



BENEMÉRITA Y CENTENARIA ESCUELA NORMAL DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ

TITULO: Mineralogía y geología

AUTOR: Alfonso Luis Herrera

FECHA: 2019

PALABRAS CLAVE: Mineralogía ,México, Geología,Química mineralógica,Minerales,Rocas

L. HERRERA

Mineralogía
y
Geología



Herrera Hnos. Sucs.
MEXICO

2428

PROPIEDAD
ESCUELA NORMAL DEL ESTADO
S.L.P.

Nº. Ord.
CLASIF.
ADQUIS. 2259 2184-2001
FECHA
PROCED.
\$

553
G H
1925

55



MINERALOGIA
Y
GEOLOGIA

A NOCIONES DE CIENCIAS NATURALES

MINERALOGIA

- Y -

GEOLOGIA

POR

ALFONSO L. HERRERA

Director de Estudios Biológicos
Profesor en la Facultad Nacional de Altos Estudios

PRIMERA EDICION



MEXICO

HERRERO HERMANOS, SUCEORES

DESPACHO:
Avenida Cinco de Mayo, 39

ALMACENES:
Plaza de la Concepción, 5 y 7

APARTADO 671

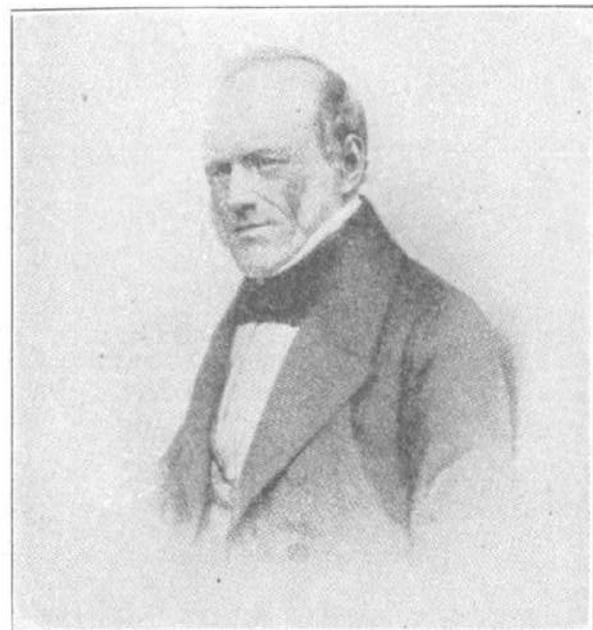
1925

Es propiedad. Queda hecho el Depósito y el correspondiente registro que ordena la Ley para la protección de esta obra, tanto en su parte literaria como artística, en todos los países que firmaron el tratado de Berna, por sus

EDITORES.

Copyright, 1925, by

Herrero Brothers Sucs.



A la memoria de Sir Carlos Lyell, fundador de la Geología evolucionista. (1797-1875).

--- OBRAS DE ---
ALFONSO L. HERRERA

—*—
La colección de su obra "Nociones de Ciencias Naturales" se compone de los siguientes tomos:

BIOLOGIA Y PLASMOGENIA

--- —BOTANICA— ---

--- —ZOOLOGIA— ---

MINERALOGIA Y GEOLOGIA

Cada uno se vende separadamente y son del mismo tamaño, formato y encuadernación que el presente.

Advertencia de los Editores

Al presentar al público los textos de ciencias biológicas escritos por el Profesor Herrera, no tratamos de hacer propaganda a sus ideas ni lo hacemos con ningún autor.

Nuestra misión, como editores, se limita a proporcionar libros útiles, cuidadosamente impresos e ilustrados, encuadernados con verdadera elegancia.

Discutir nosotros las opiniones de nuestros autores, corregir sus posibles errores, modificar su manera de pensar en religión o en ciencia o filosofía, no es tarea que nos incumba, ni tenemos tiempo para ello, ni los títulos académicos necesarios. Y decimos esto porque las obras del señor Herrera, lejos de reflejar servilmente las extranjeras se basan en veinte años de trabajos personales en nuestras escuelas superiores, en treinta de investigaciones experimentales en el laboratorio, en toda su vida dedicada, en el campo, en el Museo de Historia Natural, en las bibliotecas, a la contemplación de la naturaleza, a escudriñar sus secretos, a empaparse en la ciencia de los libros, constantemente comparada con las observaciones y los hechos.

Por esto es que los libros del Profesor son, frecuentemente, objeto de críticas y censuras acaloradas, sobre todo porque no van de acuerdo con ideas antiguas, que obstinadamente defienden su persistencia.

Hubiéramos querido encontrar textos neutrales, que estuvieran en armonía completa con todos los credos religiosos y filosóficos, pero la ciencia ha penetrado de una manera tan profunda en todas las obras de la mentalidad moderna, que sería imposible publicar libros completamente incoloros, sin que mutilasen de mil maneras las ideas y la unidad del conocimiento.

Por otra parte, como dice el Doctor Moritz Benedikt, en el Prefacio de la segunda edición de la "Biología" de nuestro autor: *todo debe perdonarse a los innovadores*, y la ventaja, por cierto muy grande, de los textos que hoy imprimimos, es que harán pensar a profesores y alumnos, proponiendo problemas nuevos, hipótesis atrevidas, una poderosa generalización de la vida a todo lo que existe, como en los clásicos tiempos de la filosofía helénica e indostánica, presentando un cuerpo de doctrina compacto, que no implica ninguna herejía científica, puesto que hoy todos tienen el derecho de pensar y publicar sus pensamientos—y Dios nos libre de vedar esa prerrogativa a nuestros autores y colaboradores—porque respetamos y mucho a los hombres y sus ideales vinculados con la sinceridad y la libertad.

En academias y congresos respetables, se han recibido, con aprobación los trabajos del Profesor Herrera. A ellos se refieren obras publicadas por extranjeros para darlos a conocer, despertándose así una verdadera emoción en el mundo de las ciencias y la filosofía. Además, este Profesor es conocido por unos treinta libros que ha publicado, por haber sido profesor en nuestros establecimientos superiores y serlo hoy en uno de los más respetables, por haber organizado, defendido y dirigir una importantísima institución oficial, que comprende el Museo Nacional de Historia Natural, un Jardín Botánico, un Acuario y un Parque Zoológico en formación, etc. Cerramos, pues, nuestros ojos ante sus exhibiciones de pensador libre y se nos perdonará que lo hayamos ocupado de preferencia a tantas medianías que andan por allí y que por quedar bien con todos, copian y traducen, limitándose al papel de espejos, un tanto empañados, de la ciencia oficial europea, lo que, por otra parte, sería muy perjudicial para nuestros intereses y los más sagrados de las escuelas, donde hasta hoy se ha enseñado la Historia Natural con ejemplos de especies extranjeras de plantas, animales y minerales, sin obedecer a ningún plan de unificación y método, en tanto que las cuatro obras que nosotros publicamos coordinan las asignaturas en una forma compacta y pedagógica.

Bien pensado el asunto, tanto nosotros como profesores distinguidos a quienes hemos consultado, estamos seguros de que la magna unificación de la naturaleza, defendida con calor en estos novísimos textos, la generalización de la vida a todo el Universo, no pugnan con las enseñanzas recibidas en nuestra infancia, porque envuelven un principio superior de organización, de legislación eterna y providente.... Pero ya dijimos que somos editores y no insistiremos más en asuntos técnicos que no nos corresponden.

Como decía algún escritor anónimo en el prefacio de un libro literario: "Vuelve la hoja, lector, y por ti mismo juzgarás lo que yo elogio, "más si no lo encuentras digno de tu atención y de tu inteligencia, te admiro, sí, pero no te envidio".

HERRERO HERMANOS SUCESORES

INTRODUCCION

La conocida casa editorial de Herrero Hermanos Sucesores, me encargó que escribiese un texto nacional de Ciencias Naturales, para nuestras Escuelas superiores, y, desde luego, redacté la parte de Botánica, Zoología y Biología. Reconociendo después la urgente necesidad de completar esta serie con un pequeño compendio de Mineralogía y Geología, que sirviese de preparación al estudio de aquellas ciencias, se me invitó nuevamente para formarlo.

Se ha relegado al más censurable olvido, considerándola como una rama de la Química, la enseñanza de la Mineralogía y la Geología. Los resultados de tan injustificado procedimiento han sido lamentables, pues al salir de las aulas los alumnos carecen de nociones rudimentales acerca de puntos de interés práctico y de aplicación filosófica, llevando consigo un caudal de conocimientos en Ciencias Naturales notablemente incompleto. Jamás se les habla de la tierra que habitamos, en lo tocante a su historia y productos inorgánicos, y sólo en las nociones de química se les dice algo muy superficial sobre algunos minerales. No pueden, por tanto, emprender el estudio fructuoso de la botánica, la zoología y la biología; no entienden la composición mineralógica del suelo y cómo puede suministrar a los vegetales el alimento inorgánico que absorben por sus raíces; no se dan cuenta de la vida de los corales, foraminíferos, diatomeas y otros agentes geológicos poderosos; no abarcan el conjunto de seres vegetales y animales modernos y fósiles, y cuando se trata de éstos en clase, es imposible que entiendan lo que son eras geológicas y faunas y floras sucesivas. El importantísimo estudio del origen del hombre y sus antecesores fósiles es inaccesible para los que no saben una palabra de geología y también les es muy difícil comprender la teoría de la evolución, en la clase de Biología, cuando nunca han emprendido el más ligero estudio de geología histórica.

De esta manera se termina pronto la iniciación científico-bio-

lógica, pero también muy pronto reconocen los futuros profesionistas cuando el mal es irreparable, que se les ha engañado, haciéndoles creer que su cultura científica ha sido completa y cuando no pueden contestar a las preguntas de un niño o de un cliente, que se admira de encontrarles completamente ignorantes en cuestiones de volcanismo, terremotos o composición y origen de los materiales inorgánicos más vulgares y utilizados en nuestra Patria. Raro será, en efecto, que un preparatoriano sepa lo que es la tiza, el tequezquite, el tepetate, el petróleo, el granito o la pizarra.

Y desde el punto de vista filosófico, es indispensable que la enseñanza de las Ciencias Naturales, no sólo en la Escuela Preparatoria, sino también en todas las superiores, sea integral y sistemática, sin saltos mortales y vacíos que nada justifica.

La evolución, incontrastable fuerza, no ha perdonado a las hermosas y sonrientes ciencias de la Naturaleza, y si hace unos treinta años se complacían los respetables profesores, los verdaderos maestros, en abrir abismos ante los azorados estudiantes entre los reinos de la Naturaleza terrestre, hoy día, al contrario, nos complacemos, aunque sin desconocer nuestra insuficiencia para este fin, en sintetizar los conocimientos, unificarlos y encadenarlos, demostrando que todo vive, que no hay abismo entre lo inorgánico y lo organizado y que la enseñanza de la Historia Natural debe comenzar por la Mineralogía, como la edificación de las catedrales, por los cimientos, cuyos materiales de construcción se van repitiendo de abajo a arriba, sin cambio de composición esencial: así, en los organismos, todo proviene de los minerales y no se explica cómo pueden éstos relegarse al más criminal olvido.

Los estudios unificadores y profundamente filosóficos de síntesis orgánica, iniciados por el genio de Berthelot; las maravillosas investigaciones espectrales de Sir Norman Lockyer relativas a la formación de los elementos en las estrellas y la unidad de la materia que evoluciona en el Cosmos; los resultados experimentales de Traube, Quineke y Bütschli, Ledue, Kueckuck, Mary, Renaudet, y tantos otros plasmogenistas, que con sustancias diversas conservadas en bocales de los laboratorios reproducen las formas y actividades de los entes, demuestran, con absoluta certidumbre, que la Naturaleza es única y que no puede ser disímbola su enseñanza integral.

Este es el único mérito a que aspira la presente obra, quizá

la única también por sus tendencias unificadoras: a los benévolos lectores y maestros mexicanos, a quienes está dedicada, corresponde el derecho y aun el deber de decirnos si nos hemos equivocado.

¿Y no bastará contemplar intensamente la noche estrellada y meditar en su armonía sublime, en su hermosura indescriptible, para concedernos la ambicionada recompensa de una aprobación espontánea, calurosa, indulgente y sincera, puesto que soñamos en la unificación de lo que existe?

No terminaremos esta breve introducción sin dar las gracias a nuestro distinguido amigo, el Sr. Prof. D. Rafael Aguilar y Santillán, Ex-secretario del Instituto Geológico y Secretario perpetuo de la gloriosa Sociedad Científica "Antonio Alzate", por la bondadosa ayuda que nos ha prestado, corrigiendo y perfeccionando el original de esta obra, sin que por esto le corresponda responsabilidad alguna de los errores y omisiones que pueda tener, y para los cuales pedimos, más que indulgencia estéril, una crítica que se refleje en las futuras ediciones probables de nuestro libro, pues anotaremos con apresuramiento cuantas observaciones de buena fe se dignen hacernos nuestros compañeros en el profesorado. (1)

(1). Con especial elogio debo citar al Sr. Profesor Aurelio del Río, encargado de la Sección de Mineralogía y Geología, del Museo N. de Historia Natural, de la Dirección de Estudios Biológicos, por la gran ayuda que me ha prestado durante la redacción de esta obra.



PROGRAMA

PRIMERA PARTE

A.—MINERALOGIA

Generalidades

CAPITULO 1:

Definiciones, importancia e historia, cómo se estudia la Mineralogía, útiles y libros.

Caracteres y propiedades de los minerales.

CAPITULO 2:

Caracteres organolépticos: Color, opacidad, transparencia, acción sobre el tacto, olor, sabor.

CAPITULO 3:

Propiedades físicas. Densidad, dureza, tenacidad, fragilidad, plasticidad, flexibilidad, ductilidad, caracteres ópticos: refracción simple y doble, polarización, interferencia, fosforescencia, fluorescencia, electricidad, conductibilidad calorífica, radio-actividad, magnetismo, estado coloide, etc. Escala de durezas.

CAPITULO 4:

Caracteres químicos: Análisis de los minerales, caracteres pi-rognósticos. Aparatos más indispensables, análisis micro-químico. Fórmula.

CAPITULO 5:

Caracteres mineralógicos: Datos mineralógicos preliminares, estructura, Cristalización y cristalogenia. Plasmogenia, leyes de la cristalografía.

Sistemas cristalinis, notación cristalográfica. Hemimorfismo, dimorfismo, isomorfismo, cristales gemelos o maclas, textura, quebradura, cruceros. Formas irregulares, esfero-cristales, cristales líquidos. Pseudomorfosis, incrustaciones.

Clasificación y descripción de los principales minerales.—Sus aplicaciones a la industria, a la medicina, a las artes, etc.

CAPITULO 6:

Diferentes clasificaciones adoptadas en Mineralogía. Clasificación seguida en este compendio. Tabla de los elementos y pesos atómicos. Sistema periódico y evolución de los minerales. Trabajos de Lockyer.

CAPITULO 7:

Mineralogía sistemática: Descripción de los principales minerales (sobre todo nacionales), comprendiendo: cristalización, caracteres físicos, químicos, organolépticos, microscópicos. Variedades, localidades mexicanas más notables y sus más importantes aplicaciones.

El cuadro de clasificación, debida al Prof. J. Dana, es el siguiente:

I.—ELEMENTOS NATIVOS.

II.—SULFUROS, SELENIUROS, TELURUROS, ARSENIUROS, ANTIMONIUROS.

III.—Sulfo-sales: SULFOARSENIUROS, SULFOANTIMONIUROS, SULFOBISMUTUROS, etc.

IV.—Haloides: CLORUROS, BROMUROS, YODUROS, FLUORUROS.

V.—OXIDOS.

VI.—Sales oxigenadas:

1.—Carbonatos.

2.—Silicatos, titanatos.

3.—Niobatos, tantalatos.

4.—Fosfatos, arseniats, vanadatos; antimoniatos y nitratos.

5.—Boratos, uranatos.

6.—Sulfatos, cromatos.

7.—Tungstatos y molibdatos.

VII.—Sales de ácidos orgánicos: OXALATOS, MELANOS.

VIII.—COMPUESTOS HIDROCARBONADOS.



SEGUNDA PARTE

B.—GEOLOGIA

Generalidades

Definición, relaciones e importancia de la Geología, sus divisiones.—Cuvier y Lyell.—La teoría de las causas actuales.— La geología general y experimental.

CAPITULO 1:

Geología fisiográfica.—1. La tierra en el espacio. Hipótesis cosmogénica. Cosmogenia experimental. Fisiología telúrica. Datos astronómicos. Unidad universal. Contorno general de la tierra y subdivisiones de su superficie. Orografía y facsímiles orográficos.

2. La tierra desde el punto de vista meteorológico. Generalidades, temperatura, climas, aerografía, aire, atmósfera, vientos, nubes, nieblas, rocío, lluvias, nieve y hielo, nieves perpetuas, ventisqueros, electricidad atmosférica.

3. Distribución actual de las tierras y los mares.

CAPITULO 2:

Geología estructural.—1. Formaciones geológicas diferentes. Estratificación, terrenos no estratificados. Filones, diques y mantos.

2. Qué son juntas, dislocamientos, fracturas, etc. Estratificaciones concordantes y discordantes. Petrografía.

CAPITULO 5:

Caracteres mineralógicos: Datos mineralógicos preliminares, estructura. Cristalización y cristalogenia. Plasmogenia, leyes de la cristalografía.

Sistemas cristalinos, notación cristalográfica. Hemimorfismo, dimorfismo, isomorfismo, cristales gemelos o maclas, textura, quebradura, cruceros. Formas irregulares, esfero-cristales, cristales líquidos. Pseudomorfosis, incrustaciones.

Clasificación y descripción de los principales minerales.—Sus aplicaciones a la industria, a la medicina, a las artes, etc.

CAPITULO 6:

Diferentes clasificaciones adoptadas en Mineralogía. Clasificación seguida en este compendio. Tabla de los elementos y pesos atómicos. Sistema periódico y evolución de los minerales. Trabajos de Lockyer.

CAPITULO 7:

Mineralogía sistemática: Descripción de los principales minerales (sobre todo nacionales), comprendiendo: cristalización, caracteres físicos, químicos, organolépticos, microscópicos. Variedades, localidades mexicanas más notables y sus más importantes aplicaciones.

El cuadro de clasificación, debida al Prof. J. Dana, es el siguiente:

- I.—ELEMENTOS NATIVOS.
- II.—SULFUROS, SELENIUROS, TELURUROS, ARSENIUROS, ANTIMONIUROS.
- III.—Sulfo-sales: SULFOARSENIUROS, SULFOANTIMONIUROS, SULFOBISMUTUROS, etc.
- IV.—Haloides: CLORUROS, BROMUROS, YODUROS, FLUORUROS.
- V.—OXIDOS.
- VI.—Sales oxigenadas:
 - 1.—Carbonatos.
 - 2.—Silicatos, titanatos.
 - 3.—Niobatos, tantalatos.

4.—Fosfatos, arseniatos, vanadatos; antimoniatos y nitratos.

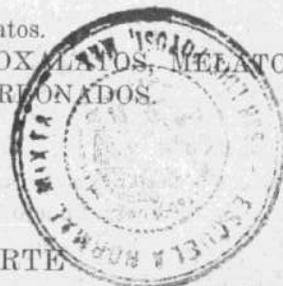
5.—Boratos, uranatos.

6.—Sulfatos, cromatos.

7.—Tungstatos y molibdatos.

VII.—Sales de ácidos orgánicos: OXALATOS, MELATOS.

VIII.—COMPUESTOS HIDROCARBONADOS.



SEGUNDA PARTE

B.—GEOLOGIA

Generalidades

Definición, relaciones e importancia de la Geología, sus divisiones.—Cuvier y Lyell.—La teoría de las causas actuales.— La geología general y experimental.

CAPITULO 1:

Geología fisiográfica.—1. La tierra en el espacio. Hipótesis cosmogénica. Cosmogenia experimental. Fisiología telúrica. Datos astronómicos. Unidad universal. Contorno general de la tierra y subdivisiones de su superficie. Orografía y facsímiles orográficos.

2. La tierra desde el punto de vista meteorológico. Generalidades, temperatura, climas, aerografía, aire, atmósfera, vientos, nubes, nieblas, rocío, lluvias, nieve y hielo, nieves perpetuas, ventisqueros, electricidad atmosférica.

3. Distribución actual de las tierras y los mares.

CAPITULO 2:

Geología estructural.—1. Formaciones geológicas diferentes. Estratificación, terrenos no estratificados. Filones, diques y mantos.

2. Qué son juntas, dislocamientos, fracturas, etc. Estratificaciones concordantes y discordantes. Petrografía.

CAPITULO 3:

Geología dinámica. Agentes y sus divisiones. 1.—Agentes químicos. 2.—Vida: acción de los organismos, sus efectos mecánicos. Objeto geológico de la vida: la circulación de la fuerza y la materia.

Cómo los seres forman ciertas rocas. Efectos protectores y en general benéficos. Transportes.

Efectos destructores, bacterias, micrococos.

3. La atmósfera como agente mecánico.

4. El agua como agente químico-mecánico: el mar, el hielo, ventisqueros, ice-bergs, estalactitas y estalagmitas.

5. Calor, sus fuentes, acción ígnea, sus resultados. Volcanes, mofetas, aguas termales, geysers. Metamorfismo. Vetas.

6. Acción hipógea. Modelado de la tierra. Formación de montañas. Efectos de la presión, Temblores.

Geología histórica. Divisiones de la Geología histórica.

Resumen de los principales tiempos geológicos:

I.—Tiempo Arqueano.

II.—Tiempo Paleozoico.

III.—Tiempo Mesozoico.

IV.—Tiempo Cenozoico.

Subdivisiones de grado inferior.

Clasificación antigua de los terrenos, según D'Orbigny.

Estudio en particular de los diversos tiempos geológicos, sus rocas, plantas y animales.

Conclusión. Desarrollo gradual de la tierra. Evolución de los Geosomas y de la inteligencia. Historia genealógica de la vida, su origen inorgánico y natural.—Descendencia del hombre.—No ha terminado la evolución del globo y sus habitantes. Supervegetales, superanimales y superhombres futuros.—No se acepta el Reino Humano ni el Psicozoico.—Unidad de los Reinos y la Naturaleza terrestre y la celeste demostrada por la Geología. Geología y Cosmogonía.

ADICIONES Y CORRECCIONES FINALES A LA
MINERALOGIA, LA GEOLOGIA, LA BOTANICA, LA ZOOLOGIA
Y LA BIOLOGIA Y PLASMOGENIA

PRIMERA PARTE

A—MINERALOGIA

CAPITULO PRIMERO

GENERALIDADES

Definiciones, importancia e historia, cómo se estudia la Mineralogía, útiles y libros

Definiciones

La parte de la Historia Natural que se consagra al estudio de los minerales, considerados en sus relaciones con la Botánica, la Zoología y la Biología, desde el punto de vista de la unificación de lo que existe, lleva el nombre de Mineralogía.

Se designa con el nombre de minerales o con más propiedad de especies minerales a las sustancias inorgánicas, generalmente cristalizadas y de composición química definida, que ocupan reducidas porciones de la costra terrestre. Dichos cuerpos, desprovistos de órganos, se componen de moléculas semejantes unidas por la afinidad.

Como excepciones a esta definición tenemos a los carbones minerales y al petróleo que, no obstante su composición química indefinida y aún variable, son estudiados por la Mineralogía como minerales, en atención a sus múltiples aplicaciones industriales.

La distinción clásica entre minerales y seres organizados tiende a desaparecer y hemos propuesto el Reino Protobial, intermedio de paso entre los minerales y los seres vivientes u organizados.

Este reino comprende infinidad de productos naturales, co-

mo las oolitas o concreciones calcáreas y silíceas que parecen formadas por huevecillos, larvitas o embriones, y muchas veces afectan formas de celdillas. A este Reino pertenecen también los productos artificiales preparados en los laboratorios de Plasmogenia, con materias inorgánicas.

Las suspensiones de partículas muy finas llamadas *coloides*, se reputan como transiciones entre la materia inerte de los antiguos autores y la materia viva. Si hacemos caer una solución de silicato de sodio diluído en otra de ácido clorhídrico, también diluída, agitando activamente, se forma una suspensión o coloide, de micelas silíceas, que se coagula con vestigios de sales, y que por su inestabilidad y otros caracteres se asemeja singularmente a la materia viva o protoplasma.



Caliza oolítica

Estos sensacionales experimentos llevados a cabo por el Dr. S. Ledue, de Nantes, Francia, y por otros observadores, con sustancias minerales, comprueban en gran parte la unidad de los Reinos de la Naturaleza.

La *Geognosia* da a conocer las masas minerales o sistemas de masas que forman la corteza terrestre.

La *Geología* trata de la estructura de la tierra, su desarrollo, la evolución de las rocas, tierras, mares, montañas; sus progresos en lo que toca a todas las condiciones físicas, como el calor y la humedad; el origen natural de la vida y la evolución de vegetales y animales en el espacio y en el tiempo.

La *Fisiografía* comienza donde termina la Geología, es decir, que se refiere a la tierra adulta o moderna, y examina la distribución actual de los accidentes de su superficie, sus particularidades, clima, magnetismo, seres organizados, etc., así como su sistema de

movimientos físicos o cambios, corrientes atmosféricas y oceánicas, variaciones seculares de la temperatura, la humedad, el magnetismo, etc.

Se entiende por *actualismo*, la explicación de los fenómenos geológicos por las causas actuales conocidas, mientras que Cuvier creía explicarlos erróneamente por cataclismos que ocurrieron en diversas épocas.



Fotografía de falsos organismos artificiales. Silicatos. Según Ledue

El actualismo admite que los diversos rasgos de la corteza terrestre se han producido en las diversas épocas, como se producen rasgos análogos hoy día a nuestra vista.

A este respecto oigamos lo que dice el ilustre filósofo y naturalista Ernesto Haeckel, en su inmortal obra "Historia de la Creación":

"Durante los treinta años que precedieron a la aparición de la obra de Darwin, "Origen de las especies", del año 1830 al año 1859, las ideas de Creación inauguradas por Cuvier, dominaron de una manera absoluta. Se admitía la hipótesis anti-científica, según la cual sobrevinieron, durante la historia geológica, una serie de inexplicables revoluciones, siete cuando menos, que destruyeron periódicamente todo el mundo vegetal y animal; al fin de cada revolución, al principio de cada nuevo período, aparecía una edición nueva, corregida y aumentada, de la población del globo.

"Aunque el número de estas ediciones fuese muy discutible y aún insostenible, aunque todos los progresos realizados en las ramas de la zoología y la botánica hiciesen ver, con claridad creciente, la falta absoluta de fundamento de la hipótesis de Cuvier y la verdad de la teoría de la evolución natural formulada por

Lamarek, la primera, sin embargo, continuó siendo la única que tenía crédito entre casi todos los biólogos...”

Los trabajos de Lyell aniquilaron la idea de las revoluciones mitológicas de Cuvier, así como la teoría de las creaciones sucesivas, sustituyéndolas sencillamente por una lenta e incesante transformación de la corteza terrestre, debida a la actividad persistente de fuerzas todavía activas en la superficie del globo, es decir, a la acción combinada de las aguas, materias volcánicas encerradas en el seno de la tierra, etc.

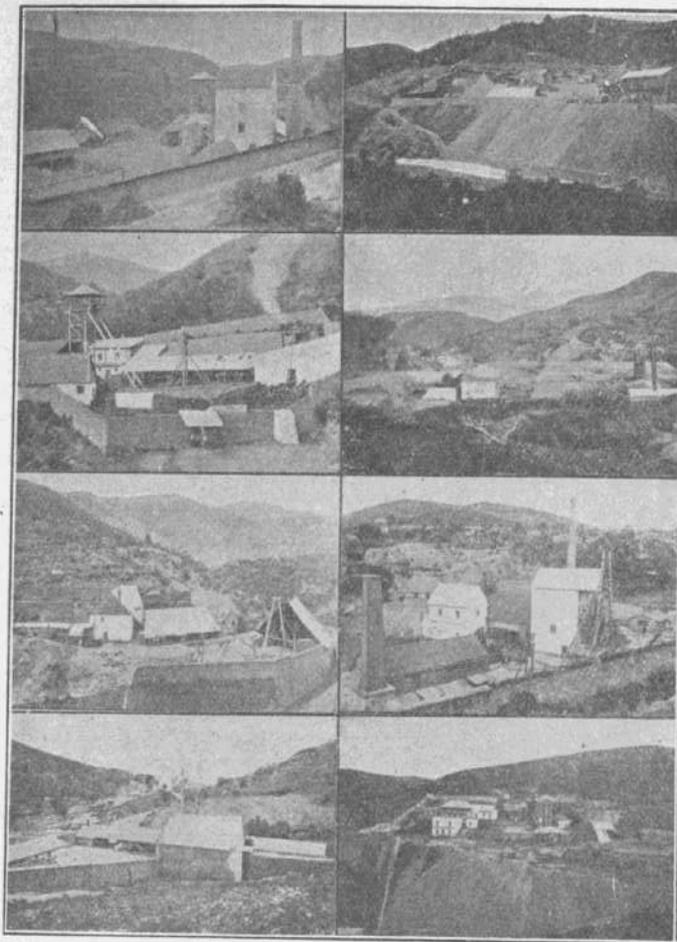
Importancia e historia

Gran parte de nuestro territorio está ocupado por ricas vetas de minerales como el oro, la plata y otros muchos, que producen inmensas riquezas y han dado fama a los Estados que los poseen, como Real del Monte, Hidalgo; Zacatecas, Guanajuato, etc.

El estudio de ellos, sus yacimientos, modo de explotación y usos, forma uno de los capítulos de la *Mineralurgia* y de la *Metallurgia*, secciones de la Mineralogía y Geología, demostrando a la vez la importancia de estas ciencias, que se cultivan en nuestro Instituto Geológico Nacional, en bien de la industria y prosperidad nacionales. También es muy importante conocerlas desde un punto exclusivamente científico, para darse cuenta del encadenamiento de los Geosomas u objetos terrestres y de las relaciones de mutua dependencia de los minerales, los vegetales y los animales. El arte de las construcciones se basa en gran parte, en la Mineralogía y la Geología.

Como la composición íntima de los organismos es y ha sido siempre puramente mineral, puede asegurarse que, en resumen, las Ciencias Naturales son todas mineralogía o derivadas de ella. El cuerpo del hombre, por ejemplo, se compone de sales inorgánicas, carbono, hidrógeno, oxígeno, ázoe y otros elementos inorgánicos. Es indispensable, por tanto, el conocimiento de dicha ciencia en nuestras escuelas, pues sirve de base y complemento natural de la química, la botánica y la zoología, así como de la biología en sus múltiples aplicaciones.

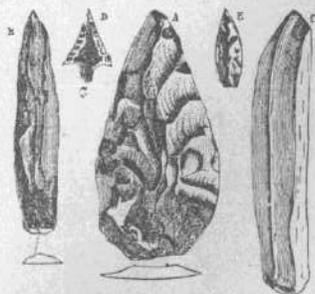
HISTORIA.—La Mineralogía nació al aparecer los primeros hombres, hace centenares de miles de años, cuando se comenzaron a usar las piedras para fabricar armas y utensilios.



COMPANIA MINERA REAL DEL MONTE, ESTADO DE HIDALGO.
1. Mina de Acosta, 2. Mina de Cabrera, 3. Mina de Escobar 4. Mina de San Ignacio 5. Tiro de Santa Bárbara, 6. Mina de Dolores, 7. Mina de San Juan, 8. Mina de San Rafael.

En efecto, la historia de la humanidad prehistórica se ha dividido en cuatro edades: 1a., la paleolítica (de *palaio*s, antiguo y *litos*, piedra), caracterizada porque los instrumentos de piedra de que hacían uso estaban imperfectamente tallados; 2a., la neolítica (de *neos*, nuevo), en la que estos instrumentos estaban ya pu-

limentados y eran más perfectos; 3a., la de bronce, así denominada porque se hallaban ya en ella instrumentos de bronce y cobre y 4a., la del hierro, en la que habiendo aprendido el hombre a hacer uso de este metal, reemplaza ventajosamente con él, las materias que le habían servido antes para fabricar sus armas: en esta época principian ya los datos históricos a ilustrar el desarrollo de la inteligencia.



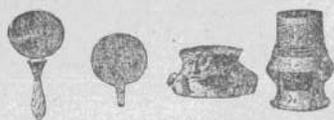
Armas de piedra
A. hacha de piedra de la edad paleolítica; B. cuchillo de piedra de la caverna de Laroque; C. cuchillo de piedra encontrado en un doimen; D y E, puntas de flecha de piedra, de las ciudades lacustres de Italia.

Las poblaciones primitivas de nuestra República hacían uso de la piedra, los pedernales, la obsidiana, etc., y comenzaban a utilizar y beneficiar los metales, el cobre, el bronce, el oro, la plata etc.

La obra más antigua de mineralogía fué escrita en caldeo y traducida por Mōsea, médico de Alfonso X, en 1284.

Plinio, célebre naturalista latino, que vivió 23 años antes J. C. y murió durante la erupción del Vesubio, al ser sepultada entre cenizas la ciudad de Pompeya, dió a conocer infinidad de metales.

En México, país esencialmente minero, que inundó el mundo con sus metales preciosos, la ciencia que nos ocupa ha sido cultivada con gran éxito por notables especialistas, como D. Andrés Manuel del Río, descubridor del Vanadio, metal de la familia del bismuto, autor de un célebre tratado "Elementos de Orictognosia" o sea Mineralogía (1795); Dn. Joaquín Velázquez de León, Director que fué del Colegio de Minería (1844); Dn. Santiago Ramírez; Dn. Antonio del Castillo y otros muchos citados en la excelente "Bibliografía Geológica y Minera de la República" del Sr. D.



Espejo egipcio, hecho de bronce
Espejo siríaco, hecho de bronce
Vasos de los indios de la América Central

Rafael Aguilar y Santillán. (Publicación especial del Instituto Geológico Nacional).

Actualmente la Mineralogía es una ciencia muy adelantada y cuenta con magníficos institutos en todas las naciones civilizadas.

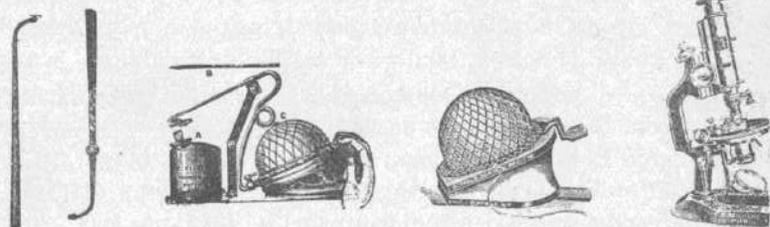
Cómo se estudia la Mineralogía. Útiles

Además del profesor de la materia, los gabinetes, y los museos, el alumno debe contar con una pequeña colección de minerales, que puede formar sin gastos considerables, reuniéndolos en los cerros y cañadas y comprando los ejemplares que le falten (en México, en el almacén de Hoffmann Pinther y Bosworth, en la calle de Nuevo México).

Útiles y herramienta usados en Mineralogía



Imán Brújula Lente Martillos de Mineralogista



Sopletes de boca Fuelle de mano y soplete. Fuelle de pie para soplete Microscopio polarizador.

Es necesario tener ciertas herramientas: una lima triangular, navaja común, de buena calidad, para determinar la dureza de los minerales, si se puede imanada, para que sirva de imán artificial; un martillo de geólogo, una tenaza para romper los minerales, una lente para observar los detalles muy finos; un canasto o



Lima triangular

mejor un saco para guardar los objetos colectados; papel para envolver y anotar las observaciones y el nombre de la localidad, etc., etc.

En los laboratorios de Mineralogía debe haber un microscopio polarizador, con platina graduada y todos sus accesorios, para medir los ángulos de los cristales. Un microscopio de esta naturaleza consta de las siguientes partes:

Microscopio Mineralógico de Reichert. Modelo A III c, con platina circular giratoria dividida en 360°, con vernier y división indicadora. Polarizador dispuesto para poder levantarlo o bajarlo por medio de un tornillo de rotación; los cuatro cuartos de la rotación van indicados por un fiador accionado por un muelle que se hunde en la entalladura correspondiente. Aparato iluminador cambiante con diafragma iris. Analizador encima del objetivo y del ocular, prismas de Glan, hoja de yeso de primer orden, dispositivo para centrar exactamente los objetivos, lente de Bertrand en el tubo, la cual puede levantarse o bajarse para enfocar exactamente las imágenes aciales, con cambiador de objetivo. Con platina móvil de fácil adaptación, la corredera va con un vernier, con tambor para medir. Montado con objetivos 1, 3, 6; ocular II con retícula; ocular III con micrómetro y ocular V; aumento 20-500.

Son indispensables también lámparas para alcohol, tubos de ensaye, soplete de boca o de fuelle que es mil veces preferible, pues la tuberculosis y otras enfermedades se transmiten por las boquillas que varias personas llevan a los labios; crisoles, reactivos, bórax, sal de fósforo, papel reactivo, pinzas de turmalina y otros útiles que se venden para el estudio práctico de los minerales.

Cómo se preparan los minerales y rocas para su examen microscópico

Los cortes o secciones delgadas de estos objetos son muy necesarios y difíciles de obtener si no se dispone de los elementos apropiados. Los lapidarios pueden preparar dichos cortes, pero es prefe-

rible que los obtenga el estudiante o preparador, o que se hagan a su vista.

Se comienza por procurarse un fragmento o astilla delgada del mineral, de unos tres centímetros cuadrados, golpeándolo con un martillo. Cuando el ejemplar es muy pequeño y difícil sostenerlo



Anteojos para proteger la vista.

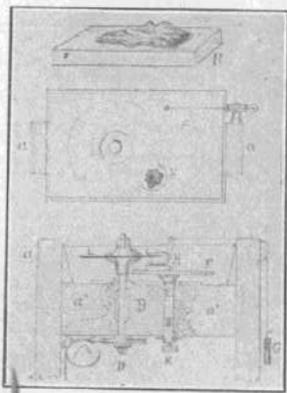
con la mano, se le quiebra, colocándolo en la posición conveniente en la orilla de un cincel encajado en un block de madera. Se aconseja, para evitar accidentes en los ojos, protegérselos con anteojos de alambrado fino.

Después se necesita pulir una cara del ejemplar, hasta que llegue a ponerse perfectamente plana, y para ello se le frota sobre una placa con polvo de esmeril y agua, o por medio de una máquina como la que se describe en seguida y se debe pedir a un fabricante (Messrs. Cotton y Johnson, 21, Grafton Street, Soho, Londres).

Consiste en un marco de madera que sostiene una manija eje y una rueda de 60 centímetros de diámetro. La parte superior de la máquina está formada por dos piezas cruzadas (a') como a 3 centímetros de distancia, fijadas en el asiento de un torno común; dentro de la hendidura, entre ellas está colocada una pieza de fundición (B), llevando el puntal para las poleas de las esquinas (C); dicha pieza está perforada para recibir la varilla (D), la cual, por medio de un pedal, puede girar a razón de 400 o 500 revoluciones por minuto; está ajustada también con otra varilla (E), que lleva una placa metálica (F), fijada en su punta y que sostiene una copita (H), a la cual se fija el ejemplar por medio de cera preparada. La presión conveniente contra el disco cortante se arregla por medio del peso (G), y el grueso del corte que se va a hacer, por el tornillo (K), en el cual descansa el eje (E). De

esta manera la rueda giratoria cortante (L), va recortando el fragmento de roca o mineral y produce laminitas paralelas. El disco cortante es de hierro blando, de 26 centímetros de diámetro, y está fijado al tallo (D), entre dos placas de bronce. El disco para pulir es del mismo diámetro, de hierro fundido o de plomo, de 12 milímetros de grueso en el centro, con bordes arredondados y lados convexos; esta forma facilita el pulido de un grueso uniforme.

Se unta pasta de polvo de diamante en la orilla de uno de los discos.



Torno para hacer cortes de minerales y rocas.

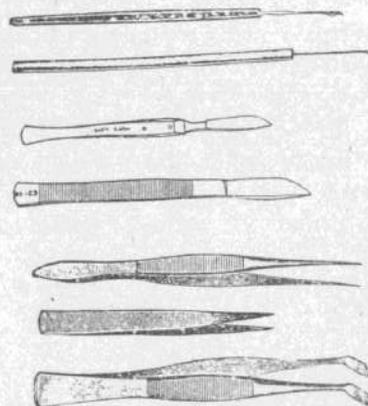
Se lavan cuidadosamente los cortes, y se pulen a mano en una losa con esmeril muy fino. Entonces se pegan con bálsamo del Canadá caliente en una placa de vidrio y se llevan de nuevo a la máquina hasta obtener laminitas muy delgadas, de suficiente transparencia para que puedan verse con microscopio. El vidrio se pega a una losa (R).

En resumen, se comienza por pulir la astilla del mineral por un lado, hasta que llegue a quedar plana, en seguida se fija por la cara plana a un vidrio y éste en una placa metálica o losa, que se lleva al torno, para pulir o recortar la otra cara. (Véanse figuras).

Actualmente, para hacer estos cortes, de dos o tres centésimos de milímetro, se usan discos de acero movidos por tornos eléctricos; sobre estos discos de acero se pule desde luego una de las caras, acabando de pulir a mano sobre un disco de vidrio despulido.

En seguida, la cara ya pulimentada de la roca se adhiere con bálsamo de Canadá a una lámina gruesa de vidrio, de manera que pueda seguirse desbastando y puliendo la otra cara, hasta adelgazarla convenientemente. Se despega calentando y se pasa al porta objeto poniéndole su cubre-objeto.

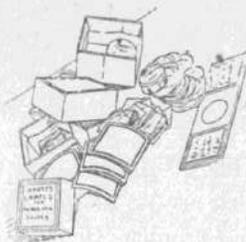
Utiles necesarios para los estudios microquímicos.



Escalpelos y agujas enmangadas
Pinzas de varias formas



Godete
Disco de Petri



Cubre objetos, porta objetos redondos, rectangulares y marbetes

Para los estudios de microquímica y cristalogenia, son necesarios multitud de pequeños objetos que se encuentran en los laboratorios de microscopía y bacteriología: cajas de Petri, formadas por dos tapas de vidrio, que embonan exactamente; pinzas, placas de Malassez, para calentar las preparaciones, porta-objetos y cubre-objetos, reactivos microquímicos y sustancias colorantes, como las que siguen:

Acido acético.	Acido pícrico.
Glicerina.	Formalina.
Aceite de cedro.	Xilol.
Esencia de clavo.	Hidrato de cloral.
Acido ósmico.	Liquidámbar.
Alcohol a diversos grados.	Sales metálicas solubles.
Nitrato de sodio.	Cloruro de calcio.

Sílice coloide concentrada y silicatos de sodio y potasio a 30°

B. Sustancias derivadas de la colessterina y otros compuestos orgánicos ricos en sílice, que vende la casa Görlitz (1), Alemania, para estudiar los preciosos cristales líquidos.

Libros especiales que se han tenido a la vista para redactar esta obra y que deben existir en las clases y gabinetes

Dana. Manual de Geología (en inglés).

Dana. Sistema de Mineralogía (en inglés).

Publicaciones del Instituto Geológico Nacional. Muy interesantes.

Bibliografía Geológica y Minera. R. Aguilar y Santillán.

Purón. Mineralogía y Geología. Nueva York. 1892.

Meunier. Botánica y Geología (en francés).

Monlau. Historia Natural. Mineralogía. Barcelona. 1894.

Beudant. Mineralogía y Geología (en francés). París. 1858.

Nogués. Geología aplicada. París. 1869.

Clarke. Los datos de la geoquímica. Washington. 1911, (en inglés).

Landero. Sinopsis mineralógica. México, 1888.

Villaseñor Lorenzo. Compendio de Mineralogía, Zacatecas, 1910.

Swarts F. Curso de Química Inorgánica. Gante. 1907. (en francés).

Andrés del Río. Elementos de Orictognosia, 1832.

García Cubas. Cuadro Geográfico, Estadístico y Descriptivo. México, 1884.

Clarke. Constitución de los Silicatos Naturales. Washington, 1914, (en inglés).

Miers. Manual práctico de Mineralogía. París, 1906, (en francés).

(1) Stuttgart.

Bárcena Mariano. Tratado de Geología. México, 1885.

Gaudry. Encadenamientos del mundo animal. París, 1883. 3 tomos. (en francés).

Lapparent. Compendio de Geología, París, 1910 (en francés).

Lapparent. Compendio de Mineralogía. París, 1908 (en francés).

Groth. Cuadro sistemático de los minerales. Ginebra, 1904, (en francés).

Vélain. Curso elemental de Geología estratigráfica. 1885 (en francés). Ediciones modernas.

Meunier. La Geología general. París, 1903 (en francés).

Diversas obras de Plasmogenia de Ledue, A. L. Herrera, Jules Félix, Kuckuck, Renaudet, Mary, Delfino, Lehmann, Vorländer, Bütschli, Quinke, Reinke (estas últimas en alemán), Castellanos, etc. Véase nuestra "Biología y Plasmogenia."

La Sociedad Geológica ha publicado 7 tomos de su "Boletín", que contiene datos nacionales de gran interés.

Osborn. The Origin and Evolution of Life. New York. 1921.

D'Arcy Thompson. Growth and Form. Cambridge. 1917.

A. Turnbull. The Life of Matter. Philadelphia. 1919.

The Data of Geochemistry, by Frank Wiggsworth. Clarke. 1924.

A text-book of Geology. Phillip Lake and R. H. Rastall. 1922.

Geologie literature on North America. 1785-1918. By Jhon M. Nickles. 1923.

CAPÍTULO SEGUNDO

CARACTERES ORGANOLEPTICOS

Deriva de *leptikos*, que toma, propiedades por las cuales obran los cuerpos sobre los sentidos y demás órganos.

Colores

Aunque según mineralogistas competentes los colores pertenecen más bien a los caracteres físicos, nosotros los incluiremos entre los organolépticos.

El color superficial de los minerales es de dos especies, porque se debe a causas físicas como la interferencia de los rayos luminosos, ej.: el color del nácar, y a causas químicas, como la composición del mineral, la materia colorante que contiene y muchas veces a sus impurezas.

Los colores encontrados en los minerales se expresan casi siempre comparándolos a cosas u objetos usuales que tengan el mismo o parecido color, así se dice: blanco de nieve, amarillo de oro, rojo ladrillo, etc., como se verá más adelante.

Causas físicas

Juego de colores: Destellos irregulares como en el ópalo de Querétaro.

Cambio de colores (Scheelirisación). Colores diversos observados a la luz reflejada en direcciones diferentes, ej.: Labradorita.

Iridescencia: Puntos o fajas de color, como iris, ej.: Opalo noble.

Opalescencia: Aspecto lechoso, ej.: Opalo lechoso.

Causas químicas

Colores metálicos.—Rojo de cobre, ej.: el cobre; amarillo de bronce, ej.: marcasita; amarillo de latón, ej.: chalcopirita; de oro,

ej.: oro; blanco de plata, ej.: plata nativa y mispickel; gris de acero, ej.: chalcocita; gris de plomo: galena; negro de hierro: magnetita.

Colores no metálicos

Rojos

Rojo carmín: Rayadura de la	Rojo cochinilla: cinabrio.
„ pirargirita.	„ sangre: hematita micácea.
„ aurora o de fuego: rejalgar.	„ rosado: grosularia.
„ ladrillo: minio.	„ jacinto: grosularita (algunas var.).
„ escarlata: cinabrio.	

Amarillos

Amarillo naranjado: minio.	Amarillo de miel: wulfenita.
„ de ocre: limonita.	„ de cera: wulfenita.
„ limón: azufre nativo.	„ de arvejones: siderita.

Verdes

Verde esmeralda: esmeralda.	Verde cardenillo: malaquita.
„ manzana: bromirita.	„ espárrago: apatita (var. esparraguina).
„ aceituna o aceite: serpentina.	„ montaña o verde mar: agua marina.

Azules

Azul turquí: azurita.	Azul de añil: vivianita.
„ de Prusia: azurita. (var. obscura).	„ ultramar: lazulita.
	„ de esmalte: turquesa.
	„ violado: cuarzo ametista.

Blancos

Blanco de nieve: anhidrita, magnesita.	Blanco amarillento: ciertas arcillas
„ agrisado: piedra pómez.	„ verdoso: amianto.
„ lechoso: ópalo.	„ rojizo: lepidolita.

Grisés

Gris de perla: ciertas piedras pómez.

Gris ceniciento: cenizas volcánicas.

Gris de humo: cuarzo ahumado.

Además, existen el gris azulado, gris amarillento, etc., según el color que predomine.

Pardos

Pardo de clavo: hierro pardo. Pardo cetrino: limonita epigénica.

„ de hígado: asbolán.

„ castaño: casiterita.

„ rojizo (café): var. de maderas piedras.

blenda.

Negros

Negro de terciopelo: obsidiana. Negro rojizo: metacinnabarita.

„ parduzco o de pez: ar- „ verdoso: algunos micas.

cillas bituminosas. „ azulado: wad terroso.

Es de notarse que la Mineralogía no reconoce los colores violeta, rosa, café, naranjado, etc., separadamente, pues los incluye en el azul, el rojo, el pardo y el amarillo, respectivamente.

El color, aunque es una propiedad física que debe tenerse en cuenta, sin embargo, es de importancia secundaria, pues existen minerales que muestran muchas coloraciones sin cambiar de composición esencial.

Si a través de un mineral se pueden ver los objetos colocados detrás, se dice que el mineral es transparente: mica. Si deja pasar luz de una manera insuficiente, es traslúcido: ópalo. Si no la deja pasar, es opaco: kaolín. El color del polvo también es un recurso que debe tenerse en cuenta. Ej.: la pirargirita es de un color gris plomizo, pero su polvo es rojo escarlata.

Lustre.—Los minerales son lustrosos cuando la luz produce sobre su superficie rayos difusos de bastante intensidad: obsidiana, metales pulidos.

Por su calidad se distinguen: lustre metálico: de los metales pulidos; lustre común o no metálico, el cual se divide en:

Lustre diamantino: diamante.

„ de vidrio o vítreo: cuarzo.

„ resinoso: ópalo, chapopote.

„ nacarado: mica.

Lustre sedoso: amianto, yeso.

Según su intensidad:

Mate: sin brillo; tiza, arcilla seca.

Poco lustrosos; brillan poco: mármol pulido.

Lustrosos: lustre perceptible a uno o dos metros: Obsidiana, cuarzo.

Resplandecientes; brillan aun de lejos: pirita, galena.

Centellantes; poseen puntos o rayas que brillan intensamente: aventurina, adularia.

Acción sobre el tacto. Olor y sabor. Los minerales son suaves, por ser tersa su superficie se deslizan fácilmente (amianto).

Son *untuosos* cuando resbalan entre las yemas de los dedos, como el jabón, ej.: talco, grafito.

Asperos. Se llaman así los que no se deslizan y tienen la superficie áspera: piedra pómez.

Olor y sabor. El olor es *bituminoso* en el asfalto o chicle negro, sobre todo al frotarlo, la arcilla, especialmente la de Guadalajara, tiene un olor especial agradable, debido a vegetales microscópicos olorosos (Mohos), pero también se nota este olor en la sílice coloide en ciertos casos. Este olor llamado *arcilloso* aumenta al humedecer la arcilla.

El azufre tiene un olor sulfuroso, más intenso cuando se encuentra en gran cantidad.

