe el aceite, por cuya propiedad se usa en las fábricas de tejidos de lana para limpiarlos: *Bol*, de colores pardos amarillentos ó rojizos; en masas ó en capas concéntricas; lustre centellante, acercándose al de cera; generalmente es trasluciente en los bordes; adquiere lustre en la raspadura; es quebradizo; se pega fuertemente á la lengua; se divide en el agua sin formar pasta con ella.

Composicion. Las arcillas son silicatos hidratados de alúmina que pueden contener, como impurezas, cal, magnesia, óxidos y silicatos de hierro, arenas, mica, etc. Los óxidos y sales de hierro las coloran de diversas maneras, y la cal las hace más especialmente fusibles.

Las arcillas pueden purificarse, quitando por medio de lavados muchas de las sustancias que con ellas se hallan mezcladas; para esto, se deslien en el agua, de manera que se reduzcan á partículas finas que queden en suspension en el líquido, y en el fondo se precipitan las materias extrañas, principalmente las arenas; dejando reposar el agua turbia, despues de haberla decantado, se obtiene la arcilla purificada. Para probar la plasticidad de las arcillas, se mojan convenientemente, se amasan bien y luego se forman unos cilindros ó rodillos delgados que se estiran para probar su elasticidad; las arcillas muy plásticas se alargan mucho ántes de romperse.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Caracteres químicos. Semejantes á los citados para el kaolin; calentadas las arcillas en tubo abierto dan vapores acuosos, no solamente por el agua que contienen combinada, sino por la que retienen por ser notablemente higroscópicas. La cal y las sales alcalinas las hacen más ó ménos fusibles. Algunas arcillas son descompuestas por los ácidos; muchas acusan las reacciones del hierro y de las materias orgánicas en grados variables, segun sus coloraciones.

Yacimientos. Las arcillas se encuentràn revistiendo á las rocas feldespáticas ó en los terrenos de acarreo, formando capas, bancos, bolsas, etc., que pueden tener grandes espesores ó alternar con capas de arenas, de aluviones, de tobas, margas, y otras rocas; las arcillas esmécticas por lo general se encuentran en las grietas y caras de separacion de los pórfidos y otras rocas feldespáticas, como se observa en los cerros de la cordillera de Guadalupe, cerca de México, y en los cerros de Ojocaliente, Estado de Zacatecas. Las arcillas propias para fabricacion de porcelana y de alfarería corriente, son abundantes en México: la tierra de alfareros de Salamanca, Estado de Guanajuato, se usa desde hace muchos años para fabricar porcelana, que es de buena calidad.

En las fábricas de porcelana que actualmente hay en la ciudad de México, usan arcillas de Salamanca, Zacualtipan del Estado de Hidalgo, y Serrano del de Puebla.

La arcilla de Salamanca es blanca, ligeramente agrisada, compacta, untuosa al tacto, tizna al tocarla; dureza de 1.5; adquiere lustre con la uña; su densidad á $+4°$ C es de 2.5. Al introducirla en el agua arroja muchas burbujas de aire, produciendo ruido por largo rato; forma pasta de regular elasticidad; se pueden formar rodillos con ella, mas se rompen fácilmente, por traccion: se pega poco á la lengua y da mucho olor arcilloso.

La arcilla de Zacualtipan es más blanca y compacta que la anterior; su textura astillosa que pasa á conchoide; dureza de 1.5; tizna los dedos; es preciso apoyar fuertemente la uña para que adquiera lustre; mas éste es lustroso; peso específico á $+4°$ C $= 2.3$; forma muy poca pasta con el agua; al introducirla en este líquido no produce burbujas de aire y el ruido es apénas perceptible en el momento de entrar al agua; se pega fuertemente á la lengua y da muy poco olor de arcilla.

La arcilla de Serrano es blanca, más agrisada que las dos anteriores; textura, desigual de grano grueso; dureza, de 1.5 á 2; tizna poco los dedos; produce poco ruido al introducirse en el agua; forma pasta regular, mas sin mucha elasticidad; peso específico á $+4°$ C, $= 2.3$; se pega muy poco á la lengua y da olor arcilloso.

El barro para la fabricacion de trastos de diversos géneros, así como para hacer ladrillos y tejas, se encuentra en multitud de localidades. Es notable el que se usa en Tonalan, San Andrés, San Pedro y otras poblaciones cercanas á Guadalajara; aquel barrro es muy plástico, su color agrisado, casi del color del humo, y blanco agrisado y amarillento despues de quemado; pero lo más notable es su olor arcilloso muy pronunciado y agradable. Con gran aprecio se ven en todo el país y en el extranjero los vasos, jarros, botellones, etc., que se hacen de la variedad llamada *barro fino.* Los trastos tienen ya un olor propio muy agradable, el que se aumenta poniéndolos á cierta altura sobre los braseros, para que reciban los gases carbonados por varios dias. Los ladrillos llamados de jarro, con que enlozan las habitaciones en Guadalajara, son muy compactos, de agradable aspecto y adquieren notable pulimento.

Aplicaciones de las arcillas. Conocido es el uso que del kaolin y las arcillas plásticas se hace para la confeccion de objetos de porcelana fina y corriente, así como para la alfarería comun, para tubos, ladrillos, tejas y demas artefactos tan necesarios en los usos domésticos. La arcilla que no contiene cal ni óxidos de hierro, se utiliza para la fabricacion de ladrillos, hornos y hornillas refractarias, es decir, de las que resisten por mucho tiempo á la accion de un fuego intenso sin fundirse. Las arcillas esmécticas sirven para desengrasar ó abatanar los tejidos de lana, y por esto se les designa con el nombre de *arcillas de bataneros.*

En la agricultura, los terrenos muy arcillosos son poco pro-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

pios para los cultivos, y hay necesidad de mejorarlos, mezclándolos con arena ó con la misma arcilla quemada y pulverizada, lo que se consigue levantando terrones y quemándolos con yerba seca ó malezas; en seguida se pulverizan y mezclan con el terreno por medio de labores. En las tierras sueltas y arenosas sirven como mejoradores las arcillas.

GRUPO DE LOS GRANATES.

Sin. Granate. Garnet, Grenat, Almandine Grosularia, etc.

Formas. Cristales del primer sistema, especialmente dodecaedros rombales que á veces están emarginados; tambien en masas informes, en hojosos y en granos; crucero dodecaédrico, á veces poco perceptible.

Colores. Comunes: del negro al blanco agrisado, rojizo, pardo, amarillo de varios tonos y verde.

Lustre. Por calidad, comun; por intensidad, lustroso; por comparacion, de vidrio que pasa á resinoso.

Trasparencia. Perfecta en algunas variedades, y otros son traslucientes en diversos grados.

Textura. Conchoide, que á veces se acerca á hojosa y aun desigual y astillosa.

Dureza. De 6.5 á 7.5; raspadura blanquizca.

Densidad. De 3.15 á 4.3.

Composicion. El granate es un silicato con bases de óxido y sesquióxido, que varian en su naturaleza, á lo que se debe la clasificacion de las diversas variedades en grupos, como se verá en seguida.

Caracteres químicos. Variables segun la naturaleza de las bases dominantes; algunos granates son fusibles al soplete, y la *alocroita* y la *almandina* dan glóbulo magnético; unas variedades son atacadas por los ácidos. Las bases alúmina, fierro cromo, manganeso y cal, dan sus reacciones propias cuando dominan en la composicion.

Variedades. Los granates se han clasificado en tres grupos principales, que son: *Granates de alúmina: Granates de hierro:*

Granates de cromo. Para facilitar aun más la clasificacion, el profesor Dana establece las siguientes subdivisiones:

1ª *Granate de alúmina y cal. Grosularia:* color blanco, verde pálido, amarillo de cera ó moreno; contiene siliza 40.1, alúmina 22.7, cal 37.2; á veces se une á estas bases el protóxido de hierro. *Piedra de canela*, como lo indica su nombre, es color pardo de canela y pasa al rojo de jacinto.

2ª *Granate de alúmina y magnesia. Piropo:* en granos de color rojo sangre, rara vez rojo claro y con textura conchoide; domina la magnesia en los óxidos de la base; mas puede tener hierro, manganeso y cromo.

3ª *Granate de alúmina y hierro. Almandina* ó granate fino: de color rojo oscuro más ó ménos azuloso; es trasparente ó trasluciente; textura conchoide: contiene siliza 36.1, alúmina 20.6, protóxido de hierro 43.3.

4ª *Granate de alúmina y manganeso. Espesartina* ó *Spessartite:* color rojo de jacinto, que pasa á violado ó rojo moreno: contiene la variedad de Spessart, siliza 35.0, alúmina 14.25, óxido de manganeso 35.00 (análisis de Klaproth).

5ª *Granate de cal y hierro. Andradita:* sus colores son variables, relacionados al amarillo y al verde pasando á moreno y á negro; aquí se comprende la subvariedad color de topacio y que se ha llamado *topazolita:* densidad de 3.64 á 4. Como subvariedades más importantes deben citarse, además de las dos anteriores: *Colofonia*, de lustre resinoso, textura hojosa que pasa á desigual de grano fino; colores, amarillo ó rojo más ó ménos ligados al pardo. *Melania:* granate de cal y hierro, de color negro. *Aloeroita* y *Rothofila* son granates de esta seccion, y que tambien contienen manganeso; se encuentran en masas de colores pardo–amarillentos, rojizos ó verdosos. *Aploma:* en dodecaedros con las caras rayadas; colores pardo–oscuros ó verdosos y amarillentos.

6ª *Granate de magnesia, cal y hierro. Bredbergite*, que se compone de siliza 37.2, peróxido de hierro 33.1, magnesia 12.4, y cal 17.3.

7ª *Granate de cromo. Ouvarovita:* color verde esmeralda; du-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

reza 7.5; densidad de 3.41 á 3.52: es un silicato de cal sesquióxido de cromo.

Yacimientos. Los granates se encuentran incrustados en varias rocas, como son mica pizarra, gneis, clorita caliza, pórfido, y aun en algunas rocas volcánicas; tambien se les encuentra en los terrenos de aluvion adonde van por la destruccion de las rocas que los contenian. Son comunes en Europa, Asia y Amé-ca; los más renombrados por su bello aspecto, proceden de Ceilan. En México se pueden citar muchas localidades donde existen los granates, entre otras Xonotla, Zimapan, San José del Oro, Zomelahuacan, Perote y en las cercanías de Leon, segun apuntes del Sr. Castillo. Hemos encontrado granates en las caras de separacion del pórfido traquítico en la hacienda de la Lechería y cerros de Guadalupe, Valle de México; los de la última localidad son melanitas. Tenemos hermosos ejemplares de granate rojo del Estado de Chihuahua, y hemos encontrado muy bellos ejemplares, aunque pequeños, en los terrenos de aluvion que se encuentran al pié del cerro de San Antonio en el Valle de Ameca, Estado de Jalisco. Tenemos tambien algunos *piropos* que fueron encontrados en los aluviones de un rio de la Sierra Gorda, Estado de Querétaro, aunque no se ha precisado la localidad. Los granates más bellos que se han encontrado en México, son sin duda los de Xalostoc. Los ejemplares que existen en el Museo Nacional son de un hermoso color de flor de durazno.

Alteraciones. Por la mayor oxidacion de los óxidos de hierro que contienen los granates se alteran y desagregan, produciendo peróxidos de dicha base y algunos silicatos; las aguas cargadas de ácido carbónico obran sobre algunas bases de los granates, especialmente en la cal, y causan la desagregacion de esos silicatos y pueden aparecer las sustancias derivadas aparentando la forma del granate.

Usos. La almandina, la piedra de canela, la melanita, la ouvarovita, los piropos y otras variedades de granate se usan en la joyería; igual empleo podria darse al hermoso granate de Xalostoc de que ántes se habló. El granate en masa, sobre todo la

alocroita podria utilizarse en las fundiciones de minerales de hierro.

GRUPO DE LOS SULFATOS.

YESO.

Sin. Gypsum. Alabaster, Selenita, Sulfato de cal, Yeso.

Formas. Cristales del 5º sistema con cruceros fáciles que lo dividen en láminas, especialmente el llamado clinodiagonal; forma cristales hemítropos, gemelos y comunmente en forma de flechas. Se presenta tambien en masas compactas, fibrosas, hojosas ú escamosas.

Colores. Comunes: blanco agrisado, amarillento, rojizo, azuloso y aun pardo.

Lustre. Por calidad, comun; por comparacion, de perla, que pasa al de seda y al de vidrio; por intensidad, resplandeciente ó lustroso.

Trasparencia. Perfecta ó trasluciente.

Textura. La general, hojosa; á veces curva.

Dureza. 2; se rebana cómo en astillitas.

Densidad. 2.3.

Casos particulares. La division laminar, su trasparencia y la poca dureza distinguen al yeso con mucha facilidad.

Composicion:

Ácido sulfúrico.....	46. 5
Cal.....	32. 6
Agua.....	20. 9
	100.00

Su fórmula es:

$$H^4\,Ca\,SO^6 .$$

Caracteres químicos. Calentado en un tubo emite vapores acuosos, y vuelto á mojar aumenta notablemente de volúmen;

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

al soplete se exfolia primero y despues se funde; se disuelve en ácido clorhídrico y tambien en una gran cantidad de agua.

Variedades. a *Selenita* ó yeso cristalizado: en cristales y láminas.

b *Fibroso.* Con fibras más ó ménos delgadas y á veces con lustre de seda.

c *Compacto.* En masas; aquí se comprende el alabastro.

Yacimientos. Se encuentra formando capas y bancos, generalmente asociado á las calizas y arcillas; tambien acompaña á los minerales en las vetas ó se encuentra en las formaciones volcánicas. Puede producirse muy fácilmente aun en los terreros de las minas por la oxidacion de las piritas, y en contacto de las rocas calcáreas; lo contienen las aguas selenitosas. El yeso abunda en muchas partes; en México se citan varias localidades, siendo notables las siguientes: Tamazula, Estado de Jalisco, donde hay bancos de alabastro con jaspes blancos y negros: Hostotipaquillo, del propio Estado, donde se explota el yeso fibroso; Guadalcázar, Potosí, en que abunda la variedad hojosa y tambien la compacta de textura granuda.

Usos. Los del sulfato de cal son muy importantes y bien conocidos. En las artes para hacer estatuas y decoraciones, sea labrando el yeso ó llenando moldes con su pasta. En agricultura se usa para abonar las plantas leguminosas. Sobre este particular se cita en muchos autores la experiencia de Franklin, quien formó un letrero con polvo de yeso sobre un campo de alfalfa, y poco tiempo despues se destacaba en relieve, sobre el campo, el mismo letrero, por la yerba que habia crecido más en aquel lugar. La propiedad de aumentar de volúmen cuando se hidrata lo hace muy propio para el vaciado porque ocupa todos los detalles de los moldes: por esa misma propiedad se usa para matar animales, á los que se les da el polvo de yeso calcinado mezclado con los alimentos, y cuando beben agua se dilata la masa ingerida y destruye los intestinos de los ratones y otros animales á que se les da.

CAPARROSA.

Sin. Vitriolum viride. Copperas, Green vitriole, Sulfato de hierro, Melanterita. Caparrosa.

Formas. Cristales del 5º sistema con crucero básico perfecto; el ángulo del prisma es de 82°21′. Tambien se presenta en masas fibrosas, en concreciones, en masas compactas y terrosas.

Colores. Comunes: blanco–verdoso, amarillento y verde, pasando al amarillo por peroxidacion.

Lustre. Por calidad, comun; por comparacion, de vidrio que pasa al de seda; por intensidad, lustroso.

Trasparencia. En poco grado; más bien trasluciente.

Textura. Conchoide.

Dureza. 2; polvo blanquizco.

Densidad. 1.8.

Caracteres particulares. El sabor de tinta que produce, su color y la poca dureza lo caracterizan.

Composicion:

Acido sulfúrico.....	28. 8
Protóxido de hierro.....	25. 9
Agua.....	45. 3
	100.00

Su fórmula es:

$$H^{14}FeSO^{11}.$$

Caracteres químicos. Calentado en un tubo emite vapores acuosos; al soplete deja una masa roja que al fin se hace negra y magnética. Se disuelve en el agua, y la solucion se pone negra por el ácido tánico.

Variedades. a *Cristalizado.*

b *Fibroso*, á veces con aspecto de amianto.

c *En masas y terroso.*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Yacimientos. Generalmente se encuentra asociado á las piritas de hierro de cuya alteracion procede, pues ese sulfuro se sulfatiza al contacto del aire húmedo: lo hay en disolucion en muchas aguas, y son muy numerosas las localidades en que se encuentra la caparrosa.

Alteraciones. Por la exposicion al aire se hace amarillo, se pulveriza y pasa al estado de sesquióxido.

Usos. Se emplea en la tintorería de varias maneras y para hacer tinta de escribir.

GRUPO DE LOS NITRATOS.

NITRO.

Sin. Nitrate of potash. Salpetre, Salitre.

Formas. En cristales del tercer sistema con ángulo de 118°50′; en costras, eflorescencias y cristales aciculares.

Colores. Comunes: blanco más ó ménos agrisado.

Lustre. Por calidad, comun; por comparacion, de vidrio; por intensidad, lustroso.

Trasparencia. De segundo grado.

Dureza. 2; polvo blanco.

Densidad. 1.9.

Casos particulares. Tiene sabor salino, picante y fresco.

Composicion:

Ácido azótico.....	53.40
Potasa.....	46.60
	100.00

Su fórmula es:

$$KAzO^6$$

Caracteres químicos. Deflagra al soplete y colora la flama en rojo violado.

Yacimientos. Se encuentra generalmente en las superficies de las rocas y en las tierras.

Usos. Sirve en la fabricacion de la pólvora y del ácido azótico; tambien se utiliza en la agricultura y en la medicina.

NITRO DE SOSA.

Sin. Soude nitratée. Soda Nitre. Azotato de sosa. Salitre de sosa.

Formas. Cristales del cuarto sistema con ángulo de 106°33′; crucero romboédrico; tambien en masas é inflorescencias.

Colores. Comunes: blanco–agrisado, rojizo ó amarillento.

Lustre. Por calidad, comun; por comparacion, de vidrio; por intensidad lustroso.

Trasparencia. Más ó ménos perfecta.

Textura. Conchoide.

Dureza. 1 á 2; polvo blanco.

Densidad. 2.2.

Casos particulares. Tiene sabor salino y fresco.

Composicion:

Ácido azótico.....	63. 5
Sosa	36. 5
	100.00

Su fórmula es:

$$NaAzO^6.$$

Caracteres químicos. Al soplete deflagra y colora la flama en amarillo naranjado.

Yacimientos. Se encuentra principalmente en capas en el Distrito de Tarapaca, en la República de Chile: á este salitre debe referirse el que abunda en algunas construcciones en la ciudad de México y que tanto les perjudica.

Usos. Semejantes á los del anterior.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

GRUPO DE LOS FOSFATOS.

APATITA.

Sin. Chaux phosphatée. Phosphorsaurer–Kalk, Bone–phosphatee, Apatite, Fosfato de cal.

Formas. Cristales del 4º sistema, generalmente en prismas de seis caras, con cruceros poco fáciles; tambien se encuentra en masas compactas fibrosas y terrosas.

Colores. Comunes: blanco agrisado, pardo amarillo, verde, rojizo y violado.

Lustre. Comun: por comparacion, de vidrio, que pasa á resinoso; por intensidad, lustroso.

Trasparencia. Más ó ménos perfecta, y aun puede ser opaca.

Textura. Hojosa que pasa á conchoide.

Dureza. 5. Polvo claro.

Densidad. 3.2.

Casos particulares. Se le nota una opalescencia en la direccion del eje vertical, especialmente en las variedades blancas.

Composicion. La de un ejemplar que puede considerarse como tipo, tenia:

Ácido fosfórico.....	40.92
Cal.....	48.43
Fluor.....	6.81
Calcio.....	3.84
	100.00

La fórmula puede expresarse así:

$$Ca^5 P^3 O^{12} (Fl\ Cl)$$

pues comunmente tiene cloruro y floruro de calcio.

Caracteres químicos. Calentando la apatita al soplete, despues de ponerle ácido sulfúrico, colora la flama en verde azuloso.

Variedades. *Comun*, cristalizadada ó en masas hojosas y en granos. *Fibrosa* ó la llamada Fosforita; en masas concrecionadas ó fibrosas. *Apatita terrosa*, las variedades más impuras, incluyendo los *coprolitos*. Aquí debemos considerar la sustancia llamada *guano*, que viene á ser una mezcla de fosfato de cal, amoniaco, carbonato de cal y otras sustancias térreas; su color es blanco agrisado, amarillento ó moreno; lustre resinoso que pasa al terroso. Despide olor amoniacal. Se forma por la descomposicion de los excrementos de aves marinas.

Yacimientos. La apatita se encuentra principalmente en rocas cristalinas; tambien en lechos de caliza y areniscas de varias edades geológicas en Europa y América; el guano se explota más especialmente en Sur–América; lo hay en algunas islas mexicanas del Atlántico y del Pacífico.

Usos. El fosfato de cal, incluyendo el guano, constituye un rico abono en la agricultura.

GRUPO DE LOS CARBONATOS.

ESPATO CALIZO.

Sin. Calcite, Espato de Islanda, Chaux carbonatée, Marmol, Carbonate of lime, Kalkstein, Calcita.

Formas. Del 4º sistema; crucero romboédrico muy fácil; generalmente en romboedros y escalenoedros; tambien en masas hojosas, compactas, concrecionadas, pulverulentas, y en vetas.

Colores. Comunes: blanco agrisado, amarillento pardusco, rojizo, negro, con dibujos y manchas.

Lustre. Por calidad, comun; por intensidad, lustroso que pasa á mate; por comparacion, de vidrio pasando al de perla y aun al aspecto terroso.

Trasparencia. Perfecta, trasluciente ú opaco.

Textura. Hojosa la general y conchoide la particular.

Dureza. 2.5 á 3.5; polvo blanco.

Densidad. 2.5 á 2.8.

Casos particulares. Es birefringente.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEON
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Composicion:

Ácido carbónico.....	44.00
Cal	56.00
	100.00

Su fórmula se escribe así:

$$Ca\ CO^3.$$

Contiene como impurezas diversos óxidos y materias orgánicas: á veces la magnesia entra á sustituir parte de la cal hasta llegar á constituir otra especie que se llama *Dolomia.*

Caracteres químicos. Al soplete es infusible y se trasforma en sal cáustica; colora la flama en rojo; hace efervescencia con los ácidos.

Variedades. Espato de Islanda: cuando se encuentra cristalizado y trasparente. *Comun:* en cristales ménos trasparentes que el anterior. *Caliza cristalina:* con caras más ó ménos desarrolladas; si son finas entónces se designa á la variedad con el nombre de mármol. *Caliza compacta:* sin forma determinada. *Caliza estilaticia:* la que procede de la precipitacion del carbonato de cal, de las aguas que contienen carbonato de la misma base en disolucion, como sucede en las estalactitas. *Creta:* masas formadas de caparazones calcáreos de séres microscópicos. *Margas:* mezclas de cal con arcilla ó arena.

Usos. Muy conocidos son los del carbonato de cal en la industria, en las artes, en la ingeniería y en la agricultura; en ésta se aprovecha como abono ó mejorador, sobre todo las margas.

Yacimientos. Como sustancia tan útil, los criaderos del carbonato de cal son muy abundantes; muchas montañas y cordilleras se hallan formadas por ese compuesto en todos los continentes; cristalizado se encuentra en vetas y mantos. La roca llamada Tecali ú ónix mexicano, que se encuentra en el Estado de Puebla, es una caliza estilaticia; de ella se hablará al tratar de las rocas.

Alteraciones. El carbonato de cal puede tomar otras bases, como óxidos de hierro, de magnesio, etc., y formar diversas trasciciones y aun trasformarse en otros compuestos; el ácido carbónico lo trasforma en bicarbonato de cal, se hace soluble en el agua y forma despues los depósitos de que ántes se habló.

SESQUICARBONATO DE SOSA.

Sin. Trona, Natron von Tripoli, Sexquicarbonate of Soda. Tequezquite.

Formas. Del 5º sistema; crucero prismático; tambien se presenta en costras é inflorescencias, en polvo y en masas.

Colores. Comunes: blanco–agrisado, amarillento ó gris.

Lustre. Por calidad, comun; por intensidad, lustroso; por comparacion, de vidrio, que pasa á terroso.

Trasparencia. Sólo es trasluciente.

Dureza. 2.5 á 3; polvo blanco.

Densidad. 2.

Casos particulares. Produce sabor salino.

Composicion:

Ácido carbónico.....	40. 2
Sosa.....	37. 8
Agua.....	22. 0
	100.00

Su fórmula es:

$$H^{20}Na^2\ CO^{13}.$$

Puede estar mezclado con cloruros, sulfatos, materias orgánicas y otras impurezas.

Caracteres químicos. Al soplete se hincha, se funde y colora la flama en naranjado; hace efervescencia con los ácidos.

Variedades. Se establecen segun su aspecto físico. Aquí debemos hacer mencion de la sustancia salina conocida en México con el nombre de *tequezquite* y que viene á ser una mezc la

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

en proporciones variables, de sesquicarbonato de sosa, cloruro de sodio, sulfato de sosa y varias impurezas terrosas y orgánicas. En la capital, se conocen en el comercio las siguientes variedades: *Espumilla*, en masas careadas. *Confitillo*, en masas granulosas. *Cascarilla*, en masas hojosas. *Polvillo*, en masas pulverulentas. En un análisis que hizo el químico Berthier, del tequezquite de Texcoco, encontró: carbonato de sosa anhidro 51.6; sulfato de sosa 15.3; cloruro de sodium 4.5; agua 24.6; materias terrosas 3.0. El tequezquite más rico en carbonato de y procedente de las playas del Sur de Jalisco contiene: carbonato de sosa 21.60; ácido carbónico 18.80; cloruro de sodio 27,50; sulfato de sosa 8.20; materias terrosas 10.20; agua 13.70. Hay otra variedad que contiene hasta 26.90 de sulfato de sosa.

Yacimientos. En México puede decirse que es abundante el tequezquite; como criaderos principales deben citarse el Valle de México, las playas de Zacoalco y Sayula en el Estado de Jalisco, la Salada en Zacatecas, etc. En el Valle de México, así como en Jalisco, las aguas de algunas lagunas contienen en disolucion notable cantidad de esa sal, y al concentrarse van dejando impregnadas las tierras donde aparecen las eflorescencias del tequezquite. En todas las localidades citadas se explota este compuesto salino en grande escala, y podria aumentarse la explotacion si lo exigiesen las necesidades del consumo.

Usos. Muy variados son en la industria los de la sosa, principalmente para la fabricacion del vidrio y del jabon. Cuando los terrenos contienen bastante cantidad de sales de sosa, son estériles; en el Valle de México sólo crecen en esos terrenos como planta arborescente, el Perú (Schinus molle) y varias yerbas, con especialidad el *Heliotropum curasavicum* y el *Helenium autumnale*. Los lavados, el drenaje y el cultivo de ciertas plantas, como la remolacha, mejoran los terrenos salinos.

GRUPO DE LOS CLORUROS.

SAL COMUN.

Sin. *Halite*, Rock Salt, Soude muriatée, Sal gema, Cloruro de sodio.

Formas. Del primer sistema con crucero cúbico fácil; tambien en masas compactas, granosas y fibrosas.

Colores. Comunes: blanco agrisado, amarillento, azuloso y rojizo.

Lustre. Por calidad, comun; por intensidad, lustroso; por comparacion, de vidrio.

Trasparencia. Más ó ménos perfecta.

Textura. Conchoide.

Dureza. 2; se rebana en astillitas, pareciendo algo dúctil, ó se desprende en polvo blanco.

Densidad. 2.2.

Caracteres particulares. Tiene sabor salino.

Composicion:

Cloro	60. 7
Sodio	39. 3
	100.00

Su fórmula es:

Na Cl.

Caracteres químicos. Al soplete decrepita y tiñe la flama en naranjado; su solucion es precipitada por el nitrato de plata.

Yacimientos. Se encuentra generalmente en mantos y en trozos; tambien disuelta en las aguas. Como criaderos muy importantes de sal gema deben citarse los de Polonia y los de España; en México la hay en la Sierra de Batuco en Sonora.

Usos. Son muy variados los de la sal; sirve en la economía doméstica; se usa en la metalurgia; para dar vidriado á la loza para abono de ciertas plantas, etc., etc.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

SECCION II.

MINERALES INDUSTRIALES.

Compendio descriptivo de algunas especies más usadas en las artes y en la industria.

MINERALES AZUFRÍFEROS.

Azufre nativo. Trimétrico, con crucero octaédrico, poco claro: tambien en masas. Color amarillo de azufre. Trasparente ó trasluciente; quebradizo. Dureza de 1.5 á 2.5. Densidad, 2.07. Se encuentra asociado al yeso y especialmente en los volcanes. En el Popocatepetl, en el Orizaba, etc. Arde con flama azulosa. Se usa para fabricar la pólvora y el ácido sulfúrico: tambien en la medicina.

MINERALES AURÍFEROS.

Oro nativo. Isométrico, sin crucero: tambien en masas, filamentoso y dendrítico. Color amarillo de oro, ó blanquizco si está ligado con la plata. Dureza de 2 á 3; dúctil. Densidad, 12 á 20. En vetas en terrenos cristalinos ó diseminado en aluviones. En muchas localidades mexicanas. El oro tambien se encuentra mezclado con la plata, con las piritas y con otros minerales. Sus usos son bien conocidos.

MINERALES ARGENTÍFEROS.

Plata nativa. Isométrica, sin cruceros marcados; en masas, chapas, venas, filamentosa y dendrítica. Color blanco de plata ó agrisado y negruzco. Dureza de 2 á 3; dúctil. Densidad, 10 á 11. Se funde fácilmente al soplete. Se encuentra en vetas; la hay en México en muchas localidades, asociada á otros minerales de plata. Sus usos son conocidos.

Argentita ó plata sulfúrea. Isométrica; crucero dodecaédrico;

tambien en masas y reticular. Lustre metálico. Color gris de plomo oscuro. Dureza de 2 á 5; dúctil; raspadura brillante.

Composicion:

$$Ag^2S.$$

Se funde, da humos sulfurosos y glóbulo metálico. En vetas, en las circunstancias que otros minerales de plata. En muchos distritos de México. Se utiliza para extraer la plata.

Pirargirita ó rosicler oscuro. Del cuarto sistema; crucero imperfecto y paralelo á una de las caras del romboedro; tambien en masas y pegaduras. Color gris metálico pasando á rojo de cochinilla. Lustre metálico que pasa al diamante. Dureza de 2 á 2.5; polvo rojo de cochinilla. Densidad, 5 á 6.

Composicion:

$$Ag^3S^3Sb.$$

Se funde fácilmente; produce pegadura blanca de óxido de antimonio y queda glóbulo de plata. En vetas como los otros minerales argentíferos: muy comun en México. Se utiliza para extraer la plata.

Proustita ó rosicler claro. Del cuarto sistema: tambien en masas. Color rojo de cochinilla claro. Subtrasparente ó subtrasluciente. Lustre de diamante. Textura conchoide. Dureza de 2 á 2.5; raspadura, rojo de cochinilla ó de aurora. Densidad, 5.4 á 5.5.

Composicion:

$$3\,AgS + As^2S^3.$$

Al soplete deja glóbulo metálico y emite humos sulfurosos y arsenicales: calentado en un tubo produce sublimado de sulfuro de arsénico. Se encuentra como los otros minerales de plata; se extrae de varias minas de México; usos del anterior.

Polibasita. En cristales ortorómbicos, generalmente aplastados ó tabulares, estriados: crucero básico poco fácil; tambien en masas. Lustre metálico resplandeciente. Color gris de acero ó negro de hierro. Dureza de 2 á 3; raspadura negra. Densidad, 6.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Composicion:

$$9\,(\,Ag\,Cu^2\,)\,S + (Sb.\,As)\,2\,S^3\,.$$

Al soplete da humos sulfurosos, pegadura de óxido de antimonio y al fin glóbulo metálico. Se encuentra como los otros minerales de plata, en México, principalmente en Guanajuato. Se explota como mineral de plata.

Estefanita ó plata agria. En cristales ortorómbicos; crucero poco fácil segun las caras del prisma; tambien en masas. Color negro de hierro. Lustre metálico, lustroso. Dureza de 2 á 2.5; raspadura negra. Densidad, 6.3.

Composicion:

$$5\,Ag\,S + Sb^2\,S^3\,.$$

Se funde al soplete produciendo pegadura blanca de antimonio, que despues se hace rojiza por el óxido de plata, y al fin deja glóbulo metálico. Se encuentra en vetas con otros minerales de plata; la hay en México. Usos, para extraer la plata.

Cerargirita ó plata córnea. Forma isométrica; no presenta cruceros; tambien en masas y pegaduras. Color gris verdoso ó azulado. Lustre resinoso; tiene aspecto de cera. Es trasluciente ú opaca. Dureza de 1 á 1.5; es dúctil y se corta como la cera; la parte raspada se hace brillante. Densidad, 5.5.

Composicion:

Ag Cl.

Se funde al soplete y deja glóbulo de plata; es soluble en amoniaco. Se halla en vetas y nódulos; es frecuente en México. Usos, para extraer plata.

Bromirita ó plata verde. En cristales del primer sistema: tambien en masas y pegaduras. Color amarillento ó verdoso que se oscurece por la accion de la luz. Lustre resinoso, resplandeciente ó lustroso. Dureza de 2 á 3; la parte frotada se hace brillante: es dúctil. Densidad, 5 á 6.

Composicion:

Ag. Br.

Al soplete se funde, emite vapores de bromo y produce glóbulo metálico: no es soluble en amoniaco. Se cria como los otros minerales de plata; la hay en Catorce, Fresnillo y otras localidades de México. Usos, extraccion de la plata.

Embolita ó cloro–bromuro de plata. En cristales del primer sistema; tambien en masas, en concreciones y pegaduras. Color amarillento y verdoso: se oscurece por la accion de la luz. Lustre resinoso algo diamantino. Dureza de 1 á 1.5: es dúctil. Densidad, 5.4.

Composicion:

Ag. (Br. Cl.)

Al soplete se revelan las reacciones del bromo, del cloro y de la plata. Se encuentra como las anteriores. Usos, análogos.

A estos minerales argentíferos descritos, hay que añadir otros que contienen la plata de una manera accidental y en proporciones variables, como son la galena, la blenda, las piritas y la tetraedrita. El ensaye resuelve la costeabilidad de la explotacion en esas mezclas.

MINERALES PLATINÍFEROS.

Platino nativo. Se encuentra en formas isométricas; pero más generalmente en granos, masas y laminitas. Color gris de platino. Lustre metálico. Dureza de 4 á 4.5; es dúctil y maleable. Densidad, 16 á 19.

Composicion: es platino mezclado al rodio, iridio y otros metales. Es completamente infusible al soplete. Se encuentra en terrenos de aluvion. Usos muy conocidos.

En unas concreciones ferruginosas que se hallan en Jacala, Estado de Hidalgo, suele encontrarse ley de platino.

MINERALES DE MERCURIO.

Mercurio nativo. En glóbulos líquidos diseminados en la matriz. Color metálico, blanco agrisado. Densidad, 13.5.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Composicion:

$$Hg.$$

Calentado en un tubo se volatiliza y forma sublimado metálico en las paredes frias del mismo tubo. Se encuentra asociado al cinabrio; lo hay en el Mineral del Doctor y otras localidades mexicanas. Sirve en la metalurgia, en la medicina y en la industria.

Cinabrio. Cristales del cuarto sistema, con crucero lateral muy fácil; tambien en masas y pegaduras. Color rojo de cochinilla ó escarlata, á veces con tinte superficial gris metálico. Lustre de diamante que pasa á metaloide. Dureza de 2 á 2.5; raspadura roja escarlata. Densidad, 8 á 9.

Composicion:

$$Hg.\ S.^{2}.$$

Calentado en un tubo abierto produce sublimado metálico. Se encuentra en vetas, mantos y nódulos. Lo hay en Tasco, Guadalcázar y otras localidades mexicanas.

Livingstonita. En prismas ortorómbicos, aislados ó entretejidos. Color gris de acero. Lustre metálico resplandeciente ó lustroso. Dureza, 2; polvo rojo de cereza ó pardusco. Densidad, 4.81.

Composicion:

$$2\ Sb.^{2}\ S^{3}\ HgS.$$

Se funde al soplete produciendo humo blanco de óxido de antimonio; calentada en un tubo emite humos antimoniosos y vapores mercuriales. Sólo se ha encontrado en la República Mexicana; sus criaderos se hallan en Huitzuco, Estado de Guerrero. y en Guadalcázar. Esta nueva especie mineral fué descrita por Mariano Bárcena, el año de 1874. Se utiliza ese mineral para la extraccion del mercurio.

Barcenita. En masas, de estructura columnar ó fibrosa; presenta indicaciones de cruceros paralelos á una cara prismática. Color negro agrisado. Dureza, 4; polvo gris ceniciento y verdoso. Densidad, 5.34. Al soplete decrepita, se funde en los bordes, se pone blanca y da humos de este color; calentada en tubo produce sublimado de mercurio metálico.

Composicion: antimoniato de cal, mercurio y antimonio. Se encuentra en Huitzuco.

El nombre de Barcenita le fué dado por el Dr. J. W. Mallet, de la Universidad de Virginia, quien fué el primero que publicó un análisis exacto de ese mineral.

Sulfuro de mercurio y zinc ó *Guadalcazarita.* En el cuarto sistema; generalmente en masas diseminadas. Color gris de plomo oscuro. Lustre metálico. Textura hojosa, encubierta y desigual. Dureza, 3; raspadura negra agrisada. Densidad, 7. Al soplete da humos sulfurosos, olor de selenio y vapores mercuriales; con la sal de cobalto da las reacciones del zinc.

Su composicion, segun Petersen, se expresa por la fórmula;

$$6\ Hg\ S + ZnS.$$

Contiene de 1 á 2 por ciento de selenio. Se encuentra en Guadalcázar, Estado de San Luis Potosí, generalmente diseminada en caliza. Sirve como mineral de mercurio.

Petersen hizo el análisis cuantitativo de ese compuesto, y le llamó Guadalcazarita; pero el descubrimiento de la nueva especie corresponde evidentemente al profesor mexicano D. Antonio del Castillo, quien dió una descripcion perfecta desde el año de 1865.

MINERALES CUPRÍFEROS.

Cobre nativo. Isométrico: tambien en masas, chapas, pegaduras y dendrítico. Color rojo de cobre, que generalmente se oscurece en la superficie. Lustre metálico. Dureza de 2 á 3; la parte raspada aparece brillante; es dúctil. Densidad, 8.8.

Composicoin: cobre puro ó ligado á la plata y otros metales. Se funde al soplete. Disuelto en ácido nítrico y añadiendo amoniaco, da la coloracion azul característica. Se encuentra en vetas y en mantos; en el Lago Superior, Estados Unidos, hay gran-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

des masas; lo hay en los criaderos cupríferos de México. Usos conocidos.

Chalcocita ó sulfuro negro de cobre. Cristales del tercer sistema: un crucero poco claro; tambien en masas. Color gris de plomo oscuro. Lustre metálico, que se inclina un poco á resinoso. Dureza de 2 á 3; la parte raspada lustrosa y el polvo opaco y negro. Densidad, 5.8.

Composicion:

$$Cu^2\ S.$$

Al soplete se funde, emite gas sulfuroso y deja glóbulo de cobre. Se cria en vetas y capas asociado á otros minerales de cobre. Lo hay en Michoacan. Usos, como mineral de cobre.

Chalcopirita ó cobre amarillo. Segundo sistema: crucero poco fácil; tambien en masas y pegaduras. Color amarillo de laton. Lustre metálico. Textura conchoide. Dureza de 3 á 4; polvo opaco y oscuro. Densidad, 4.3.

Composicion:

$$Cu.\ Fe.\ S^2.$$

Al soplete se funde y da un glóbulo magnético. Su color lo distingue del oro y de las otras piritas. Se cria como los otros minerales de cobre. Abunda en México. Se usa para extraer cobre y tambien para hacer sulfato ó magistral.

Erubesita, Bornita ó cobre abigarrado. Primer sistema: vestigios de crucero octaédrico, tambien en masas. Color metálico, entre rojo de cobre y pardo de tumbaga, que por la accion de la intemperie se hace pardo; tiene tintes violados, azules y verdes. Lustre metálico, lustroso. Textura conchoide. Dureza, 3; polvo agrisado, raspadura lustrosa. Densidad de 4 á 5.5.

Composicion:

$$(Cu^2\ Fe.)\ S.$$

Al soplete da reacciones como la anterior. Se distingue por sus colores abigarrados. Se cria como las anteriores y abunda en México. Usos del anterior.

Tetraedrita ó cobre gris. Primer sistema; trazas de crucero octaédrico, tambien en masas y pegaduras. Color gris de acero que pasa á negro de hierro. Lustre metálico, con un tanto de resinoso. Textura desigual. Dureza de 3 á 4.5; polvo negro agrisado ó pardusco. Densidad, 4 á 5.

Composicion:

$$Cu.^8\ S.^7\ Sb.^2.$$

Parte del cobre puede ser sustituido por otros metales, aun por plata, que á veces existe en gran cantidad, para hacer muy ventajosa la explotacion del cobre gris; puede contener tambien arsénico. Al soplete da reacciones claras de azufre y antimonio, y por via húmeda las del cobre. Lo distingue su color acerado, la textura desigual, el polvo oscuro y el lustre un tanto resinoso. Se encuentra en México en circunstancias análogas á los minerales cupríferos.

Cuprita. Isométrica; crucero octaédrico; tambien en masas, en sartas de cubos y terrosa. Color de cochinilla que pasa á otros tintes rojizos. Lustre submetálico, de diamante y aun terroso. Subtrasparente. Dureza de 3 á 4; raspadura lustrosa y polvo moreno rojizo.

Composicion:

$$Cu^2\ 0.$$

Al soplete deja glóbulo de cobre. Se distingue de la hematita por esta reaccion y del cinabrio por la forma cristalina y no ser volátil por el fuego. Se encuentra asociado á los otros minerales de cobre: lo hay en Huetamo y otras localidades mexicanas. Usos, para extraer cobre.

Malaquita ó carbonato verde de cobre. Cristales del quinto sistema; crucero básico muy perfecto y otro clinodiagonal ménos señalado; en masas, concrecionada y terrosa, comunmente con estructura fibrosa radiada ó en zonas concéntricas. Color verde esmeralda que pasa á verde cardenillo. Lustre de seda, que pasa al vítreo y de diamante. Trasluciente. Dureza de 3 á 4; polvo blanquizco. Densidad, 3 á 4.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Composicion:

$$Cu^2\ 0^4\ C + H^2\ 0.$$

Calentada da vapores acuosos; hace efervescencia con los ácidos, y la solucion presenta las reacciones del cobre; colora en verde la flama. Se encuentra como los otros minerales de cobre, especialmente en Rusia, y la hay en muchas localidades mexicanas. Se usa para hacer vasos, cubiertas de mesa, aretes, y tambien para extraer cobre.

Azurita ó carbonato azul de cobre. Cristales del quinto sistema; crucero prismático; en masas y figuras imitativas y tambien terrosa. Color azul de esmalte que pasa á otros tintes azules. Lustre de vidrio ó diamantino. Trasparente ó trasluciente. Dureza de 3 á 4; polvo blanquizco. Densidad, 3.5 á 3.8.

Composicion:

$$Cu^3\ 0^7\ C^2 + H^2\ 0.$$

Da reacciones como la anterior. Se encuentra en circunstancias análogas. Usos semejantes á la anterior.

Crisocola ó cobre hidrosilizoso. Amorfo; en masas, concreciones, venas y pegaduras. Color verde cardenillo, azuloso ó azul de turquesa. Lustre vítreo ó terroso. Trasluciente. Textura conchoide. Dureza, 2 á 4; polvo blanco ó verdoso. Densidad, 2.2.

Composicion:

$$Cu\ 0^3\ Si + 2\ H\ 0.$$

Este mineral puede ser variable en sus componentes. Con carbonato de sosa produce glóbulo metálico al soplete, colorando en verde la flama. Se descompone en los ácidos dejando resíduo de siliza gelatinosa. No puede confundirse con la malaquita por su color cardenillo y su lustre. Se cria como los otros minerales de cobre: lo hay en Jacala, Zomelahuacan y otras localidades de México. Se usa para extraer cobre.

MINERALES DE PLOMO.

Plomo nativo. Isométrico; en láminas pequeñas y en globulitos. Color gris de plomo. Lustre metálico. Dureza, 1.5; dúctil y maleable. Densidad, 11.4.

Composicion:

$$Pb.$$

Al soplete se funde y deja una pegadura amarilla sobre el carbon. Es un mineral raro; se le ha encontrado asociado á la galena en Alstomor; en lavas en diques de basalto; se cita á Zomelahuacan, donde se dice hay plomo nativo en caliza granuda. Usos conocidos.

Galena. En cristales isométricos; crucero cúbico perfecto; tambien en masas, reticulada y aun fibrosa. Color gris de plomo. Lustre metálico resplandeciente. Dureza de 2.5 á 2.7; polvo gris. Densidad, 7.7.

Composicion:

$$Pb\,S.$$

Contiene frecuentemente otros cuerpos al estado de mezcla, especialmente la plata, al grado de que en el mayor número de casos se explota como mineral argentífero: es de notarse que miéntras más granuda y fina es la textura, más alta es la ley de ese metal precioso. Al soplete se funde, emite humos sulfurosos, deja una pegadura amarilla y al fin glóbulo de plomo. Se distingue fácilmente por su color, sus crucceros y el color de su raspadura. Se encuentra en vetas, mantos y cúmulos; abunda en los distritos mineros de México, especialmente en Zimapan. Sirve para extraer los metales que contiene.

Anglesita ó sulfato de plomo. Cristales ortorómbicos, crucero lateral; tambien en masas y estalactítico. Color blanco agrisado, amarillento ó azuloso. Lustre, lustroso de diamante inclinándose al de cera y al vítreo. Trasparente ú opaco. Dureza de 2 á 3; raspadura blanquizca. Densidad, 6.3. Textura conchoide.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Composicion:

$$Pb\,0^4\,S.$$

Al soplete, en la flama de reduccion da glóbulo metálico: se funde aun en la flama de una vela. Se distingue de otros minerales blancos por su peso, las reacciones al soplete y no hacer efervescencia con los ácidos. Se encuentra generalmente acompañando á la galena: lo hay en el cerro de Ameca, en Jalisco, en el Bramador y en otras localidades de México. Sirve como mineral de plomo.

Cerusita ó carbonato de plomo. Cristales ortorómbicos; crucero prismático poco fácil; tambien en masas, fibroso y estalactítico; á menudo los cristales rayados á lo largo y entretejidos. Color blanco agrisado, amarillento, azuloso, verdoso y aun gris oscuro. Lustre, lustroso de diamante inclinándose al vítreo, al resinoso y aun al aperlado. Trasparente ó subtrasparente. Textura conchoide. Quebradizo. Dureza, 2.5; polvo blanquizco. Densidad, 6.48.

Composicion:

$$Pb.\,0^3\,C.$$

Al soplete decrepita y produce glóbulo de plomo. Hace efervescencia con los ácidos, y esto lo distingue de la anglesita. Se encuentra con los otros minerales de plomo; lo hay en México. Usos análogos al anterior, y tambien como ayuda en las fundiciones de minerales de plomo y plata.

MINERALES DE ZINC.

Blenda. Isométrica; crucero dodecaédrico; tambien en masas, fibrosa y concrecionada. Color negro, amarillo, rojo, verde, blanco y pardo. Lustre resplandeciente, de diamante ó resinoso. Trasparente ó subtrasluciente. Textura hojosa general, y la particular conchoide. Dureza de 3 á 4; polvo claro, pardo rojizo ó blanquizco. Densidad, 3 á 4.

Composicion:

$$Zn\,S.$$

Pero puede contener otros cuerpos mezclados, como hierro, cadmio y plata. Al soplete produce pegadura de óxido de zinc, amarilla á caliente, y blanca al enfriarse; con el acetato de cobalto se colora en verde. Se encuentra como los minerales de plata y generalmente entre ellos; abunda en México. Hay diversas variedades, negra, parda, amarilla, roja y cadmífera y platosa. Se utiliza para extraer el zinc ó los otros componentes.

Zincita. Cuarto sistema; crucero básico muy fácil y prismático ménos notable; tambien en masas hojosas y en granos. Color rojo más ó ménos naranjado. Lustre acercándose al de diamante. Trasluciente. Textura conchoide. Dureza de 4 á 4.5; polvo naranjado. Densidad, 5.6.

Composicion:

$$Zn\,0.$$

Es infusible al soplete y da las reacciones del zinc. Se encuentra en masas, principalmente en New Jersey. Usos del anterior.

Calamina eléctrica. Cristales ortorómbicos; crucero prismático perfecto; tambien en masas, en bolas y otras formas fibrosas. Color blanco, á veces con tintes azulosos, agrisados y amarillentos. Lustre de vidrio que pasa al aperlado. Trasparente ó trasluciente. Dureza de 4 á 5; raspadura blanca. Densidad de 3 á 3.9. Fosforesce frotada en la oscuridad; es piroeléctrica.

Composicion:

$$Zn^2\,0^4\,Si + H\,0.$$

Al soplete, con las sales de cobalto da la coloracion de zinc; se disuelve en los ácidos dejando resíduo gelatinoso. Se encuentra generalmente en vetas con otros minerales; la hay en Zimapan. Este silicato de zinc es la calamina eléctrica, y al carbonato de la misma base se le llama simplemente calamina. Usos de los anteriores.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

MINERALES DE ESTAÑO.

Casiterita ó *metal de estaño.* Segundo sistema; crucero poco distinguible; tambien compacto arriñonado y en granos. Color pardo de clavo que pasa al moreno cetrino. Lustre de diamante que pasa al de cera. Trasluciente ú opaco. Dureza de 6 á 7; raspadura blanquizca ó parda. Densidad, 6 á 7.

Composicion:

$$Sn\ O.^2$$

Al soplete, es infusible, pero con sosa, sobre el carbon, da glóbulo de estaño. Esta reaccion lo distingue de la hematita arriñonada con que lo confunden. Se encuentra en vetas ó en aluvion; en este caso forma riñones sueltos ó masas arredondadas: la hay en vetas, en Mesa de los Caballos en Zacatecas, y de aluvion en Lagos y otras localidades mexicanas. Sirve para la extraccion del estaño.

MINERALES BISMUTÍFEROS.

Bismuto nativo. Cristales del cuarto sistema; crucero romboédrico; tambien en masas hojosas y compactas. Color blanco de plata con un tinte rojizo. Lustre metálico. Dureza de 2 á 2.5; es dúctil. Densidad, 9.8.

Composicion:

$$Bi.$$

Al soplete se volatiliza y produce pegadura amarillenta. Se encuentra en vetas. Lo hay en la mina del Orito, Estado de Zacatecas. Se usa para hacer ligas fusibles y en la medicina.

Bismutinita ó *sulfuro de bismuto.* En cristales del tercer sistema; crucero básico perfecto y otros paralelos á las diagonales; tambien en masas hojosas y fibrosas. Color gris de plomo. Lustre metálico resplandeciente. Dureza, 2; polvo gris negruzco. Densidad de 6 á 7. Al soplete deja pegadura amarilla. Se disuelve en ácido azótico, y añadiendo agua se forma precipitado

blanco. Se encuentra en vetas; acompaña al anterior en la mina del Orito. Sirve para extraer bismuto.

Bismuto telural ó *Tapalpita.* En masas. Color gris metálico. Lustre metálico. Segun el Dr. Rammelsberg, se compone de:

$$Ag^2\ S + Bi.^2\ Te.^2$$

Se encuentra en el mineral de Tapalpa, Estado de Jalisco. El descubrimiento de esta especie se debe al profesor mexicano D. Antonio del Castitlo. La tapalpita sirve para extraer plata, bismuto y teluro.

Guanajuatita. En agujas rayadas á lo largo y en masas hojosas. Color gris de plomo. Lustre metálico. Dureza de 2 á 3; raspadura lustrosa; polvo negro agrisado. Densidad, 6 á 6.8.

Composicion:

$$Bi.^2\ Se.^3$$

Se funde al soplete, tiñe de azul la flama, da humos blancos, produce olor de col y deja glóbulo metálico. Se encuentra en la Sierra de Santa Rosa, Estado de Guanajuato. Puede utilizarse como mineral de bismuto. Este mineral fué descrito en 1873 por el Sr. D. Antonio del Castillo, y casi simultáneamente por el Sr. D. Vicente Fernández, profesor del Colegio de Guanajuato. El nombre de *Guanajuatita*, aceptado en la ciencia, lo dió el Sr. Fernández, quien fué el primero que dió á conocer la composicion exacta de la nueva especie.

Bismutita ó *carbonato de bismuto.* En cristales pseudomorfos, en masas y pulverulento. Color blanco amarillento ó verdoso. Lustre de vidrio que pasa al de nácar. Dureza de 4 á 4.5; polvo blanco. Densidad, 6.8 Es quebradizo.

Composicion: carbonato hidratado de bismuto.

Al soplete se funde y da glóbulo de bismuto, dejando pegadura amarilla; hace ligera efervescencia con los ácidos. Se encuentra regularmente en vetas con otros minerales de bismuto: se ha hallado en los cerros inmediatos á San Luis Potosí, armando en pórfido ó diseminado en los aluviones vecinos. Se utiliza para extraer bismuto.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

MINERALES DE ANTIMONIO.

Antimonio nativo. Cuarto sistema; tambien en masas compactas ú hojosas y en concreciones. Color blanco de estaño. Lustre metálico. Dureza de 3 á 3.5. Quebradizo. Densidad, 6.7.

Composicion:

Sb.

Al soplete da humos blancos. Se encuentra como los minerales de plata. Segun el Sr. del Rio, se halla en Huetamo y Cuencamé. Se utiliza para hacer ligas metálicas y en la medicina.

Estibnita ó sulfuro de antimonio. Cristales del tercer sistema, generalmente estriados. Crucero segun la diagonal, menor; tambien compacto y fibroso. Color gris de plomo. Lustre metálico. Dureza, 2; polvo gris oscuro. Densidad, 4.6.

Composicion:

$$Sb.^{2} S.^{3}$$

Se funde á la flama de la vela. Esta fusibilidad le distingue de otros minerales; se parece á la Livingstonita; pero ésta da raspadura rojiza. Se encuentra como los minerales de plata; abunda en muchas localidades mexicanas. Se usa para extraer antimonio.

MINERALES DE HIERRO.

Hierro nativo. Isométrico; en masas con crucero octaédrico. Color negro de hierro que pasa á gris de platino. Lustre metálico. Dureza, 4.5; raspadura brillante; es dúctil. Densidad, de 7.3 á 7.8. Obra sobre el iman. Esta es la descripcion del hierro nativo, terrestre, que se encuentra incrustado en algunas rocas volcánicas, especialmente en Suecia. Se comprende tambien aquí el hierro meteórico ó de aerolito. Sus caracteres son en general análogos á los que acaban de referirse; pero generalmente contienen níquel, fósforo, azufre y otros cuerpos. Pulido el hierro meteórico y atacado por un ácido, aparecen en su superficie unas figuras más ó ménos triangulares llamadas de Widmæstaeten. En la República Mexicana hay muchos hierros meteóricos; es notable el que se encuentra en el Museo; tiene forma aproximándose á un tetraedro; pesa 916 libras: en Xiquipilco, Estado de México, hay muchas masas de ese hierro esparcidas en el terreno. Usos conocidos.

Pirita comun. Isométrica; generalmente en cubos y dodecaedros pentagonales; cruceros cúbico y octaédrico; en masas, reniforme y concrecionada. Color amarillo de bronce. Lustre metálico resplandeciente. Dureza, 6.5; polvo negruzco, verdoso ó moreno. Densidad, 4 á 5.

Composicion:

$$Fe S.^{2}$$

Al soplete produce humos sulfurosos y deja una masa magnética. Su color y dureza la distinguen de otros minerales. Se encuentra en vetas y mantos, generalmente acompañando minerales de plata; tambien diseminada en las rocas; es comun en México y á veces contiene plata; los mineros le llaman bronce. Se utiliza para la fabricacion de ácido sulfúrico y sulfato de hierro.

Siderita ó carbonato de hierro. En cristales del cuarto sistema; á veces con las caras curvas; crucero romboédrico perfecto; tambien en masas compactas y hojosas y en concreciones. Color gris amarillento que pasa á amarillo de cera, de Isabel, y de allí al pardo, y se oscurece bajo la intemperie. Lustre aperlado ó de vidrio. Dureza, 3 á 4.5; raspadura blanca ó parda cetrina. Densidad, 3 a 3.9.

Composicion:

$$Fe 0^{3} C.$$

Al soplete se hace magnético; se disuelve con efervescencia en los ácidos. Se parece al calcite y á la dolomia, pero se distingue por su mayor peso y por la reaccion al soplete. Se encuentra en terrenos de varias edades. Se utiliza como mineral de hierro,

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En el grupo anterior están descritas otras especies importantes de minerales de hierro, como son la magnetita, las hematitas y la melanterita.

MINERALES DE MANGANESO.

Pirolusita. En cristales ortorómbicos; crucero prismático; generalmente en masas fibrosas divergentes; concrecionada y en pegaduras. Color negro de hierro que pasa á pardusco y azuloso. Lustre metálico. Dureza, 2 á 2.5; polvo mate, negro agrisado. Tizna los dedos. Densidad, 4.8.

Composicion:

$$Mn\,O.^{2}$$

Con bórax, en caliente, da perla violada que se hace moreno-rojiza al enfriarse. Se encuentra en vetas y mantos acompañando minerales de hierro ó de manganeso: hay en Coalcoman. Sirve en algunas industrias y para preparar oxígeno.

Wad. Amorfo. En masas, bolas, en pegaduras y en dendritas, Color negro más ó ménos pardusco y agrisado. Lustre terroso. Dureza, 1.5; polvo del mismo color. Tizna los dedos. Densidad, 3.4. Se compone de bióxido de manganeso conteniendo óxidos de hierro, cobalto y cobre y agua en proporciones variables. Reacciones análogas en lo esencial á la anterior. Abunda en Jacala, Estado de Hidalgo, y en muchas partes formando arborizaciones dendríticas, que el vulgo toma por fotografías producidas por los rayos. Los óxidos de manganeso mezclados á los de fierro le dan muy buena calidad á este metal; tambien se usa para dar color á la porcelana y en la tintorería; sirve para preparar oxígeno. Se usa en algunas industrias.

MINERALES NIQUELÍFEROS.

Millerita. Cuarto sistema; generalmente en cristales capilares que á veces tienen el aspecto de la lana: tambien en masas y costras de textura estriada divergente, sobre todo en las caras

de fractura. Color amarillo de bronce que pasa al de laton con un tinte algo verdoso. Lustre metálico. Dureza de 3 á 3.5. Densidad, 4.6 á 5.6.

Composicion:

$$Ni\,S.$$

Al soplete se funde en glóbulo, que tratado con bórax y sal de fósforo, da una masa violeta en la flama de oxidacion. Se encuentra en Sajonia y en algunas localidades de los Estados Unidos. Se utiliza para extraer níquel.

Nicolita. Cuarto sistema; generalmente en masas compactas ó concrecionadas. Color blanco rojizo que se acerca al rojo de cobre. Lustre metálico. Textura desigual. Dureza, 5.5; polvo de la raspadura moreno rojizo. Densidad, 7.7.

Composicion:

$$Ni\,As.$$

Al soplete produce olor de ajo y se funde en un glóbulo. Se encuentra en Sajonia y otras localidades de Europa. Puede servir para extraer níquel.

El níquel se encuentra tambien en los fierros meteóricos y asociado á algunos minerales de cobalto; á veces se halla en proporciones notables en las piritas magnéticas, costeando ventajosamente su explotacion, como acontece en los Estados Unidos.

MINERALES DE COBALTO.

Cobaltita. Primer sistema. Color blanco de plata que pasa á blanco metálico rojizo más ó ménos agrisado. Dureza, 5.5. Densidad, 6.6.

Composicion:

$$Co\,As\,S.$$

Al soplete da humos sulfurosos y arsenicales, y con bórax una perla de hermoso color azul. Se encuentra con más abundancia

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

en Suecia y Noruega. Encontrado en México por el Profesor D. Severo Navia en el Estado de Guanajuato.

Asbolita. Amorfa, terrosa ó compacta. Color negro que azulea. Dureza, de 1 á 3; en la parte raspada adquiere lustre. Generalmente es una mezcla de wad y óxido de cobalto. Se utiliza separando el cobalto para emplearlo en las artes. Se encuentra en varias localidades de Europa.

Eritrita. Quinto sistema, con crucero fácil, pareciéndose á la mica; tambien en incrustaciones y masas reniformes y á veces en estrellas. Color rojo de flor de durazno que pasa al rojo agrisado. Lustre aperlado en las láminas, y á veces tiene aspecto terroso. Dureza, 1 á 2; polvo pálido. Densidad, 2.9.

Composicion:

$$Co\,^{3}0^{8}\,As^{2} + 8\,H\,0.$$

Con la sal de fósforo da un vidrio de hermoso color azul. Se encuentra en Sajonia y otras localidades europeas. Puede utilizarse como mineral de cobalto.

Este metal se encuentra asociado á varios minerales niquelíferos, y tambien se extrae de las piritas magnéticas.

MINERALES ALUMINOSOS.

Corundo. Cuarto sistema; crucero básico; tambien en granos. Color blanco agrisado, pasando al azul, violado, verde ó rojo. Lustre de vidrio. Trasparente ó trasluciente. Dureza, 9. Densidad, 4. Textura conchoide.

Composicion:

$$Al^{2}\,0.^{3}$$

Infusible al soplete: pulverizado y mezclado con las sales de cobalto produce color azul. Lo caracteriza su dureza, inferior solamente á la del diamante. Variedades: *Corundo propiamente dicho*, cuando es opaco. *Esmeril*, si se halla en granos y de color oscuro. *Zafiro*, de color azul. *Rubí*, de color rojo. *Ametista oriental*, violado. *Esmeralda oriental*, verde. *Topacio oriental*, amarillo. Se encuentra en rocas cristalinas. Se dice que hay rubís en Durango. El esmeril y el corundo pulverizados se usan para pulir cuerpos duros: las otras variedades como piedras preciosas.

Turquesa. Amorfa; reniforme, estalactítica y en incrustaciones. Color azul de cielo ó verdoso. Lustre inclinándose al de cera. Dureza, 6; polvo blanco ó verdoso. Densidad, 2.8. Textura conchoide. Composicion: fosfato de alúmina hidratado, con cantidades variables de óxido de cobre. Al soplete se pone negruzca sin fundirse y colora la flama de azul. Se encuentra especialmente en arcilla apizarrada, en Persia. Se estima como piedra preciosa.

Lápiz-lázuli. Primer sistema; crucero dodecaédrico; tambien en masas. Color azul de ultramar que pasa al de esmalte. Lustre de vidrio. Trasluciente ú opaco. Dureza, 5.5. Densidad, 2.4. Textura desigual de grano fino. Le distingue su color y dureza. Composicion: silicato de alúmina, cal, sosa y fierro: contiene tambien azufre. Se disuelve en ácido clorhídrico, emitiendo gas sulfhídrico. Se encuentra en rocas cristalinas, especialmente en el Asia. Es muy apreciado en la joyería.

En esta seccion de los compuestos que contienen aluminio, sólo mencionamos algunos de los que se estiman como piedras preciosas: entre los silicatos se citarán otros minerales aluminosos.

MINERALES MAGNESIANOS.

Epsomita ó *sulfato de magnesia.* Trimétrico, crucero paralelo á la diagonal más corta; en masas concrecionadas y costras porosas. Color blanco amarillento. Dureza, 2.2; polvo blanquizco. Densidad, 1.6. Tiene sabor amargo y salino.

Composicion:

$$Mg\,0^{4}\,S + 7\,H\,0.$$

Al soplete se funde, y con sal de cobalto se hace color de ro-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

sa. En aguas minerales y en eflorescencias en las rocas: la hay en Cuautla Morelos. Se usa en medicina.

MINERALES QUE CONTIENEN CAL.

Citados en el grupo anterior el yeso, el calcite y la apatita, que corresponden á esta seccion, sólo mencionarémos el siguiente por sus aplicaciones industriales.

Espato fluor. Isométrico; crucero octaédrico; tambien en masas. Color blanco que pasa á amarillo, violado, verde y azul. Lustre de vidrio. Dureza, 4; polvo blanquizco. Densidad, 3.2. Trasparente ó subtrasparente. Fosforece con el calor.

Composicion:

$$Ca.\ F.$$

Calentado en un tubo decrepita y fosforece; humedecido con ácido sulfúrico y calentado produce vapores que atacan al vidrio. Se encuentra generalmente en vetas acompañando otros minerales: lo hay en Chalchihuites y otras muchas localidades mexicanas. Se usa para preparar ácido fluorhídrico y como fundente.

SILICATOS.

Citados en la seccion primera los que se consideran como componentes esenciales de las rocas, añadirémos aquí algunos de los que pueden considerarse como accidentales en las mismas ó que tengan notable aplicacion industrial.

Espodumena. Cristales del quinto sistema con cruceros fáciles. Color blanco agrisado ó verdoso. Lustre aperlado en las caras de crucero. Dureza, 6 á 7. Densidad, 3.1.

Composicion:

$$(R^3\ Al^2)\ 0^9\ Si^3\ ,$$

entrando la litina en la radical R. Al soplete colora la flama en rojo, por la litina, y con el cobalto da la reaccion azul de la alúmina. Se encuentra en granito en varias localidades europeas, y sirve para extraer la litina.

Enstatita. Trimétrica, con crucero prismático fácil, con las caras de crucero fibrosas: tambien se presenta laminosa y compacta. Color gris que pasa al verdoso amarillento y moreno. Lustre de perla que pasa al metaloide en la variedad llamada *bronzita*. Dureza 5.5. Densidad, 3.3.

Composicion:

$$Mg\ 0^3\ Si:$$

en la variedad bronzita entra, en parte, el hierro en la base. Mayor cantidad de hierro contiene la hiperstena, silicato muy semejante á la variedad anterior. La ensteatita es infusible al soplete. Se encuentra en Baviera, en el Hartz y en algunas localidades americanas.

Berilo. Cuarto sistema, crucero básico; á veces en masas. Color verde que pasa al azul y amarillo. Lustre de vidrio ó algo resinoso. Trasparente ó trasluciente. Dureza, 7 á 8; polvo más claro. Densidad, 2.7.

Composicion:

$$Be^3\ Al^2\ 0^{18}\ Si^6\ .$$

Al soplete se pone nebuloso, y solamente á muy alta temperatura se funde. No es atacado por los ácidos. Sus variedades son: *Berilo*, de colores claros. *Agua marina*, de color verde mar. *Esmeralda*, de rico color verde y acusando reacciones de cromo. Se encuentra generalmente en caliza granuda; en Sur América hay afamados criaderos de estas piedras; los berilos se encuentran en el Real del Monte, y las esmeraldas en Tejupilco. Se usan como piedras preciosas.

Nefelina. Cuarto sistema; crucero prismático; tambien en masas informes ó columnares. Color blanco agrisado, amarillento, verdoso y pardusco. Lustre de vidrio que pasa al resinoso. Trasparente ú opaca. Dureza, 5 á 6. Densidad, 2.6.

Composicion:

$$(Na^2\ K^2)\ Al^2\ 0^8\ Si\ .$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Al soplete se funde; en los ácidos se disuelve dejando siliza gelatinosa. Estas reacciones y su forma cristalina la distinguen de algunos minerales á que se parece. Se encuentra formando parte de algunas rocas eruptivas y metamórficas.

Leicita. Primer sistema, crucero dodecaédrico poco fácil; tambien en granos diseminados. Color blanco más ó ménos agrisado. Lustre de vidrio. Trasluciente ú opaca. Dureza, 5 á 6; polvo blanco. Densidad, 2.5.

Composicion:

$$K.^{2}\ Al.^{2}\ 0^{12}Si.^{4}$$

No se funde al soplete: poniéndole acetato de cobalto se colora en azul. Se disuelve en los ácidos dejando siliza gelatinosa. Se encuentra en rocas volcánicas.

Turmalina. Cristales del sistema romboédrico; generalmente en prismas cuyas caras están estriadas: se encuentra tambien en masas de estructura columnar. Los colores son variados; hay turmalinas negras, azules, rojas, verdes, morenas, pardas, amarillas agrisadas y aun blancas. Son trasparentes ó traslucientes, de lustre de vidrio. Dureza, 7.5; polvo claro. Densidad, 3.3. La composicion es un silicato de diversas bases en que entran el hierro, el manganeso, la cal, la sosa, la potasa y la litina; tambien contienen alúmina y aun boro. Sus reacciones al soplete varian con las diversas bases. Las turmalinas se encuentran en varias rocas cristalinas, tanto en Europa como en América. Las turmalinas se usan en la joyería y en las investigaciones sobre polarizacion.

Topacio. Cristoles del tercer sistema; crucero básico; tambien en masas y en granos. Color amarillo pálido como el aguardiente; tambien blanco agrisado, verdoso, azuloso y rojizo. Lustre de vidrio, trasparente ó trasluciente. Se hace eléctrico por el calor. Dureza, 8; polvo blanquizco. Densidad, 3.6.

Composicion:

$$Al^{2}\ 0^{5}\ Si.$$

A veces contiene fluor. No se funde al soplete: humedecido

con sal de cobalto se hace azul. Se distingue por su dureza y crucero básico. Se encuentra en rocas metamórficas en la Siberia, en el Brasil, etc.; lo hay en Canoas, Estado de San Luis Potosí.

CARBONO.—COMBUSTIBLES FÓSILES.

Diamante. Isométrico; crucero octaédrico; las caras de los cristales son curvas generalmente; rara vez en masas y granos. Color blanco agrisado de varios tonos, amarillento rojizo, azul y negro. Lustre de diamante. Dureza, 10. Densidad, 3.5. Textura conchoide. Composicion: carbono puro. Se consume por el fuego. Por el calor adquiere electricidad vítrea. Se encuentra por lo comun relacionado á la itacolumita ó arenisca flexible, en terrenos de aluvion: son muy notables los criaderos del África, en el Asia y en el Brasil; tambien se han hallado en los Estados Unidos. El diamante es la piedra preciosa más estimada.

Grafita ó plombagina. Cuarto sistema; generalmente en tablas exagonales; crucero básico perfecto; tambien en masas compactas, hojosas y en pegaduras. Color gris de acero pasando á negro de hierro. Lustre metálico. Dureza, 1 á 2; polvo negro. Densidad, 2.2. Es untuosa al tacto y tizna los dedos. Composicion: carbono puro con algun óxido de hierro mezclado. Es infusible al soplete: á una alta temperatura se quema, dejando ceniza ferruginosa. Estas reacciones la distinguen de la molibdena y del hierro micáceo á que se parece. La grafita se encuentra en las rocas cristalinas y tambien en los terrenos de acarreo procedentes de la destruccion de aquellas; la hay en los montes Urales, en el Canadá, en los Estados Unidos; etc.; en México se ha encontrado en las cercanías de Tehuacan, en Sonora, en el Cardonal y en Molango, del Estado de Hidalgo. Se usa para fabricar lápices y crisoles, y para disminuir el rozamiento de las máquinas.

COMBUSTIBLES FÓSILES.

En esta denominacion comprendemos algunos carbones, betunes y aceites de los más usados en la industria.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Carbon de piedra. Los caracteres generales de las diversas variedades de carbon, son: color negro pasando al pardo. Lustre metaloide, resinoso ó mate. Dureza, 1 á 2.5; polvo negro ó pardusco. Densidad, 1 á 1.8. Composicion: carbono con oxígeno, hidrógeno, ázoe y algunas sustancias minerales, que despues de la combustion vienen á formar las cenizas. Con frecuencia se confunde el carbon mineral con la piedra pez, con la obsidiana y aun con la piedra de Lidia; la densidad, la dureza, el color del polvo y la combustibilidad, son caracteres bastantes para hacer la distincion. Señalarémos algunas variedades de carbon fósil.

Antracita. Color negro de hierro; á veces con viso de hierro pavonado. Lustre semimetálico. Textura conchoide. Dureza, 2 á 2.5. Arde con luz pálida.

Carbones betuminosos. Compréndense aquí aquellos que dan algunos líquidos y gases en la destilacion; dejan el resíduo llamado *coke.* Su color es generalmente negro; lustre resinoso ó terroso; arden con flama amarillenta y humean. En esta variedad deben comprenderse las ullas.

Carbon pardo y lignitos. Color negro que pasa á pardo y contiene 15 á 20 por ciento de oxígeno: cuando tiene estructura de madera se llama lignito: arde con llama larga y produce humo con olor betuminoso más ó ménos picante.

Turba. De color negruzco ó pardo; en masas blandas, y presenta por lo regular estructura vegetal, como formada de raíces ó yerbas: arde con olor de plantas secas. Los carbones fósiles se encuentran asociados á diversas rocas: la antracita y las ullas forman por lo regular capas entre arcillas, pizarras areniscas, conglomerados y calizas; los criaderos más ricos se encuentran en los terrenos de la edad geológica llamada carbonífera, aunque se hallan en terrenos de otras edades: los lignitos y el carbon pardo son más comunes en las capas cenozoicas: la turba es propia de terrenos modernos. En los Estados Unidos y en varias partes de Europa existen criaderos inmensos de antracita y de ulla; en México se señalan varios criaderos en Sonora, Tamaulipas, Veracruz, Puebla y otros Estados, y parece que son

más importantes los yacimientos de los Estados fronterizos: tambien se señalan varios criaderos de lignitos y carbones pardos: la turba abunda en las márgenes del rio Tololotlan, cerca del lago de Chapala, en el Valle de México y otras varias regiones del país. Los usos del carbon de piedra son bien conocidos y se hallan en relacion con la riqueza industrial de muchas naciones. En un carbon fósil deben determinarse la cantidad de productos gaseosos, la de carbon fijo y las cenizas ó materia mineral que contenga. Para esto se toma una cantidad determinada de carbon pulverizado, un gramo, p. e., y se coloca en un crisol de barro al cual se le pone una tapadera; se calienta en una mufla, perdiéndose así toda la materia volátil, que arde, y se percibe su flama por entre los bordes de la tapadera; se vuelve á pesar despues, y la diferencia da á conocer la proporcion de materias gaseosas inclusive el vapor de agua: en seguida se calcina de nuevo el resíduo, en un crisol destapado y se quemará el carbon, quedando solamente la ceniza de la parte mineral; una segunda pesada señalará su proporcion de carbon y la ceniza. Este ensaye se completa estimando el poder calorífico de un carbon ó sus *Calorías*, llamándose así á la cantidad de calor que se necesita para elevar de cero grados á un grado de calor un kilógramo de agua destilada. La estimacion de ese poder calorífero de un carbon así como de un combustible cualquiera, se hace mezclando un gramo de su polvo con 60 gramos de litargirio (óxido de plomo); se coloca el todo en un crisol tapado y se calienta fuertemente; por este procedimiento se reduce una parte del litargirio á plomo metálico; se separa éste y se pesa; la relacion $\frac{7.833}{34} \times P$ es el poder calorífico y reductor del combustible; en esta fórmula P representa el peso del boton de plomo reducido. Por este método de ensaye se pueden estimar las cualidades de los carbones fósiles y saber si son buenos combustibles ó se pueden emplear para la fabricacion de gas de alumbrado; lo primero se deducirá de su riqueza en carbon fijo, de su poder calorífico y de que no dejen demasiada cantidad de ceniza; lo segundo de su abundancia en materias volátiles.

Asfalto. Es amorfo; se presenta en masas y nódulos. Color

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

negro de pez que á veces pasa á pardo. Lustre resinoso. Es blando. Densidad, 1 á 1.2. Textura conchoide. La composicion de los asfaltos de diversas localidades es variable y puede decirse que son una mezcla de cuerpos hidrocarbonados, algunos de los cuales tienen tambien oxígeno. Se funde á la temperatura del agua hirviendo; arde con flama brillante. Se disuelve casi en totalidad en el éter. El asfalto forma generalmente depósitos superficiales; en las costas del Mar Muerto y aun en sus aguas se ven grandes cantidades de asfalto; es tambien notable el criadero de la Isla de la Trinidad; en México lo hay en la Huasteca y tambien flota en algunas partes del lago de Chapala. Se usa para pisos mezclándolo con arenas; para revestimientos en muros húmedos; para la preparacion de colores y barnices; en la destilacion produce gases combustibles. Aquí deben considerarse los betunes minerales, como el llamado elástico y otros más ó ménos pastosos ó fluidos, y que van trasformándose unos en otros por oxidacion.

Aceites minerales. Con este nombre se designan los hidrocarburos líquidos que se usan en el alumbrado: se clasifican segun su coloracion y grado de fluidez: se llama *nafta* al aceite muy fluido, más trasparente y ménos colorido: el *petróleo* es amarillo y opalino; la *brea mineral* es de color moreno y viscosa. Los diversos hidrocarburos se clasifican en grupos segun las analogías de algunos de sus caracteres: segun su estado de fluidez van pasando de unas á otras variedades. Estos aceites se encuentran en rocas de diversas edades; desde la siluriana hasta la presente: son muy notables los criaderos de petróleo de los Estados Unidos y del Canadá. En México se han señalado algunas localidades donde existen aceites minerales; á la espalda de la Colegiata de Guadalupe Hidalgo, Distrito Federal, se ha explotado la *nafta;* tambien flota en pequeña cantidad en una zona en el lago de Chapala; petróleo hay en Puerto Angel, Estado de Oaxaca. Los usos de los aceites minerales son bien conocidos.

DATOS PRÁCTICOS

SOBRE ALGUNOS CARBONES MINERALES DE MÉXICO.

Como un apéndice al estudio de los combustibles fósiles mexicanos, añadimos algunos datos publicados por la Secretaría de Fomento y que le han sido comunicados por los ingenieros que ha comisionado para estudiar los criaderos de carbon en el país, así como otros descritos por algunos profesores mexicanos.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DATOS PRÁCTICOS SOBRE ALGUNOS CARBONES FÓSILES DE MÉXICO.

Clase de carbon.	Carbon.	Sustancias volátiles.	Ceniza.	Densidad.	Poder calorífico.	LOCALIDADES DE DONDE PROCEDEN.		Profesores que los han estudiado.
Carbon apizarrado.	43.00	16.00	40.00	1.12	4700	Corazon de María.	Puebla.	Santiago Ramírez.
,, ,,	40.78	15.25	43.97	.....	4238	Guadalupe.	,,	,, ,,
,, ,,	42.25	13.63	44.12	.....	4700	San Francisco.	,,	,, ,,
Ulla grasa.	81.00	2.00	17.00	1.25	6400	Limontla.	,,	,, ,,
,, ,,	66.00	19.00	15.00	1.09	5898	Tecomatlan.	,,	,, ,,
,, ,,	50.00	9.00	41.00	1.11	4347	Olomatlan.	,,	,, ,,
,, antracitosa.	62.00	31.00	7.00	1.36	5318	Chiltepin.	,,	,, ,,
,, ,,	76.00	14.00	10.00	1.30	6093	Ayuquila.	,,	,, ,,
,, grasa.	60.70	21.50	17.80	1.29	5130	Barranca de Llave.	,,	,, ,,
Carbon pardo.	38.00	37.00	25.00	1.38	3978	Tulitic.	,,	,, ,,
Ulla grasa.	75.00	15.00	10.00	1.14	5763	Cerro del Tambor.	,,	,, ,,
Lignita.	23.79	58.20	18.01	1.76	3109	San Martin Texmelúcan.	,,	Pedro López Monroy.
,,	28.50	58.40	33.10	.....	4808	San Juan de los Llanos.	,,	Antonio del Castillo.
,, piciforme.	40.85	28.25	30.80	1.29	3546	Apatlahuac.	Tlaxcala.	Santiago Ramírez.
Ulla semigrasa.	50.00	10.00	40.00	1.38	.....	Tlaxiaco.	Oaxaca.	,, ,,
,, ,,	70.00	20.00	10.00	1.60	5695	Huetamo.	Michoacan.	,, ,,
,, antracitosa.	65.00	18.00	17.00	1.39	5805	Rio Jamaica.	Veracruz.	,, ,,
Carbon betuminoso.	36.95	66.05	3.00	1.25	6694	Joncalmini.	,,	Antonio del Castillo.
,, de pez.	52.07	33.28	14.69	1.54	4285	Canton de Jalapa.	,,	Pedro López Monroy.
Lignita.	46.25	23.05	30.70	1.46	3260	Galeana.	,,	Miguel Bustamante.
,,	46.40	35.60	18.00	1.40	3265	,,	,,	,, ,,
,,	43.40	36.20	10.40	1.48	3060	Jaltipam.	,,	,, ,,
,,	71.00	25.25	3.50	1.15	5010	El Cristo.	,,	,, ,,
,,	59.75	35.75	6.50	1.26	4215	Chiutepec.	,,	,, ,,

Clase de carbon.	Carbon.	Sustancias volátiles.	Ceniza.	Densidad.	Poder calorífico.	LOCALIDADES DE DONDE PROCEDEN.		Profesores que los han estudiado.
Lignita.	57.50	34.10	8.40	1.39	4050	Juarez.—Zacualtipan.	Hidalgo.	Miguel Bustamante.
,,	54.80	43.20	2.00	1.32	3860	Hulla. ,,	,,	,, ,,
,,	62.75	33.85	3.40	1.13	4425	Vista del Rio.—Allapexco.	,,	,, ,,
,,	59.10	24.90	16.00	1.16	4175	Chiquilisco.	,,	,, ,,
,,	67.00	30.40	2.60	1.23	4720	Tezintla.—Huautla.	,,	,, ,,
,,	60.00	31.50	8.50	1.24	4225	,, ,,	,,	,, ,,
,,	58.50	25.70	15.80	1.18	4150	Acatepec. ,,	,,	,, ,,
,,	50.57	42.03	7.40	1.30	3570	Coatzonco. ,,	,,	,, ,,
,,	55.05	28.35	16.60	1.49	3888	Manteco. ,,	,,	,, ,,
,,	52.20	30.40	17.40	1.28	3680	Tenantitla. ,,	,,	,, ,,
,,	32.79	20.13	47.00	1.47	2301	Soledad.—Zacualtipan.	,,	,, ,,
,,	70.50	27.50	2.00	1.14	4975	Jilitla.	,,	,, ,,
,,	74.30	22.22	3.20	1.17	5230	,,	,,	,, ,,
Carbon de pez.	60.40	35.67	3.93	1.18	4935	Entre Jilitla y Jacala.	,,	Pedro L. Monroy.
,, apizarrado.	42.57	42.31	15.11	1.22	4551	Yahualica.	,,	,, ,,
Lignita.	38.62	57.10	4.27	1.50	3163	Cercanías de Zacualtipan.	,,	,, ,,
Carbon apizarrado.	55.51	43.39	1.09	1.21	5108	Tangasnegue.	Tamaulipas.	,, ,,
Lignita.	32.08	28.60	39.32	1.75	2847	Cercanías de Paso del Norte.	Chihuahua.	,, ,,
,,	33.00	49.89	17.11	1.47	3128	Chilpancingo.	Guerrero.	,, ,,
,,	19.80	65.50	14.70	.....	2161	,,	,,	Teodoro Laguerenne.
,,	24.90	64.50	10.60	.....	2645	Zumpango.	,,	,, ,,
Carbon betuminoso.	53.60	46.10	1.30	1.22	8350	Xilitla.	San Luis.	Antonio del Castillo.
,, negro.	85.30	10.80	3.90	1.79	8914	San Marcial.	Sonora.	,, ,,
Antracita.	89.20	7.30	3.50	.....	9100	Rumbo de Izúcar.	Puebla.	,, ,,
Lignita.	56.50	35.30	8.20	.....	7258	Tlaquiltenango.	Morelos.	,, ,,
,,	40.00	47.50	12.50	.....	.....	Julpa.	Querétaro.	,, ,,
,,	30.00	39.70	30.30	.....	4635	Tequila.	Jalisco.	,, ,,
,,	39.90	50.50	9.60	1.41	6679	San Damian.	Coahuila.	,, ,,

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPÍTULO XI.