El arsénico, al arder, produce un olor de ajo muy característico, llamado olor aliáceo.

Las sales de magnesio, como el agua de mar, son amargas; las de sodio, saladas; las de fierro tienen sabor de tinta o *átamentario*; el salitre o nitrato de potasio es de un sabor fresco, produciendo en la boca una sensación de frialdad; el sulfato de cobre tiene un sabor dulzacho y las sales de mercurio un sabor metálico muy desagradable.

La arcilla se adhiere a la lengua, absorbiendo el agua de la superficie de este órgano: este fenómeno se llama *apegamiento*.

Los minerales al estado coloide son insípidos e inodoros. Deben probarse los minerales con la debida precaución, para evitar envenenamientos o cauterizaciones de la lengua.

La sílice coloide, aun muy concentrada, es insípida, lo que se explica por su insolubilidad. En efecto, los cuerpos deben disolverse en la saliva para que se perciba su sabor.

CAPÍTULO TERCERO

PROPIEDADES FÍSICAS

Tenacidad, fragilidad y elasticidad

Si las partículas de un mineral son coherentes, el cuerpo opone cierta resistencia a toda fuerza que tienda a modificar las posiciones relativas de las partículas.

Si la cohesión es suficiente para impedir deformaciones permanentes, las partículas vuelven a sus posiciones primitivas cuando la fuerza deja de obrar y se dice que el mineral es *elástico*, por ej.: la mica en hojas delgadas.

Cuando la fuerza aplicada es suficiente, la cohesión es vencida, las partículas separadas y el mineral es fracturado. La tenacidad o grado de fragilidad se distingue con los epítetos siguientes:

Frágil, tenaz, tierno, quebradizo.

La fractura o naturaleza de la quebradura de un mineral puede ser: *concoidea*; encorvada como una concha: *obsidiana*; *desigual*; como en la turmalina; *igual*, como en la calcedonia vítrea; *esquirlosa*, cuando tiene el aspecto de la superficie de la madera quebrada: *cervantita*; es muy característica en los minerales de estructura fibrosa, como el jade que empleaban los hombres primitivos para sus utensilios y adornos y tiene todavía un alto valor en el Oriente, sobre todo en China. Se encuentra en México, en Oaxaca, y fué utilizado por los antiguos mexicanos. (1).

Ductilidad. Se designa con este nombre al mineral que puede estirarse formando cintas o hilos, como el oro, la plata, el hierro, el cobre, etc.

(1) Dr. Daniel G. Brinton. Objetos de Jadeita y Onix de México. "Science" XII Octubre 5 de 1888, p. 168. Damour y Fischer. "Revue Archéologique". París. Julio de 1878, p. 12-32. Objetos de Jade en el antiguo México.

Se ha conseguido estirar hilos de platino de ocho décimos de micra (micra, un milésimo de milímetro); se hacen hojas de oro de un décimo de micra, de espesor, lo cual es una de las pruebas de la gran divisibilidad que presenta la materia.

Densidad. La densidad es la masa de la unidad de volumen, o sea el peso en gramos de un centímetro cúbico de mineral. La densidad relativa con relación al agua, o la relación de su densidad a la del agua destilada a 4 grados C., es el peso específico.

Se mide comparando el peso de un volumen cualquiera de mineral al peso de un volumen igual de agua destilada a 4° C.; la relación del primero al segundo es el peso específico del mineral.

Si, por ejemplo, un fragmento de mineral pesa tanto como un volumen igual de agua destilada a 4° C., su peso específico es de 1., si pesa exactamente el doble, su peso específico será 2 y así sucesivamente.

Y así se ha llegado a sacar que el peso específico del iridio es 23.00, el del Natron (carbonato de sodio) 1.4, etc.

Se determina el peso específico con la balanza hidrostática, el pnenómetro, los líquidos pesados, etc. Los dos primeros procedimientos se describen en los textos de física, que ya debe conocer el alumno de Mineralogía.

El método de los líquidos pesados consiste en obtener líquidos en que ni flote ni se hunda el mineral, y tomar su densidad. Para esto se emplea el yoduro de metileno diluido con benzol y que marca densidades de 3,3 a 0.98.

Este método es semejante al que sirve para determinar el peso específico de una gota de sangre, haciéndola caer en mezclas de diversa densidad, de cloroformo y bencina.

Refracción y sus leyes. Cristales uni y bi-ejes.

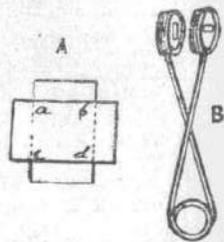
La refracción simple que consiste en la desviación de un rayo luminoso al pasar de un medio a otro, tiene aplicaciones en la distinción de los minerales. Se sabe, en efecto, que para cada cuerpo transparente hay una relación invariable entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción, relación que se llama *índice de refracción* de una sustancia: bastaría, pues, conocer los índices de refracción de todos los minerales transparentes, cristalizados o amorfos, para poder distinguir unas de otras las especies que tuvieran ese carácter. Desgraciadamente

este medio tan sencillo de distinción no es fácilmente aplicable, porque ni se tienen datos precisos sobre el índice de todos los minerales transparentes, ni la observación puede hacerse si el mineral no es enteramente transparente y está desprovisto de materias extrañas que lo coloren, habiéndose tallado artificialmente de manera que forme un prisma de caras enteramente planas o teniendo naturalmente esta forma.

Hay sustancias en las cuales el rayo refractado no sólo se desvía de su dirección primitiva, sino que se divide en dos, es decir, que cuando a través de una de ellas se mira un objeto, por ejemplo, un letrero impreso, se ve doble: el espató calizo, especialmente la variedad espató de Islandia, es un notable ejemplo de los cuerpos que poseen esta propiedad de la doble refracción.

Un gran número de observaciones ha hecho ver que los cuerpos que tienen refracción simple no son cristalizados o cristalizan en el sistema cúbico, de que hablaremos más adelante, mientras que los de doble refracción son todos cristalizados en formas que pertenecen a otros sistemas.

El conocimiento de este fenómeno permite distinguir muchas sustancias que por algunos motivos se confundirían, y esto aunque estén en láminas, fragmentos irregulares o que artificialmente hayan sido talladas. No podrá confundirse, por ejemplo, el vidrio y el cristal de roca, el rubí espinela y el rubí oriental, el granate y el circonio, etc., porque los primeros cuerpos dan la refracción simple y los segundos la refracción doble.



Pinzas de turmalina

No todos los minerales birrefringentes tienen esta propiedad en tan alto grado que pueda apreciarse fácilmente y para reconocer si una sustancia es mono o birrefringente, se recurre de ordi-

nario a un pequeño aparato llamado *pinzas de turmalina* (silicoborato de bases múltiples) talladas paralelamente al eje de cristalización y cruzadas en ángulo recto. Si entre estas dos láminas se coloca un fragmento del mineral que se trata de examinar, que permanece inmóvil por la presión de resorte, y se observa una luz bastante intensa a través del conjunto, el espacio del cruzamiento a, b, c, d, que es naturalmente oscuro, permanece en tal estado si el mineral interpuesto sólo posee la refracción simple, o se ilumina con más o menos claridad si posee la doble refracción. Ej.:



Birrefringencia del espató de Islandia

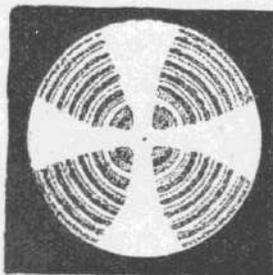
espató de Islandia. Para comprender lo que pasa en esta operación, recordaremos que al atravesar una sustancia que posee la doble refracción, la luz adquiere una propiedad particular llamada *polarización*, que consiste en que uno de los rayos de la luz refractada no puede refractarse una segunda vez, si la superficie refractante forma ángulo recto con la primera. Por eso el espacio ocupado por el cruzamiento de las dos placas de turmalina es naturalmente oscuro. Ahora bien, un mineral que sólo tiene la refracción simple, nada cambia en el sistema de obscuridad, pero uno birrefringente hace que el rayo polarizado por la primera se divida en dos haces, de los cuales uno, polarizado en sentido inverso, puede atravesar la segunda turmalina y llegar al ojo del observador.

El fenómeno de la doble refracción en una sustancia determinada no se manifiesta indiferentemente en todos sentidos. Tallando de una manera conveniente los minerales se ve que en uno hay una dirección en que sólo se percibe una imagen y en otros hay dos direcciones de esta especie. En el espató de Islandia, por ejemplo, el fenómeno de la doble refracción desaparece en la dirección del eje del cristal, que reúne las dos cimas del romboedro; en el topacio, que cristaliza en prismas ortorrómbicos, se encuentra una dirección neutra inclinada a la derecha del eje principal y otra a la izquierda. Estas direcciones en que deja de tener lugar la refracción doble, se llaman *líneas neutras*, *ejes de doble refracción* o *ejes ópticos*. Una línea neutra única se confunde siempre con el

eje principal de cristalización; la línea media entre dos ejes ópticos o líneas neutras corresponde a uno de los ejes cristalinos que pueden concebirse en un cristal.

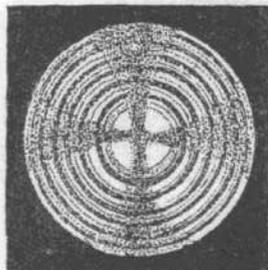
He aquí la explicación mineralógica importante: Todas las sustancias que tienen una sola línea neutra pertenecen al sistema exagonal y tetragonal; todas las que tienen dos, pertenecen a otros sistemas.

Es, pues, importante determinar si una sustancia diáfana posee un sólo eje o si tiene dos. Desgraciadamente la observación no puede hacerse desde luego, sino que es necesario tallar el cuerpo que se quiere examinar, pero una vez conseguido, los hechos siguientes establecen los caracteres distintivos.



A

Círculos coloridos observados en los cristales uniejes
A.—Nícols paralelos. B.—Nícols cruzados

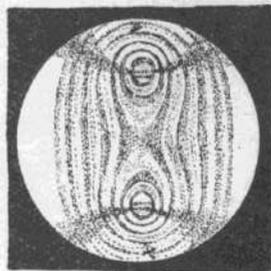


B



C

Círculos coloridos observados en los cristales biejes.
C.—Nícols paralelos. D.—Nícols cruzados



D

Todas las sustancias de una línea neutra talladas en placas perpendiculares a esta línea y colocadas entre las láminas de las pin-

zas de turmalina dejan ver anillos coloridos circulares y concéntricos. Con los nícols cruzados (uno de los nícols se llama polarizador y el otro analizador), se obtienen resultados más perfectos.

Los grupos de anillos están más o menos separados según las sustancias, es decir, según que sus ejes de doble refracción formen un ángulo más o menos abierto. (L. Villaseñor).

A. L. Herrera ha observado que la sílice coagulada no se ilumina con la luz polarizada, y las sales sí: en un cristal de calcita silíceica las cruces de polarización se deben a la situación recíproca de la sílice y la calcita.

Fosforescencia y radio-actividad. El diamante se hace luminoso en la oscuridad después de recibir la luz solar intensa. El calor o las descargas eléctricas determinan la fosforescencia de algunos minerales. El cuarzo, ciertas dolomias y blendas dan luz al frotarlas. El sulfuro de calcio con vestigios de óxidos metálicos es fosforescente y sirve para iluminar las carátulas de los relojes. El radio y otros cuerpos (fósforo blanco), son fosforescentes y descargan el electroscopio: son radio-activos.

El fósforo, estudiado a este respecto por A. L. Herrera, Manuel Pérez Amador y Bloch, es muy luminoso y radio-activo. Herrera ha visto que el fósforo disuelto en sulfuro de carbono y extendido (1) entre dos vidrios, emite rápidamente fulguraciones, del más hermoso y singular aspecto, como el sulfuro de calcio en el aparato llamado Espintariscopio de Crookes.

Es muy grande la importancia de la radio-actividad, ya bien explicada; se debe a la desintegración de la materia, aun en la oxidación, en el agua oxigenada y otros cuerpos que descargan el electroscopio. Toda materia encierra cierta cantidad de energía que se manifiesta en la radio-actividad.

Fluorescencia. Parecida a la fosforescencia. Consiste en una modificación especial de la luz recibida, que determina cierta claridad de algunas sustancias, como el petróleo refinado.

Electricidad y magnetismo. Casi todos los minerales se electrizan por frotamiento: ámbar; algunos por la compresión: espato de Islandia; o el calor: turmalina. Son magnéticos los minerales que obran sobre la aguja imanada sin estar electrizados: magnetita.

Acción del calor. Acción mecánica. Las variaciones de la con-

(1) En muy poca cantidad.

ductibilidad calorífica en los cristales se estudian encerrándolos por una cara y fundiendo la cera en ciertos puntos con una aguja caliente. La cera se funde con una velocidad tanto mayor cuanto más rápida es la propagación del calor. Se forma una *curva térmica*, generalmente elíptica, que se mide después.

Bajo la influencia de la acción mecánica las direcciones de menor cohesión determinan la producción de planos de división o crucero, es decir, de aquellos según los cuales se opera la separación de los cristales en láminas planas, por el choque o el esfuerzo de un instrumento cortante.

Estado coloidal. La siliza, la alúmina, el azufre, los metales y en general todos los cuerpos pueden presentar el estado coloidal, es decir, que en un estado de gran división en el agua u otro medio tienen propiedades particulares, que les asemejan a la materia viva y a los fermentos como la pepsina del jugo gástrico que disuelve la carne. Las falsas soluciones o pseudo-soluciones, llamadas también suspensiones coloidales no atraviesan las membranas, es decir, que no se dializan como los cristaloides: sal, azúcar, etc.; obran sobre la luz difundíendola, se ven turbias; se alteran de mil maneras bajo la influencia de diversos agentes; son estables o inestables, electro-positivas o electro-negativas y se componen de micelas o agrupaciones de moléculas, que se dice que están en continuo movimiento browniano, pero según A. L. Herrera, este movimiento o trepidación microscópica, que se ve muy bien en la arcilla puesta en agua, se debe a pequeñísimos seres del grupo de las bacterias (*Micrococcus brownianus*). Véase la "Biología y Plasmogenia", p. 192 a 216. (1).

(1) Los Dres. Portier, Galippe y otros, han descubierto bacterias semejantes a éstas en los seres vivientes, y que resisten mucho a los agentes destructores.

CAPITULO CUARTO

CARACTERES QUIMICOS

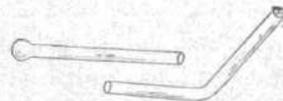
Análisis cuantitativo

El análisis de los minerales es una parte importante de la mineralogía y se sujeta en todo a las indicaciones de la química analítica, limitándolo a lo indispensable. El análisis cuantitativo se hace por vía húmeda y por vía seca.

El análisis pirométrico o por vía seca comprende ensayos en pequeños tubos abiertos, tubos cerrados, sobre el carbón y haciendo uso del soplete, etc., y de los cuales se trata a continuación.

Caracteres pirométricos

Ensayo en el tubo cerrado. El estudiante puede arreglar por sí mismo estos tubos. Ante todo, se comienza por conseguirse una varilla de tubo de vidrio de 4 a 5 mmts. de diám., la cual se corta en fragmentos de 12 cms. aproximadamente.



Tubos abiertos y cerrados usados para el análisis por vía seca.

En seguida y a la flama de una lámpara Barthel o mechero de gas se va cerrando por un extremo mediante la fusión del vidrio, y se termina soplando fuertemente por el extremo no cerrado, y aún caliente, el fondo, a fin de ensancharlo un poco.

Preparado así el tubo se coloca en su interior un fragmento del mineral que se trata de analizar o mejor aún, su polvo, teniendo cuidado de no ensuciar sus paredes.

En seguida, tomando el tubo con una tira doble de papel para no quemarse, se coloca a la llama de una lámpara de alcohol y se observan con cuidado los fenómenos que pueden producirse y que son los siguientes:

Decrepitación. Prueba la existencia de agua, mecánicamente interpuesta, como en la sal de cocina, la calcita, etc.

Cambio de color. Podrá tratarse de la cerusita si el color es permanente, o del óxido de cinc si la coloración desaparece por enfriamiento.

Fosforescencia. Calentadas estas sustancias muestran este fenómeno: la apatita, fluorita y ciertas variedades de calcita.

Producen sublimados. Amarillo obscuro en caliente y amarillo de azufre en frío, puede tratarse de bisulfuros (olor sulfuroso).

Sublimado rojo obscuro en caliente y rojo amarillento en frío. Se trata de sulfuro de arsénico y sulfo-arseniuros metálicos.

Sublimado negro, metálico, espejeante (espejo del arsénico), olor de ajos; arsénico y arseniuros.

Sublimado negro a alta temperatura cerca del fondo, que pasa a ser rojo cereza u obscuro por enfriamiento: sulfuro de antimonio.

Sublimado negro que se pone rojo al ser frotado con una varilla de vidrio: cinabrio.

Sublimado gris y cristalino: selenio y seleniuros (olor a rábano).

Se desprende un gas o vapor. Si es agua será un hidrato o silicato hidratado.

Si es oxígeno, será un peróxido. Se comprueba acercando a la boca del tubo un palillo medio encendido, el cual arde con llama viva.

Si es gas carbónico será un carbonato. Se comprueba acercando a la boca del tubo una gota de agua de cal, la cual debe enturbiarse.

Los ensayos llamados en *el tubo abierto* tienen el mismo objeto que los anteriores, aunque aprovechando la mayor oxidación, que de esta manera se obtiene por el dispositivo del tubo que forma una especie de tiro.

La forma y dimensiones de este tubo, pueden apreciarse fácilmente en la figura, dichos tubos se arreglan sin dificultad,

acodando fragmentos de éstos, de una dimensión de 12 cms. aproximadamente.

Fusión y volatilización. La mayoría de los minerales se funden al calentarlos suficientemente, pasando al estado líquido. Se les somete a la acción del soplete y se anotan las modificaciones observadas. El cuarzo es infusible, la natrolita (hidro-silicato de sodio y de aluminio), se funde fácilmente y da un glóbulo.

Se ha formado una escala de fusibilidades cuyo orden es el siguiente:

- | | |
|-------------------------|---------------|
| 1.—Estibnita. | 6.—Broncita. |
| 2.—Natrolita. | 5.—Ortoclasa. |
| 3.—Almandita (granate). | 7.—Cuarzo. |
| 4.—Actinolita. | |

La coloración de la llama por los minerales, es un importante recurso en análisis. En el pico de gas de Bunsen o a la lámpara de alcohol, los minerales volátiles dan coloraciones especiales.

Luz amarilla: sodio.	Luz verde-azulado: fósforo.
„ púrpura: litio	„ rojo carmín: estroncio.
„ amarillo-rojiza: calcio.	„ verde esmeralda: cobre.
„ violeta-pálido: potasio.	„ verde-amarillento: boro.

Cuando los minerales no son volátiles hay que transformarlos en cloruros, que sí lo son, atacándolos por ácido clorhídrico.

Ensayo sobre el carbón.—Reducción. Calentando, el mineral pulverizado y mezclado con cuatro veces su volumen de carbonato de sodio (sosa), en una oquedad hecha sobre el carbón, valiéndose de la llama reductora del soplete (llama azul), se producen incrustaciones, productos de fusión y coloraciones (1).

Antes de entrar en los pormenores de la manipulación es preciso dar a conocer los principales útiles empleados para este ensayo, comenzando por decir qué se entiende por soplete y cómo se usa.

El soplete, reducido a su forma más sencilla, es un tubo cónico arqueado terminando en una pequeña perforación.

La parte más ancha se llama boquilla, porque se coloca en los

(1) Severo Navia, Prof. del Colegio de Guanajuato, publicó trabajos sobre este ensayo, en la "Naturaleza", tomo III, 1874-1876, tomo IV, 1877-1879.

labios. Su objeto es conducir el aire de los pulmones a través del tubo y hacerlo pasar por la pequeña perforación del extremo opuesto.

La corriente del aire, obligada a salir por la estrecha abertura, se comprime y sale con gran velocidad, constituyendo una especie de fuelle de gran potencia, que eleva la temperatura de los cuerpos en ignición.

No obstante, hay sopletes de fuelle en sustitución de los pulmones y los hay también de boca, lujosamente presentados, con boquilla de goma, cámara de aire y punta de platino.

La punta del soplete se coloca sobre la llama de una lámpara de alcohol o mechero de gas, y soplando continuamente se dirige el dardo hacia el soporte que contiene la sustancia por ensayar. Es preciso enseñarse a soplar sin interrupción y respirar a la vez; esto se consigue fácilmente respirando por las narices únicamente y espirando sólo por la boca: con varios ejercicios a este respecto se vence la dificultad. Hinchense los carrillos.

Se pueden obtener dos flamas distintas: la de oxidación y la de reducción, cuyos nombres recuerdan sus propiedades oxidantes y reductoras respectivamente.

La llama brillante que se obtiene colocando la punta del soplete en la zona exterior de la llama, es el dardo oxidante y la llama azul que se obtiene colocándolo en la parte central de la flama es el dardo reductor.

Como soporte debe buscarse un carbón ligero y compacto al cual se le da la forma prismática. El carbón de pino o sauce son muy apropiados; si éstos no se tienen a la mano, puede uno conformarse con carbón madroño o fofo, con las condiciones antes dichas.

Incrustaciones sobre el carbón

Blancas, lejos del ensaye, volátiles, de olor de ajo: arsénico y arseniatos.

Blancas, cerca del ensaye, volátiles e inodoras: antimonio o plomo.

Blancas, con los bordes rojos o amarillos: telurio.

Amarillas en caliente, blancas en frío, fijas: cine.

Amarillas en caliente, blancas en frío, pero azul o roja si se calienta superficialmente: molibdeno.

Amarillo paja en caliente, blancas en frío, fijas: estaño.

Amarillas que desaparecen en la llama reductora: plomo.

Amarillo obscuro, más claras en frío, desaparecen en la llama reductora: bismuto.

Rojas: plata.

Gris de acero, olor a rábanos: selenio.

Negro cerca del ensaye y castaño o naranjado a mayor distancia: cadmio.

Dan glóbulos metálicos: antimonio, blanco quebradizo; estaño, blanco quebradizo; plomo, blanco, maleable; bismuto, amarillo, naranjado, quebradizo; plata, color característico; cobre, color característico; oro, color característico.

Ensaye con la perla de bórax

Para esto el soporte es un hilo de platino con anillito u ojillo en la punta y por el otro extremo soldado a un pedazo de agitador de vidrio. Se comienza por calentar el anillo de alambre, y, antes



Soporte de hilo de platino.

de enfriarse, se sumerge en bórax (borato de sodio), también llamado atincar, químicamente puro, a fin de que se le adhiera la cantidad suficiente para formar una verdadera perla incolora y transparente, por fusión, a la llama de la lámpara o ayudada por el soplete.

Obtenida ya la perla incolora de bórax, se sumerge aún caliente en la solución o mejor sobre el polvo del mineral por ensayar; se vuelve a calentar y a fundir la perla al soplete y se observarán diferentes coloraciones, según el o los elementos que contenga el mineral, de acuerdo con las indicaciones siguientes:

Llama oxidante.

Perla azul, sobre todo en frío: cobalto.

„ violeta, sobre todo en frío: manganeso.

„ verde con azul o vice-versa: cobre.

„ verde o verde amarillento sobre todo en frío: cromo.

„ roja o amarilla en caliente y clara o incolora en frío: fierro o níquel.

Llama reductora.

Perla roja o amarilla en caliente y verdosa o incolora en frío: fierro.

- „ verde en caliente y en frío: cromo.
- „ azul sobre todo en frío: cobalto.
- „ roja y opaca en frío: cobre.
- „ gris, opaca al principio e incolora por calentamiento prolongado: níquel.

Con perlas de sal de fósforo (fosfato de sodio y amonio), se obtienen análogos resultados, usándose ésta más bien como un recurso valioso para la determinación de la sílice, pues fundido un silicato o mineral silíceo en la perla, se oscurece, disolviendo solamente los óxidos y dejando una masa blanca y opaca que parece nadar sobre la perla: esta mancha se conoce con el nombre del “esqueleto de la sílice.”

Téngase también presente que fundiendo carbonato de sodio con un mineral manganésico, el producto de la fusión resultará teñido de un color verde azulado. Esta reacción es muy sensible y característica, aunque el manganeso se encuentre en proporciones insignificantes.

Ensayo con el nitrato de cobalto

Una disolución medianamente diluída de nitrato de cobalto, es inapreciable para la determinación de la alúmina, la magnesia y el cinc; así como la cal.

Para este ensaye se comienza por calentar sobre el carbón la sustancia finamente pulverizada, en seguida se le pone una o dos gotas de la solución cobáltica antes dicha y se vuelve a calentar fuertemente: el residuo se colora en azul intenso si es alúmina, rosa pálido si es magnesia y verde si se trata de cinc. La cal, la estronciana y la barita tiñen estas masas de un color café obscuro desagradable.

Hay otras reacciones al soplete que por su importancia no podemos menos de consignar en este capítulo.

Todo sulfuro o sulfato en polvo, mezclado con 4 partes de carbonato de sodio y colocado sobre una moneda de plata, después de calcinación completa de dicha mezcla, deja sobre la moneda

una mancha negra, de sulfuro de plata. Esta reacción es más notable humedeciendo la moneda.

Hay minerales que sobre el carbón no dejan aureola o pegadura ni glóbulo metálico, sino tan sólo un residuo que es atraído por el imán. Entre ellos se cuentan el fierro, el níquel y el cobalto.

Fundiendo en un crisolito un poco de carbonato de sodio en polvo, mezclado con un mineral de manganeso, la masa fundida y enfriada toma un color verde azulado muy intenso. Esta reacción acusa huellas de manganeso.

Reacciones de las soluciones

(Vía húmeda)

Es necesario averiguar si el mineral es soluble en el agua, en los ácidos o en los álcalis, después de pulverizado, en frío o en caliente, en ácidos diluídos o concentrados. Todos los compuestos simples de los metales alcalinos son solubles; muchos sulfatos, cloruros, nitratos, algunos óxidos.

Los carbonatos desprenden CO_2 con ácidos y los sulfuros H_2S . Los minerales insolubles deben fundirse con carbonato de sodio y tratarse en seguida con agua y HCl. La parte soluble en agua contiene los radicales ácidos, como sales de sodio; la parte disuelta en HCl contiene los cloruros.

En seguida se aplican, desde luego los reactivos, para obtener precipitados, coloraciones o efervescencia. Conviene rectificar los resultados por medio de ensayos comparativos, con minerales conocidos; casi siempre se comienza por tratar el mineral con una gota de ácido clorhídrico, para saber si es un carbonato o un sulfuro, según que desprenda ácido carbónico o hidrógeno sulfurado.

Análisis microquímico. Este análisis consiste en observar con microscopio las reacciones producidas en el polvo fino o partículas de los minerales. Conviene depositarlas entre el porta y el cubre objeto, y en ciertos casos, en cajitas de vidrio (cajas de Petri), y godetes “Syracuse” para colorantes, y que tienen la ventaja de ser muy resistentes, o cubetas de vidrio grueso, con bordes esmerilados, de forma rectangular. (Según estudios de A. L. Herrera).

Para hacer las observaciones se acostumbra emplear microscopios especiales, cuyo objetivo está abajo de la platina, para evi-

tar que se ataque con los reactivos, pero son preferibles los microscopios comunes, porque dan imágenes más claras.

Una vez que el polvillo de los minerales está en su sitio, se insinúa una gota de agua entre el cubre y el porta-objeto, del reactivo necesario. Es muy conveniente el empleo del cubre-objeto para retener los gases y que se formen burbujas, pues de otra manera se desprenden libremente. Para buscar el ácido carbónico es necesario que el ácido carbónico sea muy concentrado, a fin de impedir que aquél se disuelva y no se desprenda.



Caja de Petri

Las coloraciones, precipitados y cristalizaciones se ven mejor en ciertos casos con luz reflejada por el espejo y otras veces con luz paralela o con ultra-microscopio.

Constantemente se debe utilizar la luz polarizada, que revela la presencia de esfero-cristales, de cristalizaciones incompletas en medios coloidales, haciendo aparecer cruces y zonas negras y claras o preciosas irisaciones y detalles.

La disolución de los cristales se acompaña de fenómenos curiosos de corrosión y generalmente van desapareciendo primero los bordes, las aristas, hasta quedar núcleos globulosos o piriformes que desaparecen poco a poco.

Se puede calentar el porta-objeto sobre una platina metálica para estudiar la acción del calor o por medio de accesorios y baños de agua caliente. Para que las preparaciones no se sequen de un día a otro, se coloca el porta-objeto en una caja de Petri, en cuyo fondo hay un papel de filtro mojado: se tapa y puede permanecer húmeda muchos días; o bien se unta la creta o brea fundida alrededor del cubre-objeto, para evitar la evaporización. Este medio es bueno y permite obtener cristalizaciones lentas y esfero-cristales de cristaloides y coloides, pero no debe olvidarse que la brea tiene materias colorantes y otras impurezas que poco a poco invaden el líquido de la preparación.

Para el estudio de los cristales líquidos de yoduro de plata y otras sustancias, hay microscopios especiales que permiten hacer observaciones a la temperatura conveniente.

No debe olvidarse que si se emplean grandes aumentos del microscopio, aparecen corpúsculos en movimiento, que hemos considerado como microbios (*Micrococcus bronniatus*), y que existen por doquiera en los minerales y líquidos de los laboratorios.

Siempre que se vean membranas flotantes o sumergidas y copos o granulaciones, tubos que salen de las sustancias en estudio, expansiones diversas, como astas de ciervos o coágulos más o menos coloides, debe suponerse que hay silicatos terrosos o metálicos accidentales. El Dr. Lecha Marzo, de Madrid, Herrera y otros, indican sus caracteres en publicaciones especiales.

Las reacciones microquímicas son mucho más sensibles que las macroquímicas aunque más difíciles, y permiten descubrir vestigios de sustancias (siliza, fosfatos, carbonatos, fierro, plomo, etc.).

Fórmula. Dos especies minerales son distintas cuando no tienen la misma composición química o cuando el análisis ha revelado los mismos elementos, en las mismas proporciones relativas, pero el estudio cristalográfico acusa diferencias de forma en los poliedros moleculares. De allí se deduce que el análisis químico, combinado al examen cristalográfico, es la base fundamental de la determinación de las especies. Algunos autores como Groth, dicen que la forma cristalina depende de la composición química.

Cuando el análisis químico ha hecho conocer la naturaleza y las proporciones relativas de los diversos elementos de una especie, es fácil deducir su fórmula. En efecto, sea una combinación ternaria en que los pesos respectivos de los tres elementos son entre sí como los números M, N, P.

Si A, B, C, son los pesos atómicos respectivos de los elementos, se tendrá:

$$M = mA \quad N = nB \quad P = pC$$

m, n, p, siendo números enteros. Se determinan estos números por las relaciones:

$$m = \frac{M}{A} \quad n = \frac{N}{B} \quad p = \frac{P}{C}$$

y la fórmula de la especie se compondrá de los símbolos de los

tres elementos, con exponentes respectivamente iguales a m, n y p.
 Por ejemplo, el análisis de la chalcopirita ha dado 30,47 de hierro, 34,40 de cobre y 35,87 de azufre: los cocientes de estos números por los pesos atómicos serán:

$$\frac{30,47}{56} = 0,544 \quad \frac{34,40}{63,5} = 0,541 \quad \frac{35,87}{32} = 1,120$$

Los tres cocientes son entre sí, casi, como los números 1:1:2,06, o en números redondos 1:1:2, y su fórmula se escribirá así: Fe Cu S₂.

No debe olvidarse que las fórmulas sólo expresan relaciones de peso y son provisionales, de manera que sus símbolos pueden multiplicarse por un mismo coeficiente, si las analogías del mineral con otro, cuya densidad de vapor se ha determinado, conducen a hacerlo o si parece exigirlo así la interpretación de ciertas propiedades químicas. Por ejemplo, muchos mineralogistas prefieren para la chalcopirita la fórmula Fe₂Cu₂S₄ o sea Fe Cu S₂ x 2.

Frecuentemente, en lugar de fórmulas atómicas, como las precedentes se emplean otras en que los elementos están ya agrupados en combinaciones definidas. Por ejemplo, el análisis de la Analcima de Fassa dió

Siliza	55,12 : 60 = 0,9187
Alúmina	22,99 : 103 = 0,2232
Sosa	13,53 : 62 = 0,2182
Agua	8,27 : 18 = 0,4594

Las relaciones de los 4 cocientes siendo casi las que corresponden a los números 4:1:1:2, se escribe frecuentemente como sigue la fórmula de la Analcima:



Pero, en lugar de esta agrupación ficticia preferimos, salvo casos especiales, el método de los atomistas, escribiendo su fórmula así:

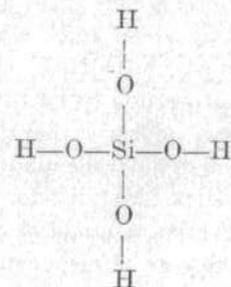


Cuando dos elementos pueden sustituirse mutuamente se agrupan sus símbolos entre paréntesis, separándolos por comillas: Así

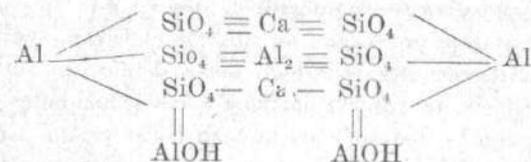
(K, Na)₂ indica que 2 átomos de un radical alcalino pueden ser indiferentemente de potasio o de sodio.

Se concede a estas fórmulas, con torcido criterio y escasa reflexión, una exactitud absoluta, que distan mucho de tener. Ciertos cuerpos como la siliza, la alúmina, el hierro, etc., existen casi siempre combinados o mezclados a otros y no figuran en las fórmulas. Herrera les llama "microquimias" SiO₂ parece formar parte de las moléculas orgánicas y es el acompañante obligado de casi todos los minerales.

Ultimamente se han comenzado a emplear en Mineralogía las fórmulas de constitución usadas en la química orgánica, indicando la colocación recíproca de los átomos, sobre todo en el caso de los silicatos, que son muy complejos; por ejemplo, como el silicio es es tetravalente, su ortácido o primer ácido debe estar representado necesariamente por un átomo del elemento unido a 4 grupos de hidroxilos. Este ácido Si (OH)₄ tiene la siguiente fórmula de estructura:



Por tal motivo la fórmula de la Epidota sería



Estas fórmulas confirman la analogía de la materia inorgánica y la orgánica y parecen ser favorables a la hipótesis de A. L. Herrera, de que la materia orgánica natural, base de los seres, se compone de moléculas muy complejas, con núcleos de siliza y flúor.

Procedimientos especiales microquímicos y de incineración, parecen confirmarlo.

CAPITULO QUINTO

CARACTERES MINERALOGICOS

Datos preliminares. Estructura. Se considera como *crystal* un conjunto de caras planas y aristas rectilíneas, constituyendo una figura poliédrica, homogénea física y químicamente; pero puede haber cuerpos cristalizados sin que muestren caras ni aristas. La esencia de la cristalización reside en el *orden y regularidad íntima de la colocación de las partículas*. El estudio de la propagación del calor en los cristales y la observación directa de su estructura mediante el microscopio, demuestran que están formados de partículas simétricas; por ejemplo, la calcita, cristalizando en la sílice coloidal diluída llega a mostrar una estructura regular, de partículas pequeñísimas dispuestas en series paralelas.

El calor se propaga con igual velocidad según todas las direcciones análogas, en un cuerpo cristalizado, y así lo demuestra la *curva de fusión*, que es elíptica, cuando se pone cera en una cara paralelográfica del cristal y se le acerca una punta metálica caliente. En los cuerpos amorfos o del sistema cúbico esa curva es siempre como un círculo, lo cual se puede comprobar haciendo la experiencia respectiva sobre un vidrio.

El calor camina, por tanto, en un cristal, con mayor velocidad según ciertas direcciones privilegiadas. Además, la forma de esta elipse, es decir, el valor relativo de las velocidades de propagación, varía con la distancia de la cara considerada. En todas las caras paralelas, en cualquier lugar en que se hayan tallado, la elipse es la misma y siempre está orientada de la misma manera.

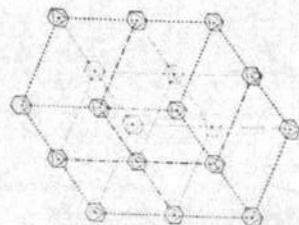
De estas observaciones se deduce que la conductibilidad calorífica de los cristales varía con las direcciones consideradas y es la misma para todas las direcciones paralelas, sea cual fuere el punto de partida.

* Las demás propiedades físicas, elasticidad, conductibilidad de

la luz, conductibilidad eléctrica, etc., se presentan de la misma manera. Si en dos direcciones dadas el movimiento se propaga con desigual velocidad es, sin duda, porque las partículas están allí desigualmente distantes y, por lo mismo, la comunicación de las vibraciones no se hace de la misma manera. La repartición de las partículas materiales, *variable en general, con las direcciones consideradas, es la misma para todas las direcciones paralelas*.

Con estos datos se han construído diagramas geométricos que reproducimos a continuación y que dan idea de la estructura de los cristales.

Se acepta que en un cristal hay una estructura reticular, una infinidad de planos reticulares y que cada uno de ellos ofrece en todas sus partes la misma dirección de la materia así como su distribución, sobre todo en los planos paralelos.



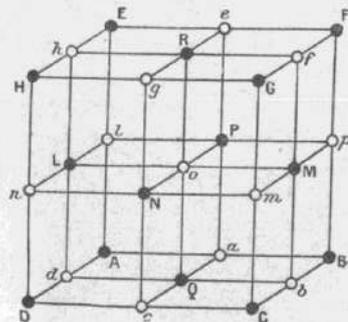
Constitución molecular de un cristal

Cada vértice de paralelepípedo corresponde al centro de gravedad de un poliedro regular al que se ha dado la forma de un octaedro regular.

Estudio de los cristales por medio de los rayos X

Según C. Viola (*“Scientia”*, tomo VII, p. 1, *“L’Analyse structurelle des cristaux a l’aide des radiations X”*), las ondas de los rayos X son muy pequeñas, del orden de 10-8 milímetros, desaparecen delante de los átomos y los espacios interatómicos, que son del orden 10-7, es decir, diez veces más grandes. Para estas ondas muy pequeñas la superficie de un cristal se parece a un tamiz de grandes mallas, de manera que las ondas de los rayos X pueden penetrar por ellas fácilmente, chocar contra los átomos, reflejarse y sufrir perturbaciones y dar origen a la difracción, como una

superficie cuadrículada de líneas entrecruzadas, de un millón a diez millones por milímetro. Los rayos X penetran en parte y en parte se difunden, dando a distancia una especie de interferencia, que consiste en puntos de intensidad mínima, alternando con áreas de intensidad máxima, en relación con el tamaño de los átomos y los espacios interatómicos. La difracción no se limita a la red superficial, sino a las interiores.

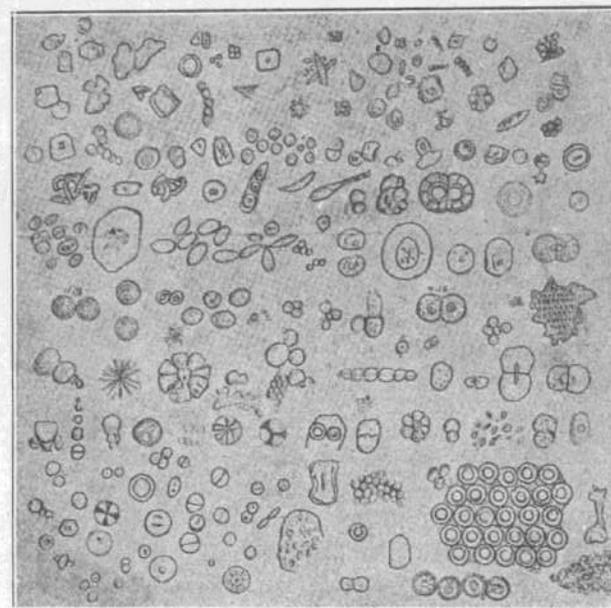


Estructura íntima de un cristal de cloruro de potasio, deducida de su acción sobre los rayos X, según Caneó

Así se deduce que el cristal de sal gema se compone de dos sistemas reticulares cúbicos, que se interpenetran paralelamente, uno para el sodio y otro para el cloro, alternando estos átomos colocados en los nudos equidistantes. Los cristales tienen una estructura discreta y se componen de un número finito de sistemas reticulares que se interpretan paralelamente, siendo cada uno el asiento de átomos respectivamente iguales. De aquí se deduce la profunda diferencia entre el estado amorfo y el estado cristalino. Las moléculas se producen al pasar el cristal al estado amorfo, mientras que en el estado cristalino los átomos están separados, con movimiento vibratorio alrededor de los centros que pertenecen a los nudos de un sistema reticular; será imposible que cualquier medio experimental produzca emulsiones tan finas como las que engendren la limitación de los átomos por membranas intangibles semipermeables. Las colonias de átomos envueltas en esas membranas producirán fenómenos osmóticos capilares, de tensión superficial, quizá de síntesis química, que no puede producir la síntesis molecular. (A. L. Herrera. Teoría cristalina de la célula. "Gaceta Médica Catalana". Marzo de 1921, p. 14).

Cristalización y cristalogenia. Plasmogenia. La cristalización se hace por medio de soluciones calientes o saturadas, que por enfriamiento o evaporación, o simplemente por el reposo, depositan los cristales de una sustancia. También puede hacerse la cristalización por sublimación, como en el yodo, o por medio de la fusión ígnea seguida de enfriamiento gradual, como en el caso del azufre. En ciertos casos una acción mecánica determina la cristalización, por ejemplo del carbonato de cal esferoidal en la sílice coloidal, entre dos vidrios: al dar golpecitos en el vidrio superior se produce la cristalización de las partículas.

Se ha reproducido la forma cristalina de minerales naturales por medios que estudiaremos después (ácido fluorhídrico, presiones muy fuertes y altas temperaturas) imitando los procedimientos de la Naturaleza.



Pseudo-seres artificiales. A. L. Herrera

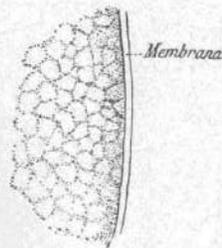
Se puede hacer crecer a un cristal que aparece en una solución saturada, la cual se evapora lentamente, llevándole a otra solución saturada de la misma sustancia o de otra semejante, isomor-

fa (alumbres). (1). Los cristales se regeneran y ofrecen muchos de los caracteres de los seres vivos inferiores. Si se rompe un cristal y se le pone en una solución saturada de la misma sustancia, repara con gran rapidez sus pérdidas y, hasta no haberse cicatrizado completamente, no comienza a crecer.

La cristalización en presencia de materias gelatinosas es incompleta y da origen a figuras semejantes a las de celdillas (partes microscópicas de los seres inferiores). El sabio belga Julio Félix, A. L. Herrera, Van Drunen, Von Schroen y otros, han estudiado lo que se llama "la vida de los minerales y metales."

En la figura se ven las apariencias singulares de los cristales de carbonato de cal y otras sales alcalino-terrosas en presencia de sílice coloidal. (Véase la "Biología y Plasmogenia", p. 232).

Plasmogenia. La plasmogenia se propone reproducir por medios artificiales el aspecto o propiedad del protoplasma o parte fundamental, semi-líquida, de los seres vivos, que tiene una estructura reticular o alveolar, muy semejante a la de los cristales.



Estructura del protoplasma según Bütschli.

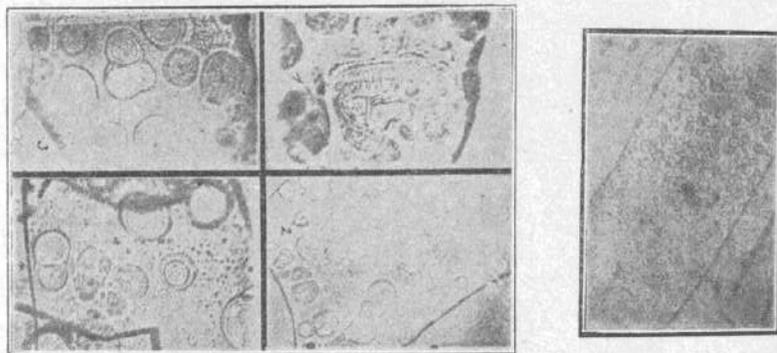
Muchos puntos de contacto se han señalado entre la plasmogenia y la cristalogenia o génesis de los cristales. Según el sabio alemán Quincke, de la Universidad de Heidelberg, los cristales se forman mediante una jalea o masa gelatinosa, o gracias a celdillas espumosas, como la espuma de jabón, invisibles, y cuyas paredes eran primitivamente líquidas, formadas por un líquido parecido al aceite, por sus caracteres microscópicos. La cavidad circuns-

(1) Últimamente se ha logrado preparar cristales muy grandes y puros haciendo variar de ciertas maneras la temperatura.

crita por las paredes está llena de líquido, que tiene poca sal en solución. En seguida, continente y contenido se solidifican, abandonando el agua. Los cristales son celdillas espumosas, cuyas paredes rígidas provienen de la parte concentrada de la solución. Y lo que es más curioso, observando estos fenómenos con luz polarizada, en el microscopio, nótase que se confunden los orgánicos y los inorgánicos presentados por las celdillas espumosas. Las celdillas de naturaleza orgánica, los esfero-cristales y los cristales, no se distinguen más que por el tamaño de las celdillas espumosas. En las celdillas orgánicas las paredes de las celdillas espumosas son visibles, en las inorgánicas, invisibles.

El sabio austriaco Benedikt, agrega graciosamente: "Venus ha nacido de la espuma de las olas" Y bien, los cristales y todos los seres vivos reconocen un origen semejante. El nacimiento de la diosa de la belleza no tiene, pues, un carácter excepcional.

Es muy fácil observar este líquido espumoso en los cristales de sal, con luz polarizada y aun sin ella, empleando fuertes aumentos del microscopio. Vense gotas de un líquido espeso, amarillento,



Producción artificial de pseudo-embryones y pseudo-celdillas. Carbonatos de sodio y potasio en sílice coloidal (H.).

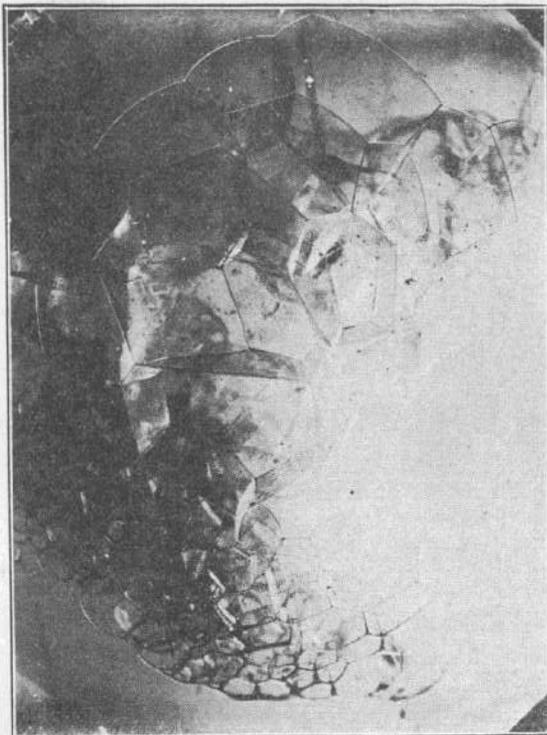
que poco a poco toma la forma cristalina. El cloruro de amonio se presta muy bien para estas observaciones.

Si un coloide se interpone entre las mallas de un cristal en formación, aparecen esfero-cristales, muy semejantes, como ya se dijo, a celdillas.

Dos sabios europeos, Harting y Rainey, haciendo cristalizar len-

tamente el carbonato de cal en goma o en clara de huevo, han reproducido infinidad de aspectos de la vida inferior. Para esto se deposita una gota de goma entre el porta y el cubre-objeto, agregando polvillo de carbonato de sodio; en seguida se evita la evaporación por los bordes, con mastic o brea, y se espera algunos días, hasta que aparecen todas las transiciones entre los cristales perfectos de calcita o carbonato de calcio formado por la doble descomposición del carbonato de sodio y las sales de cal de la goma. Este es el procedimiento de Rainey.

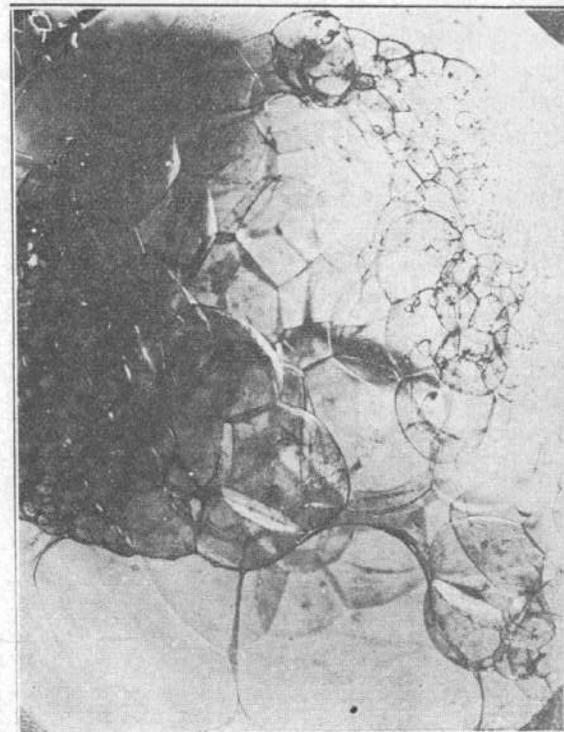
Harting coloca en un cristizador grande, 30 gramos de clara de huevo, y en puntos opuestos, carbonato de sodio y cloruro de calcio, que por doble descomposición dan carbonato de calcio y cloruro de sodio. El carbonato de calcio no puede cristalizar



Imitación de la figura poliédrica de las células vegetales y de los cristales. Inyección lenta de aire en albúmina silícica (clara de huevo) Tamaño natural.

perfectamente, por interponerse el coloide albuminoide y sus impurezas silíceas entre las redes espumosas: se producen multitud de curiosas imitaciones de la cáscara del huevo y de los elementos y tejidos organizados.

A. L. Herrera ha modificado estos procedimientos sustituyendo a la goma y la clara del huevo una sustancia mineral, la sílice



Los torbellinos celulares descritos en la "Biología y Plasmogénia" y que se producen al desprenderse un gas en el seno de un coloide (colodión y polvos metálicos, cera fundida impura), demuestran que las formas poliédricas y celulares se deben, en muchos casos, a la presión de un gas que se dilata en un medio viscoso y forma burbujas o surtidores, que comprimiéndose mutuamente y contra las paredes de una vasija, afectan estas figuras regulares. Nada limita mejor a las células y a los cristales y este procedimiento, modificado y estudiado metódicamente por el autor se ha hecho conocer en muchas publicaciones por diversos observadores, Rhumbler, Chabry, Robert y otros, pero sin darle la importancia que hoy le reconocemos, pues no se puede pedir mayor similitud con las formas orgánicas naturales, y es seguro que en estas y en las artificiales influyen los mismos factores, sobre todo la tensión superficial.— El desprendimiento de gases en seres y minerales tiene una importancia extraordinaria. Esponja de platino pomez, tezontle, puzolana, etc.).—Comprimiéndose en vasijas de paredes paralelas o cajas de Petri las burbujas coloidales forman magníficas figuras poliédricas celulares, base de la estructura vegetal y en muchos casos de la animal.