ESTUDIO DE LAS ROCAS.

GENERALIDADES Y DESCRIPCIONES.

Definicion.

Se llama roca *á todo mineral ó conjunto de minerales que constituyan masas bastante considerables para formar parte, de un modo notable, en la constitucion de la corteza terrestre.*

Acepcion vulgar.

En el lenguaje vulgar sólo se llama roca á las masas consistentes ó duras; pero la ciencia prescinde de la cohesion relativa de los elementos que las forman, y roca es la arena como lo es el granito; tambien se consideran como rocas las masas de carbon mineral y otras de orígen orgánico.

Dificultad de una definicion exacta.

Como se notará en la definicion que adoptamos, hay cierta vaguedad y no se fijan los límites entre lo que sólo puede considerarse como un mineral y lo que ya puede apreciarse como una roca. En realidad es difícil dar sobre el particular una definicion clara y terminante, y adoptamos aquella como más generalmente aceptada; en ella se aprecia, por decirlo así, más bien la cantidad que la naturaleza de las sustancias, y se verá que el berilo, por ejemplo, se encuentra en cantidad relativamente corta en la corteza terrestre, y esa especie *será un mineral*, miéntras que el calcite, que tambien es una especie definida, se considerará *como roca*, si se atiende á su frecuencia en la superficie terrestre.

Clasificaciones de las rocas.

Como en todo estudio relativo á las ciencias naturales, lo primero que debe hacerse al tratar de las rocas es procurar reunirlas segun la igualdad de ciertos caracteres para formar grupos: aquí se nota tambien otra dificultad semejante á la que ántes se mencionó, á causa de la variabilidad de caracteres en las rocas y de las muchas variedades que de una misma especie podrian establecerse, lo que ha ocasionado multiplicadas y muchas veces confusas clasificaciones.

Clasificacion por orígen.

Nosotros adoptarémos para mayor facilidad la clasificacion de orígen, no obstante las objeciones que por algunos autores se han hecho á tal sistema; pero buscando la claridad y la mayor facilidad en las aplicaciones, nos resolvemos á agrupar las rocas segun su orígen. En este sentido se dividen las rocas en *sedimentarias* ó *fragmentarias*, *metamórficas* é *ígneas*. Antes de dar la significacion de estas palabras conviene citar otras dos clasificaciones á las que con facilidad pueden referirse las rocas que describirémos. Clasificadas las rocas por su naturaleza, se dividen en *unitarias* ó *simples*, cuando sólo están formadas por una sola sustancia como la cuarcita, p. e., que está constituida por ácido silícico; y son *rocas compuestas* las que están formadas de dos ó más especies minerales, como la *diorita* que se compone de feldespato y hornblenda. A veces se añade á este sistema la consideracion de algun compuesto dominante, y así se agrupan en rocas silizosas, hornbléndicas, calcáreas, etc.

Clasificacion por naturaleza.

Rocas típicas y derivadas.

Para las aplicaciones conviene dividir tambien la rocas en *típicas* y *derivadas:* las primeras son aquellas, como el pórfido p. e., que ya se formó bajo esa composicion desde un principio, y las segundas, como la arcilla, que proviene de la alteracion de las rocas feldespáticas.

Hechas estas advertencias, continuamos con el estudio anunciado.

Rocas sedimentarias.

Se llaman rocas sedimentarias acuosas ó fragmentarias á las que se han formado por la accion del agua; es decir, cuando este líquido deposita los detritus ó fragmentos arrancados de otras rocas y que los lleva en suspension ó los arrastra; aquí puede considerarse tambien el caso en que el material ó sustancia mineral vaya disuelto en el agua y se precipite.

Rocas metamórficas.

Son rocas metamórficas las que, sedimentarias en un principio, se han alterado despues por la accion del calor, como p. e., la trasformacion de una masa de roca calcárea en mármol cris-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

talino, por el contacto ó influencia de una masa de roca volcánica incandescente.

Rocas ígneas.

En fin, son rocas ígneas ó eruptivas aquellas que han aparecido fluidas ó pastosas por efecto del calor propio de la tierra, como se observa hoy en las lavas de los volcanes.

Caracteres de las rocas.

Para estudiar las rocas pueden usarse ó aplicarse algunos de los caracteres empleados al definir los minerales, como el color, textura, lustre, dureza, densidad, etc., y que irémos aplicando en aquellos casos en que den carácter, por decirlo así, á la roca que se defina.

Determinacion de las rocas.

Dados á conocer los métodos de investigacion para reconocer los minerales componentes de las rocas, poco hay que decir para prevenir el estudio de éstas, pues la ayuda de los caracteres físicos determinará tales elementos, y por último se recurrirá al soplete y á los reactivos de que ántes se habló para resolver los casos de duda.

Medios mecánicos y observaciones microscópicas.

Hay ocasiones en que se hace necesario desagregar la roca ó recurrir á otros medios para reconocer sus diversos componentes, y esto se hace: por lavados ó lexiviaciones, si la roca es atacable por el agua; por inmersion en los ácidos para separar aquellas sustancias que obren sobre ellas; por trituracion cuando quieren observarse las partes componentes, ya á la simple vista ó con ayuda de la lente ó del microscopio; sea en fin, puliendo las superficies ó tallando las masas en láminas delgadas con el objeto de que las penetre la luz ó para observarlas con ayuda de instrumentos de aumento. En estos casos se utilizan muy bien los caracteres que suministra la luz polarizada, pues como ántes se dijo, los ángulos de polarizacion determinan con toda claridad á determinadas sustancias.

GRUPO I.

ROCAS SEDIMENTARIAS.

Seccion 1ª—Rocas de sedimento mecánico.

Conglomerado

Conglomerado. Llámanse así las rocas que resultan de la aglomeracion de guijaros ó fragmentos bien perceptibles de otras rocas; á la sustancia que une á esos elementos, se le llama *cimento*, la cual puede ser calcárea, arcillosa, etc.

Caracteres físicos. Se encuentran los conglomerados formando masas de diversas formas y dimensiones. Tienen generalmente una superficie desigual y accidentada; sus colores pueden ser uniformes cuando están formados por materiales semejantes, ó presentar mezclas diversas en el caso de variar los colores de los componentes. Su dureza y densidad varian tambien con sus elementos y su grado de cohesion.

Composicion. Es muy variada; pueden ser calcáreos, silizosos, etc.

Variedades. Podemos agrupar los conglomerados de dos maneras: por la uniformidad ó heterogeneidad de sus componentes, ó atendiendo á su naturaleza. Así, llamarémos *conglomerados homogéneos* á los que estén formados de una sola sustancia, y *conglomerados heterogéneos* á los constituidos por diferentes elementos litológicos. Clasificados por su composicion podrémos llamarlos *conglomerados calcáreos*, *arcillosos*, *silisozos*, etc.

Tambien se define un conglomerado atendiendo á la forma de los fragmentos que lo constituyen; si éstos son arredondados se les llama *pudinga*, y si esquinados ó angulosos *brecha*. Supongamos un conglomerado formado de fragmentos angulosos de roca calcárea, unidos por un cimento tambien calcáreo; en este caso diriamos: es un conglomerado calcáreo homogéneo y debe considerarse como una brecha.

Yacimientos. Se hallan los conglomerados en diversos terre-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

nos, especialmente en los modernos, y forman masas de variadas dimensiones. Pueden verse en muchos puntos del camino de fierro de Veracruz; los conglomerados rojos de Guanajuato; los del cerro de Ameca, en Jalisco, formados de fragmentos arredondados de pórfido rojo y de roca verde, y otros muchos que pueden observarse en diversas localidades del país.

Usos y derivaciones. Úsanse los conglomerados como rocas de construccion y de ornamentacion; en este caso presentan superficies muy vistosas cuando se pulen, y más si los fragmentos son de diversos colores, formando entónces verdaderos mosaicos, y se utilizan para portadas, cubiertas de mesas, etc. En cuanto á las rocas derivadas que de ellos se formen por la accion de los agentes atmosféricos, se comprende que pueden ser muy variables segun su naturaleza; así los conglomerados formados por guijarros de pórfido unidos con cimento calizo, producirán margas.

Areniscas.

Areniscas. Se conocen con este nombre las rocas constituidas por arenas más ó ménos unidas ó consolidadas. Tambien se llaman *asperon*, *arkosa*, *molasa*, *metaxita*, *sandstone* (inglés), *sandestein* (aleman), etc.

Caracteres físicos. En masas generalmente hojosas ó en bancos. Superficie desigual y granujienta. Colores variados, uniformes ó mezclados de varios tintes. Dureza igualmente variable segun los elementos constitutivos y su cohesion relativa.

Composicion. Es variable; pueden ser las areniscas silizosas, calcáreas, ferruginosas, etc.

Variedades. Pueden establecerse en esta roca grupos análogos á los de los conglomerados, y tambien se conocen muchas variedades locales, de las que citarémos como principales las siguientes: *Glauconia*, es de color verde y contiene clorita. *Molasa*, arenisca blanda formada de granos finos de cuarzo, feldespato, caliza y mica. *Maciño*, es análoga á la anterior, pero tiene ménos cuarzo y más feldespato. *Arkosa*, formada especialmente de granos de cuarzo y feldespato que han pasado al estado de kaolin ó arcilla: á esta roca, que tambien se llama *metaxita*, pueden referirse algunas variedades de la roca llamada *locero*

en Guanajuato. Se comprende que muchas de las areniscas deben llevar un adjetivo que indique su composicion dominante, y así se establecerán multitud de variedades como las llamadas arenisca cuarzosa, calcárea, ferruginosa y otras.

Yacimientos. Se encuentran estas rocas en terrenos de diversas edades, especialmente en los mesozoicos. En la República se ven las areniscas en muchas localidades, y debe hacerse especial mencion de las de Guanajuato, que se emplean como una vistosa roca de construccion y de adorno, á causa de las diversas zonas y manchas de varios tonos de verde y otros colores que presenta.

Usos y derivaciones. Se usan las areniscas principalmente como rocas de construccion; por la accion de los agentes atmosféricos pueden ceder arenas á los terrenos ó algunas rocas derivadas, como arcillas ferruginosas y otras. Las areniscas y los conglomerados pueden ser considerados á su vez como *rocas derivadas mecánicas*, pues provienen de la alteracion ó fractura de otras rocas.

Tobas.

Tobas. Deben designarse más propiamente con este nombre las rocas sedimentarias cuyos materiales sean de orígen volcánico, pero arrastrados y depositados despues por el agua.

Caracteres físicos. La superficie de las tobas es áspera ó terrosa. Colores variables, del blanco agrisado amarillento ó rojizo, pasando al gris, al pardo y aun al negro. Su dureza varía desde la de una roca desmoronadiza, hasta la de una de 4 á 5°.

Composicion. Diversa, como la de otras rocas de agregacion.

Variedades. Pueden establecerse en este caso agrupaciones análogas á las de los conglomerados y las areniscas, de los cuales difieren las tobas por la circunstancia de ser de orígen volcánico sus elementos; así, habrá tobas homogéneas, heterogéneas, brechas, pudingas, etc. Las siguientes variedades deben citarse como más distinguibles. *Toba porfídica*, constituida por fragmentos de pórfido. *Toba traquítica*, formada de detritus de traquita. *Toba basáltica*, de fragmentos de basalto, y por consiguiente más pesada y oscura que las otras. *Toba pomosa gruesa*, formada de granos de piedra pómez, como el tepetate de Méxi-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

co; en otras localidades, como en Palmillas, Estado de Querétaro, la toba tiene fragmentos alargados y fibrosos de pómez, que parecen fragmentos vegetales. *Toba pomosa fina*, semejante á una arenisca. *Toba cenicífera*, formada en su totalidad ó en parte, por ceniza volcánica; colores blanco agrisado, rojizo ó cetrino de varios tonos; textura terrosa ó granujienta; dureza variable: como ejemplos de esta variedad pueden verse diversas capas en los cortes del camino de Cuautitlan. *Toba arcillosa*, mezclada con arcilla y dando el olor de este compuesto. *Toba arenosa*, con cantidades variables de arena. En fin, se llama impropiamente *toba caliza* á la caliza estilaticia de que hablarémos adelante: ese nombre puede aplicarse con propiedad, ó más bien el de *toba calcárea*, á la roca sedimentaria formada de detritus volcánicos y de otros de carbonato de cal, ó que de esta naturaleza sea su cimento.

Yacimientos. Las tobas ocupan grandes extensiones en los terrenos inmediatos á los de orígen volcánico. En la mayor parte de los valles del país encuéntranse extensos terrenos formados de tobas; el Valle de México ofrece un ejemplo fácil de observar, sobre todo donde se han hecho grandes excavaciones como en el tajo de Nochistongo, en que se perciben muchas capas de tobas de grande espesor.

Usos y derivaciones. Se utilizan las tobas como rocas de construccion, y se aprecian por su poco peso y por su porosidad, que permite la penetracion fácil de la mezcla ó cimento calizo; tambien pueden usarse como mejoradores en los terrenos compactos. Las tobas pueden descomponerse en arenas y en fragmentos de varios tamaños. En general forman terrenos estériles cuando contienen poca tierra vegetal y sólo pueden crecer en ellas los magueyes, los cactus y otras plantas espinosas. Los grandes plantíos de agaves de los Llanos de Apam y que forman la riqueza de esos terrenos, están colocados sobre tobas á las que apénas recubre una ligera cantidad de tierra vegetal. En algunos casos las cenizas volcánicas traen algunas sustancias propias para fertilizar los terrenos, ó pueden proceder de su descomposicion, como sucede en el Valle de Jala, al pié del volcan Cebo-

ruco, donde las plantas y mazorcas de maíz adquieren dimensiones verdaderamente extraordinarias. Los terrenos tobáceos pueden tambien utilizarse para el cultivo de la vid.

Arena. Arena. Se llama así al conjunto de granos minerales generalmente arredondados que depositan los mares, lagos, rios y otros depósitos ó corrientes de agua en sus márgenes ó lechos; hay tambien depósitos de arena formados por los vientos, y en cuyo caso se llaman *meteóricos*. Si la arena ocupa una grande extension se le llama *arenal* al conjunto.

Caracteres. Se encuentra en masas sueltas de diversas formas, constituyendo montículos, bancos, capas, etc. Colores variables.

Composicion. Las arenas pueden ser de muy variada naturaleza, como silizosas, calcáreas, ferruginosas, etc., y ser homogéneas ó heterogéneas en su composicion.

Variedades. Arena silizosa; formada de *granos de cuarzo. Arena ferruginosa*, de fragmentos de óxido de hierro ó guijarros ferruginosos. *Arena pomosa*, de fragmentos de piedra pómez. Así seguirán designándose otras variedades segun su naturaleza. Se da el nombre particular de *marmaja* á esa arena fina, negra, pesada y brillante que se reune en hilos y manchones en los arroyos y que está formada de pajillas de titanato de hierro; proviene de la destruccion de rocas basálticas y trapeanas.

Yacimientos. Las arenas y los arenales se encuentran principalmente en los terrenos modernos, en los lechos y márgenes de los arroyos, rios, lagos y mares; tambien se ven en los *thalwegs* y otras depresiones del terreno. Los yacimientos son muy frecuentes en diversos terrenos.

Usos. Sirven para formar el cimento llamado *mezcla*; tambien para mejorar los terrenos compactos ó tenaces.

Aluvion. Aluvion. El uso muy generalizado hace que se adopte esta palabra para designar la mezcla de guijarros, arenas sueltas y piedras, en cierto desórden y con diversos volúmenes, como se observa en el lecho de un rio. Lo dicho respecto de las arenas se aplica en gran parte á los aluviones.

Trípoli. Trípoli. Se conoce con este nombre una arena blanca, sili-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

zosa, fina, más ó ménos coherente, y que está formada generalmente de restos de séres microscópicos.

Caracteres físicos. Se encuentra en bancos ó capas. Color blanco agrisado, á veces con algunos jaspes; textura desigual granosa; restregada en los dedos produce un ruido particular.

Composicion. Ácido silícico.

Variedades. Trípoli comun, áspero al tacto. *Tiza* ó *tizate;* es más suave al tacto.

Yacimientos. El trípoli y el tiza se encuentran con más abundancia en los terrenos cuaternarios. En el Valle de México alternan en algunos casos las capas de trípoli con las arcillas, arenas y margas. El tiza es frecuente en muchas localidades del país.

Usos. Puede emplearse el trípoli como mejorador de los terrenos; tambien para la fabricacion del vidrio y de la porcelana: el tiza, como el trípoli, sirven para limpiar objetos de metal.

Creta. CRETA. Es una roca semejante al trípoli y tambien formada de despojos de séres microscópicos; pero es de naturaleza calcárea. Sus caracteres son análogos: tizna los dedos y hace efervescencia con los ácidos.

Yacimientos. En varios terrenos, y á veces es tan importante su presencia, que aun se ha dado el nombre de *cretáceo* á un período geológico.

Usos. Para limpiar los metales; tambien puede servir de mejorador de los terrenos y es susceptible de las otras aplicaciones económicas del carbonato de cal.

Arcilla apizarrada. ARCILLA APIZARRADA. Cuando las arcillas se encuentran depositadas en hojas se les llama pizarras; pero es necesario no confundirlas con las pizarras metamórficas que son las más conocidas y de más uso, de las cuales se hablará adelante.

Caracteres. En masas hojosas de diversos colores; son á veces tenaces; pero no presentan la dureza y homogeneidad de las pizarras metamórficas, sino más bien los caracteres generales de las arcillas.

Composicion. Son masas de arcillas más ó ménos mezcladas de betun, mica, arena ú otras impurezas.

Variedades. Se establecen segun las impurezas que contengan, y así se dirá: pizarra betuminosa, pizarra arcillosa con mica, con arena, etc,

Yacimientos. Los correspondientes á las arcillas en general.

Usos. Los mismos de las arcillas.

Arcilla. BARRO Ó ARCILLA. Esta denominacion se deja á las masas de arcilla que no tengan una estructura hojosa ó pizarreña. Sus caracteres, usos y yacimientos se hallan citados al tratar de la arcilla en la parte mineralógica de este libro. Las variedades que pueden establecerse y que conoce el vulgo, se fundan en los colores, y así se dice: barro blanco, colorado, negro, etc. Los terrenos arcillosos presentan comunmente grietas ó resquebrajaduras cuando se desecan, cuyas señales se utilizan, como se verá despues, para deducir que una roca antigua estuvo alguna vez expuesta á la atmósfera ó que formaba tierra emergida.

Tierra vegetal. TIERRA VEGETAL. Llámase así á la que formada de arcillas, arenas, y en general de los detritus de varias rocas, contiene materias orgánicas en diversos grados de descomposicion. Alteradas esas materias se forma la sustancia llamada *humus*, que es la parte esencial de toda tierra vegetal, y la que sirve de principal alimento á las plantas. Para el estudio que nos ocupa harémos abstraccion de algunas bases ó ácidos azoados que entran en la composicion de la tierra vegetal, y sólo nos bastará considerar esa parte alimenticia con el nombre general de humus.

Caracteres físicos. Pueden aplicarse á la tierra vegetal muchos de los correspondientes á las arenas y arcillas, así como á sus diversas mezclas. Los colores son generalmente grises, tanto más oscuros cuanta mayor cantidad de restos orgánicos contengan.

Composicion. La tierra vegetal, como se ha dicho, es una mezcla en proporciones variables de los detritus de varias rocas y de restos orgánicos. En la química agrícola se enseñan los medios más perfectos para determinar los componentes de una tierra vegetal; pero si se trata de reconocer de un modo solamen-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

te aproximado su riqueza en materias orgánicas, puede operarse de la manera siguiente: Se pulveriza la tierra y se deseca en una estufa, á un calor moderado para que sólo pierda su agua higroscópica. Se toma despues una cantidad pesada cuidadosamente y se somete á una alta temperatura; toda la parte orgánica se quemará, y pesando de nuevo el resíduo ó ceniza, se deducirá, por diferencia con la primera pesada, la cantidad de materia orgánica. Repetimos que este método, aunque expedito, solamente es aproximado, pues hay pérdidas y otras causas de error que no es posible llevar en cuenta en una operacion rápida é imperfecta como la presente.

Por lavados ó lexiviaciones de la tierra vegetal, pueden irse separando la arcilla, la arena y otros detritus para apreciar aproximadamente sus proporciones relativas y reconocer la naturaleza de los componentes.

Variedades. Muchas son las que pueden presentarse segun las proporciones en que entran los elementos minerales y los orgánicos, y se establecen nombres compuestos atendiendo á esas proporciones relativas. Así, se dirá: *tierra humífera*, *arcillo-humífera*, *arcillo-arenosa*, *areno-arcillosa*, *ferruginosa*, y así sucesivamente. Tambien segun su consistencia se les llama tierras fuertes ó tenaces, tierras sueltas, tierras de migajon cuando tienen una coherencia conveniente y son bastante fértiles: á la arcilla fina, llena de materia orgánica, que depositan las aguas turbias, sobre todo en las avenidas de las corrientes, se le llama *limo* ó *lama* y se usa para fertilizar los terrenos por medio de inundaciones.

Yacimientos. La tierra vegetal se encuentra en la superficie del terreno teniendo espesores variables, y la riqueza del terreno será tanto mayor, cuanto más profundo sea el espesor de la tierra fértil; á veces las capas de tierra vegetal aparecen recubiertas por otras tierras acarreadas por las aguas, y aun pueden formar bancos alternativos. Generalmente en los cortes de terreno que forman los arroyos se observa el grueso de la tierra cultivable. En los terrenos tepetatosos ó tóbicos escasea á veces la tierra útil, ó sólo se encuentra una ligera capa que los recubre, notándose que dominan en ellos las plantas espinosas. La tierra vegetal es de reciente formacion; á nuestra vista puede estarse formando: así, vemos á las hojas de los árboles que caen, son llevadas por el viento ó por las aguas, ó permanecen aglomeradas en los lugares en que caen; los agentes atmosféricos las alteran y trasforman en la sustancia nutritiva de que se hizo mencion. Por este procedimiento se efectúa esa especie de círculo entre los fenómenos vitales de las plantas; perecen unas, pero sus despojos ceden elementos á otras, estableciéndose así un trabajo continuo de vida, con esos mismos elementos.

Caliza amorfa.

Caliza comun ó amorfa. Se da este nombre á las rocas calcáreas que no presentan signos de metamorfismo, es decir, que no se note en ellas la cristalizacion por cocimiento.

Caracteres. Son muy diversos, y de aquí la derivacion en muchas variedades; todas ellas hacen efervescencia más ó ménos viva en los ácidos, y si no tienen mucha materia extraña, se trasforman en cal cáustica por el cocimiento, hinchándose y calentándose notablemente cuando se las moja, despues de la calcinacion. Sus colores más comunes son los blancos agrisado y amarillento; pero pueden presentar los tintes más diversos: la dureza tambien es variable.

Composicion. Carbonato de cal más ó ménos puro ó mezclado á diversas tierras, óxidos metálicos, siliza, sustancias orgánicas, etc.

Variedades. Pueden establecerse las siguientes como más importantes:

1. *Caliza compacta*, En masas informes ó constituyendo mantos, bancos ó estratus: colores variados: textura generalmente conchoide que pasa á desigual y aun á terrosa. Cuando la caliza contiene mezcla de arcilla ó arena recibe diversos nombres y variadas aplicaciones, segun la relacion de sus componentes; si la arena ó arcilla tiene la proporcion de 10 á 15 por ciento, se clasificará como *caliza hidráulica* á esa mezcla; será *cimento romano* si tiene de 15 á 25 por ciento, y en general *marga* si pasa de esa proporcion. El medio más expedito para ver la relacion que existe entre el carbonato calcáreo y la materia extraña, se-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

rá pesar una cantidad determinada de la sustancia por ensayar; ponerla en seguida en una copa que contenga ácido clorhídrico que haya sido pesada de antemano; al ponerle el polvo hará una efervescencia más ó ménos notable á causa del ácido carbónico que se va; se vuelve á pesar, y la diferencia respecto de la suma de los pesos de la copa con ácido y del polvo, equivaldrá al ácido carbónico desprendido. Conocido este dato, se deduce la cantidad de carbonato calcáreo contenido en la sustancia ensayada, porque se sabe que 100 partes de carbonato tienen 43 de ácido carbónico. Una simple proporcion servirá para verificar, pues, aquel cálculo. Este método es aproximado solamente; pero puede servir para el objeto propuesto. Tambien se puede hacer ese análisis pesando determinada cantidad de la sustancia pulverizada, despues de calentarla convenientemente para que pierda su agua higroscópica ó humedad, y se pone tambien en una vasija que contenga ácido clorhídrico hasta que se disuelva la parte calcárea, lo que se conocerá cuando haya cesado toda efervescencia; se vierte todo el contenido sobre un filtro y se lava con agua destilada la parte sólida que haya quedado; bien desecada se pesa, y así se conocerá directamente la cantidad de materia extraña que contenga la caliza en cuestion. Los usos de la cal hidráulica y del cimento romano son bien conocidos, pues á causa de la gran dureza que adquieren en contacto del agua se les utiliza en las construcciones hidráulicas: las margas se usan como abono y mejorador de los terrenos.

2. *Caliza apizarrada.* Cuando su estructura es laminar.

3. *Caliza oolítica.* Si se encuentra bajo la forma de globulillos.

4. *Caliza terrosa.* Como lo indica su nombre, esta caliza es pulverulenta y con poca cohesion.

5. *Dolomia.* Cuando contiene carbonato de magnesia.

6. *Caliza fosilífera.* Nombre genérico cuando la roca contiene fósiles ó restos de animales ó plantas. Tanto en este caso, como en el de las otras variedades mencionadas, se hace la distincion del orígen de la roca calcárea, advirtiendo si es marina ó de agua dulce.

7. *Caliza silicífera.* Cuando contiene granos ó concreciones de

cuarzo ó cuando el ácido silícico ha penetrado la masa de la roca calcárea.

En fin, se llamarán calizas ferruginosas, carbonosas, betuminosas, segun la materia extraña que tengan mezclada y se presente en cantidades bastante apreciables.

Yacimientos. Muy generales son los de la caliza comun, y pueden ser marinos ó lacustres. En las costas del Golfo de México se ven grandes bancos calcáreos conteniendo restos de conchas de las especies actuales ó de las fósiles: los yacimientos de caliza de agua dulce son tambien bastante frecuentes en el país.

Usos. Muy conocidos son los del carbonato de cal, tanto en las construcciones como en la agricultura.

Seccion II.—Rocas de sedimento químico.

Caliza estilaticia.

Caliza estilaticia. Aquí la sustancia calcárea estaba disuelta en el agua al estado de bicarbonato de cal, y perdiendo parte del ácido carbónico se ha precipitado al estado de carbonato.

Caracteres. Muy variados son los que presenta la caliza estilaticia: á veces se encuentra en trozos que parecen prismas; en otras ocasiones forma concreciones, incrustaciones que se avienen á las formas de los objetos que reviste; tambien constituye bancos y masas de otras formas. Bien entendido que aquí, así como en la caliza metamórfica, prescindimos de referirnos á la calcita ó carbonato de cal considerado como especie mineral, pues en el lugar respectivo se mencionaron sus caracteres cristalográficos y demas específicos; ahora consideramos las rocas calcáreas.

Composicion. Carbonato de cal, puro ó mezclado á diversas tierras, óxidos metálicos, siliza, etc.

Variedades. Alabastro calcáreo ú oriental. Se designa con este nombre á una variedad de bellísimo aspecto, y que se usa como roca decorativa y aun para hacer adornos en las joyas: en Europa la llaman alabastro oriental para distinguirla del alabastro propiamente dicho ó yeso: en México es abundante esa

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

roca y se conoce con los nombres de *Tecali* ú *ónix mexicano;* el primero es debido al de la localidad en que más abunda, y el segundo á su semejanza de aspecto con el ónix silíceo. Por ser una roca de grande importancia en México, insertamos los caracteres de la variedad típica: Formas irregulares; dureza de 4; raspadura blanca; lustre vítreo resinoso; color blanco ligeramente teñido de verde; es trasparente en láminas delgadas, y trasluciente en fragmentos de algun espesor; fractura brillante en la seccion oblícua y fibrosa con lustre de seda en los cortes verticales; al soplete se pone opaca, y al fin toma un tinte rojizo. En dos análisis hemos encontrado por término medio la siguiente composicion: Cal 55.00. Magnesia 1.25. Agua y óxidos de hierro y manganeso 0.10. Ácido carbónico 42.40. Ácido sulfúrico 1.25. Estos caracteres se refieren á la variedad más pura; pero las rocas de Tecali presentan infinidad de coloraciones, ya uniformes, ya en manchas, nubes, puntos, listas, etc., de uno ó varios colores mezclados de diversas maneras; estas mezclas, así como los diversos grados de trasparencia que presenta un mismo fragmento, dan á esas rocas un efecto verdaderamente admirable. Muchas veces el alabastro calizo ú onicita se presenta con listas amarillentas de color de cera, siendo el de este aspecto más comun en varias localidades.

Travertino ó caliza incrustante. Con este nombre se conocen las concreciones é incrustaciones calizas que dejan las aguas, pero formando cascos, conos ó cilindros, ó revistiendo las formas de los objetos: á esta variedad es á la que se le llama toba caliza, cuyo nombre debia considerarse como impropio, conocida la acepcion adoptada para la palabra toba. Cuando la caliza incrustante se amolda á las plantas acuáticas, desaparecen éstas quedando solamente los tallos, ramos, raíces y las impresiones de las hojas figurados en la masa calcárea. Las columnas, á veces colosales, así como los conos que se forman en las cavernas por las aguas incrustantes, se llaman *estalactitas* cuando vienen del techo, y *estalagmitas* cuando parten del pavimento dirigiéndose hácia arriba: muchas veces las concreciones son completamente esféricas y sueltas, en cuyo caso se les llama

confites, lo que ha dado el nombre de "Salon de los confites" á un departamento de la Gruta de Cacahuamilpa. Tambien las incrustaciones se extienden contra las paredes de las cavernas simulando cortinajes y encajes de muy vistoso efecto.

Caliche. Se conocen con este nombre ciertos depósitos calcáreos que generalmente son de orígen lacustre ó se forman por depósitos de las aguas que bajan de las montañas calcáreas; tienen superficie desigual ó terrosa; color blanco agrisado; dureza variable.

Todas estas variedades de caliza estilaticia pueden ser puras ó estar mezcladas á diversas sustancias térreas, á óxidos metálicos, á la siliza, etc., y entónces recibir nombres análogos á los indicados para otras rocas, en que se mencione alguna de las sustancias que forman la mezcla con la caliza. En algunos casos las incrustaciones son debidas á sedimentacion de aguas termales, y entónces se dirá que *la caliza es hidrotermal.*

Yacimientos. Frecuentes son los de caliza estilaticia, pues muchas aguas contienen bicarbonato de cal en disolucion y de ellas se precipita el carbonato incrustante; notables son en este respecto las aguas de Tehuacan, en el Estado de Puebla. Las estalagmitas y estalactitas pueden admirarse en grandes proporciones en la caverna de Cacahuamilpa, en Guerrero. El criadero de alabastro oriental que se halla en el pueblo de Tecali, Estado de Puebla, es muy notable por su magnitud y tambien por las bellas rocas que produce. Segun el ingeniero D. Patricio Murphy, existen allí tres yacimientos principales conocidos con los nombres de la "La Pedrera," "Tlahualco" y "Aratlata," donde los lechos de onicita alternan con otros de margas y de arcillas; yacimientos de las mismas rocas se han encontrado en Tehuacan, en Ixtapa y en el Estado de San Luis Potosí. El Sr. D. Julian Gutiérrez ha sido el más entusiasta explotador de las canteras de Tecali, y ha dado á conocer en Europa y América bellísimas y numerosas colecciones de muestras y objetos de la onicita de México.

Yeso. Yeso. Las aguas selenitosas pueden dejar depósitos de sulfato de cal en los terrenos que atraviesan: habiendo descrito el

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

yeso con detencion, pueden verse sus caracteres en el lugar respectivo, y aplicarlos, así como sus usos, al yeso considerado en grandes masas ó en incrustaciones y otros depósitos.

Siliza incrustante.

Siliza incrustante. Muchas aguas, especialmente las termales, dejan incrustaciones de siliza á su paso, siendo de consideracion los depósitos producidos por los *Geysers*. En todas estas incrustaciones se reconocen luego los caracteres del ácido silícico hidratado, cuyos caracteres se ven definidos al tratar del ópalo y sus variedades.

GRUPO II.

ROCAS METAMÓRFICAS.

Granito.

Granito. Se llama así una roca cristalina constituida por cuarzo, feldespato y mica, unidos íntimamente para formar un todo compacto y resistente.

Caracteres. La textura es cristalina, desigual, hojosa en algunas partes; dureza notable en el conjunto y variable segun la de sus componentes; colores varios. Densidad de 2 á 2.8.

Variedades. Granito comun; es al que corresponden los caracteres generales referidos. *Granito gráfico;* tiene el cuarzo distribuido de tal modo, que simula caracteres orientales. *Granito porfídico;* cuando se dibujan en su masa los cristales de feldespato. Tambien se indican algunas variedades, señalando en el nombre alguno de los componentes, y así se dice granito oligoclásico, albítico, etc., etc.

Usos y derivaciones. El granito se usa como roca de construccion, y especialmente para hacer los grandes monumentos; se puede cortar en grandes blocs, y es susceptible de tomar muy buen pulimento. Se concibe que variando en proporciones los tres componentes del granito, el dominio de alguno ó dos de ellos imprimirá al total cierto carácter para hacerlo adecuado á tal ó cual uso. Como roca feldespática producirá como sustancias derivadas, kaolin y arcilla pura ó mezclada de cuarzo y mica.

Yacimientos. Generalmente el granito constituye masas de muy grande espesor en las formaciones primitivas ó más antiguas de la tierra; se le encuentra tambien en otros terrenos geológicos. Abunda en las regiones polares y en general en los países de altas latitudes. En México se halla en muchas montañas, especialmente en las cordilleras del Sur.

Gneiss.

Gneiss. Esta es una roca de composicion análoga al granito, pero formada de capas, y contiene mayor proporcion de mica que aquel.

Caracteres. Semejantes á los del granito, á excepcion de la estructura que es hojosa; tambien como en aquella roca hay variedades de gneiss porfídico y otras.

Usos y derivaciones. Ménos propia que el granito para las construcciones á causa de su estructura; produce derivaciones análogas á la de aquella roca.

Yacimientos. El gneiss es más comun en las montañas azoicas y paleozoicas, sin faltar en otras de edades ménos antiguas. Lo hay tambien en nuestras cordilleras del Sur. El ingeniero Santiago Ramírez cita el gneiss en varios puntos de los distritos de Matamoros y Acatlan en el Estado de Puebla.

Mica-pizarra.

Mica-pizarra. Roca todavía análoga á las dos anteriores; pero predominando notablemente la mica.

Caracteres. Los correspondientes á la mica en cuanto á colores, lustre y otros; su estructura es notablemente hojosa.

Usos. Ménos propia que las otras para las construcciones, y sólo podrá usarse en fragmentos. En la mica-pizarra arman vetas de minerales ricos, y se encuentran en ella algunas piedras preciosas.

Yacimientos. En circunstancias geológicas análogas á las citadas: en Tejupilco hay mica-pizarra con esmeraldas.

Granulita.

Granulita. Compuesta esencialmente de feldespato y cuarzo; á veces contiene pocas cantidades de mica: tambien se conoce con el nombre de *Leptinyta*.

Caracteres. Los colores de la granulita son claros.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Variedades. Granulita comun; es blanca y de textura fina. Pegmatita cuando no contiene mica.

Usos y derivaciones. Se utiliza en la fabricacion de la porcelana; produce kaolin y arcillas por derivacion.

Yacimientos. Subordinados á los del gneiss y la mica–pizarra.

Mineta. Mineta. Formada de feldespato y mica biotita, conteniendo á veces clorita, cuarzo y hornblenda.

Caracteres. Es dura y de colores oscuros; á veces tiene carácter porfiroide. Su densidad es de 2.65.

Usos. A causa de su dureza puede ser empleada en los pavimentos.

Yacimientos. En mantos y diques en las rocas graníticas.

Greisen. Greisen. Nombre dado á una roca formada de cuarzo granular y mica.

Caracteres. En masas compactas, que no presentan estructura hojosa. Colores generalmente claros.

Usos y derivaciones. Puede servir para fabricacion de vidrio cuando la mica no estorbe para este uso; debe producir arenales cuarzosos.

Yacimientos. En masas trasversales y en diques: en Bretaña contiene mineral de estaño, segun Meunier.

Felsita. Felsita. Roca de feldespato que á veces contiene algun cuarzo; su textura es por lo regular conchoide; sus bordes traslúcidos. Densidad de 2 á 3.

Variedades. Segun las mezclas que contenga, puede haber felsita cuarzosa, porfídica, etc.

Usos y derivaciones. Puede utilizarse como fundente ó ayuda, y tambien para pavimentos. Como esencialmente feldespática produce arcillas, carbonatos alcalinos y siliza en su descomposicion.

Yacimientos. Encuéntranse subordinados á los del gneiss y de los pórfidos. Las minas de Agostadero en Zacatecas contienen vetas de felsita con oro nativo; en varias montañas de pórfido se encuentra cinabrio en la roca de feldespato.

Arcillita. Arcillita. Nombre dado á la arcilla pizarreña metamorfisada.

Caracteres. En masas hojosas de espesor variable; colores

claro ó grises que llegan hasta el negro, pasando por diversos tintes de amarillo, rojo y verde; lustre centellante en unas variedades, de seda en otras, y pasa al de nácar y aun al mate.

Variedades. Se establecen segun los componentes y aspecto; así se dice: *Pizarra comun*, la que es por lo regular muy hojosa y que tiene pocas sustancias accidentales. *Pizarra arcillo–micácea*, cuando contiene láminas de mica. *Pizarra de techar*, la que se divide en hojas duras, delgadas y sonoras.

Usos. Para techar y para escribir.

Yacimientos. Es roca bastante comun y se encuentra en diversos pisos geológicos: la hay en muchas localidades mexicanas, pues en muchos de los distritos mineros se ve la pizarra metamórfica.

Vacia. Vacia. Con este nombre colectivo se designan muchas variedades de rocas casi indefinibles por la inconstancia de caracteres y que tienen base de arcilla y encierran, además, fragmentos de pizarra, de pórfido, y de otras rocas: á veces contienen cristales de feldespato que les dan una estructura porfidosa, como sucede en la vacia mexicana; en muchos casos puede calificarse la vacia como una arcilla metamórfica y porfidizada; en otros pudiera provenir de la alteracion ó degeneracion arcillosa del pórfido.

Caracteres. En masas hojosas; las masas se desagregan en fragmentos prismáticos; esta circunstancia se observa en la vacia de México. Colores varios, relacionándose más comunmente al verde y al gris; contienen muchas veces dibujos blanquizcos producidos por los cristales de feldespato; textura desigual ó terrosa. Dureza de 3 á 4: la parte frotada se pone lustrosa. Peso específico, de 2 á 3.

Yacimientos. La vacia se encuentra en Europa en terrenos antiguos, formada á expensas de las rocas primitivas: en México se encuentra en varias localidades, sobre todo en Zacatecas y en Aguascalientes; allí la vacia se halla en los cerros minerales, y puede tomarse como un indicio de terreno metalífero. La vacia pasa insensiblemente á pórfido ó á roca verde (diorita); este fenómeno se nota, sobre todo, en Zacatecas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Pórfidos. Pórfidos. Se llaman así las masas compactas de base feldespática, y que contengan cristales diseminados de feldespato ó aun de otra sustancia.

Caracteres. Variables: colores rojos, verdes, grises, y otros; pero lo que los caracteriza es su pasta feldespática y los cristales diseminados de que se hizo mencion. Densidad de 2 á 3.

Variedades. Se establecen segun sus colores, su estructura, y con referencia á los minerales accidentales que contengan. Así se llaman *pórfido rojo antiguo*, *verde antiguo*, *granitóideo*, *micáceo*, *cuarcífero*, *anfibólico*, etc.

Usos y alteraciones. Sirven los pórfidos como rocas decorativas y de construccion; en los museos se ven muchas obras de arte de la antigüedad esculpidas en pórfido. Se derivan en arcilla, la que se mejora mucho con adicion de cal, para el cultivo de las gramíneas y otras plantas.

Yacimientos. Los pórfidos metamórficos se encuentran con más especialidad en los terrenos antiguos. Los pórfidos son rocas metalíferas. Al hablar de los pórfidos eruptivos harémos referencia especial del país.

Sienita. Sienita. Se da este nombre á una roca cristalina compuesta de hornblenda, feldespato y cuarzo: comparada con el granito, se ve que la diferencia consiste en que la mica ha sido sustituida por la hornblenda.

Caracteres. Su textura es desigual ú hojosa; lustre vítreo resinoso; colores varios; densidad de 2 á 3.

Variedades. Se refieren á la estructura y á los minerales accidentales que contenga: como p. e., *sienita hojosa ó gneiss sienítico*, *sienita porfiroide*, etc.

Usos y derivaciones. Las mismas aplicaciones que el granito, y aun puede ser mejor por la falta de mica; muchos de los enormes obeliscos de los antiguos, están tallados en sienita. Sus derivadas son rocas arcillosas.

Yacimientos. La sienita se encuentra principalmente en las formaciones antiguas: la hay en el cerro de Ameca, Estado de Jalisco, y presenta los colores nacionales de México, pues el cuarzo es blanco, la hornblenda verde y el feldespato rojizo.

Diorita. Diorita. Roca formada por feldespato oligoclasia ó albite y hornblenda.

Caracteres. Textura desigual que pasa á hojosa; colores varios, siendo más frecuente el verde más ó ménos oscuro. Densidad, 2.6 á 3: generalmente es una roca dura y compacta.

Variedades. Se definen segun el aspecto de la roca y los minerales accidentales que contiene: hay *diorita porfídica*, *granitoide*, *micácea campacta*, *roca verde*, *pizarreña*, etc.: la diorita compacta se llama tambien *afanita*.

Usos. Como roca de construccion y para fabricar varios objetos de adorno; los antiguos mexicanos la usaron mucho para hacer ídolos, vasos y otros objetos, de los cuales vemos muchos en las colecciones arqueológicas del Museo Nacional. Produce por derivacion puzolana y arcillas ferruginosas.

Eufótida. Eufótida. Roca compuesta de dialage y sausurita.

Caracteres. Textura desigual; colores verdes más ó ménos agrisados: densidad, 2.9 á 3.4; es compacta y dura.

Variedades. Las principales, son las *dialágicas*, *esmeragdíticas*, y la llamada *variolita* que contiene glóbulos esferoidales de feldespato.

Usos. Como piedra de construccion y de ornato.

Yacimientos. Generalmente relacionados á los de la serpentina.

Anfibolita. Anfibolita. Roca compuesta esencialmente de hornblenda.

Caracteres. Textura desigual ú hojosa: color verde que pasa á verdinegro: presenta muchos de los otros caracteres asignados á la hornblenda considerada como especie mineralógica.

Variedades. Se consideran la *porfidosa*, *granitoide*, *compacta*, *pizarreña*, y otras referentes á los minerales accidentales que contenga.

Usos y alteraciones. Análogos á los de la diorita.

Yacimientos. Por lo regular en circunstancias análogas á las de la diorita.

Protoginia. Protoginia. Roca semejante al granito, en la que se ha sustituido toda ó parte de la mica por el talco.

Caracteres. Textura desigual ó cristalina; lustre variable se-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

gun el dominio de alguno de los componentes. Colores varios, dominando el blanco agrisado y verdoso.

Variedades. Son referentes á su estructura y á las sustancias accidentales que contenga; así hay *protoginia porfiroide*, *granitoide*, *pizarreña*, *serpentínica*, *cloritosa* y otras.

Usos. Los del granito.

Yacimientos. En masas, en bancos y en vetas, más comunmente situados en los terrenos antiguos y alcanzando á los mesozoicos. La hemos encontrado en Jacala, Estado de Hidalgo, en vetas con minerales de cobre.

Pizarra talcosa.

PIZARRA TALCOSA. Como lo indica su nombre, es una roca en cuya composicion domina el talco, y tiene estructura pizarreña.

Caracteres. Estructura hojosa; colores generalmente claros; lustre aperlado; es untuosa al tacto.

Variedades. Se establecen con referencia á los minerales accidentales que puede contener.

Usos. Como piedra de construccion y tambien para revestir hornos, por ser refractaria.

Clorita apizarrada.

CLORITA–PIZARRA. Como lo indica su nombre, es una roca de clorita con estructura pizarreña, y que generalmente contiene cuarzo.

Caracteres. Textura hojosa; lustre aperlado; color más general el verde: es untuosa al tacto.

Variedades. Tambien se establecen segun los minerales accidentales que contiene, y se dice *clorita–pizarra granatífera*, *hornbléndica*, etc. Cuando contiene gran cantidad de arcilla constituye la *clorita arcillosa* ó *cloro–arcillosa*.

Usos. Semejantes á los de la anterior.

Yacimientos. En circunstancias semejantes á la mica–pizarra, talco–pizarra y otras. Deben existir algunos criaderos en la República, pues los aztecas hicieron muchos objetos de esa roca, sobre todo máscaras de grandes dimensiones. La clorita apizarrada es roca metalífera.

Roca de serpentina.

ROCA DE SERPENTINA. Su nombre la define con claridad.

Caracteres. Textura desigual, astillosa que pasa á hojosa: color más comun, el verde, uniforme ó manchado; tambien es á veces parda rojiza y amarillenta. Densidad 2.6.

Variedades. Se divide la roca de serpentina en comun y fina, como se dijo al tratar de la especie mineralógica: tambien se establecen variedades segun su estructura y por los minerales accidentales que contenga: se dice *serpentina apizarrada*, *granatífera*, etc. Se llama *ofiolita* una roca formada de serpentina y calcita.

Usos. Como piedra de ornamentacion y para hacer vasos y otros objetos.

Yacimientos. Se presenta en masas formando montañas arredondadas, ó en mantos y vetas, y se ha encontrado tambien en la edad terciaria.

Cuarzita.

CUARZITA. Roca de cuarzo, proviniendo generalmente del metamorfismo de las areniscas.

Caracteres. Textura desigual, granosa fina ó gruesa, y aun tendiendo á la conchoide. Colores variables, generalmente claros.

Variedades. Se designan por la estructura de la roca y por los minerales accidentales que contenga: se dice *cuarzita compacta*, *pizarreña*, *calcárea*, *ferruginosa* y otras. La llamada *piedra de lidia* ó *siliza pizarra*, es gris más ó ménos oscura y con aspecto de pedernal; la *itacolumita* se presenta en láminas flexibles y con aspecto de arenisca.

Usos. Puede usarse como roca de construccion, y cuando es pura, en la fabricacion del vidrio.

Yacimientos. En varios terrenos, especialmente relacionada á las rocas metamórficas.

Caliza cristalina.

CALIZA CRISTALINA. Se llama así la que por efecto del metamorfismo tiene una estructura granosa, laminosa ó cristalina.

Caracteres. Además de los de las texturas indicadas, tiene dureza de 3 á 4°; colores variando del blanco agrisado al negro, amarillo rojo, verde y otros tintes.

Variedades. Se establecerán por su estructura, llamándolas *caliza cristalina*, *compacta*, *hojosa*, etc., *fosilífera*, si contiene restos ó impresiones de orígen orgánico; *ferruginosa*, y así sucesi-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

vamente segun sus minerales accidentales: se llama *mármol* á la caliza cristalina cuando su textura presenta puntos ó láminas, semejando la estructura del azúcar, y por eso se le da á veces el nombre de *mármol sacaroide*. A su vez los mármoles presentan muchas variedades, como son: *sacaroide*, *laminar*, *verde antiguo*, *rojo*, *veteado*, *escrito*, *cipolino* si contiene hojuelas de mica ó talco, etc., etc.

Usos. Como una roca de construccion y ornato muy apreciada: conocidas son las múltiples aplicaciones del mármol para que nos detengamos á enumerarlas; una caliza de grano muy fino se usa en la litografía, y aun se le llama caliza litográfica.

Yacimientos. En muchas localidades de ambos mundos; en Italia y otras naciones europeas la explotacion de canteras de mármol forma un abundante ramo de riqueza; son célebres los criaderos de Carrara para el mármol estatuario. En México se han señalado varios criaderos de esa roca, sin que hasta ahora se haya hecho una explotacion formal; hay mármoles en el Estado de Puebla, en el de Querétaro, en el de San Luis, en el de Veracruz y otros; actualmente se están trayendo mármoles fosilíferos del cerro del Borrego en Orizaba, de muy bello aspecto y variados dibujos: los fósiles son esencialmente radiolitas y nerineas.

En general las calizas metamórficas ocupan extensiones muy grandes y aun forman cordilleras enteras correspondientes á diversas edades geológicas.

Dolomia. DOLOMIA CRISTALINA. Es una caliza metamórfica conteniendo carbonato de magnesia: sus caracteres son análogos á los de la caliza cristalina, y por esto se omite su descripcion: cuando la magnesia domina se nota un lustre de nácar bien marcado en la roca.

GRUPO III.

ROCAS ÍGNEAS.

Granito ígneo. GRANITO ÍGNEO. De composicion análoga al granito metamórfico, aunque es de observar que el de orígen ígneo contiene ménos siliza al estado de cuarzo. Siendo pues sus caracteres, propiedades y usos semejantes á los ántes referidos, omitimos aquí su repeticion. En casos dudosos sobre el orígen de algunos granitos, la observacion del terreno es el mejor guía que puede adoptarse para resolver la cuestion. En México se presenta con frecuencia el granito ígneo en circunstancias análogas á las de los pórfidos y traquitas á cuyas rocas se halla relacionado: en varias partes del Estado de Hidalgo, especialmente en Jacala, se ven diques de granito levantando la caliza mesozoica; en Ojocaliente, de Zacatecas, cerca de la mina del Orito, se nota el mismo caso. Es de observarse que el granito de estas localidades citadas tiene la mica de color negro; muchos pórfidos y traquitas de México contienen cuarzo y mica, y forman transiciones insensibles con el granito ígneo.

Pórfidos volcánicos. PÓRFIDOS VOLCÁNICOS. Formados como los metamórficos por una pasta feldespática en que se dibujan los cristales generalmente claros.

Caracteres. Se presentan en masas compactas, carcadas ú hojosas, que á veces se separan en trozos con caras planas: en algunas ocasiones presentan estructura columnar como los basaltos; colores generalmente claros, agrisados y rojizos, aunque pasan al color oscuro del basalto; dureza de 5 á 6; densidad de 2 á 3.

Variedades. Se clasifican segun su aspecto ó por los minerales que les acompañan; hay pórfidos *compactos*, *hojosos columnares*, *ojosos* ó *con oquedades* vacías ó llenas por otros minerales: si estas cavidades son elipsoidales, la roca se llama *pórfido amigdaloide:* pueden contener mica y otros minerales accidentales, y de aquí las variedades de *pórfidos micáceos*, *cuarcíferos*, *granatí-*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

feros, etc.; si el feldespato es de la variedad que llamamos *vidrioso* ó *riacolita*, el pórfido es *traquítico*.

Usos. Como los correspondientes á los pórfidos metamórficos. Puede decirse que en casi todas las poblaciones del país se usan esos pórfidos eruptivos, así como las traquitas, tobas volcánicas y basaltos, como las principales rocas de construccion. Estos pórfidos producen tobas y arcillas como rocas derivadas, y en muchos casos esas tierras son poco fértiles, sobre todo cuando escasean los basaltos y las rocas calcáreas en la localidad. Hay que agregar respecto de los pórfidos volcánicos de México, que en muchas ocasiones presentan caracteres indicantes de que son de orígen hidrotermal, ó á lo ménos que cuando aparecieron estaban bastante blandos á causa del agua que impregnaba su masa, pues se observa en ellos muchas líneas onduladas conteniendo siliza hidratada y materiales que quedaron como dirigidos segun las corrientes de las sustancias fluidas que les acompañaban: tambien se notan en la masa de los pórfidos algunas concreciones de ópalos, hialita, etc., así como de óxidos de hierro y de estaño, que deben ser, á no dudarlo, de orígen hidrotermal. Tambien hemos observado en esos pórfidos que en ciertas partes se trasforman en tobas por la accion de la atmósfera; esto se ve con toda claridad en el Pico de Bernal, Estado de Querétaro. Esta observacion indica que las formaciones pórfido-traquíticas de México han suministrado y suministran aún materiales tóbicos, sin que todos los que hoy se observan hayan sido vomitados en ese estado por los volcanes.

A los pórfidos de que nos ocupamos acompañan los ópalos, óxidos de hierro y de estaño: lo primero se ve en el Estado de Querétaro, y lo último en el cerro de Zamorano, en el propio Estado, y el cerro del Chiquihuite en Aguascalientes.

Los pórfidos ígneos, como se verá en la Geología histórica, tienen un grande interes en México, y es de creerse que su aparicion haya sido la causa principal de la formacion de las numerosas vetas minerales que enriquecen nuestro territorio, y allí donde se presenten como agentes de metamorfismo, deben buscarse los minerales en vetas.

Traquita.

TRAQUITA. Se da este nombre á una roca feldespática áspera al tacto, de donde le viene ese nombre: contiene generalmente mucho feldespato vidrioso, cuya sustancia la caracteriza.

Caracteres. Textura desigual; colores claros por lo regular, relacionándose á los grises y rojizos; dureza de 4 á 5; densidad de 2 á 3. Se funde al soplete.

Variedades. Muchas se le relacionan y se refieren á sus acompañantes: la *traquita comun* cuya masa es toda feldespática; la *hornbléndica*, como la roca de construccion llamada *Chiluca* en México: hay traquitas cuya pasta está formada de obsidiana, de piedra pez y de piedra aperlada, y hay que mencionar estos componentes al describir ó citar las variedades: tambien debe decirse, como al tratar de los pórfidos, si se hallan en masas compactas ú hojosas.

Usos y derivaciones. Se utiliza como roca de construccion; en la ciudad de México es muy apreciada la que se conoce con el nombre de chiluca; su color gris que pasa ligeramente á amarillento ó rojizo, y en cuyo fondo se dibujan cristales negros de hornblenda: su textura es granosa fina. Las traquitas se derivan en tobas y arcillas.

Yacimientos. Comenzaron á aparecer las traquitas en el período cretáceo, desarrollándose mucho en la edad terciaria, y se presentan aun en la época actual; en Europa y América constituyen formaciones de grande importancia. En México es una roca extremadamente comun, y se relaciona á los pórfidos como ántes se indicó, y tambien afecta como ellos en algunos casos la estructura columnar. En las erupciones actuales de los volcanes Ceboruco y Colima, las lavas son de traquita de base de piedra pez.

Fonolita.

FONOLITA. Roca feldespática generalmente laminosa, y produce sonido metálico cuando se la golpea con un martillo, á cuya propiedad debe su nombre.

Caracteres. Es por lo regular hojosa; textura compacta; colores agrisados, teñidos de verde, más ó ménos azulosos; es fusible al soplete, y soluble en parte á los ácidos.

Variedades. Se establecen por su aspecto.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Usos. Como piedra de construccion, y las lajas para techos y pavimentos.

Yacimientos. Análogos á los de la traquita.

Dolerita. DOLERITA. Las rocas ígneas, de color oscuro, formadas de feldespato labrador y de piroxena, se llaman colectivamente *doleritas* ó *trap*.

Caracteres. Textura cristalina ó desigual; colores grises generalmente azulosos y bastante oscuros; densidad, 2.7 á 3.1; contiene generalmente olivino y hierro titánico.

Variedades. Dolerita comun en que se observan los minerales componentes: *basalto* cuando sus elementos están bien mezclados: contiene casi siempre en notable cantidad, granos de olivino que lo caracterizan: se encuentra en masas compactas ú hojosas, en bolas concrecionadas y en prismas. A estas variedades de dolerita se añaden adjetivos que indiquen su estructura ó sus minerales accidentales; así se dirá: basalto hojoso, prismático, escorioso, porfiroide, etc.

Usos. Como roca de construccion y para formar pavimentos.

Yacimientos. En terrenos volcánicos, especialmente en la edad terciaria y en la actual, en México tiene gran desarrollo la formacion basáltica; en diques ú ocupando grandes extensiones en terrenos planos y en las montañas: como casos notables de basaltos prismáticos deben citarse los de la Cascada de Regla, en Hidalgo, y el Salto de San Anton en Cuernavaca. Los basaltos concrecionados se encuentran en varias localidades, y se derivan por lo regular en arcillas rojas, como se observa en Tepatitlan, Estado de Jalisco. Se observan tambien en el país corrientes de roca basáltica, derramadas sobre toba cuaternaria; ejemplos pueden verse en el llamado Pedregal de San Angel, Valle de México, y en varios puntos del Valle de Tula, en Hidalgo. Por lo demas, el basalto está relacionado á los pórfidos volcánicos y á las traquitas, y con frecuencia se ve que una de esas rocas pasa á las otras por grados insensibles. En la República se ha llegado á encontrar plata nativa en el basalto.

Lava. LAVA. Se da este nombre colectivo á todos los productos sólidos de los volcanes crateriformes; se emplea esa denominacion con más propiedad para los productos fluidos ó pastosos de las erupciones actuales, así como para las rocas ígneas que se ven formando corrientes y masas hojosas ó cavernosas.

Caracteres. Los generales son encontrarse así en capas onduladas ó corrientes; textura desigual, por lo comun hojosa ó porosa.

Variedades. Se definen segun su naturaleza ó su aspecto; así se dirá: *lavas basálticas*, *doleríticas*, *porfídicas*, *traquíticas*, *escoriosas*, etc.

Usos. Como rocas de construccion: las masas porosas son muy propias para formar bóvedas, á causa de su poco peso y de que se dejan penetrar fácilmente por la mezcla ó cimento.

Yacimientos. En formaciones volcánicas, con especialidad en las de la época actual. En México, donde el volcanismo ha sido tan importante, son comunes las lavas; en el Valle de México se encuentran las lavas escoriosas llamadas *tezontles*, que generalmente son de color pardo rojizo ó negro, y tienen muchas oquedades: la corriente lávica del pedregal de San Angel es otro ejemplo notable que puede examinarse con facilidad.

Tobas ígneas. TOBAS ÍGNEAS. Debemos reservar este nombre á ciertas rocas conglomeradas en cuya formacion no ha intervenido el agua como agente sedimentario; más bien puede haber estado mezclada á la roca para darle cierta fluidez, al aparecer la roca ígnea, ó haber actuado sobre ella bajo el estado de vapor: en las tobas á que nos referimos se deduce que los fragmentos estando pastosos se soldaron, formando conglomerados, que sin duda deben excluirse del grupo de rocas sedimentarias ó acuosas. La *cantería* de México debe referirse á esa clase de rocas.

Escorias. ESCORIAS. Se aplica este nombre á las lavas muy porosas y ligeras, como la piedra pómez.

Cenizas volcánicas. CENIZAS VOLCÁNICAS. Nombre colectivo dado á los productos pulverizados que arrojan los volcanes, y que á veces son tan ténues que son llevados á muy grandes distancias por los vientos.

Debemos terminar este grupo de las rocas ígneas haciendo notar que á la obsidiana, á la piedra aperlada, á la piedra pó-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

mez y sus análogas que hemos citado como variedades del feldespato, se les considera tambien como rocas volcánicas ó ígneas. Varias de las rocas que señalamos como metamórficas se encuentran tambien como de orígen ígneo, y solamente la observacion del yacimiento puede resolver con exactitud la cuestion de orígen. Además del granito, que ya citamos como susceptible de esos dos modos de orígen, debemos añadir las siguientes entre las rocas que hemos estudiado en este compendio de Litología: son la *granulita*, *la felsita*, *la sienita*, *la diorita* y *la dolerita*.

CAPÍTULO XII.

DIFERENTES DISPOSICIONES Y ESTRUCTURAS DE LAS ROCAS.

APLICACION DE ESTAS OBSERVACIONES.

Las masas minerales que acabamos de estudiar, forman, en conjunto, la corteza terrestre; fáltanos, pues, observar los diferentes modos con que ellas se encuentran asociadas, ó más bien dicho, las diversas maneras de presentarse, sea por su colocacion ó por su estructura. Con razon á este estudio le llama Credner "Geología arquitectónica," porque en efecto, se trata de observar la obra que en su conjunto forman las masas de rocas.

Formacion y terreno.

Para entrar en este estudio, conviene citar ántes los nombres que reciben ciertas agrupaciones de rocas.

Se llama *formacion*, en geología, al conjunto de rocas producidas por una misma causa, sin atender á sus edades relativas; así se dice *formacion ígnea*, *marina*, *lacustre*, *porfídica*, etc.

Terreno. Es el conjunto de masas minerales formadas en un mismo período geológico, abstraccion hecha de la causa de formacion y de la naturaleza de las rocas: de aquí los nombres de *terreno cretáceo*, *siluriano*, etc.

Las rocas se presentan de tres maneras: *estratificadas*, *en masas no estratificadas*, y *en vetas* ó *filones*. Diferentes modos con que se presentan las rocas.

GRUPO I.

ROCAS ESTRATIFICADAS.

Se llama *estratigrafía*, con más propiedad, al estudio de las circunstancias correspondientes al primer modo de colocacion de las rocas, es decir, cuando las aguas han depositado los materiales minerales en forma de hojas, cuya colocacion afectan generalmente despues de haber sido metamorfisadas: el nombre de estratificacion dado al caso que consideramos, se deriva de la palabra latina *stratum*, que indica una masa extendida, cuyos límites son superficies paralelas ó de estratificacion; por capa se entiende una masa que presente ese mismo paralelismo de sus caras, cualesquiera que sea su posicion, horizontal, vertical ú oblícua, y por tanto pueden tomarse como sinónimos los términos *strato* y *capa*. El profesor Dana considera como un estrato á una capa de roca de cierta naturaleza, aunque esté formada por varias hojas, asociadas entre sí, y á las que considera como *lechos* ó subdivisiones de aquel estrato. Estratigrafía. Estrato y capa. Lechos.

La estratificacion puede presentar varios casos, sea por la posicion de las capas ó por su relacion.

F. 25ª

Estratificacion concordante.

Se llama estratificacion concordante, á la de varios estratos rectos ó curvos que sigan en direcciones paralelas, como lo indica la fig. 25. Cuando la estratificacion concordante no presenta ninguna interrupcion entre las capas, se le llama *de sobreposicion* y cuando las separa algun espacio se le llama de *separacion*. Estratificacion *discordante* es la que no conserva paralelismo entre Estratificacion concordante. Estratificacion discordante.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

mez y sus análogas que hemos citado como variedades del feldespato, se les considera tambien como rocas volcánicas ó ígneas. Varias de las rocas que señalamos como metamórficas se encuentran tambien como de orígen ígneo, y solamente la observacion del yacimiento puede resolver con exactitud la cuestion de orígen. Además del granito, que ya citamos como susceptible de esos dos modos de orígen, debemos añadir las siguientes entre las rocas que hemos estudiado en este compendio de Litología: son la *granulita*, *la felsita*, *la sienita*, *la diorita* y *la dolerita*.

CAPÍTULO XII.

DIFERENTES DISPOSICIONES Y ESTRUCTURAS DE LAS ROCAS.

APLICACION DE ESTAS OBSERVACIONES.

Las masas minerales que acabamos de estudiar, forman, en conjunto, la corteza terrestre; fáltanos, pues, observar los diferentes modos con que ellas se encuentran asociadas, ó más bien dicho, las diversas maneras de presentarse, sea por su colocacion ó por su estructura. Con razon á este estudio le llama Credner "Geología arquitectónica," porque en efecto, se trata de observar la obra que en su conjunto forman las masas de rocas.

Formacion y terreno.

Para entrar en este estudio, conviene citar ántes los nombres que reciben ciertas agrupaciones de rocas.

Se llama *formacion*, en geología, al conjunto de rocas producidas por una misma causa, sin atender á sus edades relativas; así se dice *formacion ígnea*, *marina*, *lacustre*, *porfídica*, etc.

Terreno. Es el conjunto de masas minerales formadas en un mismo período geológico, abstraccion hecha de la causa de formacion y de la naturaleza de las rocas: de aquí los nombres de *terreno cretáceo*, *siluriano*, etc.

Las rocas se presentan de tres maneras: *estratificadas*, *en masas no estratificadas*, y *en vetas* ó *filones*. Diferentes modos con que se presentan las rocas.

GRUPO I.

ROCAS ESTRATIFICADAS.

Se llama *estratigrafía*, con más propiedad, al estudio de las circunstancias correspondientes al primer modo de colocacion de las rocas, es decir, cuando las aguas han depositado los materiales minerales en forma de hojas, cuya colocacion afectan generalmente despues de haber sido metamorfisadas: el nombre de estratificacion dado al caso que consideramos, se deriva de la palabra latina *stratum*, que indica una masa extendida, cuyos límites son superficies paralelas ó de estratificacion; por capa se entiende una masa que presente ese mismo paralelismo de sus caras, cualesquiera que sea su posicion, horizontal, vertical ú oblícua, y por tanto pueden tomarse como sinónimos los términos *strato* y *capa*. El profesor Dana considera como un estrato á una capa de roca de cierta naturaleza, aunque esté formada por varias hojas, asociadas entre sí, y á las que considera como *lechos* ó subdivisiones de aquel estrato. Estratigrafía. Estrato y capa. Lechos.

La estratificacion puede presentar varios casos, sea por la posicion de las capas ó por su relacion.

F. 25ª

Estratificacion concordante.

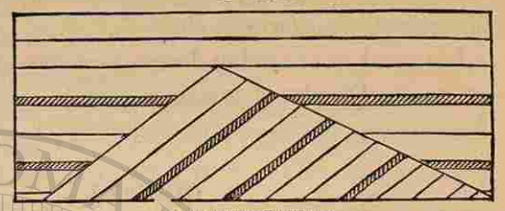
Se llama estratificacion concordante, á la de varios estratos rectos ó curvos que sigan en direcciones paralelas, como lo indica la fig. 25. Cuando la estratificacion concordante no presenta ninguna interrupcion entre las capas, se le llama *de sobreposicion* y cuando las separa algun espacio se le llama de *separacion*. Estratificacion *discordante* es la que no conserva paralelismo entre Estratificacion concordante. Estratificacion discordante.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

las capas (F. 26ª), y *estratificacion trasgresiva* la que se apoya en la cabeza ó extremidad de otro depósito. (Figura 27ª)

Estratificacion trasgresiva.

F. 26ª

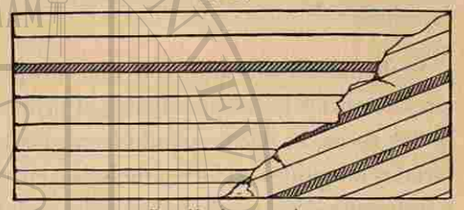


Estratificacion discordante.

En fin, debe llamarse estratificacion decapitada aquella en que falta la parte superior de los estratos, y que se reconoce por la repeticion simétrica de los mismos lechos, como se observa en la Figura adjunta núm. 28.

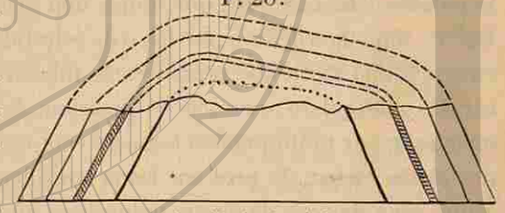
Estratificacion decapitada.

F. 27ª



Estratificacion trasgresiva.

F. 28ª



Estratificacion decapitada.

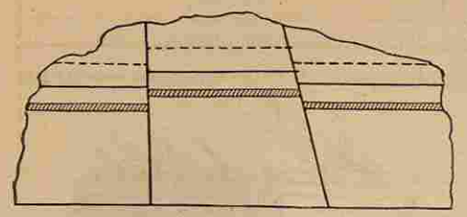
La posicion natural de los estratos es la horizontal; así vemos depositarse las capas de roca sobre el lecho de los depósitos de agua. Sin embargo, se observan los bancos y capas de rocas en diversas direcciones; verticales, oblícuas y aun invertidas, á causa de los trastornos que han sufrido por efecto de la masa central del globo, por hundimientos ú otras causas geológicas: en estas dislocaciones las capas pueden doblarse una ó más veces hasta formar dobles curvas, zig-zags, etc. En estos movimientos sucede con frecuencia que la direccion de los estratus se interrumpa por dislocaciones; de manera que una ó más porciones de la masa tomen otra colocacion, sin que se correspondan las mismas capas, como se observa en la Figura 29ª adjunta, á cuyo caso se llama *falla* ó *salto:* este efecto perjudica mucho en las explotaciones mineras, pues siguiendo el rumbo de una veta ó

Posicion natural de los estratos.

Capas en diversas posiciones.

Falla ó salto.

F. 29ª



Falla ó salto.

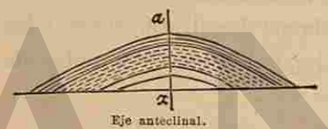
manto, concluye repentinamente y se necesita un estudio cuidadoso para seguir con acierto la excavacion hácia el rumbo conveniente á fin de encontrar la continuacion de la veta dislocada. Para indicar las direcciones de las capas en sus agrupamientos, se consideran las líneas de partida ó encuentro de esas direcciones, y á cuyas líneas podriamos llamar *ejes de estratificacion:* procediendo en este sentido se llama *línea* ó *eje anticlinal* al que forma el encuentro de capas que descienden, y *sinclinal* á la interseccion de los lechos que ascienden, ó como si dijéramos la línea del thalweg. Esto se aclara mejor con las siguientes figuras 30ª y 31ª

Ejes de estratificacion.

Eje anticlinal.

Eje sinclinal.

F. 30ª



Eje anteclinal.

F. 31ª

Eje sinclinal.

Eje *monoclínico* es aquel que se apoya en la seccion ó corte de una masa estratificada cuyos lechos sólo descienden en un sentido.

Eje monoclínico.

Despues de haber considerado los agrupamientos de capas, indiquemos la manera de determinar la direccion é inclinacion de ellas en particular. *Direccion* ó *rumbo* de una capa es el ángulo que su cabeza forma con la línea N. S. de la brújula, y para determinar ese rumbo se pone dicha línea paralela á la direccion de la capa, se lee en la brújula el ángulo que la aguja magnética forma con aquella línea, y se anotará si el ángulo se forma del Norte al Este ó al Oeste; el extremo de esta direccion correrá en el cuadrante opuesto; así, si el ángulo es de 30° del Norte al Este, se escribirá la direccion N. 30° E.—S. 30° W.

Direccion.

La *inclinacion* de la capa es el ángulo que ella forma con el horizonte, y se llama, además de inclinacion, *buzamiento* y *echado;* se mide con un clinímetro ó por la direccion de una plomada que generalmente tienen las brújulas de geólogo. Además

Inclinacion.

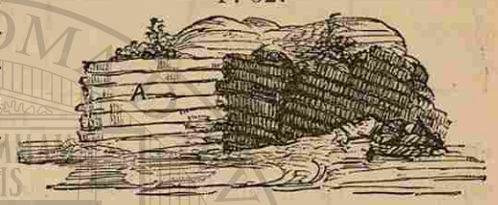
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

de los grados de amplitud de tal inclinacion, debe indicarse el rumbo hácia el cual se dirige.

Precauciones en la observacion.

En esta determinacion debe cuidarse de observar más de un lado del conjunto de estratos para no caer en error como pudiera acontecer en el caso que representa la Figura adjunta núm. 32ª, en que se creerian horizontales los estratos si no se observase más que las cabezas por el lado A.

F. 32ª.



Cabezas de estratos.

Planos de juntura y de crucero.

Tambien debe atenderse á la estructura que ciertas rocas de este grupo presentan á causa de los planos de juntura y los de crucero: los primeros dividen á las rocas estratificadas en direcciones oblícuas, diferentes de los planos de estratificacion; y los segundos separan las masas en hojas tambien diferentes de aquellos planos.

GRUPO II.

MASAS NO ESTRATIFICADAS.

Masas no estratificadas.

Las rocas que han aparecido en estado de fusion, se extienden y colocan de otra manera que las que acabamos de considerar, y debe tenerse cuidado, al examinar las rocas ígneas, de no confundirlas con las sedimentarias en algunas ocasiones en que varios derrames sucesivos afectan una falsa estratificacion ó agrupamiento por capas que fueron de materia ígnea en su orígen.

Modos de presentarse estas masas.

Estas masas al atravesar las capas terrestres y llegar á la superficie se extienden en mantos ó en corrientes, ó forman acumulaciones más ó ménos arredondadas ó cónicas.

Diques.

Al invadir la materia ígnea los terrenos forma filones, de cuyos accidentes nos ocuparémos despues; por ahora basta advertir que los filones de materias volcánica se llaman diques, y que

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Photo. E. Bernard et C^ie^ 71, rue Lacondamine.

PICO TRAQUÍTICO DE BERNAL

cuando la masa invasora que se incrusta en las rocas es de grandes dimensiones, se le da el nombre de *tifon*. Las capas volcánicas forman extensiones considerables, cubriendo la superficie de los terrenos, como se observa en el Pedregal de San Angel, á cierta distancia de la capital de la República: á veces esas extensiones de roca volcánica vienen á ser recubiertas por sedimentos, y quedan así ocultas; en otras ocasiones se repite el derrame ígneo y se forman alternaciones de esas rocas de orígen tan diferente.

Tifon.

Capas ígneas.

Las corrientes volcánicas se extienden en longitud más bien que en anchura; ó forman salidas en determinados rumbos, partiendo de cráteres ó grietas: en la region S. del volcan Ceboruco se ve una corriente de lava basáltica que parece un arroyo solidificado.

Corrientes volcánicas.

Las masas ígneas que apareciendo por las hendeduras del terreno se han elevado formando acumulaciones, llevan nombres particulares; así, si esa masa tiene una boca ú orificio de salida, se llama volcan; si no presenta boca se le da el nombre de doma si es aislada, y *pico*, cuando es de figura cónica. La lámina adjunta representa el elegante pico traquítico de Bernal, en el Estado de Querétaro.

Volcanes.

Domas.

Picos.

Salidas de materia ígnea, semejantes á las que estamos considerando, pueden ser de inmensas dimensiones y formar montañas y aun cordilleras, como se observa en varias regiones del país.

Cordilleras volcánicas.

Con lo expuesto basta para dar idea de las formas que pueden afectar las masas ígneas al aparecer sobre la superficie terrestre: conviene ahora añadir algunas noticias sobre las diferentes estructuras que tales masas pueden afectar.

A causa de la contraccion que al solidificarse sufren las rocas ígneas, se dividen en trozos poliédricos ó *cuartones* como les llaman los canteros en el país, y cuyo efecto se ve en las masas porfídicas de los cerros de Guadalupe Hidalgo y en muchas partes del país. Por efecto de la causa referida, se pueden tambien dividir las rocas en columnas prismáticas, cuya forma afectan generalmente los basaltos y aun los pórfidos; en la Cascada de

Cuartones.

Division prismática.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Regla, Estado de Hidalgo, se ven series muy elegantes de esas columnas: la lámina adjunta manifiesta la vista del Cerro de los Frailes, en Tolimanejo, Estado de Querétaro. Las figuras que allí se observan y que de léjos parecen hombres, son prismas de pórfido traquítico; la accion erosiva de los agentes atmosféricos ha redondeado algunos extremos de las masas figurando sus cabezas.

La lámina siguiente da idea de las columnas de la Cascada de Regla.

Las caras de los prismas pueden ser planas ó cóncavas.

Los coronamientos llamados *bufas*, de que hablarémos despues y que se ven en muchas montañas del país, tienen orígen análogo. Las caras de los prismas de las rocas ígneas pueden ser planas, ó unas cóncavas y otras convexas, que se engranan y acomodan con facilidad; á veces los segmentos toman formas arredondadas, y cuando son cortas sus dimensiones figuran quesos ú otras formas imitativas.

Division en placas.

Algunas rocas ígneas se dividen tambien en placas de caras paralelas. Muchas rocas ígneas, sobre todo los basaltos, se presentan á veces en bolas ó esferas por lo comun formadas de cascos concéntricos, cuya estructura se manifiesta especialmente cuando la roca se altera y fracciona; concreciones de diorita se ven en grandes cantidades en Santa María de los Álamos, en el Estado de Hidalgo, y otras de basalto en muchas partes, con especialidad en la bajada á Tepatitlan en Jalisco.

Concreciones.

GRUPO III.

VETAS Ó FILONES MINERALES.

Vetas.

Consideramos ya con el nombre de diques á los masas ígneas incrustadas en las capas terrestres; ahora clasificarémos como vetas minerales á los depósitos de soluciones minerales que han ocupado las hendeduras de las rocas.

Orígen de las materias que llenan las vetas

Sobre el orígen de las materias que llenan las vetas, dice Credner: "Que provienen de la lexiviacion de las rocas vecinas, en las cuales circulan las aguas ántes atmosféricas; estas soluciones se acopian en las vetas y allí cristalizan, ó bien los filo-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Photo. E. Bernard et Cie.

VISTA DEL CERRO DE LOS FRAILES

71, rue Lacondamine.

nes deben su formacion á fuentes minerales que se elevan del interior de la tierra por las hendeduras más directas. A consecuencia de las reacciones químicas entre las diversas soluciones que se encuentran en las hendeduras, por la rarefaccion, por el exceso de ácido carbónico que efectúa la disolucion de muchos cuerpos, ó por el acceso de aguas conteniendo ácido sulfhídrico, las sustancias minerales disueltas cristalizan, y así es como se llena progresivamente la hendedura."

Esta breve explicacion da idea sobre el modo con que se han llenado las grietas ó resquebrajaduras de las rocas para formarse esas incrustaciones de materias diferentes de aquellas, y que se llaman vetas ó filones.

Formas de las vetas.

Variables como son las formas de tales resquebrajaduras, deben serlo tambien las de las masas minerales que las llenan: un filon simple ó típico, tendria la forma de una cinta ú hoja metida en la masa de las rocas que constituyen el criadero: una representacion material del filon seria un cuchillo hundido en una masa blanda cualquiera: las superficies limitantes, superior é inferior, se llaman el alto y bajo de la veta; su potencia es el espesor que tiene; si sobre el terreno se levanta parte de la veta, se le llama *creston* á esa salida.

Veta regular

Crestones.

Partiendo de esa forma regular y aplastada que hemos supuesto al filon, es fácil considerar las muchas irregularidades que puede presentar, inflándose, disminuyendo de espesor, ramificándose, estrangulándose, etc., etc., y por consiguiente la potencia ó amplitud de los filones puede variar desde hilos casi imperceptibles hasta masas de dimensiones verdaderamente enormes.

Formas irregulares.

Del mismo modo puede variar la naturaleza de una veta; unas hay que están formadas de una sola sustancia; pero en otras se ven varias, y aun pueden notarse diferentes épocas de formaciones en la que estando ya formado el filon se le hicieron nuevas resquebrajaduras, que fueron ocupadas por otras inyecciones de sustancias minerales.

Es variable la naturaleza y estructura de las vetas.

Varias formaciones de una misma veta.

El modo con que se colocan las materias que forman un filon, se llama su estructura, la que puede variar de las siguientes

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Estructura compacta. Diseminada.

maneras: *Estructura compacta* ó en masa indeterminada: *vetas con minerales diseminados*, cuando uno ó más minerales se hallan esparcidos sobre la sustancia que les sirve de matriz: *estructura simétrica*, la de las vetas formadas de zonas colocadas y repetidas con regularidad: *concéntrica*, cuando las materias minerales se colocan en capas envolviendo núcleos que bien pueden ser los fragmentos de las rocas del criadero: *estructura brechiforme*, la de un filon que envuelve en su masa fragmentos arrancados de las rocas vecinas: *geódica*, cuando hay cavidades de cristales recubiertas interiormente.

Simétrica.

Concéntrica.

Brechiforme.

De estas seis clases de estructuras pueden presentarse ejemplos frecuentes en los distritos minerales del país.

Sistemas de vetas.

Las vetas minerales se presentan generalmente asociadas formando grupos ó sistemas; unas pueden ser de una época, y presentarse otras en el mismo terreno, formándose así sistemas diversos. Además de los accidentes que en los filones hemos señalado, pueden presentar tambien el de dislocacion ó fallas, como ántes se dijo al hablar de los estratos. Como en éstos, al estudiar las vetas, debe determinarse su direccion é inclinacion por los métodos referidos.

Dislocaciones en las vetas.

APLICACION DE LAS OBSERVACIONES REFERIDAS.

Estudiados esos diversos modos con que las rocas se presentan, demos una rápida ojeada sobre las muchas é importantes deducciones que de tales estudios puede hacer el geólogo.

Desde luego, al tratarse de las rocas estratificadas, la observacion cuidadosa puede enseñar la relacion de unas masas con otras, su contemporaneidad ó las épocas relativas de su formacion; tambien pueden verse los fenómenos que á unas masas de rocas han efectado y si su accion ha sido general ó de carácter local: pueden suponerse con notable exactitud las formas, dimensiones y situacion de los continentes en determinadas y aun remotas épocas geológicas, á cuya investigacion podria llamarse *Paleotopografía*.

Deduccion cronológica.

Extension de algunos accidentes.

Paleotopografía.

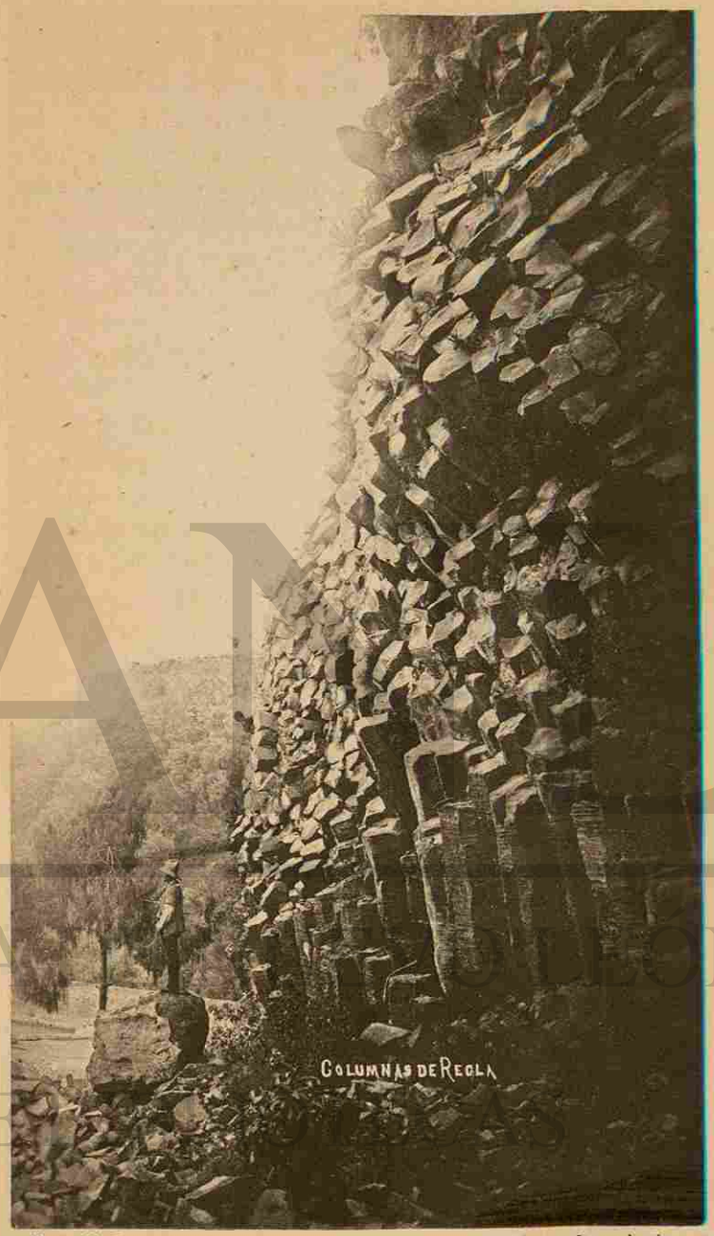


Photo. E. Bernard et Ce 71, rue Lacondamine.