Véase la "Botánica". p. 404, figuras

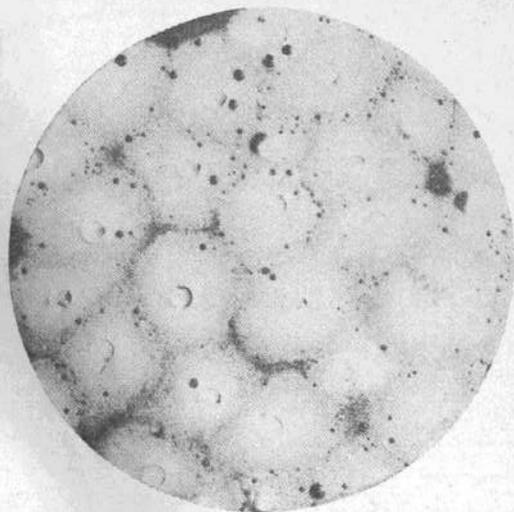
coloide, con resultados muy importantes, pues ha producido pseudo-embriones y pseudo-celdillas formados por esfero-cristales de carbonatos de sodio y potasio cristalizando imperfectamente sobre escamas de sílice coloide.

El carbonato de potasio atrae la humedad del aire y conserva el aspecto semi-líquido de estas celdillas. A. L. Herrera, Fluosilicatos. 1919. Son preferibles. (Véase la "Biología" y las otras obras de la presente serie).

Sistemas cristalinos. A primera vista parece que los cristales de una colección de ejemplares o dibujos mineralógicos, afectan formas sumamente variables, complicadas e inaccesibles a toda clasificación, pero felizmente no es así, y de la misma manera que en los demás objetos de la naturaleza, se han podido establecer los tipos principales de los cuales derivan todas las formas posibles, clasificándolas debidamente.

En una obra compendiada como la presente, sólo indicaremos lo muy esencial a este respecto:

Hay seis sistemas cristalinos; algunos, como Lapparent, consideran 7, pues agregan el sistema romboédrico, que no es sino una división del exagonal.



Pequeños discos de magnesio metálico sobre goma acidulada con ácido oxálico y teñida con negro de marfil. Se producen burbujas de hidrógeno que se comprimen mutuamente y afectan figuras celulares. Tamaño natural.

El orden de estos 6 sistemas es como sigue:

- 1.— Sistema cúbico o isométrico.
- 2.— „ tetragonal o cuadrático.
- 3.— „ exagonal.
- 4.— „ ortorrómbico o rómbico.
- 5.— „ monoclinico o clinorrómbico.
- 6.— „ triclinico o asimétrico.

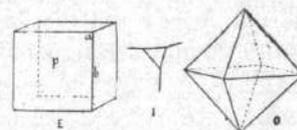
Sistema cúbico o isométrico

Tipo: el cubo

Caracteres distintivos: Seis caras iguales, que son cuadrados perfectos. Ocho ángulos iguales, de tres caras cada uno. Doce aristas homogéneas, que resultan de ángulos diedros de 90° . Todos estos elementos están igualmente distantes de un punto central, que también es el centro de una esfera circunscrita.

El octaedro resulta de modificaciones sobre los ángulos triédros, por un plano inclinado hacia las tres caras adyacentes, que corta las tres aristas a distancias iguales.

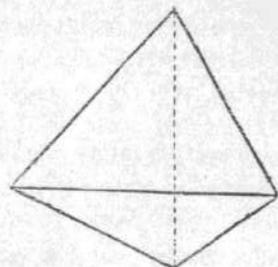
El octaedro regular está formado por ocho caras iguales, que son triángulos equiláteros; por 6 esquinas o vértices, que resultan de la unión de 4 caras, y, finalmente, de 12 aristas correspondientes a un ángulo diedro de $109^\circ 28'$.



Cubo y octaedro del sistema cúbico

Por otras modificaciones del cubo resultan el trapezoedro, el dodecaedro romboidal, dodecaedro pentagonal, icosaedro, etc., etc.

Si las modificaciones sólo se hacen sobre los vértices o sobre las aristas, resultan figuras *holoédricas* (todas las caras), pero si sólo se hacen sobre la mitad de cualquiera de los anteriores elementos de simetría, aparecen las formas *hemiédricas* (la mitad de las caras). El tetraedro regular es un ejemplo de esto último.

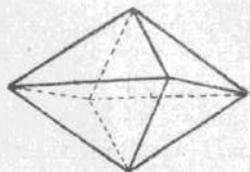


Tetraedro

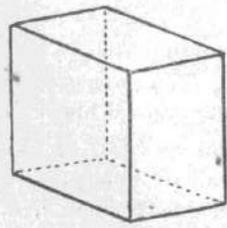
Numerosos cuerpos cristalizan en este sistema, pues es el sistema más regular que se conoce, y por lo tanto, por ser más fecundo en elementos de simetría, se presta a una multitud de combinaciones y modificaciones. Ej.: la sal común, la pirita, la galena, etc., etc.

Sistema tetragonal. Tipo: el prisma recto de base cuadrada. Caracteres: Tres ejes. Seis caras, de las cuales dos son horizontales y cuadradas, que se llaman bases; las otras cuatro, que se llaman caras del prisma, son verticales y de forma rectangular. Las aristas son de dos clases: ocho horizontales, iguales entre sí y llamadas básicas, y cuatro verticales, homogéneas entre sí, pero heterogéneas con respecto a las anteriores; todas las aristas están formadas por ángulos diedros de 90° .

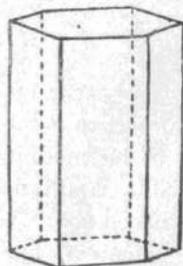
La figura muestra una de sus modificaciones: el octaedro de base cuadrada. Cristalizan en este sistema, la apofilita, el circonio, etc. Otras modificaciones comunes son: dobles pirámides, tetraedros tetragonales, etc.



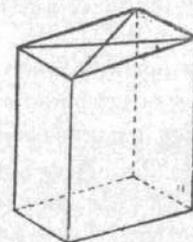
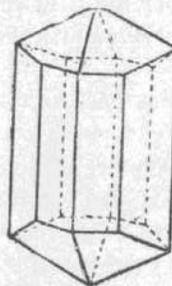
Octaedro de base cuadrada



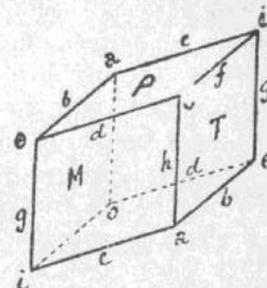
Romboedro



Prisma exagonal



Formas del sistema ortorrómbico



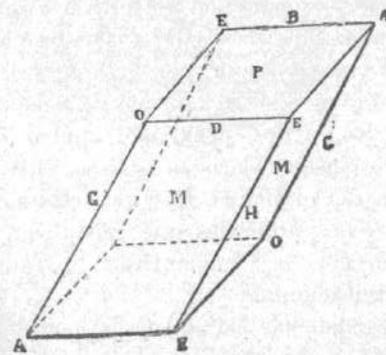
Prisma triclínico

Sistema exagonal. Tipo: prisma recto exagonal. Este sistema tiene una división que se llama trigonal, representada por el romboedro, sólido que tiene los elementos de simetría siguientes:

Seis caras iguales, que son rombos; dos ángulos triedros en las cimas superior e inferior; otros cuatro ángulos triedros también, pero laterales; seis aristas convergentes hacia las cimas; seis aristas en zizás que corresponden a los ángulos laterales. Del centro de cada una de las caras parte un eje hacia la cara opuesta, lo que nos dará tres ejes iguales, que se cortan oblicuamente.

El tipo del sistema exagonal es el prisma exagonal, y goza de los elementos siguientes:

Dos caras exagonales llamadas básicas, seis caras paralelogramicas, llamadas caras del prisma, doce aristas básicas iguales y seis aristas del prisma más grandes que las anteriores; doce ángulos sólidos formados por la unión de dos caras prismáticas a 60° con la cara a 90° de la base.



Prisma monoclínico

Este sistema tiene como modificaciones más importantes la pirámide del mismo número de lados, el prisma diexagonal y la pirámide correspondiente a este último.

Un mineral muy común e importante que cristaliza en este sistema, es el cuarzo; el cual muestra la combinación del prisma con la pirámide o, hablando en rigor, es una combinación del prisma exagonal con dos romboedros.

Sistema ortorrómbico. Seis caras de las cuales dos forman las bases y son rombos, las cuatro restantes son paralelogramos y forman los lados del prisma: esta forma es el tipo y constituye el *prisma recto de base de rombo*.

Posee, además, ocho esquinas de las cuales cuatro están formadas por la convergencia de dos ángulos planos de 90° y un ángulo obtuso, y otras cuatro formadas también por ángulos planos de 90° y otro agudo; doce aristas. Es susceptible de 12 modificaciones.

Sistema monoclinico. Tipo: prisma romboidal oblicuo. Caracteres: tres ejes desiguales, de los cuales dos son perpendiculares y uno inclinado con relación a los otros dos. Sus ángulos sólidos o esquinas son de tres clases: dos iguales A, dos ángulos O y cuatro ángulos E. Las aristas básicas están divididas en dos grupos de a cuatro, esto es, cuatro aristas B, correspondientes a ángulos diedros agudos, y cuatro aristas D, formadas por ángulos diedros obtusos. Por su parte, las aristas laterales o del prisma, también se agrupan en aristas G, de las caras que se cortan en ángulo agudo y aristas H, correspondientes a las caras que se cortan en ángulo obtuso. Las caras son de dos clases, P. y M. Es susceptible de siete modificaciones. Uno de los minerales más importantes que cristaliza en este sistema es la Selenita o Yeso.

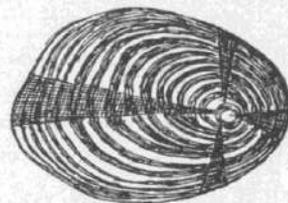
Sistema triclínico. Su base es el prisma romboidal doblemente oblicuo, que está caracterizada por tres ejes desiguales que se cortan oblicuamente entre sí. Sus elementos cristalográficos son homogéneos sólo de dos en dos, pues tiene cuatro clases de esquinas A, E, I, O; cuatro clases de aristas básicas, B, C, D, F; dos grupos de a dos aristas del prisma G, H, y tres clases de caras, P. M. T.

Son muy pocos los minerales que cristalizan en este sistema, como ejemplo citaremos la Chalcantita o sulfato de cobre natural. Posee 10 modificaciones.

Estos diferentes sistemas así como sus modificaciones se aprenderán por medio de ejercicios prácticos bajo la dirección del pro-

fesor, más bien que con esfuerzos de memoria. Una colección de modelos cristalográficos de madera o pasta es indispensable para este objeto.

El sistema amorfo de Duclaux. Este sistema es propio de las materias orgánicas. Para explicarlo debe saberse que los cristales no están caracterizados únicamente por sus caras, sus aristas y los ángulos constantes que estas aristas forman entre sí; también les caracterizan sus propiedades ópticas y especialmente los fenómenos a que dan origen cuando se les observa con la luz polarizada, y de que hablamos a su tiempo. Ahora bien, no son los cristales los únicos que pueden presentar estos fenómenos; cierto número de líquidos ofrecen, en ciertas circunstancias, aspectos idénticos y esto ha conducido a extender notablemente la noción de cristal, basando su definición más bien en las propiedades ópticas que en la forma exterior. Se admite, por tanto, al lado de los sistemas cristalinos de los mineralogistas, el sistema amorfo para todos los cuerpos que presentan estas propiedades sin tener forma geométrica constante. Por ejemplo, el oleato de amonio visto con luz polarizada presenta numerosas cruces, que se mueven según las condiciones de la preparación y que A. L. Herrera explica por la presencia de cristaloides y coloides dispuestos en espiras. Otras muchas sustancias además de estos *cristales líquidos*, y en particular el almidón, pertenecen al sistema amorfo, porque dan, con la luz polarizada, fenómenos muy semejantes a los que se ven en los cristales.



Grano de almidón visto con luz polarizada

La celulosa, otro tipo de sustancia organizada, se parece en esto al almidón. Una fibra de algodón, formada por celulosa, da entre los dos nicols, coloraciones tan brillantes como el cristal mejor definido. No se debe este fenómeno a la estructura, porque el algodón que ha sido nitrado, disuelto en la mezcla de alcohol y

éter para formar el colodión y después transformado en seda artificial, no da colores entre los nícols, pero basta desnitararla para que dé colores tan vivos como la fibra natural. Según Herrera y otros, el almidón y la celulosa encierran gran cantidad de siliza y ésta produce las coloraciones y cruces.

Los esfero-cristales de carbonato de calcio y sílice coloide, también presentan las cruces de polarización y pertenecen al sistema amorfo. Lo mismo que el almidón, se componen de capas concéntricas, son cristalizaciones incompletas. (Fluorosilicatos).

Principios de simetría cristalina. Hemos dicho que todos los cristales son asociaciones de moléculas orientadas, cuyos centros de gravedad ocupan los centros de un sistema de paralelepípedos. Los sistemas cristalinos representan las combinaciones admisibles de estas asociaciones. Un estudio geométrico muy sencillo permite establecer que dichas asociaciones sólo presentan las seis variedades enumeradas. Cada una de ellas está definida por la forma particular del núcleo que le corresponde; pero es raro en la Naturaleza que este núcleo paralelepípedo se nos presente en toda su sencillez, pues se encuentra modificado por *truncamientos*, apuntamientos o biselamientos que destruyen o rebajan ciertos ángulos, o bien hacen desaparecer las caras primitivas del núcleo. En todo caso el número de caras y su dirección están regularizadas por leyes invariables. Una cara dada, definida por su forma y sus propiedades físicas, se repite mayor o menor número de veces, poniendo en evidencia en el cristal una *simetría* que depende de la naturaleza del núcleo.

Simetría de un poliedro. Se llama *centro de simetría* de un poliedro, un punto tal, que todos los vértices del poliedro se correspondan de dos en dos, sobre líneas llevadas por este centro, que es el punto común en que se encuentran las cuatro diagonales.

Se llama *eje de simetría* una línea tal, que si se hace girar el poliedro cierto ángulo alrededor de esta línea, se obtiene simplemente la sustitución mutua de los vértices. Después de esta rotación, el aspecto del poliedro, para un observador inmóvil, es el mismo que antes.

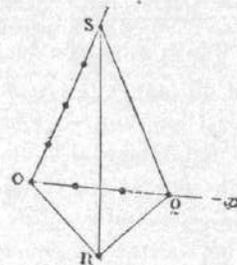
Hay ejes binarios, ternarios, cuaternarios y senarios. Son binarios los que, girando en torno suyo, presentan una cara análoga en posición simétrica cada 180° , es decir que presentan 2 caras

análogas en una revolución completa de 360° ; son ternarios los que presentan caras análogas cada 120° , es decir, tres caras iguales en una revolución completa; de la misma manera son cuaternarios cuando cada 90° se reproduce la cara análoga, es decir, que exhibe cuatro caras iguales en una revolución completa. Por último, es eje senario cuando en una revolución completa exhibe seis caras análogas.

Es de notarse que no existe en el reino mineral la simetría quinaria o de cinco, la cual ha quedado como patrimonio exclusivo de los seres organizados, ejemplo entre los animales, la estrella de mar, y entre las plantas la flor del geranio, etc.

Si nos referimos a las diversas formas que acaban de establecerse y que comprenden todas las variedades admisibles de paralelepípedos y, por consecuencia, de asociaciones reticulares, se notará que por doquiera, a cada eje de orden par corresponde un plano de simetría.

Definición geométrica de los cristales. Una asociación cristalina, es decir, un cuerpo cristalizado definido, está completamente caracterizado por su *núcleo*, es decir, por su paralelepípedo, y éste, a su vez, será conocido exactamente si se dan las direcciones Ox , Oy , Oz , de sus tres aristas fundamentales, así como sus pará-



Distancias parametrales

metros a , b , c . Para definir lo que se entiende por parámetros diremos que, siendo tres las posiciones de las aristas del cubo, se pueden transportar las tres líneas de referencia de los vértices al centro del cubo, extendiendo cada línea según las dos direcciones. Estas líneas se llaman los ejes y la posición de una cara cualquiera del cristal se define por la relación de los segmentos interceptados sobre los tres ejes, que se toman siempre en el mismo orden: OA ,

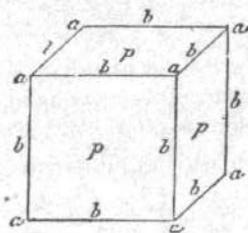
OB, OC. Las longitudes de los ejes se llaman *parámetros* y la cara empleada para determinar estas longitudes, *cara parametral*.

Las tres aristas fundamentales Ox, Oy, Oz, son tres filas de centros moleculares, según cada una de las cuales la equidistancia de los centros es igual al parámetro correspondiente.

En resumen: un *crystal cualquiera es siempre el resultado de modificaciones hechas en una forma primitiva prismática; es decir, paralelepípedica, por medio de truncamientos sobre las ángulos o sobre las aristas.*

Notación cristalográfica. Cada una de las formas simples del sistema cúbico es engendrada por una faceta determinante que puede considerarse como un truncamiento en un ángulo o en una arista del núcleo cúbico.

Para caracterizar este truncamiento emplearemos el sistema de notación de Lévy, inventado por Haüy en su parte fundamental

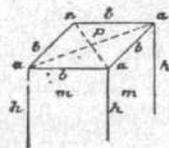


Notación de un cubo

y desarrollado por M. des Cloizeaux. Los tres pares de caras que definen el paralelepípedo fundamental de un sistema dado están designadas respectivamente por p, m, t, (es decir, por las consonantes iniciales de la palabra *primitivo*). A los ángulos se aplican las vocales a, e, i, o, y a las aristas las consonantes b, c, d, f, g, h. Se ve por esto que en el cubo todas las caras, idénticas entre sí como paralelas a los planos principales, deben llevar la notación p.

Todos los vértices que corresponden a puntos ternarios iguales son ángulos a. Todas las aristas paralelas a los ejes cuaternarios y que sirven de intersección a caras idénticas del mismo ángulo diedro son líneas b.

Sistema tetragonal. El prisma recto de base cuadrada que forma el núcleo del sistema se anota fácilmente: las bases, paralelas al plano principal de simetría, se designan por p, en tanto que m,



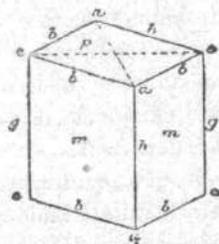
Notación del sistema tetragonal.

corresponde a las caras verticales, paralelas a los planos de primera especie. Los ángulos de la base, todos triedros de la misma especie, se anotan con a; las ocho aristas horizontales se les denomina b, y a; las cuatro verticales se anotan con h. Las diagonales de la base p, marcan la dirección de los ejes de segunda especie, y los planos diagonales del prisma son los planos de simetría correspondientes.

Sistema exagonal. La notación del sistema exagonal es la siguiente: la letra p, designa las dos bases exagonales y la letra m, las 6 caras laterales. Los ángulos sólidos, siendo todos homogéneos serán designados con la letra a, y las aristas serán nombradas, las de las bases b, y las laterales g.

Este sistema tiene un eje principal o senario que une los centros de ambos exágonos, 6 ejes binarios de los cuales tres forman las bisectrices de los ángulos del prisma.

Sistema ortorrómbico. Los elementos del núcleo o prisma rómbico son: una base p, paralela a uno de los planos de simetría que contiene dos ejes binarios y que son las diagonales de esta base; cuatro caras prismáticas m, idénticas entre sí; cuatro ángulos triedros a, que corresponden a los ángulos obtusos de la base y cuatro ángulos e, que corresponden a los ángulos agudos; ocho aristas h.



Notación del sistema ortorrómbico

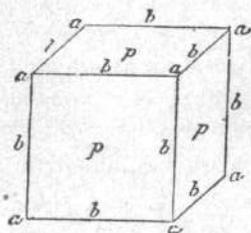
OB, OC. Las longitudes de los ejes se llaman *parámetros* y la cara empleada para determinar estas longitudes, *cara parametral*.

Las tres aristas fundamentales Ox, Oy, Oz, son tres filas de centros moleculares, según cada una de las cuales la equidistancia de los centros es igual al parámetro correspondiente.

En resumen: un *cristal cualquiera es siempre el resultado de modificaciones hechas en una forma primitiva prismática; es decir, paralelepípedica, por medio de truncamientos sobre las ángulos o sobre las aristas.*

Notación cristalográfica. Cada una de las formas simples del sistema cúbico es engendrada por una faceta determinante que puede considerarse como un truncamiento en un ángulo o en una arista del núcleo cúbico.

Para caracterizar este truncamiento emplearemos el sistema de notación de Lévy, inventado por Haüy en su parte fundamental

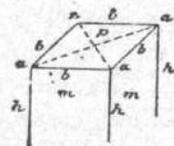


Notación de un cubo

y desarrollado por M. des Cloizeaux. Los tres pares de caras que definen el paralelepípedo fundamental de un sistema dado están designadas respectivamente por p, m, t, (es decir, por las consonantes iniciales de la palabra *primitivo*). A los ángulos se aplican las vocales a, e, i, o, y a las aristas las consonantes b, c, d, f, g, h. Se ve por esto que en el cubo todas las caras, idénticas entre sí como paralelas a los planos principales, deben llevar la notación p.

Todos los vértices que corresponden a puntos ternarios iguales son ángulos a. Todas las aristas paralelas a los ejes cuaternarios y que sirven de intersección a caras idénticas del mismo ángulo diedro son líneas b.

Sistema tetragonal. El prisma recto de base cuadrada que forma el núcleo del sistema se anota fácilmente: las bases, paralelas al plano principal de simetría, se designan por p, en tanto que m,



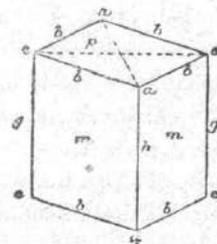
Notación del sistema tetragonal.

corresponde a las caras verticales, paralelas a los planos de primera especie. Los ángulos de la base, todos triedros de la misma especie, se anotan con a; las ocho aristas horizontales se les denomina b, y a; las cuatro verticales se anotan con h. Las diagonales de la base p., marcan la dirección de los ejes de segunda especie, y los planos diagonales del prisma son los planos de simetría correspondientes.

Sistema exagonal. La notación del sistema exagonal es la siguiente: la letra p, designa las dos bases exagonales y la letra m, las 6 caras laterales. Los ángulos sólidos, siendo todos homogéneos serán designados con la letra a, y las aristas serán nombradas, las de las bases b, y las laterales g.

Este sistema tiene un eje principal o senario que une los centros de ambos exágonos, 6 ejes binarios de los cuales tres forman las bisectrices de los ángulos del prisma.

Sistema ortorrómbico. Los elementos del núcleo o prisma rómbico son: una base p, paralela a uno de los planos de simetría que contiene dos ejes binarios y que son las diagonales de esta base; cuatro caras prismáticas m, idénticas entre sí; cuatro ángulos triedros a, que corresponden a los ángulos obtusos de la base y cuatro ángulos e, que corresponden a los ángulos agudos; ocho aristas ho-

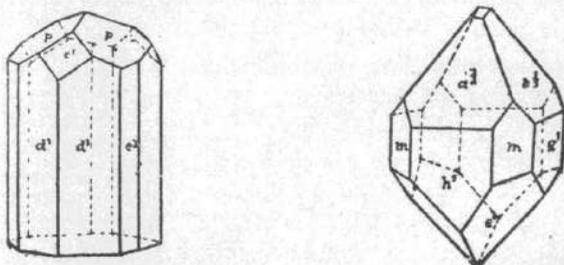


Notación del sistema ortorrómbico

rizontales b , intersecciones de p con m , en fin, dos aristas verticales obtusas h , y dos aristas agudas g , del mismo parámetro, pero de ángulos diedros diferentes. Los planos verticales de simetría cortan la base según sus dos diagonales, una, la más larga llamada *macrodiagonal*, la otra, la más corta o *braquidiagonal*.

Sistema monoclinico y triclinico. Ya indicamos sus caracteres y notación al tratar de los sistemas cristalinos.

Hemimorfismo, dimorfismo e isomorfismo. Los cristales que poseen un eje principal, que es polar, se llaman hemimorfos y el nombre del mineral deriva de esta particularidad. (Según Miers, en el sistema ortorrómbico). Al hablar de los sistemas cristalinos debe tenerse presente que se designan con el nombre de formas hemiédricas, las que resultan de la modificación de sólo la mitad alternada de los elementos de un cristal. Hay otros dos géneros de hemiedría, llamados hemimorfismos y que consisten, uno, en que

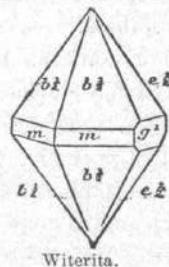


Cristales de turmalina y calamina hemimórficos.

de las dos extremidades de un cristal, sólo aparece una con las caras primitivas o derivadas propias del cristal, y la otra no presenta dichas caras sino que se termina por un plano que no concuerda con la ley del paralelismo de las caras, o bien, como pasa en algunos ejemplares de calamina.

Una de las extremidades del cristal es un octaedro de base rectangular, mientras que la otra es un octaedro de base romboidal.

El otro género consiste en que la mitad solamente de las caras de un prisma exagonal se desarrollan, modificándose a la vez tres de las aristas verticales, lo que origina un prisma de nueve caras laterales. Son ejemplos de hemimorfismo algunos cristales de turmalina, pirargirita y calamina.



Witerita.

Ciertas sustancias de *composición química semejante y de la misma forma cristalina* pueden cristalizar juntas en todas las proporciones posibles. De esto resultan las *mezclas isomorfas*. Por ejemplo, existe una serie de carbonatos de la forma $R\text{CO}_3$ que cristalizan en prismas rómbicos, de ángulos casi idénticos y poseen casi los mismos *cruceros* (véase más adelante la explicación de este término).

Los ejemplos siguientes aclararán lo anterior:

Especies	Composición	Angulo m, m .
Aragonita.	CaCO_3	$116^\circ 10'$
Estroncianita.	SrCO_3	$117^\circ 19'$
Cerusita.	PbCO_3	$117^\circ 14'$
Witerita.	BaCO_3	$117^\circ 48'$

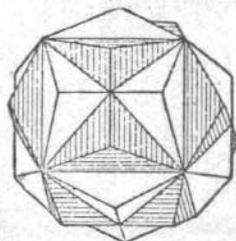
Mezclas isomorfas. Dos cuerpos de la misma forma pueden sustituirse mutuamente en todas las proporciones posibles y dar mezclas isomorfas. Por ejemplo, mezclando soluciones de los tres sulfatos de magnesio, de manganeso y de cinc, se obtienen cristales complexos en que estos tres elementos pueden figurar en relaciones muy variables. Los carbonatos romboédricos se unen en todas proporciones, produciendo calcitas o dolomias ferríferas.

Dimorfismo y polimorfismo. Se llama dimorfismo y polimorfismo, la propiedad que poseen ciertos cuerpos, químicamente bien definidos, de ofrecer dos o más formas cristalinas incompatibles entre sí, sea que pertenezcan a sistemas diferentes, sea que, presentando el mismo género de simetría, implican relaciones paramétricas

diferentes. Así, el azufre natural es rómbico, en tanto que el obtenido por fusión es clinorrómbico. Las apariencias polimorfas son producidas generalmente por combinaciones desiguales entre porciones, diversamente orientadas, de cristales de simetría límite. Son de simetría límite porque sus parámetros son muy vecinos a los de un sistema de simetría superior. Así, una sustancia rómbica, cuyos elementos cristalográficos no difieren mucho de lo que convendría a la simetría cúbica podrá presentar:

1º Individuos únicamente rómbicos, formados por una sola orientación cristalina; 2º, individuos producidos por la agrupación, más o menos confusa, de las seis orientaciones que puede tener la red pseudo-cúbica; 3º, otras en que estas diversas orientaciones estarán mezcladas de una manera bastante íntima para que el conjunto ofrezca exteriormente formas cúbicas perfectas. La coexistencia de las formas del primero y del cuarto tipo, que son incompatibles entre sí, constituirá el dimorfismo.

Cristales gemelos o macles. Pueden los cristales de una misma especie reunirse regularmente en grupos de dos, tres o más individuos, para constituir lo que se llama generalmente macles o cristales gemelos.



Macle de la "cruz de hierro" Pirita.

Textura, cruceros, quebradura. La textura de un mineral puede ser regular o irregular. La textura regular se observa en los minerales cristalizados lo mismo que en los cristalinos y criptocristalinos (cuerpos formados por la agregación de cristales muy pequeños que sólo se ven por medios especiales, como la fusión lenta y parcial o por el uso del microscopio, como en el hielo y el mármol).

Esta textura se revela por la manera con que los cuerpos se dividen por el choque o la presión y es propia para cada mineral.

Los *clivages* o *cruceros* son los planos según los cuales se dividen

los cristales para llegar a la forma fundamental u otra del sistema cristalino. Se describe, pues, la estructura regular de los minerales, indicando en qué dirección se forman las caras de cruceros y si éstas se separan con mucha o poca facilidad. Por ejemplo, al describir la selenita, se especifica que cristaliza en el sistema monoclinico y que tiene un crucero muy fácil, que no deja lugar a duda, paralelo a la base del prisma, y otro, más difícil, paralelo a las caras prismáticas...

La textura irregular puede ser *laminar* o de *láminas* confusamente mezcladas; *escamosa*, *granosa* o *granular*, *fibrosa*, *esquistosa*, de capas delgadas que pueden separarse o no, pero que se forman por agregaciones sucesivas y compresión; *compacta* y *terrosa*.

Detalles relativos a los cruceros. Para obtenerlos se golpea sobre un cincel colocado en la dirección en que debe producirse la cara de crucero, o, si el crucero es muy fácil, basta levantar con la hoja de una navaja las partes indicadas de antemano por las juntas naturales, que se perciben mirando el ejemplar contra la luz o moviéndolo en ciertas direcciones, para producir reflejos irisados interiores que indican en dónde y en qué dirección se producirá el crucero.

Cuando en un mineral hay más de un plano de crucero, es importante observar si en todas las direcciones se producen con la misma facilidad o bien si son más netos en un sentido que en otro, porque a caras de la misma especie deben corresponder cruceros de igual facilidad y a caras de especies diferentes, cruceros también diferentes. Así, pues, los caracteres del crucero y el hecho de que toda cara de crucero es paralela a una cara natural o que puede producirse por una modificación compatible con el sistema cristalino, nos indicarán a qué sistema pertenece un cristal cuya forma no sea determinable por el sólo estudio de las caras existentes. Todo mineral que tiene menos de tres cruceros no puede pertenecer al sistema cúbico.

Un solo crucero paralelo a la base indica que el mineral no pertenece al sistema ortorrómbico ni al exagonal.

Si hay dos cruceros que se cortan en ángulo recto, y de caracteres iguales, el cristal pertenece al sistema tetragonal.

Dos cruceros iguales que se cortan oblicuamente, indican un cristal ortorrómbico o monoclinico.

Hay otras reglas que prácticamente aprenderán los alumnos.

Quebradura. Como no todos los minerales están cristalizados, ni todos los cristalizados son clivables, hay algunos que cuando se comprimen o golpean, se rompen irregularmente, presentando una nueva superficie de *quebradura*, cuyos caracteres sirven para distinguir las especies o las variedades de una misma especie.

La *quebradura* es correlativa de la textura y las dos se denominan muchas veces de la misma manera. La *quebradura regular* se subdivide en *laminar* y *hojosa*; es de superficie plana y originada casi siempre por un verdadero clivaje difícil o confuso.

Quebradura esquistosa, granujenta, fibrosa. Corresponden a la textura del mismo nombre. La concoidal o concoidea es la producida por la fractura que deja huellas concéntricas y elípticas, tal como se quiebran las conchas. Ejemplo: la obsidiana.

Quebradura astillosa. Bordes salientes más o menos agudos que presentan cierta semejanza con las astillas de la madera.

Quebradura vítrea, resinosa, terrosa. Como de vidrio, de brea o de tierra endurecida.

Formas irregulares, esfero-cristales, cristales líquidos

Minerales arriñonados. Concreciones de superficie lisa, uniforme u ondulada, parecidas a un riñón.

Nódulos. Concreciones arredondadas, de superficie más o menos irregular o formada de muchas eminencias pequeñas, como esferas incorporadas, capas concéntricas, compactas o huecas, recibiendo en este último caso el nombre de *geodas*, frecuentemente tapizadas en su interior de cristales, o contienen un núcleo compacto o hueco, con alguna materia pulverulenta que suena al sacudirlas. (Piedra de águila).

Minerales globulares. Esferas de capas concéntricas; si son pequeñas, del tamaño de un chícharo, se llaman *pisolitas* (*pisum*, chícharo), y si más pequeñas, como los huevecitos de los peces, son *oolitas*. A. L. Herrera y G. R. Wieland, explican estas concreciones por cristalización incompleta de carbonato de calcio en presencia de sustancias silíceas.

La reunión de muchos glóbulos que producen una superficie llena de pequeñas eminencias hemisféricas, que recuerdan los racimos de uvas, se designa con el nombre de *forma botrioidal*.

Minerales mamelonados. Protuberancias más o menos alargadas, parecidas a las mamas de la mujer.

Minerales denticulares o en gancho. Puntas encorvadas o dientes.

Minerales filamentosos. Barras largas y delgadas, como filamentos o alambres.

Minerales aciculares. Fibras delgadas en forma de agujas.

Dendritas. Ramificaciones de pequeños cristales agrupados. Cuando son de color obscuro sobre fondo claro o vice-versa, parecen árboles, helechos o musgos. Ej.: pirolusita dendrítica.

Estalactitas. Concreciones calcáreas, cónicas y alargadas, que se forman por infiltración de las aguas minerales, al través de la bóveda de una gruta o de galerías de las minas. Pueden ser simples, de un solo tallo, o múltiples, cuando tienen ramificaciones; si afectan la forma de corales o madréporas se llaman *coraliformes*. Las estalagmitas se producen debajo de las estalactitas, sobre el suelo de las cavernas, en Cacahuamilpa y otras partes.

Minerales en forma de *tubos, cilindros, celdillas*, determinadas por el cruzamiento en diversas direcciones, de las láminas que los forman con cavidades más o menos profundas que les dan aspecto cariado o ampolloso y con impresiones de los cuerpos con que estuvieron en contacto durante su formación.

Minerales porosos. La pómez y otras materias volcánicas, bajo la influencia de gases que atraviesan una masa semi-líquida, adquieren poros más o menos numerosos o cavidades alargadas.

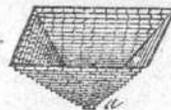


Figura de tolva

Estructura orgánica. En las petrificaciones la sustancia orgánica es sustituida total o parcialmente por la sustancia mineral, conservándose el mismo aspecto y forma del primitivo ser; como ejemplos se citan las maderas petrificadas (jilolitas).

Tolvas. Pirámides huecas, compuestas de diversas zonas de cristalización, que van disminuyendo de la base al vértice. Se forman principalmente en la superficie de las calderas de evaporación, en las fábricas de productos químicos. Se ve aparecer en la superficie del líquido un cristalito que se hunde más o menos se-

gún su peso específico. La parte de este cristal que ha quedado en la superficie es un centro a cuyo alrededor se acumulan otros pequeños cristales, que se colocan en forma de cuadros sobre los bordes del primero. La masa se hunde más y se forma un nuevo cuadro, y así sucesivamente.



Urato de amonio de la orina putrefacta



Formas arrifonadas y mamilares



Estalactitas



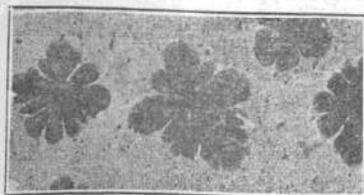
Formas dendríticas



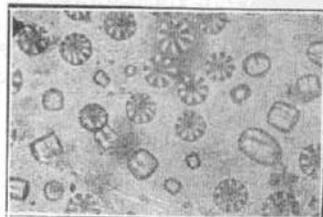
Pisolitas

Esfero-cristales. Ya hemos dicho que la cristalización incompleta, en medios coloidales, produce esfero-cristales, por ejemplo, de carbonato de calcio o bario. El urato de amonio y otras sales producen estas apariencias en el sedimento de la orina.

Cristales blandos. Lehmann les ha estudiado minuciosamente y pueden considerarse como serie de formas cristalinas interme-



Cristales líquidos de yoduro de plata

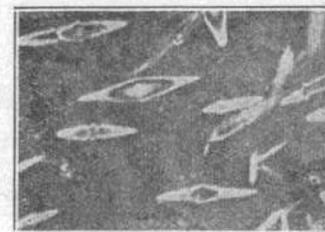


Ester para-áoxocinamietilo

dias entre los líquidos y los sólidos. El paraoxicinamato de etilo produce magníficos cristales blandos, que se observan en el microscopio, a cierta temperatura. A 200° afectan la forma de pe-

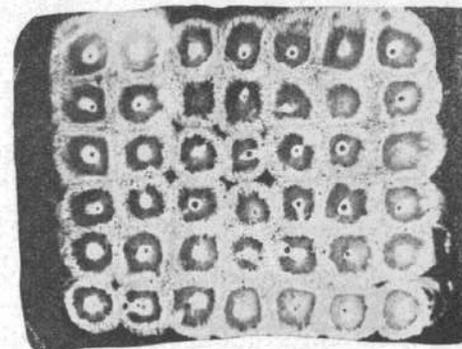


Oleato de amonio



Oleato de amonio

queñas columnas de cuatro caras cuyos bordes y ángulos están arredondados; cuando dos de estos cristales se tocan, fúndense como dos gotas de mercurio o de aceite. Si la temperatura baja se hacen más blandos y toman la forma de esferas en las cuales hacen ciertas excrecencias; se alargan en forma de varillas rígidas u onduladas, se transforman en forma de bola nuevamente o en anillo.



Esferas calcáreas de 2 mm 1/4 en goma a 12 B (50 ácido clorhídrico (10) y negro de marfil (Q. S.) Imitación de tejido. Las burbujas de ácido carbónico se agrupan y se comprimen. Recuerdan la malla de los cristales (H.)

Al ver estos cambios se creería que se devana un ser vivo, amiba por ejemplo (organismo muy sencillo, como gota que se defor-

ma), y puede decirse que si estos cristales no son formas de la vida, se parecen a ésta de tal manera que es imposible considerarlos



Para-azoxifenetol. Cristales líquidos vistos con luz polarizada

como materia inerte. El yoduro de plata, a cierta temperatura, el oleato de amonio y otras muchas sustancias, más de 160, tienen esta propiedad de formar cristales líquidos. Véase la "Biología y Plasmogenia", p. 242.

Según Herrera, muchas de las propiedades de tan curiosos objetos, se deben a impurezas silíceas de los ácidos oleicos y los derivados de la colesterina: ésta contiene sílice en gran cantidad.

Nada es más fácil que preparar los cristales líquidos de oleatos alcalinos, con ayuda del ácido oleico y las bases alcalinas: una vez obtenida la combinación pastosa de estas sustancias se les pone en agua y se les observa al microscopio. Algunas veces aparecen, después de tener la preparación en seco y al humedecerla, numerosas figuras, como de gusanos o serpientes, que se retuercen activamente en el microscopio, por absorción de agua a través de membranas muy delgadas. En el caso del oleato de amonio se ve que hay cristales en formación, imperfectos, como los de calcita silíceica y se desarrollan, forman entonces una especie de trenzas, dan la cruz con luz polarizada, etc. Seguramente sus movimientos se deben también a una estructura semejante a la de una cuerda de violín, pues poniendo el *catgut* (especie de cuerda hecha con intestino de gato y que sirve para instrumentos de música y cirugía), o cuerdas en ácido nítrico, se desarrollan violentamente, como los cristales líquidos. (A. L. Herrera).

Pseudo-morfosis. Algunas veces los minerales cambian lentamente de composición sin cambiar de forma, tal vez porque los

cristales de una especie se encuentran por mucho tiempo en contacto con vapores o líquidos, de distinta naturaleza química y que reaccionan sobre ellos. Por ejemplo, los cristales de carbonato de plomo, bañados por una corriente de hidrógeno sulfurado se convierten en sulfuro de plomo, conservando la forma del carbonato; un cristal de sulfato de cobre, cubierto por carbonato de calcio pulverulento y ligeramente húmedo, se transforma en sulfato de calcio.

En la Naturaleza la esteatita adquiere la forma del cuarzo; éste, la que es propia de la fluorita, etc.

Cuando se efectúan cambios de esta clase, se dice que hay *pseudomorfosis* o *epigenia*: por ejemplo, a la esteatita que toma la forma del cuarzo se le llama esteatita epigenia de Cuarzo.

Las pseudomorfosis pueden ser:

1º Por pérdida de alguno de los componentes: cuprita perdiendo oxígeno se transforma en cobre nativo.

2º Por adquisición de un nuevo elemento: la cuprita se cambia en malaquita por aumento de ácido carbónico.

3º Por permuta de algunos componentes: Augita, silicato múltiple en que domina el calcio, epigenia de la glauconita, que es un silicato múltiple en que domina el hierro.

4º Por cambio total de los elementos: la selenita, bajo la forma de sal gema (la selenita es el yeso o sulfato de calcio. La sal gema es el cloruro de sodio).

Hay otros casos secundarios.

Incrustaciones. Algunas veces las aguas salinas saturadas cristalizan sobre ciertos minerales, o un cuerpo fundido en contacto con minerales de otra especie les recubre con una capa más o menos gruesa, y forma una especie de molde si el mineral desaparece. Por ejemplo, cristales de cuarzo cubiertos de calcedonia, calcitas incrustadas de piritita y fluorita, etc.

Al estudiar estos minerales debe distinguirse lo esencial de la especie y lo puramente accidental.

Las aguas de Tehuacán son incrustantes y recubren lienzos, plantas, canastas de alambre, etc., que se venden luego por curiosidad. (Véase el estudio de las aguas de Tehuacán publicado por el Instituto Médico Nacional. Dr. Armendáriz. Imprenta de la Sría. de Fomento, 1902, 8º-78 p.).

Escala de dureza. La dureza es la resistencia que un cuerpo

opone a la acción de un instrumento que tiende a rayar su superficie. La dureza de los cristales puede apreciarse, ya con una punta de acero templado o navaja común de bolsillo, ya con una arista de un cristal de dureza conocida. Así se producen en los cristales rayas o estrias, que se hacen con mayor o menor dificultad según las especies. En todo caso se debe operar siempre sobre una cara plana bien neta, para no equivocarse considerando indebidamente como rayas o entalladuras los trazos que la navaja puede dejar desagregando elementos cristalinos mal unidos entre sí, como las partes de un cristal resquebrajado, por ejemplo. Además, es necesario asegurarse de que las rayas persisten después de limpiar bien la cara del mineral, porque frecuentemente las apariencias de rayas se deben a que la navaja es atacada por el cristal y deja vestigios de fierro.

La escala de dureza adoptada por los mineralogistas es la de Mohs, que está formada por los 10 tipos siguientes:

- | | |
|--------------|---------------|
| 1.—Talco. | 6.—Ortoclasa. |
| 2.—Yeso. | 7.—Cuarzo. |
| 3.—Calcita. | 8.—Topacio. |
| 4.—Fluorita. | 9.—Corundo. |
| 5.—Apatita. | 10.—Diamante. |

Cada uno raya al que le precede y es rayado por el siguiente de número más alto. Así, el 2 raya al 1 y es rayado por el tres, etc. Los dos primeros son rayados por la uña; del 1 al 6 son rayados por una punta o navaja de acero; del 7 al 10 rayan al vidrio y producen chispas con el eslabón. El diamante raya a todos.

El instrumento para medir con cierta exactitud la dureza de un mineral se llama *esclerómetro* (del griego *escleros*, dureza). (1).

(1) El carborundo, producto artificial, que es un carburo de silicio, es el cuerpo más duro que se conoce; por consiguiente raya al diamante.

Clasificación y descripción de los principales minerales

Sus aplicaciones a la industria, medicina, agricultura, etc.

La clasificación adoptada en este libro es la del distinguido mineralogista J. D. Dana, fundada en la composición química de los minerales. Damos a continuación un cuadro general de dicha clasificación.

I.—*Elementos nativos:*

1. No metales.
2. Semi-metales.
3. Metales.

II.—*Sulfuros, telururos, seleniuros, arseniuros, antimoniuros.*

1. Sulfuros, telururos, etc., de los semi-metales arsénico, antimonio, bismuto, molibdeno, etc.
2. Sulfuros, telururos de los metales.

III.—*Sulfosales.* Sulfoarseniuros, sulfoantimoniuros, sulfobismuturos, etc.

IV.—*Haloides.* Cloruros, bromuros, yoduros, fluoruros.

V.—*Oxidos.*

1. Oxidos de silicio.
2. Oxidos de los semi-metales.
3. Oxidos de los metales: a) óxidos anhidros, b) óxidos hidratados.

VI.—*Sales oxigenadas.*

1. Carbonatos: a) carbonatos anhidros, b) carbonatos hidratados.

2. Silicatos: a) silicatos anhidros I bisilicatos, polisilicatos.

II metasilicatos.

III ortosilicatos.

IV subsilicatos.

b) silicatos hidratados.

I división zeolitas.

II „ micas

III „ serpentina y
talo.

IV „ caolín.

V „ complementaria

3. Niobatos y tantalatos.

4. Fosfatos, arseniatos, vanadatos: a) anhidros, b) ácidos y básicos, c) hidratados, antimoniatos, nitratos.

5 Boratos, uranatos.

6. Sulfatos, cromatos: a) anhidros, b) ácidos y básicos, c) hidratados; teluritos, seleniatos.

7. Tungstatos, molibdatos.

VII.—Sales de ácidos orgánicos.

VIII.—Hidrocarburos, carbones.

Describiremos las principales especies y variedades mineralógicas, procurando siempre hacerlo en el orden siguiente: 1, nombre; 2, fórmula; 3, composición química; 4, cristalización; 5, peso específico, que indicaremos por P. e.; 6, dureza, que indicaremos por D.; 7, forma y caracteres cristalográficos; 8, estructura, caracteres físicos y químicos; 9, localidades mexicanas más importantes; 10, usos y aplicaciones más comunes de cada mineral.

Para mayor comodidad del estudiante en la interpretación de las fórmulas químicas, así como para efectuar algunos cálculos elementales, ponemos a continuación una tabla de los pesos atómicos de los elementos más importantes y sus símbolos correspondientes:

TABLA DE LOS PESOS ATOMICOS

Nombres.	Símbolos.	Pesos at.	Nombres.	Símbolos.	Pesos at.
Aluminio	Al	27.5	Magnesio	Mg	24
Antimonio	Sb	120	Manganeso	Mn	55
Arsénico	As	75	Mercurio	Hg	200
Azoe	Az	14	Molibdeno	Mo	96
Azufre	S	32	Níquel	Ni	59
Bario	Ba	137	Niobio	Nb	94
Bismuto	Bi	210	Oro	Au	197
Boro	Bc	11	Osmio	Os	200
Bromo	Br	80	Oxígeno	O	16
Cadmio	Cd	112	Paladio	Pd	106
Calcio	Ca	40	Plata	Ag	108
Carbono	C	12	Platino.	Pt	198
Cerio	Ce	92	Plomo	Pb	207
Cesio	Cs	133	Potasio	K	39
Cloro	Cl	35.5	Radio	Ra	224
Cobalto	Co	59	Rodio	Rh	104
Cobre	Cu	63	Rubidio	Rb	85
Cromo	Cr	52	Rutenio	Ru	103.5
Didimo	Di	96	Escandio	Sc	44
Erbio	Er	166	Selenio	Se	79
Estaño	Sn	118	Silicio	Si	28
Estroncio	Sr	87	Sodio	Na	23
Fierro	Fe	56	Talio	Tl	204
Flúor.	Fl	19	Tántalo	Ta	38
Fósforo	P	31	Teluro	Te	128
Germanio	Ge	72	Titano	Ti	50
Glucinio	Gl	9	Thorio	Th	119
Hidrógeno	H	1	Tungsteno.	W	184
Indio	In	113	Urano.	U	120
Iridio	Ir	197	Vanadio.	Va	51
Itrio	I	89	Yodo.	Y	127
Lantano	La	92	Zinc.	Zn	65
Litio	Li	7	Zirconio.	Zr	90

GRUPO No. 1.—ELEMENTOS NATIVOS

No metales

Fórmula=C

DIAMANTE

Comp.=carbono puro

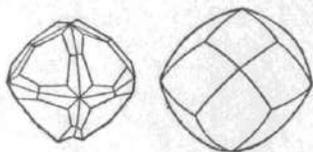
S=cúbico

P.e.=3.5 a 3.6

D=10 (tipo)

Su nombre deriva del griego *adamas*, indomable.

Se presenta comúnmente en octaedros simples o pirámides, doceaedros con muelles y caras curvas.



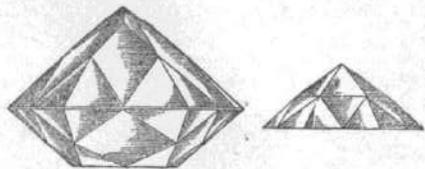
Diversas formas cristalinas del diamante

Transparente o traslúcido. Brillo adamantino típico. Frágil. Quebradura concoidea. Incoloro, blanco, gris, amarillo, raras veces verde o azul.

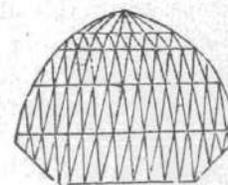
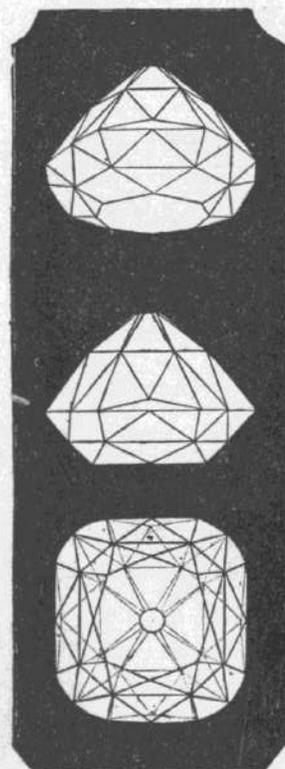
Se conocen como variedades del diamante el *Bort*, de estructura fibroso-radiada y el *carbonado* en masas cristalinas, ambos más duros que el diamante cristalizado, por lo cual se usan para pulir y en las brocas perforadoras en las minas.

Localidades. Se le encuentra en la India, Brasil, Montes Urales, el Cabo, Africa y California.

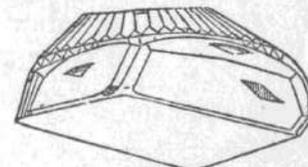
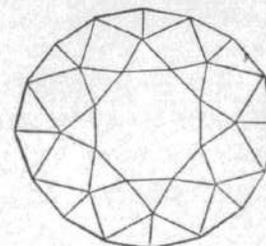
Aplicaciones.—Es muy usado en la joyería, con gran aprecio, tallado en brillante o en rosa. También se usa para las coronas de las máquinas perforadoras, como se dijo antes, y para pulimentar al mismo diamante y demás piedras preciosas.



Diversas formas de tallado de los diamantes

Hay diamantes históricos muy notables por su belleza, tamaño y tallado, que tienen gran valor, como son el *Gran Mogol*, el *Regente* o *Pitt de Francia*, el *Ko-hi-noor* (montaña de luz), el *Shah de Persia*, el precioso diamante azul de *M. Hope*, el *Gran Duque de Toscana*, el *Sancy*, etc.

DIAMANTE ORLOFF.

KOHINOOR ANTES DE SER TALLADO
(VISTA LATERAL).Algunos diamantes históricos
El diamante de Tiffany, de tamaño natural, y visto de tres lados distintos
Después de tallado (vista de la cara superior)

En el Museo N. de Historia Natural, de México, se encuentran hermosas imitaciones en cristal de estos diamantes notables.

Fórmula=C

GRAFITA

Comp.=carbón casi puro.

S=romboedral

P.e.=1.9 a 2.3

D=0.5 a 1

Deriva del griego *grafo*, escribir. Se conoce también con los nombres de Plombagina, Lápiz plomo y Mina de plomo.

Es carbono casi puro, conteniendo cantidades variables de fierro, siliza, etc. Se encuentra en masas compactas, terrosas de estructura laminar, al parecer de simetría monoclinica, opaca, brillo semi-metálico. Gris de acero o negro de fierro. Polvo negro. Untuosa al tacto. Muy blanda, se corta fácilmente con la navaja. Buena conductora de la electricidad.

Ensaye. Infusible al soplete; arde en el oxígeno con más dificultad que el diamante; produce ácido carbónico por la acción del cromato de potasa y el ácido sulfúrico.

Localidades. La grafito más apreciada es la procedente de Siberia. En la República hay criaderos de grafito en la Baja California, Oaxaca y Sonora.

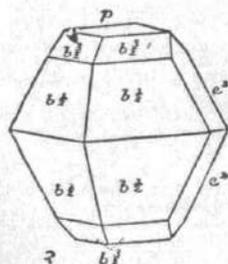
Aplicaciones. Se usa para hacer lápices, erisoles refractarios, como lubricante, en galvanoplastia, para barnizar los granos de pólvora, decorado de estatuas, pinturas incombustibles, etc. etc.

En los E. U. se hacen grandes cantidades de grafito artificial para la fabricación de los lápices.

Fórmula=S AZUFRE Com.=azufre

S=ortorrómbico P.e.=1.9 a 2.1 D=1.5 a 2.5

Cristaliza generalmente en octaedros de base rómbica.



Cristal ortorrómbico de azufre

Quebradura concoidea o desigual. Brillo resinoso en las quebraduras y adamantino en las caras. Polvo amarillo. Color amarillo de azufre característico, amarillo de miel, gris o pardo. (1).

(1) El azufre sublimado forma utrículas parecidas a celdillas, sobre todo en presencia de grasas: se deben a una cristalización incompleta.

Presenta la doble refracción. Mal conductor de la electricidad; se electriza negativamente por el frotamiento. Se funde fácilmente, volátil a 450°, se inflama en el aire a 270° produciendo anhídrido sulfuroso. Soluble en sulfuro de carbono.

Localidades. Son famosos los yacimientos de azufre de Sicilia, Italia. En México los hay en Cerritos, San Luis Potosí; Sierra de Banderas; Mapimí, Durango; Popocatepetl, Méx., etc.

Aplicaciones. Empleado en Medicina, para la fabricación del ácido sulfúrico y del sulfuro de carbono; la pólvora, etc.; para blanquear tejidos de seda y paja; para atacar el *iodium* de las vides y para la vulcanización del caucho; contra la sarna y otras enfermedades.

México es grandemente rico en yacimientos de azufre. No bastaría, sin embargo, para la industria y la guerra en grande.

Semi-metales

Fórmula=As ARSENICO Comp.=arsénico

S=romboedral P.e.=5.7 a 5.9 D=3.0 a 3.5

Raras veces en cristales; en masas de estructura compacta, fibrosa, concrecionadas o testáceas. Opaco. Brillo metálico que pierde al aire. Color blanco de estaño o gris en la quebradura reciente. Muy frágil.

Ensaye. Al soplete se volatiliza sin fundirse; olor de ajo; pegadura blanca de ácido arsenioso, que tiñe la llama reductora de un color azul. Soluble en ácido nítrico dando ácido arsénico.

Se le encuentra asociado a los minerales de antimonio, plomo y plata.

Localidades. En México se halla en varias minas de los Estados de Chihuahua, Durango, Hidalgo, México, Querétaro y San Luis Potosí.

Aplicaciones. Los compuestos arsenicales tienen muchas aplicaciones en la Medicina y en las Artes.

Fórmula=Sb ANTIMONIO Comp.=antimonio

S=romboedral P.e.=6.6 a 6.8 D=3 a 3.5

Cristaliza en macles de dos romboedros por hemitropía; en masas arriñonadas o testáceas. Muy agrio. Color blanco de estaño,

brillo metálico. Termo-eléctrico. Muy fusible. Al soplete da pegadura blanca que se pone anaranjada con el ácido sulfhídrico. Calentado fuertemente arde por mucho tiempo y se cubre de una capa de agujitas blancas de óxido.

Localidades. Se le encuentra en México, en Cuencamé, Durango; Huetamo, Michoacán; mina Colón, San Luis Potosí; San Ambrosio, Etna, Oaxaca; Altar, Sonora.

Aplicaciones. Usado en las ligas que sirven para los tipos de imprenta, para las planchas de estereotipía y en los cartuchos de guerra; en medicina se usan sus sales.

Fórmula=Bi BISMUTO Comp.=bismuto
S=romboedral P.e.=9.7 a 9.8 D=2 a 2.5

Contiene frecuentemente asociados el telurio, selenio, azufre y arsénico. En cristallitos, pequeñas masas hojosas, dendritas y granos o laminas diseminadas; en los filones de cobalto y de plata. Brillo metálico.

Color blanco de plata con reflejos rojizos. Se funde a 267°. Mal conductor del calor y de la electricidad.

Ensaye. Al soplete da humos blancos y pegadura amarilla que ennegrece con ácido sulfhídrico.

Soluble en ácido nítrico y clorhídrico concentrados.

Localidades. En la República se le encuentra en varios Estados, pero no en criaderos de importancia.

Aplicaciones. Muy empleado en medicina el subnitrito de bismuto, sus ligas se emplean en la industria y en aparatos científicos.

Metales

Fórmula=Au ORO Comp.=oro
S.=cúbico P.e.=15 a 19.5 D=2.5 a 3

En cubos piramidados, octaedros, dodecaedros y con caras curvas. Por lo general se le ve en placas, granitos, pepitas o filamentos delgados, con cuarzo y piritas auríferas. Brillo metálico. Color amarillo característico. Muy dúctil y maleable.



Pepita de oro.

Ensaye. Fusible a 1064°. Soluble en agua regia. Se le encuentra unido a la plata (*Electrum*), al mercurio (*Auramalgama*), al paladio (*Porpezita*) y al rodio (*Rodita*).

Localidades. Son de fama mundial las regiones auríferas de Africa del Sur, California, Montes Urales, Brasil y México, (Baja California, Sonora, Chihuahua, Guerrero, Oaxaca, etc.). En los últimos años México ha ocupado el cuarto o quinto lugar en el mundo como productor de este precioso metal.

Aplicaciones. Ligado al cobre, que le da dureza, se usa para las monedas, medallas, joyas y vajillas. En ciertas naciones falsificaban monedas de oro con platino, metal que ahora vale tres o cuatro veces más que aquel.

Fórmula=Ag PLATA Comp.=plata
S=cúbico P.e.=8.5 a 8.9 D=2.5 a 3

En cubos, octaedros, etc., con macles. En filamentos capilares, pegaduras, placas, dendritas, etc.

Brillo metálico. Color blanco de plata. Maleable.

México ha sido célebre en todo tiempo por sus ricas minas de



Plata nativa filamentososa

plata y desde hace varios años ocupa el primer lugar como productor de ese metal en el mundo.

* *Ensaye.* Fusible a 960°. Soluble en ácido nítrico.

Aplicaciones. Usado como el oro, ligado al cobre, para monedas, medallas, vajillas, etc. En fotografía se usan mucho sus sales y en medicina.

Fórmula=Cu	COBRE	Comp.=cobre
S=cúbico	P.e.=8.5 a 8.9	D=2.5 a 3

Generalmente octaedros, macles frecuentes. En masas dendríticas, filamentosas, reticuladas y en placas curvas. Brillo metálico, rojo de cobre característico. Maleable y dúctil. Muy buen conductor de la electricidad.

Ensaye. Fusible a 1083°. Soluble en ácido nítrico.

Localidades. Son notables nuestros criaderos de cobre de Boleo, Baja California; Cananea y Nacozari, Sonora; Angangueo, Michoacán; Teziutlán, Puebla; Mazapil, Zacatecas, etc.

México como productor de cobre llegó en los últimos años a ocupar el segundo lugar en el mundo.

Aplicaciones. Ligado con el zinc constituye el latón y con el estaño y el aluminio, broncees diversos. Múltiples empleos en electricidad y aparatos industriales, como alambiques, tinas, cazos, cacerolas, etc., etc.

Fórmula=Hg	MERCURIO	Comp.=mercurio
S=no cristaliza	P.e.=13.5 a 13.6	D=no tiene

Líquido a la temperatura ordinaria. (1). Color blanco de es-

(1) Puede expresarse esta propiedad diciendo que se funde a la temperatura ordinaria. Se solidifica al enfriarse. Siempre tiene siliza y por esto produce notables imitaciones de seres inferiores, así como por su movilidad. La amiba de Beilstein se obtiene con azogue y ácido nítrico al ¹/₁₀ y anhídrido crómico. El azogue sublimado da con esta mezcla figuras de gusanos en movimiento. Las palpitaciones de la amiba de mercurio, se deben a corrientes inferiores de moléculas, que van a substituir las superficiales oxidadas por la mezcla. Dejando caer gotas de solución concentrada de anhídrido crómico sobre mercurio, aparecen magníficas membranas irisadas, con espléndidos colores de interferencia. Si se exprime sobre una gran superficie de mercurio con ácido nítrico al ¹/₁₀ un algodón impregnado de anhídrido crómico disuelto en muy poca agua, aparecen iris cambiantes y radiaciones hermosísimas. (Herrera). Véase el "Boletín de la Dirección de Estudios Biológicos", Tomo I y II.

taño, en pequeñas gotitas en los criaderos de cinabrio. Se solidifica a 38°8', hierve a 357°.

México cuenta con muchos criaderos de mercurio, especialmente en los Estados de Guanajuato, Guerrero, Jalisco, San Luis Potosí, Querétaro y Zacatecas.

Se conoce también la amalgama AgHg.

Aplicaciones. Minas, medicina, lámparas de cuarzo, espejos, etc.

Fórmula=Pb	PLOMO	Comp.=plomo
S=cúbico	P.e.=11.3	D=1.5

Brillo metálico; color blanco característico. Fusible a 327°.

Ensaye. Soluble en ácido nítrico. Al soplete pegadura amarilla; se volatiliza tiñendo de azul la llama.

Localidades. En México se ha encontrado en la mina de San Guillermo, Zomelahuacán, Veracruz.

Aplicaciones. Tiene las mismas del plomo de comercio o artificial.

Fórmula=Sn	ESTAÑO	Comp.=estaño
S=tetragonal	P.e.=7.3	D=1.5

Brillo metálico; color blanco característico. Fusible a 231°.

Ensaye. Soluble en ácido clorhídrico.

Localidades. Encontrado por primera vez en México en la veta de Santa Catarina, Sierra de Santa Rosa, Guanajuato.

Fórmula=Fe	FIERRO	Comp.=fierro
S=cúbico	P.e.=7.3 a 7.8	D=4.5

Fusible a 1505°. Encontrado por primera vez en Ovivak, Groenlandia, generalmente combinado al azufre y al níquel.

Los fierros meteóricos que han caído en la tierra proceden de los espacios interplanetarios; contienen níquel, cobalto, cromo, silicio, carbono, fósforo y azufre; presentan una estructura cristalina, que se hace manifiesta atacando por los ácidos las superficies pulidas, en las que aparecen las figuras de Widmanstätten, en forma de redes.

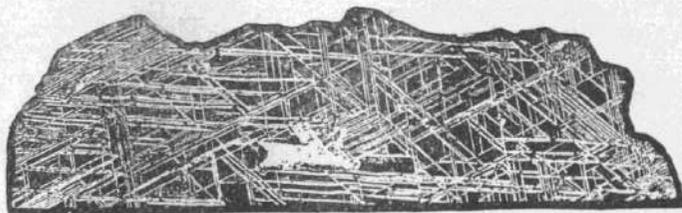
En México se han encontrado notables meteoritas como son los



Hierro meteórico de Bacubirito. Sinaloa

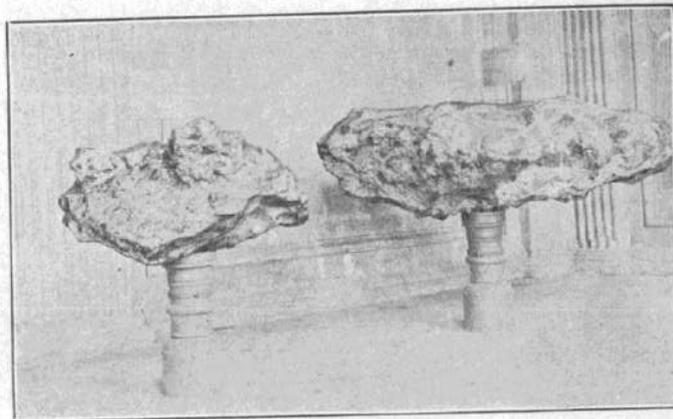
de Bacubirito, Sinaloa, de 50 toneladas de peso aproximadamente; de Chupaderos, Chihuahua, de más de 14 toneladas; de San Gregorio, Chihuahua, de más de 10 toneladas; de Huejuquilla o Jiménez, Chihuahua, de más de 6 toneladas, etc. Véase "La Naturaleza". Tomo I. (2), p. 504-508.

Pueden admirarse muchos de estos fierros en nuestra Escuela N. de Ingenieros, en el Instituto Nacional de Geología y en el Museo N. de Historia Natural. (1).



Figuras de Widmanstätten de los fierros meteóricos

(1) Con álcalis he extraído la siliza de un meteorito y con ácidos las bases metálicas: uniéndolos debidamente aparecen figuras de celdillas, de silicatos metálicos. Es inaceptable el Error biocéntrico, que la vida es exclusiva de la tierra. Deben producirse naturalmente seres vivos en todos los globos, mediante las sustancias minerales y las fuerzas conocidas.

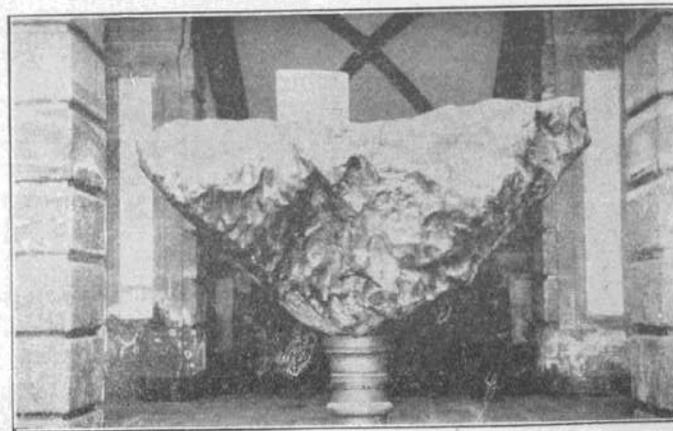


Fierro meteórico de Chupaderos. Chihuahua.

GRUPO No. II

SULFUROS, TELURUROS, SELENIUROS, ARSENIUROS ANTIMONIUROS

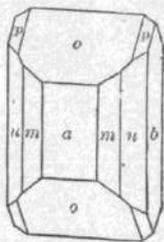
Fórmula= AsS REJALGAR Comp.=monosulfuro de arsénico
S=monoclínico P.e.=3.4 a 3.6 D=1.5 a 2



Fierro meteórico de Sn. Gregorio, Chihuahua.

Caras estriadas verticalmente; prismas muy cortos. Color rojo aurora o rojo cochinilla. Traslúcido. Brillo resinoso.

Ensaye. Al soplete da humos blancos, olor aliáceo. Se disuelve en lejías alcalinas, precipitado amarillo por ácido clorhídrico.



Oropimento

Fórmula= As_2S_3 OROPIMENTO Comp.=trisulfuro de arsénico

S=monoclínico P.e.=3.4 a 3.5 D=1.5 a 2

Rara vez cristalizado; comúnmente en masas compactas, hojosas o arriñonadas. Poco translúcido, lustre nacarado o resinoso, color amarillo limón.

Ensaye. Se funde y volatiliza, dando un sublimado rojo; al soplete con carbonato de sodio, olor aliáceo. Insoluble en ácido clorhídrico, pero soluble en agua regia.

Localidades. Mina de Guadaleázar, San Luis Potosí; mina de San Juan Nepomuceno, Cadereyta, Querétaro; Zimapán, Hidalgo, etc., etc.

Aplicaciones. Se ha utilizado bajo la forma de polvo en pintura, pero tiene el inconveniente de ser altamente venenoso.

Fórmula= Sb_2S_3 ESTIBNITA Comp.=sulfuro de antimonio

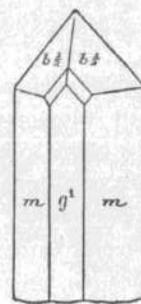
S=ortorrómbico P.e.=4.6 a 4.7 D=2

Cristales aciculares, a veces gruesos prismas alargados. Comúnmente en masas laminares, fibrosas y granuladas, brillo metálico, color gris de plomo a gris de acero.

Ensaye. Muy fusible, pues es el número 1 en la escala de fusibilidades; al soplete da abundantes humos y pegadura blanca que se volatiliza totalmente.

Localidades. Abunda en muchas minas de la República, principalmente Chihuahua, Guerrero, Oaxaca, Zacatecas, Baja California, etc.

Aplicaciones. Es la fuente principal para la extracción del antimonio. La estibnita reducida a polvo fino sirve para producir la luz blanca, en los fuegos artificiales.



Cristal de estibnita

Fórmula= Bi_2S_3 BISMUTINITA Comp.=trisulfuro de bismuto

S=ortorrómbico P.e.=6.5 D=2 a 2.5

Cristales aciculares, brillo metálico, color gris de plomo tendiendo a blanco de estaño; muy fusible.

Ensaye. Al soplete desprende anhídrido sulfuroso o pegadura amarilla.

Localidades. En México se ha encontrado principalmente en el cerro de Ganzules, Ojo Caliente, Zacatecas. En la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, se ha encontrado una bismutinita selenífera.

Fórmula= Bi_2Se_3 GUANAJUATITA Com.=seleniuro de bismuto

S=ortorrómbico P.e.=6.2 D=2.5 a 3.5

Cristales prismáticos largos, en masas granuladas, hojosas o fibrosas, brillo metálico, color gris de plomo claro, dúctil y maleable.

Ensaye. Al soplete da fuerte olor de selenio, se funde y tiñe la llama de azul.

Localidades. Hallada en las minas de Santa Catarina y Calvillo, Guanajuato. El Prof. Vicente Fernández fué el primero que publicó su descripción y análisis. Cerca de Silao y en la misma

Santa Catarina, se le ha encontrado con bismuto nativo (*Silvanita*).

Hay un sulfotelluro de bismuto nombrado *tetradimita*, (Bi_2Te_3), encontrado en la Sierra de San Pedro y San Pablo, cerca de León, Guanajuato.

Fórmula= MoS_2 MOLIBDÉNITA Comp.=sulfuro de molibdeno

S=exagonal P.e.=4.4 a 4.8 D=1 a 1.5

Cristales aplanados de forma exagonal, generalmente masas hojosas, brillo metálico, gris de plomo, muy maleable; deja huella gris sobre el papel y verdosa sobre porcelana, untuosa al tacto.

Ensaye. Infusible, colora la llama de verde claro, calentada en cápsula de porcelana con poco ácido nítrico, se oxida produciendo ácidos molibdico, sulfúrico y sulfuroso, y continuando hasta sequedad, el ácido molibdico se reduce quedando adherido a las paredes de la cápsula y tomando un hermoso color azul (*Navia*).

Localidades. Se le halla en México en la mina de San Julián, Jécori, Magdalena, Sonora, etc.

Aplicaciones. Sirve para los soportes de los filamentos de las lámparas eléctricas y fabricación de aceros no dilatados.

Fórmula= Ag_2S ARGENTITA Comp.=sulfuro de plata

S=cúbico P.e.=7 a 7.4 D=2 a 2.5



Transportando el mineral por las montañas de México

Cristales deformados por alargamiento; en masas reticulares dendríticas, filiformes y amorfas. Brillo metálico resplandeciente. Color gris de plomo negruzco o negro, con poco brillo. Sétil.

Ensaye. Fusible. Al soplete da ácido sulfuroso y glóbulo maleable de plata. Soluble en ácido nítrico con depósito de azufre.

Localidades. Se le halla en casi todos los criaderos argentíferos de la República, beneficiándose en grandes cantidades de este mineral.

Aplicaciones. Es una de las principales fuentes aprovechables para la extracción de la plata.

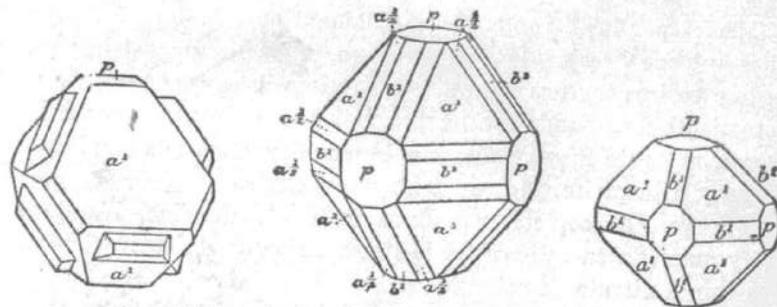
La *Jalpaita* ($\text{Ag, Cu}_2\text{S}$), encontrada por primera vez en Jalpan, Querétaro, es una argentita cuprífera.

Fórmula= Pb, S GALENA Comp.=sulfuro de plomo

S=cúbico P.e.=7.3 a 7.6 D=2.5 a 2.7

En cubos, cubo-octaedros, octaedros simples o modificados, caras curvas y estriadas con macles frecuentes.

Brillo metálico notable, color gris de plomo, superficie generalmente empañada, a veces algo abigarrada. Muy fusible.



Diversas formas cristalinas de la Galena

Ensaye. Al soplete da pegadura amarilla y botón maleable de plomo. Con mucha frecuencia es argentífera.

Localidades. Se le halla en la mayoría de las vetas metalíferas de la República.

Aplicaciones. Es una de las menas más empleadas para la extracción del plomo. Las variedades ricas en plata sirven igualmente para la extracción de este metal.

La *Aguilarita*, $\text{Ag}_2\text{S}\cdot\text{Ag}_2\text{Se}$, encontrada en la mina de San Carlos, Guanajuato, fué dedicada al Ing. de Minas, D. Ponciano Aguilar.

Fórmula= Cu_2S CHALCOCITA Comp.=sulfuro de cobre
S=ortorrómbico P.e.=5.5 a 5.8 D=2.5 a 3

Cristales tabulares exagonales en apariencia y en masas compactas, brillo metálico, color gris de plomo negruzco. Dócil. Muy fusible.

Ensaye. Al soplete se reduce y da botón maleable de cobre. Soluble en ácido nítrico, quedando separado el azufre, dando licor verde, que se pone azul celeste con amoníaco.

Localidades. Común en los criaderos cupríferos de la República.

Aplicaciones. Aprovechada para la extracción del cobre.

BLENDA O ESFALERITA

Fórmula= Zn_2S Comp.=sulfuro de cinc
S=cúbico P.e.=3.9 a 4.2 D=3.5 a 4

Macles por hemitropía. Brillo adamantino o resinoso. Transparente o poco traslúcido casi incoloro, amarillo de miel, pardo, verdoso rojizo; textura hojosa. Con frecuencia es fosforescente por frotamiento o raspando con navaja. Generalmente contiene cantidades variables de fierro y cadmio. Acompaña muy a menudo a la galena y a la piritita. Muy difícilmente fusible.

Ensaye. Al soplete, pegadura de óxido de cinc, blanda en frío y amarilla en caliente. A la llama oxidante da coloración verdosa con el nitrato de cobalto.

Localidades. Se encuentra en casi todos los Estados de la República.

Aplicaciones. Es uno de los principales minerales para la extracción del cinc metálico.

La *Guadalcazarita*, que es un sulfuro de mercurio y cinc, selenífero, con vestigios de cadmio, fué descubierto en Guadalcázar, San Luis Potosí.

La *Onofrita*, sulfo-seleniuro de mercurio, fué hallada en el Rancho de San Onofre, Charcas, San Luis Potosí, por el Prof. D. Andrés Manuel del Río.

CINABRIO

Fórmula= Hg_2S Comp.=sulfuro de mercurio
S=romboedral P.e.=8 a 8.2 D=2 a 2.5

Generalmente en masas granuladas, compactas o terrosas, traslúcido u opaco; brillo adamantino en los cristales, semi-metálico en variedades de color obscuro. Color rojo cochinilla o rojo parduzco. Polvo escarlata.

Ensaye. Calentado en tubo cerrado da sublimado de gotitas de mercurio, visibles con lente. Soluble en agua regia; la solución bien diluída da con el yoduro de potasio precipitado rojo bermellón.

Localidades. Cerro Colorado y San Juan de Camarones, Durango; San Felipe, Guanajuato; Guadalcázar y mineral de la "Taponá", San Luis Potosí; mineral del Tequezquite, Zacatecas, etc.

Aplicaciones. Es el único mineral aprovechado para la extracción del mercurio. El bermellón no es sino un cinabrio artificial.

BORNITA

Fórmula= $3\text{Cu}_3\text{S}\cdot\text{Fe}_2\text{S}_3$ Comp.=sulfuro de cobre y fierro
S=cúbico P.e.=4.2 a 5.4 D=3

Tiene la misma composición que la chalcopirita, aunque no la misma fórmula. Sus caracteres físicos son también diferentes, conteniendo este mineral mayor cantidad de sulfuro de cobre que aquélla.

Se presenta cristalizada, pero más comúnmente en masas granuladas o compactas; su color es el rojo de cobre que pasa a pardo, volviéndose iridescente por exposición al aire, con predominio de los colores azul, verde y violeta. Este conjunto de colores se llama vulgarmente "pecho de paloma". Su lustre es metálico, su rayadura es gris y polvo negro. Fractura concoidea.

Ensaye. En el tubo cerrado da sublimado de azufre; en el tubo abierto da humos sulfurosos; al soplete deja sobre el carbón un residuo magnético de fierro. Su polvo tratado en las perlas da las reacciones del fierro y del cobre. Soluble en ácido nítrico, con separación de azufre.

Localidades. En México este mineral se encuentra en Mazapil, Zacatecas; Zomelahuacán, Veracruz; en Pachuca, Hidalgo; en Ayutla, Jalisco; Durango, etc.

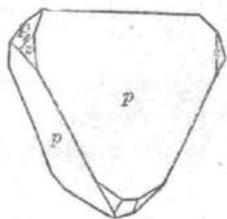
Aplicaciones. Tiene las mismas que la chalcopirita.

CHALCOPIRITA

Fórmula= Cu,Fe.S_2 Comp.=sulfuro de cobre y fierro

S=tetragonal P.e.=4.1 a 4.3 D=3.5 a 4

También llamado *cobre amarillo* (de *chalcos*, cobre).



Cristal de chalcopirita

Cristaliza comúnmente en tetraedros u octaedros de este sistema, encontrándose en macles o cristales gemelos o bien en pegaduras sobre otros minerales de cobre. Opaco, de color amarillo de latón, en ocasiones iridescente; raspadura verde oscura; fractura concoidea.

Ensaye. Es el mismo que el de la bornita por tener la misma composición; sin embargo, se han encontrado en algunas chalcopiritas, huellas de los metales raros talio y selenio.

Localidades. Sus localidades mexicanas son como sigue: Zomelahuacán, Veracruz; mina de Santa Inés y mina de Dolores, Hidalgo; Mazapil, Zacatecas.

Aplicaciones. Es uno de los más abundantes minerales de cobre y se aprovecha para la extracción de este metal y la preparación del sulfato de cobre o caparrosa azul.

CUBANITA

Es un sulfuro de cobre y fierro de la fórmula CuFe_2S_4 . Casi siempre en masas, pero pudiendo cristalizar en el sistema cúbico. Color amarillo de bronce. Se ha encontrado en Barraçanao, Cuba.

PIRITA

Fórmula= Fe, S_2

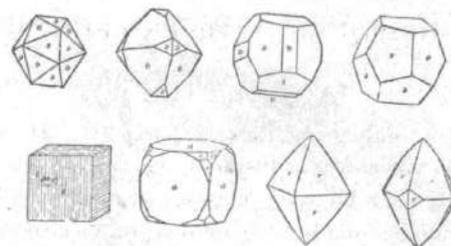
Comp.=sulfuro de fierro

S=cúbico

P.e.=4.83 a 5.2

D=6 a 6.5

La palabra pirita deriva de *piros*, fuego, pues es tan dura que da chispas con el eslabón. Cristaliza generalmente en cubos, dodecaedros pentagonales, octaedros, etc., y combinaciones de estas formas.



Formas más comunes de la pirita

Sus caras muestran estrías paralelas a los ejes cuaternarios y perpendiculares entre sí. También suele encontrarse arriñonada, globular, en masas, etc. Opaca, lustre metálico esplendente, color amarillo de bronce, raspadura y polvo negro verdoso. Quebradizo, fractura concooidal.

Ensaye. En tubo cerrado da sublimado de azufre y residuo magnético; al soplete arde con llama azul propia del azufre y deja un residuo magnético que en las perlas da reacción de fierro. Insoluble en ácido clorhídrico, pero soluble en ácido nítrico, con separación de azufre.

Algunas veces contiene estaño, níquel, cobalto, oro, plata y cobre, así como talio, y de aquí sus diferentes variedades.

Por su hermoso color y brillo los ignorantes lo toman por oro, habiéndose labrado con este mineral varios objetos artísticos y de lujo. En Perú pulimentan grandes láminas de pirita, de las cuales se servían como espejos y que se conocen con el nombre de "espejos de los Incas."

Localidades. La variedad aurífera existe en el distrito minero "La República"; cantones de Sayula y Zapotlán, Jalisco, y otros muchos lugares.

La variedad argentífera, en los Reyes, cantón Mascota, Jalisco. Las variedades comunes se encuentran en muchos criaderos minerales, siendo especie muy abundante en todo el mundo.

Aplicaciones. Se utiliza para la extracción del azufre, de la caparrosa verde o sulfato de fierro y del almagre o tierra roja usada en pintura.

La *marcasita* es una pirita ortorrómbica. Tiene los mismos usos y yacimientos que la anterior.

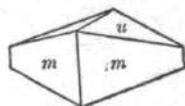
MISPIQUEL O ARSENO-PIRITA

Fórmula= Fe,AsS

Comp.=sulfo-arseniuro de fierro

S=ortorrómbico P.e.=5.9 a 6.2 D=5 a 6

Cristaliza en prismas aplastados verticalmente y de la forma de la figura. También en masas, granular o columnar, divergente o paralela; macles frecuentes, quebradiza; crucesos casi nulos; fractura desigual. Opaco, color blanco de plata a gris de acero, por cuya razón se le llama también pirita blanca. Lustre metálico y rayadura blanco-agrisada. Da fuego con el eslabón, produciendo olor aliáceo (de ajos), debido al arsénico.



Cristal de arseno-pirita

Ensaye. En tubo cerrado da sublimado rojo de sulfuro de arsénico y después un sublimado negro brillante de arsénico metálico. Al soplete deja sobre el carbón una pegadura blanca volátil, de olor aliáceo, de trióxido de arsénico. Descompuesto por ácido nítrico, con separación de azufre.

Una variedad que contiene parte de cobalto sustituyendo al fierro se llama *Danaíta*.

Localidades. En México se ha encontrado en el mineral del "Doctor", Etzatlán, Jalisco; en la mina de San Juan Bautista, Sultepee, México; en la mina del Carmen, Angangueo, Michoacán; pero sobre todo en Concepción del Oro, perteneciente a Zacatecas.

En la exposición de Búfalo se exhibió una arseno-pirita que

pesaba más de 100 kilogramos, enviada por la "Mazapil Copper Company" de Mazapil, Zacatecas. (L. Villaseñor).

Aplicaciones. Su principal aplicación es en la extracción del *arsénico blanco*, usado para las pastas de matar ratas y polvos insecticidas y en pequeñas dosis, en medicina.

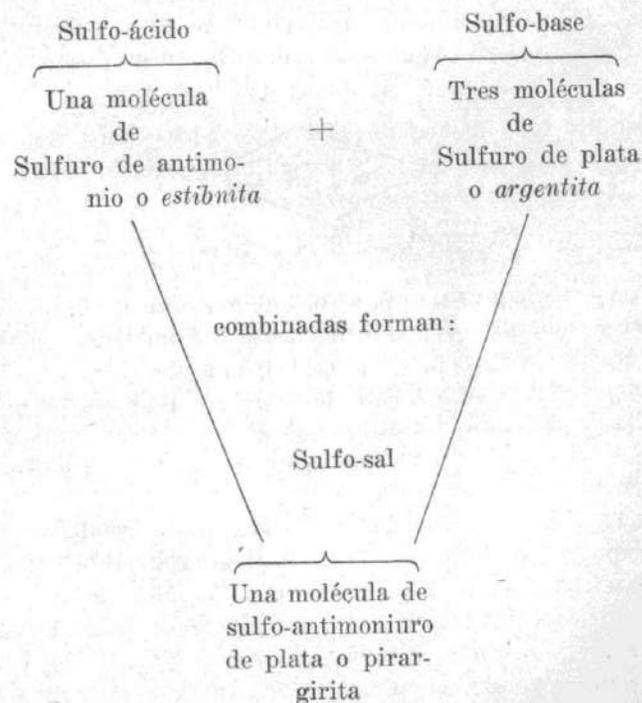
Además sirve para la fabricación del rejalgam artificial muy usado en pintura.

GRUPO No. III

Sulfo-sales

Generalidades. Las sulfo-sales son compuestos minerales formados por la combinación de un sulfo-ácido con una sulfo-base. Son sulfo-ácidos todos los sulfuros de los semi-metales como los de arsénico, antimonio y bismuto. Las sulfo-bases son los sulfuros de los metales plata, plomo, cobre, cinc, mercurio, etc.

Un ejemplo aclarará lo anterior:



LIVINGSTONITA

Fórmula= $2 \text{ Hg, S, Sb}_2\text{S}_3$ Comp.=sulfo-antimoniuro de mercurio

S=ortorrómbico P.e.=4.81 D=2

Mineral netamente mexicano, encontrado por primera vez en Huitzucó, Guerrero, México, por D. Mariano Bárcena. Se parece mucho a la Estibnita y a la Pirolusita, de las cuales se diferencia por su raspadura roja.

Parece cristalizar en el sistema ortorrómbico, en hacecillos de agujas o masas fibrosas de color gris de plomo a negro; polvo y raspadura negra. Poco o nada lustroso.

Además de Huitzucó se le ha encontrado en Guadalcázar, San Luis Potosí. Sirve para la extracción del mercurio o azogue.

JAMESONITA

Fórmula= $2 \text{ Pb, S, Sb}_2\text{S}_3$ comp.=sulfo-antimoniuro de ^{plomo}mercurio

S=ortorrómbico P.e.=5.5 a 6 D=2 a 3

Su nombre está tomado del Prof. Roberto Jameson, de Edimburgo.

Cristaliza muy a menudo en microscópicas agujitas ortorrómbicas que se rompen fácilmente por su base, presentando en ocasiones una estructura fibrosa paralela o divergente. Una variedad de este mineral es llamada "plumosilla" debido a la semejanza de sus cristales con plumitas de lustre metálico. También se encuentra en masas compactas. Quebradizo, de fractura desigual.

Opaco, color gris de acero o gris de plomo, lustre metálico y raspadura negra agrisada.

Ensaye. En tubo cerrado decrepita y funde fácilmente dando débiles sublimados de azufre y antimonio. Al soplete deja sobre el carbón dos aureolas, una blanca lejana de óxido de antimonio y otra amarilla de óxido de plomo.

Mezclado el mineral en polvo con una parte igual de carbonato de sodio y tratada la mezcla en la llama reductora del soplete, deja sobre el carbón un glóbulo de plomo metálico. Soluble en ácido clorhídrico caliente con desprendimiento de ácido sulfhídrico (se reconoce por su olor a huevos podridos), y depósito de cloruro de plomo por enfriamiento.

Localidades. Se encuentra en los criaderos de plomo y antimonio, principalmente en los Estados de Sonora, Hidalgo y el territorio de la Baja California.

Algunos ejemplares contienen oro y plata en pequeña proporción.

Aplicaciones. Es un buen mineral de plomo y antimonio.

Igualmente la *Boulangerita* es un sulfo-antimoniuro de plomo de esta fórmula: $5 \text{ Pb, S, 2 Sb}_2\text{S}_3$.

La Cosalita es un sulfato-bismutato de esta fórmula: $2 \text{ Pb, S, Bi}_2\text{S}_3$. Su peso específico es 6.39 a 6.75, su dureza es 2.5 a 3.

Es interesante por ser mineral encontrado por vez primera en Cosalá, Sinaloa, México.

Por lo general se encuentra compacto o fibroso, cuyos cristales parecen ser ortorrómbicos. Color plumizo o gris de acero. No tiene aplicaciones notables.

La *Broggiardita* o sulfo-antimonito de plata y plomo es también mineral nacional de la fórmula: $\text{Pb, S, Ag}_2\text{S, Sb}_2\text{S}_3$.

Se ha encontrado en masas y en octaedros cúbicos, color negro agrisado.

Los ejemplares hasta hoy encontrados proceden de la mina Candela, Part. del Oro, Durango.

FREIESLEBENITA

Fórmula= $(\text{Pb, Ag}_2)_3\text{Sb}_4\text{S}_{11}$ Comp.=sulfo-antimonito de plata y plomo

S=monoclinico P.e.=6.2 a 6.4 D=3.5

Casi siempre se presenta compacto, en cristales pequeños resplandecientes, de un color gris de acero claro, pasando a blanco de plata y a gris plumizo negruzco.

Ensaye. Al soplete da muchos humos blancos de azufre y óxido de antimonio y deja un botón de plomo y plata.

Localidades. Encontrado en Freiesleben, Sajonia, de donde proviene su nombre, y Kapnik, Hungría. En nuestra Patria se citan: la mina de Catorce, San Luis Potosí, mina de "El Salto", San Andrés de la Sierra, Durango, etc., etc.

Aplicaciones. Es un buen mineral de plata.

BOURNONITA

For. = $3(\text{Pb}, \text{Cu}_2)\text{S.Sb}_2\text{S}_3$ Comp. = sulfo-antimonito de plomo y cobre

S = ortorrómbico P.e. = 5.7 a 5.9 D = 2.5 a 3

A menudo cristales macleados en forma de cruz, también en masas, granular, etc. Opaco, color y raspadura gris de acero, inclinándose al plumizo o negro de hierro; brillante, lustre metálico; quebradizo; fractura subconcoidea.

Ensaye. Al tubo cerrado decrepita y da sublimado rojo oscuro; en tubo abierto da humos sulfurosos y sublimado blanco de trióxido de antimonio. Al soplete deja sobre el carbón primero pegadura blanca de antimonio y humos sulfurosos y después pegadura amarilla de plomo; el residuo mezclado con sosa y tratado al soplete deja un glóbulo rojo de cobre.

Soluble en ácido nítrico, dando una solución azul y precipitados de azufre, antimonio y plomo.

Localidades. Mina Nueva Bretaña, Part. de Calpulálpam, Aguascalientes; Mun. de Chalchicomula y mina Espejeros, Puebla; en Taraumare, las Animas y Noche Buena, Hermosillo, Sonora; mina de la "Luz", Guanajuato.

Aplicaciones. Es un buen mineral de cobre.

TAPALPITA

Fórm. = $3\text{Ag}_2(\text{S}, \text{Te})\text{Bi}_2(\text{S}, \text{Te})_3$ Comp. = sulfo-teluro-bismutito de plata.

Mineral raro encontrado en la Sierra de Tapalpa, Jalisco, Mex., por D. Antonio del Castillo en 1869. Mina de San Rafael.

No se ha encontrado aún en qué sistema cristaliza y su peso específico, muy discutible, parece ser de 7.80.

Color entre gris de acero y negro de hierro, séctil, lustre metálico vivo en fractura reciente.

Ensaye. En tubo abierto da gas sulfuroso y humos blancos de ácido teluroso. Soluble en ácido clorhídrico, con precipitado blanco.

Las muestras antes citadas proceden de dicha localidad, aprovechándose para la extracción de su plata.

PIRARGIRITA

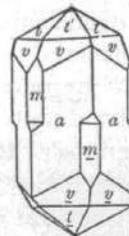
Fórmula = $3\text{Ag}, \text{S.Sb}_2\text{S}_3$ Comp. = sulfo-antimonito de plata

S = romboedral P.e. = 5.85 D = 2.5

La palabra pirargirita deriva de *pir*, fuego, y *argiros*, plata, aludiendo a su rayadura y polvo rojo. Se conoce también con los nombres de *plata roja* y *rosicler obscuro*.

Se encuentra en abundancia en nuestra Patria, ya cristalizado en formas prismáticas o bien en macles que presentan el aspecto de la figura. También se ha encontrado en masas, granular y en pegaduras.

Opaca, traslúcida en los bordes. Color negro que tira a rojizo; lustre metálico o adamantino; raspadura rojo-cochinilla y fractura concoidea.



Cristal macleado de pirargirita

Ensaye. En tubo cerrado funde y da sublimado rojizo de sulfuro de antimonio; en tubo abierto, humos sulfurosos y sublimado de óxido de antimonio; al soplete deja sobre el carbón una pegadura de sulfuro de antimonio, y el residuo, mezclado con carbonato de sodio y tratado al soplete, da un glóbulo de plata. Descompuesto por ácido nítrico con separación de azufre y óxido de antimonio.

Localidades. En México, en "Los Reyes" y "El Nopal", Guanajuato; en el Dist. de Ixtlán, Oaxaca; mina de "Quebradilla", Zacatecas; mina de San Juan Bautista, Est. de México. En el extranjero, en Sajonia; Guadalcanal, España; Perú; Chancillo, Chile, etc.

Aplicaciones. Por contener 60% de plata se utiliza para su beneficio.

La *estefanita* es una pirargirita de color y rayadura negro de hierro y de la fórmula $5 \text{ Ag}_2\text{S.Sb}_2\text{S}_3$. Cristaliza en el sistema ortorrómbico.

Se ha encontrado en Zacatecas y otras minas mexicanas, así como en Perú; Nevada, E. U., etc., etc.

PROUSTITA

Fórmula= $3 \text{ Ag}_2\text{S.As}_2\text{S}_3$ Comp.=sulfo-arseniato de plata

S=romboedral P.e.=5.42 a 5.56 D=2 a 2.5

Este mineral dedicado a Proust, se conoce también con el nombre de *rosicler claro*, debido a su franca coloración rojo cochinilla.

Cristalización análoga a la de la pirargirita y lustre igualmente adamantino. Subtraslúcido a transparente, color y raspadura rojo cochinilla; fractura concoidea.

Ensaye. En tubo cerrado funde fácilmente dando sublimado rojo de sulfuro de arsénico; en tubo abierto, humos sulfurosos y sublimado alíaceo de óxido de arsénico; al carbón funde dando olor de azufre y arsénico; mezclado con sosa da un glóbulo de plata. Descompuesto por ácido nítrico, con separación de azufre y óxido arsenioso.

Localidades. Se ha encontrado en muchas minas argentíferas sobre todo en Cusihuiriachic, Chihuahua; además en Freiberg, Alemania; Guadaleanal, España; Perú; E. U., etc.

Aplicaciones. Como la pirargirita es un excelente mineral argentífero, pues contiene hasta un 65% de plata.

TETRAEDRITA

Fórmula= $4 \text{ Cu}_2\text{S.Sb}_2\text{S}_3$ Comp.=sulfo-antimonito de cobre

S=cúbico P.e.=4.5 a 5.5 D=3 a 4

Llamada así por sus cristales tetraédricos, también se conoce con los nombres de *panabasa* y *cobre gris*.

Cristaliza en tetraedros modificados, presentando frecuentemente macles. También se ha encontrado compacta, granular, etc. Opaca, pero en los bordes delgados se ve rojo cereza; color gris de

acero a negro de hierro, lustre metálico. Fractura subconcoidea o irregular. Se rompe al menor golpe.

Parte del cobre puede ser sustituido por plata, fierro, cinc o mercurio y de aquí sus diferentes variedades.

Ensaye. En el tubo cerrado da sublimado de sulfuro de antimonio y si es variedad mercurífera sublimará gotitas de mercurio metálico. Soluble en ácido nítrico con separación de azufre y óxido hídrico, éste precipitará si tiene plata, agregando a otra parte amoníaco en exceso, ésta se pondrá azul por el cobre y al mismo tiempo precipitará peróxido de fierro amarillo, si hay fierro.

Localidades. Se encuentra en muchas localidades mexicanas entre las que se citan Ramos, San Luis Potosí; en el cerro de Tlachiaque, al S. de Tepeyahualco, Puebla; en Zimapán, Hidalgo; en las minas de cobre de Chiquilixtlán, Jalisco; en Zacatecas; Veracruz y otras. En Europa son notables los criaderos de Freiberg, Sajonia y Schemnitz, Hungría.

GRUPO No. IV

Haloides

Generalidades: Minerales haloides son los compuestos formados por los ácidos clorhídrico, bromhídrico, yodhídrico y fluorhídrico; es decir, este grupo comprende los cloruros, bromuros, yoduros y fluoruros.

En primer lugar se describen los haloides anhidros y después los hidratados.

HALITA O SAL COMUN

Fórmula= Na Cl

Comp.=cloruro de sodio

S=cúbico

P.e.=2.1 a 2.25

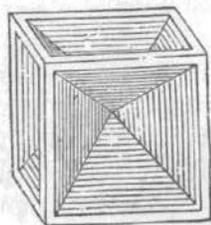
D=2.5

Apenas habrá una sustancia tan conocida e interesante como es la sal. Se encuentra abundantemente repartida por doquier, y así se halla en la atmósfera en pequeñas proporciones; en casi todas las rocas y en los seres orgánicos. En disolución la contienen algunos manantiales y lagos salados y el mar en una proporción de 25 milésimos.

Además, existen depósitos terrestres de *sal piedra* o *sal gema* que se conocen con el nombre de minas de sal.

Estos yacimientos, constituídos por verdaderos montes de sal, coinciden con la vecindad o contacto de rocas ígneas o arcillosas y datan generalmente del terreno triásico o del terciario.

Cristaliza en cubos de este sistema cuyas caras son generalmente cavernosas, como se ve en la figura.



Cristal cúbico de sal

Su crucero cúbico es perfecto. Se presenta, además, en masas estalactitiformes, laminar, granular, concrecionada, etc.

Transparente a traslúcido. Su color, naturalmente blanco, varía con las impurezas que contiene: así hay ejemplares amarillentos, rojizos, azulinos o morados. Fractura concoidea y sabor característico, tiñe las llamas de amarillo intenso.

Ensaye. En tubo cerrado funde, a menudo con decrepitación; muy soluble en agua; la solución precipita por nitrato de plata;

La sal contiene como impurezas, sulfato de calcio, sulfato de sodio, cloruro de calcio, cloruro de magnesio, y carbonato de sodio.

Es tanta la importancia de este mineral que el hombre no sólo explota la sal de mina o sal gema, sino que acude a la sal del mar, evaporándola, concentrándola y refinándola hasta lograr cristalizarla: entonces toma el nombre de sal marina.

Los indígenas de los pueblos cercanos a la Villa de Guadalupe, D. F., se ocupan de extraer este mineral, lixiviando las tierras de los alrededores que lo contienen en cierta proporción.

Las más importantes minas de sal son: la de Wielizka, en Polonia, que ocupa un espacio de 3160 metros de largo, 1200 de ancho y hasta 408 de profundidad, y la no menos notable de Cardona, en Barcelona, de donde se extraen mensualmente más de 400.000 toneladas.

Nuestra Patria cuenta con muchos lugares en donde se extrae la sal por evaporación de las aguas marinas, siendo notable en este sentido el Estado de Colima, que suministra grandes cantidades.

El Gran Lago Salado en E. U., que tiene de superficie 200 millas cuadradas, contiene una notable cantidad de cloruro de sodio. En Europa, el Mar Muerto y el Mar Caspio contienen aguas saladas.



Una vista de las salinas de Cardona, Barcelona.

Aplicaciones. Sería cansado enumerar las múltiples aplicaciones de este útil mineral y su importancia; tan sólo se puede deducir de su consumo mundial. Se calcula que España produce anualmente más de dos millones de quintales métricos de sal.

Se ha usado desde remotos tiempos como alimento necesario para el hombre; se emplea también en la salazón de las carnes y pescados y se le da a las bestias para engordarlas y aumentar la secreción de leche. Es la base del suero artificial, que se emplea en inyecciones.

Además, se usa para el beneficio de la plata, para fabricar ácido clorhídrico, carbonato de sodio y otros productos químicos; así como también para la fabricación del jabón, del vidrio, de la loza, etc., y para el blanqueo de la cera, de la tela y del papel.

La sal de tierra, por no tener yodo, produce el bocio, según se dice.

CERARGIRITA

Fórmula=Ag,Cl

Comp.=cloruro de plata

S=cúbico

P.e.=5.55

D=1 a 1.5

Cerargirita deriva de *keras*, cuerno, y *argiros*, plata, por lo que también se le llama *plata córnea*.

Se encuentra generalmente en masas, fibrosa, columnar; a menudo en pegaduras y rara vez cristalizada. No tiene cruceros. Lustre resinoso, como de cuerno.

Su color primitivo es el gris de perla, pero por exposición a la luz se pone violeta u oscuro.

Es altamente séctil, es decir, que se rebana con la navaja, como si fuese jabón.

Ensaye. En el tubo cerrado funde sin descomposición. Al soplete deja sobre el carbón un glóbulo de plata metálica. La perla de sal de fósforo previamente adicionada de óxido de cobre y el polvo del mineral, tiñe las llamas de un intenso azul cielo. Soluble en amoníaco.

Localidades. Se ha encontrado en México acompañando a otros minerales de plata nativa, en San Pedro de los Pozos, Guanajuato; Fresnillo, Zacatecas; el mineral de Catorce, San Luis Potosí, etc.

Aplicaciones. Se aprovecha para el beneficio de la plata.

La *embolita* es un cloro-bromuro de plata que se encuentra generalmente en masas parecidas a la *cerargirita*, pero de color verde agrisado o amarillo verdoso. Su fórmula es Ag(Br, Cl). Es abundante en Chile.

La *bromirita* es un bromuro de plata de la fórmula Ag,Br. Color amarillo brillante o amarillo de ámbar. Se ha encontrado en México en San Onofre, Zacatecas. También existe en Chile.