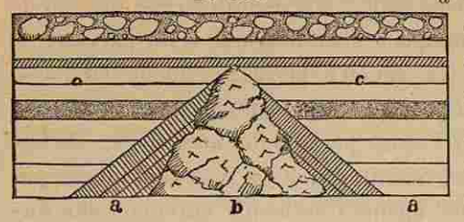
COLUMNAS BASALTICAS DE REGLA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En efecto, si examinamos la figura adjunta núm. 33, notarémos las siguientes épocas de formacion aducidas del aspecto, natureleza y posicion relativa de las capas de rocas. Desde luego debe deducirse que las capas *a* fueron las primeras formadas, y que se encontraban en posicion horizontal: que en seguida vino una erupcion ó salida de roca ígnea *b* que las levantó y quedaron apoyadas en su masa; pasado este segundo acontecimiento, vinieron nuevos sedimentos, que podemos considerar de pizarra arcillosa *c*, y se depositaron sobre las anteriores rocas: en seguida supondrémos que se extendió ó pasó por encima una corriente cuyo lecho estuvo formado por aluviones de guijarros gruesos *d*. Así se podrian poner varios ejemplos para deducir la formacion ó depósitos relativos de las masas de rocas y notar cuáles fenómenos y qué extension las han afectado; del mismo modo puede tambien deducirse, en qué épocas relativas se efectuaron determinadas erupciones volcánicas y cuándo se formaron ciertas vetas ó filones minerales, observando atentamente á qué masas de rocas influenciaron.

Ejemplo.

F. 33ª.



Formaciones diversas.

Y téngase presente que estas determinaciones estratigráficas ó de posicion de las capas solamente dan deducciones relativas y no absolutas; como se verá al tratar de la geología histórica, el carácter paleontológico es más importante que el estratigráfico, y viene á ser el auxiliar poderorísimo de este último.

La estratigrafía sólo conduce á interpretaciones de relacion.

Conviene igualmente advertir, que si bien siguiendo en una comarca las posiciones relativas de los estratos, se pueden hacer esas deducciones de *edad relativa*, sobre todo si se parte de un terreno bien conocido y que sirva de horizonte geológico, es necesario no atenerse solamente á los caracteres litológicos ó petrográficos, como lo hacen algunos geólogos, pues este medio de determinacion puede conducir á notables errores. Así, p. e., se sabe que en algunos puntos de Europa, en los terrenos de-

Los caracteres petrográficos no son constantes.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

vonianos, abunda la arenisca roja, y por encontrar en México una roca de caracteres semejantes no puede deducirse que sea de la edad devoniana; ni tampoco debe buscarse la misma clase de roca caracterizando un terreno en todas las localidades en que se marque la misma edad geológica. En algunas partes de Europa el terreno cretáceo, ó del tercer período del mesozoico, está formado de capas de creta, miéntras que las rocas del mismo período en otras partes del mismo Continente europeo están formadas de arcillas, margas ú otras sustancias.

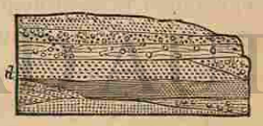
Los caracteres petrográficos pueden utilizarse en comarcas análogas y de corta extension.

Estos caracteres petrográficos, así como los estratigráficos, sí son muy útiles en comarcas relativamente cortas, y que presenten analogías en sus formaciones. Así, en México, con seguridad se puede deducir que tratándose de valles lacustres, en que abunden las tobas y otras tierras de acarreo, que se apoyen sobre montañas de pórfidos volcánicos, sean del tiempo cenozoico, porque con caracteres litológicos y estratigráficos análogos, tenemos horizontes geológicos ó terrenos bien reconocidos en que los caracteres paleontológicos nos aseguran ó demuestran que tales estratos son de la edad geológica citada.

Deducciones paleotopográficas.

Lo relativo á deducciones paleotopográficas ó referentes á las formas, extensiones y situaciones de tierras emergidas, mares ó depósitos y corrientes de aguas continentales, nos las indican las observaciones referentes á la naturaleza de las rocas, á su estructura y á su estratigrafía, así como ciertas señales que en las mismas rocas suelen quedar impresas: como ejemplos de interpretaciones de este género, daré-

F. 34ª



Estructura de las playas.

mos algunas figuras tomadas especialmente de la Geología del Profesor J. D. Dana.

Marcas geológicas.

Estructura de las playas.

La Figura núm. 34 representa la estructura de las playas, caracterizada por aglomeracion de lechos delgados y de poca extension, los que están formados de arenas, guijarros, etc., mezclados irregularmente.

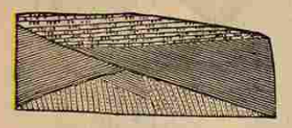
Marejadas.

Figura núm. 35 *Marejadas.* Lechos semejantes á los anteriores, pero que presentan algunos de laminacion oblícua alternando con otros horizontales; estas diferentes direcciones se forman por la intermitencia de las corrientes y sus movimientos de flujo y reflujo.

F. 35ª

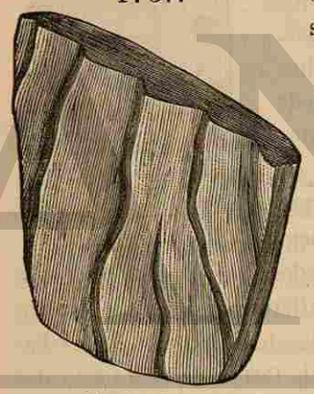
Marejadas.

F. 36ª



Estructura producida por los vientos.

F. 37ª



Vibraciones de las aguas.

Estructura producida por los vientos.

Fig. núm. 36. *Estructura producida por acarreo de los vientos.* Lechos desordenados, rectos y curvos, mezclados en diversas direcciones, como se observa en los médanos. Tambien á orillas de la laguna de Texcoco, Valle de México, se tienen ejemplos, aunque en pequeño de esa estructura, formada especialmente por los vientos primaverales en la época en que disminuyendo las aguas dejan seca gran parte de las riberas.

Vibraciones de las aguas.

Señales de la vibracion de las aguas. Se ven en la Figura 37ª: las aguas del mar en sus salidas y retiradas periódicas forman generalmente arroyuelos como los que se indican en el dibujo.

Resquebrajaduras.

Figura núm. 38. *Resquebrajaduras.* Las arcillas al secarse al aire y al sol se resquebrajan por lo regular, y esas hendeduras pueden quedar señaladas en las rocas, sobre todo si son cubiertas por nuevas capas; en algunos casos por la mayor dureza de la sustancia arrojada quedan en relieve las señales.

Impresiones de gotas de lluvia.

Impresiones de gotas de lluvia. Como se ven en la Figura 39ª

Impresiones fisiológicas.

Impresiones fisiológicas. Llámanse así á las trazas que aparecen en las rocas por el paso de los animales. En una formacion de rocas, calizas de las cercanías de San Juan de los Lagos, Estado de Jalisco, hemos encontrado marcas de piés de aves y de un mamífero carnicero, de cuyo hallazgo publicamos una nota en las actas de la Sociedad Mexicana de Historia Natural.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

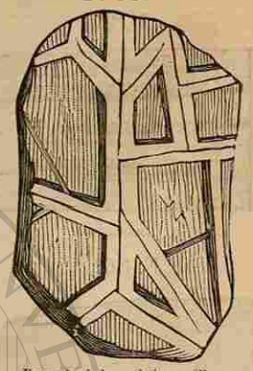
Dadas las explicaciones anteriores, veamos algunos casos de interpretaciones paleotopográficas.

Ejemplos.

Supóngase que se observan algunas cordilleras de las que se encuentran en los Estados de Veracruz, Guerrero, Michoacan, Morelos, Querétaro, Hidalgo, Potosí, Jalisco y otros; se notará que hay muchas montañas formadas por masas calcáreas que contienen incrustaciones de conchas marinas, pertenecientes á moluscos de los que se consideran como característicos del período cretáceo, ó propiamente hablando, de aquellos animales que sólo vivieron en esa época de la existencia de la tierra.

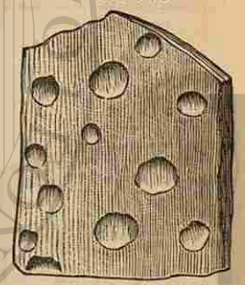
Las deducciones que de esos hechos se descubren, son: que en ese período de la tierra, habia mar en todos los puntos donde ahora se encuentran los restos de los animales que entónces vivian; que como no es posible admitir la existencia de pequeños depósitos marinos aislados, es lógico suponer que en el período cretáceo, los mares Atlántico y Pacífico estaban comunicados, cubriendo con sus aguas toda la parte de los Estados referidos, y por consiguiente la forma de esta parte del Continente Americano era muy distinta de la que hoy presenta. De esta disposicion de los mares cretáceos y forma del Continente da idea la adjunta Figura núm. 40, tomada en parte de la obra del Profesor Dana, y cuyo mapa hemos adicionado en los datos relativos á México. Nuevas observaciones extenderán, sin duda, la situacion de los mares cretáceos en lo que hoy es territorio mexicano. Como sobre la mayor parte reconocida de esas montañas no se ven depósitos marinos terciarios, es de suponerse que el levantamiento de lechos del mar cretáceo se verificó en este mismo período. En esta figura la parte blanca

F. 38ª



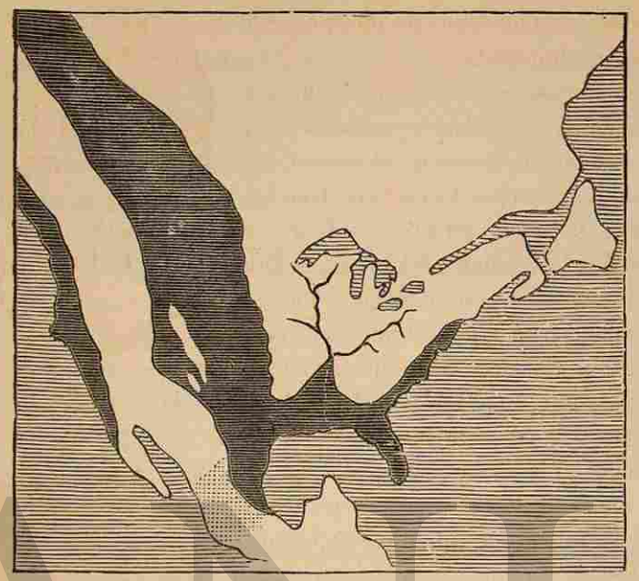
Resquebrajaduras de las arcillas.

F. 39ª



Impresiones de gota de lluvia.

F. 40ª



Mapa de una parte del Continente Americano durante el período cretáceo.

indica la tierra emergida en el período cretáceo, y lo señalado con líneas la disposicion del mar en aquel período; los puntos marcan lo relativo á México.

Este ejemplo tomado de datos referentes á nuestro país, da idea de las deducciones relativas á la forma del Continente en determinada época de la tierra.

Si ahora, sobre las rocas marinas de un terreno se encuentran depósitos formados por el agua dulce, lechos arenosos de los rios, marcas de playa, de oleaje, de vientos, huellas de aves, etc., etc., se podrá deducir: que allí hubo un lago, que corria un rio, que era aquel punto la orilla de un mar, que habia tierra emergida expuesta á la accion de los vientos, que era una área emergida y de tierra blanda donde se estampaban los piés de las aves ú otros animales, etc., etc.

A todas estas deducciones tan importantes que descubre la estratigrafía y las observaciones sobre la estructura de las rocas, les dan mayor valor aún los caracteres paleontológicos, como se verá en la Geología histórica.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

SEGUNDA PARTE.

GEOLOGÍA FISIOGRÁFICA.

En esta parte de la ciencia, nos ocuparémos del estudio de la forma general de la tierra, de sus accidentes, de sus aguas, etc. Para proceder en órden dividirémos esas materias en dos capítulos.

CAPÍTULO I.

OROGRAFIA.

Compréndense en esta division las consideraciones relativas á los accidentes que por relieve ó depresion se encuentran en la superficie terrestre.

La forma de nuestro planeta es la de un esferoide achatado hácia los polos, pudiendo compararse al sólido que engendra una elipse girando sobre su eje menor. La forma de la tierra es de la mayor importancia en el estudio de la Geología, puesto que ella apoya una de las teorías más probables del orígen de este planeta, como verémos al tratar de la cronología terrestre,

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ocupándonos por ahora en sentar algunas definiciones indispensables para que un geólogo ó un agricultor versado en la Geología, pueda describir una comarca ó terreno cuyo estudio se le haya encomendado.

Division en continentes y mares.

La tierra se divide en continentes y mares, dándose el primer nombre á esas grandes porciones de terreno rodeadas todas ó en parte por las aguas, y que pueden, sin embargo, considerarse unidas ó relacionadas todas sus partes componentes, aun aquellas que estén separadas por las aguas del mar, siempre que éstas no ocupen una grande extension intermedia.

Continente.

Tres continentes.

Tres son esas grandes porciones de tierra firme que vemos representadas en una esfera terrestre, y son el *Antiguo Continente*, el *Nuevo*, y la *Australia* ó *Nueva Holanda*. El resto de la superficie de nuestro elipsoide está ocupado por los mares, siendo la tierra firme una cuarta parte, aproximadamente, de la superficie total.

Relacion entre la tierra firme y la superficie de los mares.

Ocupándonos de los accidentes de la tierra firme, los dividirémos en dos grandes secciones: las elevaciones del terreno y las partes planas y cóncavas.

Orografía propiamente dicha.

En la primera seccion, que debemos llamar Orografía, propiamente dicha, atendiendo á la etimología de esta palabra, nos ocuparémos del estudio de las montañas y otros relieves del terreno, para lo cual nos ayudarán las siguientes definiciones, fundadas especialmente sobre las altitudes relativas y las formas de los accidentes. Hay que advertir que estas definiciones no son del mismo valor, en general, pues cambian muchas de ellas en diferentes localidades.

Los nombres cambian con las localidades.

Lomas.

Lomas. Se aplica este nombre á todo relieve del terreno, desde una altura apénas sensible sobre el plano en que descansa, hasta la de 100 á 150 metros. Las formas de las lomas pueden ser como las de cascos de esferas ó más ó ménos alargadas. Estos accidentes pueden presentarse aislados, ó formando series ó sistemas, cuyo modo de agrupamiento se citará al describirlas.

Colinas.

Colinas. Accidentes semejantes á los anteriores; pero de una altura mayor y comprendidas entre 150 y 250 metros.

Cerros.

Cerros. Este nombre se aplica en general á todas las alturas superiores á las ántes citadas, sin que en nuestro país se haya establecido en el lenguaje comun una diferencia entre las palabras *cerro* y *montaña;* pero es preferible adoptar esta última para alturas mayores de 400 metros: en general se llama cerro, en este país, ó toda protuberancia aislada ó que se levanta en los accidentes de las montañas.

Montañas.

En un cerro ó montaña se distingue la cúspide que es su extremo superior; los flancos ó declives que representan su superficie hasta su principio que se llama *pié* de la montaña, dejando el nombre de *base* al plano en que descansa.

Cúspide, flancos, pié y base.

A estos nombres debemos añadir otros particulares, como son: *cresta*, que viene á ser el límite superior de una montaña cuando éste es afilado y alargado; *acantilados*, cuando en los flancos ó en la cúspide hay secciones verticales. Estas secciones pueden ser planas ó columnares, como se ve en la lámina citada que representa una vista de la "Montaña de los Frailes" en las cercanías de Tolimanejo, Estado de Querétaro.

Cresta y acantilado.

Cuando el acantilado forma una especie de corona ó copete, se designa con el nombre de *sombrerete* ó *bernalejo*, y cuando esta corona es de alguna extension se llama *bufa:* de aquí vienen tantos nombres análogos para los cerros ó las localidades.

Sombrerete ó bernalejo y bufa.

Las vetas metalíferas ó algunas rocas ígneas aparecen cortando la estratificacion de las montañas, y cuando forman relieves se llaman crestones.

Crestones.

Las formas de las montañas y de los cerros son muy variadas, siendo la cónica la más general, aunque por lo regular no es perfecta. Partiendo de esta forma se encuentran otras derivadas, más ó ménos modificadas por los accidentes que acabamos de señalar.

Formas de las montañas.

La naturaleza de las rocas que constituyen esas eminencias, contribuye á su forma; así, las montañas calizas son, en general, arredondadas y con sus flancos suaves; las porfídicas tienen partes arredondadas, lavadas por los agentes atmosféricos, y otras con aristas vivas en donde se han desprendido los cuartones de roca; otras montañas tienen plano su extremo superior, y entónces se llaman *mesas* ó *mesetas*.

Mesas y mesetas.

Un ejemplo de este caso tenemos en el cerro llamado "Mesa de Vilalobos" en las cercanías de Lagos, Estado de Ja-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

lisco. Esta mesa está aislada y se percibe desde grandes distancias; en sus cercanías hay otra montaña tambien de esa forma que se llama la "Mesa larga," y es de mayor extension. En los Estados de Aguascalientes y Zacatecas abundan las montañas que tienen la forma referida. Como se ha dicho, la naturaleza de la roca contribuye á la forma especial de una montaña; los pórfidos que tienen tendencia á la separacion en masas prismáticas, forman montañas esbeltas, como se ve en la figura citada que representa la vista O. del cerro de Bernal en el Estado de Querétaro. Se nota al examinar ese cerro, que las masas de roca se han ido desprendiendo, quedando sucesivamente una forma más aguda; cerca del pié del cerro se ven las bases de los cuartones de roca que se han ido desprendiendo, y aun del lado S.E. se ve el cerro con la forma escalonada semejando un diente de leon. En las masas columnares de los acantilados aparecen á veces formas semejantes á la figura humana, y por esto es tan repetido en el país el nombre de cerros de frailes: estas formas provienen del deslave de las masas de pórfido, como se explicó al hablar de esta roca; á la misma causa se deben esas figuras de torres, órganos, etc., como se ven en varias localidades del país: á veces se designan esas formas con los nombres de *agujas*, *torres*, *picos*, etc.

Agujas, torres y picos.

Los basaltos ofrecen tambien figuras prismáticas en coronamientos y acantilados en montañas de la misma roca ó de naturaleza diferente, como acontece con los pórfidos. Cuando en la cúspide de un cerro aparece una roca saliente, que generalmente es pórfido ó basalto, se le llama *peña*, y si es doble, *tetilla*.

Peña y tetilla.

En la República existen montañas de formas muy variadas y que alcanzan á muy grandes alturas: insertamos á continuacion las correspondientes á algunas de ellas, contadas desde el nivel del mar.

Altura de las montañas mexicanas.

Popocatepetl.....	5425	metros.
Citlaltepetl ú Orizaba.....	5295	„
Iztalcihuatl.....	4900	„
Nevado de Toluca.....	4578	„

CERRO DE "LA CUPULA"
ESTADO DE HIDALGO. — MÉXICO

Photo. E. Bernard et C.ie

Paris, 71, rue Lacondamine.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Monte de Ajusco.....	4153	metros.
Cofre de Perote.....	4089	„
Volcan de Colima.....	3884	„
Cerro del Jacal.....	3124	„
Órganos de Actopan.....	2699	„

Agrupamientos de montañas.

Las montañas pueden presentarse aisladas ó agrupadas de diversas maneras; cuando están así asociadas se designa su conjunto con nombres particulares.

Cordilleras.

Se llama *cordillera* á la reunion de montañas ó cerros que siguen una direccion determinada, y cuando dos ó más cordilleras siguen direcciones semejantes, se designan con el nombre de *sistema de montañas*. A la serie no interrumpida de montañas que tienen ramificaciones se llama tambien *cadenas de montañas*.

Sistemas de montañas.

Cadenas.

Sierras.

A las cadenas ó cordilleras peñascosas se les llaman *sierras*, aunque en México se designa tambien con este nombre á las regiones montañosas y elevadas á cuyo conjunto se le llama igualmente *serranía*.

Serranía.

Sistema de montañas mexicanas.

México es un país notablemente montañoso, y el conjunto general de esos accidentes puede referirse á dos ramales ó sistemas llamados *Sierra Madre* oriental y *Sierra Madre* occidental; estos dos sistemas vienen paralelamente, el uno á la costa del Pacífico, y el otro á la del Atlántico; se reunen en la parte angosta del territorio mexicano, en el Istmo de Tehuantepec. Estas cadenas de montañas pueden considerarse como partes de la gran cordillera de los Andes que va del Cabo de Hornos, en la América del Sur, á las Rocallosas del Norte, en los Estados Unidos, formándose un gran sistema dirigido de N.O á S.E. Los diversos ramales que en su conjunto forman esas cadenas, llamadas Sierra Madre del Sur y del Norte, tienen nombres particulares, como son: La Taraumara, La Sierra del Nayarit, La Sierra del Tigre, etc., etc.

Estribos ó contrafuertes.

Las cadenas ó sierras arrojan ramificaciones laterales que se les llamas *estribos* ó *contrafuertes*.

Cuando los cerros ó montañas se encuentran agrupados al

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Grupo de montes.

derredor de un centro comun, á este sistema se le llama *Grupo de Montes*.

Puertos.

A la parte más deprimida de una serranía ó cordillera se le llama *puerto*, y sirve generalmente de paso ó camino para el valle inmediato.

Despues de haber señalado los principales relieves de la tierra, vamos á ocuparnos ahora de sus depresiones, comprendiendo en esta seccion sus partes cóncavas y planas.

Cañada.

Llámase *cañada* al espacio que encierran dos cuchillas, estribos ó ramales de una loma, de una montaña ú otros accidentes en relieve, con tal que su anchura sea de cortas dimensiones: las cañadas pueden ser muy largas, y por lo general son fértiles y tienen una vegetacion más lozana que la de los accidentes que las limitan. Cuando la cañada es profunda y sus paredes son acantiladas ó de fuertes pendientes, se designa con el nombre de *barranca*.

Barranca.

Valles.

Se llaman *valles* á las excavaciones ó terrenos bajos que por sus dimensiones no puedan ya comprenderse en el grupo de las cañadas. Esta definicion es propiamente topográfica; pero hidrográficamente hablando se designa con el nombre de valle á los terrenos bajos comprendidos en las corrientes de agua que se dirigen en un mismo sentido, como por ejemplo, las tierras por donde corre un rio y los afluentes que á él se dirigen. Si se considera un puerto ó una ceja de una montaña, se verá que las aguas que resbalan de sus flancos corren unas hácia un lado, y las otras al opuesto, formando así dos valles hidrográficos, salvo el caso en que el ramal montañoso concluyera á corta distancia y las aguas de la corriente posterior lo rodeasen en su pié para venir á reunirse con las de la region opuesta, porque en este caso la montaña estaria situada en un mismo valle, como acontece con la cordillera de Guadalupe en el Valle de México.

Valles topográficos ó hidrográficos.

Ramificaciones de los valles.

Un valle presenta, en general, un terreno más ó ménos plano ramificado por las cañadas laterales de los accidentes vecinos. La línea de interseccion de dos pendientes opuestas, que es generalmente la que siguen las aguas, se llaman *Thalweg*, palabra

Thalweg.

BARRANCA DE TRES PEÑAS

ESTADO DE MÉXICO. — MÉXICO

Photo. E. Bernard et Cie

71, rue Lacondamine.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

alemana, que significa *camino del valle*, que en castellano se puede sustituir con el nombre de *vaguada;* pero el anterior está más generalizado.

Valles de denudacion.

Se llaman valles de denudacion, á las excavaciones hechas por las aguas en los valles comunes: el carácter de aquellos es que generalmente se encuentran en sus límites algunos montecillos de igual altura que se conservaron sin sufrir la accion erosiva de las corrientes; tambien se presentan algunas graderías más ó ménos extensas en sus flancos. Esas alturas pueden dar una idea de la que conservaba la superficie del valle ántes de ser atacado por las corrientes de agua.

Valles longitudinales. Valles trasversales.

Por su posicion los valles se llaman *longitudinales* cuando siguen la direccion de las cordilleras, y *trasversales* los que forman ángulo en esa direccion.

Valles cerrados. Valles abiertos.

Se llaman *valles cerrados* á aquellos cuyas aguas no salen fuera de ellos, como sucede con el valle de México, y *abiertos* los que dan salida á las aguas que en ellos nacen ó los atraviesan; tambien se da el nombre de cuenca á los valles cerrados, y el de *cuenca hidrográfica* al conjunto de valles grandes y pequeños que se relacionan á un mismo sistema de corrientes y sus tributarias.

Cuenca hidrográfica.

El sitio por donde corren las aguas en un valle se llama su *álveo*, y sus lados *bordes* ó *riberas*. El nombre de *vega* se aplica principalmente á las orillas de los rios.

Formas de los valles.

Los valles se clasifican á veces por sus formas, y así se dice: *valle elíptico*, *circular*, *en anfiteatro*, *en circo*, etc.

Valle de México.

Un ejemplo que puede presentarse de un valle cerrado ó cuenca es el de México. Puede considerarse como un valle principal, por estar dirigido paralelamente á las dos cordilleras principales que son: la Sierra Nevada al E. y la de Monte Alto y sus anexas al O.; el respaldo S. lo forma la cordillera del Ajusco. Del muro montañoso del O. se desprende la cordillera de Guadalupe, en la direccion de E. á O., terminando cerca del pueblo de San Cristóbal y formando una especie de península territorial. Las aguas corrientes van á depositarse á los lagos que se hallan dentro del Valle, á excepcion del rio de Cuautitlan que

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

sale hácia el Valle de Tula por un tajo ó canal artificial que se hizo para evitar las inundaciones de la ciudad de México. El terreno del Valle es llano en unas partes, y accidentado por lomas, colinas y cerros en otras.

Valle de Ameca.

Como ejemplo de valle abierto podemos citar el de Ameca, en el Estado de Jalisco, que es atravesado en toda su longitud por el rio Piginto que ocupa su thalweg.

Llano y llanura.

Llano: se llama así á todo terreno más ó ménos horizontal y con pocos accidentes: cuando es bastante extenso se le llama *llanura*. En el Valle de México se encuentran los llanos de Aragon, de Balbuena y otros. Como llanuras podemos citar las del Cazadero y del Bajío en el camino del Interior; las del Tecuan y otras en Jalisco, Aguascalientes, etc.; en los Estados fronterizos existen llanuras de grande extension. En general se llama *llanura* á las regiones bajas colocadas sobre el nivel del mar.

Desiertos.

Se llaman *desiertos* á las regiones planas, de grande extension, cubiertas en general de arenas movedizas y donde no existen poblaciones, ni una vegetacion notable: por comparacion se llaman desiertos á las grandes regiones deshabitadas aunque estén pobladas de vegetacion.

Oasis.

Oasis: son ciertos puntos de los desiertos donde existe vegetacion formando como islotes en medio de la esterilidad de la llanura.

Pampas y sabanas.

A las grandes llanuras, cubiertas de vegetacion, se les dan algunos nombres locales, como *Pampas* en la América del Sur, *Sabanas* á los terrenos abundantes en pastos, etc.

Landas y costas.

Los terrenos llanos y arenosos, de escasa vegetacion, se designan tambien con el nombre de *landas*, y en general todos los terrenos próximos á los bordes del mar se llaman *costas*.

Regiones altas, médias y bajas.

Considerados todos los terrenos planos, cóncavos, y los accidentes de relieve, se consideran como *regiones bajas* aquellas cuyo nivel sobre el Océano no pase de 300 metros: *regiones médias* las que llegan hasta 1000 metros, y *altas* las que pasan de ese nivel. Se llaman *concavidades* las regiones más bajas que el mar.

CAPÍTULO II.

HIDROLOGIA.

Como lo indica su nombre, compréndese en este capítulo lo relativo al estudio de las aguas.

El agua se encuentra en tres estados.

El agua se encuentra al estado sólido en las regiones polares ó en las altas montañas, en estado líquido formando los mares, los rios, lagos, arroyos, etc., y en estado de vapor en la atmósfera.

Hielo y nieve.

Es necesario distinguir las palabras *hielo* y *nieve* que se confunden en el lenguaje vulgar: la voz hielo comprende al agua consolidada por la baja de temperatura en las aguas líquidas, y nieve cuando el fenómeno tiene lugar en la parte alta de la atmósfera, de donde cae en forma de cristales y copos; cuando cae bajo la forma globular ó en otras masas distintas de aquellas, se llama *granizo*, *piedra*, *candelilla*, etc.

Granizo.

Nieves permanentes y transitorias.

El estado sólido del agua puede ser permanente, como acontece en los polos y en las montañas más elevadas, ó transitorio como se observa más comunmente. Para que los hielos sean permanentes, se comprende que es necesario que la temperatura de las regiones donde se encuentran no sea superior á cero grados del termómetro: esta circunstancia se encuentra constantemente en las regiones polares y en las grandes alturas.

Nieves polares.

En las regiones polares ocupa inmensos espacios el agua consolidada, encontrándose así, por la oblicuidad con que á esas regiones llegan los rayos solares. En las altas montañas la nieve es perpetua á causa de la distribucion del calor en la atmósfera: la nieve se presenta compacta ó en granos sueltos sobre las montañas.

Nieves en las montañas.

Siendo diferente la distribucion del calor, segun las latitudes, se comprende que las alturas á que las nieves pueden conservarse perpetuamente, deben variar con las mismas latitudes. Ya vimos que en las regiones polares el agua está constantemente

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

sale hácia el Valle de Tula por un tajo ó canal artificial que se hizo para evitar las inundaciones de la ciudad de México. El terreno del Valle es llano en unas partes, y accidentado por lomas, colinas y cerros en otras.

Valle de Ameca.

Como ejemplo de valle abierto podemos citar el de Ameca, en el Estado de Jalisco, que es atravesado en toda su longitud por el rio Piginto que ocupa su thalweg.

Llano y llanura.

Llano: se llama así á todo terreno más ó ménos horizontal y con pocos accidentes: cuando es bastante extenso se le llama *llanura*. En el Valle de México se encuentran los llanos de Aragon, de Balbuena y otros. Como llanuras podemos citar las del Cazadero y del Bajío en el camino del Interior; las del Tecuan y otras en Jalisco, Aguascalientes, etc.; en los Estados fronterizos existen llanuras de grande extension. En general se llama *llanura* á las regiones bajas colocadas sobre el nivel del mar.

Desiertos.

Se llaman *desiertos* á las regiones planas, de grande extension, cubiertas en general de arenas movedizas y donde no existen poblaciones, ni una vegetacion notable: por comparacion se llaman desiertos á las grandes regiones deshabitadas aunque estén pobladas de vegetacion.

Oasis.

Oasis: son ciertos puntos de los desiertos donde existe vegetacion formando como islotes en medio de la esterilidad de la llanura.

Pampas y sabanas.

A las grandes llanuras, cubiertas de vegetacion, se les dan algunos nombres locales, como *Pampas* en la América del Sur, *Sabanas* á los terrenos abundantes en pastos, etc.

Landas y costas.

Los terrenos llanos y arenosos, de escasa vegetacion, se designan tambien con el nombre de *landas*, y en general todos los terrenos próximos á los bordes del mar se llaman *costas*.

Regiones altas, médias y bajas.

Considerados todos los terrenos planos, cóncavos, y los accidentes de relieve, se consideran como *regiones bajas* aquellas cuyo nivel sobre el Océano no pase de 300 metros: *regiones médias* las que llegan hasta 1000 metros, y *altas* las que pasan de ese nivel. Se llaman *concavidades* las regiones más bajas que el mar.

CAPÍTULO II.

HIDROLOGIA.

Como lo indica su nombre, compréndese en este capítulo lo relativo al estudio de las aguas.

El agua se encuentra en tres estados.

El agua se encuentra al estado sólido en las regiones polares ó en las altas montañas, en estado líquido formando los mares, los rios, lagos, arroyos, etc., y en estado de vapor en la atmósfera.

Hielo y nieve.

Es necesario distinguir las palabras *hielo* y *nieve* que se confunden en el lenguaje vulgar: la voz hielo comprende al agua consolidada por la baja de temperatura en las aguas líquidas, y nieve cuando el fenómeno tiene lugar en la parte alta de la atmósfera, de donde cae en forma de cristales y copos; cuando cae bajo la forma globular ó en otras masas distintas de aquellas, se llama *granizo*, *piedra*, *candelilla*, etc.

Granizo.

Nieves permanentes y transitorias.

El estado sólido del agua puede ser permanente, como acontece en los polos y en las montañas más elevadas, ó transitorio como se observa más comunmente. Para que los hielos sean permanentes, se comprende que es necesario que la temperatura de las regiones donde se encuentran no sea superior á cero grados del termómetro: esta circunstancia se encuentra constantemente en las regiones polares y en las grandes alturas.

Nieves polares.

En las regiones polares ocupa inmensos espacios el agua consolidada, encontrándose así, por la oblicuidad con que á esas regiones llegan los rayos solares. En las altas montañas la nieve es perpetua á causa de la distribucion del calor en la atmósfera: la nieve se presenta compacta ó en granos sueltos sobre las montañas.

Nieves en las montañas.

Siendo diferente la distribucion del calor, segun las latitudes, se comprende que las alturas á que las nieves pueden conservarse perpetuamente, deben variar con las mismas latitudes. Ya vimos que en las regiones polares el agua está constantemente

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

consolidada; y aumentando el calor á medida que se camina hácia el Ecuador, para que la nieve se perpetúe, hay necesidad de que la altura compense lo que influye la latitud: en las costas de la Noruega, las nieves perpetuas descienden hasta 700 metros; en el Himalaya á los 5000. En México existen las nieves perpetuas en el Popocatepetl, en el Ixtlacihuatl, en el Citlaltepetl ó Pico de Orizaba y en el Toluca. Las alturas de estas montañas son, como ántes se dijo, 5400, 4786, 5295 y 4623 metros. El límite de las nieves perpetuas en el Popocatepetl es de 4400 metros de la latitud de 19°20′ N.

Límites de las nieves.

En otras cumbres, como en la Malinche, el Ajusco y el Cofre de Perote se conserva la nieve solamente en una parte del año.

Nieves temporales.

Las grandes acumulaciones de nieve pueden tener un movimiento de descenso, y en este caso se llaman *glaciar* ó *ventisquero*.

Glaciar ó ventisquero.

Un *glaciar* puede tener sus tributarios, y tanto por esta circunstancia, como por el movimiento de descenso, puede compararse en su total á un rio que corre por los valles y cañadas.

Ocupémonos ahora de las aguas líquidas. Ya vimos que una gran porcion de la superficie terrestre está ocupada por los mares; el agua se encuentra tambien en los continentes formando depósitos y corrientes, como en los lagos, arroyos, rios, etc.

Aguas líquidas.

Para facilitar el estudio de las aguas las dividirémos en *marinas* y *continentales*.

Aguas marinas y continentales.

Se llaman *Océanos* á esas grandes porciones de agua que separan á los continentes: las subdivisiones principales son: Océano Atlántico, Océano Pacífico, Océano Índico y los dos Glaciales. Éstos se subdividen en secciones que generalmente se clasifican por su posicion, y así se dice: *Atlántico boreal*, *Atlántico austral*, etc.

Océanos.

Cuando el Océano entra por algun estrecho á llenar las depresiones continentales, á la parte así introducida se le llama *Mar interior* ó *Mediterráneo*.

Mar interior ó mediterráneo.

Se llama *Golfo* ó *Seno* á una parte de mar casi enteramente rodeada de tierra, como se observa en el Golfo de México.

Golfo.

Puerto, es una parte de mar rodeada casi completamente por las costas y resguardada de los vientos, dando abrigo y seguridad á las embarcaciones. *Bahía*, es una entrada ancha de mar donde pueden existir varios puertos. *Ensenada*, es un puerto propio para embarcaciones pequeñas. *Estero*, es una entrada de mar poco profunda, en la cual no pueden circular las embarcaciones. *Surgidero*, es todo lugar donde pueden estar fondeadas las embarcaciones. *Estuario* se llama al punto por donde penetran las aguas marinas, y se retiran en sus oscilaciones de flujo y reflujo. *Canal* ó *estrecho*, es una parte angosta de mar.

Puerto. Bahía. Ensenada. Estero. Surgidero. Estuario. Canal ó estrecho.

Las formas de las costas llevan nombres particulares: así, se llama *Cabo* á una porcion de tierra que se avanza hácia el mar; *Promontorio* si es elevada; *Punta* si es baja y aguda. Se llama *Península* á una parte de tierra rodeada por el mar, á excepcion del lugar por que está unida al continente; *Istmo* es una estrechez de la tierra comprendida entre dos mares.

Cabo, punta, promontorio. Península. Istmo.

A las porciones que están enteramente rodeadas por las aguas marinas, se les llama *Islas*, y á sus agrupamientos *Archipiélagos*.

Islas y archipiélagos.

Las aguas de los océanos tienen ciertos movimientos en determinadas direcciones que se llaman corrientes; las principales son: las *polares*, las *equinocciales* y la del Golfo ó *Gulfstream*. Las primeras provienen de los deshielos de las altas latitudes y van á equilibrar la pérdida de agua que se verifica por la evaporacion en las regiones ecuatoriales: esas corrientes caminan de los polos hácia el Ecuador. La corriente equinoccial se dirige de E. á O. y proviene probablemente del movimiento de rotacion de la tierra. La corriente del Golfo nace ó comienza en el Golfo de México, se dirige por las costas australes de los Estados Unidos del Norte hasta Terranova, y de allí se divide pasando por el Golfo de Gascuña y Canal Inglés hasta el mar del Norte.

Corrientes polares, equinocciales y Gulfstream.

A las corrienles impetuosas que se chocan y forman movimientos de forma circular ó cónica, se llaman *remolinos*.

Remolinos.

Las aguas de los mares están sujetas á movimientos diversos, á efecto de las atracciones del sol y de la luna, y por el impulso de los vientos. De aquí vienen la formacion de *ondas* ó ele-

Movimientos periódicos y accidentales.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ® DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Ondas y olas.

vaciones ligeras y de las *olas*. En las tempestades se agitan las aguas de un modo aterrador, levantándose á grandes alturas y chocando con fuerza extraordinaria.

Mareas, flujo y reflujo.

Se llaman *mareas* á las oscilaciones periódicas que se verifican dos veces al dia, y que elevan y bajan á las aguas marinas: estos movimientos constituyen el *flujo* y *reflujo* de que ántes se habló.

Aguas continentales.
Aguas superficiales.
Aguas subterráneas.

Pasamos á ocuparnos ahora de las aguas continentales, dividiéndolas en *superficiales* y *subterráneas:* á las primeras las subdividimos en *estancadas* y *corrientes*.

En las aguas estancadas considerarémos varias definiciones, teniendo cuidado, como lo hemos hecho ántes, de reunir las denominaciones más usadas en el país, con las más admitidas en la ciencia.

Lagos.

Lago. Se llama así á todo depósito de agua rodeado de tierra en todo su contorno, y que puede estar aislado ó comunicado por canales, ríos, etc., con otros depósitos de aquel líquido. Para que pueda llamarse lago con toda propiedad, es necesario que un depósito de agua tenga una extension considerable.

Clasificacion de los lagos.

Los lagos pueden ser aislados ó comunicados: los primeros son aquellos que ocupan una depresion terrestre y están formados por aguas de lluvias ó manantiales, pero no reciben ni dan aguas de ó para otro lugar. En los lagos comunicados pueden presentarse los siguientes casos: 1º cuando reciben aguas corrientes sin darles salida, siendo depósitos ó receptáculos, como sucede con el lago de Texcoco en el Valle de México; 2º cuando son el orígen de un rio ó de otra corriente, como pasa con el lago de Lerma en el Estado de México, aun cuando dicho lago está formado y alimentado por varias vertientes: 3º cuando reciben y dan aguas corrientes, como acontece en el lago de Chapala en el Estado de Jalisco, pues entra en ese depósito el rio Tololotlan, y sale por otra parte, continuando su curso hácia el Pacífico.

Lagos mexicanos.

Los lagos y lagunas principales de México, son: En Coahuila, Tlahualila ó Caiman, el Muerto y Parras. Entre Jalisco y Michoacan, Chapala. En Chihuahua los de Guzman, el Jaco, San-

ta María, Patos, Castillo y Encinillas. En Michoacan, Cuitzeo y Pátzcuaro. En México, Chalco, Xochimilco, Lerma, Zumpango, Xaltocan, Texcoco y San Cristóbal. En Hidalgo, Metztitlan. En Tamaulipas, Laguna Madre. En Veracruz la de Tamiahua. En Campeche la de Términos. En el Istmo de Tehuantepec la Superior y la Inferior.

Grupos de lagos.

Considerados por regiones los lagos mexicanos, podemos establecer dos grupos; uno está comprendido en una faja de terreno, dirigida de E. á O. entre los 19 y 21° Lat. N.; allí están situados los lagos de los Estados de Veracruz, México, Michoacan, Jalisco y los del Valle de México. En el otro grupo se encuentran los lagos de la region Norte del país, como son los de San Nicolás Palomas, Agua Verde, Santa María y otros.

Lago de Chapala.

De los lagos mexicanos, el más importante es, sin duda, el de Chapala: tiene una forma alargada en el sentido de E. á O.: su longitud es próximamente de 27 leguas y su anchura de $5\frac{1}{2}$: tiene en su centro algunos islotes, y sus riberas son fértiles y pintorescas. En su extremo oriental entra el rio Tololotlan, y sale á corta distancia de la primera embocadura, de suerte que el lago es una especie de inflamiento lateral del rio.

Lagunas.

Llámase *laguna* á depósitos de agua de poca extension, pero con caracteres análogos á los de los lagos. No están bien fijados los límites de extension para establecer la diferencia entre lago y laguna; pero creemos que deben llamarse lagos á los depósitos de agua cuya longitud sea de más de diez leguas y que su anchura pase de cinco. En las lagunas deben establecerse las mismas clasificaciones que en los lagos, es decir, de lagunas cerradas y abiertas ó que reciben y dan corrientes de agua.

Distincion entre lagos y lagunas.

Lagos del Valle de México.

En el Valle de México hay seis depósitos de agua, que por sus extensiones deben más bien clasificarse como lagunas, y son las llamadas Chalco, Xochimilco, Texcoco, San Cristóbal, Xaltocan y Zumpango. El más amplio de esos depósitos de agua es el de Texcoco; su forma es un poco alargada de S. á N., en cuyo sentido tiene $4\frac{1}{2}$ leguas de longitud; su mayor anchura es de 3 leguas. A los depósitos de agua de muy cortas dimensiones y que se forman en la estacion de lluvias se llaman *charcos*.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Cuando las aguas estancadas tienen poca profundidad, de modo que se vea el lodo ó tierra del fondo, que aparece emergida en muchas partes, entónces lleva el nombre de *ciénega ó pantano* este depósito, que tambien se llama lagunazo. En Europa se da el nombre de *Charcas* á los lugares donde las aguas se estancan y que generalmente forman depósitos de turba, y *Almajar* se llama á un sitio bajo en las cercanías del mar, donde se recogen por filtracion las aguas que forman un pantano.

Ciénega, pantano.

Charcas.

Almajar.

En México se llaman *albercas* á depósitos de agua de corta superficie y bastante profundidad, que comunmente sirven de baños.

Albercas.

Pasemos á ocuparnos de las aguas corrientes, las cuales provienen de las lluvias ó de los manantiales: las primeras son de corta duracion, es decir, miéntras se hace el escurrimiento de las aguas de lluvia, y las segundas pueden ser permanentes, temporales é intermitentes.

Aguas corrientes.

Se llama *manantial, fuente* ú *ojo de agua*, al lugar por donde aparecen ó brotan las aguas que circulan por el interior de la corteza terrestre.

Manantial, fuente ú ojo de agua.

A los manantiales se aplican las mismas denominaciones que acaban de decirse respecto de las aguas corrientes; es decir, que pueden ser permanentes ó perennes, temporales ó intermitentes. Los primeros son aquellos que producen agua constantemente; los segundos aquellos que sólo en determinado tiempo la producen, é intermitentes son los que dan agua en tiempos ó períodos regulares, alternando con intervalos en que nada producen. Los períodos pueden ser de diferente tiempo: así hay algunos que sólo dan agua en dos meses del año, otros en tres, etc., pero su repeticion debe ser regular y en tiempos periódicos ó correspondientes.

Manantiales perennes, temporales é intermitentes.

La cantidad de agua que producen los manantiales en un tiempo dado, ó lo que se llama *su gasto*, es variable: en algunos sólo caen muy pocas gotas de agua en una hora, por ejemplo, miéntras que de otros brota un arroyo ó un rio. Algunos manantiales tienen un depósito que puede ser un lago, una alberca, una ciénega ó pantano, etc., y otros no depositan las aguas

Gasto de los manantiales.

á su salida, sino que inmediatamente corren como si provinieran de una cañería.

De diversas maneras se ha procurado explicar el orígen de los manantiales, emitiéndose teorías más ó ménos ingeniosas; pero que muchas de ellas caian bajo el peso de su inverosimilitud.

Orígen de los manantiales.

Algunos observadores supusieron que el agua del mar, por efecto de su propio peso, se infiltraba á través de las rocas formando canales que iban á derramar su contenido á determinados lugares. Esta teoría, que tuvo muchos partidarios en su época, fué despues combatida con razones de gran peso, como la dificultad en la prolongacion de dichos canales á través de las diferentes masas de rocas, la pérdida total del cloruro de sodio de las aguas del mar para producir aguas dulces, etc. Con objeciones igualmente poderosas se destruyeron otras teorías establecidas para explicar el fenómeno de que tratamos.

Al fin presumióse que las fuentes provendrian de las mismas aguas pluviales que infiltrándose á través de las rocas, formarian pequeños arroyuelos, que reuniéndose, desembocarian en un lugar propicio para formar un manantial. Numerosas observaciones verificadas en diversos países y terrenos, hacen que esta teoría satisfaga para explicar el orígen de los manantiales.

Teoría adoptada en la actualidad.

La verificacion de esta teoría la vemos en muchas localidades del país. En efecto, al pié de las montañas de pórfido que tienen masas resquebrajadas ó divididas en cuartones, ó en montañas de rocas absorbentes, se ve que el agua se va filtrando hasta reunirse y desembocar en determinado punto. Para adoptar esta explicacion, es necesario atender á que, si bien existen manantiales en las montañas, estas aguas pueden provenir de las absorbidas en otras elevaciones aunque estén distantes.

Las comparaciones hechas entre las cantidades de agua que caen sobre la cuenca de algunos rios y la que éstos conducen en determinados tiempos, apoya en todas sus partes esta explicacion que hoy se admite sobre el orígen de las fuentes, como puede verse en varios tratados de Hidrografía, y más especial-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

mente en el que escribió el abad Paramelle, al dar las reglas para descubrir los manantiales ó fijar los lugares más propicios para encontrar á pocas profundidades las aguas subterráneas.

Aplicacion de la teoría.

En cuanto á la verificacion de esta teoría, para México, encontramos muchos manantiales, como ántes se explicó, al pié de las montañas y aun á distancia de ellas. Por lo regular los ojos de agua aparecen en los thalwegs ó en sus cercanías, y las excepciones á este caso deben explicarse por trastornos en el interior de las capas terrestres, como se hará notar al tratar de las aguas subterráneas.

Hay un caso que con frecuencia se repite en México, y es que cuando se encuentran colinas ó cerros aislados en el interior de un valle, existen manantiales á su pié, y generalmente son termales. Este caso se ve confirmado en el Peñon y en Chapultepec, en el Valle de México, en Aguascalientes, en Ciénega de Mata, en Ojocaliente de Zacatecas, y en otras varias localidades. Igual caso se presenta con frecuencia cuando una cordillera de montañas termina en un contrafuerte aislado ó en un acantilado, y tambien al pié de los contrafuertes laterales prolongados. La explicacion de estos hechos puede darse, á nuestro juicio, de dos maneras: una considerando que la colina ó cerro aislado viene á ser una salida ó mamelon correspondiente á las pendientes que comunican subterráneamente á otras montañas, y allí vienen á desembocar los conductos por donde circulan las aguas absorbidas: la otra explicacion consiste en suponer que al contacto de las pendientes del cerro interpuesto en el valle, quedan cortadas las estratificaciones de las rocas sedimentarias que constituyen el valle, y por cuyos planos de estratificacion circulan las aguas.

Aguas corrientes.

Hechas esas observaciones sobre los manantiales y su orígen, vamos á referirnos á las aguas corrientes.

Rios, riachuelos, arroyos é hilos de agua.

Rios. Se llaman así á las mayores corrientes de agua que surcan los continentes, y las cuales desembocan en los mares, en otros rios ó en los lagos: se llaman *riachuelos* á los rios de menor importancia; *arroyos* á los que siguen á éstos en escala descendente; en seguida vienen los *arroyuelos*, y al fin las corrientes casi inapreciables que se llaman *hilos de agua.* En realidad no están bien marcados los límites para establecer las definiciones citadas, que más bien se aprecian por comparaciones. Entre los rios hay algunos de muy notable magnitud, como el Amazonas, el Mississippi, etc., que se llaman *grandes rios.*

Sin detenernos á señalar esas grandes corrientes de agua que se hallan en los Estados Unidos de América, en la América del Sur, en Europa, en África, etc., señalarémos solamente los principales rios de México, para seguir dando á este tratado de Geología el interes local que debe tener.

Rios de México.

La clasificacion de los principales rios mexicanos está así establecida en la obra de Geografía del Sr. García y Cubas:

RIOS.	Estados en que se encuentran.	Su extension en leguas.	Puntos en que desembocan.
Bravo.....	Chihuahua, Coahuila y Tamaulipas.....	548	Golfo de México
Pánuco.....	Tamaulipas.....	120	id.
Alvarado.....	Veracruz.....	87	id.
Coatzacoalcos.....	Idem.....	87	id.
Grijalva.....	Tabasco.....	132	id.
Osumacinta.	Id.....	131	id.
Rio Yaqui....	Sonora.....	150	Golfo de Californias.
Rio Mayo....	Id.....	74	id.
Ures.....	Id.....	100	id.
Fuerte.....	Entre Sonora y Sinaloa.....	130	id.
Culiacan.....	Sinaloa.....	60	id.
Sinaloa.....	Id.....	100	id.
Balsas.....	Guerrero, Michoacan y México.....	164	Océano Pacífico.
Mezquital.....	Durango y Jalisco.....	115	id.
Nazas.....	Durango.....	81	Laguna de Parras.
Ameca.....	Jalisco.....		Pacífico.
Lerma ó Tololotlan.....	México, Michoacan, Guanajuato y Jalisco.....	208	Id.

Rios principales y afluentes.

Los rios que desembocan en los mares deben llamarse principales, y los que desembocan en éstos se llaman *afluentes* ó *tributarios*: en los riachuelos ó arroyos se consideran tambien algunos ejes principales, atendiendo á su extencion y caudal de sus aguas, y á los laterales se llaman *afluentes.*

Desembocadura y delta.

Cuando un rio entra al mar por una sola boca, se llama á ésta *desembocadura*, y cuando lo hace por varias, se llama *delta* al

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

conjunto, como se observa en el Mississippi en la América del Norte; se llama *ria* al espacio de la desembocadura de un rio hasta donde comienzan las mareas.

Lecho, riberas y vegas.

La cavidad que ocupan normalmente las aguas de un rio se llama su *lecho*, *álveo* ó *madre*, y por esto en las grandes crecientes de los rios, en que se extienden sus aguas fuera del lecho, se dice que *salieron de madre*. Las orillas de los rios se llaman sus *riberas*, *márgenes* ó *vegas*, aunque estas últimas se consideran con cierta extension, y las primeras se refieren más bien á las líneas límites que besan las aguas. Si las riberas son de pendientes rápidas se llaman *ribazos*.

Ribazos.

Cuenca hidrográfica.

Antes se dijo ya lo que se llamaba *cuenca hidrográfica*, y conviene hacer notar aquí que con especialidad se considera con aquel nombre al conjunto de un gran rio y sus ramificaciones.

Torrente, salto y catarata.

Las palabras *torrente*, *salto*, *cascada* y *catarata*, se refieren, el primero á una corriente que viene despeñándose por los accidentes de una montaña, y *cascada* cuando las aguas se doblan, por decirlo así, al encontrar un cambio de nivel: si es un rio el que se precipita así, entónces á este accidente se llama *salto* ó *catarata*.

Muy notable es el salto del Niágara que se encuentra entre los Estados Unidos del Norte y el Canadá. Al precipitarse el agua en esos desniveles forma los más vistosos y variados efectos: cuando la altura es considerable el manto de agua se divide en hilos y aun en gotas pequeñísimas que forman masas de vapor, donde se descompone la luz, produciendo elegantes arco-íris, cuando los rayos solares presentan una inclinacion conveniente.

En México, cuyo territorio es tan accidentado, se encuentran en muchas localidades las cascadas y saltos: son muy notables, entre otros, la Cascada de Regla, en el Estado de Hidalgo; la Zararacua, en Michoacan; el Salto de Juanacatlan en Jalisco, el de San Anton en Morelos, etc.

De la Cascada de Regla damos una vista en la lámina adjunta, tanto para presentar un ejemplo importante del accidente

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

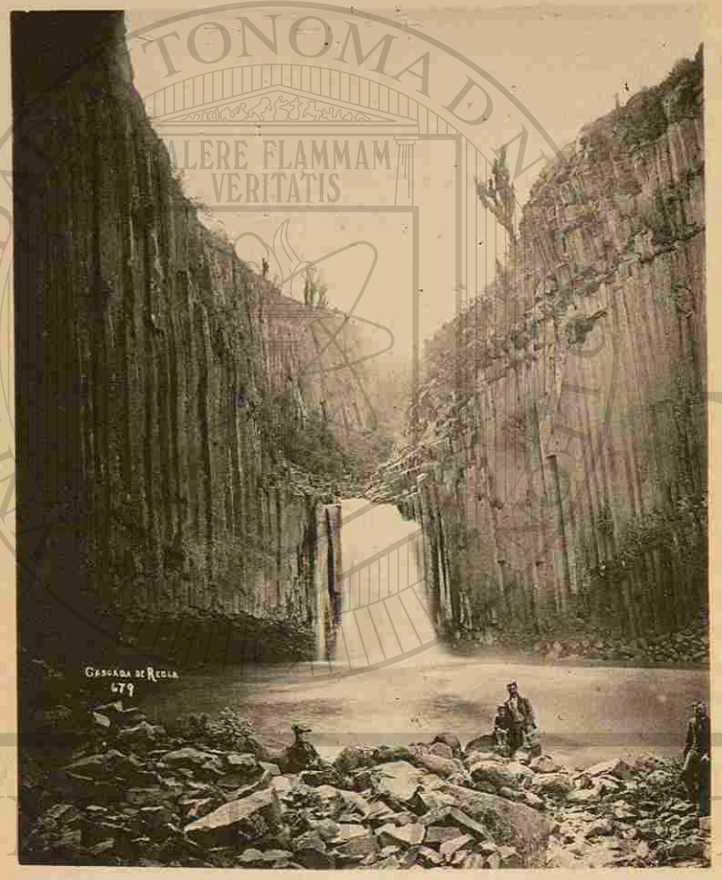


Photo. E. Bernard et Ce 71, rue Lacondamine.

CASCADA DE REGLA

de que nos ocupamos, como para mostrar una formacion de basaltos columnares de que se hizo mencion al hablar de esa roca.

Descripcion de la Cascada de Regla.

La Cascada de Regla ha sido descrita en el Informe de la Comision Científica de Pachuca, año de 1865; de ese Informe tomamos los siguientes datos: "La Cascada, distante mil metros de San Miguel de Regla, se encuentra en el rio de Huazcazaloya, aumentado con las aguas del Izatla, Ojo de Agua, San Gerónimo y San José. Antes de la cascada las aguas corren por un hondo cauce en medio de la llanura. Aquí se encuentran ya las columnas basálticas que se ven en las Navajas; guardan diversas inclinaciones y son de menor diámetro y longitud. Repentinamente el rio se ahonda y ensancha, formando un vasto y profundo anfiteatro que parece hecho á propósito para mirar ampliamente la cascada. El anfiteatro se halla cercado en toda su extension por altísimas columnas que se elevan verticalmente desde el fondo del rio hasta el nivel del llano. El anfiteatro tiene en su mayor longitud doscientos treinta y cuatro metros; su anchura cerca de la cascada, es de ciento diez y seis metros, y la mayor en el centro, de doscientos doce. La altura de las columnas al Poniente es de veinticinco á treinta y cuatro metros, y cerca de la cascada de veinticuatro. Al Oriente, las columnas cerca del salto se elevan hasta treinta metros, y despues varian entre veinticinco y treinta y cinco metros. La altura de la cascada es de seis á siete metros. La forma general de las columnas basálticas es cuadrangular."

Formacion de las cascadas.

Por esta noticia se ve que esta cascada no es importante por la altura á que el agua se despeña, sino por el caudal de la caida y por la formacion basáltica en que se encuentra. Las cascadas y saltos pueden formarse, tanto porque el terreno haya presentado desde un principio esa quiebra ó accidente por donde el agua se precipita, como por la accion erosiva de ésta, que puede gastar á la roca formando el desnivel por donde pasa.

En México se dan varios casos de este género, especialmente cuando se encuentran sobrepuestas dos formaciones de roca de

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

diferente dureza, como acontece en la hacienda del Salto, donde termina el tajo de Nochistongo á la entrada del valle de Tula, y en el Salto de San Anton cerca de Cuernavaca.

Caida de agua en la hacienda del Salto.

En la hacienda del Salto se ve una formacion basáltica, tendiendo á la forma columnar, y descansando sobre capas de toba y de marga; el agua cae de una altura de cerca de 12 metros, dividiéndose en varios chorros que se rompen en las desigualdades de las masas basálticas. En este salto se ve que el desnivel se ha formado por la accion erosiva del agua sobre la roca más blanda que sostiene el basalto; por esta causa la masa de basalto va quedando volada como una corniza, y acaba por caer; verificado este hecho, vuelve el agua á minar la base del corte donde está la roca más blanda, y vuelve á caer una nueva masa de basalto; así es que el orígen de la caida va retrocediendo con el tiempo.

Salto de San Anton.

El Salto de San Anton en Cuernavaca presenta dos formaciones diferentes, como el anterior, de las mismas rocas que éste y en igual órden de sobreposicion. En San Anton la formacion basáltica está constituida por prismas bien desarrollados, con seccion pentagonal, como se ve en la lámina adjunta. El chorro de agua cae en una barranca profunda y de paredes aproximadas, que en su mayor parte están cubiertas de exuberante vegetacion; en el borde de la caida hay un árbol de higuera (*ficus*) que emite un hacecillo de gruesas raíces en direccion del chorro, y las aguas le toman por guía adhiriéndose á él hasta caer al fondo del arroyo. La altura de la caida es de cerca de 40 metros, y hácia la mitad de esta distancia hay una gruta, cavada sobre la toba, desde donde puede verse el cauce del arroyo en una grande extension.

Salto de Juanacatlan.

En el Salto de Juanacatlan, la cortina de agua llega hasta 146 metros de longitud y su caida es de 17 metros. Se precipita en una grada de basalto escorioso, cuyos accidentes favorecen la division de las aguas formando borbotones de blanca espuma que embellecen más aquel magnífico salto.

Aguas subterráneas.

Aguas subterráneas son aquellas que circulan entre las capas terrestres. Las aguas pluviales al caer sobre la tierra corren

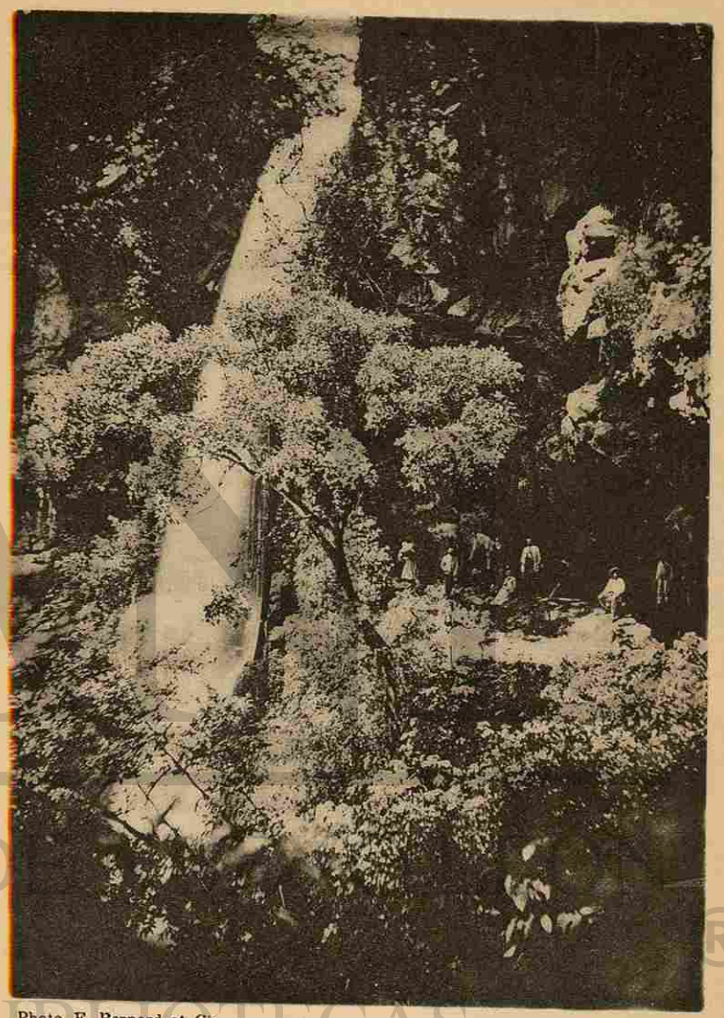
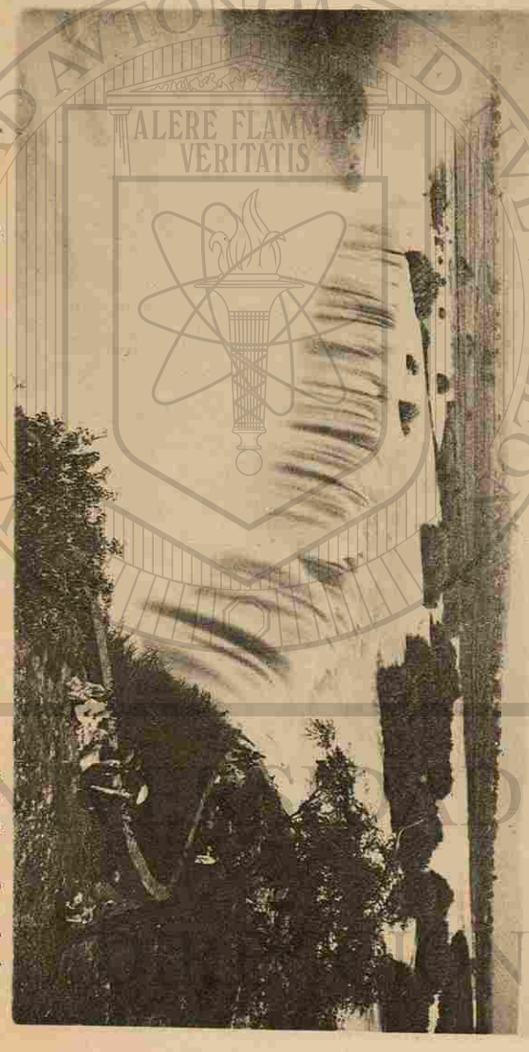


Photo. E. Bernard et Cie 71, rue Lacondamine.

SALTO DE SAN ANTON

ESTADO DE MORELOS. — MÉXICO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



SALTO DE JUANACATLAN

ESTADO DE JALISCO. — MÉXICO

Photo. E. Bernard et Cº

Paris, 71, rue Lacondamine.

unas sobre las superficies, otras penetran en las rocas y otras se evaporan, sea directamente ó por medio de las plantas. Las aguas que penetran las masas de rocas son las que van á formar las corrientes subterráneas, como se dijo al hablar del orígen de los manantiales.

Division de las aguas pluviales.

Se comprende que la cantidad de agua absorbida varía con la naturaleza y forma de las rocas, con las inclinaciones de las superficies, con el revestimiento que puede cubrirlas, como la vegetacion herbácea ó arborescente, etc., etc.

La cantidad de agua absorbida varía segun las rocas.

El agua absorbida puede ir descendiendo bajo la forma de pequeñas gotas; éstas se unirán para formar hilos de agua que á su vez puedan asociarse y formar corrientes bajo la tierra, como se observa al exterior despues de una lluvia.

Formacion de las corrientes subterráneas.

Las formas y volúmenes de las corrientes y depósitos subterráneos, dependerán de la naturaleza de las rocas que les dan paso y los contienen. Si nos referimos, p. e., á una masa de rocas estratificadas, las aguas correrán sobre sus superficies, y al encontrar los planos de estratificacion, se introducirán allí y seguirán su curso por las grietas que aquellos les presenten; si un nuevo plano ó resquebrajadura corta aquella direccion, el agua continuará su camino por la segunda grieta y así sucesivamente. En las rocas no estratificadas las aguas seguirán las hendeduras de los planos de separacion que dividen á las masas en *blocs* ó cuartones, como ántes se ha hecho notar respecto de los pórfidos.

Rocas permeables é impermeables.

En ese paso de las aguas á través de las rocas, es claro que influye en el más alto grado el estado de porosidad ó de impermeabilidad de las masas, y sobre estas propiedades debe fijar su atencion el hidróscopo.

Si una capa de agua va pasando con dificullad por un plano de separacion entre dos rocas impermeables, y uno de esos planos, por la alteracion de la roca ú otra causa, se hace permeable, es claro que la corriente se filtrará é irá á seguir su curso sobre otro plano, grieta ó cualquier paso que le facilite más su circulacion.

Alternacion de capas de diferente permeabilidad.

Este estudio de las aguas subterráneas es de la mayor utili-

Aplicacion de la Geología al estudio de aguas subterráneas.

dad para el agricultor, y puede considerarse como una de las más importantes aplicaciones de la Geología á la agricultura.

Apoyado en sus vastos conocimientos geológicos y topográficos el célebre abad Paramelle, podia señalar con mucha seguridad sobre un mapa, el lugar donde debian encontrarse los manantiales ó aguas poco profundas en los terrenos correspondientes, causando admiracion la exactitud de sus determinaciones.

En las consideraciones que vamos á exponer tomarémos por guía la obra de aquel célebre hidrólogo, y citarémos ejemplos observados en el territorio mexicano.

Las aguas superficiales indican las direcciones de las interiores.

El estudio de las corrientes exteriores ó superficiales sirve de guía para el de las aguas subterráneas, y así deben observarse con toda atencion las líneas que aquellas siguen en su curso, así como las direcciones de los *thalwegs* principales y secundarios, para buscar el curso que siguen las corrientes bajo tierra, que en el mayor número de casos puede considerarse como la proyeccion de las primeras.

Regla Paramelle.

Paramelle ha fundado la siguiente regla: Con pocas excepciones, *en cada valle, cañada, garganta, desfiladero ó pliegue de terreno existe un curso de agua aparente ó interior.* Para que el curso de agua visible pueda correr sobre el terreno, es necesario que le sostenga un terreno impermeable que le impida filtrarse: esta consideracion debe aplicarse á la corriente subterránea, y por esto hay necesidad de observar con cuidado la naturaleza de los terrenos que se estudian, si son aluviones, arenas, arcillas, etc., así como el estado de agregacion de sus partes constitutivas.

Circunstancias que se necesitan para que se sostenga una corriente.

Datos para buscar las aguas subterráneas.

Los datos principales en que debe fijarse un investigador al buscar los manantiales ó las corrientes poco profundas, son la naturaleza de las rocas, como se ha dicho, y las circunstancias topográficas del terreno.

Fijarse en la naturaleza de las rocas y en su estratigrafía.

Respecto á lo primero se ha indicado ya lo necesario, repitiéndose aquí que deben observarse con el mayor cuidado las circunstancias estratigráficas de las rocas, determinando las direcciones, accidentes, etc., de los planos de estratificacion, de separacion, de ruptura, etc., cuyas circunstancias unidas á las de

la naturaleza de las rocas, darán el conocimiento relativo al poder de absorcion y sus circunstancias dependientes. En lo relativo á la configuracion topográfica, deben observarse las formas, inclinaciones y relaciones recíprocas de los accidentes exteriores.

Formas exteriores.

Consideraciones sobre cañadas.

Para proceder en órden considerarémos primero las concavidades estrechas de terreno, pasando despues á las más amplias, hasta las llanuras. En una cañada angosta ó ancha puede existir un solo thalweg, ó un principal con sus secundarios ó afluentes. Si los thalwegs son iguales en su confluencia, debe existir el manantial ó corriente poco profunda, y si desiguales, en el más profundo, que será el receptor de las corrientes de los otros.

Caso de un circo.

Si el terreno formare un circo, las corrientes subterráneas correrán como los radios de un semicírculo y el agua tendrá su menor profundidad en el centro del circo. El punto central de un circo está siempre al pié de la pendiente rápida y semicircular que le forman las paredes.

Inflexiones de los thalwegs.

En los thalwegs, sea de cañada ó de valles, se observa que forman inflexiones al acercarse á recibir un thalweg afluente, y en esas inflexiones es en donde el agua se acopia y puede formar el manantial ó hallarse á poca profundidad: en las investigaciones deben atenderse muy cuidadosamente tales inflexiones.

Lugar en que comienza el thalweg en una cañada, y orígen del manantial.

Partiendo del fondo de una cañada, ó pliege de terreno, ó centro de un circo, el thalweg comienza á dibujarse, la pendiente del fondo de la cañada se suaviza, y la fuente que tiene ya un cierto volúmen, sigue siempre el thalweg del valle, sea que forme una línea casi recta ó aun tortuosa. Esta es otra regla establecida por el abad Paramelle, y agrega: así es como se forman y marchan las fuentes en el orígen de todas las cañadas, tanto principales como secundarias.

Al pié de un terreno escarpado, cuya base limita al plano del terreno, se encuentra generalmente un manantial. Esta regla la vemos confirmada en muchas localidades mexicanas. Las montañas acantiladas de pórfido forman barrancas ó circos, y en el terreno plano que está á su pié aparece el manantial, ó á corta distancia donde comienza á dibujarse el thalweg.

En los valles amplios habrá que atender á las direcciones ge-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Casos de los valles amplios.

nerales de las pendientes y á sus relaciones con las montañas que los limitan. Cerca de ellas es en donde se ven con frecuencia los manantiales, así como á lo largo de los thalwegs, especialmente en las inflexiones, ó cerca de su desembocadura.

Causas que se oponen á la verificacion de las reglas.

Estas son en general las reglas que deben seguirse para conocer los lugares donde pueden existir los manantiales, así como los puntos donde deben abrirse los pozos para encontrar las aguas subterráneas á menor profundidad y en más abundancia.

Se comprende que numerosas causas pueden influir para establececer excepciones á estas reglas, como son la naturaleza de las rocas, las relaciones de ellas, las formas y pendientes de las montañas, la existencia de accidentes subterráneos que desvien las corrientes, etc.; pero los conocimientos geológicos darán mucha luz en las investigaciones, para determinar las seguridades de encontrar las aguas ó las causas que formen las excepciones respecto á las discordancias que pueden existir entre las direcciones de los thalwegs superficial é interno. Paramelle cita los tres casos siguientes:

Tres casos de discordancia en los thalwegs superior é interno.

1º Por la estratificacion de los ribazos ó lados del valle. 2º Por las obras artificiales que hubieren desviado la direccion natural del thalweg. 3º Por la desviacion que el ensanchamiento de las corrientes puede efectuar en las grandes avenidas.

La discordancia en el primer caso ocurre cuando las rocas que forman los dos lados del valle tienen su estratificacion concordante y presentan inclinaciones diferentes: si se examina este caso, se verá que los planos de estratificacion de la pendiente más suave van á quedar bajo los planos de la pendiente más fuerte, y la interseccion superior que forma el thalweg visible, no puede coincidir con el thalweg subterráneo, y en este caso el curso de agua pasa al pié del lado más rápido. Esta causa explica por qué algunas veces no aparece un manantial en el medio de la desembocadura de la cañada que lo conduce, sino dislocado hácia uno de los lados ó al pié de algun acantilado.

Paso de corrientes á un valle inmediato.

Puede tambien acontecer que la corriente subterránea se pase á un valle inmediato abandonando el que la conduce, y este

caso puede suceder: 1º, cuando ambos valles están separados por una colina, cuyas rocas desagregadas ó porosas, ofrezcan mayor facilidad al paso de la corriente que la del conducto por donde circulaba: 2º cuando los planos de estratificacion de la colina interpuesta han sufrido levantamientos ó hundimientos: 3º cuando esos planos se levantan á través del valle y forman un dique que se prolonga hasta el valle vecino.

El segundo caso de los enunciados, es decir, el que se refiere á trabajos artificiales, se comprende fácilmente, y deben observarse las causas de la desviacion y buscar la direccion primordial del thalweg.

El tercer caso puede acontecer cuando las corrientes en sus avenidas salen de madre y forman atierres y hacen excavaciones que las obligan á seguir otro camino distinto del alineamiento natural del thalweg.

Hay pues necesidad de observar cuidadosamente los thalwegs para ver si siguen su direccion natural ó si han sido cambiados por las causas expresadas; y para descubrir si hay discordancia, se tienen que considerar las inclinaciones respectivas de las dos pendientes que forman el valle ó cañada, y determinar la línea de interseccion que es el thalweg natural.

Modo de reconocer la direccion natural del thalweg.

Sucede á veces que la direccion del thalweg subterráneo es marcada por la salida accidental de las aguas que conduce, cuando éstas no pueden estar todas ellas contenidas en el cauce ordinario. Muchas veces esa línea está señalada por la posicion de ciertos pozos ó resumideros naturales, que en Francia se llaman *vetoires*, y por los cuales desaparecen con rapidez las aguas pluviales. Estos pozos son como lumbreras de las galerías subterráneas por donde circulan las aguas. Ejemplos de estos *vetoires* se ven en el llano de Chavarría cerca del Mineral del Doctor, en el Estado de Querétaro.

Puntos en que las corrientes están á menor profundidad.

Expuesto lo anterior, debe comprenderse desde luego que si la situacion del thalweg visible puede indicar la direccion del subterráneo, esto no exige que ambos sean en todos los casos paralelos y estén afectados de los mismos accidentes; por consiguiente hay que resolver los dos problemas relativos á escoger

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Problemas relativos á la busca de aguas subterráneas.

los puntos en que las aguas subterráneas estén á menor profundidad y en donde deben ser más abundantes.

Cuatro casos del primer problema.

Respecto del primer problema, Paramelle indica los casos siguientes: las aguas tienen su menor profundidad: 1º *en el punto central del primer pliegue del terreno donde se reunen, sobre el plano elevado, todos los hilos de agua que forman el principio de la corriente subterránea;* 2º *el centro del circo donde comienza;* 3º *la parte baja de cada pendiente del thalweg visible;* 4º *las cercanías de su desembocadura.*

Primer caso.

Examinando el primer caso, se deduce, que si una fuente subterránea tiene su orígen en un plano elevado, el punto ménos profundo á que se encuentre debe ser aquel donde convergen y se reunen los hilos de agua que la forman. Este punto está hácia el medio del pliegue de terreno en que comienza á aparecer el thalweg. Podríase practicar el pozo un poco hácia abajo sobre el thalweg donde se encontrará la corriente, y aun será más rica si otro pliegue del terreno llevase allí sus aguas, y será más profunda á causa de que las dos pendientes del terreno siendo ya más rápidas, llevarán las aguas pluviales sus escombros sobre aquel punto.

Segundo caso.

Al tratar del segundo caso se comprende con facilidad que en un terreno que tenga la figura de un circo el punto ménos profundo de sus aguas estará en el centro de figura, adonde convergen las corrientes parciales. Practicando la excavacion hácia abajo sobre el thalweg, se encontrará la corriente, aunque á mayor profundidad.

Tercer caso.

En el tercer caso se recomienda hacer la perforacion en la parte baja de las pendientes del thalweg visible, porque allí se encontrará el agua á ménos profundidad, sobre todo en el caso de que un dique ó banco de roca más dura atravesare una cañada, pues en este caso habrá un depósito grueso de terreno detrítico hácia la parte alta, que habria necesidad de perforar hasta ponerse á nivel del otro lado del dique. El hecho tan frecuente de que los ojos de agua aparezcan al pié de las pendientes, viene á confirmar esa regla.

Los hechos que se presentan contrarios al caso de que nos

ocupamos son muy raros, y debido principalmente á la posicion de rocas impermeables que detienen el descenso de la corriente y la obligan á abrirse paso sobre la pendiente del terreno.

Excepciones. del tercer caso

Cuarto caso.

El cuarto caso se refiere á las desembocaduras de las cañadas á un thalweg, ó corriente permanente, porque es el lugar de término de las corrientes superiores é inferiores, y se puede hacer la perforacion un poco arriba de la desembocadura, siempre que la pendiente del fondo de la cañada sea suave.

Por esto se ve que se practican pozos cerca de los lechos de las corrientes, y el agua que allí se descubre es de la que conduce el thalweg que va á desembocar en el principal.

Plantas que caracterizan la tierra húmeda y las que señalan las aguas subterráneas.

A veces se sirven los investigadores de la presencia de ciertas plantas, para conocer que el agua subterránea no se encuentra á grande profundidad. En estas observaciones debe tenerse en cuenta que algunas de estas plantas se conforman con sólo la existencia de la tierra húmeda, sin que exista corriente á poca profundidad. La situacion natural de ciertas plantas en los thalwegs, en los circos, en la parte baja de las pendientes, sí puede ser un indicio más probable, y esto concuerda con las reglas que acaban de darse.

En México, especialmente en las tierras calientes, indican las tierras húmedas los musgos, las hepáticas los helechos y las begonias, especialmente en los paredones y acantilados de las cañadas y arroyos.

Las plantas que generalmente se hallan sobre los thalwes que conducen el agua á poca profundidad, son en las tierras elevadas los *sabinos* ó *ahuehuetes* (Taxodium disticha), y los *sauces* y *jarales* ó *jarillas de flor blanca*. En las tierras calientes son más comunes los *carrizos* (Arundo), *sauz* (Salix), *Higuera*, *Camichin*, *Zalate*, *Amate* (diversas especies de Ficus); una bignonia arborescente llamada impropiamente sabino (Bignonia biminalis); el jaral amarillo (Litrum flavum), que no debe confundirse con el *Senecio vernus*, que crece en diversos terrenos; varias aroídeas como las llamadas *colomos*, *mafafas* y otras.

En el Valle de México se ven los sabinos en los ojos de agua y sus cercanías, como se nota en Chapultepec, en Santa Fe y en

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ® DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

otros lugares en donde mana el agua. En otras localidades aparecen esos árboles marcando desde léjos el curso de los rios y arroyos, sean permanentes ó temporales. Esta misma observacion puede hacerse de las *higueras* y *sauces* en las tierras calientes, y con frecuencia se ve el manantial al pié mismo de los árboles.

Determinacion de los puntos donde se encuentra el agua en mayor cantidad.

Viene ahora el segundo problema, el relativo á determinar los puntos en que las aguas subterráneas se encuentran en mayor cantidad. Al tratar este asunto debe considerarse que una corriente va aumentando el caudal de sus aguas con los afluentes que recibe, desde su orígen hasta el punto de desembocadura; pero hay que tomar en cuenta los casos que pueden presentarse al paso de la corriente por las rocas permeables é impermeables, pues en el primer caso las aguas pueden concentrarse, y en el segundo extenderse, sobre todo al entrar en los terrenos de acarreo.

Debe elegirse el pié de una pendiente.

Por estas consideraciones se comprende que al pié de una pendiente, donde el agua tiene la menor profundidad, debe tener tambien mayor cantidad, porque al atravesar los bancos de roca compacta de una pendiente, camina generalmente por un solo conducto, y al entrar en el terreno del plano encuentra por lo regular las capas de acarreo ménos comprimidas, donde la corriente se ensancha.

A lo largo del thalweg.

Cuando por alguna circunstancia no puede practicarse la excavacion precisamente en el lugar recomendado, se hará á lo largo del thalweg, procurando, en cuanto sea posible, acercarse al pié del descenso como se dijo.

Corrientes extendidas.

En algunos terrenos planos las aguas subterráneas se hallan extendidas en capas extensas, y en donde quiera que se perfore se puede encontrar el agua.

Circunstancias necesarias para que las aguas se extiendan.

Para que los terrenos presenten estas circunstancias es necesario, segun Paramelle, que reciban de las cañadas relacionadas á ellos, una ó muchas corrientes considerables; que el terreno esté formado hasta cierta profundidad de guijarros, matatenas y arena, que permitan al agua extenderse con libertad; que exista bajo el terreno flojo una capa impermeable, paralela á la superficie y de una grande extension.

Series de capas de aguas subterráneas.

Como estas circunstancias pueden repetirse á la profundidad, se comprende que pueden existir dos ó más capas que se pueden aprovechar en una perforacion, y generalmente acontece que así se obtenga mayor cantidad de agua. Tambien puede suceder que las corrientes formen mallas ó arroyos bajo las capas terrestres, y en este caso se pueden obtener resultados muy diferentes en perforaciones que se practiquen á cortas distancias: este caso se presentará cuando no se extiendan regularmente las capas permeables y las impermeables ó que sus materiales no estén colocados uniformemente.

Division en mallas y arroyos.

Ejemplos de la extension general de las capas de agua y de la subdivision en arroyos, encontramos en el Valle de México y en otras localidades del país.

Ejemplos de estos casos en el Valle de México.

El Valle de México, de que ántes se hizo mencion, es un valle cerrado y circundado por montañas que tienen cañadas de diversas profundidades; debajo circnlan las aguas subterráneas que en algunos puntos aparecen á la superficie formando manantiales, á veces de consideracion, como los que se aprovechan para el surtimiento del agua en la capital; otra parte de esas aguas se extienden en diversas capas paralelas, que en las perforaciones artesianas se van cortando, porque existe esa serie de capas permeables é impermeables, colocadas unas sobre otras. Las aguas subterráneas se encuentran en este Valle á muy poca profundidad de la superficie del suelo, y extendidas uniformemente. Las capas brotantes presentan en algunos puntos de la ciudad y fuera de ella, el caso de distribucion irregular de que se ha hecho mencion. En las manzanas que comprenden las calles de Santo Domingo se ha dado el hecho de que en una casa se ha practicado uno pozo artesiano á corta profundidad, y en otra vecina ha habido necesidad de hacer una excavacion profunda para encontrar una regular cantidad de agua. En las poblaciones se presenta con frecuencia el caso de que en unos barrios el agua de los pozos es buena, y en otros no se puede utilizar para los usos domésticos. Este hecho es muy notable en la ciudad de Guadalajara, y en algunos barrios alternan las casas donde hay pozos de agua potable y de agua mala.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Esta circunstancia se explica por lo que hemos dicho de las diversas corrientes subterráneas, que á semejanza de las superficiales tienen sus caminos determinados para circular.

Mencionadas estas aplicaciones de los casos citados, seguirémos examinando los que faltan por considerar.

Los thalwegs exterior y subterráneo pueden no ser paralelos.

En los terrenos planos que tienen una corriente exterior, sea temporal ó permanente, el curso que ésta sigue es por lo regular mucho más sinuoso que el thalweg invisible, á causa de los escombros y otros accidentes que pueden perturbar al primero. Esta consideracion debe tenerse en cuenta al escoger el punto donde convenga practicar una perforacion, pues no siempre podrá situarse exactamente sobre el thalweg superior. En el caso de que el punto que se juzga más conveniente esté sobre este thalweg, hay necesidad de dar artificialmente otro curso á la corriente exterior para que no atierre la perforacion.

Desviacion artificial del thalweg superior para perforar en su curso.

Casos en que no se puede perforar el terreno en los puntos indicados.

Cuando el curso del thalweg exterior ó los otros puntos indicados como más convenientes para las perforaciones, no estuvieren en la propiedad del que quiere utilizar el agua subterránea, ó que dichos puntos se hallen muy lejanos de la habitacion ó del lugar donde se necesita el agua, las perforaciones deben practicarse sobre los thalwegs secundarios, conformándose hasta donde sea posible, á las otras reglas establecidas sobre confluencias, pié de las pendientes, etc. Si el thalweg secundario se ha borrado de la superficie del terreno, se tomarán por direccion, el punto donde se pierde al encontrar la cañada al terreno plano, y el punto de confluencia con la corriente principal señalado por las inflexiones de que se ha hecho mérito.