YODIRITA

Fórmula=Ag,Y

Comp.=yoduro de plata,

S=exagonal

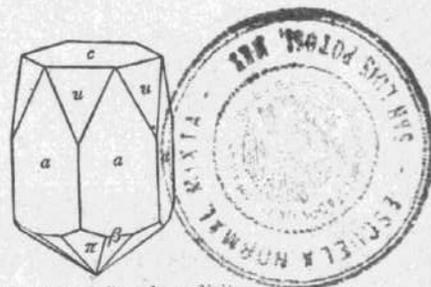
P.e.=5.6 a 5.7

D=1 a 1.5

Cristaliza en curiosos cristales que presentan el fenómeno del hemimorfismo, es decir, que sólo la mitad de la forma es simétrica con relación a la otra mitad.

Se encuentra generalmente en láminas delgadas de un verde o amarillo pálido. Es séctil, flexible y fácil de pulverizar.

Ensaye. En tubo cerrado funde fácilmente tomando color naranja oscuro que se pierde por enfriamiento.



Cristal hemimórfico de yodirita

El ácido nítrico hirviendo la descompone con desprendimiento de vapores violáceos de yodo. Al soplete y sobre el carbón da glóbulo de plata.

Localidades. En México se encontró por primera vez en Albaradón, cerca de Mazapil, Zacatecas, y posteriormente en la mina de San Rafael, Peñoles, Durango. También existe en Guadalupe, España, y en Nuevo México, E. U.

Aplicaciones. Como mineral de plata.

A continuación damos una lista de los nombres vulgares con que se conocen los minerales de plata por los mineros prácticos, pues es de importancia que los conozca el estudiante:

Nombre vulgar	Nombre científico	Composición
Plata roja o rosieler obscuro.	Pirargirita.	3 Ag ₂ S, Sb ₂ S ₃
Plata roja o rosieler claro.	Proustita.	Ag ₂ S.As ₂ S ₃
Plata amarilla.	Yodirita.	Ag, Y
„ verde o plata melada	Bromirita.	AgBr
„ gris.	Freislebenita.	(Pb, Ag ₂) ₅ Sb ₄ S ₁₁
„ negra.	Estefanita.	5Ag ₂ S.Sb ₂ S ₃
„ córnea.	Cerargirita.	Ag, Cl

Nombre vulgar	Nombre científico	Composición
Plata agría.	Polibasita	$(Ag_2S, CuS)_6(Sb_2S_3, As_2S_3)$
„ polvorilla.	Argentita pulverulenta.	Ag_2S
„ blanca o metálica.	Plata nativa.	Ag

FLUORITA

Fórmula= Ca, Fl	Comp.=fluoruro de calcio	
S=cúbico	P.e.=3.01 a 3.25	D=4

También llamado *espató flúor*. Abundantemente repartido por la superficie de la tierra, constituyendo algunas veces, vetas de gran extensión en relación con los filones metalíferos.

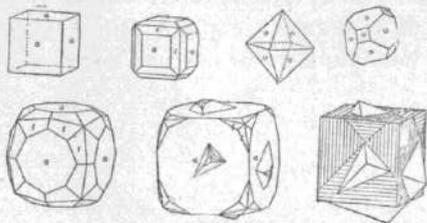
Sus formas más frecuentes son el cubo y el octaedro o ambos reunidos, habiéndose encontrado en macles y en masas granulares.

Generalmente es transparente y de lustre vítreo a veces esplendente.

Sus colores son muy variados: incoloro, amarillo de vino, verde, rosa, azul, violeta, etc.

Muchas veces los colores antes dichos se alternan en bandas o fajas constituyendo masas de hermoso aspecto.

Es quebradizo, dejando fractura conoicoidea o astillosa. Raspadura blanca. Hay ejemplares que muestran una fluorescencia azul. Fosforescente por calentamiento, o sin éste.



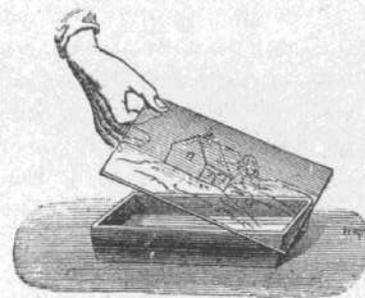
Formas cristalinas de la fluorita

Existen variedades de fluorita de acuerdo con sus colores y propiedades físicas y así se dice: *falso rubí*, *falsa esmeralda*, *falso topacio*, etc., según que su coloración sea roja, verde, amarilla, etc. La variedad que produce una fosforescencia verde es llamada *clorofana*.

Ensaye. En el tubo cerrado decrepita y fosforece; al soplete y sobre carbón tiñe la llama de un color amarillo rojizo y funde en un esmalte blanco que se opaca por enfriamiento. El polvo tratado por el ácido sulfúrico desprende ácido fluorhídrico que tiene la propiedad de corroer al vidrio.

Localidades. La fluorita cuenta con varios yacimientos mexicanos como la mina de "El Nopal" y mina de "Calvillo", Guanajuato; mina de "Santa María", Chalchihuites, Zacatecas; mina de San Pedro, Sultepec, México, y Guadalcázar, San Luis Potosí. Se encuentra, además, en Cornwall, Inglaterra, en Suiza y en E. U.

Aplicaciones. Es un fundente muy empleado en metalurgia (de aquí su nombre, flúor, fluir, correr). Se emplea también para obtener el ácido fluorhídrico que corroe al vidrio. La operación consiste en atacar la fluorita en polvo colocada en una cubeta de guta-percha, por medio del ácido sulfúrico diluído. Inmediatamente se cubre la cubeta con un vidrio previamente encerado, dejando tan sólo a descubierto los contornos del dibujo que se trata de grabar.



Grabado al ácido fluorhídrico

El ácido fluorhídrico, que se desprende, penetrando por los trazos hechos sobre la cera, ataca al vidrio, al cual corroe y despule.

Las variedades de colores vivos, en zonas o en ziszás etc., se emplean para hacer jarrones, vasos, copas y toda clase de objetos artísticos y de fantasía. Ya hemos hablado de su uso en joyería imitando las gemas. (1).

(1) Ya he dicho que se imitan muy bien los seres microscópicos produciendo fluorosilicatos de cal y potasio, en ciertas condiciones.

ATACAMITA

Fórm. = $\text{Cu}_2\text{Cl}_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{CuO}_2$ Comp. = oxiclورو hidratado de cobre

S = ortorrómbico P.e. = 4 a 4.3 D = 3 a 3.5

Mineral encontrado en la región entre Perú, Bolivia y Chile, especialmente en Atacama, Chile (de aquí su nombre).

Cristaliza generalmente en prismas u octaedros rectangulares modificados, con las caras prismáticas estriadas longitudinalmente; también en masas laminares.

Traslúcido a casi opaco. Color verde brillante, de varios tonos, hasta el verde negruzco, raspadura verde manzano.

Ensayo. En el tubo cerrado da mucha agua y un sublimado gris; al soplete sobre carbón funde, coloreando la llama en azul cielo, con una arista verde, y da dos pegaduras, una morena y otra blanca agrisada y un glóbulo de cobre. Fácilmente soluble en ácido clorhídrico.

Localidades. Al principio se han consignado ya algunas; sin embargo, mencionaremos otras, como la costa Occidental de Africa, la mina "Estrella", en España, en el S. de Australia, etc., etc.

Aplicaciones. Puede emplearse como mineral de cobre, como pintura y para producir el color azul celeste en los fuegos artificiales.

La *percibita* es un oxiclورو de plomo y cobre que se ha encontrado asociado al oro en el Estado de Sonora.

Cristaliza en cubos y tiene un color azul cielo muy agradable. Su lustre es vítreo y su dureza 2.5.

Tiñe la llama de verde, con orillas azules, y por tal motivo se ha ensayado en los fuegos artificiales.

GRUPO No. V.

Oxidos

Para facilitar el estudio de este grupo se ha dividido de la manera siguiente:

A.—Oxidos de silicio { cuarzo.
tridimita.
ópalo.

B.—Oxidos de los semi-metales.

C.—Oxidos de los metales.

{ protóxidos.
sesquióxidos.
intermedios.
bióxidos.

D.—Oxidos hidratados.

A.—El óxido de silicio más importante, llamado también anhídrido silíceo, siliza, sílice y cuarzo, es el bióxido de silicio, de la fórmula SiO_2 , y que constituye uno de los minerales más abundantes en el globo terrestre y en los organismos.

Su importancia es tal, que son contadas las rocas que no lo poseen, ya al estado libre como en el granito, ya más comúnmente bajo la forma de silicatos, como en las dioritas y los basaltos o ya, por fin, como mineral secundario como en las calizas silíceas. Puede decirse sin temor de exagerar que la sílice ocupa las $\frac{3}{10}$ de la corteza terrestre.

El autor ha demostrado que el silicio se encuentra en todos los seres organizados formando la trama inorgánica de sus tejidos y ha hecho múltiples y laboriosas experiencias para determinar la cantidad de este elemento en cada una de las partes del organismo.

El ópalo, que es bióxido de silicio hidratado, ha sido objeto de interesantes estudios plasmogénicos, pues ofrece cierta semejanza con la albúmina de huevo de gallina, siendo a la vez un bello ejemplo del estado coloide o coloidal.

Al tratar de estos minerales en particular, diremos algo más.

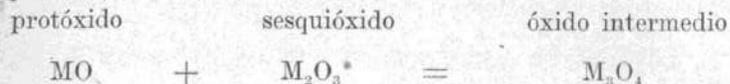
B.—Entre los óxidos de los semi-metales tenemos minerales importantes como la *cervantita*, muy empleada en compañía de la estibnita para la extracción del antimonio y la *tungstita* u óxido de tungsteno, cuyo metal es muy buscado para la fabricación de los filamentos de las lámparas eléctricas.

C.—Los protóxidos de los metales pueden ser de las dos fórmulas siguientes: MO y M_2O (la M representa el metal y la O el oxígeno), según que el metal sea monovalente o bivalente. Un protóxido es la cuprita u óxido de cobre.

Los sesquióxidos tienen siempre la fórmula M_2O_3 ; es decir, que a cada molécula de metal corresponde 1 y $\frac{1}{2}$ moléculas de oxígeno. La *hematita* y el *corundo* son sus representantes de mayor interés.

Los óxidos intermedios tienen la fórmula M_3O_4 ; es decir, que a cada molécula de metal corresponde 1 y $\frac{1}{3}$ de oxígeno. Estos

óxidos parecen ser formados por la unión de un protóxido con un sesquióxido, de esta manera:



Estos compuestos se han considerado también como sales de los supuestos ácidos $\text{H}_2\text{M}_2\text{O}_4$, por ejemplo: el ácido férrico $\text{H}_2\text{Fe}_2\text{O}_4$ combinándose con el hierro produce el compuesto $\text{Fe Fe}_2\text{O}_4 = \text{Fe}_3\text{O}_4$, que es la fórmula del mineral llamado *magnetita* o *pedra imán*, y que en tal caso, más bien sería un ferrato de hierro que un óxido.

Los bióxidos tienen esta fórmula MO_2 , su representante de más importancia es la *casiterita* SnO_2 que es la fuente natural para la extracción del estaño metálico que circula en el comercio.

D.—Los óxidos hidratados son generalmente sesquióxidos conteniendo agua de hidratación en la proporción de 1 a 3. El más interesante de estos óxidos es la limonita o hidróxido de hierro.

A.—BIOXIDOS DE SILICIO

CUARZO

Fórmula= Si O_2

Comp.=bióxido de silicio

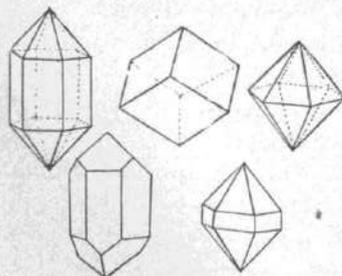
S=romboedra

P.e.=2.5 a 2.8

D=7 (tipo)

Se conoce también con los nombres de anhídrido silíceo, sílice, siliza, bióxido de silicio y cuarzo.

Es un abundantísimo mineral y tiene numerosas variedades. Sus formas más comunes pueden verse en las figuras.



Diferentes formas cristalinas del cuarzo

Sin embargo, su hábito cristalino es un prisma exagonal terminado por una pirámide que se forma por la unión de dos romboedros.

Sus caracteres distintivos son muy notables. Entre ellos se cuenta su dureza, pues raya al vidrio y al feldespato (dureza=7), y su completa infusibilidad a la llama del soplete ordinario (infusibilidad=7). Su fractura es conoidea y su lustre graso.



Grupo de cristales de cuarzo

El cuarzo se presenta en la Naturaleza de dos maneras diferentes: en cristales que pueden apreciarse a la simple vista y llamados por esta razón cuarzo fenocristalinos (*feno*, visible), o bien bajo el aspecto de una masa compacta, casi amorfa y diversamente colorida que al análisis óptico acusa una cristalización incipiente o rudimental y que lleva el nombre de cuarzo criptocristalino (*cripto*, oculto). Este último estado ha sido considerado como el paso o el eslabón que une la materia cristalizada con la amorfa o coloide, en realidad iguales.

Tanto el cuarzo fenocristalino como el criptocristalino tienen numerosas variedades.

El siguiente cuadro, puesto al alcance del estudiante, enumera sus principales variedades, así como los caracteres distintivos de cada variedad:

FENOCRISTALINO

(Cristalización visible). Tipo cristal de roca.

1. *Cristal de roca*. Cristalino e incoloro.
2. *Asteriado*. Contiene interiormente radiaciones parecidas a estrellas.

3. *Rosa*. Color rosado. Teñido por manganeso o titanio.
4. *Ametista*. Color violeta. Teñido por manganeso.
5. *Falso topacio*. Color amarillo. Teñido por hidróxido de fierro.
6. *Ahumado*. Transparente. Color de humo. Teñido por sustancias orgánicas.
7. *Lechoso*. Opaco, color blanco de leche.
8. *Ojo de gato*. Muestra opalescencia pero no irisaciones.
9. *Aventurina*. Color de oro, reflejos dorados. Debido a la mica que contiene.

10. <i>Impuro</i>	}	ferruginoso..... contiene fierro.
		clorítico..... „ clorita.
		micáceo..... „ mica.
		arenoso..... „ arena.

CRIPTOCRISTALINOS

(*Cristalización oculta*). Tipo: *calcedonia*

1. *Calcedonia*. Color que varía del blanco al gris y al azul.
2. *Coralina*. Opaco, color rojo, semejando corales.
3. *Crisoprasa*. Color verde manzana. Debido al níquel.
4. *Prasa*. Color verde obscuro.
5. *Plasma*. Color verde esmeralda. Subtraslúcido.
6. *Agata*. Calcedonia, presentando bandas, nubes, manchas, arborescencias, etc., de colores diversos.
7. *Onix*. Agata de bandas paralelas. (Sirve para hacer camafeos).
8. *Sardonix*. Mezcla de onix y coralina.
9. *Jaspe*. Cuarzo impuro, opaco y de varios colores.
10. *Agata jaspe*. Mezcla de ambos.
11. *Pedernal*. Opaco, colores suaves, gris, moreno, azulino, etc.
12. *Piedra córnea*. Con aspecto de cuerno.
13. *Piedra de toque*. Opaca, color negro (sirve para ensayar objetos de oro y plata).

Ciertos cuarzos muestran al interior burbujas de gas, que se mueven dentro de un líquido que por lo general es agua o algún hidrocarburo: esta clase de cuarzo es llamado *aero-hidro*.



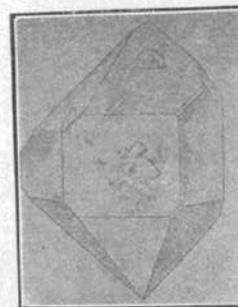
Agata.

Ensaye. Infusible. Al soplete con bórax se disuelve poco a poco en un vidrio transparente; con carbonato de sodio se disuelve lentamente con efervescencia. Insoluble en los ácidos, excepto el ácido fluorhídrico, el cual lo corroe y en esto está basado el grabado en vidrio.

Los álcalis lo disuelven lentamente y esta es la razón de que existan aguas silicosas.

Localidades. Son muy numerosas y puede decirse que existe en todos los yacimientos metalíferos de nuestra República; sin embargo, son notables los ejemplares de las minas de "Rayas" y "La Joya", Guanajuato; Real del Monte, Hidalgo; mina de San Miguel, Zacatecas y la Baja California.

Véase la "Biología y Plasmogenia". Siliza y silicatos, p. 147-271.



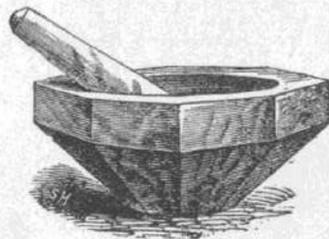
Cuarzo aero-hidro

Aplicaciones. Las variedades de agradable color y aspecto, se han empleado desde los más remotos tiempos para fabricar objetos artísticos y de ornato; el cuarzo ametista es apreciado por su agradable color; la aventurina tallada se usa para confeccionar mancuernillas, prendedores, aretes, dijes, etc. Su empleo aumenta constantemente, para lámpara de mercurio y vidrios de hospitales. Deja pasar los rayos ultravioletas, muy ricos en rayos químicos y excitantes de la nutrición. En experimentos de fotosíntesis. (Véase la "Biología y Plasmogénia", p. 290).

El vidrio no deja pasar esos rayos. Se usan ya los utensilios de cuarzo en los laboratorios. Son inatacables y casi infusibles, excepto en el horno eléctrico.

Las ágatas sirven para hacer morteros, rosarios, aretes, ejes de balanzas de precisión, etc. El pedernal se usó antiguamente para sacar fuego del eslabón y ahora se usa para la construcción y para el empedrado en ciertas ciudades.

La calcedonia entra en la composición de la porcelana. Por fin la piedra de toque o basanita sirve a los joyeros para probar los objetos de oro y plata.



Mortero de ágata

La *tridimita* es un cuarzo esencialmente exagonal de peso específico 2.28 a 2.32.

Fué encontrada primeramente en el histórico cerro de San Cristóbal, Pachuca, Hidalgo.

Aquí cabe mencionar también la *Cristobalita* que es un cuarzo cristalizado en el sistema cúbico, en octaedros pequeñísimos. Es transluciente, blanca e infusible.

Se encuentra igualmente en la cima del cerro de San Cristóbal, (de aquí su nombre).

OPALO

El ópalo es el estado amorfo o coloide del cuarzo, conteniendo generalmente de 2 a 12% de agua de combinación aunque no se considera esencial.

Se encuentra en drusas o geodas, en masas estalactíticas, reniformes (en forma de riñón), concrecionado o en polvo.

Es transluciente y exhibe un color lechoso característico llamado opalescencia.

Tal como lo hicimos al tratar del cuarzo, ponemos a continuación un cuadro de sus variedades y sus características:

AMORFO

(Sin cristalización). Tipo: ópalo

1. *Opalo precioso.* Muestra opalescencia y hermosas irisaciones.
2. *Opalo rojo de fuego.* Color rojo predominante.
3. *Girasol.* Azulino, lechoso, que se ve rojizo a una fuerte luz.
4. *Opalo común.* Semi-transparente, lustre resinoso, colores diversos. (1).
5. *Cacholonga.* Opaco, blanco azulino, aporcelanado.
6. *Xilópalo.* Madera opalizada.
7. *Hialita.* Opalo incoloro y cristalino (como gotas de rocío).
8. *Geyserita.* Concrecionado. (Proviene de los geysers y aguas termales).
9. *Tripolita.* Opalo terroso. (Tizar o tizate)

Localidades. El ópalo precioso así como el rojo de fuego y la variedad común son abundantísimos en la mina de "Esperanza" Querétaro, en donde existen hábiles hombres dedicados a extraer y labrar tan estimadas piedras preciosas. Son famosos también los criaderos de ópalos de Hungría.

La cacholonga y la hialita abundan en los montes de la serranía de Guadalupe Hidalgo, D. F., de donde puede recoger muchas de ellas el estudiante y el aficionado, encontrándose también, en muchos puntos de nuestra República; la tripolita, trípoli o tiza que no es sino el resultado de la acumulación de carapachos

(1) Herrera lo ha producido artificialmente por evaporación lenta de siliza coloide muy pura: es poco consistente y sin chispas o reflejos.

silíceos correspondientes a unas algas microscópicas llamadas *diatomeas*. Lo recogen en gran abundancia nuestros indios en Ix-tlahuaca, México, lo amasan y secan y le dan una forma toscamente esférica, entregándolo en este estado al comercio. También existe en Tulancingo, Hidalgo, y otros puntos.

Aplicaciones. El ópalo noble es una gema del más alto valor y estimada después del diamante; sobre todo el ópalo rojo de fuego de Esperanza, Querétaro, es muy buscado por su agradable color y reflejos.

Los ópalos comunes son usados como gemas de poco valor.

El tizar se utiliza, por su dureza, para pulir metales, maderas, etc.; para la fabricación de la dinamita, llenar las paredes de las cajas fuertes, etc., etc.

B.—OXIDOS DE LOS SEMI-METALES

VALENTINITA

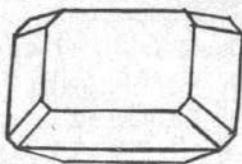
Fórmula= Sb_2S_3

Comp.=2.5 a 3

S=ortorrómbico

P.e.=5.56

Cuando cristalizada se presenta en prismas acieulares rombales, en tablas prismáticas con caras biseladas, encontrándose con más frecuencia en masas de estructura laminar, columnar o granular.



Cristal de valentinita

Sub-transparente, de lustre adamantino o aperlado, colores, blanco de nieve, gris ceniciento, rojo, etc. Raspadura blanca.

Ensaye. Es fusible y volátil, dando humos blancos inodoros al carbón. Soluble en ácido clorhídrico; la solución se enturbia por adición de agua.

Este mineral se forma por oxidación de la estibnita o sulfuro de antimonio. Existen otros tres óxidos de menor importancia que son la *senarmontita*, de la misma fórmula Sb_2S_3 , pero que cristaliza en pequeños octaedros del sistema cúbico; la *estibiconita* caracterizada por la presencia de agua de composición; se ha encontrado en masas compactas, costras y pegaduras, y la *cervantita* (nombre tomado de Cervantes, España), de la fórmula Sb_2O_3 , que cristaliza en el sistema ortorrómbico, en cristales de color blanco amarillento o amarillo. Este óxido resulta de la alteración de la estibnita.

Localidades. La valentinita se ha encontrado en Nieves, Est. de Zacatecas, la senarmontita en Hungría, y Cornwall, Inglaterra, así como en Estados Unidos; la estibiconita parece existir en grandes cantidades en el Est. de Sonora y por fin la cervantita se ha encontrado en el mineral de "Maroma", Catorce, San Luis Potosí y en la mina de "Orión", Chareas, en el propio Estado.

Aplicaciones. Todos los óxidos antes citados sirven para la extracción del antimonio, tan empleado para los tipos de imprenta, ligas fusibles y sales de antimonio.

TUNGSTITA

Fórmula= W_2O_6

Comp.=trióxido de tungsteno

S=amorfo

P.e.=6.34

D=1.5

Se ha encontrado pulverulento sobre otros minerales de tungsteno.

Su color es amarillo verdoso o amarillo puro.

Ensaye. Con sal de fósforo a la llama oxidante es incoloro y a la llama reductora azul por enfriamiento. Soluble en amoníaco, insoluble en los ácidos.

Localidades. Se ha encontrado en Sahuaripa, Sonora y Baja California.

Aplicaciones. Sirve para la extracción del tungsteno metálico tan usado para la fabricación de aceros de "tiro rápido" que soportan altas temperaturas sin perder su temple; sirve también para la fabricación de los filamentos de las lámparas eléctricas.

Se han hecho también a base de tungsteno, pesas y medidas patrones, fabricación de resistencias para hornos y calefactores,

habiéndose ensayado últimamente, telas filtros de tungsteno para separar sólidos de líquidos corrosivos.

C. OXIDOS DE LOS METALES

Protóxidos

CUPRITA

Fórmula= Cu_2O

Comp.=óxido de cobre

S=cúbico

P.e.=5.85 a 6.15

D=3.5 a 4

Preséntase este mineral en octaedros, dodecaedros rombales, etc., etc., y casi siempre en cristales pequeños o formas capilares tan sólo visibles con la ayuda de una lente. También se encuentra en masas, granular o terrosa.

Lustre adamantino o mate. Color rojo cochinilla a rojo carmín por transparencia. Raspadura brillante pardo-rojiza. Quebradizo, de fractura concoidea.

Ensaye. Al soplete se ennegrece, funde y se reduce a cobre metálico, tiñendo la llama de un hermoso verde esmeralda. Con los fundentes da reacción de cobre. Soluble en ácido clorhídrico concentrado.

Localidades. Se ha encontrado en Zomelahuacán, Veracruz; Hda. de Miraflores, Tomellín, Colima; Autlán, Jalisco.

La *tenorita* y la *melaconita* son otros dos óxidos cúpricos de la fórmula Cu_2O , encontrándose el primero en escamitas ortorrómbicas gris de acero o de hierro en el volcán del Vesubio y el segundo al estado terroso, de un color negro agrisado que tizna los dedos, en las minas de cobre, en donde parece producirse por la descomposición de la chalcopirita y otros minerales de cobre.

Tenemos minas de cobre en Chihuahua, en Zacatecas está la "Mazapil Copper Co.", en Cananea, Sonora, y en Teziutlán, Puebla.

MASICOTE

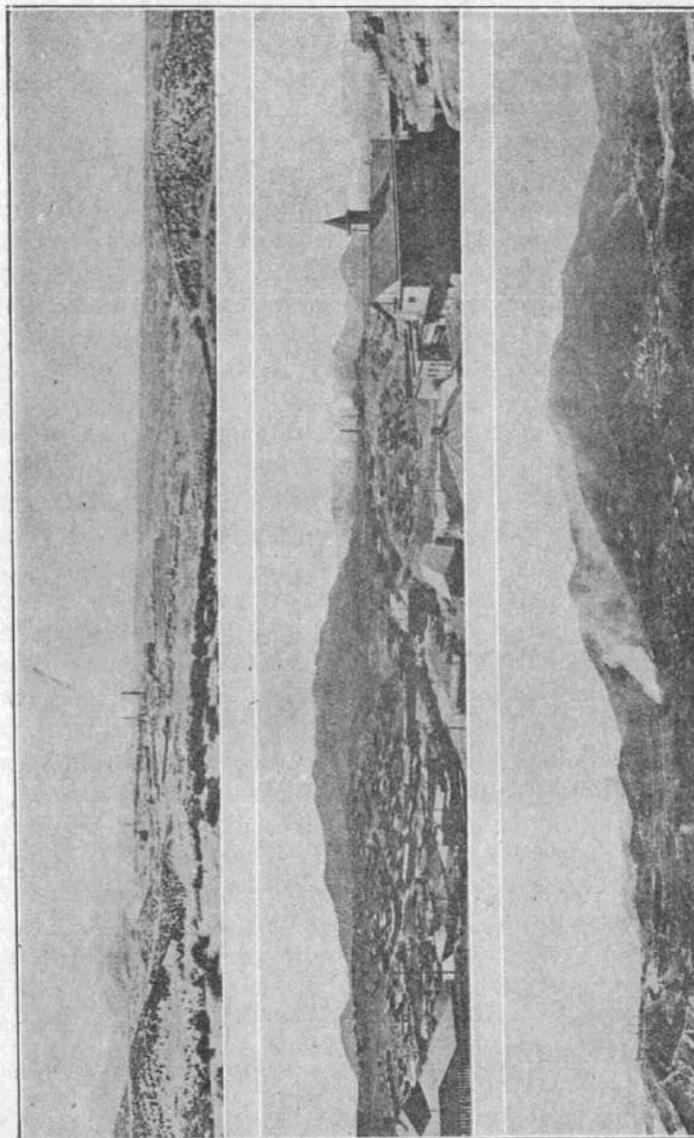
Fórmula= Pb_2O

Comp.=óxido de plomo

S=ortorrómbico o cúbico

P.e.=7.8 a 9

D=2



Una mina de cobre en Cananea, Sonora

Masicote deriva de Massicot, palabra francesa con que también se le denomina. Este compuesto artificialmente, preparado lleva el nombre de *litargirio* y se emplea en pintura y como fundente.

Se encuentra en masas escamosas, cristalinas o térreas, pero con la particularidad de no manchar los dedos.

Opaco, de color amarillo que pasa a naranjado.

Ensaye. Al soplete, sobre carbón, funde fácilmente en una masa amarilla, dejando aureola del mismo color y como residuo un glóbulo maleable de plomo metálico.

Localidades. Este mineral se encuentra en abundancia en nuestra Patria, especialmente en las minas de Cacachilas, Baja California; en Zomelahuacán, Veracruz y en los Estados de Chihuahua, Coahuila y Nuevo León.

En el Museo N. de Historia Natural se exhibe un ejemplar de masicote, pulverulento y escamoso, de color amarillo naranjado, procedente de la falda del cerro de la Malinche en Tlaxcala. Se dice, además, haberse visto entre los materiales eruptivos del Popocatepetl.

Aplicaciones. Es muy usado como fundente en los ensayos docimásticos; en las artes, para la confección de mastiques impermeables; entra en la composición de ciertas variedades de vidrio, así como para barnizar la loza corriente de cocina, etc., etc., conociéndose también con el nombre de *greta natural*.

Así, pues, las ollas, jarros, cazuelas y demás artefactos de nuestras cocinas, están barnizados con este óxido, ya sea natural o artificial.

SESQUIOXIDOS

CORUNDO

Fórm.= Al_2O_3 Comp.=alúmina o sesquióxido de aluminio

S=romboedral. P.e.=3.95 a 4.10 D=9 (tipo)

Mineral durísimo, de hermosos colores y lustre adamantino que, cuando se encuentra completamente diáfano, constituye una

de las gemas de muy alto precio, en ocasiones mayor que el del diamante.

Posee las variedades siguientes, de acuerdo con su diferente coloración y textura:

Zafiro blanco: incoloro, diáfano.

Rubí: color rojo más o menos intenso.

Topacio oriental: color amarillo.

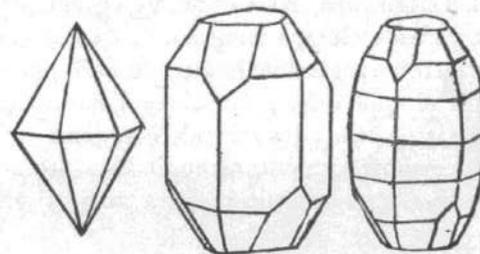
Zafiro: color azul marino.

Zafiro asteria: zafiro que exhibe radiaciones semejando estrellas de seis rayos.

Esmeralda oriental: color verde de varios tonos.

Ametista oriental: color violado.

Corundo: variedad no transparente, de colores sucios, pálidos o negruzcos. Sus formas cristalinas pueden verse en la figura (casi siempre con caras redondeadas.).



Diversas formas cristalinas del corundo.

Los lapidarios, imitando a la Naturaleza, dan al zafiro la forma de una doble pirámide exagonal como se ve en la misma figura.

Una variedad muy importante de esta especie mineral, que se encuentra en gránulos, arenas o matatenas de un color negruzco rosado o gris ceniciento y desprovisto de toda transparencia, se denomina esmeril, cuyo polvo es tan duro que raya al mismo cuarzo.

Las variedades débilmente coloridas muestran el fenómeno del *pleocroísmo*, que consiste en presentar diferentes coloraciones por transparencia, según las diferentes posiciones en que se mire el cristal.

Ensaye. Al soplete es infusible. Se disuelve lentamente en bórax y sal de fósforo, dando un vidrio claro, si no contiene fierro.

El polvo fuertemente calentado con solución de nitrato de cobalto deja un hermoso color azul. Insoluble en los ácidos y sólo descompuesto por fusión con bisulfato de potasio.

No hay que olvidar que los rubíes, zafiros y demás gemas mencionadas que desde hace siglos brillan sobre las coronas de los reyes, o sobre el pecho de encumbradas damas, tienen el mismo origen y composición que el humilde y despreciable polvo negro que constituye la lija de esmeril.

Su gran dureza, sólo menor que la del diamante, hace que para tallarlo se recurra a su propio polvo o al del diamante.

Uno de los zafiros más hermosos es el que el Museo N. de Historia Natural de París dió a Mr. Weiss a cambio de una colección de minerales y que se asegura tener un valor de 2.000.000 de pesos.

Localidades. En México en el Estado de Oaxaca y en algunos puntos de los E. U., Europa, Asia e Indias Orientales.

Aplicaciones. Desde tiempo inmemorial es usado en joyería. En cuanto al esmeril, sirve, reducido a polvo fino, para pulimentar metales y despulir el vidrio. El polvo antes dicho adherido al lienzo, constituye la lija de esmeril y fundido con goma laca en ciertas proporciones y vaciado en moldes apropiados, forma las piedras de esmeril o *esmeriles* que se utilizan para afilar tijeras, navajas, etc.

Si se mezcla polvo de esmeril y aceite y se aplica a un trozo de madera de tilo, es inmejorable para afilar toda clase de herramientas cortantes.

El corundo opaco y de colores sucios sirve para cortar el vidrio.

HEMATITA

Fórmula= Fe_2O_3

Comp.=sesquióxido de hierro

S=romboedral P.e.=4.9 a 5.3 D=5.5 a 6.5

Derivado de *haima*, sangre, aludiendo al color del polvo o de la raspadura.

Está caracterizado por cristalizar en romboedros combinados, prismas y pirámides exagonales.

También se encuentra escamoso, en masas, terroso, etc., y de aquí las variedades siguientes:

1. *Especcular.* Cristales grandes, hermoso brillo gris de acero o negro de hierro y una gran dureza.

2. *Micácea.* Cristales pequeños, muy brillantes, de estructura hojosa y de un color rojo sangre por transparencia, que se desprenden a modo de escamas al tocar el ejemplar.

3. *Columnar.* Masas radiadas de lustre sub-metálico y color rojo obscuro a negro de hierro. Se le llama también "*hematita roja.*"

4. *Ocrácea.* Polvo rojo a menudo mezclado con arcilla.

5. *Arcillosa.* En masas, dura, color rojo moreno a negro rojizo, lustre submetálico a mate, da olor arcilloso y puede contener cal y arena.

Ensaye. Infusible; al soplete se hace magnético y se ennegrece. Con bórax da las reacciones del hierro. Soluble en ácido clorhídrico concentrado.

La *martita* es una hematita que cristaliza en octaedros del sistema cúbico, precisamente como lo hace la magnetita, posee raspadura roja, por lo que algunos creen que esta especie es una magnetita que ha perdido su poder magnético.

Localidades. La variedad especcular se ha encontrado, sobre todo, en la cueva de la "Marmaja", Durango y las otras variedades incluyendo la Martita, en varios puntos de casi todos los Estados de la República. El mejor hierro procede de Zimapán, Hgo.

Aplicaciones. Es un excelente mineral para la extracción del hierro. Las Compañías fundidoras de Hierro y Acero de Monterrey y la de Aguascalientes, benefician mensualmente varios miles de toneladas de este mineral.

La variedad noble de hematita, figura hoy entre las piedras preciosas, adquiriendo un alto precio las joyas que la poseen.

La variedad ocrácea es usada como pintura y constituye la tierra roja y el almagre.

Además, existe un ocre llamado "rojo de Inglaterra" y que por su gran dureza sirve para limpiar metales.

Para el mismo objeto se hacen cremas con rojo de Inglaterra, ácido oxálico y un poco de aceite fijo o grasa.

ILMENITA O MENACANITA

Fórmula= Fe,TiO_2 Comp.=oxi-titanato de fierro

S=romboedral P.e.=4.5 a 5 D=5.0 a 6

Llamado así por existir principalmente en el lago Ilmen, Rusia. Se presenta cristalizado en placas, láminas y cristales tubulares delgados o en romboedros agudos, encontrándose además, en masas, granos y en forma de arenas.

Opaco, color negro de hierro, polvo negro a rojo obscuro, polvo y lustre submetálico. Influencia magnética débil.

Ensaye. Infusible. Con bórax y sal de fósforo da las reacciones del fierro. El mineral finamente pulverizado se disuelve lentamente en ácido clorhídrico, dando una solución amarilla, la que, filtrada del mineral no descompuesto y adicionada de una hoja de estaño metálico, toma coloración violeta (reacción muy sensible). Descompuesto por fusión con bisulfato de potasio.

La *marmaja*, tan conocida de nosotros, no es sino una variedad de *menacanita* que contiene una variable proporción de titanio, de tal manera que prepara una lenta transición a la hematita titanífera. La marmaja procede de la desintegración de las rocas doleríticas y basálticas.

Localidades. En México se le ha encontrado en granos sueltos en la Barranca del Río Grande, Jalisco, etc.; se encuentra, además, en Harthau, Sajonia; en el lago Ilmen, Rusia. Bajo la forma de arena titanífera o marmaja, en los cauces de los ríos vecinos a los basaltos, como los arroyos próximos al pedregal de San Angel; en el río de la Castañeda, Mixcoac, D. F., abundando extraordinariamente en el río Moisis, en Canadá.

La crichtonita, la iserina, la kipdelofana y la washingtonita, son otras variedades regionales de esta especie mineral.

Aplicaciones. Usado como mineral de fierro, sirviendo a la vez para la obtención del bióxido de titanio, usado para los esmaltes de loza. La marmaja servía antes para secar los escritos y con ella se hacen hoy letreros inalterables para jardines y casas comerciales.

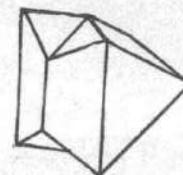
OXIDOS INTERMEDIOS

ESPINELA

Fórmula= $\text{Mg,O,Al}_2\text{O}_3$ Comp.=oxi-aluminato de magnesio

S=cúbico P.e.=3.5 a 4.1 D=8

Comúnmente en octaedros pero también en macles de la forma del grabado.



Macle de la espinela

Transparente a casi opaco. Colores variados: rojo que pasa a verde, azul, amarillo, moreno y negro. Lustre vítreo esplendente.

Aunque en su composición esencial no entra sino la magnesia, puede contener aluminio, fierro y cromo en sustitución de la base principal, y de aquí sus variedades. Las más importantes son.

Rubí espinela. De color rojo más o menos intenso.

Pleonasta o Ceylanita. De color verde obscuro o negro. (Contiene fierro y manganeso).

Clorespinela. De color verde pasto. (Magnesio, fierro y cobre).

Picotita. Amarillo o verde obscuro, conteniendo cromo.

Ensaye. Infusible, soluble en bórax y sal de fósforo dando una perla rojiza en caliente y verde pálido por enfriamiento. Las variedades negras dan reacciones de fierro en las perlas. Difícilmente soluble en ácido sulfúrico concentrado. Descompuesta por fusión con bisulfato de potasio.

Localidades. En México se ha encontrado en el mineral de Ramos, Part. de Salinas, San Luis Potosí. En el extranjero, en Ceylán; en Siam se encuentra en cantos rodados y matatenas de varios y hermosos colores. De este lugar procede la Ceylanita. Se

encuentra también en el Vesubio, en el Tirol; en Nueva York y otros varios puntos de los E. U.

Aplicaciones. Las variedades nobles son usadas como piedras preciosas en joyería y las variedades comunes, especialmente las negras, para los mismos usos del esmeril.

MAGNETITA O PIEDRA IMAN

Fórmula= $\text{FeO.Fe}_2\text{O}_3$

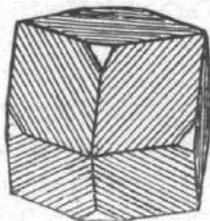
Comp.=óxido ferroso férrico

S=cúbico

P.e.=5.16 a 5.18

D=5.5 a 6.5

Mineral muy interesante por gozar de la propiedad magnética. Cristaliza en octaedros, dodecaedros rombales, etc., con caras estriadas; pero también se encuentran masas compactas, y dendrítica (en forma de arborescencias).



Dodecaedro romboidal de magnetita

Opaco, color negro de hierro, lustre metálico a submetálico y raspadura negra.

Es fuertemente magnético, propiedad que consiste en atraer pequeños objetos de hierro, níquel y cobalto, como clavitos, agujas, monedas (de níquel), marmaja, etc.

Las magnetitas pueden sostener pesos enormes y así se cuenta que el ataúd de Mahoma construido de hierro, se mantiene en el aire debido a la atracción equilibrada de poderosos imanes naturales o magnetitas.

Ensaye. Fusible con gran dificultad. Al soplete y en llama de oxidación pierde su poder magnético. Con bórax da reacción de hierro. Soluble en ácido clorhídrico.

Su raspadura negra la diferencia de la hematita y la limonita.



Magnetita o piedra imán mostrando su alto poder magnético.

Localidades. En México se ha encontrado en la Parota del Mamey, Dist. Alvarez, Colima; Zimapán, Jacala y Pachuca, Hidalgo; Guadalcázar, San Luis Potosí; cerro de Galván, Puebla; cerro del Mercado, Durango (en grandes cantidades). También existen en Suecia, Montes Urales y Norte América, enormes cantidades de Magnetita.



Una mina de hierro en Suecia

Aplicaciones. Es el más rico mineral de fierro y sustituye a los imanes artificiales cuando se orientan sus polos con una armadura, pudiendo, en este caso, sostener pesos enormes.

CROMITA

Fórmula= $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ Comp.=óxido de fierro y cromo
S=cúbico P.e.=4.50 D=5.5

Se presenta en octaedros, pero comúnmente en masas opacas de color negro y lustre submetálico. Raspadura morena. En ocasiones, débilmente magnética.

Parte del fierro puede ser reemplazado por magnesio y parte del cromo por aluminio.

Ensaye. Infusible al soplete, en las perlas da reacción de fierro en caliente y una coloración verde de cromo en frío. Insoluble, pero descompuesto por fusión con bisulfato de potasio.

Localidades. En nuestra Patria sólo se ha encontrado en Puebla, en la Mun. de Chiautla y en la de Chinantla del propio Estado.

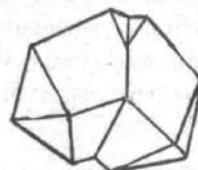
Aplicaciones. Es la materia prima para la extracción de las sales de cromo y cromatos, algunos tan importantes como el bicromato de potasio y el amarillo cromo. El acero cromado contiene una corta cantidad de cromita, la cual basta para que el compuesto resulte más duro y resista altas temperaturas sin perder su temple.

BIOXIDOS

CASITERITA

Fórmula= SnO_2 Comp.=bióxido de estaño
S=tetragonal P.e.=6.8 a 7.1 D=6 a 7

Mineral muy abundante en nuestra Patria, cuyo nombre deriva de la palabra griega *kasiteras*, estaño.



Macle de casiterita.

Se encuentra algunas veces cristalizado en pirámides o prismas tetragonales o bien en macles o cristales gemelos de la forma que muestra la figura; pero comúnmente se le extrae de los cauces de los ríos, entre las matatenas y arenas de acarreo, presentando en este caso, formas concrecionadas caprichosas, como riñones, hongos, racimos de uvas, hojas secas, zapatillas o formas esféricas.

También se le ha encontrado en masas compactas, en filones o vetas, etc., etc.

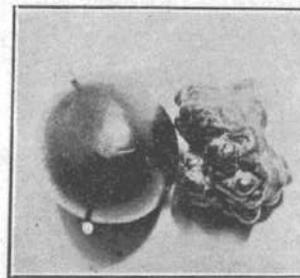
Estructura radiada o concéntrica en el interior de las concreciones.

Opaca, color moreno a negro, algunas veces amarillo blanco, rojo, gris, etc. Lustre resinoso a adamantino, raspadura blanca, gris o morena. Quebradizo de fractura irregular o concoidea.

Ensaye. Infusible, al soplete, con sosa y sobre el carbón, da glóbulo de estaño. Insoluble en los ácidos.

Localidades. Se encuentra en los lechos o cauces de los ríos o bien en cintas y vetas en las rocas primitivas.

Sus más importantes criaderos son: Santa Rosa y León, Guanajuato; San el Alto, Zacatecas; Paso de Sotos, Jalisco; Sierra de Cacatlán, Durango.



Diversas formas concrecionadas de casiterita.

Aplicaciones. Es el único mineral de donde se extrae industrialmente el estaño metálico cuya importancia es indiscutible.

Conviene decir de paso que la hoja-lata es una lámina de hierro, recubierta en sus dos superficies por delgadísimas capas de estaño, a fin de evitar su oxidación y darle hermosa apariencia.

RUTILO

Fórmula= Ti_2O_2

Comp.=bióxido de titanio.

S=tetragonal

P.e.=4.18 a 4.25

D=6 a 6.5

Palabra derivada de *rutilus*, rojo. Cristales comúnmente en macles de 6 y 9 individuos, pero también en cristales prismáticos con estrías verticales y en masas compactas.

Transparente a opaco; color rojo moreno o rojo puro, aunque algunas veces posee los colores violeta, negro, amarillento o azulino. Raspadura moreno-pálido. Altamente birrefringente.

Existe una variedad de cuarzo ahumado conteniendo penetraciones aciculares de rutilo llamada "sagenita" "flechas de amor" o "cabellera de Venus."

Ensaye. Infusible, con sal de fósforo da una perla incolora (o amarilla si tiene hierro), que se vuelve violeta por el enfriamiento.

En caso de contener hierro, el color violeta aparecerá después de haber tratado el mineral con cine metálico y sobre el carbón.

Insoluble en los ácidos, descompuesto por fusión con un álcali o carbonato de sodio. La solución titanífera fuertemente acidulada y adicionada de una hoja de estaño, da un hermoso color violeta, cuando está concentrada.

Existen otros dos bióxidos de titanio llamados "octaedrita" y "bruquita" (se escribe Brookita), respectivamente, pero son de menor importancia.

Aplicaciones. Se usa para el esmalte azul de la porcelana; el cuarzo sagenítico es muy usado en joyería.

PIROLUSITA

Fórmula= Mn_2O_3

Comp.=bióxido de manganeso

S=ortorrómbico

P.e.=4.74 a 4.86

D=2 a 2.5

Pirolusita deriva de *pir*, fuego y *luo*, lavar, aludiendo a que esta sustancia decolora el vidrio por medio del fuego y por esta razón se le ha llamado también *jabón de vidrieros*.

La pirolusita y los óxidos de hierro u óxidos de ceras constituyen los grandes pintores de la Naturaleza, pues en cualquier parte donde se encuentran, tiñen las rocas y minerales vecinos y muchas sales y compuestos de manganeso deben sus coloraciones a este elemento.

El hermoso color violeta que presenta el cuarzo ametista es debido al manganeso. La rodonita y la rodocrosita exhiben una coloración suavemente rosada debido a este elemento.



Agata musgosa (arborescencias producidas por pirolusita)

En las figuras insertas, se ven curiosas arborescencias llamadas dendritas (de *dendron*, árbol) y que no son sino infiltraciones de pirolusita en solución sobre ágata en el primer caso y caliza en el otro.

Sus cristales son pequeños y seudomórficos (falsa forma), pues usurpan sobre todo la cristalización de la manganita, encontrándose también en masas fibrosas o radiadas y sobre todo en costras reniformes, etc.

Opaca, color negro de hierro, gris de acero y a menudo azulino. Lustre metálico y raspadura negra; a menudo mancha los dedos.

Ensaye. En el tubo cerrado algunas veces da agua. En las perlas se tiñen éstas de un hermoso color violeta a la llama de oxidación y rosado e incoloro a la llama de reducción.

Si se mezcla carbonato de sodio con una pequeñísima cantidad de pirolusita y se funde la mezcla en un crisolito de porcelana,

el compuesto se teñirá de un color verde azulino más o menos intenso, por enfriamiento (reacción muy sensible).

* *Localidades.* Existe en Real del Monte, Hidalgo; mina Catarina, cantón de Autlán, Jalisco; Santa Ana, Dist. de Magdalena, Sonora, y otros muchos lugares de nuestra Patria.

Es también muy abundante en la India, Australia y Pennsylvania, E. U.



Caliza mostrando infiltraciones arborescentes de pirolusita.

Aplicaciones. En los laboratorios es muy empleado para la obtención de ciertos gases como el oxígeno, el cloro, etc. y en la fabricación de los cloritos, hipocloritos y cloratos y, por consecuencia, indirectamente para la operación de blanquear el papel, desinfección del aire de los aposentos, etc.

Los vidrios verdosos o grises, teñidos por fierro o sustancias orgánicas, mezcladas, al fundirse, con una pequeña cantidad de pirolusita en polvo, se decoloran completamente, tomando su peculiar transparencia; pero si se agrega un exceso del mineral, aparecerá el vidrio teñido de un hermoso color violeta. Este último fenómeno se ha aprovechado para fabricar esmaltes, teñir la porcelana y aun al mismo vidrio.

Además, la pirolusita es la materia prima para la obtención de todas las sales de manganeso, algunas de las cuales, como el permanganato de potasio, son de mucha utilidad científica e industrial.

D.—OXIDOS HIDRATADOS

LIMONITA

Fórmula= $2 \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ Comp.=hidróxido de fierro

S=amorfo P.e.=3.6 a 4 D=5 a 5.5

(Limonita significa limo o fango).

Mineral amorfo de estructura fibrosa, que se encuentra comúnmente en estalactitas o en formas concrecionadas, semejando racimos de uvas, formas mamilares, etc. También en masas compactas o terrosas.

Opaco, colores principales moreno o negro. Cuando terrosa es de color amarillo a amarillo de ocre. Lustre sedoso submetálico. Raspadura amarillo obscuro.

Presenta variedades importantes: la *compacta*, de lustre sedoso, submetálico, con formas concrecionadas y estalactíticas diversas; la *ocrácea* o *terrosa*: color amarillo de ocre semejante a la capa amarillenta que cubre los objetos de fierro puestos a la intemperie; la variedad *fierro palustre* procede de los lugares pantanosos y se encuentra suelto y poroso, llevando en su masa hojas, pedazos de madera, frutos petrificados, etc., y por fin, el *hierro pardo arcilloso* encontrado en masas compactas y nódulos.

Las variedades palustres llevan como impurezas, arena, cal, ocre rojo, óxidos de manganeso, fosfatos y ácidos húmicos.

Ensaye. En tubo cerrado da agua y toma color rojo. Con los fundentes da las reacciones de la hematita. Muchos ejemplares dan las reacciones de la pirolusita y otras las del ácido fosfórico. Soluble en ácido clorhídrico.

Localidades. En las minas del Bramador, Jalisco; Rancho del Salto de los Naranjos, San Luis Potosí; Anganguero, Michoacán; Corral Blanco, Tulancingo, Hidalgo.

La lenta descomposición de las piritas da origen a una limonita que conserva la forma cristalina de aquéllas. Este fenómeno se conoce con el nombre de pseudo-morfosis o epigenia.

Aplicaciones. Es un buen mineral de fierro y la variedad ocrácea es muy usada en pintura con el nombre de ocre u ocrillo.

La *göthita* es una limonita ortorrómbica que se encuentra en prismas estriados verticalmente y de estructura concéntrica y ra-

diada. Se ha encontrado también fibrosa, reniforme, en masas y estalactítica.

SASOLITA O ACIDO BORICO

Fórmula= $B(OH)_3$ Comp.=hidróxido de boro o ácido bórico

S=triclínico P.e.=1.48 D=1

No existe en nuestra Patria, pero es interesante por ser la materia prima de todos los boratos, principalmente el de sodio, *atín-car*, *tincal* o *bórax* y aun *borraj*.

Se presenta en pequeñas escamas aperladas, solubles en agua y en alcohol. La solución alcohólica arde con una llama verde pálido. Procede de las Islas Lipari, en el cráter del Vulcano y en Sasso (de aquí su nombre), en Toscana. Sirve como un esmalte en ciertas piezas de loza.

GRUPO VI.—SALES OXIGENADAS

1. Carbonatos

Carbonatos anhidros

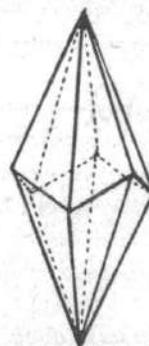
CALCITA

Fórmula= Ca,CO_3 Comp.=carbonato de calcio

S=romboedro P.e.=2.71 D=3 (tipo)

Tócanos considerar un mineral importantísimo por su abundancia en la Naturaleza y la gran variedad de formas y estructuras que presenta.

Debemos considerar aquí desde la variedad más pura y diáfana denominada "espató de Islandia", hasta la "roca margosa" que contiene casi la mitad de arcilla y la otra mitad de caliza. Debemos hablar, al mismo tiempo, de esas imponentes galerías sostenidas por caprichosas columnatas de caliza estalactítica que se admiran en la hermosísima gruta de Cacahuamilpa. También habla-



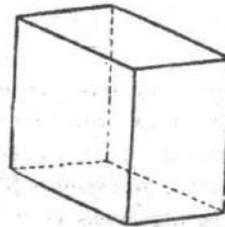
Romboedro de calcita.

remos de los mármoles, que forman a veces masas gigantescas y aun montañas enteras.

Existe un inmenso terreno geológico denominado cretácico, por estar formado exclusivamente de *creta* o carbonato de calcio, de origen orgánico, pues está constituido por carapachos o restos fósiles de organismos microscópicos. (Véase la Geología).

A pesar de esta diversidad, todos tienen una misma composición y presentan los caracteres siguientes:

- I. Insolubilidad en el agua o muy poca.
- II. Solubilidad en los ácidos acompañada de viva efervescencia, producida por el gas carbónico que se desprende, como acontece con las cervezas y las aguas gaseosas.
- III. Transformación en cal viva por la acción del calor.
- IV. Su dureza es 3 (mayor que la del yeso y la del talco). Es rayado fácilmente con la navaja, pero no con la uña.
- V. Su polvo humedecido con ácido clorhídrico colora la llama de un color rojo naranjado intenso.



Escalenoedro de calcita

Su hábito cristalino es en romboedros y escalenoedros como se ve en las figuras, observándose macles de escalenoedros y formas mixtas del sistema.

Transparente a traslúcido, incoloro o teñido en amarillo, rosa, violeta, azul y hasta negro, por impurezas. Raspadura blanca y lustre vítreo. Doble refracción enérgica.

Varietades. *Cristalizado*, comprendiendo al espató de Islandia, transparente y límpido. Colocando un cristal de esta variedad sobre un papel escrito se observan los caracteres dobles, mirando a través de su masa.

Fibroso y laminar, incluyendo al *satín espató* que posee estructura fibrosa y lustre sedoso, parecido al yeso, y la *caliza argentina*, de estructura laminar y lustre aperlado.

Granular, en masas, criptocristalino, comprendiendo los mármoles, la creta y los depósitos calcáreos.

Entre los mármoles mencionaremos al *estatuario*, de estructura sacaróide como granos de azúcar y un blanco puro; el *mármol lumaca* que contiene restos de conchas fósiles aprisionadas en su masa; el *mármol ruñiforme* que presenta dibujos de torres o fortificaciones destruidas.



Tintero de tecali

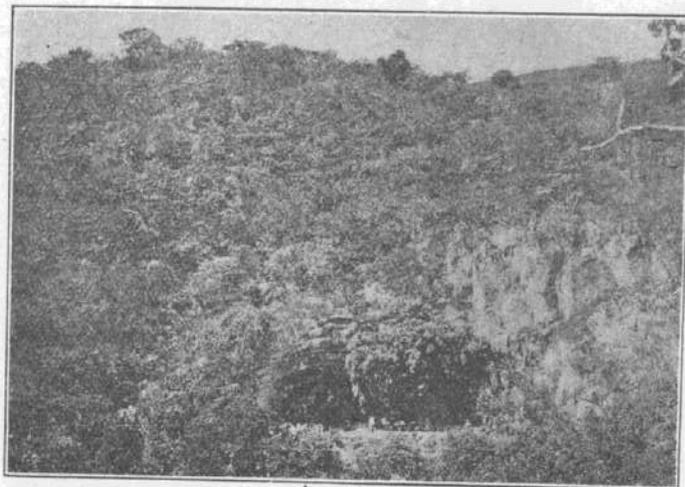
El mármol azul de Veracruz, cuya hermosa coloración es debida a la presencia de sustancias orgánicas.

El mármol de *Tecali*, Puebla, presenta variados y hermosos colores y es susceptible de gran pulimento. Por último, una caliza negra teñida por sustancias orgánicas es la llamada *caliza fétida*, por producir un olor desagradable cuando se le golpea.

Todavía podíamos mencionar la piedra litográfica, mármol de grano fino y gran compacidad; la litomarga, que es una caliza arcillosa, etc., etc.

Réstanos hablar de las estalactitas y las estalagmitas. Estas son calizas concrecionadas que se forman lentamente debido a la precipitación del carbonato de calcio disuelto en las aguas subterráneas a merced del gas carbónico que contienen; esta precipitación tiene lugar cuando, disminuyendo la presión, parte del gas carbónico escapa y, por consecuencia, el agua ya no puede disolver la misma cantidad de carbonato de calcio.

Si las concreciones están suspendidas del techo de la gruta, se llaman estalactitas y si los conos se levantan del suelo hacia el techo, se denominan estalagmitas. Hay gotas que al caer, ruedan por la superficie del suelo de la gruta, se solidifican, afectando la forma de esferitas que se denominan *pisolitas* u *olitas* si son muy pequeñas.



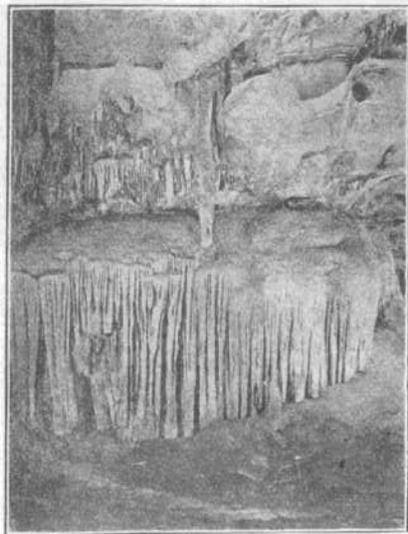
Boca de la gruta de Cacahuamilpa

A esta variedad pertenecen las hojas, troncos de árboles, etc., que se petrifican por infiltraciones calcáreas.

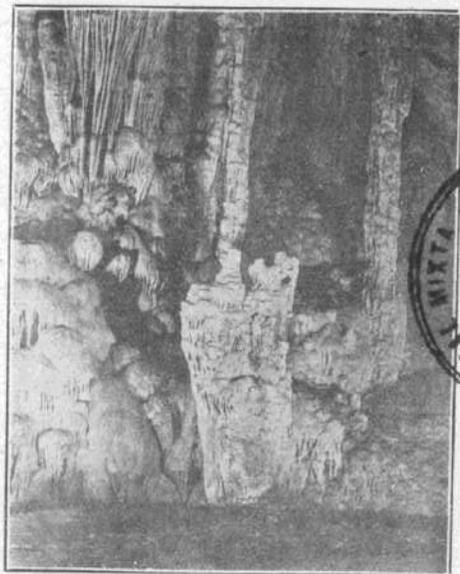
Ya dijimos que el carbonato de cal cristalizado en la siliza colóide produce formas orgánicas.



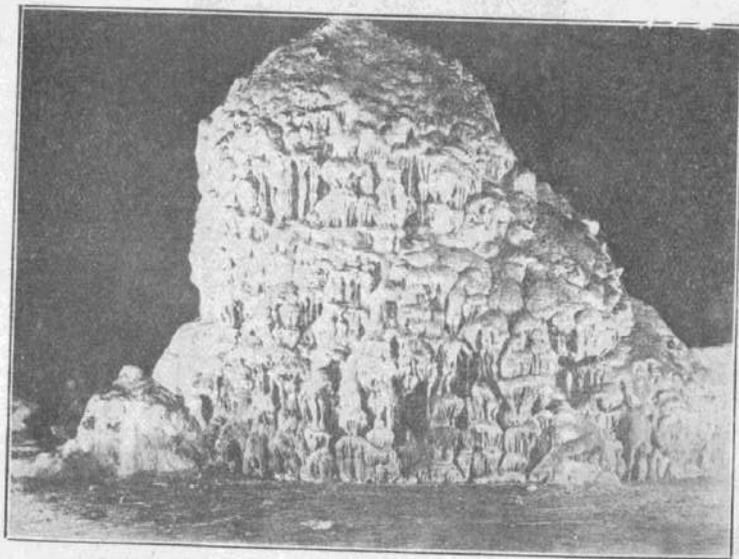
Gruta de Cacahuamilpa
La Lira



Gruta Carlos Pacheco (cerca de Cacahuamilpa)
Fondo del último Salón
Copiado de "Cosmos".



Gruta Carlos Pacheco (cerca de Cacahuamilpa)
Primer Salón



Gruta de Cacahuamilpa
Gran Estalagmita del Salón del Chivo
Copiado de "Cosmos".



Gruta de Cacahuamilpa
Primer Salón ó Sala del Chivo



Gruta de Cacahuamilpa
La Torre Chinesca
Copiado de "Cosmos".

Ensaye. Al soplete es infundible, pero se transforma en cal cáustica; se disuelve con efervescencia en el ácido clorhídrico y la disolución tiñe la llama de un color amarillo rojizo intenso.

Localidades. La variedad cristalizada abunda en muchos Estados de nuestra República, habiéndose encontrado en Guanajuato notables ejemplares.

Los mármoles más hermosos son los de Jimulco, Coahuila; los de Tecali, Estado de Puebla; los de Oaxaca y los de Zomelahucán, Veracruz.

La gruta de Cacahuamilpa en el Estado de Guerrero es en su género la más hermosa de todo el mundo, donde pueden admirarse las calizas concrecionadas. Hay otras en Atoyac, Estado de México, etc.

Aplicaciones. Con el espato de Islandia se fabrican aparatos de óptica; los mármoles siempre se han usado en escultura, construcción y ornamentación; las calizas estalactíticas, para mejorar los terrenos arcillosos, sirviendo para esto también las litomargas.

Las variedades comunes se emplean para la fabricación de la cal. La creta en polvo fino se usa para limpiar metales, vidrios, etc.

El polvo del mármol se ha venido usando para la preparación del gas carbónico para las limonadas y para darle más peso al jabón, al papel y a las telas.

DOLOMIA

Fórmula= $(Ca,Mg)CO_3$ Comp.=carbonato de calcio y magnesio

S=romboedral P.e=2.8 a 2.9 D=3.5 a 4

(Dedicada al geólogo francés Dolomieu).

Cristaliza comúnmente en la misma forma que la calcita: así, pues, la dolomita es isomorfa de la calcita.

Posee un crucero laminar fácil. Es transparente. Color blanco amarillento, rosa pálido, etc. Lustre vítreo, a veces nacarado. Quebradura concoidal.

Ensaye. Da todas las reacciones de la calcita. No da efervescencias con ácido clorhídrico en frío, pero sí en caliente (diferencia con la calcita).

Localidades. Se ha encontrado en la mina de Dolores, Sultepec, México; Guanajuato y Zacatecas.

Aplicaciones. Se usa para la construcción, por su abundancia; además, es la materia prima para la fabricación de las sales de magnesio.

MAGNESITA

Fórmula= Mg,CO_3 Comp.=carbonato de magnesio.

S=romboedral P.e.=3 a 3.12 D=3.5 a 4.5

La magnesita se encuentra en nuestro país en forma de masas blancas, compactas, amorfas. Se ha encontrado también, aunque rara vez, en cristales y terrosa, etc. Lustre vítreo, inclinándose a aperlado. Es transparente a opaca. Color blanco a amarillento, rojizo o blanco verdoso.

Ensaye. Da efervescencia con los ácidos. Su polvo, tratado al soplete sobre carbón y humedecido con solución de cobalto, deja un residuo de color rosado.

Localidades. Se ha encontrado en México, sobre todo en la isla de Santa Margarita, Baja California. Una variedad muy blanca y de textura sacaroide, parecida al mármol estatuario, procede de una isla del río de San Lorenzo.

Aplicaciones. Sirve para la fabricación de la magnesia calcinada y toda clase de sales de magnesio, como la dolomita. Además entra en la composición de cierta clase de mosaicos, pisos indestructibles; manufactura del bióxido de carbono, confección de pinturas incombustibles, fabricación del Cemento Sorel por medio del cloruro de magnesio.

RODOCROSITA

Fórmula= Mn,CO_3 Comp.=carbonato de manganeso

S=romboedral P.e.=3.45 a 3.60 D=3.5 a 4.5

(De *rodos*, rosa y *croisis*, color).

Cristaliza comúnmente en romboedros que presentan casi siempre caras estriadas redondeadas y lenticulares; también se encuentra compacta y en masas globulares y botrioidales. Crucero fácil. Lustre vítreo que pasa a aperlado.

Traslúcido que pasa a subtraslúcido. Sus colores más comunes son el rosado o el blanco rosado, pudiendo encontrarse también gris amarillento o rojo obscuro. Raspadura blanca.

Ensaye. Al soplete cambia de colores, pasando al gris, moreno y por fin negro. Con bórax da una perla violeta en llama de oxidación e incolora en la de reducción. Con sosa da una perla verde azulina.

Se disuelve con efervescencia en el ácido clorhídrico caliente.

Localidades. En el Estado de Hidalgo en las minas siguientes: mina de "El Rosario", Pachuca; Santa Inés y Escobar, Real del Monte y mina de "Guatimotzin", en la mina de San Rafael, Sultepec, México; en Cusihiuriachic, Chihuahua, y en las minas de "Peral", "Espejeras", etc., en Puebla.

Aplicaciones. No tiene aplicaciones propiamente dichas.

SMITHSONITA

Fórmula= Zn,CO_3 Comp.=carbonato de manganeso

S=romboedral P.e.=4.30 a 4.45 D=5

(Nombre dado en memoria del químico inglés Santiago Smithson, fundador del Instituto Smithsonian).

Se presenta en masas concrecionadas, reniformes, estalactitas o botrioidales. Estructura fibrosa.

Subtraslúcida a casi opaca. Color blanco, verde o amarillento. Lustre vítreo, pasando al aperlado. Raspadura blanca. Fractura desigual, casi concoidea.

Posee tres variedades: la cuprífera, la ferrífera y la manganesífera.

Ensaye. En el tubo cerrado desprende gas carbónico y el residuo es amarillo en caliente y blanco en frío.

Al soplete sobre carbón y tratado con solución de cloruro de cobalto deja un residuo de color verde por enfriamiento.

Se distingue fácilmente de la calamina (silicato de cine), con que generalmente se encuentra asociada, por producir efervescencia con los ácidos.

Localidades. En Albarradón, Zacatecas; en el mineral de Catorce, San Luis Potosí; mina de "La Fraternal", Lampazos, y

“Los Angeles”, Nuevo León, y varios lugares de la Baja California.

* *Aplicaciones.* Es uno de los más importantes minerales para la extracción del cinc.

ARAGONITA

Fórmula= Ca,CO_3

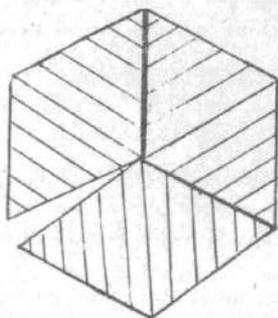
Comp.=carbonato de calcio

S=ortorrómbico

P.e.=2.93 a 2.95

D=3.5 a 4

Palabra tomada de Aragón, España. La aragonita es una calcita ortorrómbica. Se presenta en cristales aciculares, caracterizada por tener sus ángulos muy agudos o por contener pirámides.



Macle pseudo-exagonal de aragonita

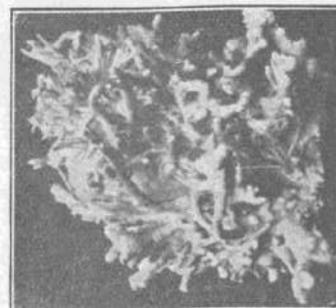
Nótese también su tendencia a formar macles de tres prismas ortorrómbicos que forman una sección exagonal, incompletamente cerrada.

Se ha encontrado, además, granular, reniforme y sobre todo en agregados coraliformes, como se ve en la variedad llamada flos-ferri encontrada en ciertos depósitos de hierro.

Colores: blanco, amarillo, gris y verdoso. Raspadura blanca. Variedades principales: la ordinaria, la estalactítica y la coraloides o flos-ferri.

Ensaye. Presenta los mismos caracteres pirognósticos que la calcita. Cuando se calienta se desagrega y se convierte en calcita.

Localidades. En muchas minas del Estado de Zacatecas y en España, en varias localidades, siendo la principal Molino de Aragón.



Aragonita. Variedad flos-ferri

Una de las maneras de diferenciar la aragonita de la calcita, es hervir un pequeño fragmento del mineral en solución diluida de nitrato de cobalto.

Si el fragmento es de aragonita, tomará éste un color rosado, o se pondrá café si el fragmento es de calcita.

Aplicaciones. Es más bien un compuesto de importancia mineralógica que industrial, aunque se fabrica con él cal cáustica en los lugares en donde abunda.

WITHERITA

Fórmula= Ba,CO_3

Comp.=carbonato de bario

S=ortorrómbico

P.e.=4.27 a 4.35

D=3 a 3.7

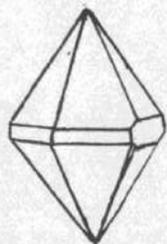
(Descubierta por el Dr. Withering, de donde se origina su nombre).

Cristales siempre macleados, que parecen pirámides exagonales; también columnar y en masas.

Subtransparente a traslúcido. Colores blanco, amarillento y gris. Raspadura blanca. Lustre vítreo a resinoso, principalmente en las caras de fractura. Quebradizo, fractura desigual.

Ensaye. Funde en el 2º grado de la escala de fusibilidades, coloreando la flama de verde amarillento; después de fundida da reacción alcalina. Al soplete, sobre carbón y con sosa funde fácilmente y es absorbida por el carbón. Soluble en el ácido clorhídrico.

co diluído; esta solución, aun cuando muy diluída, precipita en blanco por ácido sulfúrico.



Cristal de Witherita

Aplicaciones. Se ha encontrado poco en nuestra Patria. Sirve para fabricar todas las sales de bario, algunas de las cuales son de relativa importancia, como el cloruro de bario, que se usa como reactivo en química y en pirotécnica, para producir las luces verdes. Se usa también para dar peso al papel y por ser venenoso, para matar ratas y perros: por eso se le llama también "piedra mata ratones."

ESTRONCIANITA

Fórmula= Sr,CO_2 Comp.=carbonato de estroncio

S=ortorrómbico P.e.=3.68 a 3.71 D=3.5 a 4

(Derivada de Stroncian en Escocia).

Cristales isomorfos de la aragonita, generalmente pequeños, aciculares y en forma de espada; también macleados, columnar, fibrosa, etc.

Transparente a traslúcido, color verde pálido o verde manzana, blanco, gris o amarillento; raspadura blanca. Quebradizo, de fractura irregular.

Ensaye. Caracterizada por ser soluble con efervescencia en ácido clorhídrico, comunicando esta solución a la llama de una lámpara de alcohol un hermoso color rojo escarlata.

Localidades. Sus localidades son más bien extranjeras que nacionales. Inglaterra.

Aplicaciones. Sirve para la fabricación de las sales de estron-

cio. El cloruro se utiliza en pirotécnica para producir las luces rojas.

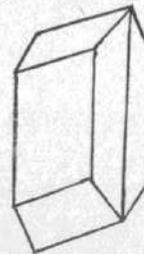
CERUSITA

Fórmula= Pb,CO_2 Comp.=carbonato de plomo

S=ortorrómbico P.e.=6.46 a 6.57 D=3 a 3.5

Se encuentra casi siempre en cristales tabulares prismáticos. También en macles, triangular y terroso. Crucero fácil.

Transparente a traslúcido. Color blanco a gris. Raspadura incolora. A menudo teñido de verde o azul por carbonato de cobre. Lustre adamantino pasando a resinoso o aperlado, muy quebradizo.



Cristal tabular de cerusita

Ensaye. En el tubo cerrado decrepita, desprende gas carbónico y se vuelve amarillo. Al soplete, sobre carbón, deja pegadura amarilla y glóbulo de plomo metálico. Soluble en ácido nítrico, esta solución da precipitado amarillo con solución de cromato de potasio.

Se encuentra casi siempre unida a los minerales plumbíferos, principalmente a la galena, de la cual procede por transformación del sulfuro en sulfato y posteriormente en carbonato, por doble descomposición del sulfato formado en presencia de una solución de bicarbonato de calcio.

Localidades. Se halla en muchas minas plumbíferas, principalmente en el distrito de Bramador y Parnaso, Jalisco; en la mina de Buena Tierra, Distrito de Iturbide, Chihuahua y mina de Naica, Distrito de Camargo en el mismo Estado; en Pachuca, Jalisco, Hidalgo y en los Sauces, Tepehuanes, Guerrero.

Aplicaciones. Es un buen mineral de plomo; también se ha usado para dar hermoso color a las tarjetas de cartulina.

*El *albayalde* o *blanco de plomo* no es sino *cerusita artificial*. Posee un hermoso color blanco, pero tiene el grave inconveniente de ponerse negro con las emanaciones sulfurosas; así, no debe usarse al exterior, ni pintar con este compuesto los retretes o excusados, establos, etc., etc., pues en breve tiempo ennegrecería la pintura.

Carbonatos hidratados

MALAQUITA

Fórm.= $\text{Cu}_2\text{CO}_3\cdot\text{Cu}(\text{OH})_2$ Comp.=hidro-carbonato de cobre
S=monoclinico P.e.=3.9 a 4 D=3.5 a 4

Malaquita deriva de *malaché*, palabra griega que significa *malva*, aludiendo a su color verde.

En efecto, los más hermosos ejemplares de malaquita, que proceden de la mina de Goumichefski, Siberia, después de labrados y pulimentados, presentan caprichosas zonas concéntricas de un color verde, de varios tonos y de la mayor hermosura.

Los primitivos mexicanos conocían ya este mineral y lo sabían labrar. En el Museo N. de Arqueología se exhibe una puerta de malaquita labrada, hecha en aquel tiempo.

Raramente cristaliza, encontrándose comúnmente en concreciones mamilares, botrioidales y estalactíticas, de estructura fibroso-radiada.

Ensaye. En el tubo cerrado se ennegrece y da agua. Funde en el 2º grado de la escala de fusibilidades, coloreando la llama de un verde esmeralda. Al soplete, sobre carbón, se reduce a cobre metálico. Soluble con efervescencia en los ácidos.

Localidades. En Zomelahuacán, Veracruz; en la Sierra de Talpa y cantones de Autlán y Ameca, Jalisco; en Chalchihuites, Zacatecas; en Santa Rosalía y Mulegé, Baja California; Hda. de Miraflores, Medellín, Colima; mina de Inguarán, Dist. de Ario, Michoacán; Pilares, Distrito de Moctezuma, Sonora.

Aplicaciones. Por su hermoso color y pulimento se emplea

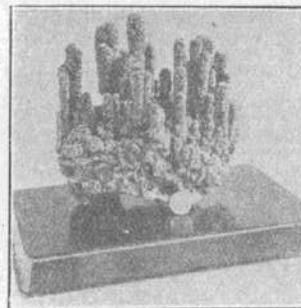
para hacer dijes, copas, mangos de cuchillos, etc., de mucho valor; también se ha usado en pintura, pero sobre todo se utiliza la variedad común para la extracción del cobre.

AZURITA

Fórm.= $2\text{Cu}_2\text{CO}_3\cdot\text{Cu}(\text{OH})_2$ Comp.=hidro-carbonato de cobre
S=monoclinico P.e.=3.77 a 3.83 D=3.5 a 4

Cristales monoclinicos muy modificados, a veces pequeñísimos, estructura radiada o columnar, presentándose también en drusas y formas imitativas, o bien compacta, terrosa y efflorescente.

Crucero perfecto pero interrumpido. Es transparente a subtraslúcido. Color azul profundo (azul de Prusia). Lustre vítreo, raspadura azul claro. Quebradizo, de fractura irregular y concoidea.



Ejemplar columnar de azurita.

Como la malaquita, la azurita es un carbonato de cobre, diferenciándose de aquélla por contener una molécula más de carbonato.

Ensaye. El mismo que para la malaquita.

Localidades. Se encuentra en hermosísimos cristales, en Chessy, junto a Lyon, de donde deriva Chessita, nombre con que también se le conoce.

En México se encuentra en las minas de cobre de Jalisco, Chihuahua, Baja California, Michoacán, Zacatecas, etc.

Aplicaciones. La principal se refiere a la extracción del cobre, pero se usa, además, para fabricar el sulfato de cobre (caparrosa azul), y en la preparación de pinturas azules.

TEQUESQUITE

Fórm. = $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H.Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$. Comp. = hidro-carbonato de (sodio

(Natron, Trona)

S = monoclinico P.e. = 2.11 a 2.14 D = 2.5

El natrón y el trona son dos carbonatos de sodio que cristalizan en prismas monoclinicos de $76^\circ 26'$ el primero, y en prismas de $47^\circ 30'$ el segundo, siendo la fórmula del natrón $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10 \text{H}_2\text{O}$ y la fórmula del trona, la indicada al principio.

El tequesquite, mineral mexicano que efflorece en grandes cantidades sobre los terrenos desecados del lago de Texcoco y otros lugares, parece estar formado por la mezcla de las dos especies anteriores. Algunos autores escriben Tequezquite.

Se presenta en efflorescencias o concreciones de color blanco amarillento, a las orillas de los lagos, laguna o charcos cuyas aguas lo tienen en solución.

Se compone esencialmente de carbonatos de sodio, pero encierra también otras sales como sal común, sulfato y nitrato de sodio, etc., además de sustancias orgánicas y siliza.

Las variedades según su aspecto son:

1. *Espumilla*, en masas cariadas, como espuma.
2. *Confitillo*, aspecto granular.
3. *Cascarilla*, en masas hojosas.
4. *Polvillo*, pulverulento.

La variedad espumilla es la más rica en carbonato de sodio.

Ensaye. Fusible, tiñendo la llama de un color amarillo intenso, soluble en los ácidos, con efervescencia. Soluble en agua y su solución azulea el papel tornasol.

Localidades. El tequesquite abunda en México, principalmente en los terrenos del lago de Texcoco e Iztapalapa, en las playas de Zacoalco y Sayula, Jalisco, de donde procede el más rico en car-

bonato; la Salada, Zacatecas; en el lago de Cuitzeo, Michoacán; San Pedro Xalostoc, Estado de México, etc.

Se asegura que de la venta del tequesquite que existe en los terrenos del desecado lago de Texcoco, se sacarían como veinte millones de pesos anuales aproximadamente.

Aplicaciones. Son muchas, pero la principal es la fabricación de la sosa empleada para el jabón. Se usa también en la fabricación del vidrio y en la preparación de todas las sales de sodio.

Los terrenos donde abunda el tequesquite se vuelven estériles, hasta el grado de no crecer ni pasto: tal fenómeno se observa en las ardientes llanuras vecinas al desecado lago.

Sin embargo, si esos terrenos son inservibles para la agricultura, no debe olvidarse que su gran riqueza salina compensa sobradamente su esterilidad. (1).

2.—Silicatos

La mayoría de las rocas que forman la corteza terrestre, están constituidas por silicatos. De aquí que estos minerales existan en gran cantidad y sean muy numerosos.

La pequeñez de esta obrita nos dispensa hablar de todos ellos y sólo consignaremos los más interesantes para el alumno.

Los silicatos se han clasificado de la manera siguiente:

Anhidros	Hidratados
I. Disilicatos y polisilicatos.	I. División zoolitas.
II. Metasilicatos.	II. „ micas.
III. Ortosilicatos.	III. „ serpentinita y talco.
IV. Subsilicatos.	V. „ complementaria.
	IV. „ caolín.

Titano-silicatos y titanatos

La primera clasificación de los silicatos anhidros está basada en la polyvalencia del ácido silíceo. Así, los disilicatos están for-

(1) Según el Prof. Alfonso Herrera, padre, se forma el tequesquite por la descomposición del feldespató bajo la influencia del agua y el ácido carbónico, que producen siliza, carbonato de sosa y otras sales. Los americanos admiten que, en ciertas ocasiones, el cloruro de sodio y el carbonato de cal cambian su ácidos y bases produciendo tequesquite. Se imita éste con un tiesto lleno de arena, que tiene una perforación inferior y descansa sobre un plato con solución de carbonato y silicato de sosa, sube esta solución por capilaridad y al evaporarse en la superficie de la arena va dejando costras de tequesquite, hasta formar una capa de gran tamaño parecida a la variedad espumilla.

mados por el ácido disilíceo= $H_2Si_2O_5$ y los polisilicatos son compuestos formados por el ácido polisilíceo= $H_4Si_3O_8$ y así sucesivamente.

La fórmula de cada uno de estos ácidos es la siguiente:

Ácido disilíceo.....	$H_2Si_2O_5$
Ácido trisilíceo.....	$H_4Si_3O_8$
Ácido metasilíceo.....	H_2SiO_3
Ácido ortosilíceo.....	H_4SiO_4
Ácido subsilíceo.....	la relación del

oxígeno del ácido silíceo con las bases es menor que la unidad, por ejemplo 3:4.

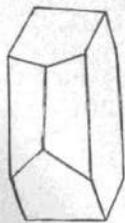
Pueden representarse con fórmulas semejantes a las orgánicas de constitución.

I.—Disilicatos y polisilicatos

ORTOCLASA U ORTOSA

Fórmula= $K,AlSi_3O_8$ * Comp.=silico-aluminato de potasio
 S=monoclínico P.e.=2.57 D=6 (tipo)

Palabra derivada de *ortos*, recto y *clao*, elivar, por tener dos cruceros perfectos perpendiculares entre sí.



Cristal de ortoclasa

Mineral interesante por su abundancia y por ser el constituyente de muchas rocas como el granito, la obsidiana, etc.

Cristaliza en prismas monoclínicos muy perfectos, y en macles, como el llamado de Carlsbad.

También se encuentra con mucha frecuencia en masas compactas laminares, granulares, etc.

Posee dos cruceros perfectos.

Transparente a opaco. Color blanco, gris, rosado, etc. Raspadura blanca. Fractura concoidea.

Presenta muchas variedades que sería cansado enumerar.

Mencionaremos tan sólo la variedad que, por haber sido encontrada en la mina "Valenciana", Guanajuato, se le ha llamado Valencianita.

Recordaremos también que la obsidiana y la piedra pómez pertenecen a esta especie mineral.

Ensaye. Es el número 5 en la escala de las fusibilidades. No es atacada por los ácidos. Descompuesta por fusión con bisulfato de potasio. Su polvo en la perla de sal de fósforo deja un esqueleto silizoso.

Localidades. Ya se indicó dónde se encuentra la valencianita, en cuanto a las demás variedades se han hallado en el cerro de la Corona, Distrito Norte, Baja California; Fresnillo, Zacatecas; Zacamatlán, Puebla y otros puntos. La obsidiana abunda en el cerro de "Las Navajas", Hidalgo y en Angangueo, Michoacán.



Macle de Carlsbad de la ortoclasa.

La *microclina*, mineral que por largo tiempo se creyó una simple variedad de la ortoclasa, hoy se considera especie aparte, debido a la diferente inclinación de sus caras de crucero con relación a la ortoclasa.

A la microclina hay que referir la *amazonita* o *pedra de amazonas* de color verde muy agradable y que procede de los Montes Urales y del caudaloso río sud-americano, el Amazonas, y con la cual formaban los primitivos indios sus ídolos y adornos.

Aplicaciones. Reducido a polvo sirve para desengrasar las arcillas y sobre todo entra en la composición del vidriado de la porcelana.

La ortoclasa produce por descomposición de su masa, terrenos arcillosos muy propios para la agricultura, así como yacimientos de caolín o barro blanco, que se aprovechan para la fabricación de la loza fina o porcelana.

Las variedades llamadas *pedra del sol*, *pedra de luna* y *amazonita*, son utilizadas en joyería como piedras preciosas. El polvo de este mineral mejora los terrenos.

ALBITA-ANORTITA

S=triclínico.

La *albita* (de *albus*, blanco), es un silico-aluminato de esta fórmula:

Na, AlSi₃O₈, es decir, es una ortoclasa de sodio. Cristaliza en prismas triclínicos.

La *anortita* (de *anortos*, oblicuo), es un silico-aluminato de calcio de la fórmula Ca, Al₂Si₂O₈. Cristaliza en el mismo sistema que el anterior, es de color blanco lechoso o incoloro. De lustre vítreo, aperlado, peso específico 2.6 a 2.7; dureza 6 a 7.

Se encuentra la anortita en muchas lavas antiguas.

Entre la albita y la anortita deben colocarse las especies siguientes, que han sido consideradas como mezclas isomorfas, en variadas proporciones, de las dos anteriores.

Así, la composición de cada una de las especies intermedias sería:

Serie Albita-anortita

	Proporciones de albita y anortita	Angulo de crucero
Albita.....	Ab	86° 24'
Oligoclasa	de Ab ₆ An ₁ a Ab ₃ An ₁	
Andesina	„ Ab ₃ An ₁ a Ab ₁ An ₁	
Labradorita	„ Ab ₁ An ₁ a Ab ₁ An ₃	
Bitownita	„ Ab ₁ An ₃ a Ab ₁ An ₆	
Anortita.....	„ An	85° 50'

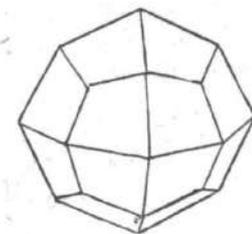
A estos silicatos triclínicos se les denomina genéricamente *feldespatoides*, por contraposición a los *feldespatos*, nombre con que se conocen los polisilicatos monoclínicos, como la ortoclasa, etc.

Por lo demás, estos minerales son de importancia secundaria y no insistiremos en ellos.

II.—Metasilicatos

Como metasilicatos importantes tenemos la *leucita* (de *leucos*, blanco), que es del sistema cúbico a 500° solamente.

No menos importantes son los grupos *piroxena* y *anfíbola*, comprendiendo ambos, minerales ortorrómbicos, monoclínicos y triclínicos.



Trapezoedro de leucita

El primer grupo abarca especies que, aunque corresponden a diferentes sistemas cristalinos, todos guardan analogías con respecto a sus formas cristalinas: todos tienen un prisma fundamental con ángulos de 93° y 87°, todos tienen un crucero fácil; las modi-

ficaciones más importantes de los cristales son semejantes para todas las especies del mismo grupo.

* El grupo *piroxena* y el grupo *anfíbola* tienen una íntima relación química. Ambos poseen especies ortorrómbicas, monoclinicas y triclinicas. Cualquier sub-especie de piroxena tiene su correspondiente en el grupo anfíbola y vice-versa. En resumen, la única diferencia entre las especies de un grupo y otro, se refiere a su hábito cristalino y en que el grupo piroxena contiene cal en cantidad igual o superior a la magnesia, y la anfíbola tiene tanta o más magnesia que cal, es decir, la primera es francamente cálcica y la segunda, francamente magnesiada.

Se ha observado que las piroxenas pueden transformarse lentamente en anfíbolos, mediante un cambio de constitución molecular y sin cambiar de composición química.

Así se han encontrado las piroxenas blancas de Canaan, Connecticut, E. U., transformadas exteriormente en tremolita.

Este fenómeno es llamado *paramorfismo*.

PIROXENA

Fórmula= $R.Si O_3$ Comp.=silicato de un radical que puede ser:

Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, etc., o varios a la vez.

S=monoclinico P.e.=3.2 a 3.6 D=5 a 6

Cristaliza usualmente en prismas primitivos cortos y gruesos, también en macles cruciformes o estelares de seis rayos.

Encontrado, a la vez, toscamente laminar, fino y raramente fibroso. Crucero rara vez perfecto, pero interrumpido.

Transparente a opaco. Color verde, de varios tonos, raspadura blanca a gris. Fuertemente birrefringente. Quebradizo, de fractura irregular o concoidea.

Sus variedades o más bien sub-especies varían con su composición; las más importantes son:

Variedades no aluminosas o poco aluminosas

Diopsida: piroxena magnesio-cálcica.

Hedemborgita: piroxena cálcico-férrica.

Schefférita: piroxena manganesa (contiene mucho fierro).

Variedades aluminosas

Augita: piroxena cálcico-magnesiada.

Ensaye. Al soplete funde en un esmalte negro, dejando una masa magnética. Parcialmente descompuesto por ácido clorhídrico. (Reacción de la sílice).

Localidades. Se han encontrado hasta ahora en la Municipalidad de San Miguel, Distrito de Etla, Oaxaca.

Aplicaciones. Su importancia es más bien científica que industrial, pues se encuentra en muchas rocas de origen volcánico y metamórfico.

RODONITA

Fórmula= $Mn,Si O_3$

Comp.=silicato de manganeso

S=triclinico

P.e.=3.4 a 3.6

D=5.5 a 6.5

(Deriva de *rodos*, rosa). Es uno de los metasilicatos triclinicos importantes. Se presenta generalmente en cristales grandes y ásporos, con aristas redondeadas, también en masas y en granos.

Traslúcido. Su color más común es el rosa más o menos intenso, algunas veces moreno claro, rojo carne, etc. Raspadura blanca. Posee un crucero perfecto y fractura concoidea. La variedad *bustamita* contiene algo de calcita y la variedad *fawlerita*, cine.

Ensaye. Ennegrece y funde a 2°5 (escala de fusibilidades); con los fundentes da reacciones de manganeso. La variedad *fowlerita* da reacción de cine y la *bustamita* (dedicada al mineralogista mexicano Bustamante), efervesce por la presencia de la calcita. Se oscurece y aun ennegrece por exposición al aire.

Localidades. Se encuentra en las minas de Santa Inés y Difcultad, Real del Monte, Hidalgo. Los más hermosos cristales proceden de Franklin, New Jersey, E. U.

Aplicaciones. Se emplea poco para la extracción del manganeso.

Grupo anfíbola

Este grupo presenta con el anterior una completa analogía y abarca, como aquél, especies de los tres sistemas ortorrómbicos,

monoclínico y triclínico. Las del ortorrómbico no son muy importantes, no así las del monoclínico, pues tienen tanto interés que una de ellas, la anfíbola, es la que da el nombre al grupo.

ANFIBOLA

Fórmula= $R.Si O_3$ Comp.=metasilicato de un radical que puede ser Ca, Mg, Fe, Mn, etc.

S=monoclínico P.e.=2.9 a 3.4 D=5 a 6

Cristales comúnmente prismáticos, también macles laminares, columnar o fibroso. Crucero altamente perfecto en ciertas caras. Las variedades fibrosas muestran lustre sédoso.

Color entre blanco y negro, pasando por el verde negruzco, también moreno obscuro; raspadura incolora o más pálida que el color. Lustre vítreo a aperlado. Pleocroísmo fuertemente marcado.

Sus variedades o más bien sub-especies, pertenecen a cualquiera de estas dos divisiones: variedades poco o no aluminosas y variedades aluminosas.



Guantes de asbesto

Mencionaremos los minerales más importantes de la primera:

NEFRITA. Compacta, muy dura, de grano fino y color verde obscuro; de fractura astillosa y susceptible de hermoso pulimento. Su nombre recuerda la supuesta virtud que se le atribuía, de curar las enfermedades *nefríticas* o de los riñones. Se han encontrado algunos adornos y otros objetos labrados por los primitivos habitantes de México, algunos de los cuales se exhiben en el Museo de Arqueología.

ASBESTO. Importantísimo mineral fibroso, de un hermoso blanco y lustre de seda, compuesto de largas agujas flexibles y parecidas a hilos de lino; fácilmente separables con los dedos.

Por su gran infusibilidad goza de numerosas aplicaciones: se fabrica papel y cartón de asbesto, el primero sirve para filtrar líquidos corrosivos, como el ácido sulfúrico, etc., y el segundo sirve como soporte para calentar vasos, matraces, etc.

También se han hecho telas incombustibles a base de asbesto, y se cuenta que algunos telones europeos están hechos de la tela antes dicha.

Los fabricantes hacen guantes de asbesto, para preservar a los obreros en los hornos y mufas, de dolorosas quemaduras.

En los laboratorios de química hay *cordones* de asbesto, usados para suspender retortas, frascos y objetos que deban colocarse al fuego.

En los E. U. se fabrican libros con hojas de asbesto, en donde se consignan datos interesantes, como registros de escrituras, cuentas comerciales, etc. Este libro no se consume en caso de incendio.

Se ha fabricado también a base de asbesto, una pintura incombustible para la madera, usada en puertas, pisos, casitas, etc.

Los resultados se muestran en la figura.

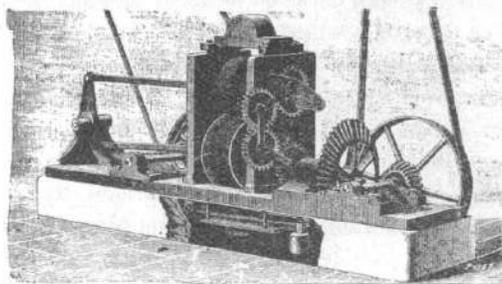


Efecto de la pintura de amianto en caso de incendio. 1—casa cuya mitad está pintada a base de asbesto. 2—la misma durante el incendio. 3—después del incendio

Es tanta la demanda y consumo de este mineral, que hay enormes fábricas que se ocupan de su comercio y explotación, habiéndose ideado maquinarias especiales para separar sus fibras.

El amianto no es sino asbesto en fibras finísimas y blancas y el corcho fósil o cuero de montaña, es un asbesto compacto.

Localidades. El asbesto se ha encontrado en los alrededores de Acatlán, Puebla; en Cuadrilla de Santiago, Sultepec, México; Sierra de las Noas, Coahuila. El amianto existe en la mina de "Cator-



Maquinaria para separar las fibras de asbesto

ce", San Luis Potosí; el corcho fósil se encuentra en Turicato, Michoacán; mina "El Bordo", Pachuca, Hidalgo; mina Tlaxpampa, Sultepec, México, y en el Distrito de Morelia, Michoacán.

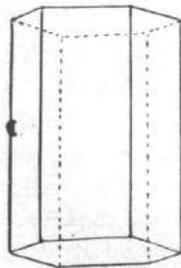
BERILO

Fórmula= $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_2)_6$ Comp.=silico-aluminato de berilio

S=exagonal P.e.=2.63 a 2.80 D=7.5 a 8

Comúnmente cristalizado en largos prismas hexagonales; estriados verticalmente; también en grandes masas. Transparente a subtraslúcido. Color verde esmeralda, verde pálido; también amarillo y blanco, o rosa pálido. Raspadura blanca.

Varietades. La variedad noble que contiene bromo es llamada *esmeralda* y constituye una gema de gran valor. La ordinaria comprende: el *agua marina*, de un azul verdoso agradable; el *berilio*



Cristal exagonal de berilio

lo de oro, amarillo brillante, y la variedad opaca, de color moreno amarillento o verde claro, etc.

No hay que olvidar que la *esmeralda oriental* es una variedad de *corundo-alúmina*, de color verde, pero no tiene relación con esta especie.

Ensaye. Al soplete es infusible o se hace blanco lechoso y a una alta temperatura se redondean sus aristas. Fusibilidad: 5.5. Con bórax deja un vidrio incoloro, si es berilo, o teñido de un verde pálido si es esmeralda.

Localidades. Los más hermosos berilos que se conocen, proceden de Siberia, India y Brasil. También existen en la Isla de Elba; Colombia, etc. En los E. U. existen gigantescos berilos en New Hampshire, E. U.

En México se ha encontrado el berilo en las minas de Real del Monte, Pachuca, Hidalgo; mina de Tejupilco, Temascaltepec, México; pueblo "Placer de Guadalupe", Chihuahua; Durango, etc. La variedad esmeralda, existe en los mismos lugares que la anterior y Sierra Gorda, Guanajuato.

Aplicaciones. La variedad noble, esmeralda o agua marina son gemas muy apreciadas y por lo tanto, de gran valor.

III.—Ortosilicatos

Los ortosilicatos se dividen en varios grupos de acuerdo con su cristalización; así tenemos el grupo nefelita, el grupo sodalita, el helvita, el granate, el erisolita, etc.

El más importante, que estudiaremos, será el grupo granate.

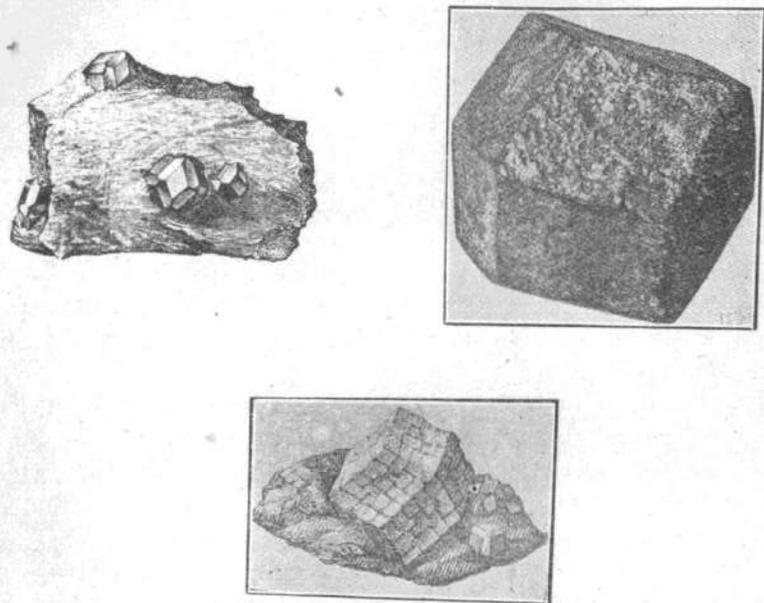
GRUPO GRANATE

Fórmula= $\text{R}_3\text{R}_2(\text{SiO}_4)_3$ Comp.=silicato de dos radicales: $\text{R}_3=$
Ca, Mg, Fe₂, Mn y $\text{R}_2=\text{Al, Fe, Cr, Ti}$

S=cúbico P.e.=3.15 a 4.3 D=6.5 a 7.5

Granate deriva de la fruta llamada *granada*, aludiendo a su color rosa.

Este grupo está caracterizado por cristalizar en dodecaedros y trapecoedros del sistema cúbico. También se suele encontrar en masas, granular, grueso y fino o eriptocristalino.



Diversas formas cristalinas de granate

Transparente a traslúcido. Colores rojo, café, amarillo, rosado, verde manzana y negro. Lustre vítreo a resinoso. Raspadura blanca.

Presenta las variedades siguientes:

Variedades aluminosas

Grosularita. Granate de aluminio y calcio, de la fórmula $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$. Este granate de un color rosa muy agradable, se encuentra en gran cantidad en Xalostoc, en donde se conoce por granate *xalostoc* o *granate grosular* (de grosella).

Piropo. (Como fuego). Color predominante: el rojo oscuro. Es un granate aluminoso-magnesiano de la fórmula $\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$.

Algunas variedades contienen cromo. Los ejemplares transparentes y bien tallados son empleados en joyería alcanzando gran valor.

Almandita. Granate alúmino-ferroso. Su fórmula es Fe_3Al_2

$(\text{SiO}_4)_3$. Es uno de los granates más comunes, siendo el número 3 en la escala de fusibilidades. Se ha usado, reducido a polvo, en sustitución del polvo de esmeril.

Variedad ferrosa

Andradita. Es un granate de calcio y hierro de esta fórmula: $\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$. Esta variedad comprende la común, la magnesiánica, la titanífera y la itrífera.

Variedad crómica

Uvarovita. (Granate de cromo). Contiene también calcio. Su fórmula se expresa así: $\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{Si}_2\text{O}_4)_3$.

Localidades. Ya se dijo la del granate grosularia; la almandita se encuentra, en su variedad *melanita*, en el cañón de San Lorenzo, Baja California; cerro de San Cristóbal, Pachuca, Hidalgo; cerro de Ameca, Jalisco, y en Alamo, Baja California.

TOPACIO

Fórmula = $(\text{Al,Fl})_2\text{SiO}_4$ Comp. = fluorosilicato de aluminio

S = ortorrómbico P.e. = 3.4 a 3.6 D = 8

Nombre que deriva de la isla de Topacios en el Mar Rojo.

Cristaliza generalmente en prismas ortorrómbicos que terminan por pirámides más o menos truncadas. Son generalmente hemimorfos, pues sólo se descubre una pirámide. Posee un crucero perfecto según la base.

Transparente; incoloro, amarillo, azul, blanco, gris, verdoso y rojizo. Lustre vítreo y raspadura incolora.

Ensaye. Infusible. Previamente pulverizado y fundido con sal de fósforo y fundido después en el tubo cerrado, ataca al vidrio, dando por separado fluoruro de silicio, que forma encima un anillo de SiO_2 . El mineral fundido con nitrato de cobalto da una coloración azul.

Una variedad de topacio del Brasil, cuando se calienta, toma un color rojo o rosa carne. Atacada parcialmente por ácido sulfúrico.



Topacio

Localidades. Coneto y San Juan del Río, Durango; Distrito de León, Guanajuato; Pinos, Zacatecas; Sierra de las Canoas, San Luis Potosí.

Son notables los ejemplares de Brasil y de Siberia.

Aplicaciones. Las variedades nobles, de una gran transparencia y delicado color amarillo de oro son muy buscadas como gemas de mucho valor.

LAZURITA O LAPIS-LAZULI

S=cúbico P.e.=2.38 a 2.45 D=5 a 5.5

Mineral de un hermoso color azul cielo, azul obscuro, azul Berlín, etc.

Usualmente en masas, pero pudiendo cristalizar en cubos y octaedros del sistema cúbico. Traslúcido, de lustre vítreo y fractura irregular.

Su composición química, muy complicada, parece conducir a esta fórmula: $\text{Na}_4(\text{NaS}_3\text{Al})\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$. Por tal motivo sería un sulfato-silicato de aluminio y sodio.

Ensaye. En tubo cerrado desprende algo de humedad, funde fácilmente (3) en un vidrio blanco. Descompuesto por ácido clorhídrico con separación de sílice gelatinosa y desprendimiento de ácido sulfhídrico. La variedad de Chile arde con una luz verde escarabajó, pero el color azul persiste por el enfriamiento.

Localidades. Parece no haberse encontrado en México, pero abunda en Siberia, en el lago Baikal, en Tartaria, China; en Chile, etc.

Aplicaciones. Las variedades de un hermoso color azul son muy buscadas para la confección de suntuosos jarrones y muebles artísticos de mucho valor; es también empleado en la confección de mosaicos y reducido a polvo es una pintura inalterable de hermoso color, aunque el azul ultramar (producto artificial), que no es sino lazurita artificial, resulta más barato.

Así, pues, no debemos olvidar que la lazurita y el azul ultramar, ambos usados en pintura, tienen la misma composición química y sólo difieren en que la primera es un producto natural y el segundo, compuesto artificial.