Acueducto de Guadalajara.

Como un caso muy notable del aprovechamiento de las aguas subterráneas, buscadas en un lugar conveniente, citarémos los acueductos que surten de agua á la ciudad de Guadalajara.

Para surtir de agua á la ciudad, mandó practicar Fr. Pedro Buceta varias series de pozos comunicados por galerías, y que convergiesen todos á un centro comun que sirvió de receptáculo; de este punto se desprende el acueducto que lleva una agua excelente y en regular cantidad á Guadalajara.

Los pozos se hicieron en unas lomas lejanas que se hallan al

Occidente de la ciudad, y por donde pasan los corrientes subterráneas que vienen de los cerros del Colli, el Huiluste, Ocotan, y otros; las pendientes y cañadas de estos cerros tropiezan en la formacion aluvial que ocupa el valle de Guadalajara. Esta obra se emprendió en el año de 1731.

En todo lo anterior nos hemos referido á las corrientes subterráneas que circulan por los valles y cañadas, y nos faltan algunas consideraciones relativas á las que existen en las montañas.

Fuentes en las montañas.

Se comprende desde luego que la forma de una montaña, y sobre todo, la de su cúspide, puede influir notablemente para que existan corrientes subterráneas ó manantiales en su parte superior ó en sus flancos.

Si la cúspide tiene una forma afilada ó aguda, no podrá existir en ella alguna fuente, y si en algunos casos se encuentran depósitos de agua en ellas, son debidos á las aguas pluviales que pueden estancarse en las oquedades ó depresiones de las rocas impermeables.

Fuentes en la parte superior de una montaña.

Para que exista una fuente en la parte superior de una montaña, es necesario que el punto superior donde aparece esté dominado por una masa de terreno absorbente que la alimente, y al encontrarse un punto con esas condiciones sin que esté la fuente á descubierto, habrá probabilidades de encontrar las aguas subterráneas, buscando además las otras circunstancias que hemos estudiado al hablar de los puntos donde deben buscarse las corrientes interiores.

Circunstancias favorables para que exista una fuente en la parte superior de la montaña.

Uno de los casos más favorables para que exista una fuente sobre una montaña, es que ésta termine en una mesa suavemente inclinada, y que esté constituida de terreno permeable, reposando sobre una capa impermeable: en este caso es muy frecuente que exista una fuente en la parte média de la mesa ó en su parte más baja. Siendo más frecuentes y prolongadas las lluvias en esas alturas, producen manantiales á veces muy ricos, aun cuando el terreno absorbente sea de poco espesor; esto se entiende cuando la mesa tiene una anchura conveniente, pues si es angosta, no pueden formarse en ella los almacenes que produzcan la corriente.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Caso de montañas aisladas.

En el caso de montañas cónicas ó de colinas aisladas debe atenderse al diámetro de su base, para calcular si podrán tener manantiales: si los diámetros no pasan de 400 á 500 metros sólo producirán corrientes pobres, ó carecerán de ellas, sobre todo, si los planos de estratificacion se inclinan á uno y otro lado del eje de la montaña; pero si la estratificacion lleva las aguas todas de un mismo lado, será más favorable para producir corrientes abundantes.

Fuentes en los flancos de las montañas.

Vamos ahora á considerar las fuentes que existen en los flancos de las montañas.

Consideraciones estratigráficas.

Al entrar en este estudio deben considerarse primeramente las inclinaciones de los planos de estratificacion ó de division. Así, cuando una montaña está terminada por una mesa, y que se halle situada entre dos cañadas ó valles, la mesa se inclina regularmente más á un lado que al otro, y los planos de estratificacion, si existen, son paralelos á la superficie de la mesa. Si existiere una cresta de division de las aguas, sobre la mesa, puede estar hácia su medio ó aproximada á uno de los extremos: en el primer caso las inclinaciones son semejantes y llevan cantidades iguales de agua á cada valle; en el segundo, el lado subyacente es el más rápido y frecuentemente escarpado. En este caso sucede muchas veces que las cabezas de los estratus forman graderías y pueden estar á descubierto ó tapadas con el terreno detrítico. Las aguas pluviales que recibe la mesa siguen la pendiente más suave y van á dar al valle más lejano de la cresta. Se ve por estas consideraciones, que no deben buscarse las aguas ó fuentes del lado más rápido, que es del todo estéril ó sólo da corrientes muy pobres.

Reglas de las formas análogas.

Al asentar Paramelle estas reglas que hemos copiado textualmente, añade las siguientes observaciones sobre las formas análogas de las montañas: "*Cada cima de una cresta de montaña es el punto de partida de dos ramales que toman direcciones opuestas, y cada cuello es el punto de partida de dos valles opuestos.*"

Apoyado Paramelle en esta regla, describia los accidentes de las montañas, encontrándose al frente de una de sus pendientes, y daba á conocer con notable exactitud la posicion de los contrafuertes y cañadas del lado opuesto, y anunciaba tambien si existirian manantiales y cuál debia ser su situacion.

Caso de dos formaciones diferentes en una montaña.

Cuando se encuentra una montaña constituida por dos formaciones diferentes, una inferior, impermeable, como arcilla, y una superior que forme su mesa y que sea permeable, como de caliza ú otra roca, es muy comun encontrar manantiales en el punto de separacion de ambas formaciones, que por lo regular es una cornisa. Algunas de esas fuentes son visibles, y otras se hallan ocultas y pueden explotarse con facilidad. Si la mesa que termina la montaña tuviere algunos repliegues en su superficie éstos, podrán servir de guía para determinar los puntos donde se deban practicar las excavaciones.

Aguas subterráneas en las pendientes.

Si se sigue una pendiente para buscar los puntos más favorables para practicar las excavaciones, los thalwegs ó arrugas superficiales pueden indicarlos, y en el caso de una pendiente unida, es indiferente tomar un punto ú otro, aunque es siempre conveniente alejarse lo más que se pueda de la cresta de la montaña: á veces conviene hacer un corte ó ceja para descubrir á la vez varios hilos de agua.

Contrafuertes arredondados.

Un costado ó contrafuerte arredondado y angosto en toda su longitud es desfavorable para encontrar corrientes en su masa; pero si fuere suficientemente ancho, de más de quinientos metros, en este caso puede tener manantiales ó corrientes interiores bastante voluminosas. Para practicar una perforacion en uno de esos contrafuertes, debe verse si tienen alguna depresion en su parte central ó hácia los lados, y en ese lugar debe buscarse el agua: si el thalweg tiene hácia arriba una pendiente más rápida que abajo, la excavacion se practicará al pié de la pendiente más fuerte. Si el thalweg que párte de una cornisa se borrase ántes de llegar á la base, esto debe indicar que la corriente subterránea se profundiza, y en tal caso debe hacerse la excavacion al pié de la cornisa.

Cornisas de las montañas.

Puntos favorables en los contrafuertes.

Paramelle señala como un punto muy favorable para encontrar el agua en un costado ó contrafuerte, el lugar en que se inicia un thalweg sobre la pendiente, porque muchas ocasiones se encuentra un manantial en el orígen de esos surcos y si-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

gue corriendo por el thalweg, y recomienda que se busquen las corrientes subterráneas en tales puntos.

Consideraciones sobre la línea de contorno.

Por lo dicho anteriormente y al concluir el exámen de las pendientes, debe establecerse que los puntos más favorables para encontrar las aguas subterráneas están en el contorno ó encuentro de las pendientes con los terrenos planos, y deben practicarse las excavaciones en los ángulos entrantes, y más especialmente en los puntos de encuentro del thalweg con esa linea de contorno. Cuando la pendiente de la montaña es de roca maciza, no se debe practicar la excavacion inmediatamente sobre la línea de contorno, sino más retirada para no tropezar luego con aquella roca.

No debe olvidarse en todo lo que se ha dicho al hablar de las fuentes y aguas subterráneas en las montañas, que debe tenerse en cuenta, y como un dato muy importante, la naturaleza de las rocas para saber si son permeables ó impermeables, y en qué relaciones se encuentran sobrepuestas.

Errores de óptica que deben evitarse.

Tambien debe tenerse mucho cuidado de evitar los errores de óptica al buscar los thalwegs y puntos más deprimidos en los valles y llanuras, porque cuando son de grande extension, le parecerá al observador que en cada punto en que se sitúa es el más bajo del terreno. Para determinar el curso del verdadero thalweg, deben observarse las huellas que dejan las aguas corrientes superficiales, y en caso de duda, hay necesidad de ir hasta el orígen del thalweg é ir siguiendo su curso, poniendo jalones ó estacas á distancias convenientes para poder seguir su camino, con exactitud, desde léjos.

Ejemplos que confirman las reglas anteriores.

Ántes de pasar á otro asunto, conviene citar algunos ejemplos en confirmacion de las reglas establecidas por el abad Paramelle, escogiendo aquellos hechos que puedan comprobarse por la observacion propia, refiriéndonos á localidades mexicanas.

Orígen de los rios.

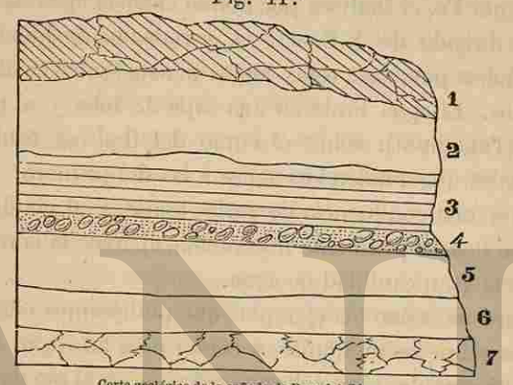
Desde luego, si se echa una ojeada sobre la carta oro-hidrográfica de la República, se verá cómo los rios tienen su orígen en corrientes insignificantes acomodadas en los thalwegs de las cañadas; reunidos varios de esos hilos de agua, forman una co-

rriente que sigue su curso por el thalweg del valle principal, y así sucesivamente.

Ejemplo de capas permeables é impermeables.

Como ejemplo de una sucesion de capas permeables é impermeables en que el agua circula por las primeras, citarémos el terreno donde existe el manantial en la hacienda de Pozo del Cármen, en el Estado de San Luis Potosí. Existe allí una cañada donde puede verse perfectamente el órden de las capas, y es el siguiente:

Fig. 41ª



Corte geológico de la cañada de Pozo del Cármen, en el Estado de San Luis Potosí.

EXPLICACION.

1. Basalto compacto.
2. Marga arcillosa.
3. Bancos paralelos de toba caliza.
4. Capa acuífera, formada de arena y fragmentos esquinados, de basalto.
5. Marga compacta.
6. Arcilla amarillenta, conteniendo restos fósiles de elefante.
7. Arcilla.

El agua brota de la capa número 4, que es la más permeable, y la formacion de este manantial se explica fácilmente. El basalto tiene numerosas grietas por donde escurren las aguas pluviales; descienden éstas con notable lentitud á través de las capas de marga y toba caliza, y al llegar á la capa arenosa circu-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

lan con facilidad hasta encontrar salida, pues las capas inferiores son impermeables y no permiten que el agua siga descendiendo.

Ojos de agua en el Valle de México.

Como ejemplo de un manantial que se forma donde comienza á dibujarse el thalweg principal, y adonde concurren los thalwegs de varias lomas, tenemos los ojos de agua de Santa Fe y de Peña Pobre en el Valle de México; ambos muy notables por la regular cantidad de agua que producen.

En Santa Fe, el thalweg por donde corre el agua del manantial está dirigido de N.E. á S.O., y rodeado de lomas formadas de tobas pomosas: estas lomas tienen thalwegs angostos y profundos. El agua brota en una capa de toba y al pié de un sabino (Taxodium); sobre el curso del thalweg brotan otros manantiales que añaden sus aguas á las del primero. En Peña Pobre hay una confluencia de varias lomas, y al pié de una de ellas, que tiene la pendiente más rápida, aparece la corriente llevando una gran cantidad de agua.

Ejemplo de manantiales sobre las montañas.

Numerosos serian los ejemplos que pudiéramos citar de manantiales sobre las montañas, y conforme á las reglas establecidas anteriormente; pero sólo nos referirémos al ojo de agua del Sarro, en la Sierra del Doctor, Estado de Querétaro, que confirma una de aquellas reglas con mucha claridad. Sobre una montaña de caliza cretácea existe un gran peñon acantilado; al pié del peñon, donde el thalweg se dibuja y la pendiente se hace más suave, aparece un manantial muy rico que produce gran cantidad de agua en todo el curso del año.

Muchos serian tambien los ejemplos que pudieran referirse de manantiales en la línea de contorno, es decir, donde las tierras de los valles tocan á las pendientes de las montañas; pero este caso se repite con tal frecuencia, que no hay necesidad de citar sus ejemplos.

Se recomienda observar sobre el terreno las circunstancias referidas sobre hidrografía subterránea.

Despues de haber referido todas las reglas acerca de la hidrografía subterránea, así como algunos de los casos que las han comprobado, es claro que para ejercitarse y mejor hacer la aplicacion de dichas regias, es conveniente que el hidróscopo visite muchos lugares donde se hayan practicado pozos ó donde existan manantiales, y examine las circunstancias orográficas y geológicas de los terrenos donde esas corrientes existan. En ese exámen se observarán: el volúmen de agua que produce la fuente, las capas permeables que están sobre ella, y la impermeable sobre la cual resbala, teniendo en cuenta su naturaleza é inclinacion; estudiará con el mayor cuidado los thalwegs, tanto principales como secundarios, y observará si tienen manantiales á descubierto, si existen sobre ellos ó en sus cercanías algunas de las plantas indicadoras de las corrientes de agua, etc., etc. El estudio de la teoría y las observaciones prácticas hacen que los observadores puedan resolver con el mayor acierto esas cuestiones de hidrografía subterránea.

En resúmen, las reglas establecidas por Paramelle para buscar los lugares propicios donde deben encontrarse las aguas subterráneas, son: en el thalweg de un valle; en la línea de contorno; en un contrafuerte, en su cornisa ó sobre la meseta. El mismo observador establece algunas reglas para determinar con la mayor aproximacion posible las profundidades á que deben encontrarse las aguas; de esas reglas extractamos lo siguiente:

Determinacion de la profundidad á que se encuentra el agua subterránea.

Primer caso: perforacion sobre un thalweg. Se observará primero si la corriente se halla á descubierto en algun punto, y de esta base se hará una nivelacion al otro punto del thalweg donde se proyecta hacer la perforacion; la diferencia de nivel dará la profundidad, que ciertamente vendrá á ser menor por el declive que trae la corriente subterránea. En el caso de que la fuente tenga un movimiento ascensional, se buscará, si fuere posible, el plano del codo donde el agua asciende, y de allí contar el desnivel. Si el punto en que se desea hacer la perforacion sobre el thalweg no estuviere muy lejano de su desembocadura á una corriente de agua constante, la nivelacion se llevará de esta última ó de otro punto más arriba en caso de que el agua apareciere á la superficie sobre el thalweg.

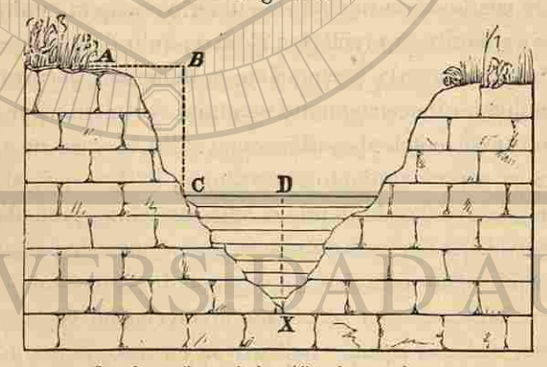
Caso de los valles.

Segundo caso: Perforacion en un punto lejano á la fuente descubierta ó en un lugar de gran desnivel respecto de ella. Para determinar la profundidad en este caso, dice el abad Paramelle: "El fondo de casi todos los valles está lleno de terreno de

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

acarreo, excepto en las estrangulaciones; y habiéndome persuadido por millares de experiencias, que en la línea de interseccion de las dos pendientes del valle está la mayor profundidad en que el agua se encuentra bajo los escombros del terreno, se determinará por los medios indicados el punto del thalweg en que se debe practicar la perforacion, y se pone allí una estaca ó jalon; se mide la distancia que existe entre la estaca y uno de los costados del valle; se nivela este costado para conocer su altura y la distancia horizontal que hay entre su cornisa y una línea vertical que se levanta del pié del costado. Esta altura y esta distancia se componen de las alturas y las distancias parciales que se han encontrado en las estaciones de la nivelacion. Terminada la operacion, se establece la siguiente proporcion: la distancia que hay entre la cornisa y la línea vertical que párte del pié del costado, es á la altura del costado, como la distancia horizontal que hay entre el pié del costado y el punto en que se va á perforar, es á la profundidad de la fuente." Para mayor claridad de este asunto inserta Paramelle la siguiente figura:

Fig. 42ª



Corte de un valle cuyo fondo está lleno de terreno de acarreo.

De los triángulos A B C y C D X, se deduce la proporcion: A B : B C :: C D : D X; de donde

$$DX = \frac{BC \times CD}{AB.}$$

Conocida la inclinacion de la pendiente, y por procedimientos análogos á los anteriores, se puede calcular á qué profundidad se encontrará la pendiente de la montaña ó del costado segun el punto que se fije para la perforacion. Se comprende que en el caso de una pendiente uniforme no hay necesidad de hacer la nivelacion desde la cornisa, sino de un punto cualquiera de dicha pendiente, pues las relaciones geométricas serian las mismas.

Recomienda Paramelle que en el caso de encontrar algun valle que presente estrangulaciones y ensanchamientos, sobre estos últimos sea donde se apliquen los cálculos y determinaciones anteriores.

El caso de que la corriente subterránea no se encuentre en la línea de interseccion de que se ha hablado, se verifica cuando las capas de los dos costados están muy inclinadas, y puede acontecer que estando separadas las dos estratificaciones, dejen entre sí una grieta vertical que no puede conservar la corriente en la union de sus superficies. Este caso, que por lo regular hace que la corriente se encuentre á mayor profundidad que la esperada, lo considera Paramelle como excepcional.

Si la corriente se encontrare en la base de un terreno escarpado, la nivelacion se practicará sobre el lado opuesto.

El autor referido recomienda estos sistemas de investigacion, no solamente al caso de la corriente que sigue el thalweg subterráneo, sino á todos los que circulan en el mismo plano ó en las líneas de contorno, fundando esta generalidad de hechos en que las aguas subterráneas, lo mismo que las superficiales, al llegar á las corrientes principales en que desembocan, tienen el mismo nivel que éstas.

Corrientes en las montañas.

Tercer caso: corrientes en las montañas. Para resolver lo relativo á este caso es necesario fijarse de preferencia en la naturaleza de las capas que forman las montañas para ver si son permeables ó impermeables, así como en el sentido de su inclinacion, respecto de la pendiente general donde se propone practicar la perforacion. Atendiendo á esto último debe observarse que si la inclinacion de las capas fuese contraria á la de las pen-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

dientes, el agua resbalaria hácia el centro de la montaña, y entónces no deberia buscarse sobre esta pendiente que se considera. Si las estratificaciones son paralelas ó concordantes con la pendiente de la montaña, se buscará una capa impermeable para tomarla como base de la nivelacion hácia el punto elegido para perforar, porque la capa impermeable será la que sostenga al agua filtrada á través de las impermeables.

La misma regla recomienda Paramelle en el caso de una perforacion sobre una meseta. Despues de haber marcado el punto en que debe hacerse la excavacion, se sigue el thalweg hasta el pié de la cornisa ó pendiente rápida de la mesa, y la nivelacion se comienza sobre la capa impermeable más alta, procediendo en seguida como en el caso anterior.

El autor concluye esta parte de su obra recomendando que se observen los pozos que ya estén abiertos en los terrenos planos para guiarse en la investigacion sobre la profundidad á que se encontrará el agua, y esta regla será aun más cierta en el caso de los terrenos aluviales, que permiten á las corrientes extenderse en grandes mantos, como si fuesen lagos interiores.

Estas reglas, dice Paramelle, para conocer la profundidad de las fuentes, son las únicas que treinta años de estudios y experiencias me han hecho descubrir. Si no pueden servir para determinar en todos los casos esa profundidad de una manera rigurosamente exacta, á lo ménos resuelven, casi siempre, la cuestion importante, que es de saber el *máximum* de profundidad que puede tener una fuente en el lugar en que se va á ejecutar la perforacion, y por consecuencia el *máximum* de gastos que se tienen que hacer para alcanzarla. El que quiera llevarla hasta delante de su casa, puede saber tambien, por una simple nivelacion, si estará bastante alta para llegar al lugar deseado.

Determinacion aproximativa del volúmen que tendrá una fuente que se propone descubrir.

Concluye el autor haciendo algunas observacioues sobre el modo de conocer aproximadamente el volúmen que tendrá una fuente que se propone abrir, dado el conocimiento del terreno. Siendo tan variadas las circunstancias que en cada caso se presentan, no se podrá determinar regla alguna con exactitud: Paramelle ha deducido de la experiencia, que cuando una meseta

está recubierta de terreno detrítico de dos á ocho metros de profundidad y reposando sobre una capa impermeable, convenientemente inclinada, cada área de cinco hectaras produce en la estacion de secas una fuente de cerca de un centímetro de diámetro que da cuatro litros de agua por minuto.

Se comprende que la porosidad de los terrenos, la relacion de las capas impermeables con las permeables, la inclinacion del terreno, etc., contribuyen á hacer variar las reglas que pudieran establecerse, y lo más conveniente es calcular conforme al conjunto de reglas que se han dado sobre los casos favorables á la produccion de corrientes subterráneas ó á la formacion de manantiales.

Terreno favorable ó desfavorable para la existencia de corrientes subterráneas.

Falta ahora hacer algunas observaciones sobre los terrenos favorables ó desfavorables á la existencia de manantiales ó de corrientes subterráneas. Mucho se ha indicado ya sobre este particular en las páginas anteriores; pero conviene hacer aquí un resúmen de ese asunto.

Desde luego no hay que olvidar lo ya manifestado acerca de las formas de las montañas y valles, sobre las inclinaciones de sus capas ó masas de rocas, pues estas circunstancias influyen muy notablemente en la cuestion de que se trata.

Pórfidos, basaltos, granito.

Hay montañas y mesetas formadas de rocas compactas sin estratificacion, como las masas de pórfido de basalto, de granito y otras; pero si existen en dichas masas los planos de separacion que las dividen en bloks y cuartones, las aguas pueden filtrarse por esas hendeduras. Debe atenderse, en el caso de encontrar esas rocas, á sus espesores, porque en algunos casos sólo formarán capas de poca importancia, como se dijo de los basaltos de Pozo del Cármen, y en otros constituirán montañas enteras. En este caso las aguas ó corrientes subterráneas que circulan en las montañas son de poco volúmen en lo general, y la dureza del terreno hace que sean costosas las excavaciones.

Los basaltos, en México, forman en muchas partes depósitos de poco espesor colocados sobre las margas, tobas y otras rocas sedimentarias, en cuyo caso se pueden buscar las corrientes subterráneas y aun los manantiales, como sucede en el que ci-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

tamos de Pozo del Cármen en San Luis, y el de Peña Pobre en el Valle de México. Por lo regular estas capas basálticas de poco espesor se encuentran en las pendientes de las montañas, en sus cercanías, y en las llanuras. Los pórfidos volcánicos de México tienen generalmente numerosos planos de separacion, lo que hace que en las montañas formadas de esas rocas existan manantiales que por lo regular son de una agua excelente y de color opalino que los campesinos llaman *agua zarca.* Las montañas de pórfido, así como las de traquita, tienen generalmente espaciosas mesetas y acantilados columnares que facilitan la absorcion del agua, y si las formas de las pendientes, la situacion de los thalwegs, etc., son favorables, se encuentran en ellas algunos manantiales de consideracion, sobre todo en las cañadas profundas en que por lo regular se ven muchos árboles frondosos contrastando con la aridez de las demas partes de la montaña, y su presencia indica la existencia de la corriente subterránea en el thalweg.

Muchos ejemplos podrian citarse de este caso, pero bastará referirse á los manantiales de Ciénega de Mata en el Estado de Jalisco, y al ojo de agua de Mimiahuapam en el de Tlaxcala. En Ciénega hay una formacion porfídica muy extensa, en cuyas montañas muy pobres de vegetacion no crecen más que los cactus; pero en un semicirco adonde concurren muchos thalwegs, brotan ricos manantiales sobre el terreno detrítico, y la vegetacion allí es frondosa y variada.

Mimiahuapam es una hacienda situada en los Llanos de Apam, donde tan escasos son los manantiales y aun las lluvias; pero hay allí unas montañas de pórfido coronadas de mesetas, y en un thalweg profundo y abarrancado brota el manantial á que nos referimos. Son suficientes los casos referidos, sobre las rocas compactas sin estratificacion, porque basta que el observador recuerde las reglas citadas en este capítulo, para que en su conjunto le indiquen las probabilidades de encontrar las corrientes subterráneas á una profundidad conveniente.

Las rocas estratificadas presentan circunstancias más propicias para la cuestion de que venimos ocupándonos, á causa de

los planos de estratificacion que presentan, y por los cuales pueden circular las aguas absorbidas. La cuestion principal en este caso es la de examinar las inclinaciones relativas de las capas, así como la posicion de las rocas permeables respecto de las impermeables.

Entre las rocas estratificadas que con más frecuencia se pueden encontrar en México debemos citar las calizas, las margas, las tobas, las arcillas, los aluviones y las pizarras. Las montañas de roca caliza compacta, presentan por lo regular pocos manantiales á causa de las oquedades, grutas y galerías que contienen en su masa, y por donde se van las aguas subterráneas: hay algunas grutas que dan paso á verdaderos rios, como sucede en las bocas inferiores que hay en la montaña donde se halla la caverna de Cacahuamilpa. En un barranco anexo á la montaña se ven dos grutas por donde aparecen dos corrientes, que unidas constituyen el rio Amacusac. Existen, sin embargo, algunos manantiales en las montañas calcáreas, y para buscar su situacion, así como la presencia de corrientes subterráneas, debe atenderse, como en los casos anteriores, á la forma de las montañas, á la posicion de los thalwegs, al concurso de éstos y á la posicion de las rocas permeables respecto de las que no lo son, pues muy frecuentemente se encuentran en las montañas calcáreas otras capas y formaciones de diferente naturaleza.

En las formaciones de pizarras, deben estudiarse esas mismas sobreposiciones, y además los planos verticales ú oblícuos que cortan las direcciones de la estratificacion.

Las tobas, margas, aluviones y arcillas constituyen formaciones extensas en nuestros valles y en los lomeríos que en ellos se encuentran, pues esas rocas son notablemente abundantes en México.

Por lo regular los lomeríos de esa naturaleza, están apoyados sobre las pendientes de las montañas de rocas ígneas ó metamórficas, y reciben las corrientes que atraviesan á éstas. En tales formaciones se encuentra con mucha frecuencia esa alternacion que se requiere de capas permeables é impermeables, pues los bancos de arena, de trípoli, de toba ó de guijarros rodados,

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

alternan con los bancos de toba endurecida, de marga compacta y de arcilla. Lo que ántes se dijo del Valle de México puede servir de ejemplo para esta clase de formaciones, así como el acueducto formado sobre las lomas tóbicas en el valle de Guadalajara.

Las tobas poco coherentes, los arenales y aluviones extensos no pueden contener corrientes subterráneas sino hasta su apoyo sobre las capas impermeables.

Formaciones arcillosas.

Las formaciones gruesas de arcilla tampoco pueden contener corrientes en su masa, porque las aguas pluviales no las pueden penetrar, salvo el caso de encontrar junturas apropiadas para su circulacion: si la formacion arcillosa tuviere intercalaciones de capas de rocas permeables, podrán buscarse las corrientes subterráneas con probabilidades de éxito.

Modo de hacer las perforaciones.

Dadas las reglas para buscar los puntos más propicios para hallar las corrientes subterráneas, veamos ahora la manera de practicar las perforaciones.

Fuentes artificiales, pozos comunes y pozos artesianos.

Las aguas que se ponen á descubierto pueden conducirse á puntos más bajos, pueden quedar á cierta profundidad de la superficie del terreno ó elevarse sobre esta superficie cuando son corrientes brotantes; de aquí los diversos modos de poner esas aguas á descubierto por excavaciones y conductos, por pozos comunes y por pozos artesianos.

Fuentes ó manantiales artificiales.

Para el primer caso debe cuidarse de elegir el punto de la perforacion, calculando que la capa de agua que se va á encontrar tenga un nivel suficientemente elevado para conducirla al lugar deseado.

Corriente que camina cerca de dos pendientes de roca compacta.

Cuando la corriente subterránea camina cerca de dos pendientes de roca compacta que la obligan á reconcentrarse, bastará hacer una excavacion sobre el curso del thalweg: la excavacion será circular y de dos ó tres metros de diámetro, ó más, segun las circunstancias lo demanden.

Corriente que pasa por un terreno detrítico.

Si la corriente se hallare en un terreno detrítico, sucede generalmente que al lado de la corriente principal pueden hallarse otras, y para aprovecharlas todas, conviene hacer un corte ó vallado cortando la direccion del thalweg: la anchura y longitud de esa seccion se graduarán segun los casos, atendiendo á la cantidad de agua que se desea aprovechar, y tambien á los costos de la excavacion. Al hacer el vallado debe tenerse cuidado de evitar los derrumbes, poniendo ademes provisionales hasta concluir la excavacion, la cual debe llevarse un poco más abajo del nivel en que sale la corriente principal; se dará un declive conveniente al piso para que el agua se reuna en uno ó en los dos extremos, y se procederá luego á ademar convenientemente la excavacion y á practicar el canal de salida, al cual se pondrán tubos ó ademes de madera, mampostería, etc.

Modo de hacer y ademar la excavacion.

Paramelle aconseja que los ademes de la excavacion se hagan con mampostería seca, es decir, sin mezcla ni cemento alguno, para que el agua pueda pasar libremente por las junturas. A este fin se pondrán en la base de la excavacion algunas duelas ó losas, siempre que el fondo sea inferior al nivel de la corriente, pues en caso contrario se pondrán solamente algunas piedras sueltas para no estorbar el paso del agua. Las paredes se ademarán con piedras labradas, acomodadas de modo que el agua pueda tambien pasar por sus junturas; un poco más arriba del nivel de las filtraciones se colocarán algunas losas sobre los muros para formar la caja del agua; se rellenará un poco con piedra suelta y al fin con tierra aprovechando la de la excavacion.

La conduccion del agua se hará por tubos ó canales arreglados convenientemente, evitando que su fondo sea permeable.

Derivacion de la corriente superficial.

Si la excavacion tuviere que efectuarse sobre el thalweg exterior, se apartará la corriente superficial por un dique ó canal de desviacion para que en tiempo de lluvias no atierre ni descomponga la excavacion. Para la mejor conservacion de las cajas receptoras del agua, hay necesidad de dejar un pequeño respiradero que se cubre con una losa, y sirve para dar salida al exceso de agua en tiempo de lluvias, así como para la entrada del aire en la caja y la fácil circulacion del agua por los tubos.

Tambien se puede construir una bóveda sobre el corte del terreno, como se hace en los acueductos ordinarios, teniendo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

cuidado solamente de dejar los intersticios inferiores para facilitar la filtracion del agua en el orígen de la corriente.

No debe ponerse ningun dique á la corriente subterránea, que la obligue á subir su nivel natural.

Aconseja Paramelle que por ningun motivo se ponga algun dique ú otra construccion, sea en el fondo del pozo ó en un costado, con el fin de represar el agua para que suba de nivel, porque la corriente al retroceder por un canal natural, puede encontrar otra salida más fácil y perderse por allí.

Pozos comunes.

Pozos comunes.—En éstos, cuando no se trata de llevar el agua por un canal, se debe buscar el lugar más apropiado, siguiendo tambien las reglas para encontrar los puntos en que las corrientes subterráneas se hallan á menor profundidad, y son más abundantes en agua. Los pozos deben ademarse conforme á lo indicado, y dando al revestimiento la estabilidad necesaria, sobre todo cuando el pozo tiene una profundidad considerable: debe recomendarse que la excavacion se profundice un poco más que el nivel de la corriente.

Medios de elevar el agua de los pozos.

En cuanto á los medios de elevar el agua á la superficie, son bastante conocidos para detenernos en detallarlos; sólo sí recomendarémos el uso de los molinos de viento, aplicados á las bombas, cuyo uso no se ha generalizado como debiera en el país pues es sabido que en varias épocas del año, especialmente en la estacion de secas, soplan vientos capaces de mover esos molinos. El agua de las bombas puede irse depositando en atarjeas ó estanques, y servir para los ganados ó emplearse en las irrigaciones.

Pozos artesianos.

Pozos artesianos.—Los mencionarémos adoptando la clasificacion de la obra de Vilanova, es decir, considerar tres sistemas de pozos: *tubulares*, *ascendentes y artesianos* propiamente dichos. Antes de emprender este estudio, conviene explicar el ascenso de las aguas artesianas, no obstante que debe comprenderse con la lectura de lo expuesto en este capítulo acerca del régimen de las aguas subterráneas.

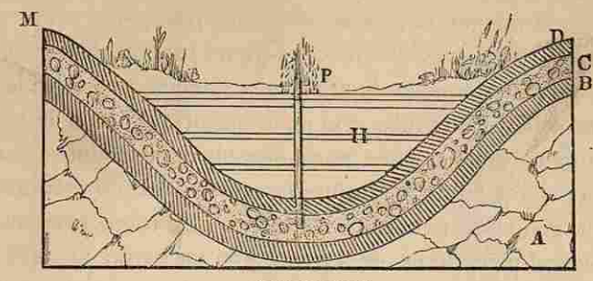
Tres sistemas de pozos.

Explicacion del ascenso del agua.

Toda la explicacion se reduce á considerar las leyes de equilibrio de los líquidos, teniendo presentes las condiciones que ellos requieren en los vasos comunicantes. Para mayor claridad se inserta aquí la figura que en los tratados de física da cuenta de ese equilibrio, considerando las aguas subterráneas compri-

midas entre capas impermeables, y que tienden á ocupar su nivel.

Fig. 43ª



Corte de un valle.

En esta figura se representa una cuenca geológica, formada en tres épocas diferentes: la primera parte A está constituida por rocas informes, no estratificadas y que pueden ser de pórfido ú otra roca; sobre ella se acomodaron más tarde las capas sedimentarias B C D que sufrieron el mismo movimiento que aquellas: despues se depositaron las capas horizontales H. Las B y D se suponen ser de arcilla ú otra roca impermeable y la C de arena ó aluvion de guijarros. Se supone que la filtracion de las aguas se hace en M, y que se encuentran comprimidas por las capas B y D, como si corriesen por un tubo. Si en estas circunstancias se rompe la capa D por una perforacion P, equivale á formar así un brazo corto de sifon, y en virtud de las leyes hidrostáticas citadas, el líquido ascenderá por el tubo P, tendiendo á llegar hasta la altura M, á lo cual no alcanzará, tanto por el rozamiento que la corriente irá sufriendo en las paredes y obstáculos que encuentra en las capas que atraviesa, como por la resistencia del aire.

Este caso explica el ascenso de las aguas artesianas y apoya lo que ántes se ha asentado sobre las observaciones geológicas y topográficas, que deben preceder á la eleccion del lugar donde debe abrirse un pozo artesiano, para calcular si podrá haber aguas que procedan de puntos elevados y corran ó se hallen depositadas entre capas impermeables. Hechas estas explicaciones, emprendemos el estudio anunciado.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Pozos tubulares.

Pozos TUBULARES.—Llámanse así á unas perforaciones de poca profundidad que en general no pasan de diez metros, y en los que el aparato perforador queda introducido en el terreno, sirviendo al mismo tiempo de ademe del pozo.

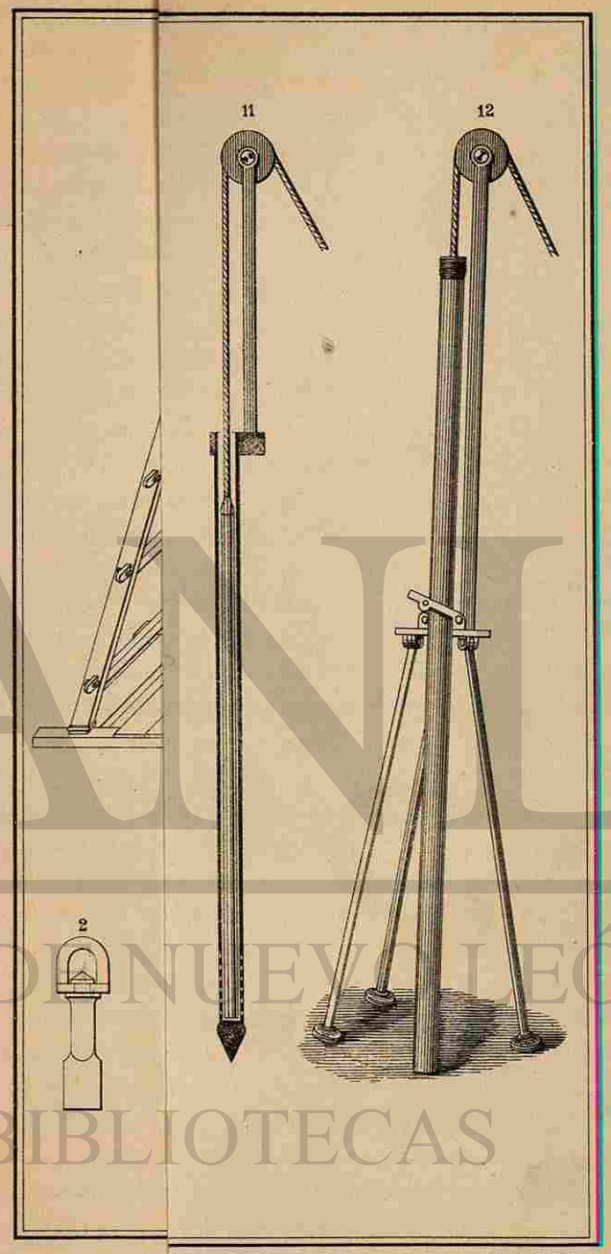
Aparato de Norton.

El aparato perforador consiste en un tubo de hierro, cuya seccion es generalmente de una á una y media pulgadas; la extremidad inferior del tubo está algo ensanchada bajo la forma de lámina cortante ó cuña para que pueda introducirse en el terreno por medio de percusion; la extremidad superior del tubo tiene una rosca para atornillarse con otro tubo. Una vez introducido el primero en el terreno, y si necesario fuere el ir á mayor profundidad, se atornilla un nuevo tubo que tendrá sus dos extremos con rosca, y así deberán estar arreglados los demas tubos adicionales. Colocado el primero sobre el terreno, en una posicion perfectamente vertical, se le pone una pieza de acero sobre su extremo superior para evitar que los golpes deterioren el tornillo, y se golpea fuertemente con un mazo, martinete, etc., hasta que se haya introducido en la tierra. Los tubos tienen generalmente una longitud de uno á uno y medio metros. Debe advertirse que la extremidad inferior del primer tubo, y hácia arriba de la cuña, tiene un gran número de pequeñas perforaciones para facilitar la entrada del agua y evitar que penetre la arena ú otras sustancias al interior del tubo. Para mayor claridad presentamos la siguiente lámina, tomando los dibujos de las obras de Vilanova y de Degousée.

En la Fig. 10 de la lámina adjunta se ven: la extremidad afilada, la parte perforada F del tubo inferior, y la bomba P que completa el aparato. La Fig. 11 manifiesta la barra que golpea en la extremidad del primer tubo: esta es una modificacion introducida por los ingenieros ingleses Legrand y Sutcliff, á fin de que el golpe para la introduccion del tubo sólo se efectúe sobre su fondo, lo que se consigue por medio de la barra: la Fig. 12 manifiesta el aparato montado sobre un trípode.

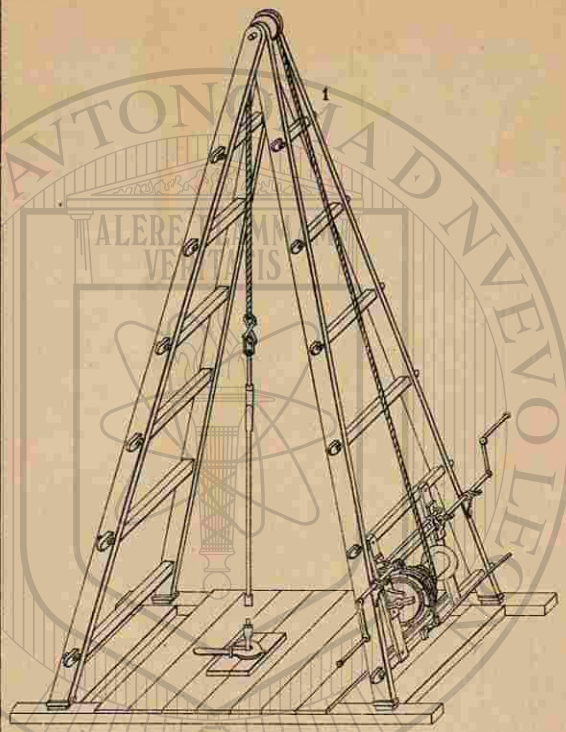
Orígen de los nombres de estos pozos.

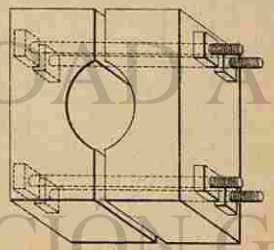
Estos pozos tubulares se llaman tambien instantáneos ó de Norton; el primer nombre es debido á la prontitud con que se hacen, y el segundo al ingeniero americano Norton, que en es-

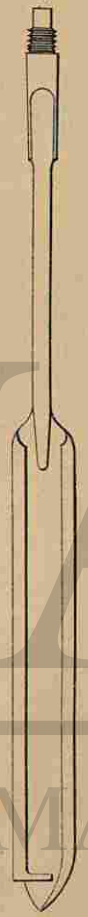


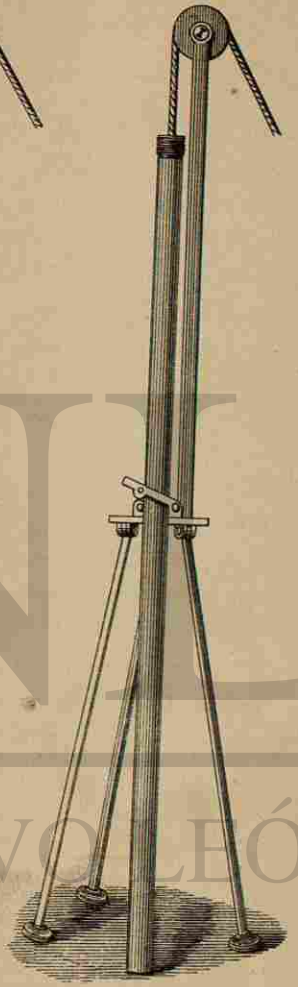
Lit. de Salazar.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS









UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Lit. de Salazar.

tos tiempos puso en uso ese sistema de perforacion. Se cree que los pozos tubulares son de antigüedad muy remota, y que en el Asia se hacian valiéndose de los tubos de la planta llamada *bambú* que tiene tallos huecos y muy resistentes.

Antigüedad de los pozos tubulares.

Como se comprende, los pozos tubulares sólo pueden practicarse en los terrenos detríticos ó de aluvion, donde haya probabilidades de encontrar aguas someras, guiándose siempre por las reglas establecidas para la busca de aguas subterráneas.

Lugares en que pueden hacerse pozos tubulares.

Si en la introduccion del tubo en un terreno de aluvion, se tropezare en una piedra resistente, más bien que forzar el tubo conviene sacarlo y emprender la perforacion en otra parte.

Caso de encontrar piedras gruesas en la perforacion.

Para conocer si ya penetró el agua dentro del tubo, se introduce de vez en cuando un fragmento de esponja, suspendido con un hilo.

Modo de conocer si ha penetrado el agua en el tubo.

Esta es, en resúmen, la descripcion de pozos tubulares, que en muchas localidades de México pueden dar buenos resultados, sobre todo en las expediciones de tropas ú otras caravanas de viajeros en las tierras calientes; tambien pueden servir para dar agua á los ganados que se trasportan á largas distancias, pues una vez hecho uso del pozo, se puede sacar el tubo y llevarse para emprender la perforacion en otra parte. Creemos que seria conveniente hacer perforaciones en otras partes de los tubos, y no solamente en la base de uno, porque es fácil pasar el nivel de una ó más corrientes que ya no tendrian entrada al tubo.

Utilidad de los pozos tubulares.

Pozos ASCENDENTES.—Son los que abiertos con las mismas circunstancias que los artesianos propiamente dichos, las aguas que producen solamente llegan á la superficie del terreno, sin producir salto, pues las corrientes que los surten proceden de niveles poco elevados, ó son de escaso caudal.

Pozos ascendentes.

Siendo, por lo demas, los aparatos de perforacion iguales á los empleados para los pozos brotantes ó de salto, pasamos á ocuparnos de éstos, conformándonos con haber citado la definicion de los ascendentes.

Pozos BROTANTES.—No se precisa con claridad la época ó el país en que se hayan hecho las primeras perforaciones terrestres, sea con el fin de buscar aguas brotantes ó descubrir filones y

Historia del sondeo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

mantos minerales; pero desde muy remota antigüedad se han practicado esas perforaciones, en China, en Siria, en Egipto y en Europa: el nombre de *artesianos* dado á esos pozos procede de los que fueron hechos en la antigua provincia francesa de Artois. La invencion de tales perforaciones se la disputan los ingleses, alemanes, etc., pero el que expuso de una manera racional el uso de la sonda fué Bernardo Palissy, que existió en el siglo XVI, y que al proponerse buscar las capas de marga para su establecimiento de alfarería, decia que podria encontrar aguas que viniendo por debajo de tierra, de niveles elevados, pudieran salir sobre la superficie del terreno.

Sin tener espacio suficiente para mencionar en este tratado de Geología las investigaciones históricas que se han hecho sobre el sondeo, sólo mencionarémos que en muchos países, aun los desiertos de Sahara, se han fertilizado desde tiempos muy antiguos por las perforaciones artesianas.

Sistemas de perforacion.

Los sistemas de perforacion que se usan ó han usado más generalmente, pueden reasumirse del modo siguiente, como vemos en la obra de Degousée y Laurent:

1º *Sistema chino*, que consiste en una maza pesada, movida verticalmente, ó por percusion por medio de una cuerda.

2º *Sistema inglés ó aleman*, que sustituye la cuerda por barras rígidas, de hierro.

3º *Sistema prusiano*, que aligera el peso de las barras, combinándolas con algunas de madera.

4º *Sistema frances de la Sociedad de Freminville*, que emplea la sonda china en el extremo de una columna de garantía que desciende con el instrumento perforador.

5º *El de sonda hueca*, que se separa por partes, como barras que se atornillan, y á la extremidad de la que se opera la percusion por medio de una cuerda que desciende al interior. Añade Degousée, que este sistema difiere del anterior en que la columna del primero sólo sirve de guía á la cuerda, y en el último queda en el terreno para ademarlo.

6º *El sistema Fauvelle*, compuesto de barras huecas y con bomba impelente para arrojar los detritus.

7º *Los diferentes sistemas empleados por Degousée y Laurent*, segun los terrenos y las profundidades, sirviéndose de las sondas inglesas y alemanas, con los perfeccionamientos que ellos han introducido.

8º *Sistema Kind*, de caida libre por efecto de un disco que mueve la propia resistencia del agua.

9º *El de Degousée y Laurent* tambien de caida libre, por medio de un peso muerto añadido al trépano y que se emplea en los sondeos más profundos.

Ánfes de exponer algunas de las ventajas, así como los inconvenientes que presentan los sistemas referidos, conviene dar á conocer algunos de los aparatos é instrumentos que se usan en las perforaciones artesianas, para que se facilite la inteligencia de las explicaciones que de dichos sistemas va á hacerse. Es de advertir que no es posible dar la descripcion de todos los instrumentos usados en las perforaciones, así como de los perfeccionamientos que sucesivamente han ido sufriendo, pues esto solamente podrá consignarse en una obra especial de sondeos terrestres; aquí procurarémos solamente dar idea de los instrumentos más sencillos para facilitar la inteligencia de este estudio, como hemos indicado. En la adjunta lámina se encuentran dibujados algunos de esos aparatos é instrumentos entresacados del atlas de la obra de Degousée y Laurent.

Para indicar el uso de los diversos aparatos é instrumentos, los agruparémos de la siguiente manera:

Aparatos de sosten.

Aparato de sosten.

Sirven éstos para suspender las cuerdas y barras á las cuales están relacionados los instrumentos que perforan el terreno y extraen los detritus, así como los tubos y muchos instrumentos auxiliares. El aparato fundamental de sosten consiste en algunos maderos verticales en que se apoyan las poleas por las cuales corren los cables ó sogas; esos aparatos se llaman cábrias, en general.

La Fig. 1 representa una cábria sencilla; para mayor resis-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

tencia se ponen cábrias prismáticas de cuatro lados y con alturas proporcionadas al trabajo que se va á ejecutar. A veces se suspende la cuerda al extremo de una palanca, con la cual se imprime movimiento de percusion á la cuerda y su instrumento.

Relacionados á las cábrias se ponen cilindros ó tornos para imprimir movimiento á las cuerdas, ó se hace uso de máquinas de vapor para este efecto.

Instrumentos perforadores.

Instrumentos perforadores.

Para atacar el terreno, se usan instrumentos que actúan por percusion ó por rotacion.

Para el primer caso citarémos el *trépano* que puede considerarse como una barra ó escoplo que golpea las rocas endurecidas. La Fig. 6 muestra un trépano acerado. Para que el efecto de estos instrumentos vaya siendo uniforme, al mismo tiempo que golpean el terreno se le va dando un movimiento giratorio. Diversas son las modificaciones que se han dado á los trépanos, y por consiguiente es variable su efecto; la figura que indicamos presenta un trépano sencillo.

Entre los instrumentos que actúan por rotacion debemos citar las *barrenas*, de las cuales se puede formar idea en la Fig. 8. Estos instrumentos sirven al mismo tiempo que para atacar el terreno, para sacar las tierras, sobre todo, si son arcillosas que se adhieren perfectamente á la cuchara. La abertura que dejan los labios de la barrena, así como la forma de su extremo libre, son variables, segun el terreno que se va á atacar con ellas.

Las *lenguas americanas*, Fig. 7, tienen su lámina torcida en la cual se pegan muy bien los detritus plásticos.

Se concibe que tubos dentados en su base, discos estriados, coronas con diamantes ó esmeriles, etc., obrarán con bastante energía, por medio del movimiento rotatorio. Tambien se emplean instrumentos, con las ramas en forma de hélice y que extraen los guijarros rodados y tambien los detritus despedazados por el trépano.

Instrumentos para sacar los detritus de las perforaciones.

Instrumentos para sacar los detritus de las perforaciones.

Se acaba de mencionar el doble objeto de las barrenas y de algunos de los otros instrumentos rotatorios; pero los instrumentos esencialmente propios para sacar los detritus son las bombas. Consisten éstas en tubos que tienen válvulas en su extremo inferior, que permiten la entrada de los detritus, quedando encerrados en el interior del tubo; las válvulas son láminas planas ó cuerpos esféricos. El tamaño de las bombas varía segun el caso en que se aplican: la Fig. 9 muestra una bomba de válvula esférica. Despues de que el trépano ha pulverizado cierto espacio del terreno, se mete la bomba para extraer los detritus: en las capas arenosas ó sueltas la sola bomba puede estar perforando y recibiendo los detritus. Los prácticos del país llaman *gurbia* á la cuchara, y con este nombre designan á la bomba.

Útiles accesorios.

Utiles accesorios.

Entre éstos debemos citar, como muy importantes, las cabezas de sondas y los tallos de éstas. La Fig. 2 representa una cabeza de sondas de bastante uso: el anillo que tiene en la parte superior puede girar, siendo este mecanismo de la mayor importancia en la práctica. La Fig. 3 es una llave de suspension de sonda, y la núm. 4 es otra llave de madera, cuyas dos ramas se reunen por tornillos, y sirve para sostener la columna de tubos con que se va ademando el pozo. Los prácticos la llaman *collar*.

Los tallos de sonda, Fig. 5, tienen longitudes muy variables segun las necesidades de la práctica.

Existen tambien varios instrumentos destinados á regularizar y enderezar las paredes de los pozos y otros que sirven para sacar los instrumentos que pueden quedarse dentro de las perforaciones.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Dadas estas explicaciones sobre los instrumentos de sondeo, harémos una breve reseña de los sistemas anunciados.

Sistema chino.

Sistema chino.

El sistema chino, el más antiguo y más usado, es sin duda el más expedito; pero no puede usarse de una manera enteramente general, atendidos algunos inconvenientes que presenta, sobre todo, tratándose de grandes profundidades, y tampoco puede aplicarse á toda clase de terrenos y de diámetros. Entre los inconvenientes más notables de este sistema, se citan: la facilidad de que se rompa la cuerda, quedando el instrumento en el pozo, y para extraerse se tendrian que usar aparatos aplicables solamente con barra rígida: la facilidad con que se deforma la seccion del pozo y se pierde su verticalidad, siendo ambos inconvenientes de trascendencia: la lentitud del trabajo al atacar rocas consistentes.

Como se ve, este sistema debe usarse en determinadas circunstancias para evitar un mal resultado. En muchos de los pozos practicados en el Valle de México se ha usado con buen éxito el sistema chino, valiéndose de operarios muy hábiles que conducen el sondeo con toda perfeccion. Sobre todo, este sistema combinado con el de barra rígida, en los casos necesarios puede servir aun en profundidades regulares.

Sistema anglo–germánico.

Sistema anglo-germánico.

A causa de los inconvenientes que se notan en el sistema anterior se inventó el de barra de fierro, cuyo sistema se llama anglo–germánico. En el extremo inferior del tallo formado por las barras, se coloca el instrumento con que se debe atacar el terreno, ya sea por rotacion ó por percusion, ó de ambos modos segun las circunstancias lo requieran. Este sistema de barra rígida de fierro ofrece inconvenientes notables en grandes profundidades. La union de las barras de fierro se hace por medio de tornillos, y tambien se puede reforzar con espigas.

Sistema prusiano.

Sistema prusiano.

Para salvar uno de los grandes inconvenientes del sistema anglo–aleman, como es el gran peso de las barras, se introdujo el sistema prusiano inventado por el consejero Oeynhausen, y que sustituye una gran parte de las barras de hierro por otras de madera, lográndose así que se aligere el peso del sistema. Mejorados despues los aparatos perforadores, el sistema prusiano sólo se usa en algunos casos para perforaciones que no pasen de 400 metros. La pieza más importante en este sistema es una corredera de hierro que separa las dos partes de la sonda.

Sistema frances de la Compañía Freminville.

Sistema Freminville.

La Compañía de Freminville puso en práctica el sistema de su nombre, encaminado á evitar los inconvenientes que ofrece el derrumbe de las paredes del pozo al estarse trabajando, á cuyo fin el útil queda constantemente en la base de una columna de garantía que desciende con el instrumento: todo el sistema fué dispuesto muy ingeniosamente, y sin embargo no pudo generalizarse su uso, porque la fuerza de adherencia del tubo contra las paredes del pozo, puede llegar hasta impedir el descenso de la columna de ademe. Por este inconveniente habia necesidad algunas veces de reducir las dimensiones del tubo y del aparato. La Sociedad Freminville se disolvió al fin.

Sistema de sonda hueca.

Sistema de sonda hueca.

Para utilizar las ventajas del sistema chino y las de la barra rígida, los Sres. Degousée y Laurent inventaron el sistema de sonda hueca, dentro de la cual se mueve el útil percutor, apro-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

vechando así la caida libre en el ataque del terreno y su sostenimiento en el caso de atravesar rocas sueltas ó heterogéneas. En este sistema se puede usar la percusion ó la rotacion segun fuere necesario; la caida del útil se efectúa por la accion de una tenaza que lleva el aparato.

Sistema Fauvelle.

Sistema Fauvelle.

El sistema Fauvelle utiliza tambien la sonda hueca, con el fin de introducir el agua impelida por una bomba, para que arroje al exterior los detritus de la excavacion. Para este fin, el útil percutor es de mayor diámetro que la sonda, y por consiguiente queda un espacio entre ésta y las paredes del pozo: por medio de la bomba se impele el agua, y al ascender por el espacio vacío lleva los detritus de la excavacion. Este sistema tiene las desventajas de exigir agua cerca del lugar donde se opera y no poder dar salida á toda clase de detritus.

Sistema Kind.

Sistema Kind.

El ingeniero Kind practicó el sondeo con barra rígida y caida libre á fin de operar con la mayor rapidez; la caida en este sistema se efectúa por el escape de un martinete. Mr. Kind ejecutó obras de grande importancia, como en Passy, y sin embargo este sistema no puede considerarse como de general aplicacion en todos los casos.

Sistemas diversos empleados por Degousée y Laurent.

Sistemas diversos empleados por Degousée y Laurent.

Habiendo abarcado estos ingenieros en una escala tan grande la práctica de pozos artesianos, y con una larguísima experiencia en esa clase de trabajos, han ido perfeccionando y modificando diversos instrumentos para vencer las dificultades que en la práctica presenta determinado sistema de perforacion. Por consiguiente, Degousée y Laurent adoptan tal ó cual clase

de instrumentos, segun los terrenos en que ejecutan sus trabajos, variando conforme al cambio de las capas que perforan y tambien con relacion á los diámetros y las profundidades.

Concluimos, pues, por referirnos á la obra de aquellos ingenieros para la práctica de las perforaciones, y en ella encontrarán los detalles necesarios los estudiantes de Geología que se hayan interesado en el resúmen que hemos hecho sobre pozos artesianos, dándose solamente el carácter de una aplicacion de las lecciones manifestadas sobre hidrología subterránea.

Práctica de la perforacion.

Práctica de la perforacion.

Hecha la eleccion del lugar conforme á las reglas ántes establecidas, se arma la cábria, y en el punto central del terreno que le sirve de base, se hace allí un pozo, comun, en el cual se coloca el tubo de guía, que generalmente es un prisma de madera; una vez instalado éste en posicion vertical perfecta, se da entrada á los aparatos perforadores. Cuando el terreno lo exige, se va metiendo una entubadura provisional para evitar los derrumbes, y obtenidas las aguas brotantes, se coloca el tubo de ademe ó de ascension que debe quedar en definitiva. Los tubos se introducen por percusion ó por simple resbalamiento, siendo mejor este sistema para poder sacarlos con facilidad si fuere necesario. La columna de tubos se va sosteniendo por medio de la llave ó collar núm. 4, y se van soldando ó clavando los tubos siguientes para formar una columna continua que vaya descendiendo en el pozo.

Pozos artesianos en México.

Pozos artesianos en México.

En nuestro país, el Valle de México es la localidad donde se han hecho más perforaciones artesianas y con brillante resultado.

Segun las noticias publicadas por el Sr. Orozco y Berra, en la Memoria para la Carta hidrográfica de México, 1864, hacia poco más de diez años, en aquella fecha que los Sres. Pane y Mol-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

teni habian comenzado á abrir pozos artesianos en el Valle y ciudad de México, y por informes del mismo Sr. D. Sebastian Pane, en Mayo del año de 1857, tenia ya abiertos 144 pozos.

Por datos recogidos en el Gobierno del Distrito y publicados en la Memoria sobre las aguas potables de la ciudad de México, por el Sr. Dr. D. Antonio Peñafiel, habia en la ciudad, hasta el 4 de Abril de 1883, los siguientes pozos artesianos distribuidos del modo siguiente:

1ª	Demarcacion de policía.....	24
2ª	„ „ „	55
3ª	„ „ „	61
4ª	„ „ „	40
5ª	„ „ „	40
6ª	„ „ „	39
7ª	„ „ „	47
8ª	„ „ „	177
	Suma.....	483

Estos datos demuestran las circunstancias favorables que presenta para la práctica de pozos brotantes el terreno en que se halla edificada la capital de México.

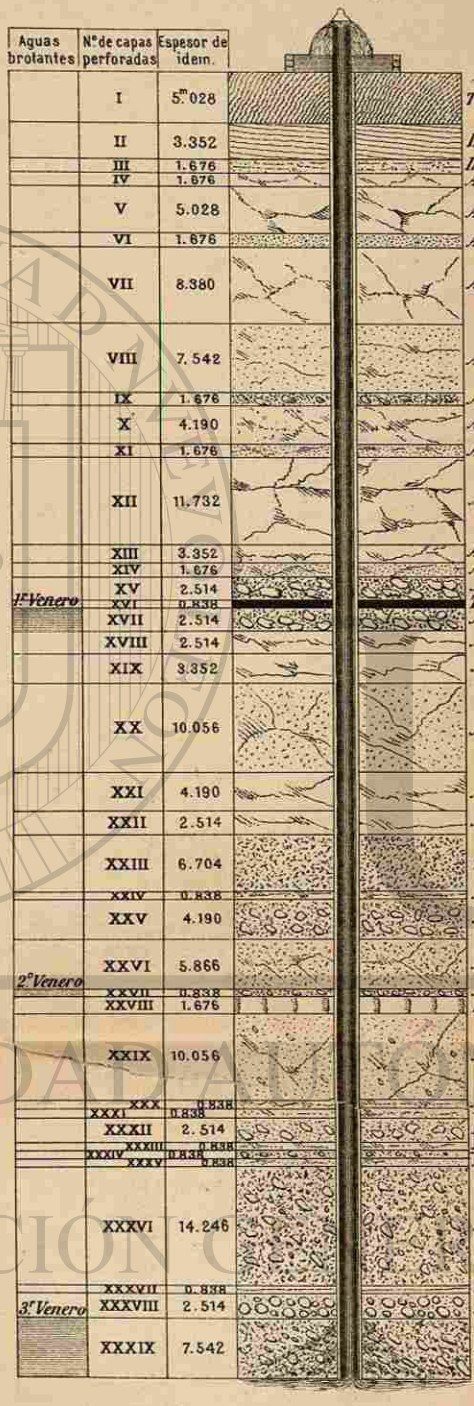
Adjuntamos una lámina que representa el corte que formamos del pozo abierto en la casa de Moneda, por el Sr. D. Ildefonso Bros, en el año de 1871. El corte se ha dibujado en vista de las tierras que el mismo Sr. Bros nos suministró.

Como se ve en la lámina adjunta, la perforacion alcanzó hasta la profundidad de 149m16, y se pasaron 39 capas diferentes. Se encuentra en ellas la alternacion de capas permeables é impermeables que es necesaria para la existencia de aguas brotantes. En toda la serie atravesada se encuentran depósitos lacustres con alternativas de otros correspondientes á aguas corrientes.

Segun los datos que de ese pozo nos ha ministrado el ingeniero D. Ignacio Ortiz de Zárate, quien presenció la perfora-

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CORTE DEL POZO ARTESIANO DE LA CASA DE MONEDA DE MÉXICO.



Aguas brotantes	Nº de capas perforadas	Espesor de idem.	Naturaleza de las capas.
	I	5.m028	Tierra vegetal arcillo-humífera
	II	3.352	Limo arcillo-margoso
	III	1.676	Limo arenoso con fragmentos de conchas
	IV	1.676	Arcilla margosa con fragmentos de trastos de barro
	V	5.028	Arcilla margosa compacta con conchitas de Cypris
	VI	1.676	Arena de olivino y marmaja negra, con conchitas
	VII	8.380	Arcilla gris compacta con fragmentos de traquita
	VIII	7.542	Arcilla blanca, margosa y con arena
	IX	1.676	Arena de pórfido, con oolitas calizas y conchitas
	X	4.190	Arcilla compacta de color gris claro
	XI	1.676	Arcilla arenosa con caliza estilaticia
	XII	11.732	Arcilla gris compacta, con conchitas
	XIII	3.352	Arcilla de color claro, con conchitas
	XIV	1.676	Arcilla arenosa
	XV	2.514	Arena con matatenas de traquita
1º Venero	XVI	0.838	Turba
	XVII	2.514	Arena con matatenas de pórfido
	XVIII	2.514	Arcilla gris con tallitos silisosos
	XIX	3.352	Arcilla de color gris claro
	XX	10.056	Arcilla con tripoli
	XXI	4.190	Arcilla de color gris de humo, con tallitos silisosos
	XXII	2.514	Arcilla de color gris claro con tallitos
	XXIII	6.704	Tripoli
	XXIV	0.838	Arcilla con tripoli
	XXV	4.190	Matatena de pórfido y pómez
	XXVI	5.866	Arcilla con tripoli y cristales de horblenda
2º Venero	XXVII	0.838	Matatena de pórfido y pómez
	XXVIII	1.676	Roca kaolínica y calcárea
	XXIX	10.056	Arcilla con arena gruesa
	XXX	0.838	Arcilla compacta rojiza
	XXXI	0.838	Arcilla con tripoli
	XXXII	2.514	Arena con olivino, toba y basalto
	XXXIII	0.838	Arcilla con arena y tripoli
	XXXIV	0.838	Arena con tripoli y matatenas de pórfido
	XXXV	0.838	Arcilla con arena traquítica
	XXXVI	14.246	Matatenas de porfido y traquita
	XXXVII	0.838	Limo arcilloso
3º Venero	XXXVIII	2.514	Matatenas redondas de pómez
	XXXIX	7.542	Arena de pómez y pórfido.

Nota: Este pozo fué abierto en el año de 1871 por Dn ILDEFONSO BROS. La profundidad total es de 149.m16. Tiene tres tubos de fierro. El agua salta á 1.m 03 sobre el piso. En el año en que fué abierto producía 6.2 litros por segundo. y en el de 1885 ha rebajado á 1.6. Su costo total fué de 3139 pesos.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Lit de Iriarte

cion, se cortaron tres veneros principales de agua brotante, á las profundidades de 62.1, 104 y 141 metros.

Las capas acuíferas están en los depósitos de arena con matatenas ó fragmentos gruesos de roca porfídica, sobrepuesta á capas arcillosas.

Siguiendo esta regla, es probable que en la capa 9, á 34 metros, haya brotado agua, que por falta de fuerza necesaria para el ascenso, no apareceria sobre la superficie.

Segun los datos publicados en 1864, por el Sr. Dr. D. Leopoldo Rio de la Loza, y refiriéndose á un pozo abierto al N.O de la plaza mayor de México, la primera capa de agua que rebasó hasta la superficie, aunque sin salto, fué á 12^m34 y el pozo terminó en 64^m5, que viene á corresponder á la primera capa brotante del pozo de la casa de Moneda. Muchos perforadores se conforman en México con este primer venero, suspendiendo allí la perforacion. Segun me informa el Sr. D. Cárlos Pérez Rivas, en un pozo que hizo en el Hospital Militar, llegó hasta la profundidad de 234 metros.

Otros muchos pozos pueden citarse en el Valle de México, siendo notables el de la hacienda de la Condesa, cerca de Tacubaya, y algunos por el lado del Noroeste, cercanos á la ciudad.

Las aguas de los pozos artesianos del Valle de México son potables y de agradable sabor.

Insertamos en seguida el análisis que el sabio mexicano D. Leopoldo Rio de la Loza hizo del agua del pozo de Bucarelli.

AGUA DEL POZO ARTESIANO DE BUCARELLI.

Productos gaseosos:

Aire y oxígeno.....	13.15
Ácido carbónico.....	1.18
Total c. c. por litro.....	14.33

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Productos sólidos:

Carbonato de cal.....	0.ᵍ01130
Carbonato de sosa.....	0. 06949
Cloruro de potasio.....	0. 00086
Cloruro de magnesio.....	0. 00091
Silicato de sosa.....	0. 08375
Silicato de potasa.....	0. 01040
Siliza.....	0. 04515
Alumina y fierro.....	0. 00276
Materia orgánica, indicios.	
Total en gramos, por litro.....	0. 22462

TEMPERATURAS Y GRADOS HIDROMÉTRICOS DE ALGUNOS POZOS ARTESIANOS, DETERMINADOS POR EL DOCTOR DON ANTONIO PEÑAFIEL.

Pozo de la hacienda de la Condesa.

Temperatura: Promedio de observaciones en Febrero, 15°1. C.
Grado hidrométrico: Promedio de 20 análisis, 9°7.

Pozo de Chapultepec.

Temperatura: Promedio de observaciones en Febrero y Marzo, 15°5.
Grado hidrométrico: Promedio de 7 análisis, 6°.

Pozo de la Escuela Preparatoria.

Temperatura: Promedio de observaciones en Febrero, 15°6.
Grado hidrométrico: Promedio de 13 análisis, 3°1.

Tambien en otras regiones del país, fuera del Valle de México, se han hecho perforaciones artesianas; pero no sabemos que hayan sido terminadas más que en el Estado de Guanajuato.

En Celaya hay varios pozos de buen caudal de agua y que se considera como termal, lo que hace que se hayan aplicado á establecimientos de baños y á riegos. Se han comenzado perforaciones artesianas en Jalisco, San Luis Potosí, Querétaro y Veracruz; pero no sabemos aún los resultados obtenidos.

CLASIFICACION DE LAS AGUAS.

Clasificacion de las aguas.

Para completar el estudio de la hidrología, y á fin de que en las descripciones que un ingeniero agrónomo haga de una comarca se refiera igualmente á sus aguas, damos á conocer las principales clasificaciones, con lo que se uniformará el tecnicismo y podrán apreciarse con toda claridad las circunstancias que se mencionen en un informe.

Cuatro grupos.

Las aguas se dividen en:
Aguas dulces y saladas.
Potables y malas, crudas ó pesadas.
Minerales ó medicinales.
Frias, templadas y termales.

Las tres primeras subdivisiones se refieren á la composicion de las aguas, es decir, á las proporciones y cantidades que contengan de materias minerales, y la última division, es alusiva á la temperatura que presenten en su orígen, en su depósito ó en su curso.

Aguas dulces.

Son aguas dulces aquellas que no tienen materias salinas en disolucion ó que solamente contienen cantidades pequeñas de esas sales; se llaman aguas saladas propiamente dichas, las que contienen proporciones muy notables de sales alcalinas y especialmente cloruro de sodio, como se observa en las aguas del mar y en algunas lagunas, esteros y aun en los rios y arroyos.

Aguas saladas.

Esta clasificacion de aguas interesa mucho al agricultor, pues que las tierras regadas ó infiltradas por las aguas salinas, no

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

pueden dedicarse más que á muy determinados cultivos. Además, para la aclimatacion y cría de peces, se necesita saber si las aguas son dulces ó saladas, para poner en ellas las especies que les sean propias.

Viene en seguida la clasificacion de aguas potables y aguas malas.

Esta clasificacion es de la mayor importancia, pues entraña la aplicacion á los usos domésticos y á las irrigaciones.

Agua potable. Una agua potable, que pueda considerarse como *buena*, debe tener las siguientes condiciones:

"Estar aereada y ser fresca y limpia; no contener en un litro más de medio gramo de materias minerales, y que éstas sean carbonatos calcáreos; no contener materias orgánicas ni olorosas y colorantes; ser agradables al gusto, cocer bien las legumbres y disolver fácilmente el jabon, sin formar grumos."

Fuera de estas circunstancias, se encuentran aguas más ó ménos potables segun la proporcion y naturaleza de las materias extrañas que contengan, sin pasar siempre de cierta proporcion, porque entónces entran en la categoría de las aguas malas.

Se comprende que una agua demasiado pura, no es propia tampoco para la digestion, y que faltándole las sales calcáreas no será buena para la nutricion del hombre y de los animales, pues sabido es que los huesos necesitan de aquellas sales.

Ejemplos de aguas potables. Como ejemplos de composicion de aguas potables insertamos los análisis de las llamadas *delgada* y *gorda*, que se usan en la ciudad de México, y cuyos análisis fueron ejecutados por el Sr. Rio de la Loza en 1854.

	Agua delgada ó del Desierto.		Agua gorda ó de Chapultepec.
Productos gaseosos:			
Aire	10.151	.....	10.390
Oxígeno	2.809	.....	1.760
Ácido carbónico	0.750	.....	0.990
Total c.c. por litro	13.710	.....	13.140

	Agua delgada ó del Desierto.		Agua gorda ó de Chapultepec.
Productos sólidos:			
Sulfato de cal	0.00326	.....	0.00652
Carbonato de cal	0.02171	.....	0.02712
Carbonato de magnesia	0.01169	.....	0.02215
Carbonato de sosa		.....	0.03901
Cloruro de potasio	0.00396	.....	
Cloruro de sodio		.....	0.05845
Cloruro de magnesio	0,00349	.....	
Silicato de sosa	0.03985	.....	0.02997
Azotato de potasa		.....	0.02158
Siliza	0.05169	.....	0.07745
Alumina y fierro	0.00849	.....	0.00686
Materia orgánica	0.00087	.....	Indicios
Pérdida		.....	0.00093
Total en gramos por litro.	0.14501	.....	0.29004

Aguas crudas. Las aguas que contienen más de medio gramo de materias minerales van haciéndose más y más impropias para los usos domésticos, y llegando á cierta proporcion ya no disuelven el jabon ni cuecen las legumbres, y son de sabor desagradable; en este caso se les llama *aguas malas*, *crudas* ó *pesadas*. Tambien se les designa con nombres que indican las sales dominantes en su composicion, y así, se dice: *aguas saladas*, *calcáreas*, *tequezquitosas*, *selenitosas*, etc.

Medios de mejorar las aguas malas. Hay algunos medios expeditos para mejorar las aguas malas, como son: la ebullicion, que desaloja los gases; el reposo y filtracion que quitan las tierras y otras sustancias en suspension; el reposo y exposicion prolongados, así como la adicion de pequeña cantidad de carbonato de sosa, que precipitan las sales calcáreas; el carbon que desinfecta las aguas hediondas, etc., etc.

Aguas minerales. Son aguas minerales ó medicinales aquellas que abundan en gases y en materias minerales. Estas están en relacion con los terrenos que las aguas atraviesan, y de los cuales los disuelven y acarrean.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Relacion entre las materias que contienen las aguas y los terrenos que atraviesan.

De un modo general se asienta, que las aguas que atraviesan terrenos graníticos apénas contienen siliza, algunos silicatos y trazas de cloruros y carbonatos calcáreos, de potasa y de magnesia; de composicion semejante son las aguas que pasan por los pórfidos y basaltos: las corrientes que circculan por los terrenos secundarios son buenas generalmente; las filtraciones de las lluvias, sobre terrenos cubiertos de vegetacion, llevan bastante ácido carbónico, que obrando como disolvente, carga las aguas de carbonato de cal.

Las aguas minerales pueden ser frias ó calientes.

Clasificacion de las aguas minerales.

Por su composicion, las aguas minerales se clasifican del modo siguiente:

Aguas aciduladas.
Alcalinas.
Cloruradas.
Sulfatadas.
Sulfurosas.
Ferruginosas.
Bromuradas y ioduradas.

Aguas aciduladas.

Las aguas aciduladas son frias y están cargadas de ácido carbónico, libre y disuelto. Generalmente tienen hervor y desprenden burbujas de aquel gas, como se observa en el Pocito de Guadalupe á 4 kil. de la capital de México: la temperatura de esta agua es de + 21° C. Segun el Sr. Rio de la Loza contienen 234,90 c.c. de ácido carbónico, por litro.

Aguas alcalinas.

Las aguas alcalinas abundan en carbonatos alcalinos y alcalino–terrosos. Podrémos citar como ejemplos las aguas de los lagos de Texcoco y Xaltocan en el Valle de México; el de Zacualco en Jalisco, etc., donde abunda el tequezquite.

En un litro de agua de Texcoco, hay, segun el Sr. Rio de la Loza, 12^{g} 5359 de cloruro de sodio, y 1^{g} 7110 de carbonato de sosa.

Aguas cloruradas.

Las aguas cloruradas tienen grandes cantidades de cloruros alcalinos, como se observa en los mares, en varios lagos y aun en aguas de pozos como sucede en las Salinas del Peñon Blanco, en San Luis Potosí, donde se extraen grandes cantidades de cloruro de sodio por la evaporacion de las aguas.

Aguas sulfatadas.

En las aguas sulfatadas dominan los sulfatos alcalinos y alcalino–terrosos.

Aguas sulfurosas.

Las sulfurosas contienen hidrógeno sulfurado y sulfuros alcalinos. Hay varias aguas de esta clase en la República; citamos el siguiente análisis de las de Santiago en Puebla.

AGUAS DEL OJO DE SANTIAGO EN PUEBLA.

(Análisis de D. Pedro Beguerise.)

Sustancias volátiles.

Ácido sulfhídrico.....	0.0008094
Ácido carbónico.....	0.1197000

Sustancias fijas.

Cloruro de sodio.....	0.1650
Sulfato de alumina.....	0.6390
Cloruro de magnesio.....	0.1586
Carbonato de cal.....	0.5474
Sulfato de cal.....	0.1227
Siliza.....	0.1300
Glairina, cantidad indeterminada.	
Pérdida.....	0.0373
Resíduo.....	1.8000

Aguas ferruginosas.

Las aguas ferruginosas contienen bicarbonato ó sulfato de óxido de hierro.

En la Villa de Guadalupe Hidalgo, á 4 kil. N. de México se abrió un pozo artesiano que produjo aguas ferruginosas, como consta en el siguiente análisis del Sr. D. Gumesindo Mendoza.

Sustancias volátiles.

Ácido carbónico.....	1.124
Ázoe.....	0.021
Oxígeno.....	0.052
Ácido sulfúrico, huellas.	

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Sales.

Bicarbonato de protóxido de hierro.	0.591
Bicarbonato de sosa.....	0.312
Bicarbonato de potasa,.....	0.012
Bicarbonato de magnesia.....	0.011
Cloruro de sodio.....	0.031
Siliza.....	0.010
Ácido crénico.....	0.103
	1.070

Con estas aguas se han formado los baños minerales llamados de la Estacion, y que son de la propiedad del Dr. D. Eduardo Licéaga.

Sobre el camino de la capital á la Villa de Guadalupe se encuentran los baños ferruginosos de Aragon, muy frecuentados del público por sus propiedades medicinales.

Hé aquí la composicion de sus aguas segun el mismo Sr. Mendoza:

AGUAS DE ARAGON.

Sustancias gaseosas.

Oxígeno.....	2.688
Ázoe.....	18.169
Ácido carbónico.....	367.989

Sales.

Bicarbonato de protóxido de fierro.....	0.06600
Bicarbonato de sosa.....	0.05970
Bicarbonato de potasa.....	0.00560
Bicarbonato de cal.....	0.02656
Bicarbonato de magnesia.....	0.00265
Cloruro de sodio.....	0.00671
Siliza.....	0.09856
Ácido crénico.....	0.07860
	0.34438

Aguas ioduradas y bromuradas.

Las aguas ioduradas y bromuradas son aquellas que contienen ioduros y bromuros alcalinos.

Las aguas minerales abundan en este país.

En muchas localidades de la República existen aguas minerales de muy variada composicion, asemejándose muchas de ellas á las de Carlsbad y otras que en Europa gozan de gran reputacion como medicinales. Cuando en México se exploten las aguas minerales se descubrirán verdaderos tesoros para las aplicaciones medicinales.

Análisis hidrotrimétrico.

Como se ve, la clasificacion de los cuatro primeros grupos de aguas que se enunciaron, depende de su composicion química, y si es cierto que un análisis perfecto demanda mucho tiempo y operaciones delicadas, que no siempre se está en la facultad de practicar, se puede por un procedimiento muy expedito, llamado *Análisis hidrotrimétrico*, hacer esa clasificacion de las aguas con bastante exactitud, sobre todo para las aplicaciones económicas, pues está fundado sobre la mayor ó menor facilidad con que se disuelve el jabon en el agua, segun su estado de pureza.

Por consiguiente, si se prepara una tintura alcohólica de jabon y se titula, viendo la cantidad que se necesita para que produzca espuma persistente, en un volúmen determinado de agua destilada que se agita convenientemente, se tendrá el modo de calcular el grado de pureza de otro volúmen igual de agua, porque para que la espuma persista, se tiene que haber gastado ántes una cierta cantidad de la misma tintura para precipitar las sales que tenia el agua en disolucion y compararse entónces con el agua destilada. La cantidad empleada de la solucion titulada, marca el grado hidrotrimétrico del agua que se reconoce.

Grados hidrotrimétricos.

Por ser de bastante interes el método hidrotrimétrico, insertamos en el apéndice de este libro, el que publicó el Dr. D. Antonio Peñafiel, en su muy importante Memoria sobre las aguas potables de la ciudad de México.

Clasificacion de las aguas segun su temperatura.

Vamos ahora á señalar la clasificacion de las aguas conforme á su temperatura.

Dijimos que se dividian en *termales*, *templadas* y *frias*.

Aguas termales, templadas y frias.

Varios autores consideran como aguas termales, á las que tienen una temperatura superior á 20° centesimales; pero debemos

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

creer que esa estimacion debe hacerse con referencia á la temperatura média del lugar en que se encuentran las aguas, pues esa relacion marca la clasificacion térmica que se busca.

Por consiguiente, las aguas que tienen la temperatura del medio ambiente, ó pocos grados diferente de la de éste, se considerarán como templadas, y se llamarán frias las que difieran sensiblemente, por menor número de grados, de la temperatura atmosférica.

Cuadro de las temperaturas de varias aguas del país.

El siguiente cuadro da idea de las temperaturas de algunas aguas del país.

Vertientes del agua gorda de México	+ 22°50
Agua gorda en el depósito del Salto del Agua	+ 17 60
Vertiente del agua delgada en el Desierto	+ 9 00
Agua delgada en depósitos de la ciudad	+ 13 98
Pozo artesiano de la Escuela Preparatoria	+ 15 06
Pozo artesiano del Hospital de San Lúcas	+ 17 30
Pozo artesiano de Bucarelli	+ 21 50
Pozo artesiano del Apartado	+ 25 50
Alberca grande de Chapultepec	+ 21 47
Pozo comun del Palacio Nacional	+ 15 90
Agua del Col, en el depósito Caracol en Guadalajara.	+ 21 00
Agua del Pocito de Guadalupe en México	+ 21 50
Baños de Aragon, México	+ 24 50
Baños de la Estacion de Guadalupe Hidalgo	+ 22 80
Aguas del Peñon de los Baños	+ 44 50
Aguas de Atotonilco, Estado de Hidalgo	+ 66 50
Agua sulfurosa de Santiago en Puebla	+ 28 00
Baños de Tenguedó, Estado de Hidalgo	+ 46 20
Baños de Zalatitan, cerca de Guadalajara	+ 41 00
Ojo de la Laja, cerca de Ahualulco, Estado de Jalisco..	+ 93 00

Datos obtenidos en el Observatorio Central de México.

En el Observatorio Meteorológico Central de México, se observa cada hora la temperatura del agua á la sombra, y para el y para el año de 1885, se obtuvieron los siguientes promedios

mensuales: 13°0; 14°1; 16°5; 14°2; 16°1; 15°9; 15°3; 15°4; 16°1; 14°2; 12°0; 9°8. La média anual fué de 14°4, y la del aire á la sombra de 15°4.

Clasificacion térmica de las aguas en la ciudad de México.

Como se observa en el cuadro, el agua de los depósitos de la ciudad de México, así como la de varios pozos artesianos, es templada, pues se acerca mucho á la del medio ambiente, siendo un poco más tibia la de algunos otros pozos, y termales las de las vertientes y alberca de Chapultepec y las de los baños ferruginosos de Aragon y Guadalupe.

Por los datos del Observatorio que son los más propios para el estudio del agua en México, puesto que representan promedios de muchísimas observaciones, se deduce: que el agua es fria en Diciembre, Noviembre y Enero; en Agosto es igual su temperatura á la média del ambiente, y se aproxima á ésta en Junio y Julio; en Marzo y Setiembre es un poco más tibia que la média del aire.

Aguas muertas y aguas vivas.

Fáltanos, por último, decir que á todas las aguas se les llama *muertas*, cuando están estancadas, y *vivas* cuando se hallan en movimiento.

Medida de las aguas.

Lo relativo al estudio de la hidrología se completa con la hidromensura ó medida de las aguas, á cuyo fin insertarémos en el Apéndice de esta obra las fórmulas más usuales para estimar las cantidades de agua que en la unidad de tiempo producen los manantiales, arroyos, canales y rios.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TERCERA PARTE.

GEOLOGÍA HISTÓRICA.

CAPÍTULO I.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL ORIGEN DE LA TIERRA. CRONOLOGIA GEOLOGICA.

Orígen de la tierra.

Consideraciones basadas sobre la forma actual de la tierra, y en cuestiones astronómicas y físicas, suponen que nuestro planeta en un principio, fué una masa gaseosa dotada de elevadísima temperatura: que caminando á través de los espacios fué enfriándose, pasó al estado líquido, y que al fin se le solidificó una película ó costra, en cuya fase de formacion se encuentra en la época actual; no sin haber sufrido variadas trasformaciones en esa corteza hasta poder servir de mansion al hombre.

Geogonía.

A fin de comprender mejor esas consideraciones, las que forman el estudio llamado *Geogonía*, harémos un compendio de la teoría de Laplace, dando en seguida una rápida ojeada á las masas de rocas y á los restos orgánicos que en ellas han quedado sepultados ó impresos, para trazar, en fin, el cuadro cronológico de la Tierra ó de las diversas épocas de su existencia.

Teoría de Laplace.

Laplace considera que la materia universal, en su orígen, y á la que él llama *materia caótica*, llenaba todo el espacio de un

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEON
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

modo uniforme á causa de la expansibilidad producida por la excesiva temperatura de que estaba dotada; con el enfriamiento secular y con el trabajo molecular que sobrevino, se fueron formando centros de atraccion ó núcleos, que concentrando sus fuerzas dividieron, al fin, á la gran masa caótica en innumerables nebulosas; quedando éstas sujetas á los mismos trabajos de concentracion y division, formaron diversos grupos ó sistemas, que por analogía con el que comprende á la tierra, se llaman sistemas solares.

Considerando despues á una de esas masas, concentrada ya en un cierto grado, y sometida á la fuerza de rotacion que aumentaba con el agrupamiento molecular y la diminucion de volúmen, debió concentrarse formando una inmensa esfera. Sometida ésta á los mismos trabajos, tuvo que dilatarse hácia el Ecuador, y comprimirse en sus polos, hasta que del inflamiento se separó un grande anillo que giró y continuó dilatándose á efecto de las mismas fuerzas; de la excesiva dilatacion vino la ruptura de ese anillo y su division en masas esféricas que giraban al derredor de la masa generatriz. Estas esferas quedaban expuestas á subdivisiones análogas, y por consiguiente originaban otros cuerpos que giraban igualmente en su derredor.

Aplicacion al sistema solar.

Aplicando la teoría al sistema solar, consideramos al sol como la masa mayor de la que se separaron los grandes anillos, de cuyo fraccionamiento se formaron los planetas, y continuando en éstos la subdivision, se originaron los satélites.

Si tomamos en cuenta las dimensiones relativas de algunos de esos cuerpos, el Sol nos representa una masa todavía fluida, á causa de su mayor volúmen; Saturno ofrece el paso transitorio con la separacion anular; la Tierra un elipsoide en parte solificado y llevando un satélite, que por ser más pequeño se considera como solidificado del todo; hé aquí cuatro fases subsecuentes en el desarrollo de varios cuerpos del sistema solar; el Sol, Saturno, la Tierra y la Luna.

Hechos en que se apoya la teoría.

Veamos ahora algunos hechos que apoyan la teoría de Laplace y que le sirven de pruebas: mas ántes es bueno advertir que segun autores respetables, esa misma teoría fué emitida por

Kant, filósofo aleman, 41 años ántes que Laplace, y sin que éste sabio geómetra tuviese conocimiento de ella.

Como pruebas de esa teoría deben citarse las siguientes: la uniformidad y armonía en los movimientos de los planetas; la existencia del anillo de Saturno, señalando la separacion de la zona ecuatorial que la teoría supone; la existencia de los satélites; la comunidad de elementos constitutivos entre el Sol, otros cuerpos extraterrestres y la Tierra, demostrada tanto por el análisis espectral como por el de los aerolitos; y, en fin, por la forma de la Tierra que es precisamente la que adquiere una masa fluida sometida al movimiento de la rotacion.

Existencia del fuego central y débil espesor de la corteza terrestre.

Considérase, además, que la Tierra sólo tiene en la actualidad una débil película solidificada, conservándose líquida en su interior: los espesores comparativos de la corteza y la masa ígnea, se manifiestan colocando una hoja de papel sobre una naranja, representando aquella la costra sólida, y ésta la masa fluida. Son muchos los hechos que se aducen en pro de esta teoría del fuego central de la Tierra, contándose entre los más resaltantes, los fenómenos volcánicos y el crecimiento gradual de la temperatura á medida que se profundiza la corteza terrestre, llegando á corta distancia, si la ley observada continuase así, á conservar en estado de fusion á todos los metales conocidos, á los minerales y las rocas.

La forma de tierra fué enunciada por Newton.

Fundado Newton en consideraciones puramente teóricas, sobre la supuesta fluidez primitiva de la Tierra, se atrevió á enunciar que la forma de ésta seria la de un elipsoide dilatado hácia el ecuador y achatado en sus polos. Forma que la ciencia y las observaciones prácticas han demostrado despues con toda exactitud.

Experiencia de Plateau.

El físico Plateau demostró por medio de una experiencia sencilla é ingeniosa, la extension esferoidal de una masa fluida, la dilatacion ecuatorial, la separacion de anillos y la formacion de satélites como lo supone la teoría de Kant y de Laplace. Con tal fin, coloca aquel físico una gota de aceite en medio de una mezcla formada de agua y alcohol, con una densidad igual á la del aceite; libres como se encuentran las moléculas de este lí-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

quido, se extienden en forma de esfera; despues, por medio de un tallo de cristal imprime Plateau un movimiento de rotacion á la esfera de aceite, y va presentando sucesivamente las formas, divisiones y movimientos de las partes separadas, como ántes se anunció.

Adoptarémos, pues, la teoría de Laplace, admitida generalmente en la actualidad; teoría que se aviene muy bien á esa uniformidad de plan que armoniza todas las maravillas de la naturaleza, y que demuestran de una manera evidente el inmenso poder y la sabiduría de Dios.

Formacion de la atmósfera.

Considerando ahora que á causa del enfriamiento progresivo de la masa que vino á constituir nuestro planeta, llegó á formarse, primero, una esfera líquida; desde entónces separóse sin duda la cubierta gaseosa que formara la atmósfera terrestre, aunque con una composicion muy diversa de la que presenta en la actualidad, porque entónces, á causa de la grande elevacion de temperatura, permanecerian en estado de gas muchas de las sustancias hoy solidificadas. Prosiguiendo el enfriamiento, vino la condensacion de varias de aquellas sustancias, y la superficie del globo comenzó á hacerse pastosa y despues á solidificarse en porciones aisladas.

Formacion de la corteza terrestre.

Por fin se formaria una película, primera corteza de la Tierra, y que no pudiendo resistir al impulso de la masa líquida, seria incesantemente trastornada, dando lugar á los primeros accidentes y levantamientos que presentan las rocas fundamentales del globo.

Formaciones sedimentarias y metamórficas.

Hemos considerado todas las fases de la Tierra durante su incandescencia, y ahora vamos á entrar en consideraciones de otro género, partiendo del momento en que consolidada la corteza rocallosa y condensadas las aguas atmosféricas, comenzaron diversos agentes físicos y químicos á ejercer su accion sobre las masas sólidas para formar las rocas sedimentarias; vestiduras que habian de cubrir despues las desigualdades de aquel esqueleto.

Al principio de estos nuevos acontecimientos un inmenso océano formaba envoltura continua á nuestro globo, y solamente en algunos puntos levantarian sus picos las masas de rocas, sin tierra vegetal, sin dar apoyo á ningun organismo, y sufriendo solamente las trasformaciones á que el agua y la atmósfera las obligaba.

Los sedimentos, entretanto, se acomodadan sobre el esqueleto de rocas primitivas; pero la materia ígnea, mal aprisionada, salia por innumerables grietas y levantaba los nacientes sedimentos, imprimiéndoles diversos grados de metamorfismo; así se levantaron y se plegaron bajo diversas direcciones las mica-pizarras, los granitos, el gneiss, la protoginia y tantas otras rocas metamórficas de las más antiguas del globo.

Aparicion de los séres.

Al fin, la temperatura de los mares fué propicia para la existencia de la vida, y miéntras que los animales se agitaban en las aguas, surgian las montañas, se formaba la tierra emergida y crecian y variaban las faunas y las floras terrestres y acuáticas.

Dijimos ántes que varias consideraciones físicas habian señalado el orígen probable de la Tierra: la observacion de los terrenos y las leyes químicas nos conducen á las explicaciones que acabamos de hacer acerca de la formacion de la corteza terrestre y de los mares.

Restos de organismos.

Observaciones análogas nos irán guiando para proseguir en la interpretacion de muchos hechos que irán trazando la historia de la Tierra ó las diversas fases que ha ido presentando hasta llegar á su estado actual. En efecto, en las rocas de las montañas así como en las de los valles y llanuras, se observan con frecuencia los restos ó vestigios de animales y plantas; unos con formas del todo diferentes á las que ofrecen las faunas y floras actuales; otros con formas que se van aproximando á éstas, y algunos, en fin, que se asemejan á los séres que hoy pueblan la tierra.

Orígen de la Geología.

Tales hechos no podian pasar inapercibidos á la vista de los hombres de ciencia, y separándolos en diversos agrupamientos, consagran á ellos su atencion y estudio. Fúndanse así los principios de las interpretaciones; se suceden éstas y brota una nueva ciencia, que es la Geología, abarcando el conocimiento más

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

perfecto de la Tierra bajo múltiples respectos, aun en el relativo á las diversas fases de su existencia.

Fósiles. La comparacion ha deducido que esos restos que guardan las capas terrestres pertenecieron á séres que, imperfectos primero en su organizacion, fueron cediendo el campo á otros más perfectos, demostrando así la existencia de diversas floras y faunas correspondientes tambien á diferentes tiempos ó épocas, y adecuadas sin duda á las circunstancias propias de los medios que les rodeaban. A esos restos ó señales de los séres, que conservan las rocas, se les llama *fósiles*, y *Paleontología* á la ciencia que los estudia.

Paleontología.

Hemos llegado á un punto al que es necesario consagrar algunas líneas, por ser este el lugar en que conviene incluir las definiciones que servirán más adelante.

La observacion de los restos orgánicos en los terrenos es de tal importancia, que la presencia de algunos de ellos equivale á un letrero, á una etiqueta de clasificacion cronológica de la roca que los contiene: así, fósiles hay que pueden considerarse como *característicos* por ser exclusivos de determinada edad geológica ó de una de sus divisiones: se llama *fósil idéntico* al que presenta un grado notable de semejanza con los animales ó plantas actuales; *especie idéntica* es la que se encuentra en pisos diferentes, y tambien se aplica el mismo nombre á determinado fósil cuando aparece en el mismo piso aunque en localidades distintas; son *fósiles perdidos* ó *extinguidos*, aquellos cuyos tipos no tienen representantes entre los séres vivientes de nuestra época.

Fósiles característicos.

Fósiles idénticos.

Especies idénticas.

Fósiles perdidos.

Hechas estas explicaciones, y reanudando el hilo de las deducciones que veniamos señalando, las reasumirémos dando una idea de las divisiones que en vista de los datos indicados se han formado sobre la historia terrestre, ó lo que podemos llamar la biografía de nuestro planeta.

Cronología terrestre.

Las edades que la ciencia señala en la actualidad son siete, partiendo desde la existencia de la corteza terrestre. El Génesis indica siete divisiones de tiempo que llama dias.

El órden de los tiempos geológicos, es el siguiente:

Primero: hubo un tiempo en que no existió la vida, ó en el que á su fin comenzaron tal vez á presentarse los primeros séres, y con una organizacion muy imperfecta. A este tiempo se le llama *Arcaico* ó *Edad Azoica:* el primer nombre significa principio, y la palabra *azoica* quiere decir *sin vida.*

Edad arcaica.

Siguióse otra edad en que sólo hubo vida marina, abundando en los océanos los moluscos, zoófitos y algunos articulados; con pocas excepciones toda la tierra estaba envuelta por las aguas del mar. Esta fraccion de tiempo se llama *Edad de los invertebrados, de los moluscos* ó *Siluriana.*

Edad siluriana.

Siguió otra edad, en que además de los animales referidos aparecieron los peces, y en las tierras emergidas, aunque escasas aún, comenzó á mostrarse la vegetacion. A esta division se le llama *Edad de los peces* ó *Devoniana.*

Edad devoniana.

Sucedióse otra edad en que en las tierras emergidas hubo una exuberante vegetacion, y que en las aguas comenzaron á mostrarse los reptiles. Esta fraccion de tiempo se llama *Edad de las plantas* ó *Carbonífera.*

Edad carbonífera.

Siguió una edad en que abundaron los reptiles, los cuales tenian dimensiones muy grandes respecto de los que hoy existen. Se llama esta fraccion de tiempo *Edad de los reptiles.*

Edad de los reptiles.

Siguióse la edad en que abundaron en la tierra los mamíferos, y por esto se le llama *Edad de los mamíferos.*

Edad de los mamíferos.

Vino en seguida la *Edad del hombre.*

Edad del hombre.

Atendiendo á los caracteres de las faunas y floras, se han formado cuatro agrupamientos ó tiempos con aquellas edades, y son:

Tiempo arcaico, que sólo comprende la edad *azoica.*

Tiempo paleozoico, que significa vida antigua, y comprende las edades siluriana, devoniana y carbonífera.

Tiempo mesozoico ó de vida média, indicando que los séres que le corresponden tenian caracteres participando de los antiguos y de los modernos: comprende la edad de los reptiles.

Tiempo cenozoico ó de vida reciente: comprende las edades terciaria y del hombre.

Agrupacion por tiempos.

De estas grandes divisiones se han formado otras llamadas

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

períodos, y éstos á su vez se subdividen en algunos casos en pisos, que por lo regular tienen los nombres de las localidades donde se observan.

Plan de este estudio.

Vamos á trazar el cuadro cronológico que se encuentra en la obra del Profesor Dana, para hablar despues en particular de cada una de las edades que hemos referido. Debemos advertir que en las descripciones nos apegarémos más íntimamente á las del mismo Profesor Dana, extractándolas en muchos casos, tanto por la excelencia del método con que están hechas, como por referirse al Continente Americano, y por consiguiente tienen mayor interes para nosotros esas descripciones.

La Geología mexicana no está estudiada suficientemente para poder examinar las equivalencias de los terrenos del país con los correspondientes á los de otras naciones, ó tambien para fundar las subdivisiones propias al país.

Procurarémos dar interes local á las citas, valiéndonos más bien de nuestras propias observaciones, aunque en corto número, y mencionando algunas otras de que tengamos conocimiento, pues desgraciadamente los pocos datos geológicos que se han determinado en el país, se hallan diseminados en varias publicaciones. Acontece tambien que algunos de esos datos se han clasificado solamente por apreciaciones petrográficas, y no es posible asignarles con entera seguridad sus valores, ahora que ya tenemos algunos horizontes geológicos bien determinados.

CUADRO de los terrenos geológicos segun su órden de posicion.

TIEMPOS.	EDADES.	Subdivisiones.	PERIODOS AMERICANOS.	SUBDIVISIONES EUROPEAS.
Cenozoico.	Cuaternaria ó del hombre		Reciente Champlain Glacial	Reciente. Cuaternario ó pleistoceno.
	Terciaria ó de los mamíferos		Plioceno Mioceno Alabama Lignítico	Plioceno. Mioceno. Eoceno
Mesozoico.	De los reptiles		Cretáceo Jurásico Triásico	Superior. Medio. Inferior. Wealden. Olita. Lias. Keuper. Caliza de conchas. Arenisca Bunter.
Paleozoico.	Carbonifera ó de las plantas		15 Permio 14 Carbonífero 13 Subcarbonífero	Permio. Carbonífero. Caliza de montaña.
	Devoniana ó de los peces.		12 Castskill 11 Chemung 10 Hamilton 9 Cornífero	Antigua arenisca roja.
	Siluriana ó de los moluscos	Superior.	8 Oriskani 7 Bajo Heldelberg. 6 Salina 5 Niágara	Lechos de Ludlow. ..... Lechos de Wenlock. Llandovery superior.
		Inferior.	4 Trenton 3 Canadense 2 Primordial	Arenisca de Caradoc. Caliza bala. Grupo Llandeilo. Pizarras de Tremadoc. Primordial—Cámbrico.
Arcaico.	Azoica	...	1 Arcaico	.....

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPÍTULO II.

TIEMPO ARCAICO.

Comprende solamente una edad, de la que vamos á ocuparnos.

Comienza la edad arcaica con la solidificacion de la corteza terrestre.

EDAD ARCAICA.—Comienza esta edad con la solidificacion de la corteza terrestre; las rocas primitivas le forman una cubierta general al globo, aunque hoy no son visibles más que en pocas localidades á causa de las formaciones subsecuentes que sobre ellas han venido colocándose.

Aquellas rocas formaron el esqueleto ó apoyo de las que les han seguido, y fueron la fuente ú orígen de muchas de éstas, puesto que por acciones químicas ó mecánicas han dado lugar á las masas sedimentarias y metamórficas que desde aquella edad primitiva comenzaron á formarse, y han continuado en las edades subsecuentes; las rocas ígneas ayudan y han ayudado para proporcionar materiales á las masas derivadas.

La primera película solidificada fué trastornada frecuentemente por las rocas ígneas.

Condensacion de las aguas.

En la edad arcaica se nos presenta el globo con su corteza solidificada; pero siendo removida y alterada con frecuencia á causa de los impulsos y salidas de la masa ígnea encerrada bajo aquella débil cubierta: en esa edad condensáronse las aguas formando cubierta continua á la tierra, y escasos picachos ó salidas de rocas elevaban sus puntas desiertas en medio de aquella cubierta de agua.

Primeros organismos.

Se cree que en la mayor parte de esta edad no existirian organismos vegetales ni animales; sospechas hay de que al concluir hayan aparecido algunas plantas y animales de los más inferiores en su organizacion; porque algunas rocas arcaicas contienen depósitos de grafita, y hay tambien rocas calizas que pueden ser de orígen orgánico. En el Canadá se han descubierto rocas con ciertas señales que algunos geólogos han tomado por habitaciones de protozoarios, y al supuesto sér que los produjo se le llama *Eozon canadense*.

Eozon canadense.

Puede, pues, haber existido la vida al fin de esa edad, y por esto se le puede variar el nombre de *Azoica* con que se le distinguia, y llamarla arcaica.

Las rocas arcaicas son cristalinas.

Las rocas arcaicas son cristalinas; las más inferiores llamadas *gneísicas*, se relacionan al gneis, y las superiores á las pizarras: en las primeras son frecuentes el granito, el gneis micáceo, la granulita, la serpentina y rocas hornbléndicas: en la serie superior las mica–pizarras y otras rocas apizarradas.

Grupos aurenciano y huroniano.

Algunos autores llaman *Laurenciano* al primer grupo, y *Huroniano* al segundo.

Las rocas primitivas se presentan diversamente inclinadas.

Las rocas arcaicas no se han conservado en posiciones horizontales, sino que por el contrario se presentan removidas é inclinadas en diversos sentidos.

Minerales que se encuentran en estas rocas.

Contienen estas rocas varios yacimientos de hierro y de algunos metales preciosos y tambien de piedras finas, como corundos y rubíes.

Potencia de las masas arcaicas.

Calcúlase en más de 30,000 piés el espesor de las masas arcaicas del Canadá; como se ha dicho, no están visibles más que en determinadas localidades. En la América del Norte se presentan esas rocas en forma de una grande *V* al Norte de los grandes lagos, y extendiendo su brazo mayor hácia el Océano Ártico: en otras localidades americanas aparecen á descubierto esas rocas aun en la América del Sur. Por los datos que conocemos, no tenemos evidencia de que existan á descubierto las rocas azoicas en México. Es cierto que en muchas montañas de la Sierra Madre, sobre todo hácia el Sur, existen rocas cristalinas que pudieran referirse al tiempo arcaico; pero no se han determinado horizontes geológicos para referir con certeza esas masas, y solamente por caractéres litológicos, no es posible clasificarlas con seguridad.

Distribucion geográfica.

En el antiguo Continente hay tambien muchas partes en que pueden observarse aquellas rocas primitivas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPÍTULO III.

TIEMPO PALEOZOICO.

Comprende las edades Siluriana, Devoniana y Carbonífera.

Caracteres de esta edad.

§ I. Edad siluriana.—Este nombre, dado por Murchison, es debido á que existen notables terrenos de esa edad en la region de los siluros, en Gales.

Carácter y subdivision de esta edad. En la edad siluriana hubo plantas criptógamas, y animales radiados, moluscos y articulados que vivieron en los mares: al fin de la edad siluriana comenzaron á aparecer los primeros vertebrados.

Se divide en inferior y superior.

La edad se divide en silurio inferior y superior: en la primera subdivision se comprenden los períodos americanos llamados *Primordial*, *Canadense* y *Trenton*, y en la segunda los designados con los nombres de *Niágara*, *Salina*, *Bajo Heldelberg* y *Oriskani*. En el cuadro cronológico general, se ven los períodos europeos equivalentes.

Subdivision en períodos.

Fauna y flora.

Fauna y flora. Plantas criptógamas vivieron en los mares silurianos, especialmente de las algas, y todas fueron marinas; al fin de la edad comenzaron á aparecer las criptógamas terrestres. Los animales radiados presentaron diversas formas, siendo de notarse los graptólitos, que parecen plumas ó signos escritos; los corales *ciatofiloidos* en forma de copa, y los *crinoidos* que parecen tallos con flores. Entre los moluscos hubo de los *briozoarios*, *braquiópodos*, *lamelibranquios*, *gasterópodos* y *cefalópodos:* los primeros presentan habitaciones semejantes á las de los zoófitos: los braquiópodos tienen conchas bivalvas simétricas; los caracteres de los otros órdenes de moluscos citados son bien conocidos. Los articulados presentaron tipos especialmente paleozoicos, como son las trilobitas de los crustáceos. De los vertebrados apénas se cuentan algunos restos de peces encontrados en Europa, y que son como el anuncio de los que debian de abundar en la siguiente edad.

Estos dibujos representan fósiles característicos de la edad siluriana en los Estados Unidos de América.

Fig. 44ª

Fig. 45ª

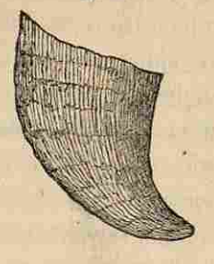


Fig. 46ª

Fig. 47ª

Fig. 48ª

Fig. 49ª

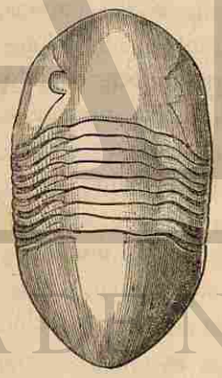


Fig. 50ª

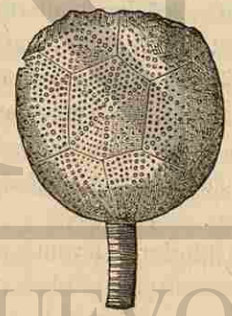


Fig. 51ª

Núm. 44ª Diplograptus pristis (Graptólito del silurio inferior de N. América.)—45ª Petraia corniculum (zoófito de id. id.)—46ª Ligulella prima (molusco braquiópodo de id. id.)—47ª Orthis testudinaria (id. id. id.)—48ª Orthoceras junceum (molusco cefalópodo de id. id.)—49ª Asaphus gigas (trilobita de id. id.)—50ª Caryocrinus ornatus (crinoido del silurio superior de N. América.)—51ª Homalonotus delphinocephalus (trilobita de id. id.).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Litología.

Litología.—Las rocas del silurio inferior se ven en varias partes de los Estados Unidos, desde la cuenca interior continental, hácia el rio Mississippi; en las caidas E. y O. de las Rocallosas; tambien se observan en grande escala hácia el Canadá; esas rocas son areniscas, pizarras y calizas. En Inglaterra y al Norte de Europa se presentan tambien las rocas del silurio inferior.

Los terrenos silurianos superiores están formados especialmente en los Estados Unidos por calizas fosilíferas, conglomerados y pizarras; rocas de naturaleza análoga se encuentran en los terrenos del alto silurio en el Continente europeo.

Consideraciones generales.

Consideraciones paleotopográficas, y principales acontecimientos geológicos de la edad siluriana. Considerando primero los acontecimientos referentes al silurio inferior, se deduce por el aspecto de las rocas, su situacion y señales, que primero el mar en la América del Norte era poco profundo, y que desde el período primordial existian ya algunas superficies emergidas, porque en ciertas rocas se ven marcas producidas por los vientos y resquebrajaduras de las que se forman al secarse las arcillas á descubierto; se ve despues que sobre las areniscas se forman gruesos depósitos fosilíferos, señalando alternaciones en los cambios de nivel en los mares; se cree, pues, que durante el silurio inferior hubo varias oscilaciones en la costra terrestre ocasionando tales alternativas. Además, hácia la region del Lago Superior se observan erupciones de rocas ígneas de aquel tiempo y á cuyo fenómeno se refiere la formacion de las vetas de cobre nativo que allí se encuentran.

Durante el silurio inferior se levantó parte de las montañas verdes. Señales de cataclismos se observan al terminar el silurio inferior, tanto por esos cambios de nivel, como por el metamorfismo de las rocas sedimentarias.

En Europa hubo acontecimientos análogos á los que acabamos de citar de Norte–América; cambios de nivel y otros cataclismos; levantamiento de las montañas del Sur de Escocia y otros lugares. Con referencia á la division superior de la edad siluriana, puede decirse que siguieron efectuándose esas mismas oscilaciones en los mares; el crecimiento de las tierras emergi-

das, aunque todavía de poca extension, se hacia principalmente del Norte al Sur; la existencia de salinas en terrenos silurianos muestra la formacion de lagos salobres ó manchones de mar expuestos á la evaporacion. En el Continente europeo tuvieron tambien poca importancia las tierras emergidas y hubo oscilaciones en la corteza terrestre.

Resúmen. En la edad siluriana estaban los mares extendidos en casi toda la superficie del globo; pocas porciones de tierra emergida y algunos islotes se levantaban sobre las aguas; cambios frecuentes de nivel tuvieron lugar en toda la edad, y de aquí la alternacion de areniscas y calizas: los séres, tanto vegetales como animales, fueron esencialmente marinos, y las plantas terrestres y los vertebrados acuáticos comenzaron á presentarse al fin de la edad siluriana.

Por los estudios hasta hoy conocidos, no podrémos precisar dónde existan á la vista las rocas silurianas en México.

§ II. Edad devoniana. El nombre dado á esta edad, por Murchison y Sedgwick, tiene orígen análogo al de la edad anterior, y es debido á la existencia de terrenos de esta division del tiempo paleozoico en el Devonshire, en Inglaterra.

Caracteres de esta edad.

Carácter y subdivisiones de esta edad. Amplios mares envolvian aún la superficie terrestre en la edad devoniana; pero habia islotes de tierra emergida cubiertos de vegetacion; crecian allí las criptógamas, herbáceas y acrógenas, y tambien plantas dicotiledóneas, gimnospermas; aparecieron los insectos, primeros habitantes del aire, y en los mares abundaron los peces. El anuncio para la siguiente edad fueron las criptógamas arborescentes.

Se divide en bajo y alto devoniano.

Períodos americanos.

División europea.

La edad devoniana se divide como la siluriana, en dos series, baja y alta, y en los Estados Unidos comprende los períodos *Cornífero*, *Hamilton*, *Chemung*, *y Catzkill;* y en Europa la *antigua arenisca roja.*

Flora y fauna.

Fauna y flora. Notable diferencia se observa entre la fauna y flora devonianas y las correspondientes á la edad anterior: el progreso creciente en perfeccion de formas se nota en este cambio, como se irá observando en las edades subsecuentes.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Flora: Comenzaron á formarse los bosques ó grupos de plantas acrógenas, así como tambien hubo herbáceas terrestres y marinas: las familias representadas, fueron, entre las criptógamas, *Licopodiáceas*, *Equisetáceas* y *familia de los Helechos.* De las primeras deben citarse los *Lepidodendros* y las *Sigilarias:* las plantas de ambos géneros presentan impresiones ó señales sobre la superficie; los lepidodendros en forma de escamas rombales, alternas; las sigilarias tienen las señales en series verticales y paralelas. Aparecieron las primeras plantas dicotiledóneas de la familia de los Coníferas. *Fauna:* De los radiados hubo diversas formas: los ciatofiloides se encuentran como en los períodos del silurio: el género *Favosites*, una de cuyas especies, *Goldfusi*, se halla tanto en América como en Europa: muchos arrecifes formaron los radiados en los mares devonianos. *Moluscos:* siguieron los braquiópodos, y tambien hubo lamelibranquios, cefalópodos y gasterópodos: el género *Goniatites* comienza en esta edad.

Primeras plantas dicotiledóneas.

Articulados. Los primeros insectos, así como gusanos y crustáceos, vivieron en la edad devoniana; las trilobitas siguen caracterizando al tiempo paleozoico. *Vertebrados:* Los peces dan el carácter paleontológico á esta edad: hubo *Selaquianos*, *Ganoidos* y *Placodermos;* muchos de estos peces tenian gruesas cubiertas en la cabeza ú otras partes del cuerpo; los ganoidos presentan algunos de los caracteres propios de los reptiles.

Primeros insectos.

Se copian en seguida algunas especies de fósiles devonianos, tomadas de la obra del profesor Dana.

Fig. 52ª

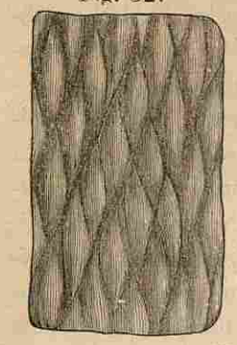


Fig. 54ª

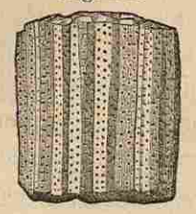


Fig. 53ª

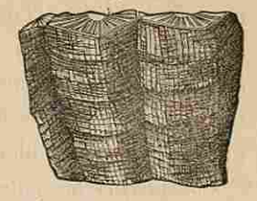


Fig. 55ª

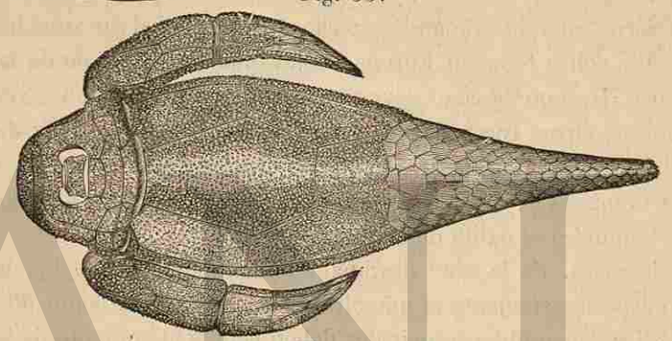


Fig. 56ª

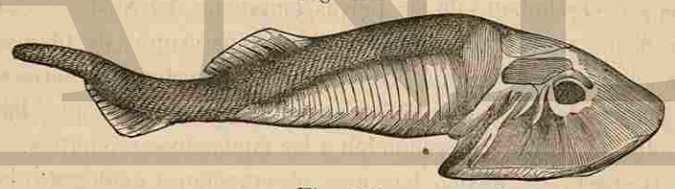
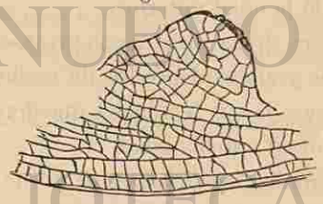


Fig. 57ª



Núm. 52ª Lepidodendron primævum (planta del devonio de N. América).—53ª Cyathophyllum rugosum (zoófito de id. id.)—54ª Favosites Goldfusi (id. id. id. y Europa).—55ª Peterichthys Milleri (vertebrado de id. id.)—56ª Cephalaspis Lyellii (id. id. id.)—57ª Platephemera antiqua (insecto de id. id.)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Clases de rocas.

Litología: Las rocas de la edad devoniana son especialmente calcáreas en la division inferior, y areniscas, pizarras y conglomerados en la superior: la caliza en muchas partes está formada de corales, constituyendo arrecifes; en otras localidades contiene piedra córnea, y de aquí el nombre de período cornífero dado á una de las subdivisiones de la edad devoniana. En Inglaterra domina la formacion de la arenisca roja; en Alemania hay caliza coralífera semejante á la de Norte-América.

Consideraciones paleotopográficas.

Consideraciones paleotopográficas y principales hechos geológicos de la edad devoniana. Los mares seguian ocupando casi toda la superficie terrestre; y en las regiones boreales continuaba la tierra emergida ganando espacio en direccion al Sur; muchos islotes, sobre todo en Europa, se levantaban en medio de las aguas. Durante la edad devoniana hubo varias erupciones volcánicas, cuyas rocas fueron principalmente diabasa y diorita. Es notable el gran desarrollo que en algunas localidades tienen las areniscas rojas y los conglomerados del mismo color, que les comunica el óxido de hierro.

Resúmen.

Resúmen. En la edad devoniana tenia la superficie del globo un aspecto semejante al que ofrece en la siluriana: como diferencias fisiográficas principales deben citarse el aumento de islas y el crecimiento de las tierras emergidas del Norte al Sur: en dichas tierras se levantaban ya algunos grupos de plantas: en el aire comenzaron á presentarse los insectos; los mares se poblaron de peces, que tenian en su mayor parte formas diferentes de las que corresponden á las faunas más modernas.

Respecto de México hacemos observaciones análogas á las asentadas al fin de la edad anterior.

§ III. Edad carbonífera ó de las plantas.—Lleva este nombre á causa de los grandes depósitos de carbon fósil que se encuentran en algunos de sus terrenos y que demuestran una exuberante vegetacion en aquella edad.

Caracteres y subdivisiones.

Caracteres generales y subdivisiones de la edad. El aumento en las tierras emergidas, sobre todo en islotes que sufrian hundimientos y se recubrian de nuevo por capas terrestres, forman un carácter de esta edad, y tambien la distingue el gran desarrollo que tuvo la vegetacion sobre esas tierras, en algunos de sus períodos de tiempo. La edad carbonífera se divide en los Estados Unidos en los períodos *Subcarbonífero*, *Carbonífero* y *Permio:* sus equivalentes de Europa son: *Caliza de montaña*, *Carbonífero* y *Permio* ó *Dyas.*

Fauna y flora.

Fauna y flora. Cambios notables hubo en las formas, como se verá á continuacion. *Radiados:* fueron muy numerosos los crinoidos. *Moluscos:* se encuentran habitaciones de los briozoarios en forma de tornillo de Arquímedes; abundaron los braquiópodos, sobre todo las especies de *Spirifer* y *Productus. Articulados:* las trilobitas se presentan aún en esta edad, y en ella desaparecen: hubo insectos y aparecieron por primera vez los *Miriápodos* y *Aracnidos. Vertebrados:* abundaron los peces, especialmente *ganoidos* y *selaquianos;* los reptiles aparecen en la edad carbonífera, anunciando los tipos dominantes en la edad siguiente; se han encontrado huellas de grandes anfibios, como el *Saurops primævus* de las capas subcarboníferas de Pottsville, en Pensilvania; tambien han aparecido en terrenos de la misma edad, esqueletos de verdaderos reptiles. *Flora:* la abundancia de plantas marca el carácter de esta edad de la Tierra; la vegetacion consistió esencialmente en criptógamas arborescentes, más elevadas y de organizacion más perfecta que las de la época actual: se asociaron tambien dicotiledóneas gimnospermas, como en la edad anterior. Las familias citadas, es decir, de Helechos, Licopodiáceas y Equisetáceas, entre las criptógamas, y de Coníferas, formaron los bosques exuberantes en la edad de las plantas; troncos fósiles se han encontrado de lepidodendros y sigilarias, que alcanzan hasta 60 piés de longitud: las *calamitas*, de las Equisetáceas, fueron tambien abundantes en la edad á que nos referimos.

Se insertan á continuacion algunos fósiles carboníferos.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Fig. 58ª

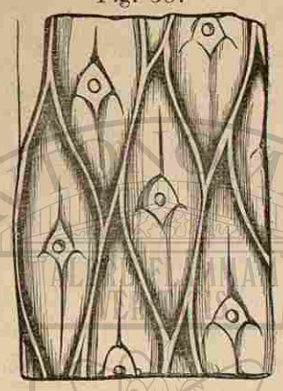


Fig. 59ª

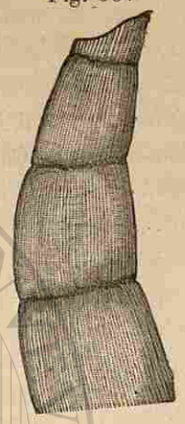


Fig. 62ª

Fig. 60ª

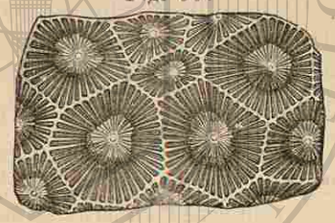
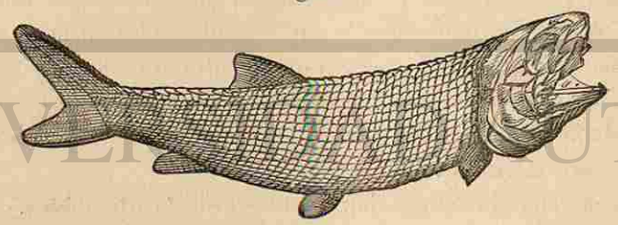


Fig. 61ª

Fig. 63ª



Núm. 58ª Lepidodendron aculeatum (planta licopodiácea de los terrenos carboníferos de N. América.)—59ª Calamites canæformis (planta equisetácea de id. id.)—60ª Lithostrotion canadense (zoófito de id. id.)—61ª Pentremites pyriformis (crinoido de id. id.)—62ª Archimedes reversa (molusco de id. id.)—63ª Palæoniscus Freislebeni ($\times \frac{1}{3}$) (pez de id. id.)

Litología.

Litología. Las rocas subcarboníferas en los Estados Unidos son principalmente calizas, sobre todo en la region interior continental, en los Apalaches y en el Estado de Virginia: en la parte Norte de este Estado, así como en Pensilvania, dominan las areniscas, conglomerados y margas rojas ó de otros colores. En Europa son abundantes las calizas en el período subcarbonífero, y por eso se le da el nombre de caliza de montaña.

En el período carbonífero las rocas son areniscas, pizarras, conglomerados y algunas calizas muy semejantes á las rocas de igual naturaleza pertenecientes á la edad devoniana: alternan unas con otras y tambien con lechos de carbon y de minerales de hierro.

El siguiente corte, que cita el profesor Dana, da idea de esas alternaciones de capas.

1	Arenisca y conglomerados	120	piés.
2	Carbon	6	„
3	Arenisca fina, apizarrada	50	„
4	Mineral de hierro silizoso	1½	„
5	Arenisca arcillosa	75.00	„
6	Carbon, con plantas fósiles	7.00	„
7	Arenisca	80.00	„
8	Mineral de hierro	1.00	„
9	Pizarra arcillosa	80.00	„
10	Caliza oolítica, conteniendo crinoidos	11.00	„
11	Mineral de hierro con conchas fósilles.	3.00	„
12	Arenisca gruesa, con troncos de árbol.	25.00	„
13	Carbon	5.00	„
14	Arenisca gruesa	12.00	„

Los lechos de carbon varian en espesor desde ménos de una pulgada hasta 40 piés. Las diferentes clases de carbon están citadas en la parte litológica de este libro. Las rocas permianas en los Estados Unidos son especialmente areniscas, margas, calizas magnesianas y yeso. Las rocas europeas son en su mayor parte de la misma naturaleza que las citadas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Criaderos de carbon en México.

Los yacimientos de carbon que se han encontrado en México, en los Estados del centro y en algunas de las costas, creemos que pertenecen á edades más recientes, si hemos de juzgar por los datos publicados de esos criaderos. Pueden tál vez encontrarse yacimientos verdaderamente carboníferos en esos Estados; pero donde sí creemos que existen es en algunos de los Estados fronterizos, especialmente en Sonora, Nuevo Leon y Tamaulipas.

Consideraciones paleotopográficas.

Consideraciones paleotopográficas y principales hechos geológicos de la edad carbonífera. En el período subcarbonífero ocupaban aún los mares muy grandes espacios en la superficie terrestres, como lo demuestran las vastas formaciones calizas que á ese período corresponden: despues aparecieron islotes bajos donde se desarrollaba la exuberante vegetacion de que acaba de hablarse; pero las alternaciones de los lechos de carbon con otros de caliza, de arenisca y otras rocas, indica que esas superficies cubiertas de vegetacion se hundian, y eran invadidas por las aguas que depositaban sobre ellas nuevas capas: muchos de esos grupos de plantas fueron, sin duda, masas flotantes; á juzgar por el carácter de la vegetacion, es de creerse que en las tierras emergidas existian lagos y terrenos pantanosos.

Orígen del carbon fósil.

El orígen vegetal de los lechos de carbon mineral se demuestra de varias maneras: por la existencia de tallos, frutos é impresiones de hojas en los mismos lechos de carbon; por la estructura de la madera que aun en la antracita ha podido observarse; por el ejemplo de la formacion de turba que podemos presenciar actualmente en muchas localidades; y en fin, porque es posible formar una sustancia análoga al carbon sometiendo la madera pulverizada á la accion de la humedad, del calor y una fuerte presion; circunstancias que es de creerse obraron en grande escala durante la trasformacion de las plantas en carbon.

Lechos de carbon en varios paises.

Los lechos de carbon fósil forman la riqueza de muchas naciones.

Las áreas de los criaderos de carbon de los Estados Unidos se estiman así:

	Millas cuadradas.
En Rhode Island	500
En Nueva Escocia y Nueva Brunswik	18,000
En los Alleghany	60,000
En Michigan	5,000
En Illinois y Missouri	120,000

Se advierte en esa estimacion que la área utilizable no excederá de 120,000 millas cuadradas.

Las áreas carboníferas en Europa se estiman de este modo:

	Millas cuadradas.
Inglaterra é Irlanda	12,000
España	4,000
Francia	2,000
Bélgica	518

El clima era uniforme en toda la superficie terrestre.

El clima durante la edad carbonífera debe haber sido cálido y uniforme en todo el globo, pues se observa que las mismas plantas fósiles se encuentran ahora, tanto en las regiones cálidas como en las boreales, y son tipos de plantas confinados hoy á las tierras cálidas. Es de creerse además, que en esa edad la atmósfera seria húmeda, nebulosa, y que contendria mayor cantidad de ácido carbónico para que hubiera podido desarrollarse tan exuberante vegetacion. Las plantas de aquella época hicieron en grande el trabajo que ahora efectúan nuestros bosques purificando la atmósfera. Despues del período carbonífero mejoraron las condiciones físicas de la Tierra para el mayor perfeccionamiento de los séres.

La atmósfera era más pesada y húmeda.

En lo que respecta á la paleotopografía de México, en la edad que consideramos, es de suponerse que hácia la region Norte debe haber sido semejante á la de los Estados Unidos, y hácia el centro, hubo sin duda amplios y profundos mares con algunos pocos islotes emergidos; pues como verémos al estudiar el tiempo mesozoico, las aguas pasaban sobre el lugar que hoy ocupa la region central del territorio mexicano.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Resúmen de la edad carbonífera.

Resúmen de la edad carbonífera. Dominio de los mares al principio; formacion de islotes y pantanos cubiertos de rica vegetacion, especialmente de familias de los helechos, Equisetáceas, Licopodiáceas y Coníferas; sumersiones y emersiones de esas tierras; abundancia de peces en las aguas; aparicion de los primeros reptiles, aracnidos y miriápodos; conclusion de las trilobitas.

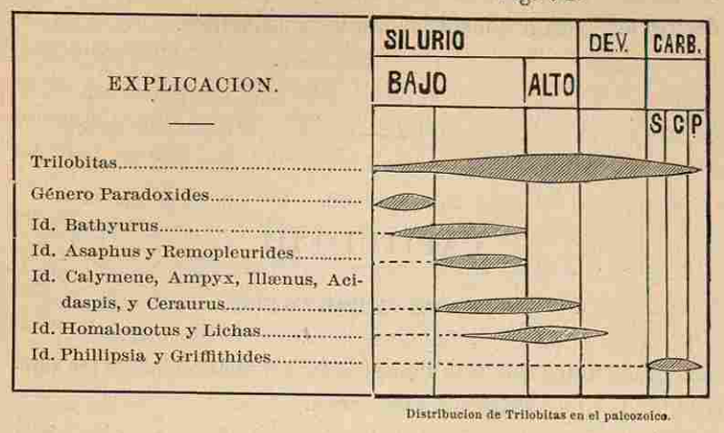
Resúmen del tiempo paleozoico.

§ IV. Resúmen del tiempo paleozoico.—Formado por las edades siluriana, devoniana y carbonífera que acabamos de describir: en ellas hemos visto la aparicion de los primeros séres y los mejoramientos que sucesivamente han tenido las faunas y floras que se han ido siguiendo. Relativamente á las faunas, en la edad siluriana sólo hubo vida marina: en la devoniana comenzaron á presentarse las especies terrestres, y en la carbonífera fueron más perfectos los séres que poblaron las tierras entónces emergidas.

Biología del paleozoico.

Las particularidades más notables en la biología paleozoica, fueron: que no solamente las especies se extinguieron, sino tambien muchos géneros, cuya circunstancia apoya el nombre de paleozoico dado á ese tiempo; como observa Dana, solamente quince ó diez y seis géneros paleozoicos tienen representantes en las especies vivientes, y todos esos géneros son moluscos. De los radiados, fueron notablemente abundantes los ciatofiloidos y los crinoidos. La forma más comun entre los moluscos fué la de los braquiópodos. Como tipo esencialmente paleozoico puede citarse á los trilobitas: en la siguiente tabla se manifiesta el principio máximum de desarrollo y decrecimiento de los diversos géneros de esos crustáceos:

Fig. 64ª



Distribucion de Trilobitas en el paleozoico.

Como se ve, esta tabla indica con el primer *rombo* que los diversos géneros de trilobitas comenzaron en el primer período de la edad siluriana, y acabaron ántes de concluir el permio, atravesando todo el tiempo paleozoico; despues vienen los límites en que determinados géneros existieron; en la última serie se ve, p. e., que los géneros *Phillipsia* y *Griffitides* comenzaron á aparecer en el período subcarbonífero, llegaron á su máximum en el carbonífero, y se extinguieron al comenzar el permio.

De las plantas, los lepidodendros y sigilarias pueden considerarse como paleozoicas; de las calamitas pasaron algunas al tiempo mesozoico.

Espesores máximos de las rocas paleozoicas.

Los espesores máximos que en Norte–América alcanzan las rocas paleozoicas, se estiman de la siguiente manera: las silurianas 25,000 piés; las devonianas 14,400, y las carboníferas 16,000. Montañas hay que se presentan sin haber recibido otras formaciones encima; se consideran como levantadas en la edad de cuya roca están formadas, y así se dice montañas arcaicas como las Adironducks del Norte de Nueva York; paleozoicas como las del Sur del Lago Superior, etc.

Acontecimientos geológicos durante el tiempo paleozoico.

Acontecimientos geológicos se hicieron sentir durante el tiempo paleozoico, como los cambios de nivel que hacian alternar las formaciones, las erupciones volcánicas, los metamorfismos,

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

los levantamientos y otros hechos que fueron trabajando, por decirlo así, para ir constituyendo los continentes.

CAPÍTULO III.

TIEMPO MESOZOICO.

Tiempo mesozoico.

Dijimos ántes que este tiempo comprendia la edad de los reptiles, de la que pasamos á ocuparnos.

Caracteres y subdivisiones.

Caracteres y subdivisiones de la edad. Las formas de los séres parecen como intermediarias entre las paleozoicas y las modernas; hé aquí por qué se llama mesozoico ó de vida media el tiempo que comprende la edad de que nos ocupamos; en ella declinaron las formas antiguas, se establecieron las transitorias y se anunciaron las que hoy dominan en la Tierra. En la edad mesozoica abundaron los reptiles presentando gran variedad en sus formas, y con dimensiones muy superiores á las que hoy corresponden á esos animales.

Se divide en tres períodos.

La edad de los reptiles se divide en los períodos *Triásico*, *Jurásico* y *Cretáceo:* por la importancia que ellos encierran de un modo general, y en particular para México, dedicarémos bastante atencion á su estudio.

Período triásico.

§ I. Período triásico.—Le viene este nombre de que los terrenos que lo constituyen en Alemania, consisten en tres grupos de estratos bien separados ó perceptibles; estas secciones son: *la Arenisca abigarrada*, *la Caliza conchífera* y *el Keuper*.

Fauna y flora.

Fauna y flora. Al referirnos á las faunas y floras de Norte–América, se encuentra la dificultad de que no están bien separados los terrenos triásicos de los jurásicos, y tambien con la circunstancia de que los fósiles de algunas clases son raros; de un modo general para ambos períodos, puede decirse que en Norte–América hubo insectos, reptiles, peces, mamíferos, marsupiales y probablemente pájaros; en los bosques hubo especialmente coníferas y cicadeas. Citarémos algunos fósiles americanos y otros europeos correspondientes al período triásico. *Zoófitos:* algunos crinoidos como el *Encrinus liliformis*, son peculiares del triásico. *Moluscos:* hubo ménos braquiópodos que en las edades anteriores: aparecieron las amonitas, que son moluscos cefalópodos característicos del mesozoico, y aunque semejantes á las goniatitas, ántes citadas, se distinguen especialmente por la forma muy sinuosa de sus tabiques: los moluscos gasterópodos y los lamelibranquios estuvieron representados en el período triásico. *Articulados:* desaparecieron los trilobitas y hubo animales semejantes á los camarones; tambien insectos y aracnidos. *Vertebrados:* los primeros mamíferos aparecen en el triásico, como el *Microlestis antiquus:* parece que todos ó la mayor parte de esos mamíferos fueron marsupiales; los anfibios fueron como en América y Europa, y algunos con dimensiones colosales; de éstos son notables los llamados *Labyrinthodon;* de algunos solamente las huellas gigantescas, ó impresiones de sus piés se han encontrado: algunas impresiones de piés se han referido á las aves. *Plantas:* existieron aún algunos tipos de la edad carbonífera; pero desaparecieron las sigilarias y los lepidodendros: las coníferas formaron bosques y aparecieron en gran número las cicadeas, que aunque de un porte semejante á las palmeras, son, sin embargo, plantas dicotiledóneas.

Insertamos algunos dibujos que representan especies triásicas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

los levantamientos y otros hechos que fueron trabajando, por decirlo así, para ir constituyendo los continentes.

CAPÍTULO III.

TIEMPO MESOZOICO.

Tiempo mesozoico.

Dijimos ántes que este tiempo comprendia la edad de los reptiles, de la que pasamos á ocuparnos.

Caracteres y subdivisiones.

Caracteres y subdivisiones de la edad. Las formas de los séres parecen como intermediarias entre las paleozoicas y las modernas; hé aquí por qué se llama mesozoico ó de vida media el tiempo que comprende la edad de que nos ocupamos; en ella declinaron las formas antiguas, se establecieron las transitorias y se anunciaron las que hoy dominan en la Tierra. En la edad mesozoica abundaron los reptiles presentando gran variedad en sus formas, y con dimensiones muy superiores á las que hoy corresponden á esos animales.

Se divide en tres períodos.

La edad de los reptiles se divide en los períodos *Triásico*, *Jurásico* y *Cretáceo:* por la importancia que ellos encierran de un modo general, y en particular para México, dedicarémos bastante atencion á su estudio.

Período triásico.

§ I. Período triásico.—Le viene este nombre de que los terrenos que lo constituyen en Alemania, consisten en tres grupos de estratos bien separados ó perceptibles; estas secciones son: *la Arenisca abigarrada*, *la Caliza conchífera* y *el Keuper*.

Fauna y flora.

Fauna y flora. Al referirnos á las faunas y floras de Norte–América, se encuentra la dificultad de que no están bien separados los terrenos triásicos de los jurásicos, y tambien con la circunstancia de que los fósiles de algunas clases son raros; de un modo general para ambos períodos, puede decirse que en Norte–América hubo insectos, reptiles, peces, mamíferos, marsupiales y probablemente pájaros; en los bosques hubo especialmente coníferas y cicadeas. Citarémos algunos fósiles americanos y otros europeos correspondientes al período triásico. *Zoófitos:* algunos crinoidos como el *Encrinus liliformis*, son peculiares del triásico. *Moluscos:* hubo ménos braquiópodos que en las edades anteriores: aparecieron las amonitas, que son moluscos cefalópodos característicos del mesozoico, y aunque semejantes á las goniatitas, ántes citadas, se distinguen especialmente por la forma muy sinuosa de sus tabiques: los moluscos gasterópodos y los lamelibranquios estuvieron representados en el período triásico. *Articulados:* desaparecieron los trilobitas y hubo animales semejantes á los camarones; tambien insectos y aracnidos. *Vertebrados:* los primeros mamíferos aparecen en el triásico, como el *Microlestis antiquus:* parece que todos ó la mayor parte de esos mamíferos fueron marsupiales; los anfibios fueron como en América y Europa, y algunos con dimensiones colosales; de éstos son notables los llamados *Labyrinthodon;* de algunos solamente las huellas gigantescas, ó impresiones de sus piés se han encontrado: algunas impresiones de piés se han referido á las aves. *Plantas:* existieron aún algunos tipos de la edad carbonífera; pero desaparecieron las sigilarias y los lepidodendros: las coníferas formaron bosques y aparecieron en gran número las cicadeas, que aunque de un porte semejante á las palmeras, son, sin embargo, plantas dicotiledóneas.

Insertamos algunos dibujos que representan especies triásicas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Fig. 65ª *a*

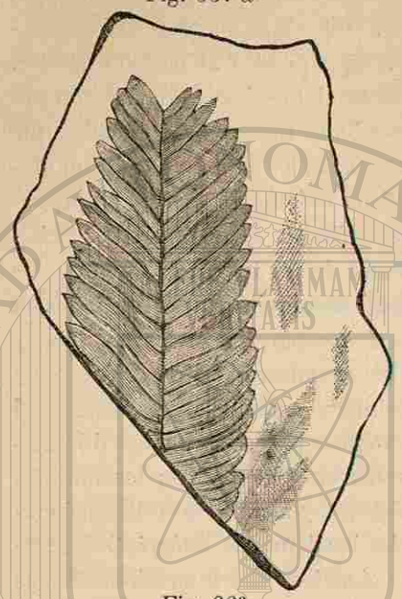


Fig. 65ª *b*

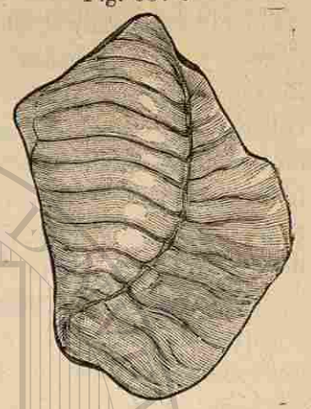


Fig. 66ª

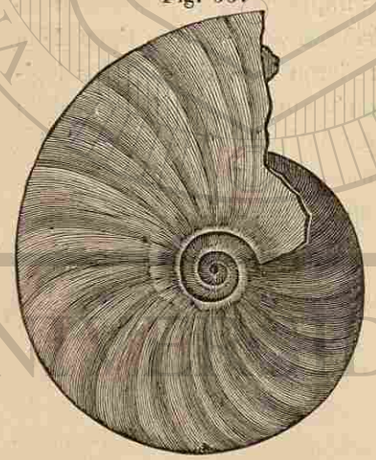


Fig. 67ª

Fig. 68ª

Núm. 65ª *a* y 65ª *b*. Ctenophyllum Emonsi (de los terrenos triásicos de Tecomatlan, Puebla, y se encuentran tambien en los Estados Unidos).—66ª Ammonites Studerii (de los terrenos triásicos de Europa).—67ª Encrinus liliformis (de id. id.)—68ª Impresiones de patas de un anfibio llamado Cheirotherium.

Rocas.

Litología. Es un hecho importante y singular que en el período triásico hayan abundado las areniscas rojas, tanto en Europa como en América: para distinguir estas areniscas de las devonianas, se les ha llamado nuevas areniscas rojas: en los Estados Unidos esas rocas presentan numerosos diques de *trap:* el segundo piso en Europa está formado por la caliza conchífera, y el tercero por las margas irizadas (Keuper). La roca mexicana que contiene las impresiones de plantas triásicas es una pizarra arcillosa de color gris más ó ménos pardusco y conteniendo partículas de mica; procede del Distrito de Acatlan en el Estado de Puebla.

Período jurásico.

§ II. Período jurásico.—Llámase así este período porque las rocas que le corresponden dominan en el monte Jura; sus subdivisiones europeas se designan con los nombres de *Lias*, *Olita* y *Walden*.

Fauna y flora.

Fauna y flora. Lo relativo á este respecto para Norte-América, se manifestó al hablar del período anterior, y del mismo modo que esas citas, nos referirémos más especialmente á las faunas y floras europeas. *Radiados:* en los lechos jurásicos de las montañas Rocallosas se encuentran algunos zoófitos: en Europa hubo equinodermos y crinoidos. *Moluscos:* los lamelibranquios y gasterópodos abundaron en los mares de Europa: hubo especies de los géneros *Grifeas* y *Trigonia*, y las amonitas fueron más numerosas que en el período anterior; el género *Belemnites* es característico del mesozoico; lo que se conserva de este género de moluscos es un hueso interno semejante al de las sepias. *Articulados:* tipos como los citados en el período anterior. *Vertebrados:* los peces fueron especialmente ganoidos y selaquianos: de los reptiles, que fueron los tipos prominentes, debemos citar el *Ichtyosaurus* y el *Pleriosaurus*, que habitaron los mares de aquel período; el primero tenia ojos muy grandes, y presentaba alguna apariencia de pez, á lo que debe su nombre; algunos esqueletos de ictiosaurus miden hasta 30 piés de longitud: el pleriosauro era tan grande como el anterior; tenia el cuello muy alargado. Otro reptil muy notable es el *Pterodactylus*, que tenia un dedo muy largo sosteniendo una membrana en forma de ala,

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

como se observa en los murciélagos; habia, pues, reptiles acuáticos, terrestres y voladores en el mesozoico: tambien hubo tortugas en el jurásico; pero no se han encontrado aún restos de culebras. Hánse encontrado restos de aves y tambien de una especie que tiene apariencia de reptil, pues la cola se halla articulada, es decir, con vértebras, de las cuales parten las plumas: hubo tambien mamíferos, cerca de 20 especies, siendo las más de ellas del piso oolítico.

Los siguientes dibujos representan algunos fósiles jurásicos.

Fig. 69ª

Fig. 70ª

Fig. 71ª

Núm. 69ª Cidaris Blumenbachii (del piso oolítico de Europa).—70ª Gryphæa incurba (del jura europeo).—71ª Trigonia clavellata (del piso oolítico).

Fig. 72ª *a*.

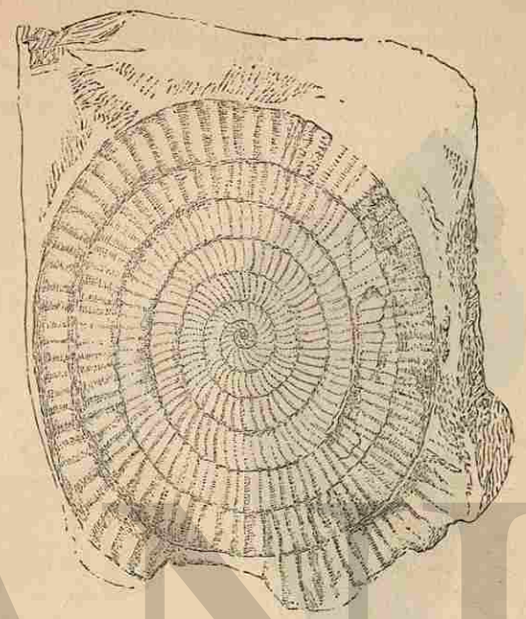


Fig. 72ª *b*.

Núm. 72ª *a*. Ammonites James-Danæ (Bárcena) (del terreno jurásico de la Trinidad, Puebla, México).—72ª *b*. Dorso de id. id.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Fig. 73ª

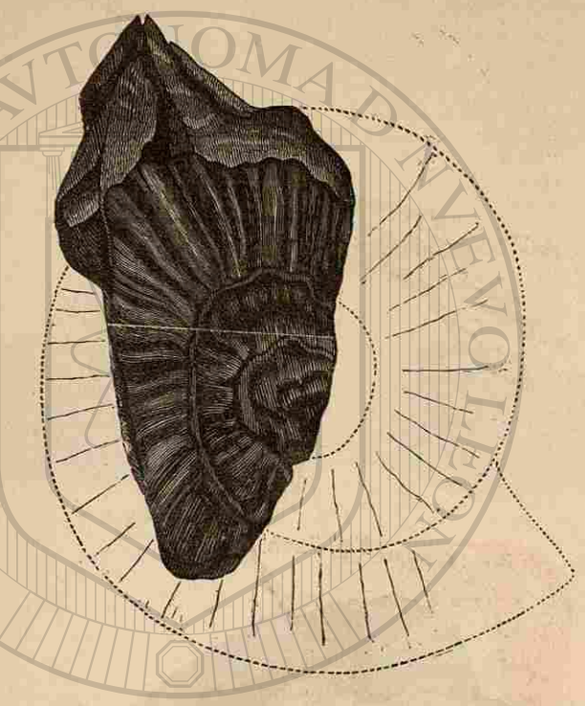


Fig. 74ª

Núm. 73ª Fragmento de Ammonites planula (del Mineral de Catorce, México).—74ª Ichthyosaurus communis ($\times \frac{1}{100}$) (reptil del Jura europeo).

Fig. 75ª

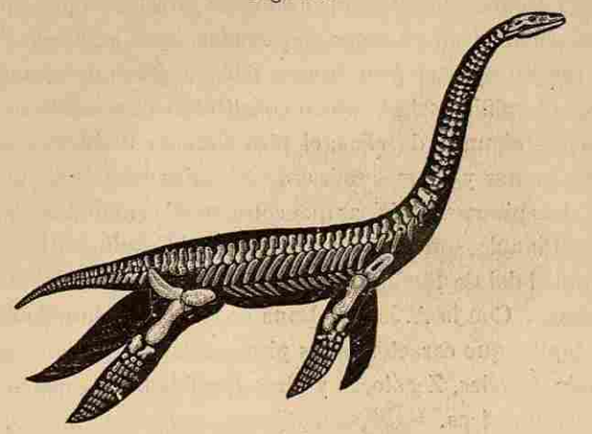


Fig. 76ª

Núm. 75ª Plesiosaurus dolichodeirus ($\times \frac{1}{80}$) (reptil de id. id.)—76ª Peterodactylus crassirostris ($\times \frac{1}{4}$) (reptil volador de id. id.)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Litología. Como se dijo, no están separadas todas las rocas jurásicas de las triásicas en los Estados Unidos, y nos referimos por tanto á las rocas aludidas en el período anterior. Relativamente á México, dirémos que los fósiles jurásicos que hemos citado se encuentran en rocas apizarradas, sean arcillosas ó calizas. En Europa, el piso liásico está en general formado de calizas: el oolítico está tambien constituido por calizas, siendo globulares algunas de ellas; el piso llamado Walden, contiene arcillas, arenas y algunas calizas de estuarios ó depósitos de agua dulce. Las pizarras jurásicas que contienen las amonitas, James–Dana y Planula, son de Acaxochitlan en el Estado de Hidalgo, y la Trinidad del de Puebla; la última especie procede del mineral de Catorce. Con la A. James–Dana se encuentra tambien la especie biplex que caracteriza los pisos jurásicos en Europa. En Noria de Ángeles, Zacatecas y otras localidades mexicanas hay amonitas jurásicas.

Período cretáceo.

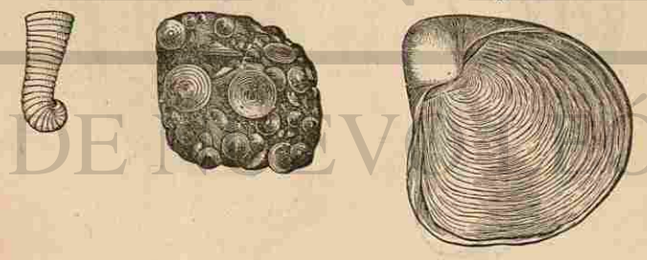
§ III. Período cretáceo.—Es el último del tiempo mesozoico: su nombre lo debe á las formaciones de creta que se encuentran en Europa; divídese en bajo, medio y alto cretáceo.

Fauna y flora.

Fauna y flora. Muy particulares son los caracteres paleontológicos que corresponden al período cretáceo; durante su curso se extinguieron muchos tipos especiales del mesozoico, y se iniciaron los de las edades modernas: presentáronse además géneros y especies eminentemente característicos de este período. *Protozoarios:* los rizópodos tuvieron una grande importancia en el cretáceo, y sus restos vinieron á formar las grandes masas de creta que dan el nombre á este período: las esponjas tambien abundaron, y sus espículas vinieron á dar material silizoso para la formacion del pedernal que se encuentra en las capas cretáceas. *Radiados:* fueron más abundantes los equinodermos y corales en Europa y América, sucediendo lo mismo en México, pues en los terrenos cretáceos encontramos equinodermos y corales. *Moluscos:* existieron géneros propios del mesozoico al lado de otros que aún viven: de los primeros debemos citar las amonitas y belemnitas, las grifeas, los *Scaphites* y *Baculites;* tambien varios géneros de moluscos rudistas esencialmente característicos como los *Hippurites*, *Radiolites*, *Caprotina* y *Caprina.* Corresponden á la familia de las amonitas los géneros *Scaphites*, *Turrilites* y *Baculites* y otros que presentan envolvimientos y porte distinto de aquellas, y vienen á indicar como una modificacion que anunciara su extincion, pues acaban en el cretáceo. Algunos de estos géneros característicos del último período del mesozoico, tanto en Europa como en Norte–América, los hemos encontrado en México y hemos descrito las primeras radiolitas é hipuritas mexicanas, fijando así horizontes cretáceos bien determinados. *Vertebrados:* aparecieron los primeros peces *Teliostos* ó huesosos; de los reptiles persistieron algunas especies del jurásico, y correspondientes á los grupos de *Pterosaurus*, *Enaliosaurus* y *Dinosaurus*, apareciendo los grandes *Mosasaurus*, que pueden llamarse las enormes serpientes de los mares de aquel período. Entre las aves hubo algunas con el pico dentado, y presentando otros caracteres semejantes á los de los reptiles. *Plantas:* A las *Cicádeas* y *Coníferas* vinieron á asociarse las palmeras y dicotiledóneas anguiospermas, apareciendo estas dos últimas por la primera vez en el mundo, y con esto se asemejaba más aquella vegetacion al aspecto de la actual.

Se insertan algunos dibujos de fósiles cretáceos.

Fig. 77ª Fig. 78ª Fig. 79ª



Núm. 77ª Lituola nautiloidea (Rizópodo de la creta europea).—78ª Orbitolina tejana (Rizópodo del cretáceo de Texas).—79ª Gryphæa Pitcheri (del cretáceo del rio Mississippi).

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Fig. 80ª

Fig. 81ª

Fig. 82ª

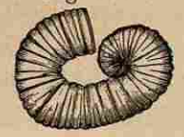
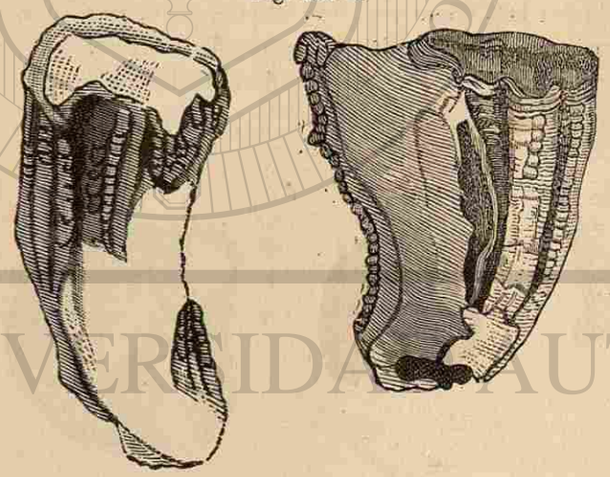


Fig. 83ª *a*.



Núm. 80ª Baculites ovatus (del cretáceo de New Jersey).—81ª Turrilites catenatus (del cretáceo europeo).—82ª Scaphites larvæformis (del cretáceo de Nebraska).—83ª *a*. Hippurites mexicana (Bárcena) (del cerro de Apasco, México).

Fig. 83ª *b*.

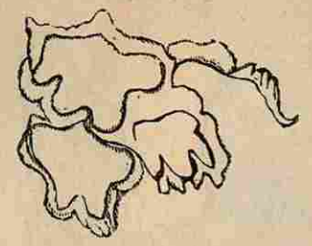
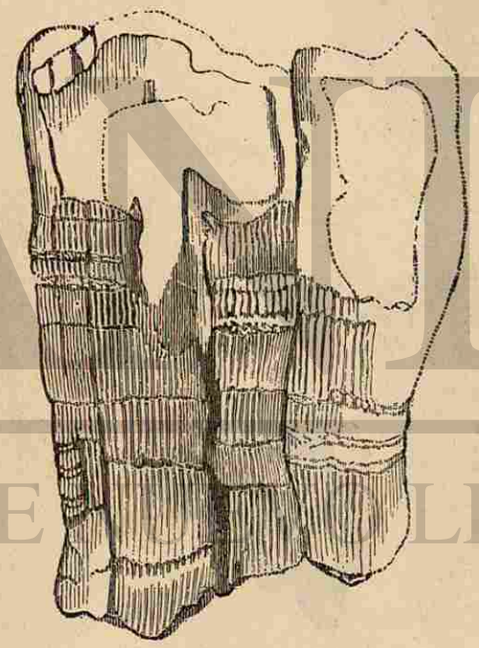


Fig. 84ª



Núm. 83ª *b*. Hippurites, bocas de las valvas inferiores (de id.)—84ª Hippurites calamitæformis (Bárcena) (de id.)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Fig. 58ª *a*.

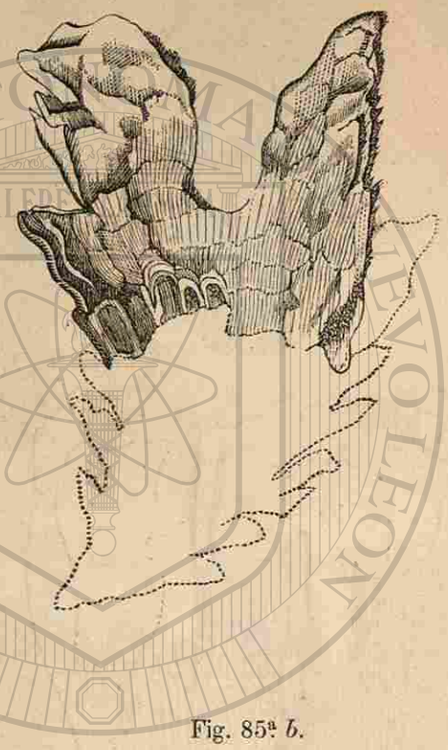
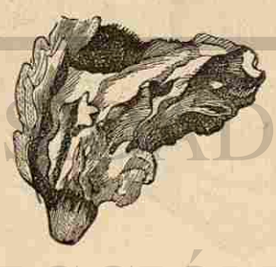


Fig. 85ª *b*.

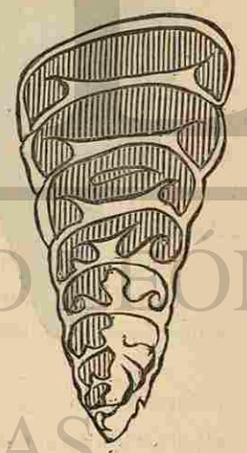


Núm. 85ª *a*. Radiolites Mendozæ (Bárcena) (de la Sierra de Santa Catarina, San Luis Potosí, México).—85ª *b*. Id. id. id.

Fig. 86ª *a*.

Fig. 86ª *b*.

Fig. 86ª *c*.



Núm. 86ª *a*. Nerinea Castillii (Bárcena) (de los cerros del mineral del Doctor, Querétaro, México).—86ª *b*. y 86ª *c*. Secciones de id. id.

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Fig. 86ª *d*.

Fig. 86ª *e*.

Fig. 87ª *a*.

Fig. 87ª *b*.

Núm. 86ª *d*. y 86ª *e*. Secciones de la Nerinea Castilli.—87ª *a*. Nerinea anguillina (Castillo y Bárcena) (de los cerros de Huetamo).—87ª *b*. Seccion de id. id.

Litología. Las rocas cretáceas están formadas de creta ó son calizas, areniscas, conglomerados y pizarras; en muchas localidades los lechos no están bien unidos ó consolidados; á veces las areniscas son verdes: en la creta se presentan con frecuencia nódulos de pedernal. Rocas.

Relativamente á México, y segun nuestras propias observaciones, podemos dar los siguientes datos: las rocas que por sus fósiles y relaciones estratigráficas, consideramos como claramente cretáceas, son calizas compactas, fétidas, de color gris de humo, conteniendo hipuritas, nerineas y radiolitas en grande abundancia; en estratificacion concordante con estas masas hay caliza pizarra, pizarras arcillosas y lechos de piedra lidia; la posicion más constante en estas rocas es la siguiente, comenzando por las capas superiores:

1. Pizarras delgadas, arcillosas, de color amarillento.
2. Pizarras arcillosas de colores claros, gruesas y quebradizas.
3. Caliza apizarrada de color gris de humo, con lechos de piedra lídica, y alternando con pizarras negras arcillosas.
4. Caliza fosilífera.
5. Cal pizarra, de color negro agrisado, conteniendo óxidos de manganeso y partículas carbonosas.

Estas rocas se presentan removidas y plegadas en diversos sentidos; pero su estratificacion es concordante, y el rumbo más general de las capas salientes es de N.O. á S.E. con inclinacion al S.O.

En otras localidades se presentan algunas calizas apizarradas de color gris de perla; alternan con lechos de piedra lídica, y contienen nódulos de piritas; por su direccion é inclinacion así como por otras analogías, creemos que estas rocas son igualmente cretáceas.

Las rocas ígneas que levantaron estas masas son comunmente pórfidos traquíticos; en algunas localidades, aunque en menor número, se ven diques de granito, de diorita y de basalto. Hay algunos otros terrenos, sobre todo en los Estados de Zacatecas, Aguascalientes y San Luis, en que existen la vacia, las pi-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
ALERE FLAMMAM VERITATIS
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

zarras y la caliza, que por su estratigrafía pudiera creerse fueran tambien mesozoicas; pero la falta de fósiles no ha permitido clasificarlas con exactitud.

Consideraciones paleotopográficas respecto de los Estados Unidos.

§ II. Consideraciones paleotopográficas y hechos geológicos principales del tiempo mesozoico.—En Norte-América, durante los períodos triásico y jurásico, parece que el Continente estuvo ménos sumergido que en las edades anteriores: en el lado oriental, hay rocas que indican grandes estuarios ó bahías que no dejaron restos de vida marina; esas formaciones que indicaban depresiones ó valles eran paralelas á los Apalaches; en varias partes se presentan diques de rocas ígneas con igual direccion: algunas de las areniscas de esos terrenos mesozoicos contienen impresiones de gotas de lluvia, piés de reptiles y otras señales que demuestran la existencia de aguas someras y de superficies emergidas de las mismas formaciones: esas capas demuestran tambien varias oscilaciones ó cambios de nivel: hácia la region occidental, por las montañas Rocallosas, hubo sin duda mares interiores someros, cuyas aguas eran poco propicias para el desarrollo de la vida, pues los sedimentos que en esa region se encuentran son muy pobres en fósiles; algunos lechos jurásicos de la region occidental, contienen restos fosilíferos, demostrando mayor poblacion en aquellos mares.

Consideraciones relativas á México.

Relativamente á México durante esos dos primeros períodos del mesozoico debemos creer que la mayor parte del lugar que ahora ocupa su territorio estaba sumergida bajo los mares, á juzgar por la grande extension que ocuparon las formaciones marinas del último período del mesozoico. De pocas localidades tenemos datos seguros sobre la existencia de rocas triásicas y jurásicas en México. Por el Sur de Puebla, donde se ven las impresiones de plantas triásicas, y además las localidades de donde proceden amonitas de los grupos característicos del jurásico. La especie que clasificamos con el nombre de A. James-Dana, es del grupo de las Arietinas que se consideran como jurásicas; ejemplares de esa especie han sido encontrados en Acaxochitlan, Estado de Hidalgo, y en la Trinidad y Huilacapixtla del de Puebla; otras amonitas procedentes de Catorce, San

Luis Potosí, Noria de Ángeles, Zacatecas, y El Gallo en Durango, son de los grupos jurásicos, aunque de muchas de ellas no hemos examinado más que fragmentos sin poder rectificar la clasificacion.

Ultimamente el Sr. Ingeniero D. Pedro Santies nos mostró una coleccion de fósiles procedentes de la Encantada, canton de Aldama, Estado de Chihuahua. Encontramos entre esos fósiles al género *Ceratites*, característico del triásico, y varias especies como la *Grifea carinata* del jurásico. Existen, pues, en aquella localidad, rocas de los dos primeros períodos del mesozoico.

Creemos, por tanto, que en los períodos triásico y jurásico hubo algunos levantamientos en esta parte del Continente que emergieron ciertas porciones de las tierras de aquellos períodos, y que hoy están á descubierto; probablemente en la mayoría de esta área siguieron depositándose los sedimentos cretáceos sobre los otros del mesozoico.

Consideraciones relativas á Europa.

En Europa las capas triásicas indican grandes mares someros, interiores, miéntras que las jurásicas demuestran mares más profundos y muy poblados por moluscos y otros animales: las montañas del Jura, como se ha dicho, están en gran parte constituidas por rocas pertenecientes al segundo período del tiempo mesozoico.

Climatología.

Con referencia á los climas, las especies de corales, de algunos moluscos, de los grandes reptiles y de algunas plantas demuestran que el clima cálido se extendia mucho más allá que en la actualidad, del Ecuador hácia las altas latitudes. Durante el período cretáceo, los mares cubrian todos los bordes del Golfo mexicano, la Florida y parte de la costa oriental de los Estados Unidos: esas aguas se extendian en ancho brazo de mar sobre el Continente, hácia el N.O., alcanzando probablemente hasta el Océano Ártico; por las costas del Occidente habia tambien una gran porcion de tierra sumergida, contándose en ella gran parte de la region correspondiente á las montañas Rocallosas. Esta distribucion de los mares cretáceos se ve en el mapa inserto en la obra del Profesor Dana, y en atencion á las observaciones que hemos hecho en México, acerca de fósiles y rocas del pe-

Distribucion de los mares cretáceos.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ríodo cretáceo, suponemos que los mares Atlántico y Pacífico estaban unidos en aquel período del mesozoico, pasando sobre lo que hoy es el territorio mexicano, y en el mapa inserto al fin de la parte litológica de este libro, se ve señalada con puntos la prolongacion de esos mares, como hemos supuesto. Es de advertirse que consideramos que en dicho período habria varios islotes emergidos y tambien porciones correspondientes á rocas de otras edades, como lo venimos asentando en sus respectivas citas. Las aguas que cubrian entónces la parte del Continente que hoy corresponde al territorio de México, deben haber sido en su mayor parte claras y de regular profundidad, atendiendo á los restos fósiles que hoy encontramos con abundancia en muchas de nuestras montañas. En general, en varias partes, son verdaderos conglomerados de moluscos rudistas, especialmente hipuritas y radiolitas, asociadas á algunos gasterópodos, como las nerineas. El género Nerinea, en algunas partes del mundo caracteriza las rocas jurásicas ó las cretáceas; pero en México las conchas de ese gasterópodo se hallan mezcladas á aquellos rudistas, que son eminentemente característicos del cretáceo: la misma observacion de muchos fósiles nos induce á creer que las rocas que los contienen pertenecen al piso superior del período.

Formacion del esqueleto montañoso del territorio mexicano.

Atendida le frecuencia de las montañas formadas de rocas cretáceas en México, es de suponerse que ántes del fin del mesozoico, no estaba aún formado el esqueleto rocalloso de nuestro territorio; ahora observamos que los agentes del levantamiento de esas montañas fueron las rocas ígneas, especialmente los pórfidos, las traquitas y los basaltos; en muchas localidades la roca ígnea aparece derramada sobre la caliza cretácea, despues de haber levantado sus estratos. Ahora bien; como de un modo general, no se ven sedimentos cenozoicos sobre esas rocas cretáceas, de admitirse es, que ese gran movimiento volcánico que levantara los sedimentos marinos, comenzó al fin del mesozoico, y fué probablemente la causa de la extincion de la vida cretácea en esta parte del Continente. El movimiento debe haber comenzado hácia el Sureste, en la region de los Andes, y propagádose hácia el Noroeste, rumbo á la region de las montañas Rocallosas. Tal suposicion la apoyamos en los hechos siguientes: primero, en el desarrollo é importancia de la formacion traquítica de Sur-América; segundo, en la direccion del Continente, que es de S.E. á N.O.; tercero, en la direccion más general de nuestras cadenas de montañas, de muchas vetas, galerías subterráneas y otros accidentes del territorio mexicano que están igualmente dirigidos de S.E. á N.O.

Si pues al fin del cretáceo hubo ese gran movimiento volcánico en esta parte de la América, debe haberse formado entónces una gran parte del esqueleto montañoso de nuestro territorio; estaria entónces cruzado por cordilleras y relieves entre los cuales quedarian grandes espacios, que en algunos lugares llenarian despues las aguas de los mares cenozoicos, y en otros los depósitos lacustres; era, pues, nuestro territorio al comenzar la edad terciaria, una gran red montañosa encerrando parte de mar y diversos lagos en los espacios que hoy ocupan los valles mexicanos. De entónces debe datar el principio del volcanismo que ha venido en diversas épocas haciendo sentir sus efectos en esta parte de la Amérida.

Aspecto del Continente europeo.

Con referencia al Continente europeo, es de suponerse que persistia formando archipiélago, y que los mares tenian gran profundidad en su mayor parte, con especialidad donde se formaron los depósitos de creta, que como se dijo, está constituida de restos de séres microscópicos, como de diatomeas y rizópodos y espículas de esponjas; séres que viven bajo grandes masas de agua.

Resúmen del tiempo mesozoico.

§ IV. *Resúmen del tiempo mesozoico.* Comprende solamente una edad, que es la de los reptiles, y está dividida en los períodos triásico, jurásico y cretáceo; la duracion relativa de éstos se estima en las proporciones de 1 : 1¼ : 1. En los períodos primero y segundo, en Norte-América, habia aguas someras, sobre todo de estuarios en su parte oriental; en la occidental se formaban tambien depósitos marinos, siendo más considerables los jurásicos: la porcion del Continente que corresponde á México, debe haber estado sumergida en su mayor parte; en Europa las for-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

maciones indican la existencia de mares rodeando varias islas: en el cretáceo, el mar bañaba las costas del Golfo en los Estados Unidos, y se extendia en ancho brazo hácia las regiones árticas en direccion N.O.; en México estaban unidos los mares Atlántico y Pacífico, lo que se infiere de la existencia de fósiles cretáceos en muchos puntos del territorio, que no pueden pertenecer á mares aislados: en Norte-América estaban formadas ya las montañas de los Apalaches, pero se hallaban en via de formacion las cadenas occidentales: en México se formó gran parte del esqueleto montañoso al terminar el mesozoico, y de entónces deben datar muchas de las vetas metalíferas que hoy forman nuestra riqueza minera; suponemos un extenso volcanismo al cerrarse el mesozoico, cuyo fenómeno comenzaria en los Andes, propagándose en direccion S.E. á N.O. Los principales hechos biológicos del mesozoico, son: primero, la declinacion de los tipos paleozoicos: segundo, el incremento y dominio de las formas mesozoicas: tercero, el anuncio de los tipos modernos. Con referencia á estos hechos, asienta el Profesor Dana: que las calamitas y varios géneros de helechos desaparecieron en el jurásico; de los antiguos braquiópodos, las esperíferas y las leptæneas se acabaron en el triásico; que en este mismo período terminaron las ortoceras y goniáticas. De las formas mesozoicas, observa: que las cicádeas fueron las plantas más características de ese tiempo; los moluscos cefalópodos existieron con abundancia, siendo muy característicos los géneros Amonites y Belemnites; se conocen hasta el dia 1,200 especies de cefalópodos mesozoicos, siendo de ellos 950 pertenecientes á la familia de los náutilos y de las amonitas; que los reptiles dominaron tanto por su número como por su tamaño y variedad de formas; hubo reptiles nadadores, terrestres y volátiles, con dimensiones muy superiores á las de los reptiles comunes de la actualidad; los mamíferos fueron en su mayor parte marsupiales, y muchas de las aves tuvieron caracteres semejantes á los de los reptiles. Como anuncio de los tipos modernos deben citarse las plantas anguiospermas y las palmeras; la propagacion ó aumento de los peces teliostos ó huesosos, y en fin, el anuncio de los mamíferos y de

las aves cuyas clases debian de venir á dominar en la siguiente edad del mundo.