Se dice que el lapis-lázuli es superior al artificial y hay quien afirme que la superioridad y fijeza de los azules en las pinturas antiguas son debidos a la lazurita.

IV.—Subsilicatos

CALAMINA

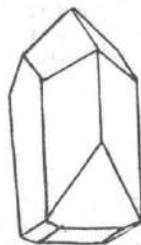
Fórmula= $\text{H}_2\text{Zn.SiO}_5$

Comp.=silicato de cinc.

S=ortorrómbico P.e.=3.40 a 3.50 D=4.5 a 5

Nombre tomado de unas minas del Mar Egeo.

Mineral muy esparcido en la Naturaleza y que cristaliza en prismas o cristales tabulares, pero mostrando en ambos casos el fenómeno del *hemimorfismo*, es decir que los extremos del prisma, diferentes entre sí, no concuerdan con la simetría del cristal.



Calamina

También se ha encontrado mamilar, estalactítica, y en forma de geodas o drusas, o bien, fibrosas. Crucero perfecto según cierta cara del prisma.

Transparente a traslúcido; color blanco, blanco azulino o verdoso. Raspadura blanca. Se electriza fuertemente por el calor (piroeléctrico). Quebradizo, de fractura irregular.

Ensaye. Casi infusible, en el tubo cerrado da agua. Al soplete sobre carbón y con sosa deja una pegadura amarilla en caliente y blanca en frío. Humedecido con solución de cobalto deja un residuo verde. Descompuesto por ácido clorhídrico con separación de sílice gelatinosa.

Localidades. Mina "La Fraternal", Lampazos, Nuevo León; mineral de Zimapán y mineral del Chico, Hidalgo.

Aplicaciones. Es un buen mineral para la extracción del cinc.

La calamina se encuentra muy frecuentemente asociada a la Smithsonita (carbonato de cinc), y de aquí el error de llamar también calamina a la anterior.

TURMALINA

Comp.=silicato complejo de boro y aluminio

S=romboédrico

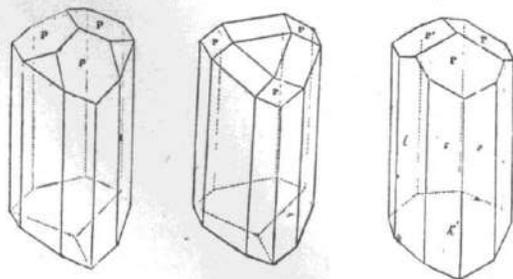
P.e.=2.9 a 3.2

D=7 a 7.5

Turmalina deriva de *Turamali*.

Cristales comúnmente prismáticos, cuyas formas pueden verse en la figura.

Presenta el fenómeno del hemimorfismo. Caras prismáticas fuertemente estriadas longitudinalmente.



Cristales de turmalina

Transparente a opaco. Colores principales: Negro, azul oscuro, verde, rojo y algunas veces de diversos tintes. Ciertos ejemplares son rojos exteriormente y verdes al interior, otras ocasiones presenta diferentes colores en cada extremo. Raspadura blanca. Lustre vítreo a resinoso. Fuertemente dielectrico y piroeléctrico.

Goza de la propiedad de dejar pasar solamente el rayo extraordinario y de aquí su aplicación en las pinzas de turmalina.

La turmalina es uno de los minerales que mayor número de elementos contiene, pues los análisis de varios ejemplares demuestran haberse encontrado los elementos siguientes: Si, O, Na, Li, Ca, Mg, Fe, K, Al, B, Cr.

Varietades. De acuerdo con sus diferentes coloraciones y estructuras, recibe los nombres siguientes: *rubelita*, color rojo; *siberita* (de Siberia), rojo violeta; *indigolita*, color azul índigo; *zafiro del Brasil* (en joyería), color azul Berlín, transparente; *esmeralda* o *crisolita de Brasil*, verde y transparente, *peridoto de Ceilán*, amarillo de miel y transparente; *afrizita*, turmalina negra; *columnar*, gruesa y negra, parecida a la hornblenda.

Ensaye. Es difícilmente fusible al soplete, dando un esmalte blanco, la variedad que contiene litio es infusible, humedecido con nitrato de cobalto deja una pegadura de color azul. Descompuesto por fusión con bisulfato de potasio. Su solución da la reacción del ácido bórico. Insoluble en los ácidos.

Localidades. Se ha encontrado en algunas montañas graníticas del Estado de Jalisco, en la Sierra de San Pedro Mártir y cañón de las Animas, Distrito Norte, Baja California; se encuentra también en E. U., en isla de Elba, Noruega, etc.

Aplicaciones. Las variedades transparentes y de bello color, se usan en joyería como piedras preciosas. También se emplean para usos científicos.

ESTAUROLITA

Fórmula= $H, Fe, Al_3 Si_2 O_{18}$ Comp.=silicato de aluminio y fierro

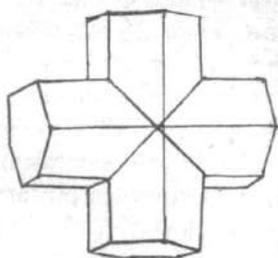
S=ortorrómbico

P.e.=3.6 a 3.7

D=7 a 7.5

Deriva de *stauros*, cruz, aludiendo a la forma de sus macles.

Cristaliza en prismas primitivos o modificados en los ángulos del prisma; más comúnmente en macles cruciformes.



Estaurorolita macleada

Traslúcido a opaco. Color rojo, moreno, amarillento, castaño obscuro. Lustre vítreo a resinoso. Quebradura concoidal o irregular.

Ensaye. Las variedades, que también contienen magnesio y manganeso, funden fácilmente en un esmalte negro, las otras variedades son infusibles. Da las reacciones de la sílice.

No se ha encontrado en México, y sólo tiene interés científico y no industrial.

Silicatos hidratados

APOFILITA

Fórmula= $H_7K.Ca_4(SiO_3)_8$. Comp.=hidro-silicato de potasio y calcio.

S=tetragonal P.e.=3.6 D=4.5 a 5

Cristaliza en prismas cuadrados, rematando o no con pirámides; también en tablas delgadas, con caras verticalmente estriadas; en masas, etc. Crucero basal perfecto. Transparente. Color blanco, gris, rosa pálido o rojo sangre, etc. Lustre aperlado sobre las caras basales. Quebradizo, de fractura irregular.

Ensaye. En tubo cerrado se exfolia, blanquea y da agua de reacción ácida. En tubo abierto y con sal de fósforo, da reacción de flúor.

Al soplete se exfolia y colora la llama de violeta, fundiendo

al fin en esmalte. Descompuesto por ácido clorhídrico con separación de sílice.

Localidades. Se encuentra sobre todo en hermosos ejemplares incoloros o de un delicado color rosa en las minas "Valenciana" y "La Luz", Guanajuato.

Aplicaciones. No las tiene dignas de mencionarse.

La división *Zeolita* no tiene especies importantes.

División mica

Esta división comprende varios minerales de cristalización monoclinica y que tienen la propiedad de exfoliarse fácilmente debido a su estructura micácea, dando láminas muy delgadas paralelas al plano basal del cristal. Las principales especies de este grupo son las siguientes:

Micas

Muscovita o mica potásica.

Paragonita o mica sódica.

Lepidolita o mica de litio.

Zinnwaldita o mica litio-férrica.

Biotita o mica ferro-magnesiana.

Flogopita o mica magnesiana.

Lepidomelana o mica férrica.

Nosotros sólo mencionaremos las dos micas principales, la muscovita o mica potásica y la biotita o mica magnesio-férrica.

MUSCOVITA

Fórmula= $H_2K,Al_3(SiO_4)_3$. Comp.=silico-aluminato hidratado de potasio.

S=monoclinico P.e.=2.7 a 3 D=2 a 2.5

Su nombre deriva de la ciudad de Moscow.

Cristaliza comúnmente en tablas de seis lados, dando la apariencia de prismas exagonales. Su crucero básico perfecto permite obtener láminas grandes y excesivamente delgadas, muy flexibles y elásticas. También diseminada, en pequeñas escamas.

Transparente a traslúcido. Su color más común es el blanco, pero también existen ejemplares verdosos, amarillos, cafés, verde-oliva obscuro, etc. Raspadura incolora.

Ensaye. En el tubo cerrado da agua que por medio del *palo del Brasil* da reacción de flúor. Al soplete blanquea y funde en las aristas delgadas, en un vidrio gris o amarillento. Con los fundentes da reacciones de fierro, manganeso, etc. No descompuesto por los ácidos, pero sí por fusión con carbonatos alcalinos.

Localidades. Sierra de San Pedro Mártir, Distrito N., Baja California; Cerro de San Pedro, Oaxaca. La muscovita forma parte de ciertas rocas como los granitos y los gneiss.

Aplicaciones. Es una de las micas más abundantes en la naturaleza y por eso, así como por su infusibilidad, se usa en sustitución del vidrio en las linternas, estufas, hornos, así también por su flexibilidad sustituye al cristal en los carruajes y automóviles.

La mica brillante reducida a polvo impalpable, sirve para fabricar una brillantina que tiene aplicaciones artísticas y decorativas que imitan nieve o hielo. Es también un excelente abono.

BIOTITA

Fórmula= $(\text{H}, \text{K})_2(\text{Mg}, \text{Fe})_4(\text{Al}, \text{Fe})_2(\text{SiO}_4)_4$ Comp.=silico-aluminato hidratado de magnesio y fierro
S=monoclínico P.e.=2.7 a 3.1 D=2.5 a 3

(Dedicada al Prof. Biot). Llamada también mica magnesiánica. Forma cristalina casi igual a la muscovita, algunas veces presentando cristales aparentemente ortorrómbicos.

Al contrario de las micas potásicas sus dos ejes ópticos se confunden en uno solo, debido a la poca divergencia que existe entre ellos. Crucero basal completamente perfecto; transparente a opaco, color verde a negro; a menudo negro profundo en cristales gruesos. Por transparencia se observan los colores negro, verde, rojo sangre, etc. Raspadura incolora.

Ensaye. En tubo cerrado da poca agua, algunas veces con reacción de flúor; con los fundentes, reacción de fierro. Al soplete se blanquea y funde en las aristas delgadas. Completamente des-

compuesta por ácido sulfúrico, con residuo de siliza en delgadas escamas.

Localidades. En inmediaciones de Molango, Hidalgo; Municipio de Santa Catarina, Oaxaca y en Tepic.

Aplicaciones. No tiene muchas aplicaciones, pero una de ellas es su uso para rellenar los *salva-vidas* de los buques.

La división *clorita* no tiene especies importantes que mencionar.

División serpentina y talco

SERPENTINA

Fórmula= $\text{H}_4\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_{10}$ Comp.=hidro-silicato de magnesio
S=monoclínico P.e.=2.50 a 2.65 D=2.5 a 4

Llamada así por presentar frecuentemente manchas parecidas a las del cuerpo de una serpiente.



Masa errática de serpentina

Este mineral debería estudiarse, en rigor, entre las rocas, pues se encuentra ocupando montañas enteras en ciertos puntos.

Encontrada en cristales pseudomorfs, algunas veces en hojas difícilmente separables, o fibrosa, siendo entonces fácil la separación. Más a menudo se presenta en masas que al microscopio son fibrosas o bien granular o cripto-cristalino.

Traslúcido a opaco, color verde musgo, verde negruzco, verde olivo, rojo moreno, amarillo obscuro. Por exposición al aire se vuelve gris amarillento. Raspadura blanca. Lustre sub-resinoso a graso-aperlado. Fractura concoidea o astillosa.

Varietades. A) en *crisotales pseudo-mórficos*; B) en *masas* a) serpentina noble de un hermoso verde olivo; b) serpentina común; C) laminar, estructura en láminas; D) fibrosa, *crisolito*, fibras delicadas blanco-verdosas llamadas vulgarmente *asbesto*; E) roca serpentinoso, forma grandes masas de rocas. El llamado mármol verde antiguo no es sino esta roca mezclada con más o menos cantidad de caliza.

Ensaye. Da agua en tubo cerrado. Al soplete funde con dificultad en las aristas (F=6). Da usualmente reacción de fierro. Descompuesta por ácido clorhídrico y sulfúrico.

La serpentina es siempre producto de descomposición de las rocas que contienen magnesia, como la crisolita, la anfíbola o la piroxena y según que proceda de una u otra de las anteriores, se observan al microscopio estructuras diferentes y características.

Localidades. En México se ha encontrado en Ucareo, Michoacán, en masas verdi-negras; en la mina de la Concepción, Zopilote, Nayarit; mina "El Quemado", San Juan Loyola, Oaxaca. La variedad *crisolito* es muy abundante en la serranía de Zacatecas.

Aplicaciones. La serpentina noble después de labrada y pulida, es una piedra preciosa de cierto valor. En el Museo N. de Arqueología se encuentran máscaras y otros objetos labrados en serpentina.

TALCO

Fórmula= $H_2Mg_3(SiO_3)_4$ Comp.=hidro-silicato de magnesio

S=orto o monoclinico P.e.=2.7 a 2.8 D=1 a 1.5

Usualmente en masas foliáceas, también granular, en masas, fibroso (seudomorfo), compacto y criptocrystalino. Séctil.

Traslúcido, blanco de plata a verde manzana; cuando se encuentra impuro es moreno, negruzco, rojizo, etc. Raspadura blanca o más clara que el color; lustre aperlado en superficie de crucero. Flexible en láminas delgadas, pero no elástico.

Varietades. a) en masas, *esteatita* o *jabón de vidrieros*, granos gruesos, color verde o gris verdoso (la llamada *piedra ollar* no es sino esteatita impura; b) talco hojoso, hojas fácilmente separables, de tacto graso; c) talco endurecido, variedad más dura que

la ordinaria, talco impuro pizarroso; d) talco seudomorfo, fibroso, fino o grueso, procede de la alteración de la esteatita y tremolita.

Ensaye. En tubo cerrado y con soplete muchas variedades dan agua. Humedecido con solución de nitrato de cobalto, toma por ignición un color rosa pálido. No descompuesto por los ácidos.

La esteatita puede formarse por descomposición de muchas rocas magnesianas como la serpentina, etc.

Localidades. Es mineral muy abundante en la República, encontrándose principalmente en la mina del "Bramador", Cantón Mascota, Jalisco; mina del "Rosario", Pachuca, Hidalgo; en Sahuaripa, Sonora; en Guadalajara, Jalisco, etc.

Aplicaciones. Su principal aplicación es para la fabricación del talco de tocador, que se reduce a pulverizar finamente la variedad más blanca y pura, agregándole una cierta proporción de bórax y óxido de cinc, perfumándolo.

Además, se usa en polvo para barnizar las estatuas o figurillas de yeso y para aderezar las telas.

En los E. U. se hacen lápices prismáticos de talco que sirven para rayar o dibujar sobre metal, siendo muy útiles para los herreros, hojalateros, pintores, etc.

Por último, los lápices finos llamados *al pastel*, están hechos a base de talco comprimido y mezclado a la materia colorante.

La esteatita se llama también *jaboncillo de sastre*, por su uso para marcar los trazos sobre la tela, los zapateros hacen uso de la esteatita para hacer deslizar sobre el pie el calzado estrecho, y cosa análoga se hace con los guantes para facilitar su entrada. También se fabrican con esta variedad juguetes u objetos diversos.

La piedra ollar, como fácilmente se comprende, sirve para fabricar objetos de alfarería corriente.

La *sepiolita* es también un hidro-silicato de magnesio, pero de la fórmula $H_4Mg_2Si_2O_{10}$, que goza de la propiedad de ser tan ligera que flota en el agua cuando está enteramente seca. Por esta propiedad se conoce también con el nombre de "espuma de mar". Tomando con la mano un ejemplar de esta especie, se nota con sorpresa que pesa muy poco en comparación con su volumen. Su color más común es el blanco lechoso o blanco amarillento. Es rayado con la uña y muy usado para hacer las boquillas y pipas de fumar, llamadas de "espuma de mar."

División caolín

Apenas habrá sobre la superficie de la tierra mineral tan abundante y esparcido como el caolín y las arcillas o barro.

Proceden de la desintegración de los silicatos aluminosos constitutivos de las rocas, como los feldespatos, principalmente la ortoclasa que produce el caolín o barro blanco.

La arcilla o barro no es sino caolín impuro, teñido por diversos óxidos y silicatos.

Hablaremos del kaolín en particular, consignando a continuación sus variedades:

CAOLIN

Fórmula= $H_4Al_2Si_2O_9$ Comp.=hidro-silicato de aluminio
S=monoclínico P.e.=2.6 D=2.5

Caolín deriva de la palabra china *kau-ling*, que significa "alto espinazo" y que es el nombre de una colina, cercana a Jauchau Fu, de donde se extraía este mineral.

Rara vez cristaliza, encontrándose más bien en masas como cal, compacto, pulverulento, etc.



Artefactos de barro hechos por el hombre primitivo

Su color propio es el blanco puro o blanco azulino o amarillento, sin embargo, debido a las impurezas que lo tiñen más o menos, lo hay rojizo, teñido por óxido de fierro, amarillento, teñido por hidróxido de fierro, verdoso, debido al silicato de fierro y morado, negruzco o negro debido a sustancias orgánicas.

Es muy flexible, pero no elástico y su plasticidad es una de sus

más hermosas cualidades, aprovechada desde los más remotos tiempos para la confección de objetos de cerámica.

Varietades. La *caolinita*, que se presenta en escamas cristalinas de color blanco puro; la *ordinaria*, que es caolín común, incluyendo las arcillas; la *arcilla esméctica*, muy poco plástica, pero tiene la propiedad de absorber la grasa en los tejidos, propiedad que se aprovecha en las fábricas para desmanchar las telas; las *margas* y *litomargas* que no son sino arcillas calcáreas, es decir, arcillas que tienen una proporción variable de caliza; *bol de Armenia*, arcilla ferruginosa, muy plástica; *arcilla refractaria*, casi infusible.

Ensaye. Desprende agua por calentamiento; al soplete es infusible, pero presenta el fenómeno de la *cocción*, es decir, que pierde la propiedad de poderse desleír en agua. Da un residuo azul por calentamiento con solución de nitrato de cobalto. Insoluble en los ácidos.

Localidades. Son tantas que sería largo y cansado enumerarlas, baste saber que en el Museo N. de Historia Natural, se exhiben más de 40 muestras de caolines y arcillas de casi todos los Estados de nuestra República. Por lo demás, son notables los tan conocidos yacimientos de arcilla plástica de Guadalajara, Jalisco, cuya loza y juguetes de cerámica han dado fama a dicha ciudad.

En Oaxaca existe un barro muy plástico con el cual se hacen utensilios de cocina, barnizados de un bonito color verde. Debemos también recordar la loza de Puebla, hecha con barro de la localidad.

Los yacimientos más notables del caolín son: Tulancingo, Ixmiquilpan, Zacualtipán y Tula en el Estado de Hidalgo; en el cerro del Col, Hacienda de Santa Lucía, Guadalajara, Jalisco; Santa María y Zaeualpan, Puebla; Salamanca, Guanajuato; Querétaro, etc., etc.

Aplicaciones. Ya se ha dicho lo suficiente con respecto a su uso en cerámica, diremos ahora que sirve para mejorar los terrenos muy porosos o permeables, pues la arcilla, siendo completamente impermeable, retiene el agua de lluvia.

Sirve, además, para la fabricación del cemento; el bol es usado para preparar la superficie de los cuadros u objetos que se trata de dorar; la arcilla esméctica, como se dijo antes, se utiliza en las fábricas de telas para desmanchar y desengrasar éstas, y las ar-

cillas refractarias para la fabricación de hornos, crisoles, muflas, ladrillos, etc.

*En seguida vienen los titano-silicatos y los niobatos y tantalatos, pero la índole de esta obra nos dispensa de tratarles.

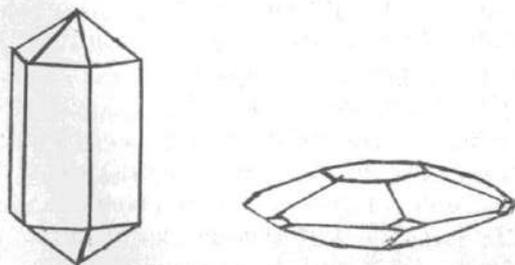
4.—Fosfatos, arseniatos, vanadatos, antimoniatos y nitratos

APATITA

Fórmula = $(\text{CaFl,Cl})\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_3$ Comp. = cloro o fluoro-fosfato de calcio

S = exagonal P.e. = 3.17 a 3.23 D = 5 (tipo)

(De *apatao*, engañar. Por haberla confundido durante mucho tiempo con otras especies minerales).



Formas cristalinas de la apatita

Cristales prismáticos, largos, cortos y tabulares. También globular, reniforme, mostrando estructura columnar, en masas, granular, etc.

Transparente a opaca. Colores usuales: verde mar, azul verdoso a menudo amarillento, violado, rojo carne, etc. Raspadura blanca, algunas variedades fosforecen por calentamiento. Quebradizo, de fractura concoidea o irregular.

Varietades. Ordinaria, cristalizada, colores verde, azul, amarillo rojo carne; *esparraguina* es una apatita transparente y de color amarillo verdoso.

La variedad ordinaria es una *flúor-apatita*, conteniendo huellas de cloro; rara vez prepondera este último y cuando acontece, en-

tonces el flúor desaparece por completo dando lugar a la *clor-apatita*. La *mangano-apatita*, de color verde azulado obscuro; tiene manganeso sustituyendo parte de calcio. *Fibrosa, concrecionada, estalactítica*, comprendiendo la *fosforita* que se encuentra en concreciones fibrosas de un color blanco amarillento o amarillo franco. *Apatita terrosa, Osteolita*: Son productos de descomposición de la apatita normal. Los *coprolitos* son fosfatos de calcio impuros.

Aquí cabe mencionar compuestos fosfatados cálcicos que, aunque no tienen una composición química definida y son amorfos, no obstante, desde el punto de vista de su importancia para la agricultura, la industria y la economía, son de gran interés.

A éstos pertenecen ciertos depósitos fosfatados amorfos que se originan por la acumulación de huesos de animales. Así es como se forman los *nódulos fosfáticos*, los *coprolitos*, los *lechos de huesos, guano*, etc.

Ensaye. Funde a 4.5 o 5 de la escala respectiva, tiñendo la llama de rojo naranjado (calcio). Humedecido con ácido sulfúrico y calentado colora la llama de azul verdoso (ácido fosfórico). Las variedades que contienen cloro, acusan su presencia por medio de la perla de sal de fósforo, saturada de óxido de cobre, que tiñe la llama de verde azulado (cloruro de cobre), y otras variedades mezcladas con sal de fósforo y calentadas fuertemente, corroen las paredes del tubo abierto (ácido fluorhídrico). Soluble en ácido clorhídrico y nítrico, dichas soluciones precipitan abundantemente con ácido sulfúrico por la formación de un sulfato de calcio.

Localidades. La variedad esparraguina se ha encontrado en bellos ejemplares en el cerro del Mercado, Durango, la fosforita terrosa existe en Mazapil, Zacatecas.

Aplicaciones. Se emplea como abono en Agricultura y para la extracción del fósforo.

La *esclouizita* es importante desde el punto de vista histórico, pues una de sus variedades, la *Ramirita*, también llamada *cupro-desclouizita*, fué descubierta por primera vez en Zimapán, Hidalgo, por Dn. Andrés del Río, dándole el nombre de Ramirita en honor del Sr. Ing. Santiago Ramírez.

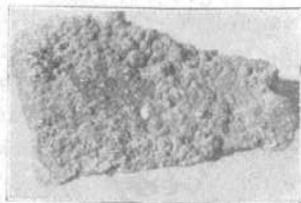
Se presenta casi siempre amorfa, en formas concrecionadas, de estructura fibroso-radiada y superficie mamilar o globular; color rojo cereza, rojo obscuro, moreno obscuro o negro. Raspadura naranjada, rojo-moreno o gris amarillento.

Su peso específico es de 5.9 a 6.2 y su dureza 3.5.

Es un vanadato complejo de plomo y cise, principalmente.

La variedad Ramirita contiene cobre.

Localidades. Mina de San Francisquito en Chihuahua; mina de San Antonio y el Pueco, Pachuca, Hidalgo; mina de Taxco, Guerrero; Macatucas, México, y sobre todo Zimapán, Hidalgo, Sierra Gorda, Guanajuato y mina de Santa Brígida, San Luis Potosí.



Ejemplar de Ramirita

Aplicaciones. El vanadio, elemento contenido en esta especie mineral, es altamente buscado para la fabricación de aceros vanadatados que gozan de la propiedad de ser más duros y resistentes que los aceros ordinarios.

TURQUESA

Fórmula= $\text{AlPO}_4 \cdot \text{Al}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Comp.=hidrofosfato de aluminio (teñido por cobre)

P.e.=2.6 a 2.8

D=6

Mineral llamado así por haber sido introducido a Europa por Turquía. Es amorfo y se encuentra en masas, reniforme, incrustante y estalactítico. Débilmente traslúcido u opaco. Color azul celeste, azul verdoso y otros. Raspadura blanca o verdosa. Rara vez quebradizo, fractura pequeña conoidea.

Ensaye. En tubo cerrado decrepita, da agua y se vuelve café o negro, colora la flama en verde por el cobre, humedecido con ácido clorhídrico la colora en verde azulino. Soluble en ácido clorhídrico.

La conocieron los primitivos habitantes de México, y con ellas



HERMOSO EJEMPLAR DE LAS ANTIGUAS MASCARAS AZTECAS

Máscara azteca adornada de turquesas

El ejemplar mejor conservado es una máscara de cedro hecha como para que se ajuste al rostro. Su superficie está cubierta de millares de fragmentos de turquesa admirablemente bien ajustados y pulimentados y de un brillante color azul. El rostro está tachonado de nudos de turquesa, siendo sus dientes y ojos de inciente nácar. Este objeto ocupa puesto prominente en el Museo Británico y produce en el observador una extraña sensación mezclada de horror y de bárbara belleza. ("Boletín de las Repúblicas Pan-americanas")

adornaron sus joyas, divinidades y objetos artísticos, por lo que se cree que la turquesa era de gran estima y valor.

Hay que tener sumo cuidado en comprobar si una turquesa es buena o falsa, pues se hacen fieles imitaciones de estas valiosas gemas, con huesos o dientes de mamíferos fósiles, coloridos por fosfato de hierro. Esta falsa turquesa se conoce también con el nombre de *odontolita* (de *odontos*, diente y *litos*, piedra). Un modo sencillo de comprobarlo es recurrir a su dureza, pues la odon-

tolita es más blanda que la turquesa; además, la primera se deja atacar por los ácidos y la segunda no. Calcinadas ambas, la primera desprende olor amoniacal, producido por la sustancia orgánica y la segunda no.

Agradaba tanto a los romanos dicha piedra que los caballeros ostentaban hermosas turquesas talladas y engastadas en el anillo de oro que todos debían llevar.

Localidades. Parece existir en gran abundancia en "Los Cerillos", cerca de Santa Fe, que correspondía a la antigua provincia mexicana de Nuevo México. Se conocían y explotaban estos yacimientos desde la época del gobierno español.

Aplicaciones. Se ha dicho lo suficiente con respecto a su empleo como piedra preciosa.

TORBERNITA

Fórmula= $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2\text{P}_2\text{O}_8+8\text{H}_2\text{O}$ Comp.=hidro-fosfato de uranio y cobre

P.e.=3.4 a 3.6

D=2.25

Se encuentra generalmente en cristales tabulares muy delgados o bien piramidales. Estructura micácea o foliácea. Láminas quebradizas. Transparente a traslúcida. Color verde esmeralda o verde pasto; lustre aperlado o adamantino Raspadura más pálida que el color. Es importante mencionar este mineral por contener, como la Pichblenda o Uraninita, una pequeñísima proporción del elemento *radio* que tan alto valor tiene actualmente en el comercio.

En efecto, un gramo de cloruro de radio vale \$240.000.

La Pichblenda se ha encontrado en Sahuaripa, Sonora.

La autunita, la uranospinita, la uranocircita, fosfuranilita, etc., etc., son otros tantos minerales uraníferos que seguramente contienen algo de radio, pues este último procede de la desintegración lenta y constante del uranio.

SODA-NITRO

Fórmula= Na_2NO_2 Comp.=nitrato de sodio

S=romboedral P.e.=2.24 a 2.29 D=1.5 a 2

Generalmente en masas, en incrustaciones y en capas. También cristalizado en las mismas formas que la calcita.

Transparente; color blanco, también rojizo, gris o amarillo-limón. Lustre vítreo. Sabor fresco. Fractura concoidea.

Ensayo. Deflagra al carbón con menos violencia que el nitro tiñendo la llama de amarillo. Es delicuescente, es decir, que absorbiendo el vapor de agua atmosférico se va licuando o, por lo menos, siempre está húmedo. Se disuelve en 3 partes de agua a 60° F.

Localidades. Se encuentra en inmensas cantidades, en Tarapaca, al N. de Chile.

Aplicaciones. Es muy buscado para la fabricación del ácido nítrico y sustituye con ventaja al nitrato de potasio por contener mayor proporción de este ácido. No es usado en la fabricación de la pólvora por su gran tendencia a absorber la humedad atmosférica que hace que no arda mientras está húmedo.

NITRO

Fórmula= K_2NO_3 Comp.=nitrato de potasio

S=ortorrómbico

P.e.=2.9

D=2

Se encuentra en costras blanquezas y en penachos sedosos o más comúnmente en cristallitos aciculares.

Muy soluble en agua, en las proporciones siguientes:

En 100 partes de agua

A 20°.....13 partes.

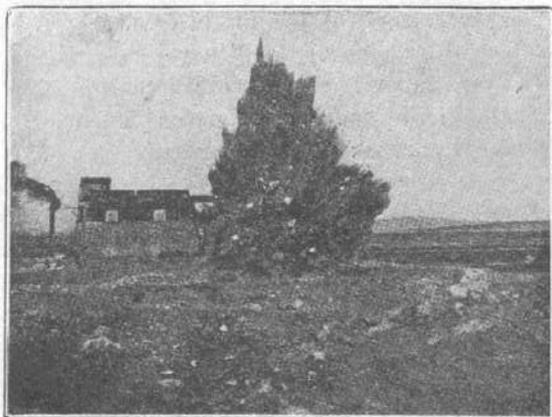
A 100°.....31 „

A 0°.....247 „

Color blanco o amarillo. Sabor fresco y picante. Al soplete y sobre carbón deflagra y arde con luz violeta. No es delicuescente.

Localidades. Se halla en los distritos de Analeo, Hostotipaquillo y Valle de Autlán, Jalisco; en algunas partes del Estado de Colima; alrededores de la ciudad de San Luis Potosí, etc.

En la República de Chile existen abundantes y famosos yacimientos de nitro o salitre, controlados por grandes compañías que extraen y benefician este importante mineral.



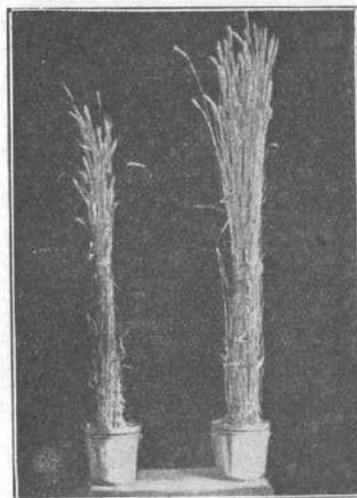
VISTAS DE LAS SALTRERAS CHILENAS

Por medio de explosiones producidas a unos pocos pies debajo de la superficie se pone en descubierto el caliche para que los trabajadores puedan manejarlo fácilmente como se ve en el grabado. En el grabado inferior se ven montones de caliche ya listos para ser transportado a las oficinas. Las salitreras de Chile constituyen uno de los monopolios mineros más grandes del mundo.



Una vista de las salitreras Chilenas
 ("Boletín de las Repúblicas Pan-americanas")

Aplicaciones. Sirve, como el anterior, para extraer el ácido nítrico, para la fabricación de la pólvora y fuegos artificiales; como abono de las tierras pobres es insustituible: el grabado corrobora lo anterior.



EL TRIGO Y EL SALITRE

La planta que se ve a la izquierda ha sido cultivada sin salitre; la de la derecha es producto del abono con la sustancia mencionada. Las experiencias practicadas hacen ver que con el empleo del salitre como fertilizante la cantidad de trigo que se recoge en un acre es 80 por ciento mayor.
 ("Boletín de las Repúblicas Pan-americanas")

5.—*Boratos, uranatos*

BORAX

Fórmula= $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 10 \text{H}_2\text{O}$ Comp.=hidro-borato de sodio

S=monoclínico P.e.=1.69 D.=2.25

Bórax deriva de la palabra árabe "*buraq*". También se conoce con los nombres de *tincal*, altíncar y aún borraj. Cristales prismáticos grandes, semejando a la piroxena.

Color blanco, algunas veces gris, azulino o verdoso. Raspadura blanca.

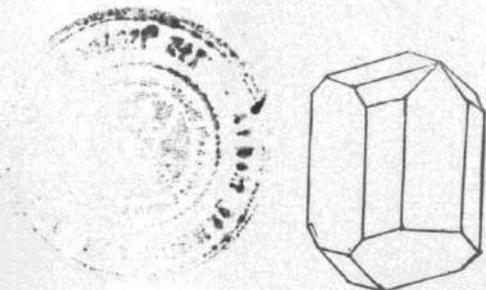
Lustre vítreo a resinoso. Sabor débilmente dulce y alcalino.

Ensaye. Al soplete se hincha y da una perla incolora y transparente llamada "vidrio de bórax."

Fundido con fluorita y bisulfato de potasio colora la llama de un verde claro. Soluble en agua dando una solución débilmente alcalina. El agua hirviendo disuelve el doble de su peso de esta sal.

Localidades. Se extrae de las aguas saladas del Tibet, en donde se conoce con el nombre de tinkal. También en la India, China y Potosí en Perú. Abunda en el lago Bórax y otros de E. U.

Se le llamó en la antigüedad *crisocola* (*chrysos*, oro, *cola*, pegamento), por su aplicación para soldar los objetos de oro.



Cristal de bórax

Aplicaciones. Por la propiedad que tiene de disolver los óxidos, tomando diferentes coloraciones con cada uno de ellos, es usado en los ensayos docimásticos y también para disolver el óxido de los metales que se van a soldar, principalmente oro, plata y hierro. En medicina se usa en pequeñas dosis al interior y al exterior en baños y lociones y en la economía doméstica para el aderezado de las telas planchadas. Con él se fabrican también colores para vidrio y porcelana, entrando, a la vez, como fundente en la composición del *strass*, (cristal que imita las piedras preciosas).

URANINITA

La uraninita, picoblenda o pez-blenda, es un uranato complejo de uranilo, plomo, torio, circonio, etc.

Cristaliza en octaedros del sistema cúbico, aunque es raro encontrarlo cristalizado, sino más bien en masas, granos, concreciones y botrioidal. Opaco. Color gris, verdoso, moreno y negro aterciopelado. Raspadura negro obscuro, gris y verde oliva. Lustre graso como la pez (de aquí su nombre). Quebradizo. D=5.5 y P.e.=9 a 9.7.

Es importante este mineral por contener pequeñísimas cantidades de radio, elemento que, como en otro lugar dijimos, tiene

un gran valor en el comercio y goza de notables aplicaciones. El radio procede de la desintegración del uranio.

Ensayo. Infusible, colorando la llama, algunas veces (cobre). Con bórax y sal de fósforo da una perla amarilla a la flama oxidante que se vuelve verde en la reducción (uranio). A menudo da las reacciones del plomo, circonio, arsénico, etc. haciendo los ensayos respectivos.

Localidades. Parece existir en Hermosillo, Sonora.

Aplicaciones. Para la extracción de las sales de uranio y radio. El nitrato y el acetato de uranio son usados en química y en las artes.

6.—SULFATOS, CROMATOS, TETRACROMATOS

Sulfatos anhidros

BARITINA

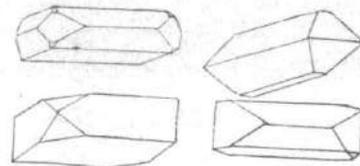
Fórmula= Ba,SO_4

S=ortorrómbico P.e.=4.3 a 4.6 D=2.5 a 3.5

Comp.=sulfato de bario

(Deriva de *baros*, pesado).

Cristaliza en formas prismáticas, tabulares como se exhiben en las figuras.



Formas cristalinas de la baritina

También encontrada laminar, fibrosa o en formas globulares y estructura granular, semejante al mármol.

Transparente, traslúcido a opaco. Color blanco que pasa al amarillo, gris, azul, rojizo, moreno, etc.

Algunas veces fétido por frotamiento.

Crucero perfecto en ciertas caras, quebradizo, de fractura irregular. Lustre vítreo, resinoso o adamantino. Su característica es tener un peso específico muy alto.

Se ve como variedades la *ordinaria* en cristales grandes y gruesos, algunas veces gigantescos; *en cresta*, masas de agregados cristalinos que le dan esta apariencia; *columnar*, columnas gruesas agregadas íntimamente, en agrupaciones divergentes o paralelas; la *pedra de Bolonia*, procedente de ese lugar y que fué vista como piedra milagrosa, pues exhibe una hermosa fosforescencia después de calcinada con carbón. A este último se le llamó "fósforo de Bolonia"; *compacto* o *cripto-cristalino*, *terroso*, *estalactítico*, muy parecido a las concreciones del carbonato de calcio y susceptibles de hermoso pulimento; *fétido*, produce olor desagradable cuando se le frota con un cuerpo duro o dos fragmentos entre sí. Este olor es producido por las sustancias orgánicas que contiene.



Baritina de Cumberland, Inglaterra

Ensaye. Al soplete decrepita y funde en el No. 3 de la escala de fusibilidades, comunicando a la llama color verde amarillento; la masa fundida azulea el papel tornasol. Al carbón se reduce a sulfuro que mancha de negro una moneda de plata. Insoluble en los ácidos.

Localidades. Chiquilixtlán, Jalisco; Huitzucó, Guerrero, alrededores de Huajuápam, Oaxaca y otras muchas localidades.

En el extranjero son notables las siguientes: Cumberland, Inglaterra; Freiberg, Sajonia; Almadén, Sierra Real y Sierra Morena, España; en Nueva York, Virginia y Colorado, E. U.

La baritina se encuentra asociada a los filones metalíferos de los cuales forma la matriz.

Aplicaciones. Las variedades blancas finamente pulverizadas son usadas en pintura con el nombre de *blanco fijo* o *blanco de bario*, este mismo polvo suele emplearse para falsificar el albayalde; sirve también para matar ratas, pero en lo que más se le destina, es para la obtención de la barita cáustica y el sulfuro de bario con el cual se hacen letreros, carátulas, etc., luminosos.

CELESTITA

Fórmula= Sr,SO_4

Comp.=sulfato de estroncio

S=ortorrómbico P.e.=3.95 a 3.97 D=3 a 3.5

(Su nombre celestita alude a su color azul celeste).

Cristales muy parecidos a los de la baritina. También fibrosa, radiada, etc. Crucero perfecto paralelo a la branquidiagonal.

Transparente a traslúcido. Color blanco o débilmente azulino. Raspadura blanca, lustre vítreo que en ciertas partes se vuelve aperlado.

Ensaye. Da todas las reacciones de los sulfatos (masa hepática, etc.). Al soplete funde al 3 (escala de fusibilidades), en un esmalte blanco, colorando la llama de un delicado rojo escarlata. Insoluble en los ácidos.

Localidades. Hacienda del Salto, Hidalgo; Matchuala, San Luis Potosí.

Aplicaciones. Es la materia prima para la obtención de las sales de estroncio. Es también usado en pirotécnica para fabricar las luces de color rojo.

MIRABILITA

o sal de Glauber

Fórmula= $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10 \text{H}_2\text{O}$

Comp.=sulfato de sodio hidratado

S=monoclínico P.e.=1.48 D=1.5 a 2

Cristales muy parecidos a los de la piroxena. Se encuentra generalmente en costras blancas efloriscidas.

Transparente a opaco. Color blanco, sabor fresco, débilmente salino y amargo.

Ensaye. En el tubo cerrado da mucha agua; tiñe la flama de un color amarillo intenso. Muy soluble en agua, la cual abandona lentamente y vuelven a efloriscer sus cristales. Su solución precipita abundantemente por solución de cloruro de bario.

Localidades. Se ha encontrado en Teotitlán, Oaxaca y otros puntos.

Aplicaciones. Es un purgante muy usado en Medicina; también se emplea para la fabricación del vidrio y de la sosa por el procedimiento de Leblanc.

YESO O SELENITA

Fórmula= $\text{Ca,SO}_4, 2 \text{H}_2\text{O}$

Comp.=hidro-sulfato de calcio

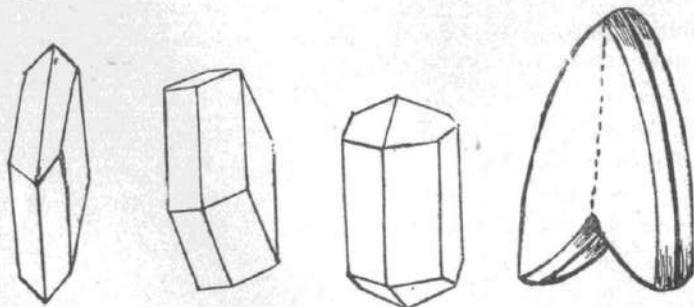
S=monoclínico

P.e.=2.31 a 2.32

D=2 (tipo)

Mineral abundantemente repartido por todo el mundo e inapreciable desde el punto de vista artístico e industrial. Nuestro país cuenta con yacimientos verdaderamente notables por la pureza y gigantesca magnitud de sus ejemplares, como la famosa mina de Naica, Distrito Iturbide, Chihuahua.

Se presenta en cristales casi siempre sencillos, del sistema monoclínico.



Formas cristalinas de yeso

Macle en punta de lanza.

También en cristales gemelos o macles que afectan la forma de una punta de lanza, y que los franceses denominan en forma de

“*fer de lance*”. Por la truncadura natural de los ángulos obtusos se llega a una forma lenticular muy semejante a la de la figura.

Goza de un crucero muy fácil, dejando superficies lustrosas.

Existe también foliáceo, en masas, granular grueso y fino, etc.

Transparente a opaco. Color común, el blanco; en ocasiones amarillo de ocre o de miel, rojo carne, azul, las variedades impuras son negruzcas.



Forma lenticular de yeso

Variedades.—Cristalizada. También llamada *selenita*. Cristales separados, transparentes, de estructura foliácea. Las hojas son flexibles pero no elásticas.

Fibrosa. Fibras gruesas y finas; llamado “*satín espato*”, cuando está formado por delicadas fibras que exhiben una opalescencia aperlada.

En masas. Alabastro, variedad compacta de grano fino, casi impalpable, de color blanco o ligeramente sombreado; la *variedad terrosa o roca yesosa,* es un yeso impuro, suavemente colorido.

Las impurezas pueden ser: arcilla, siliza, carbonato de cal, sal común y sustancias orgánicas.

Ensaye. En tubo cerrado desprende agua y se vuelve opaco, colorando la llama de amarillo rojizo. Calentado hasta una temperatura que no exceda de 260°C ., vuelve a combinarse con el agua, haciéndose fuertemente sólido.

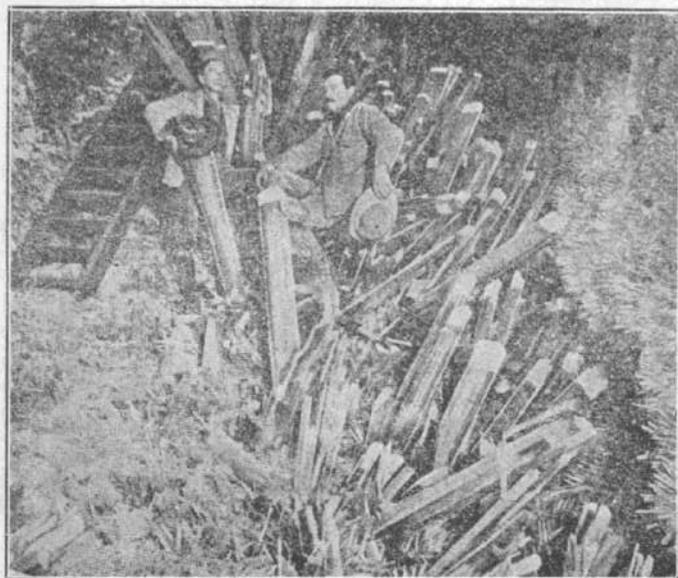
Soluble en ácido clorhídrico y también en 400 o 500 partes de agua.

El yeso se encuentra a menudo en extensos mantos asociado a las calizas, margas y otras rocas sedimentarias y en conexión con la sal común, la anhidrita y el azufre.

El yeso se forma, aún, a nuestra vista: en los lechos o cauces de los ríos cuyas aguas son selenitosas, abandonan el yeso en sus márgenes, el cual cristaliza por concentración en curiosas agujitas monoclínicas; lo mismo acontece en las cañerías ó tubos por donde pasan aguas selenitosas.

Localidades. Son muchas; damos las principales. Para la selenita o yeso cristalizado:

Hostotipaquillo, Jalisco; mina de San Judas, Zimapán, Hidalgo; cerro de Chapultepec, Municipio de Tlachapa, Guerrero; mina de Naica, Distrito de Iturbide, Chihuahua; mina de Guadalcázar, San Luis Potosí; Teotitlán, Oaxaca, etc.



Cristales gigantes de yeso, de Naica, Distrito de Camargo, Chihuahua

Para la variedad alabastro: Mina de la Cruz, Huitzoco, Guerrero; cerro del Mármol, Chihuahua; Hustlahuaca, Oaxaca; Municipio de Cruillas, Tamaulipas; Izúcar y Lomas del Calvario, Puebla.

Aplicaciones. No hablaremos de su bien conocido uso para el moldeado de estatuas, jarrones artísticos y demás objetos decorativos, pero sí diremos que se emplea para fabricar mastiques o pegamentos para maderas y metales; unido a la pasta de "papier-mâché", sirve para la confección de molduras, repisas, etc.; fabricación de gises y pinturas.

Bajo la forma de alabastro, es muy usado para la ornamentación en escultura de estatuas de alto valor.

Los cristales de yeso de las minas de Naica, por sus dimensiones, belleza y limpidez de cristalización, podemos contarlos entre los más grandes y hermosos del mundo. El material para este estudio nos lo proporciona la muy buena colección de cristales del Instituto Geológico Nacional, formada por los que en su último viaje colectó nuestro amigo y colega, el Sr. Ing. Trinidad Paredes, por los que cedió el Sr. Ing. J. Posada y por los enviados por el Sr. Ing. White.

Todos los cristales están muy bien desarrollados, presentándose notablemente alargados en la zona prismática; las demás caras son: *clinopinacoides* (muchas veces tan sólo como caras de crucero), hemipirámides y algunas otros varios prismas. Los cristales forman gemelos, siendo la cara de gemelación, el *ortopinacoide* y la de yuxtaposición laminar, el *clinopinacoide*.

El crucero se marca perfectamente según 010, así como según la hemipirámide. Casi todos los cristales tienen línea de fractura en la hemipirámide, debido a que se rompen en este sentido con mucha facilidad.

Las inclusiones de estos cristales de Naica son bastante raras, pero en algunos existen burbujas que circulan en cavidades prismáticas; no así en los traídos por el Sr. Ing. T. Paredes de la mina Potosí, Mineral de Santa Eulalia, Chih., y en los que recogió el Dr. E. Böse de los criaderos de azufre de Cerritos, San Luis Potosí. En los primeros la inclusión se encuentra en la dirección del *clinopinacoide*, de un extremo a otro de la cara; y en los segundos estas inclusiones, que son de azufre, se hallan en la hemipirámide y en el prisma.

Las magnitudes de nuestros cristales son todas bastante grandes: el cristal mayor mide 96 cm. y el que le sigue 86 cm. en la zona 110. La mayor dimensión en la zona 010 es 15 cm., en la ortodiagonal 9 cm.; el perímetro del cristal más grande es de 38 cm., y su peso una arroba poco más o menos.

El proceso de la formación de estos yesos tiene dos fases: en la primera se formaron los cristales grandes; en la segunda una variedad de textura como grano de azúcar, que comprende muchos fragmentos de los cristales grandes.

Los yesos gigantes han sido mencionados por distintos autores

y en distintas localidades, así tenemos: los de Maryland (de 10 libras); de Utah (de 5 a 6 pies de longitud, con un peso que alcanzan hasta 100 libras y de un valor aproximado de \$5.000, según la estimación del Prof. Talmage a mediados del mes pasado); de Nueva Escocia; de Württemberg (45 cm. de longitud), etc., etc.

Credner los cita, por último, en el Permiano, dándoles una longitud de un metro; pero aun así podemos, si no considerarlos como los más grandes del mundo, sí colocarlos entre los más gigantescos, definidos y bellos de los cristales de yeso hasta hoy conocidos y estudiados.

N. DEGOULIN

México, Agosto de 1911.

(Tomado de las Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate", T. XXX, pág. 32). Traducción de "La Nature". Marzo de 1912, por S. Macías Valadez.

El yeso en su estado natural es inapreciable para la enmienda de los terrenos calcáreos y a este respecto puede mencionarse la experiencia de Franklin, quien escribió un letrero con yeso en un campo de alfalfa, al cabo de algún tiempo notó que el letrero se destacaba en relieve debido al mayor crecimiento de la planta, favorecida por el yeso.

Uniéndole gelatina al yeso se forma el estuco con que se preparan las paredes y fachadas. Las aguas selenitosas tienen aplicaciones medicinales.

El yeso se usó en la antigüedad como hoy el vidrio, para vidrieras y vitrinas y, así se dice que el primer invernáculo que inventó Tiberio, estaba cubierto con selenita.

El sulfato de calcio anhidro natural, se denomina *anhidrita*.

MELANTERITA

(*Caparrosa*)

Fórmula = $\text{Fe}_2\text{SO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$ Comp. = hidrosulfato de hierro
S = monoclinico P.e. = 1.89 a 1.90 D = 2

Es la caparrosa verde, o vitriolo natural. Procede de la descomposición lenta de los sulfuros de hierro, como la piritita y la marcasita. Se encuentra generalmente en masas capilares, fibrosas,

concrecionadas y estalactíticas o bien pulverulento, etc. Quebradizo de fractura concoidal.

Subtransparente. Color verde de varios tonos, pasando a blanco. Sabor dulce, astringente y metálico.

Ensaye. Al tubo cerrado da agua, con los fundentes y al soplete da las reacciones de fierro. Soluble en el doble de su peso de agua. Esta solución precipita por solución concentrada de cloruro de bario. Es eflorescente.

Localidades. Se produce en muchísimas minas de la República, pero especialmente en la mina de "El Bote" y Fresnillo, Zacatecas.

Aplicaciones. Se emplea para preparar el hermoso color azul de Prusia y el cóleotar; para obtener el ácido sulfúrico; entra en la composición de la tinta ordinaria y tiene aplicación en la tintorería y estampado de las telas. Su disolución se emplea para robustecer ciertas plantas o flores anémicas. Mezclado a la cal forma el caldo bordelés, muy empleado contra los hongos parásitos de las plantas.

Con ella se preparan, además, los colores negro, gris, violeta y el oro en polvo con que se dora la porcelana; como desinfectante es inapreciable y en medicina se recomienda como un astringente.

La *chalcantita* es la caparrosa azul o vitriolo azul natural, (sulfato de cobre).

Cristaliza en el sistema triclinico y procede de la descomposición de la chalcopirita. Se ha encontrado en muchos criaderos de cobre de la República.

CALINITA

(*alumbre natural*)

Fórmula = $\text{K,Al}(\text{SO}_4)_2 + 12 \text{H}_2\text{O}$ Comp. = hidro-sulfato de aluminio y potasio.

S = cúbico P.e. = 1.75 D = 2 a 2.5

Generalmente en costras y masas eflorescidas, pero susceptible de cristalizar en este sistema.

Transparente a traslucido. Incoloro o blanco, lustre vítreo, sabor astringente característico.

Ensayo. En tubo cerrado da agua, al soplete hierve y funde, tiñendo la llama de un pálido violeta; al carbón y con solución de nitrato de cobalto deja un residuo azul oscuro. Muy soluble en agua. Esta solución precipita abundantemente por el cloruro de bario.

Localidades. Se ha encontrado en Santa Cruz, Guanajuato. En la isla Vulcano, Lipari, existe un alumbre conteniendo huellas de los metales raros, talio, cerio, rubidio, etc.

El alumbre artificial se fabrica calcinando las arcillas piritosas, y, después de lixiviar la masa resultante se filtra la solución; se agrega otra de cloruro de potasio y se concentra hasta lograr cristalizar el alumbre.

Aplicaciones. Tiene las mismas que el artificial.

7.—TUNGSTATOS, MOLIBDATOS

VOLFRAMITA

Fórmula= $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$

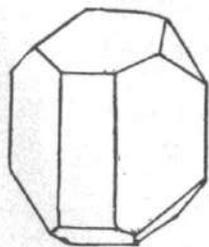
Comp.=tungstato de fierro y manganeso.

S=monoclínico

P.e.=7.2 a 7.5

D=5 a 5.5

Cristales comúnmente en prismas tabulares, también prismáticos, semejantes a los de la figura. Estrías verticales en zonas prismáticas.



Cristal monoclinico de volframita

También hojoso, laminar, divergente, etc. Crucero perfecto según una cara. Algunas veces débilmente magnético.

Opaco, color gris obscuro a negro. Raspadura casi negra. Quebradizo, de fractura irregular.

Ensayo. Al soplete funde fácilmente ($F=2.5$) en un glóbulo magnético de superficie cristalina. Con sal de fósforo da un vidrio elaro naranjado en caliente que a la llama de reducción se vuelve rojo obscuro. Con sosa o nitro y sobre la hoja de platino funde y deja un residuo verde azulado (manganeso). Descompuesto por agua regia con separación del ácido tungstico, da un color amarillo verdoso soluble en amoníaco. Descompuesto, también por ácido clorhídrico concentrado, cuya solución se vuelve intensamente azul y después blanca, agregándole una hoja de cinc.

Localidades. Se ha encontrado en el Estado de Durango, asociado a la casiterita.

Aplicaciones. Sirve para la extracción del tungsteno metálico que se emplea para los filamentos de las lámparas eléctricas, fabricación de aceros de "tiro rápido", etc., etc.

La *Wübnerita* es un tungstato de manganeso y sirve para los mismos usos que la *volframita* y la *scheelita*.

SCHEELITA

Fórmula= Ca, WO_4

Comp.=Tungstato de calcio.

S=tetragonal

P.e.=5.9 a 6.1

D=4.5 a 5

(Dedicada al químico Scheele)

Encontrado en prismas y octaedros de este sistema. También reniforme y en masas granulares.

Transparente a traslúcido. Color blanco, amarillento, amarillo pálido, moreno, verdoso o rojizo. Raspadura blanca. Quebradizo de fractura irregular.

Ensayo. Funde en el número 5 en un vidrio semi-transparente; con sal de fósforo da vidrio incoloro al fuego oxidante y con el reductor, verde en caliente y azul en frío.

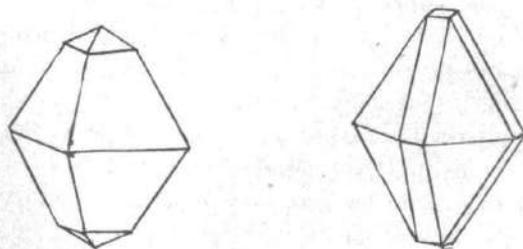
Descompuesto por ácido clorhídrico con separación de trióxido de tungsteno, amarillo verdoso.

Localidades. Se ha encontrado en "La Cruz", Distrito de Magdalena, Sonora y en la Baja California.

Aplicaciones. Se utiliza para la obtención del tungsteno metálico.

* A continuación damos una nota referente a los usos y aplicaciones más interesantes del tungsteno metálico:

1° En la fabricación de aceros de "tiro rápido" que gozan de la propiedad de soportar grandes temperaturas sin perder su temple, como acontece con los aceros ordinarios. Este acero ha sido desde luego empleado en la fabricación de cañones, fusiles; y toda clase de aparatos de guerra en donde el acero ordinario perdería su temple en breve tiempo por el calor producido con las descargas.



Schelita tetragonal

2° Su aplicación más feliz ha sido en la fabricación de los filamentos de las lámparas eléctricas, pues teniendo el tungsteno el más alto punto de fusión (3540°) y siendo menos volátil que el carbón, sustituye con ventaja al filamento de *madera de bambú* con que antiguamente se fabricaban dichas lámparas.

En el año de 1914, solamente en una fábrica de los E. U. fueron hechos más de 100 millones de lámparas eléctricas.

3° Es usado para las resistencias de los hornos y calefactores eléctricos.

4° Se han ensayado con éxito telas fabricadas con tungsteno y que sirven para filtrar líquidos corrosivos.

5° Ultimamente se están construyendo pesas y medidas patrones de tungsteno metálico, pues este metal es inalterable al aire y a los cambios de temperatura.

Así, pues, no hay que olvidar que los filamentos de las lámparas eléctricas están hechos a base de tungsteno metálico.

A continuación damos una lista de los minerales que contienen este valioso metal:

La *tungstita*: trióxido de tungsteno.

La *cuprotungstita*: tungstato de cobre.

La *scheelita*: tungstato de calcio.

La *stolzita*: tungstato de plomo.

La *reinita*: tungstato de hierro.

La *tungstenita*: sulfuro de tungsteno.

La *cuproscheelita*: tungstato de calcio y cobre.

Volframita: tungstato de hierro y manganeso.

La *hübnerita*: tungstato de manganeso.

La *powelita*: tungsto-molibdato de calcio.

Los ácidos descomponen estos minerales generalmente, dejando un residuo pulverulento, amarillo verdoso de trióxido de tungsteno.

Este polvo es la materia prima para la fabricación del tungsteno metálico y se vende a \$8.00 el kilo.

WULFENITA

Fórmula= Pb, MoO_4

Comp.=molibdato de plomo

S=tetragonal

P.e.=6.7 a 7

D=2.7 a 3

(Nombre tomado del mineralogista austriaco Wulfen).

Cristales comúnmente tabulares, en ocasiones extremadamente delgados u octaedros o prismas tetragonales.

También en masas granulares (granos gruesos y finos).

Subtransparente a traslúcido.

Color amarillo de cera o naranjado, rojo ladrillo, verde olivo, blanco agrisado, etc. Lustre resinoso a adamantino. Raspadura blanca. Quebradizo de fractura concoidea.

Ensaye. Decrepita y funde al 2. Con sal de fósforo y en llama de oxidación se obtiene una perla verde amarillenta que en la reducción se vuelve verde oscura. Con sosa y sobre el carbón, da plomo metálico. Descompuesto por evaporación en ácido clorhídrico, con separación de cloruro de plomo y trióxido de molibdeno; humedeciendo el residuo con agua y añadiendo una hoja de cinc toma un hermoso color azul que no se atenúa por dilución del líquido.

Localidades. Zimapan, Estado de Hidalgo; en los Distritos de Hermosillo, Sahuaripa y Magdalena, Sonora; en el mineral de

Tasco, Alarcón, Guerrero; en las minas de San Carlos y Albarra-dón, Mazapil, Zacatecas.

* *Aplicaciones.* Para la obtención del molibdeno metálico, empleado en la fabricación de los aceros molibdatados, para los soportes de los filamentos de las lámparas eléctricas y la fabricación de las sales de molibdeno, algunas de las cuales son importantes como el molibdato de amonio que es un reactivo eficaz para la determinación del ácido fosfórico.

VII.—SALES DE ACIDOS ORGANICOS

Oxalatos, melatos

OXACALCITA

Fórmula= $\text{Ca,C}_2\text{O}_4+\text{H}_2\text{O}$ Comp.=oxalato de calcio

Llamada también Whewellita.

Se encuentra en pequeños cristales incoloros, sencillos o ma-leados.

Transparente; lustre vítreo a adamantino; incolora; muy que-bradiza, fractura concoidea.

Procede de Sajonia en donde se encuentra asociada al carbón.

OXAMITA

Fórmula= $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4+2\text{H}_2\text{O}$ Comp.=oxalato de amonio

Es en rigor de justicia más bien un producto orgánico que un verdadero mineral. Se cree que pertenece al sistema ortorrómbico.

Se halla en pequeños granos aplastados, de estructura laminar, en ocasiones en cristales alargados y en polvo.

Transparente, lustre sedoso; color blanco amarillento. Por la acción del calor desaparece completamente, descomponiéndose en agua y protóxido de ázoe.

Procede de un guano de las Islas Guañape, Perú.

HUMBOLDTINA

Fórmula= $2\text{FeC}_2\text{O}_4+3\text{H}_2\text{O}$ Comp.=hidro-oxalato de fierro

(En memoria del barón de Humboldt).

También llamada Oxalita. Se cree que cristaliza en el sistema ortorrómbico, encontrándose más bien en masas pequeñas, a veces arriñonadas, de estructura fibrosa, compacta o terrosa.

Dureza 2 y peso específico 2.13 a 2.49.

Opaca, color amarillo; mate o poco lustrosa y de brillo resino-so. Eléctrica por frotamiento.

Al tubo cerrado da agua, se ennegrece y se hace magnética. Al soplete se oxida, transformándose en óxido rojo de hierro.

MELITA

Es un melato de aluminio hidratado de la fórmula $\text{Al}_2\text{C}_{12}\text{O}_{12}+18\text{H}_2\text{O}$.

Encontrada en asociación con carbón pardo en Thuringia, Bo-hemia y otras partes.

Pertenece al sistema tetragonal y existe en cristales octaédri-cos tetragonales, con las caras rugosas y arredondadas.

También se ha encontrado en nódulos compactos de estructura granular.

Color amarillo de miel.

VIII.—COMPUESTOS HIDROCARBONADOS

Estos compuestos no tienen composición química definida y pocos cristalizan, siendo más bien mezclas de dos o más compues-tos que se logran separar por destilación fraccionada o por me-dio de disolventes adecuados.

En tal virtud no corresponden a la Mineralogía pura y sólo por sus aplicaciones industriales es por lo que se consignan entre los minerales.

PARAFINITA

Es una *parafina nativa* cristalizada, que se encuentra en las cavidades de la lava basáltica, cerca de Palermo, Italia.

OZOQUERITA

(Cera mineral)

Mineral muy parecido a la cera o esperma de ballena.

Incolora o blanca cuando está pura, a menudo también verde musgo, amarillento, moreno, etc.

Se encuentra en capas de carbón o asociado a depósitos bituminosos y está formado principalmente de parafina, con especialidad de un compuesto hidrocarbonado de la serie superior.

Existe en grandes cantidades en Utah, E. U.

La *zietrisikita*, *chrismatita* y *urpethita* pertenecen a esta especie.

AMBAR

También llamado *succinita* o *karabé*.

Es una resina fósil que se encuentra en masas irregulares de fractura concoidea y lustre francamente resinoso.

El color más común es el amarillo; algunas veces rojizo, moreno o blanquizo. Transparente a traslúcido y algunas veces fluorescente.

Hay ejemplares muy curiosos que contienen en su interior animalitos, insectos fósiles que quedaron aprisionados en su masa.

El ámbar procede de las costas meridionales del mar Báltico, en donde se acumula arrojado por las olas del mar entre Königsberg y Memel. Se encuentra generalmente asociado a los lignitos.

Por su notable propiedad de electrizarse por frotamiento, se le llamó *electrum*, y fué el origen de la actual palabra "electricidad". Lo hay en Chiapas.

Aplicaciones. Se le busca con ahínco para fabricar barnices finos para muebles y objetos de lujo; se extrae, también, del ámbar, el ácido succínico. Se fabrican, asimismo, una gran cantidad de pequeños objetos de lujo, como boquillas de fumar, brazaletes, collares, tabaqueras, etc., etc.

COPAL FOSIL

Es una resina fósil muy semejante a la goma copal actual. Se encuentra en Highgate, cerca de Londres.

Su transparencia, color, lustre y dureza son muy semejantes a los del copal verdadero. Da olor aromático y resinoso cuando se le frota.

La *berengelita*, de San Juan de Berenjela, América del Sur, la *Guayaquilita*, de Guayaquil, la *middletonita*, la *piaurita*, etc., son otras tantas resinas fósiles que pueden agruparse aquí.

Al copal fósil también se le llama *copalita*.

PETROLEO

Bajo esta denominación se comprenden mezclas de hidrocarburos sólidos, líquidos y aun gaseosos que pertenecen generalmente a la serie parafénica y de la fórmula C_nH_{2n+2} .

Considerados los petróleos físicamente, son líquidos o aceites de olor desagradable y de colores variables, desde el amarillo obscuro hasta el casi negro, siendo el color más común el verde obscuro; su consistencia varía enormemente desde el muy fluido hasta el muy denso y casi sólido; su peso específico varía desde 0.6 a 0.9.

Sería imposible, por falta de espacio, consignar aquí un estudio sobre los petróleos del subsuelo nacional.

Sobre tan importante asunto se han escrito centenares de libros y folletos.

La importancia mundial de este inapreciable producto y la inconcebible riqueza que de él goza el suelo patrio, hace que para México sea el petróleo una fuente inmensa de recursos naturales, que ya empieza a ser explotada, aunque no como sería de desearse; pues casi todas las compañías que se han ocupado de este importante asunto son extranjeras.

Hace unos 15 años aproximadamente, tuvo lugar un formidable siniestro en nuestras costas nacionales. Los periódicos dieron detallada cuenta de un formidable incendio ocurrido en el pozo de Petróleo "Dos Bocas". El petróleo crudo se desbordó ardiendo sobre los terrenos y avanzó hacia la costa, llegando al mar, sobre cuyas aguas siguió ardiendo, no obstante los esfuerzos sobre-humanos que las autoridades hicieron por contenerlo. El incendio duró varios meses, extinguiéndose por agotamiento del combustible y cuando ya se habían perdido muchos millones de pesos.

Se encuentra acumulado en las cavidades de ciertas rocas y

pertenecientes a todas las edades geológicas desde el Silúrico superior hasta la época presente.

Algunas veces el petróleo brota espontáneamente en ciertos lugares, debido a la fuerza expansiva de los gases que se desprenden lentamente de su masa.



Largo y cansado sería consignar la lista de sus localidades y aplicaciones, por demás bastante conocidas, pues nadie ignora que la costa Veracruzana es inmensamente pródiga en yacimientos petrolíferos.

Sin embargo, daremos nota de los puntos más notables de Veracruz.

- Cantón de Jalancingo.
- Cantón de Tuxpan.
- Cantón de Minatitlán.
- Cantón de Papantla.
- Cantón de Ozuluama.
- Cantón de Tantoyuca.
- Cantón de Acayucan.

ANÁLISIS QUÍMICOS DE CHAPOPOTES MEXICANOS

DESTILACION FRACCIONADA

Número del análisis	Región de	LOCALIDAD	Consistencia	Azufre por ciento	Peso específico	Cantidades por ciento a las temperaturas de						Peso específico de las fracciones anteriores a 15°C.						Número del análisis
						20 a 150°	150 a 200°	200 a 250°	250 a 300°	300° a Asfalto	Asfalto	20 a 150°	150 a 200°	200 a 250°	250 a 300°	300° a Asfalto	Asfalto	
839	Ebano.....	Pozo 17.....	Fluido	0.996	2.59	12.37	1.75	4.08	8.45	26.28	44.07	.....	0.774	0.823	0.835	0.885	.....	839
840	Idem.....	Chapopotera Tampanalche.....	Viscoso	1.035	2.10	7.49	9.84	4.29	6.92	19.26	47.51	0.819	0.820	0.845	0.877	0.938	1.13	840
819	Tuxpan....	Chapopotera Cerro Azul....	Fluido	0.987	2.21	10.37	6.34	14.00	12.85	18.11	36.23	0.860	0.904	0.912	0.936	0.942	1.132	819
817	Idem.....	Chapopotera Cerro Viejo.	Fluido	0.978	1.12	10.62	9.36	28.51	14.75	0.00	34.46	0.863	0.905	0.920	0.932	.....	1.130	817
818	Papantla...	Chapopotera Guhas.....	Fluido	0.983	2.12	13.54	9.60	15.36	30.29	0.00	27.79	0.866	0.907	0.919	0.938	.....	1.128	818
790	Tehuantepec	Jalispán, Pozo 2.....	Fluido	0.983	1.87	9.87	10.41	3.29	25.20	23.44	26.14	0.862	0.908	0.916	0.924	0.934	1.137	790
452	Idem.....	Chapopotera San Cristóbal.	Fluido	0.966	2.34	17.86	10.66	0.00	17.73	23.71	28.64	0.834	0.906	.....	0.913	0.936	1.124	452

NOTA.—La fracción destilada entre 20 y 150° está constituida por agua y pequeña cantidad de aceites ligeros.

BIBLIOGRAFIA ACERCA DEL PETROLEO EN MEXICO

Maximino Alcalá.—Criaderos de petróleo de Pichucalco. Estado de Chiapas. *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*. Tomo XLII, págs. 311 a 326.

Andrés Almaráz.—Estudio e informe sobre el petróleo de Aragón. México. Imp. de I. Escalante. 1903. 12 p.

Agustín Barroso.—Memoria sobre la Geología del Istmo de Tehuantepec. *Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana*. Tomo III, 1897, pág. 273.

John C. Spear. Report on the Geology, Mineralogy, Natural History, &c., of the Isthmus of Tehuantepec. *Rep. of Expl. and Surveys, to ascertain the practicability of a Ship-Canal, etc.*, by R. W. Shufeldt. Washington, 1872, págs. 103-104.

Juan D. Villarello.—Estudio de la Teoría química propuesta por el Sr. D. Andrés Almaráz, para explicar la formación del petróleo de Aragón, México, D. F. *Parergones del Instituto Geológico de México*. Tomo I, núm. 4, 1904, págs. 95 a 111.

(Según el Sr. Ing. J. Villarello).

El chapopote de la costa del Golfo de México en las regiones aquí descritas, parece ser un producto de descomposición lenta de la materia animal, proporcionada por una fauna marina neocretácica y eogénica principalmente.

Los receptáculos petrolíferos subterráneos cortados hasta ahora por las perforaciones no parecen ser primarios, sino secundarios, es decir, que el chapopote no se formó en las capas cortadas, sino que se acumuló en ellas el petróleo ya resinificado que caminó por grietas desde los receptáculos primarios, hasta encontrar lugares apropiados para su acumulación. Estos lugares fueron principalmente: los tramos porosos de las rocas, los espacios vacíos existentes entre las caras de separación de los estratos, y también las grietas por las cuales emigró el petróleo y se resinificó.

Por los datos obtenidos con las perforaciones, puede decirse: que en las regiones estudiadas, los receptáculos petrolíferos secundarios tienen la forma de vetillas, de venas y de lentes aplastadas, relativamente de pequeñas dimensiones por lo general; y que es-

tas lentes están diseminadas en una gran extensión de terreno, y se hallan también muy diseminadas a la profundidad.

La estructura monoclinal del terreno en algunas de las regiones estudiadas, y en otras la forma inconveniente de los anticlinales, su muy poca inclinación en los flancos y su poca pendiente en las cercanías de las crestas, no fueron favorables para la emigración fácil del chapopote por las caras de separación de los estratos, ni para su acumulación en grandes receptáculos petrolíferos de origen secundario.

Las zonas de contacto entre las rocas sedimentarias y las partes intrusivas de los basaltos de las regiones descritas, compensaron en parte la desfavorable estructura monoclinal, facilitaron la emigración del chapopote de la profundidad hacia la superficie del terreno, y permitieron la acumulación del chapopote en receptáculos directamente comunicados con las referidas zonas de contacto.

Cuando existen chapopoterías en el afloramiento de las zonas de contacto antes mencionadas, creo que cerca de ellas deben abrirse las primeras perforaciones exploradoras, las cuales cuentan con probabilidades de éxito comercial, y son ellas las que en poco tiempo relativamente, pueden proporcionar datos muy interesantes para poder opinar con fundamento, acerca del valor comercial de la región petrolífera que se estudia y explora.

(Según el Sr. Villarello).

Según el Sr. Dn. Alfredo Aragón ("Le Trafic International par le Mexique". Paris. 1917, p. 25), hace diez años México no figuraba entre los países productores de Petróleo (y aún se dijo por los técnicos que éste no existía en nuestro territorio). Sin embargo, a medida que se producían las manifestaciones superficiales de la presencia del petróleo conocidas con el nombre de chapopoterías, la atención del capital se despertó y adquirió tal desarrollo que en cinco años, por decirlo así instantáneamente, México ha llegado a ocupar el tercer lugar entre los países de producción petrolífera, y no tardará, sin duda, en subir aún otro escalón en la estadística mundial. Estados Unidos y Rusia son los únicos países que sobrepasan en este momento a México. El primero ha manifestado una producción de 281.104,104 barriles de 42 galones, en 1915, y el segundo ha producido en el mismo año

68.546.062 barriles. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la industria petrolífera en los Estados Unidos existe desde 1860, siendo tres años menos antigua en Rusia, en tanto que la de México apenas está naciendo (1917), puesto que la explotación data solamente de 1910.

Las regiones petrolíferas de México más conocidas hasta hoy, son las de Tampico, Tuxpan, Istmo de Tehuantepec, Tabasco y Chiapas (Quintana Roo como probable). Pero existen vestigios de petróleo en otros sitios de la República, en Baja California por ejemplo, donde se comienza a hacer sondeos importantes, que permiten suponer existe en particular abundancia en la parte meridional de esta región. Otros indicios igualmente favorables se manifiestan en los departamentos de Jalisco (Chapala), Oaxaca (Tlaxiaco, Silacayoapan, Puerto Angel), Puebla, Hidalgo, Durango, Sonora, Chihuahua (donde se ha abierto un pozo que produce cerca de mil metros cúbicos y obtenido excelentes resultados), Coahuila, etc.

El petróleo bruto mexicano es un líquido viscoso casi siempre de color negro, algunas veces moreno o verde oscuro, y cuya densidad varía entre 0.783 y 1.012, sin olor cuando está frío y ligeramente balsámico cuando se le calienta. En general la calidad del petróleo mexicano es muy buena y sus propiedades de conjunto, densidad, punto de inflamación, viscosidad, coeficiente de dilatación y poder calorífico, le clasifican como un producto de primer orden.

La industria petrolífera toma una extensión considerable en México y su explotación se hace según los últimos perfeccionamientos de la ciencia y del genio. Los pozos perforados y que sirven para la explotación actual tienen una profundidad que varía entre 750 y 1400 metros. La profundidad media es de cerca de 950 metros en la región de Tampico y Tuxpan. Fácilmente nos daremos cuenta, por tanto, del trabajo y gastos enormes ocasionados por la perforación de estos pozos y la instalación de los tubos u oleoductos que deben llevar el líquido a la superficie. Para conducir el petróleo se hace uso de oleoductos, especie de conductos que van del pozo hasta los lugares de distribución, donde sufren el refinado y otras manipulaciones necesarias antes de recogerse en grandes recipientes de acero, cemento, etc. Existen actualmente en nuestros campos petrolíferos 373 recipientes, la mayor parte

de acero, habiendo además 62 cisternas de tierra y cemento, de una capacidad total que permite almacenar hasta 3.500.000 metros cúbicos de líquido.

En cuanto a los medios de transporte se ha construido un material *ad hoc*, tanto para el transporte al interior (vagones especiales o tanques), cuanto para las exportaciones (botes-cisternas).

Los subproductos del petróleo son de una gran variedad y empleo cotidiano en la industria. Para obtenerlos es necesario refinar el petróleo bruto, destilarlo y someterlo a diversas manipulaciones cuyo primer residuo es el alquitrán. Entre los subproductos se clasifican muchos aceites lubricantes, otros más ligeros destinados al alumbrado. De los pesados se obtienen asfaltos, parafina, vaselina, etc. Actualmente muchas grandes refineries funcionan en México, pero no bastan y se exporta mucho petróleo bruto. La gasolina, base de la aviación, los motores de automóviles, etc., es un producto del petróleo. Este tiende a sustituir el carbón y la leña en las locomotoras y en los buques.

Las ventajas que tiene el petróleo sobre el carbón son de gran alcance. Su poder calorífico es mayor, es menos estorbo, menos sucio, no incrusta las calderas, casi no da humo y su transporte es mucho más fácil. Además de la facilidad de poderlo utilizar en el estado bruto, su precio más bajo hace que el petróleo mexicano sea un combustible ideal. El 60% es exportado a los Estados Unidos, una pequeña parte llega a Europa y otra, más limitada, se queda en México, donde se emplea como combustible y para usos domésticos.

Según datos del Instituto Geológico, el poder calorífico de algunos petróleos de Tampico, Tuxpan y Tehuantepec, sobrepasa en 40% el de los mejores carbones europeos.

La producción de petróleo en México se ha elevado en 1915 a 33 millones de barriles de 42 galones, o sea 12.000.000 más que en 1914. Durante los meses de mayo y junio del año de 1915, los yacimientos sólo de la región de Tampico-Tuxpan, han producido 1.806.318 y 1.913.904 de barriles respectivamente de petróleo bruto, deduciendo 70.262 barriles que fueron refinados en el lugar. Desde Enero de 1917 la "Compañía Mexicana de Petróleo", produce mensualmente 10.000.000 de barriles para una compañía de vapores.

El cuadro siguiente establece que la producción mexicana du-

rante el período transecurrido entre 1904 y 1915 se ha elevado siguiendo una progresión, por decirlo así, no interrumpida, al total de 123 millones 064.229 barriles.

Producción de petróleo bruto en México.

(1904-1915)

Años.	
1904.....	220.653 barriles de 42 galones (el galón equivale a 5 litros).
1905.....	320.379
1906.....	1.097.264
1907.....	1.717.690
1908.....	3.481.610
1909.....	2.488.742
1910.....	3.332.807
1911.....	14.051.643
1912.....	16.558.215
1913.....	25.696.291
1914.....	21.188.427
1915.....	32.910.508
Total....	123.064.229

El Sr. Ing. Ezequiel Ordóñez, autoridad en la materia, calcula con datos muy moderados, que hay cien millones de barriles de la reserva que contiene solamente la mitad del área de Veraacruz a Tamaulipas. I. C. White ha estimado recientemente por su parte, después de una visita y estudios profundos, sobre las propiedades de la Compañía Mexicana de Petróleo, cuya superficie es de cerca de 250.000 hectáreas en los campos de Cerro Azul, Juan Casiano y Ebano, que sólo en estas propiedades la cantidad de petróleo que puede extraerse pasa de cinco millones de barriles. Concluye que México tiene bastante petróleo para producir un millón de barriles por día durante cuarenta años.

*Una estadística
Según la prensa de información*

Las estadísticas, se nos dijo, demuestran que hasta mil novecientos veintinueve, la industria petrolera mexicana fué en aumento, y que desde el año siguiente comenzó su descenso.

Comienzan las estadísticas con la producción petrolera habida en 1901; era entonces una cantidad irrisoria de petróleo la que se obtenía de nuestros pozos, y exorbitante el caudal de aceite que se extrajo ya en el año de 1921, época en que se anotó el máximo de la producción.

He aquí la estadística:

	Barriles.
1901	10,345
1902	40,200
1903	75,375
1904	125,625
1905	251,250
1906	502,500
1907	1.005,000
1908	3.932,900
1909	2.713,500
1910	3.634,080
1911	12.552,798
1912	16.558.215
1913	25.696.291
1914	26.235.403
1915	32.910.508
1916	40.545.712
1917	55.292.770
1918	63.282.326
1919	87.072.954
1920	157.068.673
1921	193.397.587
1922	182.278.457

El descenso en la producción, comparando la de 1922, anotada en último término, con la del año anterior puede calcularse que fué proporcional en un veintitrés por ciento más o menos, y así es en efecto, pues según se nos informó, el número de barriles de aceite obtenidos de nuestros pozos en 1923, apenas si llegará a ciento cuarenta millones de barriles, habiendo en consecuencia una reducción en números redondos, de cuarenta y dos millones.

Basta sumar las cantidades ya especificadas, para apreciar la enorme riqueza que de México ha ido al extranjero en lo que va

corrido del siglo actual: nada menos que UN BILLON Y CUARENTA Y CINCO MILLONES de barriles, en números redondos, que representan en pesos mexicanos, la cantidad más grande que con relación a metálico se haya escrito, por un solo capítulo en el mundo entero.

ASFALTO

Se conoce con multitud de nombres, como los de Betún glutinoso, pisasfalto, pez o betún mineral, cera de mar, betún de Malta, betún de Judea, carabé de Sodoma, etc.

Tiene este mineral estructura compacta, altamente quebradizo, de fractura concoidea, dejando superficies de un hermoso brillo y color negro intenso. Se electriza por frotamiento y se funde en agua hirviendo. Arde con llama brillante y despidе mucho humo.

Procede del Mar Muerto, en donde se ha acumulado arrojado por las olas, pero también se han encontrado depósitos en Albania y muchos puntos del antiguo y nuevo Continente.

En nuestra Patria no escasea el asfalto y se encuentra en muchos lugares entre los que se cuentan como más importantes:

En Veracruz en casi todos los Cantones antes mencionados para el petróleo; en las inmediaciones del lago Chapala, Jalisco; en Hidalgo; en los Distritos siguientes: Zacuatlipán, Jacala, Metztitlán, Molongo y Huejutla; en Puerto Angel, Pochutla, Oaxaca; en los Distritos de Tepeji, Huauchinango y Tetela, en Puebla.

Aplicaciones. Se usa diariamente en la pavimentación de las calles, patios y establos, mezclado a la grava, que le da dureza y cuerpo.

Se recomienda especialmente para los suelos húmedos, pues impide que se infiltre el agua por capilaridad.

Se ha aplicado también en la fabricación de cementos impermeables y como barniz para metal es inmejorable, especialmente para el hierro, pues impide su oxidación.

Una de las aplicaciones históricas muy curiosa es la que se refiere a su uso para embalsamar y momificar cadáveres. Se supone que dicho compuesto lo aplicaban líquido mediante algún disolvente adecuado a fin de que penetrase el asfalto por todas las cavidades del cuerpo.

ELATERITA

(Betún elástico)

Es un caucho mineral. Se conoce también con el nombre de caucho fósil. Se presenta en fragmentos de color pardo, extensibles y elásticos, sobre todo después de inmersión en agua hirviendo.

CARBONES MINERALES

A este grupo pertenecen todos los productos naturales, que procediendo primitivamente de vegetales y plantas de todas clases, han sufrido un lento proceso de carbonización, favorecido por la acción combinada del calor, la humedad y las presiones interiores.

La mayoría de los carbones naturales datan de épocas muy remotas de la historia de la tierra, denominándose un período *carbonífero*, debido a la inmensa cantidad de hulla o carbón de piedra existente en sus terrenos. No obstante, este proceso de carbonización se está llevando a cabo aún a nuestra vista, pues la turba es una acumulación de restos de vegetales inferiores en el seno de las aguas pantanosas o charcos que se denominan turberas.

Para su estudio los carbones naturales se han dividido en cuatro grupos, que van desde los más antiguos y por consecuencia, los mejor carbonizados, hasta los más modernos o verdaderas maderas en vías de petrificación.

Grupo 1º. *La antracita*, el más antiguo de los carbones. Petrificación y carbonización casi completa; es raro encontrar la huella de su origen orgánico. Arde muy difícilmente y no produce olor ni humo.

Es de un color negro brillante.

Es el eslabón que une a la hulla o carbón mineral con el grafito, que, como se recordará, es un carbón desposeído absolutamente de carácter orgánico.

Grupo 2º. *La hulla.* Color negro mate, en ocasiones lustroso y mostrando reflejos iridescentes. Arde fácilmente con despreñamiento de humo y olor bituminoso. Por destilación se obtienen gases combustibles, aceites bituminosos y un residuo del color y brillo del acero, denominado cok. Se aprovecha, como todo

el mundo lo sabe, como un combustible de primer orden, para hornos y máquinas de alta potencia. Produce gases propios para el alumbrado y actualmente todas las materias colorantes denominadas comúnmente anilinas.

Grupo 3: Carbón pardo o Lignita. Denominado así por presentar claramente las huellas de su tejido leñoso y por lo mismo se le llama también carbón pardo.

La variedad terrosa de lignito reducida a polvo fino es usada en pintura con el nombre de *Tierra Cassel*, y la otra variedad compacta y susceptible de hermoso pulimento, constituye el azabache, que tanto se usó en otros tiempos para adornos de luto, como collares, prendedores, mancuernillas, etc.

Grupo 4: La turba. Es un producto impropio para la combustión, pues arde con mucho humo y olor insoportable.

Se ha formado, como antes se dijo, de la acumulación de vegetales inferiores en un medio pantanoso. La descomposición del vegetal comienza por la putrefacción, que consiste en la formación de ácidos orgánicos principalmente los ácidos húmico, crénico y panerénico.

Tiene como característica la turba, ser una sustancia muy ligera y poco compacta y de color café obscuro a negro. A menudo se encuentra mezclada con arcilla, arena y grava, procedentes del lecho del pantano o lago donde se formó.

En Alemania, la turba se aprovecha para la extracción del amoníaco, productos nitrogenados, etc., y, prensada y cortada en láminas, se emplea para fondos de cajas de insectos, alfileteros, etc., etc., en sustitución del coreho.

En los lagos de Xochimilco y Chalco existen grandes cantidades de turba que los indígenas aprovechan como combustible barato. Es la turba el eslabón o lazo que une la sustancia orgánica con la mineral y así propiamente se puede decir que es una madera en vías de petrificación.

La turba se ha encontrado, también, en la Laguna de Chapala y en la Sierra del Tigre y Pueblo Nuevo, Cantón de Sayula, Jalisco; en el nacimiento del Río Lerma, México; a las orillas de la ciudad de Tepic; a 2 kilómetros de la ciudad de Saltillo; en la Hacienda de Tezahuapan, Puebla y en el Estado de Guerrero.

GEOLOGIA

SEGUNDA PARTE



INTRODUCCION

1. Más de una vez, absortos ante la contemplación del infinito, teniendo por única compañía a ese blanco globo frío, que ilumina con su argentada luz los seres y las cosas sumergidas en el sueño y el reposo; más de una vez, al contemplar el furor de la tormenta y aun deslumbrados por la brillante luz de los relámpagos y ensordecidos por el ruido majestuoso de los truenos, nos hemos preguntado, cuál es el pasado del planeta en que habitamos, cuál su origen, cómo ha llegado a ser lo que es y qué será de él dentro de miles de años, en una palabra qué es, qué ha sido y qué será de la tierra y sus habitantes.

Où va l'homme sur la Terre? decía Víctor Hugo.

Estas graves reflexiones que velozmente han cruzado por nuestra imaginación, son explicadas satisfactoriamente por una ciencia, quizá la más interesante y difícil de estudiar, pero también la más fecunda en enseñanzas y conclusiones: la Geología.

Esta ciencia estudia, pues, a la tierra, desde varios puntos de vista. En primer lugar, considera al planeta como integrante de los demás cuerpos celestes con los cuales guarda una completa analogía en cuanto a la unidad de su origen, de su composición y de las leyes inmutables que presiden sus movimientos en el tiempo y en el espacio. En este concepto, la tierra necesita de la cooperación de la Astronomía.

Anatómicamente considerada la tierra es estudiada por la Geología en sus diversas partes constitutivas: sus órganos son los volcanes y cordilleras; sus tejidos, los terrenos; la epidermis, su superficie; las arterias, sus ríos y corrientes subterráneas, etc., etc. (Véase la "Biología y Plasmogenia", p. 131).

No hay cosa que se sustraiga a esta vida universal cósmica, que radica en el seno mismo de la materia, dotada de un dinamismo

intra-atómico enorme y sujeta a las leyes físico-químicas conocidas.

Así, pues, el dinamismo terrestre, o sea la fisiología telúrica así como la vida cósmica en general, se reclinan sobre las leyes de la química y de la física, ciencias gemelas que auxilian a la Geología.

Todo lo que vive tiene una historia y la tierra tiene la suya. La condensación de la nebulosa telúrica, su solidificación, formación de las primeras rocas y terrenos y distribución general de los continentes y los océanos, etc., etc., son estudiados por la Geología histórica.

La aparición de los primeros organismos vegetales y animales en sus relaciones con los actuales, así como el progreso evolutivo que han sufrido para llegar a la perfección actual, son estudiados por la Paleontología, que se ocupa de las faunas y floras del pasado. La Paleontología, en tal virtud, forma parte de la Geología histórica.

El estudio de las rocas que forman la corteza terrestre es lo que constituye la Petrografía o Litología, y la parte que estudia los elementos de estas rocas es la Mineralogía.

Ahora bien, los agricultores saben perfectamente que hay diferentes clases de terrenos más o menos propicios para determinada siembra, y para conocer la composición de estos terrenos tienen que solicitar las luces de la Geología.

¿Qué constructor niega la necesidad de conocer, siquiera sea rudimentalmente, principios de Geología para encontrar los mejores y más grandes yacimientos de rocas para construcción, y qué marmolista ignora que Puebla, Oaxaca, Coahuila y Baja California son Estados que producen mármoles de extremada belleza y pulimento?

El ingeniero que tiende una vía férrea o que abre un túnel en la dura roca, así como el que salva un precipicio con un puente o cava un pozo para obtener las aguas que necesita para el riego, no pueden trabajar sin antes haber consultado a un Geólogo sobre la composición de los terrenos.

Y qué diremos del minero que emprende una explotación racional de un mineral. ¿Podrá acaso despreciar las reglas deducidas de la experiencia, que da la Geología, para encontrar una veta o filón perdido por una falla del terreno?

Desde este punto de vista, la Geografía física le presta su ayuda y contingente.

Nosotros, muy lejos de pensar que nuestro planeta tierra reposa millones de siglos ha, descansando de las fatigas de su carrera, podemos afirmar que no hay ninguna diferencia esencial entre ella y los organismos, es decir, no la consideramos como un cuerpo muerto, desprovisto de vida, sino, muy al contrario, le concedemos una vida, de la que gozan todos los seres existentes, esta vida universal cósmica, base y asiento de la vida orgánica, que es su manifestación más perfecta.

La tierra nació, como los astros todos, de la condensación de una nebulosa animada de vertiginoso movimiento o viene del choque de dos nebulosas, y tiene que morir cuando las circunstancias le sean desfavorables. Actualmente la tierra es asiento de innumerables cambios y modificaciones: los ríos en su devastadora empresa de corroer, arrancar, disolver y acarrear eternamente, están cambiando la faz de los continentes, denudando las montañas y rellenando los mares. Los volcanes, enormes aparatos de deyección, que ponen en comunicación el interior con la superficie de la tierra, son una elocuente demostración del dinamismo terrestre interno y, obran antagonicamente con los ríos, levantando depresiones y haciendo emerger tierras desde el fondo de los mares; si los ríos tratan de nivelar la superficie de las tierras, los volcanes agrandan y agigantan las montañas y hacen brotar tierras en donde solamente había agua. Si el océano, lamiendo las costas dulcemente, carcome la arenosa playa y modifica lentamente sus orillas, los volcanes, lanzando ríos de lava, mares de espuma y montes de ceniza, vuelven tierra firme lo que acaso fué un lago, una depresión o fragmento de mar. Si la primera aumenta la superficie de las aguas oceánicas, la otra aumenta la de las tierras emergidas.

Además de estos dos agentes dinámicos importantes, tenemos otros varios que, como los hielos, la atmósfera, los vientos, etc., obran de una manera decisiva sobre la configuración de nuestro planeta.

Y bien, el ser que nace, que se modifica de mil maneras, que evoluciona y muere, ¿no podrá decirse que tiene vida?

La vida no es un privilegio de los organismos, pues es un atributo de lo que existe. (Véase la "Biología y Plasmogenia", p. 131).

La Geología es útil para el agricultor, para el industrial, para el minero, para el contratista, para el doctor, para el artista y para el estudiante.

Esta hermosa ciencia no sólo es necesaria por las enseñanzas que da, sino por las conclusiones a que llega; quien la ha estudiado, abandona por completo esas locas supersticiones sobre la creación de los seres y las cosas.

La teoría *Cataclísmica* de Cuvier ha sido abandonada por carecer de bases científicas, pues las experiencias de Lyell demostraron claramente que los fenómenos pasados se deben a las causas actuales y que los seres de hoy son las especies de ayer, que han sufrido una lenta pero constante evolución. De esta manera los fenómenos geológicos pueden reproducirse en pequeño en los laboratorios, habiéndose llegado a obtener sintéticamente muchos de los elementos constitutivos de las rocas; además, la teoría de las causas actuales, simplifica el estudio de la dinámica terrestre, pues un río, un lago o un terreno estratificado nos enseñan claramente lo que es la erosión, la sedimentación y la estratificación.

Si la geología se limita a describir la tierra tal como se encuentra actualmente, con sus océanos y sus continentes, con sus montañas y depresiones, enumerando al mismo tiempo los múltiples fenómenos meteorológicos que tienen lugar en su superficie como los climas, las nevadas, las lluvias, los ventisqueros, etc., etc., se denomina Geología fisiográfica.

Si en lugar de una simple enumeración de las partes de este complicado organismo se da cuenta de sus fenómenos, investigando la causa que los produce, deduciendo al mismo tiempo sus resultados en el tiempo y en el espacio, en una palabra, si se trata de la fisiología telúrica, entonces interviene la Geología dinámica.

La parte de la Geología general que estudia la estructura, arreglo y composición de la corteza terrestre, se llama Geología estructural o estratigrafía y, por último, la ciencia que narra la historia de la tierra, su nacimiento, su infancia, sus diferentes eras o edades y la evolución de sus minerales, rocas y organismos se denomina Geología histórica.

Geología fisiográfica, Geología estructural, Geología dinámica y Geología histórica serán, pues, capítulos en que dividiremos la presente obra.

CAPÍTULO PRIMERO

GEOLOGIA FISIOGRAFICA

2. Bien sabido es que la tierra es un esferoide o esfera achata-da a nivel de los polos y cuya forma más aproximada recuerda la de una naranja. Su radio mide 6366 kilómetros, su círculo máximo 40.000 y su volumen pasa de un billón de kilómetros cuadrados.

Su peso, deducido de los profundos estudios hechos acerca de las atracciones que los cuerpos celestes ejercen entre sí, arroja la cifra aproximada de 934 millones de kilogramos.

3. *La tierra en el espacio.* Verdad muy conocida es, por cierto, que nuestro planeta es un inmenso globo que se mantiene aislado en el espacio, sin descansar en ningún punto material y gozando de tres movimientos que le son propios: el primero, sobre un eje teórico que se supone pasa por sus dos polos norte y sur, y tarda 24 horas para volver al punto de partida.



Forma aproximada de la tierra

El segundo, alrededor del sol y cuya revolución dura 365 días y 6 horas y, por último, acompaña al sol en su marcha a través de los espacios siderales y en dirección de una estrella de la constelación de Hércules. (1).

4. *Datos astronómicos.* La distancia entre la tierra y el sol es inmensa y para dar una ligera idea acerca de esto, baste saber que una bala de cañón disparada con la mayor rapidez desde la tierra al sol, y animada siempre de una misma velocidad inicial, tardaría en llegar a éste, nueve años, ocho meses.

Si se pudiera tender una vía de la tierra al sol y lanzar por esa vía un ferrocarril, con una velocidad regular de 50 kilómetros por hora y sin detenerse nunca, ni modificar su velocidad inicial, tardaría en llegar al sol 337 años.

Los cálculos más aproximados que se recuerdan arrojan la increíble cifra de 148 millones de kilómetros, 23,000 radios terrestres.

La tierra tiene un satélite muy conocido para nosotros, la luna, la cual gira alrededor de nuestro planeta, describiendo una elipse y tardando en su revolución 29 días y medio.

Es la luna un globo frío y carece de atmósfera y luz propia, pues no hace sino reflejar hacia nosotros la que recibe del sol. La luna carece igualmente de agua y, por consecuencia, de seres organizados.



Un paisaje lunar

Con un poderoso telescopio se observan infinidad de arrugas y enormes depresiones que fueron los fondos de los mares y océanos y enormes cráteres de volcanes y montañas inmensas, cuya al-

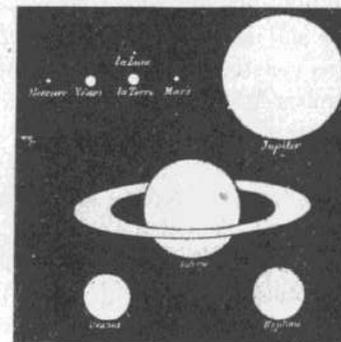
(1) Se han descrito otros movimientos secundarios.

tura han medido los astrónomos, asegurando que las más altas montañas de la tierra siempre son más pequeñas que las de la luna.

La tierra y la luna tienen influencia recíproca muy marcada y, aunque esta última es 49 veces más pequeña que la tierra y la distancia que los separa es de 384.000 kilómetros (60 radios terrestres), sin embargo, las aguas continentales y oceánicas son atraídas por ella, produciendo el fenómeno de las mareas.

El sol, hermoso astro, fuente de luz y del calor terrestres, es el centro de un sistema llamado planetario o sistema solar, pues en torno de él, giran describiendo curvas elípticas los planetas siguientes: Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno.

Sus dimensiones comparadas pueden verse en la figura.



Dimensiones comparadas de los planetas.

Por lo que se ve, nuestro planeta no es el más grande de los del sistema, ni el más interesante de ellos, pues que al igual que los demás, tiene que girar eternamente al rededor del sol. Si a esto se añade que no es el sol el astro más grande ni el más interesante del universo, pues que cada estrella es otro sol y que existen millones de estrellas en el firmamento, fácilmente se comprenderá que nuestra tierra es un átomo perdido en la inmensidad del universo, una gota de agua confundida en el océano o una arenilla abandonada en el desierto.

5. *Hipótesis cosmogénica.* Sediento de verdad y para satisfa-

cer ese deseo incesante de la inteligencia humana por saber más y más, el hombre ha tratado, desde los más remotos tiempos, de investigar el origen de la tierra y del universo en general. A este deseo respondió el Génesis, verdadera cosmogonía religiosa, atribuyendo al mandato divino la creación de los seres y las cosas del universo en el insignificante término de 6 días. Esta sencilla resolución de asunto tan trascendental, si bien adormeció por cierto tiempo a los espíritus débiles, no satisfizo a los investigadores, pues no poseía base científica de ningún género y, por consecuencia, era imposible demostrarse experimentalmente.

Con el progreso de la química y la física, vino el de las Ciencias Naturales. Las investigaciones sobre el terreno mismo dieron magnífico resultado, pues se crearon otras nuevas ciencias, como la Mineralogía, la Petrografía y la Estratigrafía.

La Paleontología, hermana de las anteriores, surgió de improviso, demostrando al mundo, que el origen del planeta iba más allá de lo que estaba escrito en las cosmogonías antiguas, pues de la misma manera que no se construye un edificio repentinamente, así también, tuvieron que pasar millones de años para que en nuestro planeta existiera el primer ser-organizado.

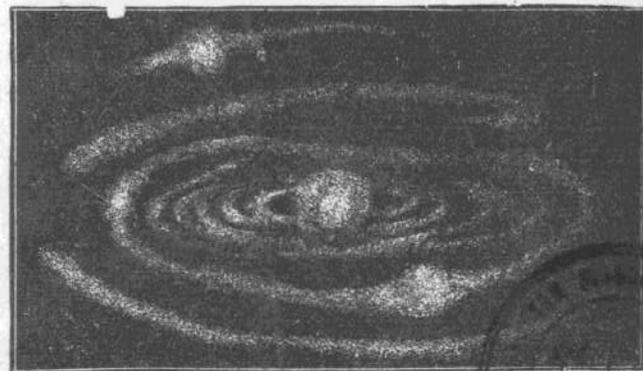
La teoría actual que más satisfacen, es la de Laplace, quien hace originar los mundos de la condensación de una nebulosa. (1).

En ella se dice que el sol, centro del sistema en compañía de los otros planetas, formaban una nebulosa animada de un vertiginoso movimiento de rotación y que, debido al rápido enfriamiento que sufrió por la baja temperatura de los espacios celestes, se condensó en varias de sus partes, las cuales se segregaron posteriormente, ya bajo la forma de anillos, como sucede con Saturno o bien se agrupó en diversos puntos, que fueron otros tantos centros de atracción y que ya desprendidos de la nebulosa, siguieron girando y tomaron poco más o menos la forma esférica.

Estos globos, a su vez, comportándose como la nebulosa madre, desprendieron nebulosas más pequeñas que, condensándose nuevamente, formaron los satélites. Así nació la luna, satélite de la tierra.

La masa que quedó de la nebulosa primitiva, es el sol.

(1) Arrhénius supone que los soles provienen de choques de nebulosas.



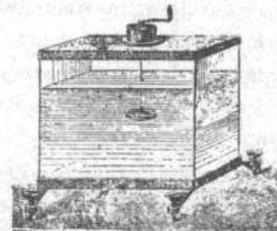
Las Nebulosas

(Véase la hipótesis planetesimal en la "Biología y Plasmogénia", p. 314 y 325).

6. *Cosmogénia experimental.* Esta hipótesis se apoya sobre bases científicas muy sólidas, pues está de acuerdo con la armonía y unidad que reina en el universo; así el anillo que posee Saturno fué desprendido de este astro al estado flúido y en virtud de la fuerza centrífuga.

Se ha logrado reproducir experimentalmente el fenómeno de esta separación anular, así como algunos otros fenómenos como el achatamiento polar de la tierra, etc., valiéndose de una esfera de aceite, que flota en el centro de una mezcla de agua y alcohol en proporciones tales, que el aceite ni salga a la superficie ni se sumerja hasta el fondo del recipiente.

Teniendo la esfera de aceite en el centro del líquido, se le introduce una varilla que lleva en un extremo una platina metálica. En



Aparato de Plateau

su otro extremo termina en una manija o manivela que enchufa en una chumacera.

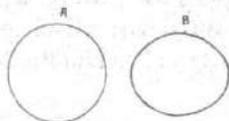
Si por medio de esta manivela imprimimos un ligero movimiento de rotación a la platina, y por consecuencia a la esfera de aceite, ésta última tomará exactamente la forma esferoidal que posee la tierra. Aumentando la rapidez del movimiento, el esferoide de aceite se achata más y más tomando la forma que muestra la figura.

Si se hace girar este esferoide con mucha mayor rapidez, la fuerza centrífuga supera a la de atracción y una parte ecuatorial se desprende ya bajo la forma de una masa anular parecida a la de Saturno o bien en pequeñas esferas que siguen por algún tiempo girando en la dirección de la masa principal.

7. *Fisiología telúrica.