La desaparicion de muchas especies de animales, aun de familias y géneros, al concluir el período cretáceo, dice Dana, que no puede explicarse más que por un cambio súbito de clima; por un enfriamiento considerable, venido sin duda por el levantamiento de las tierras hácia las altas latitudes; es decir, por una época semiglacial, que traeria corrientes frias de los mares, desde las regiones árticas hácia las ecuatoriales. Sin contrariar esta explicacion, puede haber contribuido el gran movimiento volcánico que nosotros hemos supuesto del extremo Sur del Continente americano hácia el N.O.: los efectos inmediatos de la accion ígnea, así como los trastornos causados por el movimiento anormal de las aguas y la formacion de corrientes de diversas temperaturas, cooperaron á no dudarlo, y en grande escala, á la obra de exterminio que tuvo lugar al concluir el mesozoico.

CAPÍTULO IV.

TIEMPO CENOZOICO.

Comprende dos edades: la "Terciaria" ó de los mamíferos y la "Cuaternaria" ó del hombre.

§ I. Edad terciaria.—*Caracteres y subdivisiones de la edad.* El desarrollo rápido y el dominio de los mamíferos, así como de las plantas anguiospermas, forma uno de los caracteres propios de esta edad: los mamíferos que le corresponden, son todos de especies extinguidas; de los otros animales, lo son tambien en gran parte; en el curso de la edad terciaria, se fué acercando á su configuracion actual la superficie terrestre. Divídese esta

Caracteres y subdivisiones de la edad terciaria.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ® DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

maciones indican la existencia de mares rodeando varias islas: en el cretáceo, el mar bañaba las costas del Golfo en los Estados Unidos, y se extendia en ancho brazo hácia las regiones árticas en direccion N.O.; en México estaban unidos los mares Atlántico y Pacífico, lo que se infiere de la existencia de fósiles cretáceos en muchos puntos del territorio, que no pueden pertenecer á mares aislados: en Norte-América estaban formadas ya las montañas de los Apalaches, pero se hallaban en via de formacion las cadenas occidentales: en México se formó gran parte del esqueleto montañoso al terminar el mesozoico, y de entónces deben datar muchas de las vetas metalíferas que hoy forman nuestra riqueza minera; suponemos un extenso volcanismo al cerrarse el mesozoico, cuyo fenómeno comenzaria en los Andes, propagándose en direccion S.E. á N.O. Los principales hechos biológicos del mesozoico, son: primero, la declinacion de los tipos paleozoicos: segundo, el incremento y dominio de las formas mesozoicas: tercero, el anuncio de los tipos modernos. Con referencia á estos hechos, asienta el Profesor Dana: que las calamitas y varios géneros de helechos desaparecieron en el jurásico; de los antiguos braquiópodos, las esperíferas y las leptæneas se acabaron en el triásico; que en este mismo período terminaron las ortoceras y goniáticas. De las formas mesozoicas, observa: que las cicádeas fueron las plantas más características de ese tiempo; los moluscos cefalópodos existieron con abundancia, siendo muy característicos los géneros Amonites y Belemnites; se conocen hasta el dia 1,200 especies de cefalópodos mesozoicos, siendo de ellos 950 pertenecientes á la familia de los náutilos y de las amonitas; que los reptiles dominaron tanto por su número como por su tamaño y variedad de formas; hubo reptiles nadadores, terrestres y volátiles, con dimensiones muy superiores á las de los reptiles comunes de la actualidad; los mamíferos fueron en su mayor parte marsupiales, y muchas de las aves tuvieron caracteres semejantes á los de los reptiles. Como anuncio de los tipos modernos deben citarse las plantas anguiospermas y las palmeras; la propagacion ó aumento de los peces teliostos ó huesosos, y en fin, el anuncio de los mamíferos y de

las aves cuyas clases debian de venir á dominar en la siguiente edad del mundo.

La desaparicion de muchas especies de animales, aun de familias y géneros, al concluir el período cretáceo, dice Dana, que no puede explicarse más que por un cambio súbito de clima; por un enfriamiento considerable, venido sin duda por el levantamiento de las tierras hácia las altas latitudes; es decir, por una época semiglacial, que traeria corrientes frias de los mares, desde las regiones árticas hácia las ecuatoriales. Sin contrariar esta explicacion, puede haber contribuido el gran movimiento volcánico que nosotros hemos supuesto del extremo Sur del Continente americano hácia el N.O.: los efectos inmediatos de la accion ígnea, así como los trastornos causados por el movimiento anormal de las aguas y la formacion de corrientes de diversas temperaturas, cooperaron á no dudarlo, y en grande escala, á la obra de exterminio que tuvo lugar al concluir el mesozoico.

CAPÍTULO IV.

TIEMPO CENOZOICO.

Comprende dos edades: la "Terciaria" ó de los mamíferos y la "Cuaternaria" ó del hombre.

§ I. Edad terciaria.—*Caracteres y subdivisiones de la edad.* El desarrollo rápido y el dominio de los mamíferos, así como de las plantas anguiospermas, forma uno de los caracteres propios de esta edad: los mamíferos que le corresponden, son todos de especies extinguidas; de los otros animales, lo son tambien en gran parte; en el curso de la edad terciaria, se fué acercando á su configuracion actual la superficie terrestre. Divídese esta

Caracteres y subdivisiones de la edad terciaria.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ® DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

edad en los períodos *Eoceno*, *Mioceno* y *Plioceno*, cuyos nombres indican: *aurora reciente*, *ménos reciente* y *más reciente*, que refiriéndose á la relacion que hay entre las especies extinguidas y las vivientes del cenozoico, se asienta: que en el primero de los períodos casi todas sus especies se extinguieron; que del segundo viven casi la mitad, y en el último persisten en mayor proporcion. En los Estados Unidos se subdivide el eoceno en los períodos *Lignítico* y *Alabama*, y al mioceno corresponde el llamado *Yorktown*.

Fauna y flora.

Período eoceno.—*Fauna y flora.* Son características de este período las numulitas, pequeñas conchas de protozoarios que aparecieron en el eoceno; á veces forman rocas y aun acumulaciones muy grandes en las montañas. *Moluscos:* sus formas fueron ya semejantes á las de los actuales; algunos géneros eocenos no existen ya. *Vertebrados:* estos animales son los que presentan mayor interes en el cenozoico; los peces huesosos abundaron en las aguas eocenas; hubo cocodrilos, tortugas, y las primeras serpientes datan de este período; hubo aves semejantes á las de la actualidad: los mamíferos aparecieron dominando en el mundo, aunque de especies y aun muchos géneros distintos de los actuales, sin embargo, sus formas eran análogas á las hoy conocidas: debemos citar los Paleoterios, de figuras semejantes á los Tapiros; los Anaploterios que vivian en los lagos y sus cercanías; el Xifodon cuyo porte era semejante al de los ciervos: estos paquidermos y algunos otros dan cierto carácter á la fauna eocena; en ella se presentaron géneros semejantes al caballo actual, aunque con mayor número de dedos en los piés. *Flora:* las plantas dicotiledóneas de aspecto semejante á las que hoy constituyen nuestros bosques, formaron los del eoceno; tambien los vegetales microscópicos dejaron señales de su existencia por sus partículas silizosas que constituyen capas de trípoli: las plantas de órdenes superiores dejaron depósitos de lignitos en muchas localidades.

Los siguientes dibujos representan algunos fósiles eocenos:

Fig. 88ª

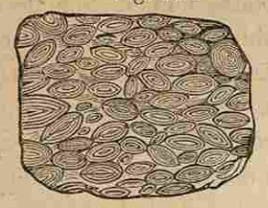


Fig. 89ª

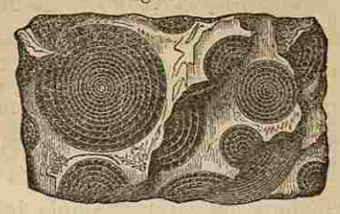
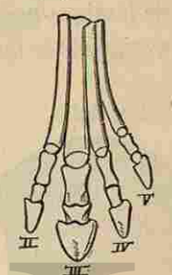


Fig. 90ª

Fig. 91ª



Núm. 88ª Caliza con Nummulites scabra, de Hungría.—89ª Nummulites Puschi (de los Pirineos).—90ª Astarte Conradi (del eoceno de Alabama).—91ª Pié de Orohippus (Caballo del eoceno).

Rocas.

Litología. Las rocas eocenas son marinas ó de agua dulce, y por lo general poco duras: se hallan regularmente formadas de arenas, guijarros y arcilla; tambien hay calizas, siendo algunas notablemente fosilíferas, como las que contienen numulitas, políperos, conchas, etc. Notables son las rocas calizas y los yesos de Paris de donde se han extraido tantos huesos fósiles que puede decirse dieron motivo á Cuvier para que fundase la Paleontología. Las rocas que en México conocemos como claramente eocenas son calizas amarillentas, conteniendo numulitas, pecten y otros fósiles, y que se encuentran en las costas del Golfo, cerca de Túxpan.

Período mioceno.

Período mioceno.—Mejorándose sucesivamente las circunstancias topográficas y climatéricas del globo, las faunas y floras iban adquiriendo mayor perfeccion, como se irá notando en la sucesion de los períodos en la edad terciaria.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ® DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Fauna y flora.

Fauna y flora. Como rasgo más notable del período mioceno debemos citar la aparicion de los grandes proboscidianos, como son el Dinoterio, el Mastodonte y el Elefante, de muchos carniceros y de los monos ó cuadrumanos. Los dos primeros géneros corresponden á grandes mamíferos, semejantes en su aspecto á los elefantes; el primero tenia dos defensas ó colmillos, inclinados, en su mandíbula inferior; los mastodontes tenian dientes molares que difieren de los de los elefantes en que en vez de láminas presentan pezones ó protuberancias salientes.

Las siguientes figuras representan fósiles miocenos:

Fig. 92ª Fig. 93ª Fig. 94ª

Núm. 92ª Crepidula costata (del mioceno de Virginia).—93ª Dinotherium giganteum ($\times \frac{1}{46}$) (del mioceno de Europa).—94ª Pié de Anchiterium (caballo del mioceno).

Rocas.

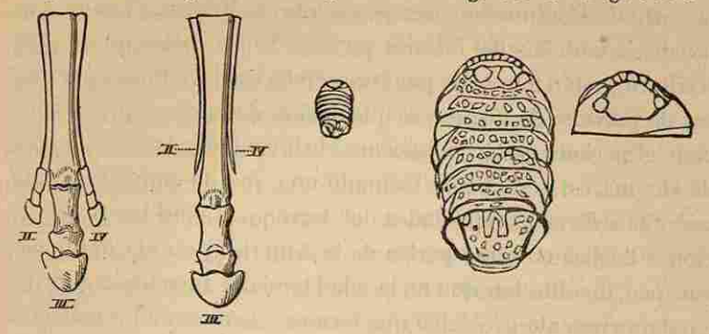
Litología. Observaciones semejantes á las referidas para el período anterior, tenemos que hacer en este respecto, en el período mioceno.

Período plioceno. Fauna y flora.

Período plioceno.—*Fauna y flora.* Al fin se fueron aproximando más y más las formas vivientes de las actuales, y mayor número de especies de este período de la edad terciaria sobreviven aún: aparecieron los animales solípedos, como el caballo, es decir, que no tienen más que una sola pezuña: tambien debe citarse como otro hecho singular del período plioceno, la aparicion de la raza bovina.

Las siguientes figuras representan fósiles pliocenos:

Fig. 95ª Fig. 96ª Fig. 97ª *a.* Fig. 97ª *b.* Fig. 97ª *c.*



Núm. 95ª Pié de Hipparion (caballo plioceno).—96ª Pié de Equus (caballo como el actual).—97ª *a.* Spheroma Burkartii (Bárcena), tamaño natural (fósil extraido en una perforacion artesiana de las capas terciarias del Valle de Ameca de Jalisco).—97ª *b.* La misma aumentada.—97ª *c.* Cabeza de id. id.

Litología.

Consideraciones semejantes á las anteriores, respecto á la litología, tenemos que hacer en lo relativo al período plioceno, advirtiendo que sólo mencionamos los hechos más generales. Segun el Dr. E. D. Cope, deben considerarse como pliocenos los terrenos del Valle de México donde se encuentran los huesos de elefantes, mastodontes, etc., de que hablarémos adelante, y que muchos geólogos clasifican como de la edad cuaternaria, y al describir esta edad harémos mencion de esa fauna mexicana.

Consideraciones generales.

Consideraciones paleotopográficas y hechos más importantes de la edad terciaria. Al comenzar esta edad hallábanse aún sumergidas bajo las aguas grandes porciones de las costas del Golfo mexicano, y algunas partes de la region occidental ó costas del Pacífico en la América del Norte: despues comenzó á hacerse más general la emergencia de las tierras, y las cordilleras fueron elevándose hasta alcanzar alturas considerables; la edad terciaria fué la de la elevacion de muchas cadenas de montañas en ambos continentes, y como dice Dana: "esta fué de las grandes épocas de formacion de montañas, en la historia geológica de América."

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Consideraciones referentes á México.

Consideraremos lo que aconteceria en esa edad terciaria en la parte de Continente correspondiente á México. Vimos que muchas montañas del interior y cerca de las costas de nuestro territorio, están formadas por rocas cretáceas levantadas por masas de pórfido; de cuyas circunstancias dedujimos que al concluir el período cretáceo, habian sido levantados los sedimentos de sus mares, y se habia formado una red de eminencias que rodeaban diversas oquedades del terreno. Como las observaciones hechas en otras partes de la América y en el Continente europeo, manifiestan que en la edad terciaria tuvo lugar el principal movimiento geológico que formara algunas de las más elevadas montañas; debemos inferir, que comenzando el movimiento como se observa en México, al fin de la edad mesozoica, dió principio á la terciaria, y fué formándose el esqueleto montañoso de México, continuando esa obra de levantamiento y arreglo del Continente en el cenozoico. En efecto, al lado de las cordilleras calcáreas del cretáceo, surgen ó aparecen en muchas direcciones en nuestro territorio cordilleras y montañas porfídicas que deben datar del terciario, y algunas otras prosiguieron en su formacion durante la presente edad geológica: ese movimiento volcánico lo consideramos, pues, originado al fin del cretáceo, y abriendo, por decirlo así, una nueva éra ó la entrada del mesozoico, siendo correspondiente á la edad terciaria la mayor parte de las montañas ígneas del país. Despues del primer levantamiento, los mares podrian penetrar sobre las costas y aun entrar en anchos brazos al interior del territorio; sus sedimentos han quedado á descubierto por levantamientos posteriores, ó sepultados por los depósitos lacustres de la edad cuaternaria. No conocemos aún muchos datos, pero sí algunos que nos demuestran la primera suposicion, aunque es fácil presumir que habrá muchas capas terciarias con sus fósiles característicos levantadas á diversas alturas. De lugares vecinos á las costas, sobre todo en el Estado de Veracruz, hemos revisado fósiles claramente terciarios.

Respecto á que en muchas localidades estén los lechos terciarios recubiertos por los cuaternarios, es fácil admitirlo, exa-

minando la orografía y la estratigrafía del país. En comprobacion de este supuesto, citamos el siguiente hecho: Hízose una perforacion artesiana en el valle de Ameca, Estado de Jalisco, llegando la sonda á más de 250 metros; atravesóse una gran serie de capas lacustres cuaternarias, y al fin de la excavacion se halló una formacion oolítica, conteniendo numerosas esferomas fósiles, como la que hemos dibujado anteriormente. Este es un fósil marino, y por consiguiente demuestra la entrada del mar hasta el lugar en que hoy se encuentra aquel valle y á más de 40 leguas de la costa; á una altura de 1500 metros sobre el mar, y en medio de comarca montañosa: en las capas superiores del valle y de otros terrenos que se alejan hácia el mar aparecen con frecuencia los restos de mamíferos cuaternarios. Las aguas pluviales llenaron, pues, ó comenzaron á ocupar esas oquedades desde la edad terciaria, terraplenando con sus sedimentos las desigualdades del terreno.

Consideraciones relativas al antiguo Continente.

En Europa, como indicamos, así como en el Asia y el África, tuvo lugar el mismo trabajo geológico del levantamiento de montañas, como aconteció en América: en la region occidental de los Himalayas hay caliza numulítica á la altura de 16500 piés.

Clima.

Atendiendo á la reparticion de los fósiles en diversas localidades, se puede deducir: que en Inglaterra habia un clima subtropical durante el eoceno, y que este clima existió en el mioceno, al Sur de Europa, puesto que se encuentran palmeras fósiles en esas localidades; igual hecho puede citarse en Norte-América, hácia el Missouri alto y en otras regiones; todavía durante el plioceno existió una temperatura semejante en esta comarca como lo demuestran los restos de rinocerontes, camellos y otros animales que allí aparecen al estado fósil.

Resúmen.

Resúmen de la edad terciaria. En el curso de esta edad fué tomando la tierra un aspecto poco diferente del que hoy tiene; esa fué la edad en que se levantaron muchas de las cordilleras de montañas que hoy existen en ambos continentes. La edad terciaria se divide en los períodos eoceno, mioceno y plioceno: en los Estados Unidos se subdivide el eoceno en los pe-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ríodos lignítico y Alabama, y al mioceno y probablemente parte del plioceno corresponde el Yorktown. Las numulitas aparecieron en el eoceno, así como el paleoterio, el anoploterio, el xifodon y las primeras serpientes; las plantas fueron dicotiledóneas en su mayor parte, y dejaron muchos depósitos de carbon. En el mioceno aparecieron los grandes mamíferos proboscidios, como el dinoterio, el elefante y el mastodonte, así como muchos carniceros y cuadrumanos. En el período plioceno aparecieron especies que tienen muchos representantes en la fauna y flora actuales; se presentaron por primera vez en el mundo los animales solípedos, que como el caballo, no tienen más que una pezuña; tambien apareció la raza bovina en dicho período.

Caracteres y subdivisiones de esta edad.

§ II. Edad cuaternaria ó del hombre.—*Caracteres y subdisiones de la edad.* En la edad cuaternaria sufrió la superficie terrestre el arreglo conveniente para que fuese propia á la habitabilidad de séres más perfectos que los existentes en las edades anteriores; por movimientos de elevacion y hundimientos de algunas porciones de los continentes, así como por los cambios de clima que ellos ocasionaban, pudieron las aguas ya solidificadas, y despues en estado líquido y causando inundaciones, ejercer diversos trabajos, puliendo las desigualdades salientes y terraplenando las oquedades. Así se dió, como pudiéramos decir, la última mano ó el pulimento á una obra tan sabiamente construida; los climas señalaron la distribucion á los séres para que toda esa grande obra fuese utilizada; los terrenos sueltos ocuparon gran parte de las rocas macizas, para que la vegetacion pudiera extender sus dominios, y las aguas corrientes y estancadas tomaron sus cursos ó se depositaron en sus cuencas para ayudar en el movimiento incesante de alimentar ó constituir, y de modificar, que se ejerce sobre la superficie terrestre. A la cabeza de la creacion correspondiente á la edad cuaternaria se destaca el hombre, el sér inteligente, que debia tener y tiene el dominio de todos los otros séres criados por Dios en el globo terráqueo. Para hacer notar el órden de los acontecimientos que acabamos de indicar, adoptamos la subdivision de la edad cuaternaria en los períodos *Glacial*, *Champlain* ó *diluvium* y *Reciente*.

Tratarémos primero de los fenómenos dinámico-geológicos que á estos períodos corresponden, dejando al final las consideraciones generales sobre la fauna y la flora de la edad cuaternaria.

Accion de los hielos.

Período glacial. En este período de la existencia de la tierra sobrevino un grande enfriamiento desde las altas latitudes hácia las bajas, y ocupando una grande extension; los hielos se acumularon sobre las montañas y los valles, causando el exterminio y desbastando las partes salientes de las rocas; grandes masas de agua congelada, obrando de un modo semejante, aunque en mayor escala que los ventisqueros actuales, arrancaban enormes trozos de rocas y los llevaban á grandes distancias de su orígen; formaban, por decirlo así, el cimiento que debia soportar las formaciones superficiales. Las masas al descender pulian y rayaban las superficies de resbalamiento, ó arrancaban otros fragmentos que á su vez servian de agentes de erosion.

Hechos que prueban la accion de los hielos.

Esta acumulacion de los hielos y sus efectos, que se extendieron en grandes áreas de los polos hácia el Ecuador en ambos hemisferios, están demostrados por la naturaleza de los depósitos ó carácter de las rocas correspondientes al período glacial; por la existencia de rayas paralelas y otras señales que presentan las rocas; y por la presencia de blocks de varios tamaños, algunos verdaderamente colosales, que se ven esparcidos sobre terrenos de diferente naturaleza á la de esas masas de roca.

Carácter de las formaciones glaciales.

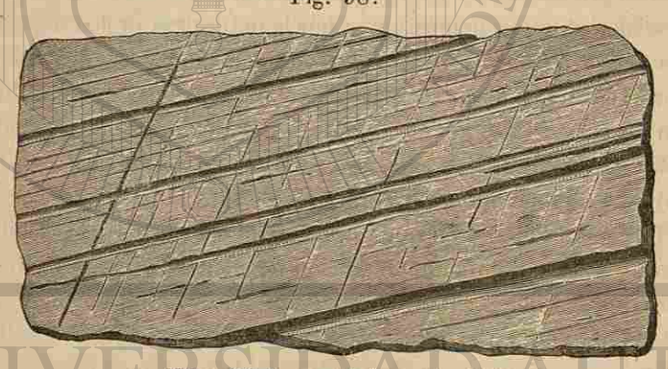
En las localidades en que se presentan los efectos del período glacial, se observa una acumulacion de piedras, guijarros y tierras como la que forman los ventisqueros actuales en algunas localidades: en partes esa mezcla de materiales rodados se halla sin estratificaciones y en desórden completo; pero en otras aparece en capas ó estratos. A ese terreno se le llama *Drift*, y se encuentra en las partes bajas así como en algunas montañas: las formaciones no estratificadas de ese acarreo se designan con el nombre de *Till*. Lo más característico de estos depósitos es la presencia de blocks de gran peso, en formaciones de diferente naturaleza, y colocados ya en las partes bajas del terreno ó en las pendientes de las montañas. Se ha podido observar el orí-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

gen ó lugar de donde esas masas han sido arrancadas, reconociendo las rocas de igual composicion y aspecto que se encuentran en montañas inmediatas ó aun bastante lejanas del sitio donde los blocks reposan actualmente; su conduccion y colocacion en determinados lugares no puede explicarse sin admitir la presencia de grandes masas de hielo que les sirviesen de vehículo; á esos blocks se les llama *cantos erráticos*. En Norte-América se observa que esos blocks han sido acarreados de distancia de 10 á 40 millas, y en algunos casos hasta 200 millas. Pero los signos más propios para demostrar ese movimiento de las nieves y sus efectos, son la presencia de las rayas ó estrías sobre las rocas existentes en las montañas, ó esparcidas en el suelo. Esas rayas tienen direcciones paralelas en uno ó varios sentidos y de diferentes profundidades.

La figura siguiente, tomada de la obra de Dana, demuestra estos signos:

Fig. 98ª



Núm. 98ª Roca estriada por los hielos.

Tales signos del período glacial se encuentran en ambos continentes; muy señalados en los Estados Unidos y tambien en algunas partes de la América del Sur. En México no se han hecho las observaciones necesarias para marcar con toda claridad las trazas del período glacial, al ménos que tengamos noticias sobre el particular. Es cierto que en muchos de nuestros terrenos se

hallan aluviones gruesos; pero es probable se refieran más bien al período Champlain. No hemos observado rocas estriadas en las diversas excursiones que hemos hecho en el país. El General Riva Palacio nos asegura haber visto sobre las costas de Acapulco grandes y medianos blocks con las caras pulidas y á veces rayadas, los que él considera como pertenecientes al período glacial. En Europa este período está muy marcado, y se observan sus efectos hasta algunos puntos en la latitud de 50° al Sur; los países boreales tienen señales muy marcadas de los poderosos efectos del período glacial.

Explicaciones del acumulamiento y descenso de las nieves.

De diversas maneras se ha procurado explicar esa acumulacion de las nieves y su resbalamiento de las altas á las bajas latitudes. Admítese por algunos geólogos que en aquel período hubo grandes levantamientos del terreno en las latitudes boreales, lo que ocasionó ambos efectos; por otra parte se supone que sin necesidad del levantamiento se pueden explicar esos efectos considerando que habia enormes precipitaciones de nieve en determinadas comarcas, y que por efecto de su misma acumulacion vino el descenso y resbalamiento alcanzando á lejanas comarcas.

Corrientes de los deshielos y de las lluvias.

Período champlain ó diluvial. Los hielos acumulados en tan vastas extensiones de terreno, no pudieron permanecer allí indefinidamente, y vino un período en que por un cambio de temperatura las aguas volvieron al estado líquido, causando poderosas y devastadoras inundaciones: con ellas vendrian masas flotantes de hielo que trasportaban piedras y otros materiales, distribuyéndolos en diversas localidades. Esa fusion de los hielos, demostrando un cambio notable en las circunstancias climatéricas, trajo por consecuencia grandes desequilibrios atmosféricos, y uno de sus efectos debe haber sido la frecuencia de copiosas lluvias que añadian sus efectos erosivos á los de las corrientes del deshielo: en el período anterior se produjeron abundantes caidas y acumulaciones de nieve: en el último período, con temperatura más alta, fueron lluvias torrenciales que causaron inundaciones.

La observacion de los terrenos muestra que en diversas loca-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

lidades, en ambos continentes existen formaciones que no pueden tener otro orígen que el de esas amplias y terribles inundaciones.

Las aguas, corriendo en algunas partes, y en otras ocupando muchas depresiones terrestres se depositaron formando numerosos lagos de variados tamaños, los que fueron agentes de sedimentaciones de otra forma, y con el curso del tiempo se irian concentrando hasta dejar amplias riberas que los limitasen.

Entrada de brazos de mar en los Continentes.

Además, los mares se extendieron en algunas partes hácia el interior de los continentes, especialmente en forma de canales, como lo demuestran los depósitos que conteniendo conchas marinas se observan en muchas localidades y aun á muy notables alturas sobre el nivel actual de los mares.

Acontecimientos geológicos del Champlain.

De todos estos hechos se deducen los siguientes acontecimientos geológicos en el período Champlain: 1º Una alza en la temperatura que ocasionó la fusion de los hielos, y con este efecto se formaron grandes é impetuosas corrientes que dejaron los depósitos que propiamente se llaman *diluviales*. 2º Las aguas corrientes que ocuparon los valles y muchas depresiones terrestres, llenaron con sus sedimentos las desigualdades de terreno, hasta que con el curso del tiempo se fueron concretando á espacios limitados, dejando á descubierto sus riberas; estos depósitos son los que deben llamarse *aluviales* en unos casos y *lacustres* en otros, segun su apariencia que revela su orígen. 3º Que los mares penetraron formando bahías, brazos, etc., sobre muchas partes de lo que ya era tierra emergida, debido á las depresiones sufridas por algunas porciones de los continentes. Las aguas se retiraron despues por nuevo levantamiento de sus lechos. Estos diversos acontecimientos indican que el aumento en la temperatura al abrirse el período Champlain, fué ocasionado por la depresion de las tierras levantadas en el período glacial, y este clima cálido lo demuestran tambien los restos que en aquellos terrenos se encuentran y que corresponden á séres propios de tal clima. A efecto de esas depresiones, vinieron las entradas de los mares sobre algunas partes de los continentes. Levantados hoy esos depósitos marinos, sobre el nivel

actual de los mares, debe inferirse que hubo otra oscilacion de la costra terrestre en sentido contrario de la que referimos, y análoga, aunque en menor escala, á la que tuvo lugar en el período glacial. Observaciones hechas en algunas partes de Europa señalan la existencia de un segundo período glacial al cerrarse el Champlain, que contribuiria en gran manera á la extincion de algunas especies animales de la edad cuaternaria. Ese enfriamiento se relacionó á un nuevo levantamiento de los terrenos, y con él se abrió una nueva éra en la historia de la Tierra, y á la que se llama período Reciente.

Distribucion de las formaciones del Champlain.

Las formaciones diluviales, aluviales, lacustres y marinas del período Champlain, se muestran en vastas extensiones de terreno en ambos continentes.

Terraplenes ó graderías.

Muy notables son en los Estados Unidos los depósitos que bajo la forma de graderías ó terraplenes se ven en los valles de diversos rios; esas formaciones deben explicarse por el gran acarreo que trajo primero la inundacion, y disminuyendo despues el volúmen de las aguas, fueron éstas descendiendo, labrándose su lecho sobre los depósitos anteriores.

Observaciones relativas á México.

Estas formaciones de aguas corrientes y depositadas tienen grande importancia para México, pues segun nuestro parecer, al período Champlain deben referirse los valles aluviales y lacustres que tanto abundan en nuestro territorio. La presencia de ciertos fósiles de que despues hablarémos, determina que tales depósitos pertenecen á la edad cuaternaria; pero el aspecto de las formaciones nos induce á clasificarlas como correspondientes al período Champlain.

Los terraplenes ó graderías que en muchos valles del país hemos observado, creemos son análogos á los que en los Estados Unidos y en Europa caracterizan á los terrenos del Champlain. En las excursiones que hemos verificado encontramos terraplenes en forma de gradas ó en acumulaciones sobre las paredes de los lados de los valles en las localidades siguientes: Estado de Hidalgo: en Apasco, valles y cañadas entre Actopam é Ixmiquilpam, hácia Zimapan y en Barranca Seca y en Valle de Tula. Querétaro: en el mineral de las Aguas. Morelos: en las

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

cercanías de Xochitepec. Guerrero: en Dos Rios y dentro de la Gruta de Cacahuamilpa. Aguascalientes: en el curso del rio inmediato á la ciudad del mismo nombre, y en otros puntos del Estado. San Luis Potosí: entre Pozo del Cármen y Santa Catarina. Muy notables son las graderías y los depósitos contra las paredes de las barrancas ó en los valles de los rios en el Estado de Hidalgo: las gradas están formadas en general de aluvion grueso en su base, y despues de capas de tobas y arenas, y están aplicadas sobre caliza cretácea ó sobre masas de pórfido. En el cauce del rio de San Martin, en San Luis, se observan capas de arenas y guijarros más ó ménos onduladas, con espesores hasta de 10 metros. Dentro de la caverna de Cacahuamilpa hemos observado grandes masas formadas de marga y cantos porfídicos arredondados, llenando oquedades sobre las paredes de la espaciosa caverna.

Tales depósitos en graderías, deben ser muy frecuentes en el país, sobre todo en los arroyos y rios que bajan de la Sierra Madre hácia las costas, y los que fueron sin duda formados por las corrientes diluviales del período Champlain, sin que en estas regiones hayan actuado los hielos directamente ni las aguas de su fusion.

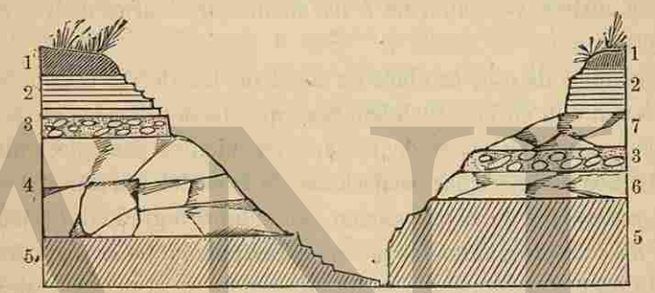
Formaciones lacustres.

Las formaciones lacustres se encuentran en casi todos nuestros valles, están constituidas por capas alternativas de tobas, margas, arcillas, trípoli, arenas, y aluviones de diversos espesores: en las excavaciones más profundas se observa generalmente un aluvion grueso de masas arredondadas de pórfidos y otras rocas ígneas, sirviendo de base á las capas lacustres. Entre éstas son frecuentes las tobas pomosas, formadas de granos arredondados, unidos por cimento arcilloso.

Como tipo de estos depósitos cuaternarios puede verse el corte del pozo artesiano de la Casa de Moneda y Apartado de la capital de México, cuyo corte se ve en la parte hidrológica de este libro: tambien es un buen ejemplo del terreno cuaternario de México el corte que á continuacion insertamos, y que representa la desembocadura del túnel en el tajo de Tequexquiac, en el Estado de México, lugar notable por los muchos restos de

mamíferos cuaternarios que allí se han encontrado, así como vestigios de la existencia del hombre en los propios terrenos. En el corte del pozo artesiano se ve el terreno cuaternario hasta la profundidad de 149 metros á que llega la excavacion; todas las capas son de orígen lacustre, interrumpidas por otras de aguas corrientes, y en muchas de aquellas se observan vestigios de plantas acuáticas, como son los tallitos silizosos, que en el corte se citan, y además un lecho de turba. En las capas superiores se encuentran muchas conchitas de crustáceos de agua dulce.

Fig. 99ª



Núm. 99ª Corte del tajo de Tequixquiac, segun el Ingeniero D. Luis Espinosa.—1880.—1 Tierra vegetal.—2 Toba caliche.—3 Acarreo con huesos fósiles —4 Margas verdes y rojas.—5 Toba con relices y aspecto margoso.—6 Marga amarilla.—7 Marga roja apoyada sobre toba. Relacion de 1 á 12500.

Se ve en este corte que los yacimientos fosilíferos están en las capas de aluvion.

Debe advertirse que en muchas localidades del país, las capas cuaternarias aparecen removidas por los basaltos, y en otros lugares, como en el Pedregal de San Angel, 3 leguas S. de la ciudad de México, hay una espesa y dilatada corriente basáltica extendida sobre la toba cuaternaria; fenómeno semejante se nota en el valle de Tula, Estado de Hidalgo, en el Estado de San Luis Potosí y en otros varios lugares del país.

Período reciente.—Vimos que durante el período anterior una parte de las costas habia sido invadida por los mares, y

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

que el calor que produjo los deshielos habia sido ocasionado principalmente por depresiones verificadas en grandes áreas de terreno. El aspecto físico de la Tierra no persistió así, y las superficies deprimidas volvieron á levantarse; los mares se concentraron á sus depósitos, las costas se elevaron en muchas partes, y los restos de animales marinos quedaron colocados á diversas alturas á causa de esa elevacion del terreno. De entónces debe datar la actual distribucion geográfica de los animales y de las plantas, así como la distribucion de los climas que hoy rigen.

Los grandes mamíferos cuaternarios que habian sobrevivido al fin del Champlain acabaron en el período reciente, y la fauna se distribuyó conforme á los medios necesarios á su existencia.

Ejemplos de esos cambios de nivel de las tierras emergidas se tienen aún en la actualidad, para que haya dificultad de admitir como explicacion de los acontecimientos geológicos que acabamos de referir las oscilaciones de la costra terrestre.

Los cambios de nivel pueden ser súbitos ó graduales y lentos; los primeros, llamados *paroxísmicos*, pueden tener lugar durante un terremoto, como se ha observado en el presente siglo en algunas costas de Sur-América.

Los cambios lentos ó *seculares* son tambien visibles, sobre todo en las altas latitudes, y en Uddevalla ese levantamiento es de tres piés en cien años.

Estos mecanismos contribuyeron, pues, á los cambios climatéricos que favorecian el desarrollo de los grandes mamíferos cuaternarios ó los exterminaban.

Hechos relativos á México.

En el territorio mexicano debe haber sido aun muy notable el volcanismo durante el período reciente, y algunos volcanes crateriformes y las salidas de rocas basálticas y corrientes termales contribuirian á exterminar aquellos mamíferos colosales Verificada la elevacion de las partes deprimidas de los continentes, y hecha la distribucion de los climas como ahora se encuentra, ó casi igual á la marcada por las zonas hoy reconocidas, podemos decir que se dió principio á la época actual de la Tierra.

Fauna y flora. La fauna y la flora de los períodos cuaternarios que acabamos de citar, fueron en su mayor parte idénticas á las correspondientes á la época actual; las diferencias más esenciales consisten en la extincion de los grandes mamíferos y en la diseminacion y localizacion más fija de las especies.

Aparicion del hombre sobre la Tierra.

El más grande y notable acontecimiento en la vida correspondiente á la edad cuaternaria, fué la presencia del hombre á la cabeza de la creacion. Si bien hay algunos hechos que induzcan á creer que la aparicion del hombre tuvo lugar en la edad terciaria, lo cierto es que en la cuaternaria es donde se ve bien demostrada su existencia, y si comenzó á vivir en la primera parte del tiempo cenozoico, no caracterizó á esa edad. Entre los restos de los grandes mamíferos de la edad cuaternaria es donde se han encontrado armas de pedernal, utensilios ó trazas de industria, señales sobre los huesos de los animales que servian de alimento al hombre, y en fin, huesos y esqueletos humanos.

Los estudios antropológicos toman mayor interes de dia en dia por sus descubrimientos, tanto en el Continente europeo como en el Nuevo Mundo.

Los vestigios más antiguos de la existencia del hombre consisten en sílex tallados y en incisiones y otras señales que presentan algunos huesos fósiles, y que se deduce fueron hechas por el hombre al arrancar las carnes de aquellos animales: tales signos se hallan en yacimientos de mamíferos extinguidos y característicos de la edad cuaternaria, y como se dijo, tambien en algunos yacimientos clasificados como terciarios. Cráneos, diversos huesos y aun esqueletos humanos se han encontrado tambien en tales circunstancias, demostrando la contemporaneidad del hombre con esos mamíferos extinguidos.

En Europa han sido muy notables los descubrimientos hechos sobre el particular, y en América no escasean datos antropológicos de igual importancia.

En los Estados Unidos, al lado de muchos hallazgos dudosos, se presentan algunos que demuestran la existencia del hombre cuaternario en esa parte del Continente.

Datos relativos á México.

En México, descubrimientos recientes que hemos tenido la

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

fortuna de dar á conocer señalan hechos de igual importancia. El primero consiste en el hallazgo de un sacro de llama fósil (Auchenia) con entalladuras artificiales, que dan al total la semejanza de una cabeza de coyote: este hueso fué encontrado en el mismo yacimiento que los restos de *Elephas*, *Gliptodon* y otros mamíferos cuaternarios, en las excavaciones hechas en el Valle de Tequixquiac, cerca de México. El Ingeniero D. Tito Rosas afirmó la contemporaneidad de yacimiento de ese hueso labrado y los restos de dichos mamíferos. En la publicacion que hicimos de ese hallazgo (Mayo de 1882) señalamos las entalladuras antiguas y recubiertas de toba que ese hueso contiene, y que sin duda fueron hechas por el hombre cuaternario.

Posteriormente, en Febrero de 1884, el Ingeniero D. Adolfo Obregon practicaba unas excavaciones al pié del cerrito del Peñon de los Baños, 3 kilómetros al E. de la ciudad de México, con el objeto de arrancar piedras de construccion, en un banco de caliza silizosa bastante dura, que se encuentra cercana á dicho cerro. Al volar con dinamita un trozo de roca, apareció en ella incrustado un cráneo y varios huesos de un esqueleto humano; la roca fué presentada al Secretario de Fomento, General D. Cárlos Pacheco, quien la entregó para su estudio al autor de este libro. Asociado en el estudio de esos huesos al profesor de Geología D. Antonio del Castillo, hemos declarado en vista de las circunstancias del yacimiento, que esos restos pertenecen á un hombre prehistórico, y por los datos hasta ahora observados debe pertenecer al fin del Champlain ó principio del período Reciente: como prosiguen las excavaciones en el sitio referido, se podrá determinar con más exactitud la antigüedad relativa de ese esqueleto. Debe advertirse que en otras localidades del Valle de México se ha encontrado caliza idéntica á la anterior, y con restos de animales cuaternarios.

En la lámina adjunta se ven los trozos de roca con los huesos incrustados, y el maxilar desprendido está dibujado en dos porciones.

Ambos hechos, y con toda claridad el primero, demuestran, pues, la existencia del hombre cuaternario en los valles de Mé-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tipo-lit.ª de Espasa y C.ía

RESTOS DEL HOMBRE FÓSIL DE MÉXICO. — (Tomado del natural, por R. Cantó)

Núm. 1. Fragmento del maxilar visto por la parte interior.

Núms. 2 y 2 (bis). Otro fragmento del mismo maxilar tomado por diversos lados.

Tomado de la obra *México á través de los siglos*, que editan los Sres. Ballescá, Espasa y Comp.ª

RESTOS DEL HOMBRE FÓSIL DE MÉXICO.—(Tomado del natural, por R. Cantó)

Núm. 1. Fragmento del maxilar visto por la parte interior.

Núms. 2 y 2 (bis). Otro fragmento del mismo maxilar tomado por diversos lados.

Tomado de la obra *México á través de los siglos*, que editan los Sres. Ballescá, Espasa y Comp.ª

Tipo-Lit.ª de Espasa y C.ª

xico y de Tequixquiac. En la obra de Nadaillac, sobre los primeros hombres, edicion de 1881, vemos que refiriéndose á Guillemin Tarayre, cita el hallazgo de sílex tallados en algunos terrenos cuaternarios de México, cerca de la capital y en Guanajuato.

Datos relativos á Sur-América.

Los descubrimientos de Lund, en el Brasil, y los de Seguin y Ameghino en la República Argentina, demuestran sin duda la existencia del hombre cuaternario en la América del Sur.

Contemporaneidad del hombre y los grandes mamíferos cuaternarios.

La contemporaneidad del hombre con aquellos animales extinguidos, ha sido testificada tambien por el hombre prehistórico, pues ha dejado algunos dibujos que representan á aquellos grandes mamíferos. Lartet encontró en la caverna de la Magdalena, al Sur de Francia, un fragmento de marfil con un grabado representando al *mammouth* con sus largas crines, como ha sido observado posteriormente bajo los hielos polares.

En las cavernas es donde se han encontrado principalmente los testimonios de la contemporaneidad del hombre y de los mamíferos cuaternarios: en muchas de esas cavidades se hallan asociados los huesos humanos con los de aquellos; se ven tambien las armas y otros utensilios; se encuentran huesos de paquidermos y rumiantes con incisiones y grabados, y en fin, se han descubierto en los mismos yacimientos las cenizas, los carbones y otros vestigios del fuego que usaba el hombre prehistórico, sea para calentarse ó para dar cocimiento á las carnes y otros alimentos. Célebres son en este sentido las cavernas de Aurignac y la Magdalena en Francia; las de Naulette y Frontal en Bélgica, y en fin, las de América en que el Doctor Lund ha hecho tan preciosos descubrimientos.

Épocas de la paleo-antropología.

En los estudios *paleo-antropológicos*, ó referentes á la historia antigua de la humanidad, se ha establecido una clasificacion de edades, fundada en la naturaleza de las armas y utensilios usados por el hombre. Así se fundan las tres edades siguientes:

Edades de la piedra, del bronce, y del hierro.

1ª De la piedra.
2ª Del bronce.
3ª Del hierro.

Edad de la piedra.

La primera que puede abarcar varias épocas, háse subdividi-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

do por Lartet en *Paleolítica, del Reno, y Neolítica:* en la primera subdivision se comprende lo relativo á la contemporaneidad con el mammouth; la segunda con el reno, y á la tercera le pertenece el período Reciente y parte de la época actual.

Hechos relativos á México.

A la paleolítica debemos referir los descubrimientos paleo–antropológicos que hemos citado referentes á México.

A la neolítica más antigua, creemos deben referirse algunos descubrimientos que hemos hecho recientemente. El primero consiste en el hallazgo de fragmentos de cerámica tosca que se encuentran en la caverna de Cacahuamílpa, bajo una costra bastante gruesa y dura de caliza estilaticia; este hecho demuestra que la espaciosa caverna fué conocida y habitada por los antiguos habitantes del país, sin que la tradicion hubiese dejado recuerdos de tal acontecimiento, pues una casualidad hizo descubrir esa caverna en la tercera década del presente siglo.

El otro descubrimiento consiste en el hallazgo de pedazos de cerámica tosca que encontramos bajo la corriente lávica del pedregal de San Angel, á tres leguas S. de la ciudad de México, é incrustados en la toba calcinada que se encuentra en contacto de la masa de lava; ésta tiene cerca de ocho metros de espesor en el lugar á que nos referimos. Ninguna tradicion se conoce sobre la época en que haya tenido lugar esa vasta erupcion basáltica, representada en varios lugares del país, y que suponemos tuvo lugar en el período Reciente y mucho ántes de la época histórica.

Cosmogonía mexicana.

Hay una cosmogonía de los antiguos mexicanos, que ha sido interpretada de una pintura existente hoy en el Vaticano, y que por esto se llama Códice Vaticano.

Se deduce de allí, que las antiguas razas de Anáhuac creian que la especie humana habia sido destruida casi en su totalidad, en cuatro ocasiones ó períodos que en el códice se llaman Atonatiuh, Echecatonatiuh, Tlatonatiuh y Tlaltonatiuh, las que quieren decir respectivamente, Sol de agua, Sol de aire, Sol de fuego y Sol de tierra.

La pálabra Sol significa aquí período ó época.

Suponiendo que por la tradicion y la pintura hubieran conservado los antiguos mexicanos el conocimiento ó recuerdo de cuatro cataclismos geológicos, podria aplicarse la significacion de esas palabras, y el órden de los acontecimientos que señala, del modo siguiente, que concuerda en parte con la cronología geológica.

Atonatiuh ó destruccion por el agua, pudiera referirse al período Champlain ó diluvial. Echecatonatiuh se puede referir á grandes sucesos meteorológicos como ciclones, huracanes, etc., que bien pudieron ser consecuencia ó concomitantes de los fenómenos diluviales. Tlatonatiuh ó sol de fuego, haria referencia al volcanismo que derramó grandes corrientes basálticas sobre los terrenos diluviales, y probablemente al principio del período reciente, como dijimos al hablar del Pedregal de San Ángel y formaciones análogas. Tlaltonatiuh se refiere á falta de frutos de la tierra ó alimentos que causaron la destruccion de una gran parte de la especie humana, como señala el códice. Este acontecimiento pudo estar relacionado al volcanismo ó ser efecto de algunos fenómenos meteorológicos, como sequías prolongadas por uno ó varios años.

Dejamos asentadas estas indicaciones para investigaciones posteriores.

Mamíferos de la edad cuaternaria.

Habiendo referido varios hechos relativos al hombre prehistórico, pasamos á citar algunos de los mamíferos extinguidos que son característicos de la edad cuaternaria, especialmente del período Champlain.

Distribucion geográfica.

Nótase ya cierta distribucion geográfica en algunos de esos mamíferos extinguidos: en Europa y Asia dominaron los carnívoros; en Norte–América los herbívoros; en Sur–América los edentados; en México, como territorio intermedio entre las dos Américas, aparece una mezcla de ambos tipos, aunque acercándose más al carácter del Sur; en Australia dominaron los marsupiales.

Como animales característicos de Europa debemos citar los siguientes: *Felis spelea*, *Hyœna spelea*, *Ursus speleus*, *Rhinoceros tichorinus* y *Elephas primigenius.*

Este mamífero, de talla mucho mayor que el elefante ac-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

tual, se encontraba con abundancia en ambos continentes, aun acercándose á las regiones árticas: muchas toneladas de colmillos de ese gigantesco animal se han extraido de los bordes del mar Ártico, y se explotan como marfil, teniendo algunos de esos colmillos hasta 12½ piés de longitud: tambien se han descubierto algunos de esos animales bajo los hielos, y en tal estado de conservacion, que su carne ha sido devorada por los perros actuales. El elefante primitivo tenia grandes crines de que carecen las especies actuales. La figura 100 representa el esqueleto del mammouth.

En Norte-América son características algunas especies de mastodonte, elefante, caballo, buey, ciervo, etc. En Sur-América estuvo caracterizada la fauna por grandes edentados, como el Gliptodon ó armadillo gigantesco (Fig. 101), el Megaterio (Fig. 102), y otros mamíferos de gran tamaño.

En México abundaron esencialmente los elefantes y mastodontes en la edad cuaternaria: restos de esos mamíferos se encuentran en las muchas localidades de las costas de ambos mares; en la Mesa Central y hácia la frontera, son sobre todo abundantes los restos de elefante. La especie más comun es el *Elephas primigenius*, y algunas de sus variedades como la *E. Columbi*. Las Figuras 103 y 104 representan los molares del elefante y del mastodonte, las cuales insertamos para que puedan reconocerse y sea fácil determinar los terrenos cuaternarios del país donde esos restos abundan. Como se ve, la superficie trituradora de la muela está formada por láminas en el elefante, y por pezones ó mamelones en el mastodonte. Tanto á las muelas, como á los huesos largos de esos mamíferos que se encuentran en el país, se les designa con el nombre de *huesos de gigante*.

Como tambien se hallan en estos terrenos los huesos y dientes de caballo y de llama, damos las Figuras 105 y 106 para que sean reconocidos.

Fig. 100ª

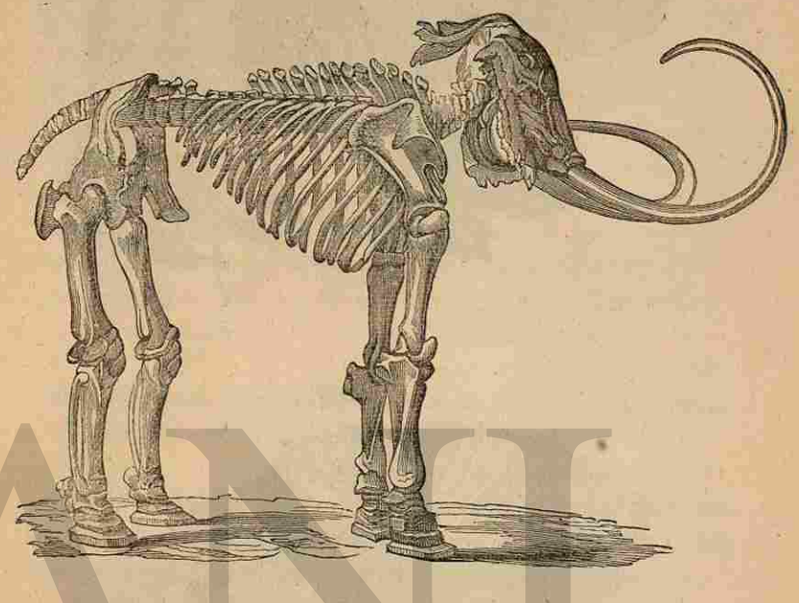
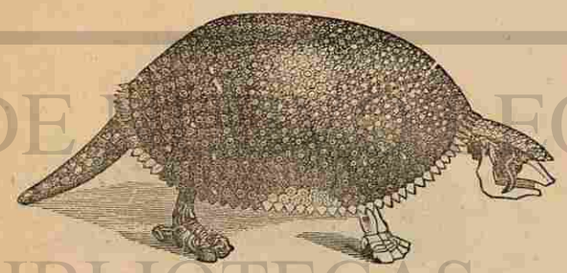


Fig. 101ª



Núm. 100ª Esqueleto de Elephas primigenius.—101ª Gliptodon clavipes ($\times \frac{1}{80}$).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Fig. 102ª

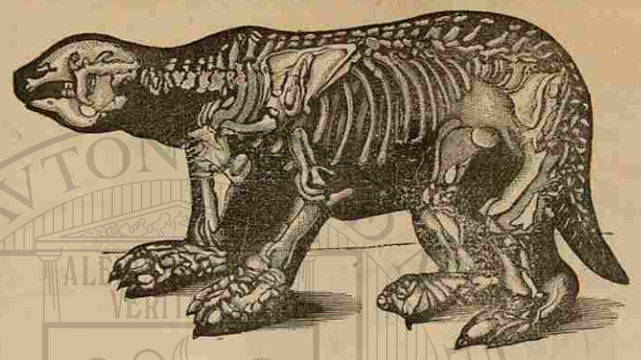


Fig. 103ª

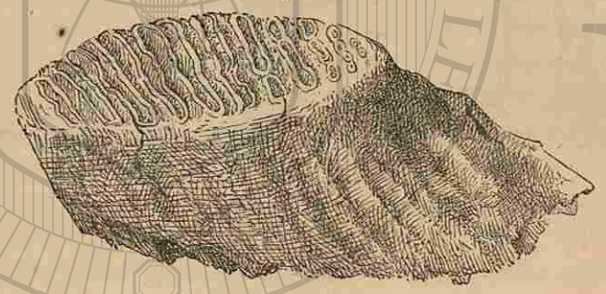


Fig. 104ª

Núm. 102ª Megatherium Cuvieri ($\times \frac{1}{75}$).—103ª Molar de elefante fósil ($\frac{1}{5}$ del natural).—104ª Molar de mastodonte ($\frac{1}{6}$ del natural).

Fig. 105ª

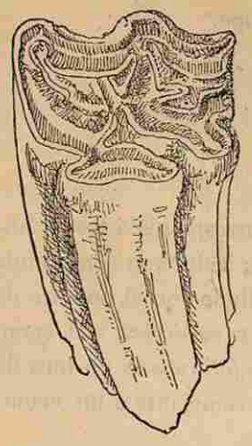
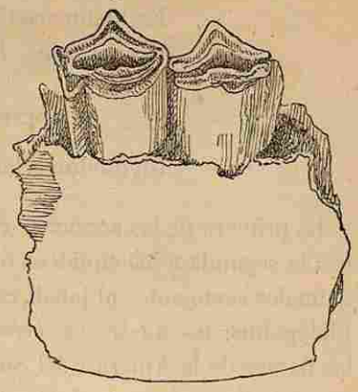


Fig. 106ª



Núm. 105ª Molar de caballo fósil del Valle de México (tamaño natural).—106ª Dientes de llama fósil del Valle de México (tamaño natural).

Entre las varias especies de animales fósiles que se han encontrado en los terrenos cuaternarios de México, citarémos los siguientes:

PROBOSCIDIANOS:

Elephas primigenius. Blum.
Mastodon audium. Cav.

PERISODACTILOS:

Equus Barcenæi. Cope.
Equus tau. Owen.
Equus platystylus. Cope.
Equus crenidens. Cope.
Equus excelsus. Leidy.

ARTIODÁCTILOS:

Platygonus Alemanii. Dugés.
Holomeniscus hesternus. Leidy.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Anchenia Castilli. Cope.
Eschiatius conidens. Cope.
Bos latifrons. Harlam.

EDENTADOS:

Glyptodon ¿clavipes?

La primera de las secciones citadas corresponde á los elefantes; la segunda á los equídeos ó caballos; la tercera comprende animales semejantes al jabalí, como el citado con el nombre de Platygonus; las *anchenias*, *holomeniscus* y *eschiatius*, son como las llamas de la América del Sur; el *Bos latifrons* es un toro de grandes dimensiones y el *Glyptodon*, es semejante á un armadillo colosal.

En el Museo Nacional de México existen numerosos huesos de elefante y de mastodonte, un gran carapacho ó cubierta huesosa de *Glyptodon*, y varias cabezas del Bos latifrons, procedentes todos del tajo de Tequixquiac, al Norte del Valle de México. Un trozo de colmillo ó defensa de elefante que existe en el Museo, tiene una longitud de 2.31 metros segun la curvatura interior del colmillo: el carapacho del Glyptodon tiene 1.75 de longitud en la línea dorsal y 2.14 en la línea trasversal ó de anchura.

La lámina adjunta representa la fotografía tomada de un grupo de algunos de los restos cuaternarios que se encuentran en el Museo. El núm. 1 es una parte del cráneo del *Bos latifrons;* el 2 un maxilar inferior de *Mastodon audium;* el 3 y el 7 representan maxilares inferiores de *Elephas primigenius;* el 5 es un molar suelto de la propia especie; el 4 es un cráneo de *Equus excelsus*, y el 6 una rama de maxilar inferior de *Holomeniscus hesternus.*

Para apreciar el tamaño de esos huesos, se ve en la misma lámina la escala ó término de comparacion, que es una línea negra limitada por dos líneas pequeñas verticales, y representa una longitud de 20 centímetros.

En México, tanto las muelas como los huesos largos de esos grandes mamíferos, se llaman huesos de gigante.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

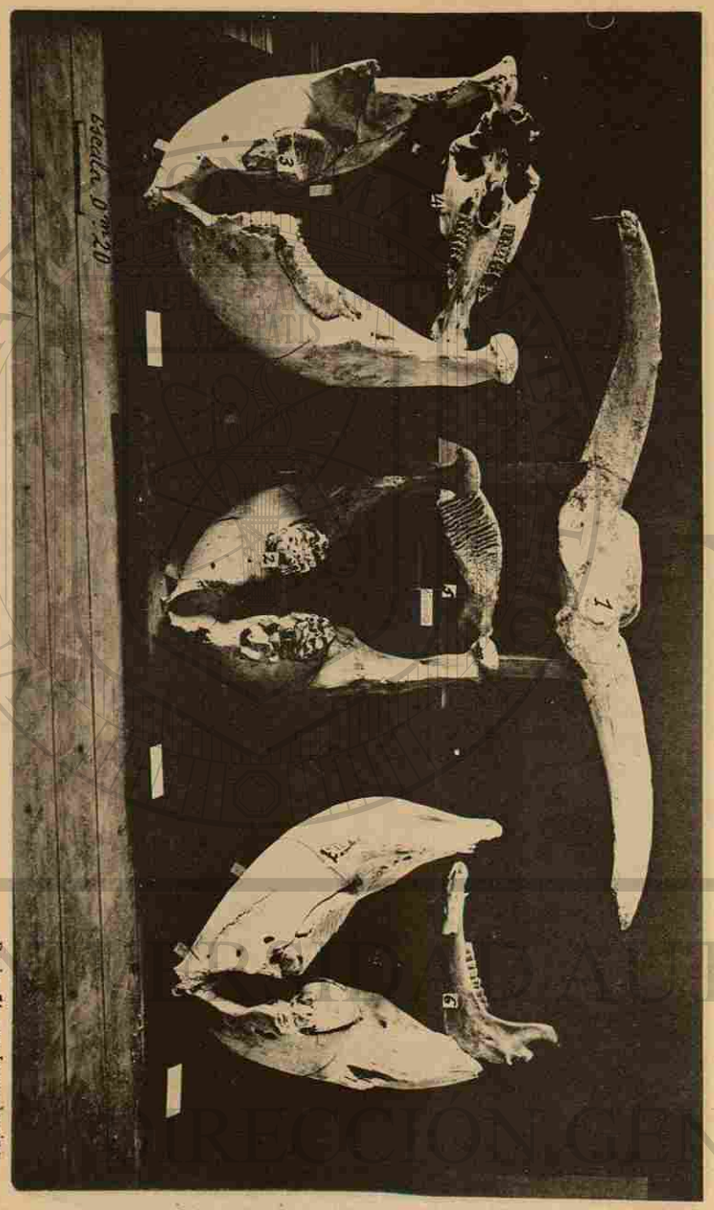


Photo. E. Bernard et Cie

Paris, 71, rue Lacondamine.

Restos de otros mamíferos cuaternarios se encuentran en varias localidades del país; así en Villa de Bravo, Estado de México, hay huesos de *Mylodon;* en Arperos, Guanajuato, encontró el Dr. Dugés unos restos que refiere al género *Scelidotherium.* En Zacualtipan del Estado de Hidalgo, halló el Sr. D. Antonio del Castillo un yacimiento de lignitos con restos de varios mamíferos cuaternarios, entre los que habia huesos de *Cervus Equus*, *Discotiles* y *Aceratherium.* El lignito se halla metamorfoseado por el contacto de los basaltos que levantaron aquel yacimiento cuaternario, probablemente en el período Reciente.

El profesor Castillo prepara la publicacion de datos muy interesantes sobre la fauna cuaternaria de México, en cuyo estudio se encontrará la clave para la clasificacion de muchos fósiles y terrenos del país.

Como ántes dijimos, el profesor E. D. Cope, al hablar de estos fósiles mexicanos, cree que los terrenos que los contienen deban referirse más bien al plioceno superior que al cuaternario, segun las relaciones paleontológicas que él observa: nosotros continuamos considerando como cuaternarios esos terrenos, hasta que reunidos todos los principales datos paleontológicos pertenecientes á México, pueda hacerse la separacion de los pisos y períodos cenozoicos con más facilidad, sin que por esto dejemos de respetar tan autorizada opinion.

Consideraciones generales.

Consideraciones paleotopográficas y hechos más notables de la edad cuaternaria. Las oscilaciones de la costra terrestre que produjeron el levantamiento de las altas latitudes, pusieron probablemente á descubierto algunas porciones de las tierras sumergidas: los hielos extendieron su manto y se acumularon sobre grandes extensiones de terreno, dando un aspecto muy diferente á la superficie terrestre. Sucediéronse despues la depresion de las costas y la baja de nivel de las altas latitudes, y las terribles inundaciones y corrientes devastadoras que ocasionaron los deshielos y las lluvias; la mayor parte de los valles estuvieron anegados hasta que al fin pudieron desahogarse, quedando despues una gran red de lagos, ya por las aguas de los deshielos ó por las de las lluvias, y en cuyos bordes vivian las mana-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

das de elefantes y de otros grandes mamíferos cuaternarios. Un nuevo levantamiento desalojó las aguas marinas del interior de los continentes, y emergieron muchas de las tierras que ocultaban las aguas; sobrevino una nueva época glacial en algunas comarcas, y por éste y otros poderosos efectos geológicos perecieron los grandes mamíferos de que se ha hecho mencion; despues de estos acontecimientos quedó la superficie terrestre con su configuracion apropiada para el desarrollo más general de la especie humana y de las faunas y floras actuales.

Resúmen.

Resúmen de la edad cuaternaria. Para que la superficie terrestre tomase su actual configuracion, y se hiciesen propias las circunstancias climatéricas al mejor desarrollo de los séres más perfectos, tuvieron lugar varios cataclismos que trajeron consigo la acumulacion de las nieves en grandes extensiones de terreno; siguióse el deshielo y las inundaciones, volvió á levantarse la parte de tierras que se habian deprimido, y acabóse la obra de perfeccionamiento de la corteza terrestre. Esos hechos constituyen los tres períodos en que se divide la edad cuaternaria, y son: el *Glacial*, *Champlain* y el *Reciente*. Reconócense principalmente, el primero por los grandes cantos erráticos y las estrías de las rocas; el segundo por las formaciones aluviales y diluviales, y el tercero por la elevacion de los terrenos marinos de las costas, y que contienen á nivel superior de las aguas del mar, algunos restos de moluscos y otros animales acuáticos de especies que aún viven.

La fauna y la flora de la edad cuaternaria fueron casi iguales á las de la presente época geológica; la principal diferencia consiste en la extincion de animales mamíferos de grandes dimensiones que vivieron en aquella edad. Con ellos fué contemporáneo el hombre, como lo demuestran los vestigios de su industria y los restos humanos que en muchas partes se encuentran en los mismos yacimientos que los huesos de aquellos animales cuaternarios. En la actual época geológica existe ya una distribucion geográfica de los séres segun las diversas zonas climatéricas, y en donde encuentran las circunstancias propicias á su existencia.

CUARTA PARTE.

GEOLOGÍA DINÁMICA.

CAPÍTULO I.

CONSIDERACIONES GENERALES Y SUBDIVISIONES DE LA CIENCIA.

Deducciones de los estudios anteriores.

Cuando acabamos de observar en las tres primeras partes de este libro, una multitud de hechos relativos á la constitucion del globo terrestre, á los materiales que lo forman, á la estructura, disposiciones y colocacion relativa de los mismos, necesario era indagar qué agentes físicos habian actuado en la formacion, alteracion y colocacion de esas masas; agentes que aún ejercen su accion, y cuyo estudio corresponde á la Geología Dinámica.

Paso á paso hemos reconocido las diversas épocas de la formacion de la Tierra; por su forma y otras circunstancias admitimos que en una época fué una masa totalmente fluida; que con el trascurso de los tiempos se le solidificó una ligera película; que muchas de las sustancias que por efecto del calor se hallaban al estado de gas, se liquidaron unas, se solidificaron otras, y quedaron algunas formando una atmósfera gaseosa en

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

das de elefantes y de otros grandes mamíferos cuaternarios. Un nuevo levantamiento desalojó las aguas marinas del interior de los continentes, y emergieron muchas de las tierras que ocultaban las aguas; sobrevino una nueva época glacial en algunas comarcas, y por éste y otros poderosos efectos geológicos perecieron los grandes mamíferos de que se ha hecho mencion; despues de estos acontecimientos quedó la superficie terrestre con su configuracion apropiada para el desarrollo más general de la especie humana y de las faunas y floras actuales.

Resúmen.

Resúmen de la edad cuaternaria. Para que la superficie terrestre tomase su actual configuracion, y se hiciesen propias las circunstancias climatéricas al mejor desarrollo de los séres más perfectos, tuvieron lugar varios cataclismos que trajeron consigo la acumulacion de las nieves en grandes extensiones de terreno; siguióse el deshielo y las inundaciones, volvió á levantarse la parte de tierras que se habian deprimido, y acabóse la obra de perfeccionamiento de la corteza terrestre. Esos hechos constituyen los tres períodos en que se divide la edad cuaternaria, y son: el *Glacial*, *Champlain* y el *Reciente*. Reconócense principalmente, el primero por los grandes cantos erráticos y las estrías de las rocas; el segundo por las formaciones aluviales y diluviales, y el tercero por la elevacion de los terrenos marinos de las costas, y que contienen á nivel superior de las aguas del mar, algunos restos de moluscos y otros animales acuáticos de especies que aún viven.

La fauna y la flora de la edad cuaternaria fueron casi iguales á las de la presente época geológica; la principal diferencia consiste en la extincion de animales mamíferos de grandes dimensiones que vivieron en aquella edad. Con ellos fué contemporáneo el hombre, como lo demuestran los vestigios de su industria y los restos humanos que en muchas partes se encuentran en los mismos yacimientos que los huesos de aquellos animales cuaternarios. En la actual época geológica existe ya una distribucion geográfica de los séres segun las diversas zonas climatéricas, y en donde encuentran las circunstancias propicias á su existencia.

CUARTA PARTE.

GEOLOGÍA DINÁMICA.

CAPÍTULO I.

CONSIDERACIONES GENERALES Y SUBDIVISIONES DE LA CIENCIA.

Deducciones de los estudios anteriores.

Cuando acabamos de observar en las tres primeras partes de este libro, una multitud de hechos relativos á la constitucion del globo terrestre, á los materiales que lo forman, á la estructura, disposiciones y colocacion relativa de los mismos, necesario era indagar qué agentes físicos habian actuado en la formacion, alteracion y colocacion de esas masas; agentes que aún ejercen su accion, y cuyo estudio corresponde á la Geología Dinámica.

Paso á paso hemos reconocido las diversas épocas de la formacion de la Tierra; por su forma y otras circunstancias admitimos que en una época fué una masa totalmente fluida; que con el trascurso de los tiempos se le solidificó una ligera película; que muchas de las sustancias que por efecto del calor se hallaban al estado de gas, se liquidaron unas, se solidificaron otras, y quedaron algunas formando una atmósfera gaseosa en

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

torno de la Tierra; que las aguas pudieron tambien condensarse y formar cubierta intermediaria entre la atmósfera y la capa de rocas; que estas aguas, ejerciendo efectos mecánicos y químicos, descomponian las rocas por una parte, y depositaban los productos de la alteracion por otra; que la materia ígnea encerrada bajo la débil cubierta solidificada se abria paso, dislocaba y alteraba las masas depositadas; que las faunas y floras se fueron sucediendo en las diversas épocas de la existencia de la tierra, y contribuian con sus despojos á la formacion de rocas.

Los agentes geológicos.

En tal conjunto de hechos, hemos visto como sus agentes ó productores, al calórico, á las aguas, á la atmósfera y á los cuerpos organizados.

De cada uno de los citados agentes, de su influencia y modo de obrar, nos ocuparémos en esta parte de la Geología.

El tiempo como factor geológico.

Débiles é insignificantes que parezcan algunas acciones de tales causas, no lo serán si consideramos tambien al tiempo como factor geológico; una causa, aunque pequeña y lenta, pero continuada, ejerce efectos incalculables; así es que debemos considerar al tiempo como regulador de los otros factores geológico-dinámicos á que vamos á referirnos.

La duracion de los tiempos en la Geología, es imposible calcularla; nuestra imaginacion se pierde en esa cuenta, y sólo nos es posible marcar la cronología, ó colocacion relativa de los hechos que la observacion nos enseña.

Los agentes físicos han obrado en todas las edades de la Tierra.

Pasamos, pues, á ocuparnos de las causas mencionadas, admitiendo que han ejercido su accion desde las edades geológicas más remotas, y que la ejercen aún á nuestra vista, para conservar ese movimiento incesante de formacion y destruccion que pudiéramos llamar la nutricion de la Tierra.

CAPÍTULO II.

EL CALÓRICO COMO FACTOR GEOLÓGICO.

Diferentes maneras con que obra este agente.

La accion de este agente físico sobre la superficie terrestre la hemos visto ejecutarse de varias maneras al recorrer las diversas edades de la Tierra: los trastornos que presentan las capas de rocas; sus alteraciones; los levantamientos y depresiones de los terrenos; la formacion de las montañas; la aparicion de masas de rocas ígneas; las oscilaciones de la superficie terrestre; las resquebrajaduras de las rocas, etc., etc., son todos efectos que nos explicamos por la accion del calórico.

En muchas localidades donde se observa que las capas que fueron lechos de mar y debieron tener una posicion horizontal, se encuentran ahora dislocadas, replegadas en diversos sentidos, y aun levantadas á muy grandes alturas respecto del nivel de los mares actuales; en muchas de esas localidades, decimos, puede descubrirse al agente de tan formidables efectos, pues se observan las masas de rocas ígneas empujando y desalojando á los sedimentos marinos. En otras partes esas rocas se encuentran formando por sí mismas elevados montes y aun dilatadas cadenas de montañas.

Estas solas observaciones bastan para dar una importancia incalculable al agente físico de que nos ocupamos; pero las alteraciones que produce en la naturaleza de las rocas sobre las cuales acciona, son otra fuente de diversos efectos tambien muy importantes en el estudio de la Geología.

Fuentes de calórico.

Ya que hemos bosquejado los efectos del calórico ántes de detallarlos, veamos de dónde puede derivar principalmente ese agente físico que actúa sobre la Tierra.

Tres son esas fuentes principales de calor: el sol, las acciones químicas y mecánicas y el calor central de la tierra.

Accion del sol.

El sol proporciona el calor á la superficie terrestre de un mo-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

torno de la Tierra; que las aguas pudieron tambien condensarse y formar cubierta intermediaria entre la atmósfera y la capa de rocas; que estas aguas, ejerciendo efectos mecánicos y químicos, descomponian las rocas por una parte, y depositaban los productos de la alteracion por otra; que la materia ígnea encerrada bajo la débil cubierta solidificada se abria paso, dislocaba y alteraba las masas depositadas; que las faunas y floras se fueron sucediendo en las diversas épocas de la existencia de la tierra, y contribuian con sus despojos á la formacion de rocas.

Los agentes geológicos.

En tal conjunto de hechos, hemos visto como sus agentes ó productores, al calórico, á las aguas, á la atmósfera y á los cuerpos organizados.

De cada uno de los citados agentes, de su influencia y modo de obrar, nos ocuparémos en esta parte de la Geología.

El tiempo como factor geológico.

Débiles é insignificantes que parezcan algunas acciones de tales causas, no lo serán si consideramos tambien al tiempo como factor geológico; una causa, aunque pequeña y lenta, pero continuada, ejerce efectos incalculables; así es que debemos considerar al tiempo como regulador de los otros factores geológico-dinámicos á que vamos á referirnos.

La duracion de los tiempos en la Geología, es imposible calcularla; nuestra imaginacion se pierde en esa cuenta, y sólo nos es posible marcar la cronología, ó colocacion relativa de los hechos que la observacion nos enseña.

Los agentes físicos han obrado en todas las edades de la Tierra.

Pasamos, pues, á ocuparnos de las causas mencionadas, admitiendo que han ejercido su accion desde las edades geológicas más remotas, y que la ejercen aún á nuestra vista, para conservar ese movimiento incesante de formacion y destruccion que pudiéramos llamar la nutricion de la Tierra.

CAPÍTULO II.

EL CALÓRICO COMO FACTOR GEOLÓGICO.

Diferentes maneras con que obra este agente.

La accion de este agente físico sobre la superficie terrestre la hemos visto ejecutarse de varias maneras al recorrer las diversas edades de la Tierra: los trastornos que presentan las capas de rocas; sus alteraciones; los levantamientos y depresiones de los terrenos; la formacion de las montañas; la aparicion de masas de rocas ígneas; las oscilaciones de la superficie terrestre; las resquebrajaduras de las rocas, etc., etc., son todos efectos que nos explicamos por la accion del calórico.

En muchas localidades donde se observa que las capas que fueron lechos de mar y debieron tener una posicion horizontal, se encuentran ahora dislocadas, replegadas en diversos sentidos, y aun levantadas á muy grandes alturas respecto del nivel de los mares actuales; en muchas de esas localidades, decimos, puede descubrirse al agente de tan formidables efectos, pues se observan las masas de rocas ígneas empujando y desalojando á los sedimentos marinos. En otras partes esas rocas se encuentran formando por sí mismas elevados montes y aun dilatadas cadenas de montañas.

Estas solas observaciones bastan para dar una importancia incalculable al agente físico de que nos ocupamos; pero las alteraciones que produce en la naturaleza de las rocas sobre las cuales acciona, son otra fuente de diversos efectos tambien muy importantes en el estudio de la Geología.

Fuentes de calórico.

Ya que hemos bosquejado los efectos del calórico ántes de detallarlos, veamos de dónde puede derivar principalmente ese agente físico que actúa sobre la Tierra.

Tres son esas fuentes principales de calor: el sol, las acciones químicas y mecánicas y el calor central de la tierra.

Accion del sol.

El sol proporciona el calor á la superficie terrestre de un mo-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

do intermitente, y de aquí la sucesion de los dias y de las noches: para ese efecto influyen la latitud y altitud de un lugar, las estaciones etc., circunstancias todas que constituyen la climatología de una localidad. Comparados los efectos geológico–dinámicos de este manantial de calor con el último de los citados, pueden considerarse como insignificantes; las dilataciones ó resquebrajaduras de algunas rocas por efecto del calor; la contraccion y ruptura de otras por el frio, son efectos que se observan generalmente en algunas superficies expuestas á la intemperie: casos hay en que son sensibles sobre las rocas los efectos de la oscilacion diurna ó diferencia entre las temperaturas máximas y mínima del dia, y tambien las oscilaciones anuales.

Acciones químicas y mecánicas.

Las acciones químicas y mecánicas desarrollan tambien el calórico, y sus efectos pueden hacerse sensibles, especialmente en el metamorfismo: en este sentido ha de haber contribuido muy eficazmente aquel agente físico, durante los levantamientos, plegamientos y otros trastornos sufridos por los lechos de rocas en los grandes trabajos geológicos.

Accion del fuego central.

El fuego central de la Tierra es y ha sido uno de los agentes principales en la Geología Dinámica, y en este estudio le dedicarémos alguna extension, considerando primero al calórico de la Tierra como un agente dinámico, y despues las alteraciones ó efectos derivados que sobre algunas rocas ha producido el mismo agente, y cuyos efectos se designan con el nombre de *metamorfismo*.

Volcanismo.

Llámase volcanismo en general á la accion de la masa ígnea interior de la Tierra sobre su corteza sólida: se comprenden aquí las dislocaciones de las masas de rocas, sus levantamientos y muchos hundimientos; la aparicion de masas en estado de fusion; la de aguas termales, azufrosas, etc., así como la mayor parte de los temblores ó terremotos; y en fin, las alteraciones á que hemos llamado metamorfismo.

Divisiones para este estudio.

Clasificado ese conjunto de fenómenos, los dividirémos en cuatro secciones que son:

I. Erupciones ígneas sin forma volcánica.

II. Volcanes propiamente dichos y erupciones volcánicas.

III. Fenómenos derivados del volcanismo.

IV. Metamorfismo.

Materias ígneas en general.

§ I. Erupciones ígneas sin forma volcánica. No solamente á las materias arrojadas por las bocas ó cráteres de los volcanes se les considera como *materias ígneas*, sino á todas aquellas rocas que viniendo del interior de la tierra á su superficie, se han derramado ó colocado de diversas maneras.

Las grandes masas de pórfido, de basaltos, traquitas y otras rocas, que aparecen levantando las masas sedimentarias ó formando cerros, montañas y cordilleras, son rocas ígneas que se abrieron paso rompiendo la costra terrestre.

Montañas ígneas de México.

Muchas de las montañas del territorio mexicano tienen ese orígen: ya hemos hablado de la frecuencia con que se encuentran las masas de pórfido, de traquita y de basalto, sin apariencia crateriforme, sino formando diques de las más variadas dimensiones.

Varias de las montañas que rodean el Valle de México son ejemplos bien fáciles de observar, donde se encuentran vastas aglomeraciones de rocas ígneas del orígen citado.

Efectos producidos por las rocas ígneas.

Muchos de los efectos de la salida de esas masas incandescentes los hemos venido observando al estudiar los accidentes de las capas de rocas sedimentarias, como sus dislocaciones, levantamientos, fallas, grietas, filones, etc.

Estructura de algunas rocas ígneas.

Las contracciones verificadas en las masas ígneas al solidificarse son causas tambien de fenómenos notables que pueden efectuarse en las mismas masas ó sobre otras á que estén relacionadas. Por ese efecto se explica la estructura columnar de algunos basaltos y pórfidos, así como la division de muchas rocas ígneas en blocks ó cuartones.

Hendeduras.

Por el empuje de las rocas ígneas, así como por los movimientos de oscilacion y las presiones laterales que pueden ejercer sobre otras masas de rocas, se hienden éstas y se forman en ellas las vetas y resquebrajaduras que pueden ser ocupadas por la misma roca ígnea ó por materias que vienen á formar los filones metálicos ó de otra naturaleza.

Filones.

Vemos, pues, demostrada la accion de esas rocas ígneas, sea

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Diversos efectos ocasionados por las rocas ígneas.

removiendo, trastornando y alternando á otras rocas, ó formando ellas mismas diversos terrenos de varias formas y dimensiones.

En la Geología histórica hemos visto la influencia que las rocas ígneas han tenido en la formacion del territorio mexicano.

Volcanes homogéneos.

En la clasificacion de volcanes que vemos en la Geología de Credner, edicion de 1879, deben considerarse como *volcanes homogéneos* á esas masas ígneas sin cráter, generalmente de forma cónica, amontonadas ó extendidas en corriente, y en las cuales la erupcion se hizo de una sola vez; á los volcanes propiamente dichos, ó crateriformes que están formados de diversas masas de naturaleza variada, se les llama *volcanes estratificados;* de estos nos ocuparémos en el párrafo siguiente.

Volcanes estratificados.

El pico de Bernal.

Damos como ejemplo de una masa volcánica de forma cónica y aislada la lámina que representa el pico traquítico de Bernal en el Estado de Querétaro. El pico, visto desde el lado Sur y á larga distancia, tiene una figura denticular; pero desde su base aparece como un cono. Cerca de su base se ven algunas rocas aisladas, fijas en el terreno ó sueltas, demostrando que la masa se ha ido desgajando bajo la accion de los agentes atmosféricos. Es bueno advertir que en el país se da el nombre de *Bernales* á todas las masas de rocas aisladas y de figura cónica. Muchos ejemplos de formaciones volcánicas homogéneas se ven en el territorio mexicano.

§ II. Volcanes propiamente dichos y erupciones volcánicas.

Definicion de volcan.

Volcan es una montaña, colina ú otro accidente orográfico que tiene ó ha tenido un conducto de comunicacion con el interior de la tierra; su forma es generalmente cónica. En un volcan se distinguen: sus pendientes ó caidas, su boca ó *cráter*, y el canal ó conducto que pone en comunicacion el interior de la tierra con la atmósfera.

Diversas partes de un volcan.

Alturas.

Las alturas de los volcanes son muy variadas; á veces aparecen como una colina, y en muchos casos elevan sus cimas hasta la altura de las nieves perpetuas, como se observa en las más elevadas montañas de América.

Formas del cráter.

El cráter tiene la forma de un embudo, y su boca varía en figura y demensiones; algunos hay cuya boca es de figura cerrada, y otros abiertos como una herradura; sus diámetros son á veces muy cortos, y en otras llegan hasta 6000 metros: el del Popocatepetl tiene 900. En un cráter debe distinguirse el borde, las paredes y el fondo; cuando ha cesado la actividad de un volcan, se obstruye ó tapa generalmente el canal de comunicacion.

Puede haber varios cráteres en un volcan.

Los volcanes pueden tener uno ó más cráteres, pues en general las erupciones no se repiten por la misma boca, sino que se abren otras secundarias por donde se hace la nueva salida de los productos.

Como las erupciones pueden repetirse, sucede que los productos se acomodan en capas de una ó de diferentes materias, y á estos volcanes les llama Credner, *volcanes estratificados*, segun dijimos anteriormente.

Volcanes activos.

Llámanse *volcanes activos* á los que están en ejercicio ó actividad, y á los que no presentan ningun signo de accion, se les llama *apagados*. La actividad puede mostrarse por la salida de las lavas, columnas de vapor, cenizas, etc., y á veces se nota que un volcan no está del todo apagado, por las emisiones de vapor de agua, de gases sulfurosos ó de otra naturaleza; á los puntos por donde salen los vapores acuosos en ese período de reposo relativo, se les llama *fumarolas; sulfataras* ó *azufreras*, aquellos por donde se escapan los gases sulfurosos, y *mofetas* á los que producen ácido carbónico.

Volcanes apagados.

Signos de actividad.

Fumarolas.

Sulfataras.

Son variables los períodos de reposo.

Los períodos de reposo, ó los que trascurren entre una y otra erupcion, son muy variables; frecuentes ó cortos en algunos casos, y en otros, son más dilatados que la época histórica, pues volcanes que se tenian por apagados del todo, han dado nuevos signos de erupcion.

Efectos de las erupciones.

Las erupciones volcánicas son muchas veces la causa de los más terribles efectos: la destruccion de las ciudades, de los campos, etc., sea por efectos dinámicos ó por la accion de productos que pueden cubrir hasta grandes comarcas, sepultando cuanto en ellas se encuentra. Ejemplos de estos terribles efectos pueden citarse con la destruccion de las ciudades de Herculano

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

y Pompeya, y las lavas del Ajusco guardan probablemente poblaciones importantes del Anáhuac.

Productos de los volcanes.

Los productos de las erupciones, son: lavas, cenizas, tobas, sales, gases, entre los cuales se cuentan principalmente el vapor de agua, gases sulfurosos y ácidos carbónico y clorhídrico.

Lavas.

Las lavas pueden ser de diferente naturaleza y de muy variado aspecto, como porfídicas, basálticas, traquíticas, etc., y en formas compactas ó escoriosas: á las materias ténues salidas de los volcanes se les llama cenizas. Las lavas arrojadas en la

Lavas del Ceboruco.

última erupcion del volcan Ceboruco (1870), son traquitas de base de piedra pez.

Salida de lavas y otros productos.

La salida de esos productos puede hacerse por derrame desde el cráter, ó por grietas, ó resquebrajaduras secundarias: tambien pueden ser proyectadas en columnas verticales que á veces alcanzan considerables alturas: las cenizas son llevadas en algunas ocasiones á distancias inmensas del centro de erupcion. Sabido es que las coloraciones anormales que se presentan actualmente á la salida y puesta del sol, en casi todo el mundo, se atribuyen á la presencia de cenizas arrojadas por los volcanes de la Sonda.

Causas de las erupciones.

Las causas que se consideran como determinantes de las erupciones volcánicas, son: la contraccion de la costra sólida de la tierra que comprime la materia ígnea y la obliga á buscar salida; la accion del vapor que se produce al contacto del agua con las rocas de temperatura muy elevada que se encuentran en el interior de la tierra, y las presiones ejercidas por las mismas masas de lava. Viene en apoyo de la penúltima de las causas expresadas la situacion de los volcanes activos, que en su mayor parte se encuentran en las islas ó cerca de los litorales, donde es más fácil el acceso de las aguas del mar sobre las rocas en estado ígneo. Credner reasume la formacion de los volcanes en las siguientes palabras:

"Deben considerarse las domas volcánicas homogéneas y las corrientes volcánicas, como el estado normal de las formaciones eruptivas; miéntras que los volcanes estratificados compuestos de cenizas, tobas, ripillos, etc., y de corrientes aisladas, no de-

VOLCAN POPOCATAPETL
MÉXICO

Photo. E. Bernard et Cie

Paris, 71, rue Lacondamine.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ben exclusivamente al volcanismo sus propiedades más notables, su estructura y arquitectura, sino más esencialmente al concurso del agua."

Los volcanes se presentan aislados, en grupos ó en series.

Modo de presentarse los volcanes.

En México son frecuentes las montañas crateriformes, demostrando la grande intensidad del volcanismo en la edad cuaternaria y aun en la época actual.

Volcanes principales de México.

Los volcanes mexicanos que se consideran como principales, son: el Popocatepetl, el Ixtlacihuatl, que tal vez sea volcan homogéneo ó sin cráter, el Citlaltepetl ó Pico de Orizaba, el Nevado de Toluca, el Jorullo, el Ceboruco, el Colima y el Tuxtla.

Los nombres indígenas de los tres primeros demuestran, al mismo tiempo, que esas montañas llamaron mucho la atencion de los antiguos habitantes del país, que uno de ellos fué observado en estado de erupcion, y que los otros no han variado de forma en los tiempos históricos. *Popocatepetl* quiere decir en idioma nahuatl, *cerro que arroja humo; Ixtlacihuatl, mujer blanca*, y *Citlaltepetl, cerro en forma de estrella.* Las dos últimas montañas tienen aún las formas indicadas por los nombres indígenas, pues una parece una mujer tendida y cubierta con un sudario blanco, y á la otra le da apariencia de estrella la nieve alojada en los thalwegs del volcan. Darémos algunos datos, aunque en resúmen, de los volcanes mexicanos que acabamos de citar.

El Popocatepetl.

El Popocatepetl. Elegante montaña situada al S.E. del Valle de México; forma parte de la Sierra Nevada, ó muro que limita el Valle por el Este. Su forma es elegante y cónica y se halla cubierta su cúspide por nieves perpetuas: su altura sobre el mar es de 5425 metros, y su situacion geográfica 19° 1′ 54″ N. y 100° 53′ 15″ W. del meridiano de Paris.

Segun un corte geológico publicado por los Sres. Montserrat, Dolfus y Pavie, y que se refiere al estudio que hicieron en Abril de 1865, sobre la pendiente del volcan, desde su pié, se ven rocas traquíticas hasta la altura de 3250 metros sobre el nivel del mar; en seguida el terreno está recubierto por arenas volcánicas, en las que aparecen fragmentos de pórfido y de basalto; despues se ven las cenizas, y en seguida la nieve que comienza á la al-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

tura de 4300 metros, en el mes de Abril en que se hizo la ascension. El cráter tiene una forma elíptica, siendo el eje mayor de 900 y el menor de 750 metros; el borde está formado por una cresta irregular, con dos cimas dominantes llamadas *Pico Mayor* y *Espinazo del Diablo;* el cráter al partir de la cresta consta de tres partes distintas, que son: un plano inclinado de 65° de pendiente; un muro vertical de 70 metros de altura, y otro plano inclinado de 25° á 30°. El cráter está formado por hiladas de rocas, constituyendo un muro regular; se notan allí, segun los observadores de quienes tomamos estas noticias, varias especies de rocas: en la parte inferior capas de traquita compacta con cristales de feldespato y de anfíbola, en parte descompuesta; despues capas basálticas bien caracterizadas, y en fin, escorias porosas. En el fondo del cráter y en los bordes se perciben diversas fumarolas ó azufreras; la temperatura de éstas se elevaba hasta 74° C. De ellas se extrae muy buen azufre que en aquella época la extraccion era de 4 toncladas por mes.

La primera ascension al Popocatepetl fué hecha en la época de la conquista, en 1519, por Diego de Ordaz.

Las erupciones del Popocatepetl de que se conserva memoria han tenido lugar en los años de 1519, 1530, 1548, 1571, 1592, 1642, 1664 y 1802.

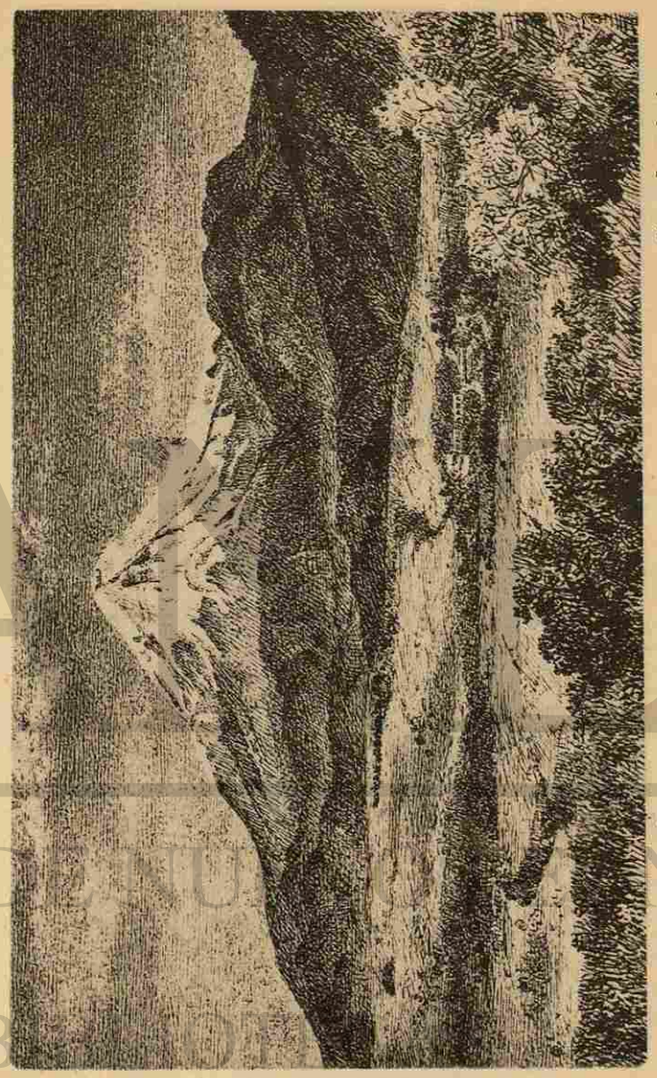
Relacionados al Popocatepetl, hay muchos cráteres secundarios en varias direcciones.

El Ixtlacihuatl.

El Ixtlacihuatl. Situado al Norte del Popocatepetl, se distingue desde México con una elegante y alargada forma; segun Monserrat y Dolfus, visto el Ixtlacihuatl desde el Popocatepetl, no se le percibe cráter. Su altura es de 5207 metros segun Sonntang. Puede ser un volcan homogéneo y no estratificado, pues no vemos ninguna mencion de su cráter en las referencias que de él se han hecho, ó estará recubierto por la nieve.

Citlaltepetl.

El Citlaltepetl. Montaña de esbelta forma y gran altura que se observa á gran distancia desde el Atlántico. En Julio de 1877 fué explorado el Pico de Orizaba por los Ingenieros mexicanos D. Mateo Plowes, D. Pedro Vigil y D. Enrique Rodríguez Miramon. Segun estos observadores, en la masa del volcan domi-



71, rue Lacondamine

Photo. E. Bernard et Cie

VISTA DEL CITLALTEPETL ó ORIZABA.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ® DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Photo. E. Bernard et Cie.

71, rue Lacondamine.

EL JORULLO, VOLCAN DE MÉJICO SEGUN HUMBOLDT

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Photo. E. Bernard et Cie

LAGO EN EL CRÁTER DEL NEVADO DE TOLUCA

Paris, 71, rue Lacondamine.

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Photo. E. Bernard et Cie

VISTA DEL NEVADO DE TOLUCA

Paris, 71, rue Lacondamine.

nan los pórfidos y los basaltos traquíticos. El cráter tiene una forma elíptica, con diámetros de 150 y 132 metros: las paredes rocosas y con pendientes muy fuertes; se observan algunas azufreras. A las siete de la mañana el termómetro centesimal marcaba 10° bajo cero en la cumbre nevada. A la salida del sol se observó el fenómeno de difraccion, dibujándose sobre la atmósfera las sombras de los exploradores con dimensiones colosales. La posicion del Citlaltepetl, segun estos observadores, es:

19°1′ 31″ 57 Lat. N.
6ʰ 28ᵐ42ˢ 235 Lon. W.

respecto del meridiano de Greenwich. Su altura se calcula en 5295 metros sobre el mar.

Nevado de Toluca.

El Nevado de Toluca. Se encuentra esta montaña á 5 leguas S.O. de la ciudad de Toluca. La posicion de ese volcan es, segun el baron Humboldt,

19° 11′ 33″ Lat. N.
101° 45′ 38″ Long. W.

Los Sres. Dolfus y Montserrat hicieron una ascension al Nevado á fines del año de 1865, y de su informe tomamos los siguientes datos. El macizo de la montaña está formado de pórfidos traquíticos, grises unos y violados otros; en muchas partes hay gruesas capas de arenas y de fragmentos de rocas desprendidos de la parte superior. Tiene el cráter la forma de una elipse irregular con diámetros de 1431 y 595 metros; su profundidad variable, oscilando entre 309 y 25 metros: hácia el centro hay una masa traquítica de cerca de 500 metros de longitud. Lo más notable que hay en el cráter son dos lagos mayores y dos pequeños, con agua limpia y de una temperatura de 6° C.: el lago principal tiene una longitud de 400 metros, y una anchura de 250; su mayor profundidad es de 10 metros. La altura del Nevado es de 4578 metros. Las láminas adjuntas manifiestan el volcan y el cráter con los lagos de que se hizo mencion.

El Jorullo.

El Jorullo. Este volcan, situado en el Estado de Michoacan, se formó á mediados del siglo anterior sobre un campo cultivado;

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

despues de algunos temblores de tierra que duraron cerca de un mes, la erupcion comenzó el 28 de Setiembre de 1759; primero hubo emision de cenizas que se extendieron á gran distancia en la comarca, y en seguida aparecieron las lavas formando diversos conos, de los cuales uno llegó á la altura de 480 metros. Así se vió en los tiempos históricos la formacion de una montaña volcánica. Algunos autores asientan que el Jorullo está del todo apagado, pero los exploradores que lo han visitado al fin del año de 1883 y principios de éste, han visto que se conservan algunas sulfataras y fumarolas, y que se le han abierto algunas grietas bastante largas; tambien se dice que en estos últimos años se han oido ruidos subterráneos en aquella comarca.

La lámina adjunta está tomada de la que publicó el baron de Humboldt, cuando visitó el volcan á principios de este siglo.

El Ceboruco.

El Ceboruco. El volcan de este nombre, situado en el Canton de Tepic, del Estado de Jalisco, parecia del todo apagado, pues no existia tradicion alguna sobre sus antiguas erupciones. El 16 de Febrero de 1870 comenzaron á sentirse algunos sacudimientos terrestres acompañados de ruidos subterráneos, en la region del volcan, y á los cuatro dias se observó que de la cumbre se levantaban vapores blanquizcos; cinco dias despues, el 23 de Febrero, se declaró formalmente la erupcion con la salida de lavas, vapores densos y cenizas. Se formó un nuevo cráter, y además en la region S.O. del volcan se hendió el terreno en varias partes levantándose en otras, y los trozos de roca y las lavas surgian con profusion. Este dique de rocas incandescentes caminó por el lecho de un arroyo, y en el año de 1875 en que lo visitamos, estaba detenido á la distancia de 7520 metros del cráter, la cual recorrió en el espacio de dos años. Aparece ahora como un contrafuerte formado de rocas resquebrajadas, amontonadas, con anchura máxima de 2000 metros y altura de 300. Haciendo abstraccion de las rocas y lavas que han llenado el cauce de los arroyos, puede estimarse el volúmen de la parte saliente en 3,300 millones de metros cúbicos!

En la época en que visitamos el volcan escurria aún una lava

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

VOLCAN CEBORUCO. — ERUPCION DE 1870

ESTADO DE JALISCO. — MÉXICO

Photo E. Bernard et Cº

74, rue Lacondamine.

pastosa del nuevo cráter; las rocas amontonadas conservaban aún muy elevada temperatura, se resquebrajaban rodando por las pendientes y dejaban á descubierto grandes surcos de fuego; las columnas de humo salian del cráter de diez en diez minutos. Las rocas son pórfidos traquíticos de base de piedra pez; algunas son basálticas y otras presentan la textura escoriosa de las lavas.

El Ceboruco consta de varias masas montañosas agrupadas, siendo más elevada la llamada cerro de la Coronilla; el cráter moderno se abrió al Este del antiguo, del cual está separado por un dique de roca compacta. En las cercanías del volcan se observan muchos cráteres secundarios totalmente apagados.

El Ceboruco es un tipo de volcan estratificado; la observacion de sus rocas hace presumir que ha tenido cinco épocas de erupcion con la actual.

Su posicion es:

21° 14′ 40″ Lat. N.
5° 28′ 30″ Long. W. de México.

Su altura sobre el nivel del mar es de 2164 metros: dista 192 kilómetros al Oeste de la ciudad de Guadalajara.

La vista adjunta representa el principio de la erupcion de 1870, segun dibujo tomado por D. Antonio Caravantes.

El Colima.

El Volcan de Colima. Con pocos años de anterioridad á su actual erupcion, fué visitado este volcan por los Sres. Montserrat y Dolfus, y entónces presentaba un cono elevado en cuya base se observaba una gran acumulacion de rocas formándole círculo; las rocas eran porfídicas, y el cono se encontraba recubierto de escorias rojizas, ripillos y cenizas; la base del cono fué calculada con un diámetro de 1800 metros. El cráter antiguo estaba bordado de una muralla porfídica; tenia la forma de un embudo, siendo el diámetro de la boca de 500 metros; el del fondo 50, y su profundidad 250. Observábanse en ese año, 1865, varias fumarolas que á veces formaban nubecillas simulando una erupcion. La altura del pico es de 3886 metros sobre el mar. Cercana á esta eminencia se encuentra otra que se llama Vol-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

can de Nieve y se eleva á 4304 metros sobre el mar, conservando nevada su cumbre. Segun Dolfus y Montserrat, este pico no tiene cráter, y es un macizo de roca porfídica semejante á la del volcan de Toluca.

La situacion del Colima es:

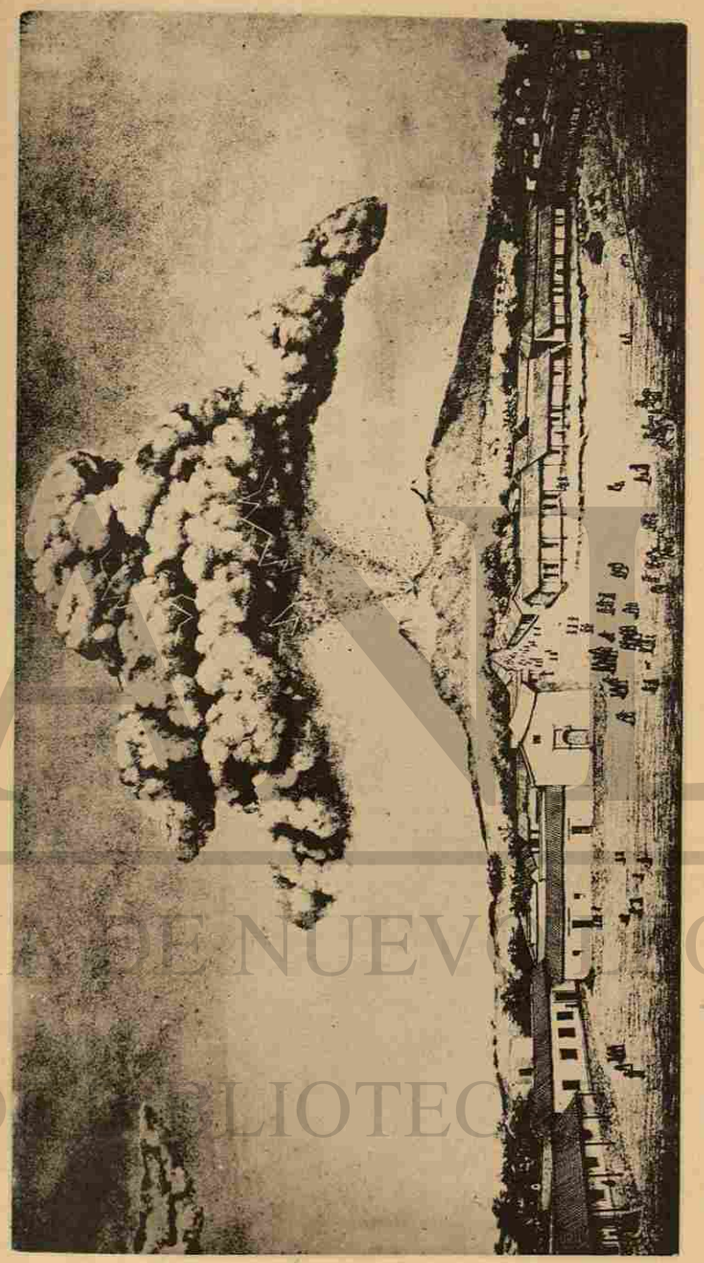
19° 25′ Lat. N.
105° 50′ W. del meridiano de Paris.

El Colima se declaró en erupcion casi al mismo tiempo que el Ceboruco, y ha conservado su actividad por más de diez años, sin que en la actualidad se dé por terminada, pues no dejan de salir las columnas de vapores por el nuevo cráter. La lámina adjunta representa una de las erupciones recientes. La masa de vapor que se levanta tiene la forma de un árbol, y pareceria que se habia exagerado al dibujarla; pero el primer dibujo se tomó de una fotografía que representaba con toda exactitud la apariencia del Colima el dia 16 de Abril de 1872.

El Tuxtla.

Volcan de Tuxtla. Se halla situado en la costa del Golfo, muy cerca del borde del mar, á los 18° 35′ Lat. N. y á los 4° Long. Este de México.

El naturalista D. Mariano Mociño publicó á fines del siglo pasado un informe sobre la erupcion que presenció de ese volcan. El 2 de Marzo de 1793 se escucharon fuertes ruidos subterráneos en la direccion del volcan, y por la tarde se dejaba ya ver sobre el cerro de San Martin una gran columna de fuego; siguió á este fenómeno una lluvia de arena de poca consideracion. En la noche del 3 al 4 del propio mes se escucharon terribles detonaciones en una grande área, llegando á ser perceptibles á más de 40 leguas de distancia, y en los dias siguientes sólo se percibia una humareda sobre el mismo cerro de San Martin. El dia 22 de Mayo repitió la erupcion y fué muy copiosa la lluvia de cenizas, que llegó hasta Oaxaca y otros lugares, calculando el Sr. Mociño que dichas cenizas cayeron dentro de una superficie de más de once mil leguas cuadradas; la lluvia duró dos dias, como en la primera erupcion. El 28 de Junio fué más notable la erupcion que las anteriores, y despues de algunos dias de repo-



Paris, 71, rue Lacondamine.

VOLCANES DE COLIMA MÉXICO

ERUPCION DEL 16 DE ABRIL 1872 A LAS DIEZ Y TREINTA MIN' DE LA MANANA. — VISTA TOMADA DESDE EL PRIMER CUERPO DA LA TORRE DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE TONILA

Photo. E. Bernard et Cie

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

so repitió en el mes de Agosto. El 23 de Setiembre subió Mociño al volcan, y dice que la columna de fuego tendria un diámetro de más de cuarenta varas, la cual llevaba grandes trozos de rocas incandescentes que caian con estruendo. El piso de la montaña estaba excesivamente caliente, y con dificultad se podia acercar al cráter; cerca de éste habia muchas grietas por donde se escapaban humos blancos y gases sulfurosos.

La erupcion de este volcan fué notable por la gran cantidad de arenas y cenizas que esparció á grandes distancias: el 22 de Mayo el sol se oscureció por completo en una extension de 15 leguas, al grado de que á las doce del dia hubo necesidad de servirse de luces artificiales: en tres leguas de diámetro, en las cercanías del volcan, observó el Sr. Mociño que la arena tenia un espesor de más de tres varas.

Zona volcánica de México.

La zona volcánica de México, donde se encuentran esos centros de accion que acabamos de citar, se halla tendida en direccion N.O. S.E., y abarcando cerca de 3° de latitud; algunos de esos volcanes se encuentran casi alineados sobre un mismo paralelo.

Dentro de esa zona se observan muchos cráteres apagados, y algunos emitiendo vapores y gases sulfurosos, como el Ucareo y San Andrés en Michoacan, el Colli en Jalisco, y otros.

Distribucion general de los volcanes.

Si pasamos ahora á considerar la distribucion general de los volcanes en la Tierra, verémos que se encuentran en todos los continentes y en muchas islas. Se ven principalmente bordando el Antiguo Continente y el Nuevo en sus costas bañadas por el Grande Océano, así como en las islas que á ellas están relacionadas.

Algunas islas lejanas de las costas, como las Sandwich, presentan tambien centros volcánicos de grande importancia, y aun en las formaciones submarinas pueden abrirse los cráteres como sucede en las tierras emergidas.

Volcanes de otras naciones.

Citarémos algunos de los principales volcanes de varias regiones, ya que nos hemos referido con algunos detalles á los de México.

En Europa: El Vesubio, el Etna y el Strómboli. En Asia:

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Las islas de la Sonda, forman una comarca volcánica de las más importantes. Java tiene más de 100 volcanes, muchos de ellos activos; Sumatra con 19, de los que 7 son tambien activos. En América: Hácia la parte Norte del Continente son célebres entre otros los volcaues Pawlousky, Elias y Mont-Baker. En la América Central: el Tajamulco, Volcan de Fuego, Isalco, Coseguina y otros. En la parte Sur del Continente hay muchos volcanes de gran celebridad, tanto por sus elegantes formas y elevadas alturas, como por su actividad. En fin, en las islas oceánicas se encuentran centros volcánicos de grande importancia, como el Hecla en Islandia, y los montes Soa y Kea en las islas Sandwich.

Pruebas del calor central.

Efectos de los volcanes.

Todos esos centros de fuego que acabamos de citar, son pruebas evidentes de la accion del calórico central sobre la superficie terrestre: sus efectos los hemos considerado en varias partes de este libro, y son ya destructores ó modificadores, ó bien generadores de grandes masas de rocas: frecuentes son los ejemplos de rocas macizas ó compactas, formando montículos aislados ó cordilleras; tambien los materiales sueltos, como las arenas, cenizas, etc., se acumulan y llenan valles y cuencas con espesores muy profundos, causando en muchos casos la muerte de miles de hombres, animales y plantas.

Las circunstancias observadas sobre la distribucion geográfica de los volcanes, demuestran que su presencia es independiente de la latitud y de la naturaleza del terreno donde se forman, y que por consiguiente deben reconocer una comunidad de orígen, que no puede ser otra que la existencia del fuego central de la Tierra.

Fenómenos derivados del volcanismo.

§ III. Fenómenos derivados del volcanismo. Como fenómenos principales que se relacionan al volcanismo, abstraccion hecha de las erupciones volcánicas de que ya nos ocupamos, debemos citar: las aguas termales, *geysers*, sulfataras, fumarolas y mofetas, los temblores y terremotos y las oscilaciones de la corteza terrestre.

Aguas termales.

Aguas termales. Sucede que muchas aguas superficiales están dotadas de temperaturas superiores á la del medio ambiente, y

es debida esa circunstancia á que descendiendo las corrientes subterráneas á grandes profundidades, se ponen en contacto con las rocas calientes, é influenciadas con esa temperatura brotan á la superficie con un grado de calor más alto que el de las fuentes ordinarias; como ántes se dijo, se llaman *aguas termales* á las que presentan una diferencia notable entre su temperatura y la media del lugar donde aparecen. Se comprende que los grados de temperatura en las diversas aguas termales son muy variables, y algunas aparecen con un calor de 100° C. ó aun mayor.

A causa de la elevacion de temperatura, esas aguas tienen la propiedad de disolver muchas sustancias minerales de las rocas por donde circulan, y aparecen á la superficie cargadas de esas sustancias, por lo que se les da tambien el nombre de *aguas minerales*, y pueden servir para diversas aplicaciones, sobre todo en la medicina.

Célebres son los establecimientos de baños que como los de Carlsbad y otros, son frecuentados por los enfermos. En muchos casos se forman en las fuentes y terrenos cercanos depósitos ó incrustaciones de las sustancias que las aguas traen en disolucion, y que por lo general son: carbonatos de cal, hierro, potasa, sosa, etc., sulfatos de esas bases, ácidos silícico, sulfurosos, carbónico, fluorhídrico, etc.

En México son frecuentes los manantiales termales, y se observa muchas veces el hecho á que ántes nos hemos referido, de que cuando en un valle se encuentra algun montículo volcánico aislado, como el Peñon en el Valle de México, casi siempre tiene un manantial de agua caliente á su pié.

Como ejemplos de la composicion de algunas aguas termales de México, nos referimos á las citadas en la parte hidrológica de este libro.

Geysers.

Geysers, fumarolas, sulfataras y mofetas. Las aguas termales aparecen á veces en forma de chorros, generalmente intermitentes, que se elevan á diferentes alturas; en otros casos las emisiones son de vapor de agua ó de gases sulfurosos y carbónicos ó de otra naturaleza. Las emisiones del primer caso se llaman

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ® DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Geysers, las segundas *Fumarolas* y las últimas *Sulfataras* y *Mofetas*, segun que los gases son sulfurosos ó de otra naturaleza. De éstos nos hemos ocupado al hablar de los volcanes, y nos falta referirnos á los geysers. En Islandia, en los Estados Unidos de América y en otras partes, se observan esas salidas intermitentes de aguas brotantes que llevan el nombre de geysers, cuya palabra quiere decir *violento* ó *impetuoso:* entre las sustancias que traen en disolucion estas aguas es más frecuente el ácido silícico, así es que forman en los lugares donde aparecen grandes depósitos y revestimientos de siliza hidratada. El *Gran Geyser* de Islandia está situado en una planicie al pié del Barnafell; la siliza que contiene ha formado un cono de 10 metros de altura por 70 de diámetro en su base; en la cúspide existe un embudo de 3 metros de profundidad por 20 de diámetro, y se continua por el conducto interno. El agua superficial que llena el embudo tiene una temperatura que varía de 76° á 89° C., y en el canal, á 32 metros de profundidad llega á 125°.

Los geysers emiten de tiempo en tiempo vistosas columnas de agua y de vapores, cuya intermitencia es debida á que aumentando la temperatura del agua que llena el canal á causa de la presion que sobre ella ejerce la que cubre la abertura, llega un momento en que la tension de la primera es igual al peso de la última; se convierte en vapor y arroja con fuerza á la masa que soportaba.

Geyser de San Andrés.

Como ejemplo de geysers en México, citarémos el que describe Saussure, y se encuentra en el cerro de San Andrés, Estado de Michoacan. Dice Saussure: que explorando la montaña referida, percibieron él y sus guías un ruido extraño en medio de un bosque, y dirigidos á ese lugar, quedaron pasmados con el espectáculo que se presentó á su vista. Delante de los observadores se levantaba una pendiente blanqueada, que parecia cubierta de porcelana; en la cima se halla un pozo de dos metros de diámetro, del cual se escapa con un silbido horrible un chorro de vapor que se eleva en el aire á una altura considerable; una oleada de agua hirviente se desborda de la abertura y se escurre por muchos caños hasta el fondo del valle, dejando revestimien-

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Photo E. Bernard et C^e^ 71, rue Lacondamine.

GEYSER DEL CERRO S. ANDRÉS

ESTADO DE MICHOACAN. — MÉXICO

tos de sílice, comparables á una cubierta de porcelana. En el mismo monte de San Andrés existen lagos de agua hirviente, fumarolas y sulfataras. La lámina adjunta representa el geyser de San Andrés. A veces las aguas termales vienen cargadas de tierras, formando verdaderos lodos, y en algunos casos son éstos tan abundantes, que se llaman volcanes de lodo al lugar donde aparece el fenómeno.

Volcanes de lodo.

Temblores de Tierra. Las oscilaciones y vibraciones que se verifican sobre la superficie terrestre se designan con los nombres de temblores ó terremotos, aunque este último se reserva generalmente para los fenómenos de mayor intensidad y desastrosos efectos.

Temblores de tierra.

Estos movimientos que se experimentan en la superficie de la Tierra, son el resultado de un choque efectuado sobre cualquier punto de la corteza sólida, cuya elasticidad comunica en una ó diversas direcciones aquella conmocion. Debe advertirse que no todos los temblores son originados por el volcanismo, sino que puede haber otras causas que los produzcan, como derrumbamiento de rocas, etc.

Las formas del movimiento en la superficie son tres: la oscilatoria, la trepidatoria y la rotatoria que muchos consideran como un caso de la primera.

Tres formas de movimiento.

La primera forma un movimiento de vaiven por el cual la Tierra sufre, en zonas determinadas, elevaciones y depresiones; en la trepidacion el movimiento de altura y depresion se verifica en direccion vertical; los temblores rotatorios tienen lugar cuando varias oscilaciones simultáneas se cruzan en varios sentidos.

Los resultados desastrosos que tales fenómenos producen, dependen de varias circunstancias, y se comprende desde luego que están relacionados á su intensidad, á la naturaleza y estructura de los terrenos y al género de movimiento, siendo en general más temibles los temblores trepidatorios y los de rotacion. En las localidades en que las rocas son compactas y de estructura uniforme, los movimientos se propagan con facilidad y de un modo regular; el cambio en la estructura y naturaleza de las rocas puede debilitar ó aun detener las ondas vibratorias; los

Circunstancias que influyen en los resultados.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

efectos más desastrosos de los terremotos se verifican donde hay formaciones de rocas sueltas, heterogéneas, y más aún, cuando un subsuelo de roca compacta está recubierto de aluviones. Efecto de este caso se observó en el pueblo de San Cristóbal en Jalisco, el 11 de Febrero de 1875, en que cayó casi toda la poblacion. El caserío estaba situado en un terreno de aluvion, á orillas del rio Grande.

Modos de propagacion de los movimientos.

Temblores lineales, centrales y trasversales.

Partiendo el movimiento de su punto de orígen se puede propagar en una sola direccion, en cuyo caso se le llama *lineal;* si se extiende en varias direcciones, *central*, porque entónces las ondas se van dilatando ó propagando de un centro como las que se observan en el agua al caer una piedra. Cuando las ondas parten de una zona y se propagan como ondulaciones rectas, se les llama *trasversales.*

Propagacion.

La extension en que un temblor puede propagarse es muy variable; en los temblores que asolaron al Estado de Jalisco en el año de 1875, hubo algunos que causaron notables estragos en San Cristóbal, en Guadalajara y otras poblaciones, sin que se sintiesen en Ameca, que sólo dista 18 leguas hácia el Occidente; miéntras que el temblor oscilatorio del 9 de Marzo del mismo año se sintió en toda la extension del país, en una línea desde Veracruz hasta San Blas. Temblores ha habido, como el de 1º de Noviembre de 1755, que destruyó á Lisboa, que se extendió, segun Humboldt, en una superficie cuatro veces mayor que la de Europa entera.

Profundidad á que se encuentra el centro de movimiento.

Algunos observadores que, como Mallet, Oldham y otros, han tenido ocasion de estudiar el mayor número de circunstancias que concurren en un terremoto, opinan que el centro de movimiento ó su orígen se encuentra á una profundidad relativamente corta, que segun el primer observador, no debe pasar de 48 kilómetros.

Sismómetros.

Las circunstancias principales de un temblor, como son su direccion, duracion, etc., se observan por medio de instrumentos llamados *Seismómetros;* á la ciencia que se ocupa del estudio de esos movimientos terrestres se le da el nombre de *Seismología.*

Sismología.

Fenómenos acompañantes de los terremotos.

Algunos fenómenos, meteorológicos principalmente, han sido en algunas ocasiones predecesores ó acompañantes de los terremotos; como son el cielo aborregado, los vientos fuertes, la palidez del sol, las lluvias, etc.; pero hasta ahora no ha sido constante la relacion entre tales fenómenos y los seismológicos. Lo que sí se observa con más constancia son los ruidos subterráneos que preceden ó acompañan á muchos sacudimientos terrestres. Los trabajos que actualmente se verifican en muchos observatorios sobre las relaciones que pueden existir entre unos y otros fenómenos, podrán tal vez fijar algunas reglas para predecir los terremotos.

Causas de los temblores.

Diversas hipótesis se han emitido para explicar los fenómenos seísmicos, entre las cuales citarémos las siguientes: Supónese por algunos físicos que las rocas incandescentes ó lavas que están en contacto con la costra terrestre, se precipitan en las oquedades que ésta contiene, y comprimen los gases y vapores produciendo la conmocion; el choque de la masa ígnea contra la corteza sólida puede ser el foco de movimiento que se propague á la superficie: en la masa ígnea podrán efectuarse mareas que causen los terremotos; las aguas subterráneas poniéndose en contacto con las rocas incandescentes, se vaporizan, causando detonaciones y movimientos; la contraccion que sufre la corteza terrestre por su enfriamiento que produce presiones laterales, plegamientos, etc., sobre la parte ígnea, resultando de estas acciones la conmocion; el derrumbamiento de rocas en las cavidades terrestres, principalmente por las erosiones de las aguas subterráneas; en fin, por la relacion que en muchas ocasiones se observa entre los fenómenos volcánicos y los seísmicos, se juzgan éstos como derivados de los primeros. Tambien creemos que pueden ser originados los temblores por erupciones que se verifican de unas á otras cavidades en el interior de la Tierra, sin que aparezcan los productos de la erupcion al exterior.

Estas teorías pueden dar la explicacion de los fenómenos en determinados casos. Si los temblores están relacionados al volcanismo, pueden muy bien ser originados por la accion del vapor de agua y por los choques y movimiento de las lavas; cuan-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

do no sean de orígen volcánico, las contracciones de la corteza terrestre y los derrumbamientos subterráneos son causas poderosas para producir vibraciones terrestres de grande intensidad.

Temblores marinos.

Los temblores no solamente afectan á la superficie de la Tierra, sino que tambien pueden hacerlo, y de un modo terrible, sobre las aguas del mar, sea que el centro del movimiento esté en el fondo del Océano ó en las costas: el fenómeno consiste principalmente en una retirada súbita de las aguas en las costas, y en su vuelta con una fuerza extraordinaria que la hace invadir las tierras y causar desastrosos efectos sobre los buques, las poblaciones, etc. El tiempo que trascurre entre ida y vuelta de esa formidable marea es por lo regular de 5 á 35 minutos, aunque se ha dado el caso de que retarde hasta 24 horas.

Duracion de los temblores.

Un temblor puede consistir en una sola ó varias sacudidas; los impulsos son por lo general muy breves, y por tanto la duracion de un fenómeno depende del número de impulsos que lo determinan. Felizmente el caso comun, es que los temblores sólo duren unos cuantos segundos; pero hay casos en que se prolongan de un modo extraordinario: dos, tres quince y aun más minutos. El temblor que se sintió en México el 19 de Julio de 1882, duró dos minutos y algunos segundos. Se comprende que no es necesaria una larga prolongacion en el fenómeno para que cause desastrosos efectos; pues su intensidad puede ocasionarlos en breve tiempo; la ciudad de Caracas fué destruida en 1812 en 30 segundos solamente.

Frecuencia con que se presentan los temblores.

Puede ser grande la frecuencia con que los fenómenos seísmicos se produzcan. Credner cita que de 1850 á 1857, se tuvo noticia de 4,620 temblores en Europa.

En México los temblores son á veces frecuentes, y en otros casos han dejado largos intervalos de quietud en muchas localidades; en la actualidad puede decirse que el cuadrante S.E. del país es el más afectado por esos movimientos.

Temblores en México.

La accion seísmica en la década última, se ha ido acuartelando en determinados puntos y cambiándose á otros: en 1870 se fijó en la parte occidental del país, causando la erupcion del Ce-

boruco y del Colima; en 1872 fué conmovida la área correspondiente á los volcanes de Aguafria y Ucareo en Michoacan: en Octubre hubo ruidos subterráneos y temblores en el Estado de Morelos; en Noviembre se escucharon manifestaciones análogas en Guanajuato, y en 1875 las fuerzas volcánicas se concentraron en San Cristóbal, Guadalajara y otros puntos de Jalisco donde hicieron sentir sus efectos durante varios meses. Despues, entre los rumbos Oriente y Sur de la República se manifiesta con algunas intermitencias la accion seísmica.

Leyes de los temblores en México.

Consultando las efemérides seísmicas que está publicando D. Juan Orozco y Berra, y revisando otros datos que se encuentran diseminados en varios libros, deducimos los hechos siguientes: Los temblores sentidos en el territorio mexicano fueron más frecuentes en Marzo y Abril, y ménos en los meses de invierno: en Marzo se ha sentido mayor número de temblores fuertes; las horas en que han tenido lugar mayor número de terremotos, son las nueve de la noche, y entre diez y once de la mañana, y diez y once de la noche. Estas leyes las hemos deducido de los datos relativos á los años comprendidos de 1581 á 1865.

Efectos de los temblores.

Los efectos producidos por los temblores de Tierra son terribles en ciertas ocasiones. La destruccion de grandes ciudades, como Lisboa en 1755, la de Mendoza y otras poblaciones de la América del Sur. La pérdida de vidas es á veces espantosa á causa de un solo terremoto; en el Ecuador el año de 1868, murieron 40,000 personas por el temblor de 16 de Agosto; en Caracas perecieron 10,000 en unos cuantos instantes, en Marzo de 1812. Las rocas de las montañas se desprenden al impulso de un terremoto y pueden causar devastaciones, detener el curso de los rios, cuyas aguas inundan grandes extensiones de terrenos; pueden formarse grietas en la superficie terrestre y dar nuevo curso á las aguas, y sepultar en muchas ocasiones todo lo que se encuentra en sus inmediaciones: algunos manantiales desaparecen á causa de un terremoto, y aparecen otros generalmente termales: en fin, los cambios de nivel son otros efectos geológicos muy importantes que á veces causan tambien los temblores de tierra.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Cambios de nivel.

Los cambios de nivel pueden ser instantáneos ó seculares: muchos de los primeros se han visto verificar á efecto de los terremotos. Los cambios pueden ser de elevacion ó de hundimiento, causados á veces por los temblores como hemos dicho, ó de un modo más general, por la accion del fuego interior de la Tierra: algunos hundimientos son debidos á acciones de las aguas, como verémos despues.

Ejemplos de elevacion.

La costa occidental de la América del Sur, puede decirse que es la region donde con más claridad se ven esos acontecimientos geológicos. En 1750 la costa de Chile sufrió una elevacion de 8 metros, acompañada de un terremoto: en 1835 la isla de Santa María fué levantada 2.06 metros hácia el extremo Sur, en una longitud de media milla, y hácia el centro la altura llegó á 3 metros. Las señales de la línea de costa que se observan en muchos puntos, tanto en América como en Europa, son pruebas de esos levantamientos, alcanzando alturas hasta cerca de 500 metros. Las costas escandinavas se encuentran actualmente en movimiento ascensional secular.

Hundimientos de terrenos.

Los casos de hundimientos no son todos derivados de fenómenos volcánicos, pues bien pueden proceder de erosiones de aguas subterráneas, de condensaciones de los materiales de las rocas y de otras varias causas. Los casos ó ejemplos de hundimientos en los tiempos históricos, pueden citarse como de los otros movimientos á que nos referimos: en Jamaica, en 1692, una region considerable se hundió en el mar: la costa del mar del Norte se halla en descenso secular. En la Geología histórica hemos interpretado grandes y frecuentes cambios de nivel, á cuyo efecto se han formado los continentes, y han tenido lugar diversas y variadas modificaciones en el aspecto de las tierras emergidas, en sus climas y en las faunas y floras que las han habitado.

Definicion.

§ IV. Metamorfismo. Se designa con este nombre al cambio ó alteracion que las rocas experimentan, ya en su compacidad, dureza, textura, ó bien en su composicion química. Los principales agentes que ocasionan tales modificaciones son el calórico y el agua; el primero puede ser originado por acciones mecánicas, como las presiones, dislocaciones, pliegues y fracturas que sufren las rocas, ó más principalmente por la accion del fuego central sobre la superficie terrestre. Las reacciones químicas pueden tambien emplear su calórico en las acciones metamórficas.

Son agentes el calórico y el agua. Fuentes de calor.

Efectos del metamorfismo.

Por efecto de esos agentes los materiales sueltos de algunas rocas pueden unirse en masas compactas y duras, ó entrar en nuevas combinaciones: así las areniscas pasan al estado de cuarcitas; las masas arcillosas á pizarras endurecidas, como se verifica en la fabricacion de ladrillos, ó los elementos que se encuentran en las rocas sedimentarias, pueden formar combinaciones para reconstituir las rocas primitivas que les dieron orígen ó para formar otras distintas de aquellas. De este modo se podrán formar masas de granito, gneiss, mica–pizarra, mármol, etc., ó en las masas de rocas cristalizarán ó se formarán ciertos compuestos como granates, esmeraldas y otros silicatos.

A efecto del calor unas sustancias se deshidratan ó pierden otras sustancias volátiles como gases, ácidos, etc., siendo este último caso el que se verifica al trasformarse el carbon bituminoso en antracita.

Ejemplos de metamorfismo.

Ejemplos tomados en pequeña escala ó consideraciones químicas podrán explicarnos las trasformaciones ó el metamorfismo de grandes masas de rocas.

El carbonato de cal sometido á la accion del calor, en circunstancias comunes se trasforma en cal cáustica; pero si al mismo tiempo que se calienta se somete á una fuerte presion, se le verá tomar la apariencia del mármol. En muchos yacimientos se ve que el carbonato de cal al contacto de rocas ígneas se halla igualmente trasformado en mármol. Vemos, pues, aquí un ejemplo de metamorfismo que nos enseñará el modo con que se han formado las grandes masas de caliza metamórfica.

Efectos por contacto.

El contacto de las masas ígneas produce tambien vitrificacion de algunas sustancias que están á su alcance; la cristalizacion, cocimiento y diversas alteraciones de otras: en las paredes de los hornos vemos muchos de esos efectos del fuego sobre las sustancias minerales.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ® DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Accion del agua.

Las aguas termales que acompañan á muchas rocas ígneas, ó las que alojadas entre los poros de las que han sido calentadas adquieren elevada temperatura, son agentes químicos de la más alta importancia en los fenómenos del metamorfismo, puesto que entónces adquieren en alto grado el poder disolvente. Desagregando y descomponiendo algunos compuestos y formando otros, esas aguas pueden trasformar de un modo parcial ó completo las masas de roca, sobre todo si llevan en disolucion el gas carbónico; así podrán formar ó descomponer los feldespatos, las micas, las anfíbolas y otros silicatos de diversas bases para dar lugar á la formacion de diferentes rocas. El Profesor Daubrée, en su laboratorio ha logrado efectuar algunas de esas descomposiciones y trasformaciones bajo la accion del agua calentada á 300° R.: fragmentos de obsidiana puestos en contacto con esa agua son trasformados en traquita granuda; el vidrio se reduce á una masa kaolínica en que aparecen cristales de cuarzo y agujas de wolastonia.

A la influencia de las aguas termo-minerales se debe la formacion de granates, vesubiana y otros silicatos que se encuentran en las calizas cristalinas.

En varias localidades mexicanas vemos los efectos de las aguas termales en muy crecida escala: muchos de nuestros pórfidos contienen incrustaciones de ópalo, cacholonga y hialita, que no son sino depósitos de aguas silizosas: los nódulos de óxido de hierro y de estaño que se encuentran en las masas de pórfido no pueden tener otro orígen que el hidrotermal.

Accion de los gases.

Los gases sulfurosos, clorhídricos, etc., de los volcanes, son agentes poderosos en las descomposiciones y combinaciones que se operan en el metamorfismo; pero sobre todo el vapor de agua con alta presion contribuye en grande escala en tales efectos.

Metamorfismo regional ó local.

El metamorfismo puede ser regional ó local; es decir, abarcar grandes extensiones de terreno, ó circunscribirse á determinados espacios. Así, pueden verse dilatadas cadenas de montañas ó formaciones diversas afectadas por el metamorfismo, ó percibirse solamente sus efectos en el contacto de las masas ígneas, ó en muy cortas extensiones.

El metamorfismo es un efecto en que el geólogo debe fijar mucho su atencion, pues este efecto le dará en muchos casos la explicacion de fenómenos los más variados, y en muchas ocasiones de muy difícil interpretacion.

CAPÍTULO III.

EL AGUA COMO FACTOR GEOLÓGICO.

Accion del agua.

Incesante y variada es la accion de este poderoso agente geológico; recorre un circuito maravilloso, y ejerce diversas acciones como un obrero infatigable, como un avaro que saca provecho aun de sus más insignificantes acciones.

Diferentes modos de accion.

Elevada el agua en las regiones atmosféricas al estado de vapor, puede provocar el rayo que hienda la roca: se condensa y cae bajo la forma de lluvia que desagrega las superficies de las rocas; forma torrentes, arroyos y poderosos rios que pulen la superficie terrestre; se labra canales, lechos, valles y barrancas; desprende los materiales pétreos, los pulveriza y distribuye para formar terrenos sedimentarios, ó los conduce hasta el Océano; se infiltra á través de las rocas y ejerce en ellas multitud de efectos químicos y mecánicos; acarrea los materiales que les quita; forma cavidades y mina los cimientos de las montañas hasta causar su ruina; se trasforma en vapores poderosos allá en el interior de la Tierra, y contribuye de un modo tan influente en los fenómenos del volcanismo: además de ejercer sus variados efectos en el estado líquido y el gaseoso, se solidifican tambien las aguas, se aglomeran sobre las montañas, descienden por sus pendientes, puliendo las rocas ó llevando sus fragmentos para emplearlos como agentes de erosion; vuelven al mar despues de haber recorrido tan dilatado camino de actividad química ó me-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Accion del agua.

Las aguas termales que acompañan á muchas rocas ígneas, ó las que alojadas entre los poros de las que han sido calentadas adquieren elevada temperatura, son agentes químicos de la más alta importancia en los fenómenos del metamorfismo, puesto que entónces adquieren en alto grado el poder disolvente. Desagregando y descomponiendo algunos compuestos y formando otros, esas aguas pueden trasformar de un modo parcial ó completo las masas de roca, sobre todo si llevan en disolucion el gas carbónico; así podrán formar ó descomponer los feldespatos, las micas, las anfíbolas y otros silicatos de diversas bases para dar lugar á la formacion de diferentes rocas. El Profesor Daubrée, en su laboratorio ha logrado efectuar algunas de esas descomposiciones y trasformaciones bajo la accion del agua calentada á 300° R.: fragmentos de obsidiana puestos en contacto con esa agua son trasformados en traquita granuda; el vidrio se reduce á una masa kaolínica en que aparecen cristales de cuarzo y agujas de wolastonia.

A la influencia de las aguas termo-minerales se debe la formacion de granates, vesubiana y otros silicatos que se encuentran en las calizas cristalinas.

En varias localidades mexicanas vemos los efectos de las aguas termales en muy crecida escala: muchos de nuestros pórfidos contienen incrustaciones de ópalo, cacholonga y hialita, que no son sino depósitos de aguas silizosas: los nódulos de óxido de hierro y de estaño que se encuentran en las masas de pórfido no pueden tener otro orígen que el hidrotermal.

Accion de los gases.

Los gases sulfurosos, clorhídricos, etc., de los volcanes, son agentes poderosos en las descomposiciones y combinaciones que se operan en el metamorfismo; pero sobre todo el vapor de agua con alta presion contribuye en grande escala en tales efectos.

Metamorfismo regional ó local.

El metamorfismo puede ser regional ó local; es decir, abarcar grandes extensiones de terreno, ó circunscribirse á determinados espacios. Así, pueden verse dilatadas cadenas de montañas ó formaciones diversas afectadas por el metamorfismo, ó percibirse solamente sus efectos en el contacto de las masas ígneas, ó en muy cortas extensiones.

El metamorfismo es un efecto en que el geólogo debe fijar mucho su atencion, pues este efecto le dará en muchos casos la explicacion de fenómenos los más variados, y en muchas ocasiones de muy difícil interpretacion.

CAPÍTULO III.

EL AGUA COMO FACTOR GEOLÓGICO.

Accion del agua.

Incesante y variada es la accion de este poderoso agente geológico; recorre un circuito maravilloso, y ejerce diversas acciones como un obrero infatigable, como un avaro que saca provecho aun de sus más insignificantes acciones.

Diferentes modos de accion.

Elevada el agua en las regiones atmosféricas al estado de vapor, puede provocar el rayo que hienda la roca: se condensa y cae bajo la forma de lluvia que desagrega las superficies de las rocas; forma torrentes, arroyos y poderosos rios que pulen la superficie terrestre; se labra canales, lechos, valles y barrancas; desprende los materiales pétreos, los pulveriza y distribuye para formar terrenos sedimentarios, ó los conduce hasta el Océano; se infiltra á través de las rocas y ejerce en ellas multitud de efectos químicos y mecánicos; acarrea los materiales que les quita; forma cavidades y mina los cimientos de las montañas hasta causar su ruina; se trasforma en vapores poderosos allá en el interior de la Tierra, y contribuye de un modo tan influente en los fenómenos del volcanismo: además de ejercer sus variados efectos en el estado líquido y el gaseoso, se solidifican tambien las aguas, se aglomeran sobre las montañas, descienden por sus pendientes, puliendo las rocas ó llevando sus fragmentos para emplearlos como agentes de erosion; vuelven al mar despues de haber recorrido tan dilatado camino de actividad química ó me-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

cánica, y de aquel inmenso depósito se levantan bajo el estado de vapor para emprender de nuevo el circuito ántes recorrido.

Hé aquí un resúmen del variado programa que las aguas desempeñan en la Geología dinámica.

Recorramos, aunque con brevedad, algunos de esos efectos condensados en este resúmen, considerando separadamente la accion química del agua y sus efectos mecánicos.

Efectos químicos.

§ I. Efectos químicos del agua. El agua resbalando sobre la superficie, impregnando las rocas ó circulando en la corteza terrestre puede por sí misma disolver muchas sustancias; ó ayudándose de agentes poderosos, como el calórico que toma en las profundidades que recorre, ó el ácido carbónico, el oxígeno, las materias orgánicas, etc., que se le asocian en su paso por la atmósfera ó por las capas terrestres, puede hacerse un disolvente casi general de todos los materiales con que se pone en contacto, y además ejercer una multitud de combinaciones y descomposiciones químicas.

Asociada al oxígeno.

Con el oxígeno que le facilita el aire lleva á mayor grado de oxidacion algunas bases, sulfatiza varios de los sulfuros, etc., y da lugar á nuevas combinaciones, solubles unas, y otras insolubles, pero que contribuyen á la desagregacion de las masas. El

Asociada al ácido carbónico.

ácido carbónico es el auxiliar más poderoso que el agua emplea en sus trabajos químicos. Con ese agente ataca á las más duras y compactas masas de rocas; disuelve el mármol formando bicarbonato de cal; se apodera de los álcalis de los feldespatos haciendo sales solubles y obligando á los otros elementos á combinarse formando arcillas y siliza soluble. Por este procedimiento los granitos, los pórfidos y otras rocas feldespáticas van siendo gastadas y destruidas, ya en las superficies expuestas á la intemperie, ó en el interior de su masa, adonde puede llegar el agua por las junturas de la roca ó por sus intersticios. Otras muchas combinaciones y descomposiciones se efectúan sobre otros silicatos de base de cal y de óxido de hierro que tanto abundan en las rocas.

Por estos medios de accion química y ayudando los efectos mecánicos, no solamente se van puliendo y alterando las pen-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Photo. E. Bernard et Cᵉ 71, rue Lacondamine.

CAVERNA DEL DIABLO

ESTADO DE HIDALGO. — MÉXICO

dientes de las montañas para dar lugar á la formacion de diversas tierras que ocupen las depresiones del terreno, sino que en la masa de la corteza terrestre se forman oquedades y galerías de figuras y dimensiones diversas. Así se forman las grutas y cavernas, accidentes geológicos que merecen una particular consideracion en la Geología Dinámica. Estas oquedades, aunque son el resultado de las acciones químicas y mecánicas del agua, las consideramos desde luego por depender muy directamente del caso á que nos referimos.

Efectos por disolucion y deslave.

Cuando esas excavaciones tienen poca magnitud se les llama *grutas*, y *cavernas* si son de bastante extension. Las aguas van destruyendo las rocas, y este trabajo erosivo es ayudado frecuentemente por las corrientes; en muchas cavernas se observan rios, cascadas y lagos, dando mayor belleza á esos antros cuando la luz artificial revela sus maravillas. Por lo regular las grutas y cavernas se hallan labradas en las rocas calcáreas: las aguas cargadas de ácido carbónico que van perforando las rocas, dejan revestimientos de carbonato de cal cuando se escapa el exceso de ácido que favorecia la disolucion de aquel compuesto. Por otra parte, esas aguas calcáreas al chorrear por las hendeduras de las cavernas van formando masas de figura generalmente cónica, que penden unas del techo, y otras se levantan al encuentro de las primeras; aquellas se llaman *estalactitas*, y las últimas *estalagmitas*.

Grutas y cavernas.

Estalactitas y estalagmitas.

El ácido sulfúrico que proviene de la oxidacion de las piritas, y el ácido azótico derivado del ázoe de la atmósfera y de las descomposiciones orgánicas, ayudan notablemente en esos trabajos químicos del agua.

Estas masas y los revestimientos de que hablamos forman las más variadas y caprichosas figuras que adornan las cavernas. Los diversos modos de arreglarse las concreciones de la caliza estilaticia, su color generalmente blanco, su lustre, su aspecto cristalino, etc., contribuyen á dar una hermosura indescriptible á esas maravillas subterráneas.

Muchas de esas cavidades son visitadas y admiradas por su magnitud y por las bellezas que encierran. La de Aldelsberg,

Diversas cavernas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

en Carintia, tiene cerca de dos leguas de extension, y sus decoraciones son espléndidas: la de Antíparos, notable por sus estalactitas, la del Mammouth en Norte–América, y otras muchas que seria largo enumerar.

Cavernas mexicanas.

En las montañas calcáreas de México existen muchas de esas maravillas subterráneas, siendo una de las más célebres la llamada de Cacahuamilpa, en el Estado de Guerrero.

Caverna de Cacahuamilpa.

La boca de esta espléndida caverna se abre en la pendiente oriental de una montaña cubierta de vegetacion; la forma de la entrada es semicircular, como se observa en la lámina adjunta. El cañon de la caverna se dirige primero al N.W., se inclina despues al W. y en seguida desciende al S.W., formando un curso tortuoso como el de un rio. El cañon presenta muchas irregularidades, lo que hace que el vulgo considere dividida la caverna en once salones ó trechos que se conocen con los nombres de: El Chivo, Los Confites, La Aurora, El Salitre, El Panteon, El Pedregal del Muerto, El Agua Bendita, Las Ánimas, El Palmar, El Portezuelo y Los Órganos. Muchos de estos nombres se refieren á la apariencia de las estalactitas y estalagmitas que adornan la caverna. En algunas partes forman espléndidos cortinajes que revisten las paredes; en otras se encuentran como elevados monumentos sepulcrales, como erguidos troncos de palmeras, como plantas de órganos, etc. El Ingeniero D. Francisco Búlnes, que nos acompañó una vez en el estudio que hicimos de esa caverna, compendió la descripcion de las maravillas que aquella encierra con estas palabras: "Puede un pintor dibujar todas las figuras imitativas que su fantasía le inspire, y asegurar que las ha copiado en el interior de la caverna de Cacahuamilpa, sin que nadie pueda desmentirlo."

El cañon de la gruta tiene cerca de cuatro kilómetros de longitud.

En esta caverna se tienen ejemplos expresivos del trabajo geológico de las aguas. Las estalactitas que penden del techo llegan á adquirir tal peso, que se desprenden con las masas de rocas que les servian de base, y la caverna gana en altura: las estalagmitas tienden por su parte á levantar el piso; en varios lu-

BOCA DE LA GRUTA DE CACAHUAMILPA
ESTADO DE GUERRERO. — MÉXICO

Photo. E. Bernard et C.ie 71, rue Lacondamine.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

gares las masas superiores y las ascendentes se unen y forman gruesas columnas que sostienen las bóvedas.

Se ve que esta caverna fué en otro tiempo cruzada por un rio, á juzgar por los rellenos de guijarros de aluvion que en algunas partes presenta: ahora, se ven dos rios que salen en otras cavernas inferiores á la de Cacahuamilpa, y que perforan en toda su masa á la montaña en que ésta se encuentra. El agua, como muchos de los séres, se labra sus habitaciones y caminos en el interior de la Tierra.

Origen de otras cavernas.

Es de advertirse en este lugar que no solamente á la accion de las aguas se debe la formacion de las cavernas, pues muchas hay de orígen volcánico, y que tambien pueden tener notables dimensiones.

Hundimientos y temblores debidos á estos trabajos de las aguas.

Se comprende que este trabajo de disolucion de las rocas, puede llegar hasta el caso de que se hundan las galerías causando efectos desastrosos sobre los terrenos: hundimientos considerables se han observado, y en muchos casos acompañados de temblores debidos al movimiento de las masas que se desprenden.

Ejemplos en las cercanías de Cacahuamilpa.

Muchos de esos movimientos terrestres deben ser ocasionados por el hundimiento ó desprendimiento de rocas en las cavidades subterráneas, cuyo fenómeno podrá no revelarse en la superficie del terreno.

Ejemplo de hundimientos y resbalamientos.

Uno de estos fenómenos geológicos tuvo lugar el 3 de Setiembre de 1879 en los cerros vecinos á la caverna de Cacahuamilpa; en extension de más de una legua el terreno se cuarteó, se hundió en algunos puntos, y en otros resbalaron las pendientes de las montañas, como se ve en la lámina adjunta. Los hundimientos en algunas partes son muy sensibles, y en otras las masas desprendidas efectuaron movimientos semicirculares, como se nota por la desviacion de algunos caminos y veredas. La formacion que se desgajó, es de pizarras y arcillas que se apoyan sobre la caliza cretácea. Este fenómeno sólo puede explicarse por el hundimiento de cavidades en la formacion calcárea.

Por la accion química del agua sobre las rocas feldespáticas,

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

vimos tambien hundimientos y resbalamiento de gran parte de una montaña de pórfido, en el Cerro Cuatezon, Estado de San Luis Potosí. El fenómeno tuvo lugar el año de 1877. Al hablar del metamorfismo hicimos referencia al papel importante que el agua por sus efectos químicos toma en aquel fenómeno. Y puede preguntarse: ¿qué fin tienen las sustancias robadas por las aguas al interior de la corteza terrestre? Muchas de esas sustancias quedan depositadas en los caminos que aquellas recorren, y á ese fenómeno se debe la formacion de muchos filones minerales; otras veces sólo revisten y decoran las paredes de las galerías y grutas, y en otras salen al exterior, formando depósitos superficiales, ó son llevadas hasta el mar: en las aguas oceánicas se han descubierto hasta ahora los siguientes cuerpos: oxígeno, hidrógeno, cloro, bromo, iodo, fluor, azufre, fósforo, carbono, silicio, boro, plata, cobre, zinc, plomo, cobalto, nikel, hierro, manganeso, aluminio, magnesio, calcio, estroncio, bario, sodio, potasio y litio.

Distribucion de las sustancias llevadas por el agua.

Ya observarémos en la última parte de la Geología Dinámica, cómo los séres organizados se oponen á la saturacion de carbonato de cal á que podian llegar las aguas del Océano por las grandes cantidades que de ese compuesto le llevan las aguas continentales.

El agua actúa bajo tres estados físicos.

§ II. Trabajos mecánicos del agua. Bajo tres estados físicos puede el agua ejercer sus trabajos mecánicos: en estado gaseoso, líquido y sólido.

Accion del agua al estado de vapor.

Al tratar del volcanismo, consideramos ya los principales efectos geológicos del vapor de agua; vamos ahora á ocuparnos del agua líquida y del agua sólida como factores geológico-dinámicos.

Accion del agua al estado líquido.

El agua líquida puede actuar sobre las rocas desde que cae como lluvia, cuando corre ó se deposita sobre los continentes, cuando circula en el interior de la corteza terrestre, y por último, cuando se almacena en los océanos. Por esto deben considerarse separamente las aguas superficiales, continentales, las aguas subterráneas y las aguas marinas.

Aguas superficiales.

Aguas superficiales. Las gotas de agua que pueden herir con

Photo. E. Bernard et Cᵉ Paris, 71, rue Lacondamine.

DERRUMBAMIENTOS Y HUMDIMIENTOS EN UNA MONTAÑA CERCANA À LA GRUTA DE CACAHUAMILPA

(MÉXICO)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ® DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

gran fuerza las superficies de las rocas ayudan en muchos casos á desagregarlas ó á lo ménos cooperan en los efectos erosivos de las corrientes. Al caer las aguas forman pequeños arroyuelos, arroyos, torrentes y rios que se unen á otras corrientes para ir al mar, se depositan sobre la superficie en lagos, se filtran en el terreno para formar corrientes subterráneas, ó se vaporizan de nuevo remontándose en la atmósfera.

Diversos modos de ejercer su accion.

Las aguas corrientes actúan sobre las rocas de un modo proporcional á su volúmen, á su velocidad y fuerza, á la pendiente en que resbalan, y tambien á la naturaleza de las rocas. Su tendencia constante es lamer las superficies, deslavarlas y profundizar el lecho sobre el cual se reunen y circulan: los fenómenos ígneos tienden á levantar los terrenos y las aguas á rebajarlos.

Rocas hay que con la mayor facilidad son desagregadas y arrastradas por las aguas, miéntras que otras necesitan mucho tiempo para ser vencidas por las corrientes.

En estos efectos erosivos se sirven las aguas de sus trabajos químicos para disolver, pulverizar ó debilitar á las masas, y tambien adoptan como poderosos agentes á los fragmentos de rocas que puestos en movimiento van labrando las superficies ó destrozando las masas hasta pulverizarlas, sobre todo, si este trabajo se ayuda con el choque de unos fragmentos contra otros, en el camino que recorre la corriente.

Por esto se ven en los cursos de los rios y arroyos esos guijarros arredondados de diversos tamaños, las matatenas, las arenas y el limo, que son productos todos de la accion erosiva de las aguas.

Accion compensadora de las corrientes.

Así, este agente geológico destruye y gasta por una parte; pero distribuye y forma terrenos sedimentarios por otra: algunos de los elementos que arrastra los lleva hasta el Océano, su regazo final.

Formaciones sedimentarias.

Al tratar de las rocas hemos hablado ya de las formaciones sedimentarias citando las estructuras particulares que presentan las playas, así como de ciertas marcas que indican el modo de formacion de algunas rocas sedimentarias.

Formaciones de canales profundos.

El trabajo incesante, aunque pequeño del agua, ha logrado

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

practicar profundos canales sobre masas endurecidas, como se observa en el cañon del rio Colorado en los Estados Unidos. Segun el Dr. Newerry, en una longitud de 300 millas se observa un cañon continuo en ese rio con profundidad de 3,000 á 6,000 piés.

Formacion de saltos y cataratas.

Cuando la corriente ataca rocas de diferentes durezas, es cuando con más facilidad se forman los saltos, cascadas y cataratas de que ántes hemos hablado.

Formacion de cañadas y valles.

Las excavaciones más variadas en formas y magnitud son el efecto de los trabajos mecánicos de las aguas; los thalwegs, cañadas, barrancas y valles son accidentes que en su mayor parte han practicado las aguas corrientes.

Dijimos ántes que muchos de los materiales acarreados por las aguas llegaban hasta el Océano: las olas y mareas distribuyen en las costas la mayor parte de esos materiales; otros forman bancos, y los más finos son llevados al interior del mar y al fin depositados sobre el fondo. El acarreo de tierras es á veces muy grande: se calcula en 812,500.000,000 de libras el limo introducido anualmente al Golfo de México por el Mississippi, y en 6,368.000,000 de piés cúbicos el acarreo anual del Ganges.

Formacion de deltas.

Cuando á la entrada de un rio se interpone una barra, existen médanos ó es débil el movimiento de la marea, se forman depósitos de esos materiales y penetran en el mar.

Sobre ese terraplen se forman lagunas ó se divide la corriente principal en varias derivadas, entrando el rio por muchas bocas, en cuyo caso lleva el nombre de *Delta*, como se observa en el Mississippi, en el Rhin, en el Ganges y otros rios.

Trabajos de las aguas subterráneas.

Aguas subterráneas. Las aguas filtradas á través de las rocas, forman corrientes y depósitos interiores que pueden tambien ejercer diferentes acciones mecánicas y químicas como las aguas superficiales; así deslavan las superficies de las rocas, las distribuyen, se labran canales de circulacion, arrastran materiales, etc. En algunos casos pueden reblandecer los bancos de arcilla, de arena y otras rocas, causando el deslizamiento de las masas superiores que se apoyan sobre los bancos reblandecidos; así se han visto trasportar de un lugar á otro grandes espacios de terreno, llevando los ganados, habitaciones y bosques á diferentes distancias. Al hablar de las grutas y cavernas hicimos mencion de los efectos combinados del agua obrando química y mecánicamente, y citamos ejemplos de grutas, de hundimientos y resbalamientos de terrenos. En la parte hidrográfica de este libro se habló con detencion de las aguas subterráneas.

Accion de las olas.

Aguas marinas. Las olas del mar vienen á chocar sobre las costas de un modo incesante y más ó ménos fuerte; por consiguiente su accion es continuada y de efectos variables.

El choque de las olas sobre las rocas y las paredes acantiladas de las costas las va minando y acaba por destruirlas. Esta accion es más poderosa sobre la parte superior de la marea média, y es de menor efecto bajo la marea inferior en que las rocas son protegidas por las mismas aguas.

Distribucion de materiales en las costas.

Sobre la costa las olas van regularizando los contornos y distribuyendo los materiales que arrancan de las partes elevadas ó que llevan los rios hácia el mar; cuyos materiales dejan en las paredes del nivel de las mareas; al encontrarse las corrientes con las olas caen los materiales acarreados, y si las masas son suaves se forman bancos y deltas á la entrada de los rios; pero si son fuertes esos movimientos, entónces se forman barras. Las acumulaciones y distribucion de los materiales se efectúan más ampliamente bajo las aguas someras, y así se van formando depósitos de arena y guijarros en las playas, y aun bancos cerca de la orilla ó en el interior del mar.

La accion erosiva obra en las costas. Compensaciones.

La accion erosiva de los mares es más bien efectuada en las costas y sobre los promontorios y partes salientes. Los rios tienden á llenar los océanos con los detritus que llevan de los continentes, y las olas del mar luchan por devolverlos á los continentes, y puede decirse que este es el trabajo constante de donde resultan esas distribuciones de materiales en las costas, efectuándose una compensacion que tiende á equilibrar las formaciones y á localizarlas donde deben distribuirse.

Esto no indica que en los fondos de los mares no se efectúen depósitos de materiales; pero no tienen la importancia que los trabajos que se efectúan en los bordes del mar y en las aguas

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

poco profundas. En los primeros tiempos geológicos esos depósitos eran más importantes porque los mares eran poco profundos en general.

Fuerzas puestas en accion.

Las fuerzas puestas en accion en esos trabajos del mar, son: los movimientos regulares y accidentales de las olas y las corrientes marinas.

Olas y mareas.

Las primeras son las de mayor consideracion, tanto por su constancia como por la intensidad que por la fuerza de los vientos, por las tempestades ó por otras causas pueden adquirir. Sobre todo, son intensas las mareas cuando penetran en los canales ó entre las islas, y tambien al entrar en los rios cuando son detenidas por las formas de sus bocas, por bancos de arenas ú otros obstáculos, en cuyo caso se avanzan en algunos kilómetros dentro del rio, levantándose á grande altura y ejerciendo poderosos efectos erosivos en las orillas vecinas.

Accion del flujo y reflujo.

Se comprende que en el vaiven de las olas, ó sea en el flujo y reflujo, este último movimiento es el de mayor poder erosivo y comienza actuando sobre el fondo, desde su orígen.

Corrientes oceánicas.

Respecto de las grandes corrientes oceánicas, las polares son las de mayor efecto geológico á causa de las masas de hielo que traen consigo, y que sirven de vehículo á grandes cantidades de tierras y de piedras que depositan en los lugares donde se funden esos hielos: este efecto se ve en los bancos de Terranova en que pasan ó se funden los hielos flotantes que vienen del Norte. La corriente llamada *Gulf–stream*, poco ó ningun efecto produce, debido á que camina léjos de la costa y á que tiene grande espesor.

Hielos.

Aguas congeladas. Las aglomeraciones de nieves que se colocan sobre las montañas y descienden hácia los valles, son las que mayor efecto producen sobre las rocas.

Agassiz divide esa aglomeracion en tres clases, que llama: *Campos de Nieve*, *Neveras* y *Ventisqueros.*

Campos de nieve. Neveras. Ventisqueros.

Los campos de nieve se encuentran en las altas mesetas y collados: las neveras ocupan los circos y presentan muy poca pendiente: en fin, los ventisqueros ó glaciares que partiendo del fondo de los grandes circos ocupan las pendientes extendiéndo-

se hácia los valles inferiores. Los ventisqueros son los más importantes en el estudio que nos ocupa. Estas masas de nieve descienden de un modo regular y continuo, con un movimiento que depende de su masa y de la inclinacion de las pendientes; pero que normalmente es lento y oscila entre 0.15 y 1.30 metros por dia. El ventisquero se acomoda á la superficie de resbalamiento y á sus accidentes sobre los cuales pasa ó los rodea: cuando la superficie de resbalamiento no es uniforme, el ventisquero se hiende en varias partes, y al encontrar diferencias de pendiente se desgaja en masas de diferentes formas y volúmen: á veces estas caidas de blocks de nieve hacen terribles estragos, y á ese accidente se le llama *alud.*

Alud.

Causa del movimiento de los ventisqueros.

La causa principal que imprime su movimiento al ventisquero, es la dilatacion que va sufriendo por la congelacion del agua que se introduce en su masa; sea de las lluvias ó de los deshielos.

Canchales.

Los ventisqueros traen generalmente trozos de rocas desprendidas de las partes altas de las montañas, y los que se arreglan en líneas en la masa de nieve: á esos trozos de roca se les llama *canchales.*

Algunas masas de nieve van á dar hasta el mar, y forman lo que se llaman *hielos flotantes*, que tan temidos son de los marinos.

Efectos de los ventisqueros.

Los ventisqueros gastan las superficies de resbalamiento y producen estrias: rayas ó surcos sobre ellas; se ayudan en sus trabajos erosivos de los canchales, y estas masas van á formar terrenos sueltos, como observamos al tratar del período glacial; los hielos flotantes son las balsas que distribuyen en diversas partes los trozos de rocas que conducen.

Canchales en los rios.

En la congelacion de las aguas de los rios pueden producirse efectos análogos por el trasporte de piedras que toman las aguas al congelarse ó que caigan sobre ellas.

Corrientes líquidas procedentes de los ventisqueros.

Por la fusion que se opera en las superficies de los ventisqueros ó en sus grietas, se va formando una corriente de agua líquida que corre por debajo, y se escapa al fin donde concluye el ventisquero, y sigue aquella descendiendo por las cañadas y valles.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ® DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Distribucion geográfica de los ventisqueros.

La region clásica de los ventisqueros es actualmente la cadena de los Alpes; tambien se encuentran esos rios de nieve en los Andes, en el Cáucaso, en Noruega, en Groenlandia y otras regiones árticas.

Por último, el fenómeno de dilatacion que experimenta el agua al congelarse, causa en muchas ocasiones la destruccion ó division de las masas de rocas; aunque como hemos dicho, los ventisqueros constituyen los más poderosos agentes geológicos del agua al estado sólido.

CAPÍTULO IV.

LA ATMÓSFERA COMO FACTOR GEOLÓGICO.

Definicion y composicion de la atmósfera.

Llámase atmósfera á la envoltura gaseosa que rodea á la Tierra, y que está compuesta esencialmente de una mezcla de oxígeno y de ázoe en la proporcion de 21 partes del primero y 79 del último, á las cuales se asocian cantidades variables y relativamente pequeñas de ácido carbónico y vapor de agua.

Estos cuerpos son los agentes de la atmósfera en sus trabajos químicos, y sus movimientos en los efectos mecánicos que tambien practica.

Acción del oxígeno.

Si consideramos primero uno de los principales componentes del aire atmosférico, el oxígeno, verémos que es el agente principal de muchos fenómenos químicos indispensables á la vida animal y vegetal, y que tambien trabaja incesantemente sobre los componentes de las rocas.

Las combustiones que siempre se efectúan por medio del oxíno, tienden á quitarle este gas á la atmósfera; pero la vegetacion descompone el ácido carbónico producto de aquella accion, y el oxígeno es restituido al aire, miéntras que el carbono se almacena en las plantas para formar parte esencial en sus tejidos.

Hé aquí la fuente principal del equilibrio entre la composicion de la atmósfera y su accion sobre los fenómenos biológicos.

El oxígeno se combina con los cuerpos minerales y oxida tambien á las sustancias orgánicas, dando así lugar á multitud de reacciones químicas que contribuyen á las alteraciones de las rocas, sirviendo de agente geológico de constante y poderosa accion. Las reacciones que el oxígeno y el ácido carbónico efectúan sobre las rocas, las mencionamos ya al tratar de los efectos químicos del agua auxiliada de esos cuerpos, y por tanto nos referimos á aquella parte de la Geología Dinámica al considerar los efectos químicos de la atmósfera: al tratar de la vida, como factor geológico, citarémos otros hechos referentes á la influencia química de los propios cuerpos.

Accion del ázoe.

Del ázoe atmosférico se derivan el ácido azótico y los salitres, que tambien ejercen acciones químicas y erosivas muy marcadas sobre las rocas.

Accion combinada del aire y del agua.

El aire es el vehículo que lleva los vapores acuosos del lugar de su produccion á las regiones elevadas donde se condensan y caen al estado de lluvia, de nieve ó de granizo. Se ve, pues, de varias maneras la relacion ó ayuda recíproca que existe entre la atmósfera y el agua para ejercer sus efectos geológicos. A impulso del viento se agitan las olas del mar y producen sobre las rocas los efectos que ántes mencionamos.

Efectos de erosion y trasporte.

A estos efectos dinámicos debemos añadir los de erosion y trasporte que el aire puede tambien efectuar. Cuando sopla con fuerza levanta las arenas y otros fragmentos de las rocas, destroza las ramas de los árboles, y con los cuerpos que arrastra hiere las superficies de las rocas y les arranca partículas que se unen á las que ya tenian en movimiento.

En las orillas del mar es donde se ve con más claridad el poder de trasporte que tiene el viento: allí las arenas se cambian

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Distribucion geográfica de los ventisqueros.

La region clásica de los ventisqueros es actualmente la cadena de los Alpes; tambien se encuentran esos rios de nieve en los Andes, en el Cáucaso, en Noruega, en Groenlandia y otras regiones árticas.

Por último, el fenómeno de dilatacion que experimenta el agua al congelarse, causa en muchas ocasiones la destruccion ó division de las masas de rocas; aunque como hemos dicho, los ventisqueros constituyen los más poderosos agentes geológicos del agua al estado sólido.

CAPÍTULO IV.

LA ATMÓSFERA COMO FACTOR GEOLÓGICO.

Definicion y composicion de la atmósfera.

Llámase atmósfera á la envoltura gaseosa que rodea á la Tierra, y que está compuesta esencialmente de una mezcla de oxígeno y de ázoe en la proporcion de 21 partes del primero y 79 del último, á las cuales se asocian cantidades variables y relativamente pequeñas de ácido carbónico y vapor de agua.

Estos cuerpos son los agentes de la atmósfera en sus trabajos químicos, y sus movimientos en los efectos mecánicos que tambien practica.

Acción del oxígeno.

Si consideramos primero uno de los principales componentes del aire atmosférico, el oxígeno, verémos que es el agente principal de muchos fenómenos químicos indispensables á la vida animal y vegetal, y que tambien trabaja incesantemente sobre los componentes de las rocas.

Las combustiones que siempre se efectúan por medio del oxíno, tienden á quitarle este gas á la atmósfera; pero la vegetacion descompone el ácido carbónico producto de aquella accion, y el oxígeno es restituido al aire, miéntras que el carbono se almacena en las plantas para formar parte esencial en sus tejidos.

Hé aquí la fuente principal del equilibrio entre la composicion de la atmósfera y su accion sobre los fenómenos biológicos.

El oxígeno se combina con los cuerpos minerales y oxida tambien á las sustancias orgánicas, dando así lugar á multitud de reacciones químicas que contribuyen á las alteraciones de las rocas, sirviendo de agente geológico de constante y poderosa accion. Las reacciones que el oxígeno y el ácido carbónico efectúan sobre las rocas, las mencionamos ya al tratar de los efectos químicos del agua auxiliada de esos cuerpos, y por tanto nos referimos á aquella parte de la Geología Dinámica al considerar los efectos químicos de la atmósfera: al tratar de la vida, como factor geológico, citarémos otros hechos referentes á la influencia química de los propios cuerpos.

Accion del ázoe.

Del ázoe atmosférico se derivan el ácido azótico y los salitres, que tambien ejercen acciones químicas y erosivas muy marcadas sobre las rocas.

Accion combinada del aire y del agua.

El aire es el vehículo que lleva los vapores acuosos del lugar de su produccion á las regiones elevadas donde se condensan y caen al estado de lluvia, de nieve ó de granizo. Se ve, pues, de varias maneras la relacion ó ayuda recíproca que existe entre la atmósfera y el agua para ejercer sus efectos geológicos. A impulso del viento se agitan las olas del mar y producen sobre las rocas los efectos que ántes mencionamos.

Efectos de erosion y trasporte.

A estos efectos dinámicos debemos añadir los de erosion y trasporte que el aire puede tambien efectuar. Cuando sopla con fuerza levanta las arenas y otros fragmentos de las rocas, destroza las ramas de los árboles, y con los cuerpos que arrastra hiere las superficies de las rocas y les arranca partículas que se unen á las que ya tenian en movimiento.

En las orillas del mar es donde se ve con más claridad el poder de trasporte que tiene el viento: allí las arenas se cambian

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Médanos. de un lugar á otro formando esos montículos movedizos que se llaman *médanos*. A efecto de estos cambios se forman diques que desvian los cursos de agua; se aislan charcos y lagunas; se atierran y desaparecen, otras; se producen á inundaciones, etc. Terribles son las lluvias de arenas que el viento produce en los desiertos de Sahara, y que pueden sepultar poblaciones y caravanas enteras.

Lluvias de arenas.

Trasporte de polvo y de arenas. A orillas de los lagos y de los rios, en los arenales grandes ó pequeños, se observan efectos análogos; y en fin, el trasporte de polvo finísimo lo vemos diariamente al observar el depósito que dentro de las habitaciones se hace, especialmente sobre los muebles.

Ejemplos locales. Para dar un ejemplo de fácil observacion podemos referirnos á los cambios de arenas que tienen lugar á orillas de los lagos y lagunas del valle de México: en la estacion de las secas rigen con frecuencia los vientos australes, y las arenas se cambian formando montículos en diversas partes, y aislando depósitos de agua que se evaporan, dejan á seco sus sedimentos salinos ó de materias orgánicas: á impulsos del viento vienen las arenas volcánicas de algunos cráteres apagados y cerros arenosos que se encuentran cercanos á los lagos, cuyo acarreo tiende á aterrar esos depósitos de agua ó á formar sedimentos en sus márgenes; á ese efecto se debe el nivel superior que sobre los caminos tienen los terrenos vecinos limitados por muros ó cercas de piedras que represan las arenas.

Vimos ya el trasporte de las cenizas volcánicas á grandes distancias por los vientos.

Formaciones meteóricas. La estructura de los depósitos formados por los vientos se mencionó ya al tratar de las rocas; esas formaciones se designan con el nombre de *meteóricas*.

Para completar los datos que sobre este particular hemos dado relativos al Valle de México, dirémos que en las noticias publicadas por el Observatorio Meteorológico Central se ve que el aire dominante es del N.W. en la mayor parte del año, y que en la primavera son frecuentes los vientos que vienen de los cuadrantes australes: la velocidad média anual del aire oscila

entre 0^m7 y 1^m2 por segundo: la velocidad extrema ha llegado hasta 18 metros por segundo.

En el Golfo de México la estacion de los *Nortes* se comprende entre Setiembre y Marzo.

CAPÍTULO V.

LOS ANIMALES Y LOS VEGETALES, COMO AGENTES GEOLÓGICOS.

Modo de obrar de la accion fisiológica. La vida que se agita sobre la superficie terrestre, sea en las tierras emergidas ó en las aguas, contribuye de varias maneras en los trabajos geológicos; los séres pueden conservar, destruir y formar las rocas.

Preservacion de las rocas por las plantas. Las humildes plantas criptógamas como los líquenes y los musgos que se extienden sobre las superficies de las rocas, las preservan en muchas ocasiones de la accion erosiva de los agentes atmosféricos.

Las yerbas que crecen en las praderas, y el césped que cubre las pendientes de las montañas, defienden á las tierras de ser desagregadas y arrastradas por las aguas. Este efecto de proteccion, tomado de la naturaleza, lo aprovecha el hombre resguardando las capas de tierra vegetal que cubren los terrenos inclinados, los bordes de los canales y otros cursos de agua; pero principalmente para fijar las arenas movedizas de los médanos es cuando recurre al auxilio que le proporciona la vegetacion, pues las raíces detienen las arenas sueltas que frecuentemente cambian de situacion al impulso de los vientos.

Una planta que en la estacion de secas logre enraizar en el curso de un thalweg, puede formar una presa y aglomerar á su pié las tierras, las arenas y guijarros; allí nacerán nuevas plan-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

tas, y ya unidas formarán una colonia que puede detener ó desviar un curso de agua, favoreciendo unas rocas de la accion de la corriente, y exponiendo otras superficies á los efectos de la erosion.

Accion destructora.

La accion destructora que los séres organizados pueden ejercer no sólo comprende este último caso que acabamos de citar, sino tambien otros de diferente naturaleza.

El tapiz de líquen que en algunos casos protege las superficies de las rocas, en otras forma un depósito de tierra vegetal en la que pueden desarrollarse plantas de organizacion más perfecta. Emiten éstas sus raíces, las introducen en los intersticios de las rocas, y formando poderosas cuñas desgajan las masas, y sus fragmentos, rodando sobre las pendientes de las montañas, pueden llegar á formar poderosos derrumbaderos semejantes á los aludes. Hé aquí un ejemplo de un esfuerzo al parecer insignificante multiplicado por un factor poderoso.

Diseminacion de las semillas.

La fijacion de una semilla que desarrolle un árbol en la grieta de una roca, puede ser efecto de una corriente de agua, ó por su ligereza y órganos accesorios, como penachos, etc., la lleva el viento y la fija en cualquiera aspereza del terreno; las aves y otros animales sirven tambien en muchos casos para diseminar y sembrar las semillas.

Acciones químicas de plantas en descomposicion.

Las plantas, así como las sustancias animales en descomposicion, emiten gases que pueden obrar químicamente sobre ciertos cuerpos minerales, provocando reacciones que den por resultado la descomposicion de unas sustancias y la formacion de otras; así se explica en muchas ocasiones la formacion del hierro palustre, la reduccion de la plata al estado nativo, la emision de gases sulfhídricos á efecto de ciertas algas, etc.

Destruccion de las rocas por los animales.

Los animales que horadan la tierra, sea para buscar sus alimentos ó para labrar sus habitaciones, pueden á veces con trabajos al parecer insignificantes, producir efectos de notable magnitud. Así los insectos, los roedores y otros animales, barrenando las paredes de una barranca, prestan acceso á las aguas; los trozos de rocas se desprenden y dejan nuevas superficies expuestas á la accion de la intemperie.

Sobre todo, en los bordes de los canales y de los rios, en los diques y presas es donde se hace más notable el efecto de esas perforaciones que causan con frecuencia desastrosas inundaciones que pueden devastar grandes comarcas.

Los castores, con la formacion de diques y canales, detienen las aguas á su antojo ó les cambian su direccion, protegiendo algunas superficies de tierras y anegando otras.

Trabajos del hombre.

Los trabajos geológicos del hombre que se desprecian en las citas de este género, contribuyen tambien y en grande escala en las obras de conservacion, destruccion y variacion en las masas de rocas. Practica diques y canales que ponen en comunicacion los rios, lagos y mares; perfora las montañas, les hace tajos profundos, empareja sus desigualdades, y auxiliado por los agentes explosivos destruye montañas y se abre paso á través de las más endurecidas rocas.

Los efectos más notables producidos por los organismos son los depósitos calcáreos y los de carbon.

Pero todos estos efectos casi pasan desapercibidos ante la magnitud de otros trabajos geológicos producidos por los cuerpos organizados, y que parten de estos dos grandes hechos, que Crędner reasume así: "Los depósitos calcáreos que hacen los animales en el fondo del mar y la absorcion del ácido carbónico, la asimilacion y el almacenaje de carbono que efectúan las plantas."

Partiendo de estos hechos, fácil es explicarse de qué manera han contribuido los séres en escala tan vasta en la formacion de las rocas, cuando vemos cordilleras enteras de montañas formadas por conchas, políperos y otros despojos de animales marinos, y cuando recordamos las grandes áreas que marcan los depósitos de carbon fósil que hoy forman la riqueza de muchas naciones.

Depósitos calcáreos de orígen orgánico.

Las conchas marinas y los zoófitos que dejan sus despojos en el fondo de los mares, ó que se asocian para formar islas, bancos y arrecifes de variadas magnitudes, constituyen depósitos, que, sobre todo en las edades antiguas del mundo, venian despues á contribuir en gran manera á la formacion de las tierras emergidas por el levantamiento de esos fondos marinos.

Casi toda las calizas del globo reconocen ese orígen que aca-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN © DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

bamos de señalar. Ya hemos mencionado cómo las montañas calcáreas de la Sierra Gorda y otras cordilleras del país que hoy elevan sus crestas á grandes alturas, no son sino aglomeraciones de conchas y de políperos que en otros tiempos formaban el lecho de los mares.

Actualmente siguen esos trabajos geológicos, y el desarrollo de una gran parte de las faunas marinas se hace á expensas de la materia calcárea llevada al Océano por las aguas que allí van á depositarse. Si no existiera este trabajo admirable de composicion, acabarian por saturarse de sales calcáreas las aguas del océano; pero los séres que allí viven gastan la mayor parte de esas sales en la formacion de sus conchas y habitaciones, y aun estos despojos no se aglomeran de un modo indefinido en el fondo del mar, porque el oleaje los arroja en grandes cantidades sobre las playas y las islas, desembarazándose así de esos cuerpos, que en el trascurso de los siglos tenderian á disminuir su vaso de un modo notable.

El oleaje arroja á las playas muchos de esos despojos.

El crecimiento de los arrecifes de coral se hace de un modo prodigioso, y las olas tienden á limitarlo llevando grandes fragmentos de esas populosas aglomeraciones.

Despojos de crustáceos y de protozoarios.

Y no solamente los moluscos y estos zoófitos que acabamos de mencionar forman esos depósitas calcáreos de gran espesor, sino tambien los crustáceos, y aun esos séres inferiores llamades protozoarios, pues las capas de creta que constituyen gruesos depósitos principalmente en el tiempo mesozoico, están constituidas de restos de esos séres microscópicos. Hay más, el fondo de los mares parece tapizado en toda su extension por una materia protoplásmica llamada *Bathybius* que contiene numerosos corpúsculos calcáreos, y forma una especie de lodo margoso.

Despojos de animales vertebrados.

Los animales vertebrados tambien contribuyen con sus despojos y productos á la formacion de los terrenos, dejándoles un elemento de fertilidad como es el fosfato de cal; los huesos, las escamas, los excrementos, etc., son componentes de esas tierras fertilizantes. Los coprolitos que son excrementos de reptiles, peces ú otros animales fósiles, se encuentran en varias rocas

fosfatadas; el guano, como hemos dicho al definirlo, tiene orígen análogo.

Depósitos de orígen vegetal.

Las plantas han contribuido en muy grande escala y contribuyen aún en la formacion de rocas con esos depósitos carbonosos de que hemos hecho mencion; en la actualidad la formacion de las turberas nos da ejemplo de tales trabajos geológicos.

Depósitos silizosos de los séres microscópicos.

En fin, muchos séres microscópicos, como las plantas diatomeas, forman inmensos depósitos silizosos en el fondo de las aguas, como el trípoli y el tiza con sus pequeñísimos despojos, dando ejemplo de otro factor infinitamente pequeño, produciendo efectos de muy elevada potencia en la Geología dinámica.

Las plantas en descomposicion. Depósitos de carbon.

Dijimos ántes que las plantas almacenaban el carbono del gas carbónico, devolviendo á la atmósfera el oxígeno. Ese carbono asimilado, al destruirse las plantas puede disiparse en combinaciones gaseosas ó quedar una parte fija, segun que aquella descomposicion se verifique al aire libre ó sustraida de este agente. En este último caso la descomposicion es lenta, y más si la presion de algunas capas terrestres obra sobre los restos vegetales. Bajo este modo de descomposicion se han formado los grandes depósitos carboníferos que hoy se encuentran en la corteza terrestre.

Aun de las capas muy antiguas de hulla se escapan los gases carbonados, demostrando que la descomposicion no ha terminado por no haberse facilitado el acceso de la atmósfera como era necesario para la formacion de la antracita y de la grafita que contienen el carbonato más puro.

Causas que activan la carbonizacion.

Las causas que activan la carbonizacion, son: la formacion de hendeduras que provienen del replegamiento de las capas carboníferas; las erosiones que ponen las superficies á descubierto; el metamorfismo ó accion de contacto producido por las rocas ígneas.

Formacion de los lechos de carbon.

Bajo esas circunstancias y con el trascurso relativo de largos espacios de tiempo, se han carbonizado en diversos grados los vegetales trasformándose en grafita, antracita, hulla, lignita, y en fin, la turba que vemos formarse á nuestra presencia por la carbonizacion parcial de las plantas acuáticas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El contacto de rocas ígneas acelera la carbonizacion, y en el terreno puede observarse que bajo esa influencia una capa de hulla se trasforma en antracita, una de lignita en hulla, y así sucesivamente.

Las turberas constituyen tambien en muchos casos formaciones extensas como las que hemos citado en las márgenes del rio Tololotlan, en las cercanías del lago de Chapala.

Resúmen. Se ve, pues, de cuántas maneras contribuyen los organismos á la conservacion, destruccion y formacion de las rocas: conservan y resguardan las superficies de los efectos erosivos de la atmósfera; producen el desgajamiento ó pulimento de las rocas; se aglomeran, en fin, los despojos de los séres para formar vastas acumulaciones de sílice ó de carbon que se depositan en mantos, ó, como los despojos calcáreos, constituyen montañas enteras.

FIN.

APÉNDICE.

HIDROTIMETRÍA.

Artículo publicado por el Sr. Dr. D. Antonio Peñafiel, en la Memoria sobre las aguas potables de la ciudad de México.

I. Empleo de un método rápido en los análisis de las aguas.—II. Bases fundamentales de la Hidrotimetría.—III. La Hidrotimetría francesa.

I. Al comenzar nuestros estudios sobre la influencia que en la salubridad tienen las aguas empleadas en los usos domésticos, nos fijamos en dos puntos principales: en el método de análisis químico que debiamos emplear para el *reconocimiento comparativo* de las aguas usadas en la capital, y en el exámen de las vertientes y acueductos que las llevan á la ciudad.

Los análisis químicos rigurosos y completos, demandan largo tiempo de que no podiamos disponer para terminar este trabajo; debiamos de emplear un método sencillo y pronto, que, sin carecer de la exactitud, nos pudiera dar *resultados comparables*, y nos fijamos en el método hidrotimétrico usado con tanto éxito para el reconocimiento de las aguas potables y las destinadas á los usos industriales.

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El contacto de rocas ígneas acelera la carbonizacion, y en el terreno puede observarse que bajo esa influencia una capa de hulla se trasforma en antracita, una de lignita en hulla, y así sucesivamente.

Las turberas constituyen tambien en muchos casos formaciones extensas como las que hemos citado en las márgenes del rio Tololotlan, en las cercanías del lago de Chapala.

Resúmen. Se ve, pues, de cuántas maneras contribuyen los organismos á la conservacion, destruccion y formacion de las rocas: conservan y resguardan las superficies de los efectos erosivos de la atmósfera; producen el desgajamiento ó pulimento de las rocas; se aglomeran, en fin, los despojos de los séres para formar vastas acumulaciones de sílice ó de carbon que se depositan en mantos, ó, como los despojos calcáreos, constituyen montañas enteras.

FIN.

APÉNDICE.

HIDROTIMETRÍA.

Artículo publicado por el Sr. Dr. D. Antonio Peñafiel, en la Memoria sobre las aguas potables de la ciudad de México.

I. Empleo de un método rápido en los análisis de las aguas.—II. Bases fundamentales de la Hidrotimetría.—III. La Hidrotimetría francesa.

I. Al comenzar nuestros estudios sobre la influencia que en la salubridad tienen las aguas empleadas en los usos domésticos, nos fijamos en dos puntos principales: en el método de análisis químico que debiamos emplear para el *reconocimiento comparativo* de las aguas usadas en la capital, y en el exámen de las vertientes y acueductos que las llevan á la ciudad.

Los análisis químicos rigurosos y completos, demandan largo tiempo de que no podiamos disponer para terminar este trabajo; debiamos de emplear un método sencillo y pronto, que, sin carecer de la exactitud, nos pudiera dar *resultados comparables*, y nos fijamos en el método hidrotimétrico usado con tanto éxito para el reconocimiento de las aguas potables y las destinadas á los usos industriales.

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

II. El agua destilada mezclada con algunas gotas de tintura alcohólica de jabon da inmediatamente por medio de la agitacion en un pequeño frasco de vidrio, una espuma menuda y persistente: la cantidad de jabon necesaria para producir la espuma es una misma para iguales volúmenes de agua destilada.

En una agua *delgada* ó *gorda*, que contiene siempre sales de magnesia ó de cal, y otras que son precipitables por el jabon, la espuma persistente y menuda no aparece si no es hasta que primero han sido precipitadas las sales terrosas por la tintura de jabon y en seguida se ha empleado la cantidad necesaria para formar espuma con igual volúmen de agua destilada.

La cantidad de tintura alcohólica de jabon necesaria para formar espuma persistente por cinco minutos en un volúmen determinado de agua destilada, constituye su grado hidrotimétrico, ó el grado del agua químicamente pura.

La escala de la dureza de una agua es proporcional á la cantidad de sales terrosas ó precipitables por el jabon; por consiguiente, las aguas delgadas ó gordas necesitan mayor cantidad de tintura de jabon para formar la espuma, y esta cantidad forma su grado de dureza ó hidrotimétrico, comparado con el agua destilada. En estos principios está fundado el método del Dr. Clarke para el exámen de las aguas de Inglaterra, método volumétrico que tiene todas las garantías de precision á que han llegado los de su género en la química moderna.

La Hidrotimetría de los Sres. Boutron y Boudet, fundada en los principios analíticos del Dr. Clarke, extiende cada dia sus aplicaciones á la Higiene, á la Agricultura y á la Industria en ambos continentes: hasta el año de 1882 su obra contaba ya siete ediciones, habiendo sido premiada en 1856 por la Academia de Ciencias de Paris, por haber resuelto el problema de determinar de una manera pronta la proporcion de sales de cal y de magnesia que se encuentran en las aguas potables y en las usadas en la industria.

Hicimos un estudio práctico y comparativo de los métodos hidrotimétricos seguidos en Francia y en Alemania: optamos por

el primero, pero tenia á nuestro juicio un defecto capital que nos parecia insuperable. El reactivo principal de la Hidrotimetría del Sr. Boutron no era *homogéneo* en su composicion, y además, con el tiempo sufria una alteracion en la cantidad de jabon, que exigia rectificaciones frecuentes. Siempre que preparábamos ese reactivo una parte del jabon se precipitaba y era preciso *calentarlo* para poder usarlo: pedimos á Francia el preparado por el mismo autor de la Hidrotimetría, y vino con el mismo inconveniente, que nos propusimos remediar, como en efecto lo conseguimos.

No queremos usar ropaje que no nos pertenece al exponer el método hidrotimétrico frances; pero reclamamos lo que nos toca por ser de nuestra propiedad, aunque pequeña.

[1] "La cantidad de jabon necesaria para que 40 centímetros cúbicos de una agua cualquiera produzca una espuma persistente, da, pues, la medida de la cualidad de las sales calcáreas ó magnesianas contenidas en esta agua; y como en la mayor parte de aguas de manantial y de rios la cal y la magnesia son las principales que combinadas con diferentes ácidos, influyen realmente en su cualidad, es evidente que, determinando las proporciones que contienen de estas bases, se determina el valor de estas aguas relativamente al mayor número de sus usos.

"La formacion de la espuma en la superficie del agua es, por otra parte, un fenómeno tan claro; la proporcion del jabon necesaria para producirla (un decígramo por litro) tan pequeña, y el momento en que una agua calcárea ó magnesiana cesa de neutralizar el jabon y ser espumosa por la agitacion es tan fácil de apreciar, que una disolucion alcohólica de jabon puede ser considerada como un reactivo sumamente sensible para demostrar y dosificar las sales calcáreas y magnesianas en líquidos muy diluidos como son las aguas de manantiales y de rios.

1 Hidrotimetría.—Nuevo método para determinar las proporciones de las materias minerales en disolucion en las aguas de manantial y de rios, por MM. Boutron y F. Boudet, miembros de la Academia de Medicina y del Consejo de Higiene pública y de Salubridad del Departamento del Sena, sétima edicion, 1882, pág. 24.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El mérito esencial de este reactivo, es preciso notarlo, proviene de esta circunstancia, que indica inmediatamente por sí mismo, por un fenómeno prominente, el de la espuma, el límite de la accion que las bases terrosas tienen sobre él.

"Empleamos el jabon en disolucion alcohólica, y para evitar los inconvenientes que resultarian de la composicion variable de los jabones del comercio, titulamos el líquido de prueba por medio de una disolucion de cloruro de calcio fundido conteniendo $\frac{1}{4000}$ de su peso, ó 0.25 gramos de esta sal por litro de agua destilada.

"Se puede sustituir al cloruro de calcio una proporcion químicamente equivalente de otra sal capaz de formar con los ácidos grasos del jabon una combinacion insoluble, tal como el cloruro de bario, el nitrato de barita, etc. M. Marchand de Fécamp dice, con razon, que el nitrato de bario es más fácil de manejar que el cloruro de calcio que es delicuescente; pero bajo el punto de vista de la graduacion de nuestra bureta, esta última sal ofrecia ventajas, por lo que se le ha dado la preferencia.

"El equivalente de 0.25 gramos de cloruro de calcio, en nitrato de barita, siendo 0,59 gramos, esta proporcion debe sustituirse para obtener una disolucion barítica del mismo grado.

"Para la preparacion del reactivo de jabon se toman:

"Jabon blanco de Marsella.....	100	gramos.[1]
"Alcohol á 90° centesimales....	1,600	„

"Se disuelve el jabon en el alcohol calentado hasta la ebullicion, se filtra para separar las sales y materias extrañas insolubles en el alcohol que el jabon puede contener, y se añade á la disolucion filtrada, agua destilada pura á 0° del hidrotímetro, 1,000 gramos.

"Se obtienen de este modo 2,700 gramos de un líquido que debe tener un *título* muy aproximado al que vamos á fijar, pero

1 Segun M. Robinet, cuando en esta fórmula se sustituye al jabon blanco de Marsella, 100 gramos de jabon medicinal, llamado amigdalino, bien seco, se obtiene inmediatamente un líquido hidrotimétrico á 22°.

que no puede ser empleado sin someterlo á un ensayo que compruebe su valor real."

[1] Nosotros disolvemos la misma cantidad de jabon en alcohol á 93° grados centesimales, en baño de María, sin que intervenga para titular el reactivo el agua destilada, que es la que *descompone* ó *precipita* el jabon y lo sujeta á variaciones de título que necesitan constantes rectificaciones.

Preparacion del reactivo segun nuestra fórmula.

Jabon amigdalino.....	50	gramos.
Alcohol á 93°.....	1,000	„

Disuélvase en baño de María; se deja enfriar el líquido y se añaden 400 gramos de alcohol á 93°; se agita, se deja en reposo hasta el dia siguiente; se toma el grado segun la fórmula, y se obtiene generalmente el siguiente resultado: 21° con la solucion normal de nitrato de bario.

$$21 : 2 :: 1{,}300 \text{ gramos} : x = 123.8 \text{ gramos.}$$

Se agregó esta cantidad de alcohol á 93°, se rectificó el grado, y el reactivo jabonoso dió 23° exactos.

"El ensaye del reactivo se practica por medio de los mismos utensilios que usamos para determinar la composicion de las aguas, es decir, por medio de una pequeña bureta graduada y de un frasco esmerilado de 60 á 80 centímetros cúbicos de capacidad, *marcado* á 40 centímetros cúbicos por medio de una línea circular.

"La graduacion de la bureta está hecha de tal manera, que una capacidad de 2 centímetros cúbicos y 4 décimos, tomada á partir de una *marca circular*, trazada en el vértice de la bureta, se encuentra dividida en 23 partes iguales y que las divisiones siguientes son perfectamente iguales á las primeras.

1 Presentamos á la Academia de Medicina los dos reactivos, uno preparado por los Sres. Boutron y Boudet, y otro por los autores de esta Memoria.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

"Cada division representa un grado; pero aunque para cada experiencia la bureta deba llenarse hasta la marca circular, el 0° no está inscrito sino debajo de la primera division. Para explicar esta particularidad, debemos decir que la proporcion de agua que hemos adoptado para cada experimento es un veinticincoavo de litro, ó 40 centímetros cúbicos, y que cualquiera que sea la composicion de esta agua, la consideramos como formada de 40 centímetros cúbicos de agua pura y de una cantidad cualquiera de sustancias capaces de descomponer el jabon.

"Para adquirir cierta viscosidad, sin embargo, y estar capaz de producir una espuma persistente, 40 centímetros de *agua pura* exigen una division del líquido de prueba: la primera division de la bureta ha sido reservada para este uso y separada hácia afuera de la graduacion, á fin de que las divisiones siguientes representen única y realmente la cantidad de jabon descompuesto por las materias disueltas en el agua.

"El líquido de prueba debe titularse de manera que 23 divisiones de la bureta, comprendidas entre la marca circular, señalada encima del 0° y la cifra 22, es decir, 22 grados efectivos, sean rigurosamente necesarios para producir una espuma persistente con 40 centímetros cúbicos de la disolucion de cloruro de calcio á $\frac{1}{4000}$, disolucion que llamarémos *normal*.

"En consecuencia, cuando el líquido jabonoso ha sido preparado en las proporciones indicadas, se determina por un experimento el número de grados que 40 centímetros cúbicos de disolucion normal de cloruro de calcio exigen para producir una espuma persistente; si el número de grados que se observan es 22, el reactivo jabonoso es perfecto; pero si es inferior á 22°, se agrega á este líquido una nueva cantidad de agua, calculando que es preciso cerca de $\frac{1}{25}$ de su peso de agua para poder disminuir la fuerza de un grado. Se practica en seguida un nuevo ensayo hasta que se obtenga el título que se busca."

Pero supongamos el caso más frecuente en esta preparacion, que dé 18° para la saturacion de los 40 cc. de solucion de cloruro de calcio ó de nitrato de bario con las condiciones ántes mencionadas; deben agregarse 5 divisiones de alcohol á 90° para

completar las 23, incluso el grado de agua destilada. En este caso puede usarse de la siguiente fórmula de facil aplicacion:

$$18 : 5 :: V : X$$

ó 18 : 5 :: 1000 del líquido que se quiere corregir : $X = \frac{4000}{18}$, cantidad necesaria de alcohol para obtener el grado perfecto.

"Segun lo que precede, la disolucion normal de cloruro de calcio, estando hecha con 25 centígramos de cloruro por un litro de agua, contiene evidentemente un centígramo de esta sal para $\frac{1}{25}$ de litro ó 40 gramos.

"De esto resulta que 22 de líquido de prueba son neutralizados por un centígramo de cloruro, que un grado corresponde á $\frac{0,01}{22} = 0,00045$ de esta sal, y en fin, que cada grado de reactivo neutralizado por 40 centímetros cúbicos de disolucion normal representa $\frac{0,gr.01 \times 25}{22} = 0,0114$ de cloruro de calcio en un litro de esta misma disolucion. Así es que, como es posible con aproximacion de un medio grado apreciar el momento en que se produce una espuma persistente á la superficie de una disolucion, es evidente:

1º Que el reactivo puede acusar $\frac{0.00045}{2}$ ó sea un cuarto de milígramo de cloruro de calcio en 400 gramos de agua, y dosificar con más exactitud todavía cualquiera otra sal terrosa cuyo equivalente químico fuere más considerable.

2º Que operando en 40 centímetros cúbicos de una disolucion de cloruro de calcio, se reconoce con aproximacion de $\frac{0.gr.0114}{2}$ =0.0057 gramos, ó sean 5 ó 6 milígramos la proporcion de cloruro contenido en un litro de esta disolucion.

"Por otra parte, si se considera que segun el análisis de M. Tenard, el jabon marmóreo del comercio está formado de

Sosa	6
Ácidos grasos	64
Agua	30
	100

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

se toma para su equivalente químico el número 6453, y si multiplicando 0.25 gramos de cloruro de calcio por 6453, se divide este producto por el equivalente del cloruro de calcio, 693,20, se obtiene por cociente 2.326 gramos que representan la proporcion de jabon equivalente á 0.25 gramos de cloruro de calcio.

"De aquí esta consecuencia: que un litro de disolucion normal de cloruro de calcio debe exigir 23 decígramos de jabon, para trasformar los 0.25 gramos de sal calcárea en jabon insoluble.

"Pero como la graduacion de la bureta de ensaye ha sido calculada de tal manera, que operando sobre 40 centímetros cúbicos de la disolucion normal, la division 23 y el grado 22 corresponden á la produccion de la espuma persistente, se puede admitir que cada grado de la bureta representa un decígramo de jabon neutralizado por un litro de esta disolucion.[1] La composicion del líquido de prueba y la graduacion de la bureta, son, como se ve, arregladas en tales condiciones, que al operar en 40 centímetros cúbicos de una disolucion cualquiera de cloruro de calcio, se puede saber inmediatamente por el grado que corresponde á la aparicion de la espuma persistente, la proporcion de cloruro contenido en un litro de esta disolucion y la proporcion de jabon que él debe neutralizar.

"Es evidente tambien que una disolucion de una sal de cal, de magnesia, de barita ó de cualquiera otra base capaz de formar un compuesto insoluble con los ácidos del jabon, puede ser analizada por medio del *reactivo* tan fácilmente como una disolucion de cloruro de calcio; pero seria fácil fijar por una simple proporcion los pesos correspondientes á un grado de la bureta, por cada litro de disolucion para las bases terrosas, y formar una tabla que permitiria conocer muy pronto los resultados de estos análisis.

"Si en lugar de una disolucion de cloruro de calcio se so-

1 El número exacto seria 0gr.106 de jabon por cada grado hidrotimétrico, en vez de 0gr.1. En un cálculo riguroso seria preciso multiplicar el número de grados observado por 1,06; se tendria así en decígramos el peso exacto de jabon neutralizado por un litro de agua examinada.

metiera á la experiencia una agua de manantial ó de rio, que contenga, como sucede comunmente, sales de cal y de magnesia,[1] el grado observado indicaria á un mismo tiempo la proporcion de cloruro de calcio y de jabon neutralizado, equivalentes á estas sales, por litro de agua examinada.

"Nada más sencillo, segun esto, que obtener este doble resultado para una agua cualquiera, puesto que basta para esto determinar por un rápido ensaye cuántos grados de *reactivo* exigen 40 centímetros cúbicos de esta agua para producir una espuma persistente.

"Supongamos, por ejemplo, que una agua haya dado el grado 20; este grado hará conocer:

1º El número de órden del agua examinada en una clasificacion metódica, que tendrá por punto de comparacion el agua pura representada por 0°;

2º La proporcion de cloruro de calcio equivalente á las sales de cal y de magnesia contenidas en 1 litro de agua, es decir, $0.114 \times 20 = 0.228$ gramos;

3º La proporcion de jabon que neutralizaria un litro de esta agua, ó sean 20 decígramos. Hemos dado á nuestra bureta el nombre de *hidrotímetro* (medida del valor del agua). Nuestro método de ensaye constituye, pues, la *Hidrotimetría*, y las aguas pueden ser clasificadas segun sus grados *hidrotimétricos*, comparándolos á la agua pura que marca 0°."

Agregamos nosotros que no se conocen aún los extensos y benéficos alcances del método hidrotimétrico para apreciar la calidad de las aguas potables y destinadas á los usos domésticos; pero que cada dia se tienen nuevos hechos en la química que le dan un apoyo sólido y duradero. Pero en todo caso hay

1 Independientemente de las sales de magnesia y de cal, las aguas de manantial y de rios pueden contener una pequeña cantidad de alumina, de siliza, de sales de manganeso y de fierro, que forman tambien con los ácidos del jabon, combinaciones insolubles y cuya presencia es acusada por el reactivo. Su influencia viene, pues, á agregarse á la que tienen sobre el jabon las sales de cal y de magnesia; pero hay que advertir que en la mayor parte de las aguas de rios ó de manantiales no minerales, estas materias, estas sustancias no se encuentran sino en proporciones extremadamente pequeñas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

que tener en cuenta "que un medio solo y aislado, usado en las investigaciones científicas, sin auxiliarse de las demas, conduce á errores deplorables."

Citarémos los hechos siguientes que vienen en auxilio de la Hidrotimetría y de sus aplicaciones. El agua destilada es un disolvente ménos poderoso y activo que una agua cargada de principios orgánicos en disolucion: el agua que contiene sales minerales disueltas es un disolvente más activo que el agua pura á 0° del hidrotímetro.

Por último, para aplicar la Hidrotimetría al exámen de las aguas de manantial y delgadas del Valle de México, debe tenerse presente que las sales de cal que en Europa figuran en primer término para dar *crudeza* á las aguas, en las potables del Valle de México se encuentran en pequeñísimas cantidades, miéntras que predominan la siliza y sus combinaciones salinas, materiales que forman sus resíduos incrustantes. Esto se comprende fácilmente: las aguas brotantes de nuestros manantiales suben por la presion hidráulica, atravesando rocas volcánicas en cuyos componentes dominan los materiales silizosos y no los calcáreos.

Sigue la copia:

"No nos hemos limitado á determinar en conjunto la cantidad de la cal y de la magnesia contenida en las aguas; hemos procurado extender más las aplicaciones de la Hidrotimetría y hemos hecho un verdadero medio de análisis cuantitativo y cualitativo, pudiendo servir no solamente para determinar la composicion de las aguas de manantial y de rio, haciendo abstraccion de las materias orgánicas que pueden allí encontrarse en variables cantidades, sino tambien para resolver con prontitud un gran número de otros problemas análogos.

"Las sustancias minerales contenidas en las aguas de manantiales y de rios consisten principalmente en carbonatos de cal y magnesia, asociados á proporciones variables, pero comunmente pequeñas, de estas mismas bases en estado de sulfatos, nitratos y clorhidratos. Se encuentran en ellas, además, algunas sales de sosa y de potasa, y pequeñísimas porciones de fierro y de

manganeso, de siliza y de alumina. La pureza de estas aguas y su valor, bajo el punto de vista de sus usos, depende, pues, en primer término, de las cantidades de cal y de magnesia que contienen, y de la naturaleza de los ácidos combinados con estas bases.

"Así es que, en la práctica, el objeto verdaderamente útil del análisis de las aguas de manantiales y de rios puede alcanzarse limitándose á dosificar la cal y la magnesia que contiene, y determinando en qué proporciones se encuentran combinadas con cada uno de los diferentes ácidos que las saturan. Pero la Hidrotimetría puede dar estos datos esenciales; sin embargo, para fijar el verdadero valor y exactitud de este método es necesario exponer los hechos principales que le sirven de base y que solamente hemos admitido despues de haberlos comprobado y rectificado por nuestros propios experimentos.

"Estos hechos son tres:

"El primero es que el líquido hidrotimétrico preparado y titulado conforme á nuestras indicaciones, se conduce en presencia de las sales de *bases terrosas* capaces de formar compuestos insolubles con los ácidos grasos del jabon, como un compuesto perfectamente definido, y ejerce sobre ellas una accion exactamente proporcional á sus equivalentes químicos.

"El segundo es que en los límites en que la Hidrotimetría puede dar indicaciones exactas, ó sea operando en aguas cuyo grado no se eleve arriba de 25 ó 30 grados, las cantidades de sales de sosa ó de potasa que en las aguas se encuentran comunmente, no tienen accion perturbadora en el líquido hidrotimétrico.

"El tercero, en fin, es que el carbonato de magnesia, siendo mucho ménos insoluble en el agua que el carbonato de cal, sobre todo en frio, cuando una agua contiene bicarbonatos de cal y de magnesia solamente, ó estas mismas sales asociadas á otras sales de cal y de magnesia, se producen las reacciones siguientes bajo la influencia de la ebullicion, convenientemente prolongada.

"1º Si el agua contiene bicarbonatos de cal y de magnesia

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEON ®
DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

con ó sin otras sales de magnesia, se trasforman durante la ebullicion los bicarbonatos en carbonatos, el carbonato de cal se precipita sólo acompañado de una pequeña cantidad de carbonato de magnesia; pero por el enfriamiento y la agitacion del agua, esta última se vuelve á disolver de manera que al filtrar no se separa más que el carbonato de cal.

"2º Si los carbonatos de cal y de magnesia están asociados á una ó varias sales de magnesia y de cal, como sulfatos, nitratos ó clorhidratos, y en cantidad suficiente para que la cal predomine con relacion al ácido de los dos carbonatos, se verifica durante la ebullicion tal reparticion de los ácidos entre las bases, que el líquido se conduce como si todo el ácido carbónico que contiene estuviera combinado con la cal, de tal modo que la mitad de este ácido se desprende miéntras la otra mitad se precipita al estado de carbonato de cal y se encuentra en el líquido filtrado el sobrante de la cal y la totalidad de la magnesia combinadas con los ácidos sulfúrico, nítrico y clorhídrico.

"Esto supuesto, si en una agua cualquiera que contenga sales de cal y de magnesia se vierte oxalato de amoniaco en cantidad conveniente, toda la cal se precipita desde luego al estado de oxalato insoluble, y puede ser aislado por la filtracion, miéntras que la magnesia queda disuelta en oxalato amoniaco–magnesiano. El grado hidrotimétrico de esta disolucion representa la magnesia que contiene, y si se resta este grado de el del agua misma ántes de la precipitacion, la diferencia entre estos dos grados debe representar, á su vez, la cantidad total de la cal que existia en el agua examinada.

"Por otra parte, si se pone una nueva cantidad de esta agua á una ebullicion prolongada durante una media hora, si se completa su volúmen primitivo con agua destilada y si se filtra despues de haberla dejado enfriar, y despues de haberla agitado se separa el carbonato de cal que la ebullicion ha precipitado, su grado hidrotimétrico comparado con el que tenia ántes de la ebullicion, demuestra, por diferencia, la cantidad de carbonato de cal que el agua ha perdido.

"Así es que tomando:

1º El grado hidrotimétrico de una agua cualquiera;

2º El grado hidrotimétrico de esta misma agua precipitada por el oxalato de amoniaco y filtrada;

3º El grado de esta agua hervida durante 30 minutos, agitada y filtrada despues de su enfriamiento,

"Se puede conocer:

1º La categoría ó número de órden de esta agua en la escala hidrotimétrica;

2º La cantidad de jabon que neutraliza por litro;

3º La cantidad de cal que contiene;

4º La proporcion de magnesia;

5º La cantidad de carbonato de cal que se precipita durante una ebullicion prolongada.

"Todos estos datos se obtienen, como se ve, por medio de un solo reactivo, por procedimientos tan sencillos como rápidos en la ejecucion, y desde luego parecen suficientes para establecer el valor relativo de una agua cualquiera.

"Pero además de las materias fijas que existen en disolucion en las aguas dulces, se encuentra tambien un elemento gaseoso, el ácido carbónico libre que allí se encuentra constantemente asociado al aire atmosférico. Este gas no deja de tener influencia en la salubridad y en el valor agrícola é industrial de las aguas; su análisis no es, pues, completo, y no puede tocar su fin si no da á conocer la cantidad de ácido carbónico que contienen; pero tambien este dato se encuentra ordinariamente en el número de los resultados de un análisis completo. Se sabe cuán difícil es de obtener con precision y qué incertidumbre presentan los procedimientos de dosificacion directa del ácido carbónico libre, y qué divergencias existen en esta materia entre las observaciones de los químicos. Un medio de apreciar el ácido carbónico libre, seria, pues, una útil adquisicion para el estudio de las aguas, y daria á nuestro método un complemento necesario. El líquido hidrotimétrico puede servir tambien para este uso. El ácido carbónico, en efecto, descompone el jabon; el Dr. Clark lo ha hecho notar, y nosotros lo hemos rectificado por numerosos experimentos.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

"Cuando se hace pasar una corriente de ácido carbónico en una disolucion acuosa de jabon, se descompone, se enturbia, se pone lechosa y pierde la propiedad de dar espuma por la agitacion. Si se recoge en un filtro el precipitado formado, se ve que tiene las propiedades de un jabon con exceso de ácido graso. Soluble en el alcohol caliente, le comunica la propiedad de enrojecer ligeramente el papel de tornasol; puesto en contacto con el éter, no se disuelve, pero le cede una parte de su ácido; insoluble en el agua fria, se divide en el agua hirviente y la vuelve lechosa.

"Abandonado el líquido jabonoso descompuesto por el ácido carbónico, se regenera lentamente y recobra la propiedad de formar espuma por la agitacion. Calentado, desprende ácido carbónico, se vuelve trasparente y vuelve al estado de disolucion jabonosa.

"Una corriente de ácido carbónico descompone el jabon disuelto en el agua, en jabon con exceso de ácido y en bícarbonato de sosa. Un equivalente de ácido carbónico corresponde exactamente en esta reaccion á un equivalente de jabon. Pero no es así como las cosas pasan cuando se vierte poco á poco en el agua ligeramente cargada de ácido carbónico la disolucion alcohólica de jabon que forma el líquido hidrotimétrico. La cantidad de este reactivo neutralizado por el ácido carbónico, representa solamente un equivalente de jabon por dos equivalentes de ácido carbónico. Esta diferencia en la accion del ácido carbónico sobre el jabon, segun que atraviesa al estado de corriente, una agua jabonosa más ó ménos concentrada, ó que disuelta en el agua está en contacto poco á poco con el líquido hidrotimétrico, es un hecho curioso, pero que sin embargo, se explica, cuando se consideran las condiciones muy diferentes en que se producen los fenómenos. Si se valorizan calculando, segun esta observacion, la relacion que existe entre el líquido hidrotimétrico y el ácido carbónico, los grados del hidrotímetro que corresponden á una disolucion de ácido carbónico, conteniendo un volúmen de este gas, se ve que 40 centímetros cúbicos ó $\frac{1}{25}$ por litro de esta disolucion, deben exigir 218 divisiones ó grados de reactivo

hidrotimétrico. En efecto, el peso de un litro de ácido carbónico, siendo $1^{grm}.974$, y disolviendo el agua un volúmen igual al suyo, en un litro de agua saturada de este gas, se encuentra necesariamente $1^{grm}.974$. Pero siendo el equivalente del ácido carbónico 275, y el del cloruro de calcio 693, es evidente que $1^{grm}.974$ de cada ácido equivale á $1^{grm}.974 \times \frac{693}{275} = 4^{grm}.97$ de cloruro de calcio.

"Por otra parte, la disolucion normal de cloruro de calcio á 22° conteniendo por litro $0^{grm}.25$ de esta sal, la disolucion de ácido carbónico que equivaldria á una disolucion de cloruro que contuviera $4^{grm}.97$ por litro, deberia exigir:

$22° \times \frac{4,97}{0,25} = 437°3$; pero como dos equivalentes de ácido carbónico neutralizan un equivalente de jabon, es preciso tomar solamente la mitad de 437°3, es decir, 218°6 para representar el grado hidrotimétrico de una disolucion saturada de ácido carbónico, ó sea cargada de un volúmen igual al suyo de este gas. El cálculo demuestra que el líquido hidrotimétrico debe ser un reactivo muy sensible para el ácido carbónico en disolucion en el agua, puesto que basta que una agua contenga $\frac{1}{100}$ de su volúmen de este ácido para acusar $\frac{218°6}{100}$, ó sean 2°186, ó 2°19 en el hidrotímetro.

"La experiencia nos ha demostrado, en efecto, que una disolucion de ácido carbónico al décimo de su volúmen exigia 21°5 de líquido hidrotimétrico; que una disolucion al vigésimo exigia 11°, y otra al décimosexto, 14°, lo que está conforme exactamente con el cálculo. Debemos notar, sin embargo, que la reaccion del ácido carbónico sobre el líquido hidrotimétrico es ménos pronta que las de las bases terrosas, y que las determinaciones del ácido carbónico reclaman una atencion particular.

"Resulta de lo que precede, que cuando se somete á prueba del hidrotímetro una agua que contiene ácido carbónico libre, una parte del reactivo hidrotimétrico es neutralizada por el ácido carbónico, de manera que su grado no representa solamente las sales de cal y de magnesia, sino tambien el ácido carbónico libre que las acompaña: la presencia y las proporciones variables de este gas perturbarian, pues, la exactitud de los resulta-

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

dos, si no fueran tomadas; pero es posible tenerlas en cuenta, siguiendo la marcha que vamos á describir, para el análisis de las aguas dulces. Sin embargo, ántes de exponer la marcha general nos queda dar á conocer el procedimiento que hemos aplicado á la determinacion del ácido sulfúrico y del cloro que se encuentran frecuentemente en las aguas dulces en combinacion con las bases; éste consiste en lo siguiente:

"Se determina primero el grado hidrotimétrico del agua al estado natural; se pone en seguida á una ebullicion de 30 minutos en un matraz marcado, cierta cantidad de esta misma agua, se deja enfriar, se restablece el nivel del agua hervida con destilada, se agita para hacer una mezcla exacta y se toma el grado hidrotimétrico. En esta agua que la ebullicion ha despojado del ácido carbónico y del carbonato de cal, es en donde se busca la proporcion de ácido sulfúrico y de cloro que se encuentra al estado salino. Si su grado hidrotimétrico es 16, por ejemplo, se toman 40 centímetros cúbicos de esta agua, se le agrega el equivalente de 16° de nitrato de barita, es decir, $\frac{8}{10}$ de centímetro cúbico de una disolucion titulada de esta sal, representando 20° por 1 centímetro cúbico; se obtiene de este modo un líquido que representa 32° hidrotimétricos, de los cuales 16° son de barita; pero la reaccion del ácido de los sulfatos contenidos en el agua sobre la barita, produce un depósito del sulfato de barita, que hace bajar este grado proporcionalmente á la cantidad de esta sal que se ha formado; y en efecto, si despues de haber dejado precipitar y haber filtrado el líquido se toma su grado, se reconoce que ha descendido á 20° por ejemplo: ha tenido, en consecuencia, una pérdida de 12° que representa 12° de ácido sulfúrico ó de sulfato.

"Para determinar el cloro de los cloruros, se sigue exactamente la misma marcha que para el ácido sulfúrico, sustituyendo una disolucion neutra y titulada á 20° de nitrato de plata, á la solucion de nitrato de barita. Estas disoluciones se componen, para el nitrato de barita, de $2^{grm}\cdot14$ de nitrato para 100 gramos de agua, y para el nitrato de plata de $2^{grm}\cdot77$ de esta sal para la misma cantidad de agua.

"Obtenido por estas experiencias el número de grados hidrotimétricos correspondientes al ácido sulfúrico ó al cloro, se deducen las proporciones de estos cuerpos, multiplicando por este número el equivalente en ácido sulfúrico ó en cloro, de un grado hidrotimétrico, segun la tabla siguiente:

Tabla de los equivalentes en peso de un grado hidrotimétrico por un litro de agua.

Cal	1° =	$0^{grm}\cdot0057$
Cloruro de calcio	1° =	0 0114
Carbonato de cal	1° =	0 0103
Sulfato de cal	1° =	0 0140
Magnesia	1° =	0 0042
Cloruro de magnesia	1° =	0 0090
Carbonato de magnesia	1° =	0 0088
Sulfato de magnesia	1° =	0 0125
Cloruro de sodio	1° =	0 0120
Sulfato de sosa	1° =	0 0146
Ácido sulfúrico	1° =	0 0082
Cloro	1° =	0 0075
Jabon á 50 por 100 de agua	1° =	0 1061
Ácido carbónico	1° =	$0^{lit.}$ 005

"La exposicion que precede de las aplicaciones del hidrotímetro al análisis de las aguas, demuestra que este aparato basta para apreciar no solamente las proporciones de cal y de magnesia que contienen, sino tambien las de carbonato de cal que se precipita por una ebullicion prolongada, y las del ácido carbónico libre y de los sulfatos y cloruros que se encuentran en ellas: falta dar á conocer los aparatos que deben emplearse, y la marcha general que debe seguirse para hacer un análisis hidrotimétrico.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Instrucciones sobre el empleo del hidrotímetro para determinar la composicion de las aguas de manantiales y de rios.

"Los ensayes hidrotimétricos se practican por medio de un frasco marcado á 10, 20, 30 y 40 centímetros cúbicos, y de una bureta graduada que hemos designado con el nombre de hidrotímetro.

"Cada ensaye necesita 40 centímetros cúbicos ó 40 gramos de agua que se miden en el mismo frasco.

"El hidrotímetro está graduado de tal manera, que la marca circular puesta en el vértice del instrumento, es el límite que el reactivo debe tocar para estar cargado.

"La division comprendida entre esta señal circular y el 0°, representa la porcion del líquido necesario para producir el fenómeno de la espuma con el agua destilada pura.

"Los grados que siguen al 0, ó primera division, son los grados hidrotimétricos. La composicion del reactivo ha sido calculada de manera que cada grado representa $0^{grm.}1$ de jabon neutralizado por litro de agua sometido á la experiencia, y corresponde, sea á 0,0114 de cloruro de calcio, sea á $0^{grm.}01$ de carbonato de cal para la misma cantidad de agua.

"El grado hidrotimétrico de una agua indica, pues, inmediatamente la proporcion de jabon que neutraliza por litro y la medida de su pureza.

"El hidrotímetro, útil para clasificar las aguas segun su pureza, sirve tambien para hacer hasta ciertos límites un análisis.

"Una caja de análisis hidrotimétrico se compone de lo siguiente:

1º De un hidrotímetro;

2º De un frasco de ensaye de 60 centímetros cúbicos de capacidad y señalado á 10, 20, 30 y 40 centímetros cúbicos, por medio de líneas circulares;

3º De un frasco de líquido hidrotimétrico, que ántes de emplearlo debe rectificarse su *título*, por medio de una disolucion normal de cloruro de calcio ó de nitrato de barita;

4º De un frasco de agua destilada;

5º De otro de una disolucion de oxalato de amoniaco al sexagésimo;

6º De un frasco de nitrato de barita titulado á 20° por un centímetro cúbico;

7º De una pipeta dividida en décimos de centímetro cúbico;

8º De un matraz marcado por una señal circular en la base de su cuello;

9º De una lámpara de alcohol con recipiente para tener el matraz sobre la lámpara;

10º De un embudo de cristal;

11º De un tubo agitador;

12º De un termómetro para tomar la temperatura del agua.

"Se puede agregar un frasco con una solucion de nitrato de plata titulado á 20° por un centímetro cúbico.

Determinacion del grado hidrotimétrico de las aguas. Ensayes preliminares.

"Cuando se quiere ensayar una agua cualquiera, se debe, ante todo, comenzar por tomar una pequeña cantidad (20 á 25 gramos por ejemplo) en una copa, y se vierte un centímetro cúbico de reactivo jabonoso. Si despues de algunos instantes de agitacion por medio de un agitador, el agua toma un tinte opalino sin dar precipitados grumosos, se puede hacer el ensaye sin ocurrir á la dilucion por medio del agua destilada, como para este caso lo vamos á indicar.

"Si, por el contrario, el agua sometida á este experimento preliminar produce *grumos*, se debe inferir que está muy cargada de sales de cal y de magnesia para que se pueda ensayar tal como es, y que es preciso mezclarla con agua destilada, de manera que se rebaje á un grado hidrotimétrico inferior á 30 grados. Se agrega una, dos ó mayor número de veces su volúmen de agua

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ® DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

destilada, segun que es más ó ménos impura, y esta adicion se practica fácilmente por medio de un frasco de ensaye marcado de 10 en 10 centímetros cúbicos, hasta 40 ó mayor todavía, por medio de una pipeta exactamente graduada. Cuando la mezcla se hace en proporciones convenientes, se puede analizar con seguridad; pero se debe tener cuidado de contar el doble, triple ó cuádruple del grado observado, segun que se haya añadido 1, 2 ó 3 volúmenes de agua destilada.

"Sucede algunas veces que el agua destilada no es perfectamente pura y que necesita más de una division del reactivo hidrotimétrico para dar una espuma persistente; así es que, cuando se debe mezclar en porciones más ó ménos grandes con el agua que se quiere ensayar, importa rectificar previamente el grado que tenga. Es fácil de comprender, en efecto, que si una agua destilada, en lugar de dar una espuma persistente á 0°, y de neutralizar solamente una division del líquido hidrotimétrico, neutraliza 2 ó 3, aumentaria al agua que se analiza uno ó dos grados que no le pertenecen realmente; y que este error, multiplicado por el número de volúmenes empleados de agua destilada, perjudicaria singularmente á la exactitud de los resultados. Esta observacion es de grande interes. Otra haré-mos tambien que se refiere al líquido hidrotimétrico mismo. Este líquido, cuyo título exacto es la condicion fundamental de los ensayes hidrotimétricos y la garantía de sus resultados, puede tener modificaciones con el tiempo, como todas las preparaciones análogas, y ofrecer variaciones dependientes del cuidado que se ponga en su preparacion para evitar estas causas de error; cuando se trata de experimentos que necesitan una perfecta exactitud, es necesario, ántes de emprender una serie de análisis, rectificar su título por medio del líquido *normal* compuesto de $0^{grm.}25$ de cloruro de calcio fundido, ó mejor de $0^{grm.}59$ de nitrato de barita por litro de agua destilada perfectamente pura, recordando que este líquido normal debe marcar 22°. Al tomar el grado hidrotimétrico de una agua, el calor de la mano que tiene la bureta puede dilatar el reactivo y cambiar el resultado del ensaye. Para evitar este inconveniente es útil tomar

la bureta con una pinza de madera, como lo aconseja M. Peligot.

ENSAYE.

"Para ensayar una agua se miden 40 centímetros cúbicos en el frasco marcado, y se vierte poco á poco el líquido hidrotimétrico contenido en la bureta, examinando de tiempo en tiempo si agitando el líquido se produce una espuma ligera y persistente. Esta espuma debe formar en la superficie del agua una capa regular de más de medio centímetro de altura y sostenerse por lo ménos diez minutos sin apagarse. El grado que se lee en el hidrotímetro cuando se llega á obtener esta espuma, es el grado hidrotimétrico del agua examinada.

"No se debe anotar este grado sino despues de haber esperado el momento en que el líquido adherente á las paredes internas de la bureta se haya escurrido, y esté perfectamente fijo su nivel ó *menisco*.

"Este grado indica:

1º El número de decígramos de jabon que el agua neutraliza por litro;

2º La medida de su pureza ó el lugar que ocupa en la escala hidrotimétrica. Sea 20° el grado observado; resulta que un litro de agua ensayado neutraliza 20 decígramos ó 2 gramos de jabon, y que esta agua lleva por número de órden 20° en la escala hidrotimétrica.

Determinacion del ácido carbónico y de las sales de cal y de magnesia contenidas en las aguas de manantiales y de rios.

"Esta determinacion solamente requiere cuatro operaciones sucesivas y demanda de 400 á 500 gramos de agua.

La primera operacion consiste en tomar el grado hidrotimétrico del agua al estado natural;

La segunda en tomar el grado despues de haber precipitado la cal por medio del oxalato de amoniaco;

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La tercera en tomar el grado despues de haber eliminado por la ebullicion el ácido carbónico y el carbonato de cal;

La cuarta en tomar el grado despues de haber precipitado por el oxalato de amoniaco las sales de cal que no han sido separadas por la ebullicicn.

"Se procede del modo siguiente:

"Despues de haber fijado el grado hidrotimétrico del agua natural, se mide por medio del frasco de ensaye una nueva cantidad de agua igual á 50 centímetros cúbicos, y se le agregan 2 centímetros cúbicos de disolucion de oxalato de amoniaco al sexagésimo (agua destilada 59 gramos, oxalato de amoniaco 1 gramo).

"Se agita fuertemente el líquido por medio de un tubo y se abanpona durante media hora; se filtra despues, y ya no contiene sales de cal; se miden 40 centímetros cúbicos y se toma el grado.

"Por otra parte, se llena con el agua que se quiere analizar el matraz hasta su marca circular, se hierve suavemente durante media hora por medio de la lámpara de alcohol para desprender el ácido carbónico y precipitar el carbonato de cal; se deja enfriar completamente; se repone el volúmen primitivo del agua hervida, agregando agua destilada hasta el nivel ó menisco de la señal circular, despues de haber cerrado el matraz por medio de un tapon, se agita el agua con el depósito que se ha formado; en fin, se filtra y se toma el grado de 40 centímetros cúbicos de esta agua filtrada.

"En último lugar: se toman 50 centímetrcs cúbicos de esta misma agua hervida y filtrada, y se agregan 2 centímetros cúbicos de oxalato de amoniaco, que elimina la cal que la ebullicion no ha precipitado al estado de carbonato. Se agita con el tubo, se deja reposar, se filtra y se toma el grado de 40 centímetros cúbicos del líquido filtrado.

"Supongamos que se haya encontrado:

1º El grado hidrotimétrico del agua al estado natural..... = 25°
2º El grado del agua precipitada por el oxalato de amoniaco..... = 11°

3º El grado del agua hervida y filtrada..... = 15°
4º El grado del agua hervida, filtrada y precipitada por el oxalato de amoniaco..... = 8°

"Se debe hacer una correccion al tercer resultado, para tener cuenta del carbonato de cal, que en razon de su solubilidad en el agua, no ha sido precipitada por la ebullicion. Esta correccion consiste en restar 3° de la cifra observada, es decir, en el ejemplo presente, 3° de 15° igual á 12°.

"El carbonato de cal, siendo un poco soluble en el agua, ésta retiene á la temperatura ordinaria una cantidad no despreciable. M. Peligot, cuya habilidad y exactitud son reconocidas, la valúa en $0^{grm}.02$ por litro, empleando el mármol en polvo ó el carbonato de cal artificial. Ensayando con el hidrotímetro una disolucion de carbonato de cal, que hemos descompuesto por una ebullicion prolongada y filtrada, hemos observado que marcaba sensiblemente 3° que representan 0,03 de carbonato de cal por litro. Se puede admitir que en las condiciones de práctica en que hemos debido colocarnos, el agua retiene una cantidad de carbonato de cal superior á aquella que puede disolver cuando debe vencer la cohesion del mármol pulverizado; hemos admitido que las aguas cargadas de bicarbonato de cal retenian $0^{grm}.03$ de carbonato por litro despues de la ebullicion prolongada, y hemos fijado segun este número la correccion de que se trata.

"Hecha esta correccion, se deben interpretar los cuatro diferentes datos obtenidos del modo siguiente:

1º El primero, 25°, representa la suma de las acciones producidas en el jabon por *el ácido carbónico*, el *carbonato de cal*, las *diversas sales de cal*, y las *sales de magnesia*, contenidas en el agua analizada.

2º El segundo, 11°, representa las sales de magnesia y el ácido carbónico que quedaron en el agua despues de la eliminacion de la cal; por consecuencia, $25° - 11° = 14°$ *representan las sales de cal.*

3º El tercero, 15°, reducidos á 12°, despues de la correccion, representa las sales de magnesia y las sales de cal, diferentes del

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

carbonato. 25° — 12° = 13° representan, por consecuencia, el *carbonato de cal* y el *ácido carbónico.*

4º El cuarto, 8°, representa *las sales* de magnesia contenidas en el agua, y que no han podido precipitarse, ni por la ebullicion, ni por el oxalato de amoniaco.

"Las sales de cal y de magnesia, estando representadas las primeras por 14°, las segundas por 8° y el conjunto por 22°, es evidente que de los 25° del agua al estado natural, quedan 3° para el *ácido carbónico.*

"En resúmen, se puede inferir de las observaciones precedentes:

1º	Que el ácido carbónico, las sales de cal y de magnesia contenidas en un litro de agua examinada equivalen á.....	25°
	Que, por consecuencia, un litro de esta agua neutraliza 25 decígramos $2^{grm}.50$ de jabon.	
2º	Que las sales de cal equivalen á.....	14°
3º	Que las sales de magnesia equivalen á.....	8°
4º	Que el ácido carbónico equivale á.....	3°
5º	Que el ácido carbónico equivalente á 3°, el carbonato de cal y el ácido carbónico reunidos, equivaliendo á 13°, el carbonato de cal equivale á 13° — 3=	10°
6º	Que las sales de cal en totalidad, equivaliendo á 14° y el carbonato de cal á 10°, el sulfato de cal ó las sales de cal, otros que el carbonato equivalen á 14° — 10° =...	4°

"Se ve que el agua examinada contiene:

1º	Ácido carbónico.....	3°
2º	Carbonato de cal.....	10°
3º	Sulfato de cal ó sales de cal diferentes del carbonato	4°
4º	Sales de magnesia.....	8°
		25°

"Por medio de la pequeña tabla de la página 415, que indica el equivalente de un grado hidrotimétrico para un litro de agua de cierto número de cuerpos, es fácil traducir estos grados en pesos para las sales y en volúmen para el ácido carbónico. Basta para esto multiplicar el número de los grados observados para cada cuerpo en particular, por el número correspondiente á 1° hidrotimétrico de este cuerpo.

"En el caso particular que hemos elegido, suponiendo que la cal se encuentre en el agua al estado de carbonato y de sulfato, y la magnesia al estado de sulfato, se ve que el agua analizada deberia contener:

Ácido carbónico libre...	3° =	3 × $0^{lit.}$ 005 =	$0^{lit.}$ 015
Carbonato de cal.....	10° =	10 × 0 0103 =	0 103
Sulfato de cal.....	4° =	4 × 0 0140 =	0 056
Sulfato de magnesia.....	3° =	8 × 0 0125 =	0 100
			0 259

"Es de notar que la proporcion de ácido carbónico libre contenido en las aguas dulces siendo muy pequeña, que un grado de carbonato de cal equivaliendo á $0^{grm}.01$ de esta sal, y que los números proporcionales de esta sal y de los sulfatos de cal y de magnesia, no siendo muy diferentes los unos de los otros, el grado hidrotimétrico de una agua representa aproximadamente, en general, el peso en centígramos de las sales terrosas contenidas en un litro de esta agua, de suerte que, si por ejemplo, el grado hidrotimétrico de una agua es de 25°, se puede presumir *a priori*, que el peso de las sales terrosas que contiene no debe alejarse mucho de 0,23 á 0,25. Esta preciosa coincidencia ha sido comprobada en gran número de análisis. En el estudio anterior se obtiene 0,259 para el peso de las sales terrosas contenidas en una agua á 25°.

"Si se quieren encontrar las proporciones de sulfatos ó de cloruros, se ocurrirá á los medios mencionados ya para la determinacion del ácido sulfúrico ó del cloro."

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Sin este método de los Sres. Boutron y Boudet, no nos hubiera sido posible emprender en tan corto tiempo el análisis comparativo de las aguas, desde las de lluvia y los deshielos del Popocatepetl, que son las más ligeras, hasta las más calcáreas del Peñon de los Baños, que tiene 98° hidrotimétricos; no habriamos podido decir con la seguridad que hoy lo afirmamos, que el agua delgada que surte á la capital, reconocida como la mejor, es la más insalubre. Por fortuna la ciudad de México dispone de preciosos recursos, ignorados hasta hoy, en las magníficas aguas que puede hacer venir fácilmente de los manantiales abundantísimos de las orillas del lago de Xochimilco y que puede aumentarse el caudal de las de Chapultepec, ampliándolas por medio de convenientes excavaciones.

Pocos países tienen la fortuna de disponer de tan ricos y providenciales elementos de vida; los rios que dan las aguas potables de Europa y de las más populosas ciudades de América, arrastran en su curso materiales calcáreos, orgánicos y tambien organizados, tan peligrosos para la propagaciou de las epidemias y que perjudican por sus elementos fermentescibles, á un gran número de aplicaciones domésticas de las aguas potables.

FÓRMULAS PRÁCTICAS DE LA HIDRÁULICA

PARA DETERMINAR

El volúmen de agua que lleva una corriente y cuyo conocimiento es indispensable á un geólogo.

Apuntes formados por el Ingeniero D. Miguel Iglesias.

De muchas maneras puede presentársenos el agua en su movimientos de descenso, dando ocasion á variados estudios y combinaciones; pero no siendo el objeto de estos apuntes tratar esta cuestion bajo las diferentes fases que pueda tener, y sí sólo recordar las principales fórmulas de la Hidromensura para calcular el gasto ó volúmen de un curso de agua, en las circunstancias más generales que pueden presentarse á un geólogo, nos limitarémos á considerar los casos del derrame del agua de un manantial ó depósito; de un canal más ó ménos grande de seccion y pendiente uniformes; de un arroyo ó riachuelo de seccion irregular; y de un rio cuyo régimen pueda considerarse constante. Los demas casos especiales que pueden interesar al ingeniero, al mecánico ó al agricultor, se hallan desarrollados y pueden estudiarse con minuciosidad en los diferentes tratados de Hidráulica, permitiéndonos citar aquí el excelente resúmen de las fórmulas de la Hidromensura que acaba de publicar el Ingeniero M. Fernández Leal, y que se ha adoptado como texto en la Escuela Especial de Ingenieros de esta capital.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Sin este método de los Sres. Boutron y Boudet, no nos hubiera sido posible emprender en tan corto tiempo el análisis comparativo de las aguas, desde las de lluvia y los deshielos del Popocatepetl, que son las más ligeras, hasta las más calcáreas del Peñon de los Baños, que tiene 98° hidrotimétricos; no habriamos podido decir con la seguridad que hoy lo afirmamos, que el agua delgada que surte á la capital, reconocida como la mejor, es la más insalubre. Por fortuna la ciudad de México dispone de preciosos recursos, ignorados hasta hoy, en las magníficas aguas que puede hacer venir fácilmente de los manantiales abundantísimos de las orillas del lago de Xochimilco y que puede aumentarse el caudal de las de Chapultepec, ampliándolas por medio de convenientes excavaciones.

Pocos países tienen la fortuna de disponer de tan ricos y providenciales elementos de vida; los rios que dan las aguas potables de Europa y de las más populosas ciudades de América, arrastran en su curso materiales calcáreos, orgánicos y tambien organizados, tan peligrosos para la propagaciou de las epidemias y que perjudican por sus elementos fermentescibles, á un gran número de aplicaciones domésticas de las aguas potables.

FÓRMULAS PRÁCTICAS DE LA HIDRÁULICA

PARA DETERMINAR

El volúmen de agua que lleva una corriente y cuyo conocimiento es indispensable á un geólogo.

Apuntes formados por el Ingeniero D. Miguel Iglesias.

De muchas maneras puede presentársenos el agua en su movimientos de descenso, dando ocasion á variados estudios y combinaciones; pero no siendo el objeto de estos apuntes tratar esta cuestion bajo las diferentes fases que pueda tener, y sí sólo recordar las principales fórmulas de la Hidromensura para calcular el gasto ó volúmen de un curso de agua, en las circunstancias más generales que pueden presentarse á un geólogo, nos limitarémos á considerar los casos del derrame del agua de un manantial ó depósito; de un canal más ó ménos grande de seccion y pendiente uniformes; de un arroyo ó riachuelo de seccion irregular; y de un rio cuyo régimen pueda considerarse constante. Los demas casos especiales que pueden interesar al ingeniero, al mecánico ó al agricultor, se hallan desarrollados y pueden estudiarse con minuciosidad en los diferentes tratados de Hidráulica, permitiéndonos citar aquí el excelente resúmen de las fórmulas de la Hidromensura que acaba de publicar el Ingeniero M. Fernández Leal, y que se ha adoptado como texto en la Escuela Especial de Ingenieros de esta capital.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

PRIMER CASO.

Las aguas de un manantial ó depósito tienen generalmente salida por orificios pequeños ó grandes, segun es su cantidad. Para calcular el volúmen de aquellas se determinarán con precision los dos principales elementos que entran en las fórmulas correspondientes, y son: la superficie de salida ó seccion del orificio, y la velocidad média que llevan las moléculas líquidas en el momento de su escape.

Para conocer la primera bastará medir sus dimensiones, y calcularla por los procedimientos geométricos. Para determinar la segunda nos servirémos de la fórmula llamada de Torricelli, por haber sido éste su autor, basada en el teorema siguiente: la velocidad de las moléculas de un líquido al salir por una abertura hecha en pared delgada es igual á la que tiene un cuerpo grave cayendo libremente de una altura contada desde el nivel superior del líquido al centro de la abertura.

Llamando v la velocidad teórica por segundo del agua en su salida, h la altura del nivel del líquido sobre el centro del orificio, ó sea la carga ó peso del agua, y g el valor de la gravedad, ó sea la velocidad que todo cuerpo grave adquiere al fin del primer segundo de su caida, cuyo valor es constante para cada localidad, siendo para México de 9^m7816, tendrémos la siguiente fórmula:

$$v = \sqrt{2\,g\,h} = \sqrt{19^m56 \times h}$$

Conocidos los dos elementos mencionados, el volúmen ó gasto será el producto de la seccion de la abertura por la velocidad média del agua en su salida. De manera que llamando Q el gasto y S la seccion del orificio, la fórmula será

$$Q = S\sqrt{2\,g\,h}$$

Pero por las experiencias ejecutadas con prolijidad y cuidado, se ha visto que el gasto teórico difiere, siendo mayor, del gasto real ó práctico, en virtud de la contraccion que la vena líquida sufre en su rozamiento contra las paredes ó lados del orificio, y

hay necesidad por este motivo de multiplicar aquella expresion por un coeficiente práctico, variable segun las circunstancias de cada caso, y dependientes, ya de la forma del orificio, ya de su distancia al nivel del líquido, ó ya, en fin, del espesor de las paredes que forman la seccion de salida.

En los tratados de Hidráulica se dan los coeficientes para cada caso particular: aquí sólo dirémos que en general este coeficiente varía, en el caso que consideramos, entre los límites de 0.60 á 0.65, siendo tanto mayor cuanto más disminuye la altura del orificio respecto de su base. Hay, pues, aumento de gasto con orificios prolongados en su anchura, y de poca altura respectivamente.

Ejemplo. ¿Cuál será el gasto efectivo de agua de un depósito que se derrama por un orificio de 0^m10 de altura y 0^m15 de ancho, siendo de 1^m80 la carga sobre el centro del orificio?

$$Q = 0.61 \times 0^m10 \times 0^m15\sqrt{19^m56 \times 1^m80} = 0^{m^3}054$$

ó sean 54 litros por segundo de tiempo.

SEGUNDO CASO.

En un canal regular de pendiente uniforme, es fácil determinar la cantidad de agua que pasa en un tiempo señalado, multiplicando la seccion trasversal del agua del canal por su velocidad média.

Llamando Q el volúmen que pasa en un segundo, S la superficie de la seccion trasversal, y v la velocidad média, la expresion del gasto será:

$$Q = S\,v$$

de la cual obtendrémos el dato que se desconozca, suponiendo conocidos los otros dos.

Mas debemos advertir aquí que la velocidad média no es igual ni á la velocidad del agua superficial, ni á la velocidad en el fondo, y ni siquiera á la que podria medirse junto á las paredes que

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

limitan el canal, en las que se producen resistencias en las moléculas líquidas en su choque contra aquellas, que tienden naturalmente á disminuir esa velocidad.

La relacion entre estas velocidades está expresada en la siguiente fórmula:

$$w = 2v - u$$

en la cual representa w la velocidad en el fondo; v, la velocidad média, y u la superficial; y si sólo se conoce la superficial, se puede hacer uso de la fórmula de Mr. Prony, deducida de los experimentos de Mr. Dubuat, que es:

$$v = u\,\frac{u + 2\,.\,372}{u + 3\,.\,153}$$

En la práctica para velocidades en la superficie comprendidas entre 0^m20 y 1^m50 por segundo, se toma sin error sensible

$$v = 0\,.\,8\,u \quad \text{y} \quad u = 1\,.\,25\,v.$$

Para obtener la velocidad superficial del agua se arrojan al centro de la corriente discos de madera de 30 ó 35 milímetros de diámetro, y de 5 á 10 de espesor, y se observa repetidas veces con un reloj de segundos el tiempo en que es recorrida por el flotador una distancia que se mide y señala de 30, 40 ó más metros en los que el canal esté regularizado; dividiendo un dato por el otro, se deducirá la velocidad por segundo.

La madera que se emplea es la del encino, ú otra cuya densidad se acerque lo más posible á la del agua, para suponer sustituida una masa por otra en condiciones semejantes. Tambien debe cuidarse que el viento no altere ó modifique la marcha del flotador, ya contrariándola, ó ya favoreciéndola, en cuyos casos la velocidad que indique no será la del agua, y esto sucede frecuentemente cuando el disco ó flotador sobresale mucho del nivel del líquido de la corriente.

Conocidos estos elementos, puede ya calcularse el gasto del canal por la fórmula mencionada ántes.

Ejemplo. En un curso de agua se ha medido por repetidas

experiencias una velocidad superficial de 2^m por segundo: ¿cuál es la velocidad média de esta corriente?

$$v = 2^m\,\frac{2 + 2\,.\,372}{2 + 3\,.\,153} = 1^m696 \text{ por segundo.}$$

Existe otra fórmula debida á Mr. Prony, en la cual entran todos los elementos del problema, y en la que puede determinarse el dato que se desconozca, teniendo conocidos los demas. Es la siguiente:

$$v = 56\,.\,86\,\sqrt{\frac{S}{P} \times \frac{D}{L}} - 0\,.\,072$$

en la que v es la velocidad média, S la superficie ó seccion trasversal del agua, P el perímetro mojado del perfil, D el descenso del canal en la longitud L que se considera. Los números son coeficientes prácticos.

Ejemplo. ¿Cuál será el gasto de agua de un canal de seccion rectangular y uniforme que tiene un ancho de 3^m50, y una profundidad de 1^m20 con 0^m08 de pendiente en 140 metros de longitud?

La seccion trasversal será $S = 3^m50 \times 1^m20 = 4.20$ metros cuadrados.

El perímetro mojado $P = 3^m50 + 1^m20 \times 2 = 5^m90$.

Con estos datos resulta la velocidad média de $v = 1^m065$ por segundo.

El gasto de agua del canal será entónces de $4^{m^2}20 \times 1^m065 = 4^{m^3}473$ ó sean 4473 litros por segundo.

TERCER CASO.

Para avaluar aproximadamente la cantidad de agua que lleva un arroyo ó riachuelo de seccion irregular, se procederá de la misma manera, es decir, se determinarán en su parte más regularizada dos, tres ó más secciones trasversales, y el promedio de ellas se multiplicará por la velocidad média obtenida, como ya hemos indicado. La exactitud del resultado dependerá de la que

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

se haya tenido al procurarse los datos del problema; mas si se desean resultados más seguros, es mejor proceder de la manera siguiente:

Fórmese con tablas de madera un dique trasversal á la corriente sobre el que pueda derramarse el agua: en su anchura, y ocupando próximamente una tercera parte, hágase un corte rectangular de nivel más bajo para que dé paso libre á toda la corriente. Establecido así este vertedor ó derramadero, se deja pasar algun tiempo para que se regularice el gasto del agua, y tome un régimen constante. Mídase con exactitud el ancho del vertedor y el grueso de la lámina de agua que se derrama. Con estos datos las fórmulas que debemos aplicar son las siguientes:

$$v = \sqrt{2gh} \quad \text{y} \quad Q = mlh \times v$$

en las cuales v es la velocidad média, g la gravedad cuyo valor hemos dicho ser en México de 9^m7816, h la altura de la caida que es aquí el espesor de la lámina ó capa de agua que se derrama sobre el vertedor, l el ancho del mismo, y m un coeficiente práctico, que en este caso oscila entre los límites de 0.40 á 0.44, segun es la relacion de la base del vertedor á la anchura del canal, siendo el primero cuando es una cuarta parte, y el último cuando son iguales y el agua pasa libremente por todo el ancho del dique sin estrechar la corriente.

Se debe advertir aquí que como la superficie del líquido al derramarse sobre el vertedor forma una curva desde algunos decímetros ántes de su caida, debe cuidarse de medir el espesor de la capa de agua desde el nivel superior del depósito ántes de llegar al vertedor, y no sobre este mismo, en el que la lámina del agua ya es menor. En el caso de que esto no sea fácil, puede medirse sobre el mismo umbral del vertedor y aumentarle una cuarta parte, pero siempre deberá preferirse determinar ese dato con la mayor exactitud.

Ejemplo. En un arroyo cuyo ancho es próximamente de 3^m se ha establecido un dique de paredes delgadas, en el cual la seccion de derrame es de 0^m95 de ancho, y la capa de agua que

pasa sobre él tiene un espesor de 0^m21; ¿cuál es el volúmen ó gasto de agua de este arroyo?

$$v = \sqrt{19^m56 \times 0^m21} = 2^m027 \text{ por segundo.}$$

$$Q = 0.40 \times 0^m95 \times 0^m21 \times 2^m027 = 0^{m^3} 162.$$

es decir, 162 litros por cada segundo de tiempo.

Si en lugar de establecer en el arroyo un dique con el derramadero en la parte superior, se estableciese en su medio ó parte baja una abertura de salida del agua, como una compuerta, las fórmulas variarian en algunos de sus elementos en virtud de la contraccion de la vena líquida que se efectuaria sobre uno, dos, tres ó los cuatro lados de la figura de la compuerta, segun la posicion de ésta en el dique mencionado. En las aberturas grandes el coeficiente práctico varía entre 0.62 y 0.69, siendo el primero cuando el rozamiento de la vena de agua tiene lugar sobre los cuatro lados, y el último cuando sólo es sobre un lado.

Ejemplo. ¿Cuál será el gasto práctico en un segundo de tiempo, de una compuerta situada en la parte média de un dique, y á mayor altura del fondo cuyo claro es de 0^m80 de largo y de 0^m25 de alto, con una carga de agua de 2^m50?

$$Q = 0.62 \times 0^m80 \times 0^m25 \sqrt{19^m56 \times 2^m50} = 0^{m^3} 867$$

es decir, 867 litros por segundo.

Si la compuerta estuviere colocada en el fondo ó parte baja del dique, la contraccion de la vena líquida será sólo sobre tres lados, en cuyo caso el coeficiente práctico que debe introducirse en el cálculo es de 0.64.

CUARTO CASO.

Cuando los cursos de agua cuyo gasto se trate de avaluar sean de mayor importancia, como los rios, el procedimiento viene á ser el mismo, únicamente que es preciso entónces determinar con la mayor exactitud los elementos del problema para que los resultados merezcan confianza.

Escójase para ello la parte del rio más regular en la que el

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

agua tenga sensiblemente una velocidad uniforme, y en donde las secciones trasversales no sean demasiado desiguales. En ese tramo se tienden normalmente á la corriente, y á poca mayor altura del nivel del agua, dos ó tres hilos ó cuerdas en los que se señalen los metros ó fracciones de metro que se quieran considerar, segun lo más ó ménos prolijo que se quiera hacer el cálculo. En cada uno de estos puntos se medirá la profundidad del agua del rio con una regla graduada, de un tamaño conveniente, que se colocará en posicion vertical. Así se obtendrán las ordenadas de una curva que será el fondo del rio, y cuyas abscisas serán las distancias elegidas en las cuerdas, que deberá procurarse sean iguales entre sí para mayor facilidad y exactitud. Con estos elementos, y las velocidades superficiales tomadas ya en el centro de la corriente, ó ya más ó ménos cerca de las orillas del rio, podemos calcular las secciones ó cortes trasversales y el volúmen de las aguas.

Si llamamos $a\ a'\ a''\ a'''$..... las abscisas, $p,\ p'\ p''\ p'''$..... las profundidades y $v\ v'\ v''\ v''$..... las velocidades médias, el gasto ó volúmen total será la suma de los volúmenes parciales de los diversos filetes de agua; entónces

$$Q = a\,p\,v + a'\,p'\,v' + a''\,p''\,v'' + \ldots\ldots + a^n\,p^n\,v^n.$$

Para el caso de las abscisas iguales la seccion trasversal se calculará por la fórmula conocida de

$$S = \tfrac{1}{2}\,a\,(p' + p^n) + 2\,(p'' + p''' + \ldots\ldots p^{n-1})$$

la que se multiplicará por la velocidad média deducida de las varias velocidades superficiales que se hayan medido en el centro y lados del rio.

Por último, si las secciones trasversales del rio resultaren muy diferentes entre sí, se tomará un promedio de ellas, el cual se multiplicará por el promedio tambien de las velocidades medias, resultando un gasto que tendrá que ser más ó ménos aproximado, segun que sean más ó ménos exactos los datos obtenidos.

FIN DEL APÉNDICE.

ÍNDICE.

	PÁGINAS.
Prólogo	I á X
Introduccion	11—18

PRIMERA PARTE.

Litología.—Nociones de Mineralogía.

Capítulo I.—Generalidades sobre la ciencia	19—22
Capítulo II.—Del estado de agregacion. Cuerpos amorfos. Generalidades sobre cristalografía. Primer sistema cristalino. 2º idem. 3º idem. 4º idem. 5º idem. 6º idem. Consideraciones finales sobre cristalografía	22—45
Capítulo III.—Textura de los minerales	45—47
Capítulo IV.—Dureza de los minerales	47—50
Capítulo V.—El lustre y la trasparencia	50—51
Capítulo VI.—Los colores	51—56
Capítulo VII.—Del peso específico	56—58
Capítulo VIII.—Doble refraccion, polarizacion, fosforescencia y fluorescencia	58—64
Capítulo IX.—Diversas propiedades físicas y caracteres organolépticos	64—66
Capítulo X.—Descripcion de los minerales. Seccion I. Descripcion de las especies minerales útiles en la agricultura y necesarias para el conocimiento de las rocas. Seccion II. Descripcion compendiada de algunos minerales industriales	66—163
Capítulo XI.—Estudio de las rocas. Generalidades y descripciones. Grupo I. Rocas sedimentarias. Grupo II. Rocas metamórficas. Grupo III. Rocas ígneas	163—194
Capítulo XII.—Diferentes disposiciones y estructuras de las rocas. Aplicacion de estas observaciones	194—207

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ® DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

agua tenga sensiblemente una velocidad uniforme, y en donde las secciones trasversales no sean demasiado desiguales. En ese tramo se tienden normalmente á la corriente, y á poca mayor altura del nivel del agua, dos ó tres hilos ó cuerdas en los que se señalen los metros ó fracciones de metro que se quieran considerar, segun lo más ó ménos prolijo que se quiera hacer el cálculo. En cada uno de estos puntos se medirá la profundidad del agua del rio con una regla graduada, de un tamaño conveniente, que se colocará en posicion vertical. Así se obtendrán las ordenadas de una curva que será el fondo del rio, y cuyas abscisas serán las distancias elegidas en las cuerdas, que deberá procurarse sean iguales entre sí para mayor facilidad y exactitud. Con estos elementos, y las velocidades superficiales tomadas ya en el centro de la corriente, ó ya más ó ménos cerca de las orillas del rio, podemos calcular las secciones ó cortes trasversales y el volúmen de las aguas.

Si llamamos $a\ a'\ a''\ a'''$..... las abscisas, $p,\ p'\ p''\ p'''$..... las profundidades y $v\ v'\ v''\ v''$..... las velocidades médias, el gasto ó volúmen total será la suma de los volúmenes parciales de los diversos filetes de agua; entónces

$$Q = a\,p\,v + a'\,p'\,v' + a''\,p''\,v'' + \ldots\ldots + a^n\,p^n\,v^n.$$

Para el caso de las abscisas iguales la seccion trasversal se calculará por la fórmula conocida de

$$S = \tfrac{1}{2}\,a\,(p' + p^n) + 2\,(p'' + p''' + \ldots\ldots p^{n-1})$$

la que se multiplicará por la velocidad média deducida de las varias velocidades superficiales que se hayan medido en el centro y lados del rio.

Por último, si las secciones trasversales del rio resultaren muy diferentes entre sí, se tomará un promedio de ellas, el cual se multiplicará por el promedio tambien de las velocidades medias, resultando un gasto que tendrá que ser más ó ménos aproximado, segun que sean más ó ménos exactos los datos obtenidos.

FIN DEL APÉNDICE.

ÍNDICE.

	PÁGINAS.
Prólogo	I á X
Introduccion	11—18

PRIMERA PARTE.

Litología.—Nociones de Mineralogía.

Capítulo I.—Generalidades sobre la ciencia	19—22
Capítulo II.—Del estado de agregacion. Cuerpos amorfos. Generalidades sobre cristalografía. Primer sistema cristalino. 2º idem. 3º idem. 4º idem. 5º idem. 6º idem. Consideraciones finales sobre cristalografía	22—45
Capítulo III.—Textura de los minerales	45—47
Capítulo IV.—Dureza de los minerales	47—50
Capítulo V.—El lustre y la trasparencia	50—51
Capítulo VI.—Los colores	51—56
Capítulo VII.—Del peso específico	56—58
Capítulo VIII.—Doble refraccion, polarizacion, fosforescencia y fluorescencia	58—64
Capítulo IX.—Diversas propiedades físicas y caracteres organolépticos	64—66
Capítulo X.—Descripcion de los minerales. Seccion I. Descripcion de las especies minerales útiles en la agricultura y necesarias para el conocimiento de las rocas. Seccion II. Descripcion compendiada de algunos minerales industriales	66—163
Capítulo XI.—Estudio de las rocas. Generalidades y descripciones. Grupo I. Rocas sedimentarias. Grupo II. Rocas metamórficas. Grupo III. Rocas ígneas	163—194
Capítulo XII.—Diferentes disposiciones y estructuras de las rocas. Aplicacion de estas observaciones	194—207

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ® DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

SEGUNDA PARTE.

Geología Fisiográfica.

PÁGINAS.

Capítulo I.—Orografía. Definiciones de montañas, valles, etc..... 209—216

Capítulo II. Hidrología. Agua congelada. Aguas marinas y continentales. Aguas superficiales, estancadas y corrientes. Division de las aguas pluviales. Aguas subterráneas. Datos para buscar los puntos donde las aguas subterráneas se encuentran á menor profundidad ó en más abundancia. Terrenos propios ó desfavorables á la existencia de aguas subterráneas. Pozos comunes y pozos artesianos. Diversos sistemas de perforacion. Aparatos de sosten, instrumentos perforadores y útiles accesorios. Práctica de la perforacion. Pozos artesianos en México. Análisis y temperaturas de las aguas de algunos pozos artesianos de México. Clasificacion general de las aguas..... 217—277

TERCERA PARTE.

Geología Histórica.

Capítulo I.—Consideraciones generales sobre el orígen de la Tierra. Cronología geológica..... 279—288

Capítulo II.—Tiempo arcaico. Edad arcaica ó azoica..... 288—290

Capítulo III.—Tiempo paleozoico: Edad siluriana ó de los moluscos. Edad devoniana ó de los peces. Edad carbonífera ó de las plantas. Resúmen del tiempo paleozoico..... 290—304

Capítulo III. Tiempo mesozoico: Edad de los reptiles. Caracteres y subdivisiones de la edad. Período triásico. Período jurásico. Período cretáceo. Consideraciones peleotopográficas y hechos geológicos principales del tiempo mesozoico. Resúmen del tiempo mesozoico..... 304—325

Capítulo IV.—Tiempo cenozoico: Edad terciaria. Caracteres y subdivisiones de esta edad. Período eoceno. Período mioceno. Período plioceno. Consideraciones paleotopográficas y hechos más importantes de la edad terciaria. Edad cuaternaria ó del hombre. Caracteres y subdivisiones de la edad. Período glacial. Período Champlain. Período reciente. Fauna y flora. Datos antropológicos relativos á México y á otros países. Consideraciones paleotopográficas y hechos más notables de la edad cuaternaria. Resúmen de la edad cuaternaria..... 325—352

CUARTA PARTE.

Geología Dinámica.

PÁGINAS.

Capítulo I.—Consideraciones generales y subdivisiones..... 353—354

Capítulo II.—El calóricó como factor geológico: Erupciones ígneas sin forma volcánica. Volcanes propiamente dichos y erupciones volcánicas; volcanes principales de México; geografía de los volcanes. Fenómenos derivados del volcanismo; aguas termales, geysers, sulfataras, fumarolas y mofetas; temblores y terremotos; oscilaciones de la corteza terrestre; datos relativos á esos fenómenos y correspondientes á México. Metamorfismo, sus causas y efectos..... 355—379

Capítulo III.—El agua como factor geológico: Efectos químicos del agua.—Grutas y cavernas; algunas cavernas mexicanas. Hundimiento y resbalamiento de terrenos. Trabajos mecánicos del agua; efectos de las aguas superficiales y de las subterráneas. Aguas marinas. Aguas congeladas..... 379—390

Capítulo IV.—La atmósfera como factor geológico. Definicion y composicion de la atmósfera. Efectos químicos y mecánicos de la atmósfera..... 390—393

Capítulo V.—Los animales y los vegetales, como agentes geológicos. Acciones preservativas y destructoras de las plantas. Accion de los animales. Depósitos de orígen orgánico; la creta, las montañas calcáreas y los lechos de carbon..... 393—398

APÉNDICE.

Hidrotimetría..... 399—424

Fórmulas prácticas de la hidráulica..... 425—432

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS
1190001121

COLOCACION DE LAS LÁMINAS.

	Páginas.
Pico traquítico de Bernal	199
Vista del cerro de los Frailes	200
Columnas basálticas de Regla	202
Cerro de la Cúpula	212
Barranca de Tres Peñas	214
Cascada de Regla	227
Salto de San Anton	228
Salto de Juanacatlan	229
Lámina que representa instrumentos de pozos artesianos	256
Corte del pozo artesiano de la Casa de Moneda	266
Cromo del hombre fósil	343
Fósiles cuaternarios de México	350
Volcan Popocatepetl	360
Volcan Citlaltepetl	362
El Jorullo	362
Vista del Nevado de Toluca	363
Lago en el cráter del Nevado de Toluca	363
Volcan Ceboruco	365
Volcan de Colima	367
Geyser del cerro de San Andrés	371
Caverna del Diablo	381
Boca de la Gruta de Cacahuamilpa	382
Derrumbamiento y hundimiento de una montaña	384

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS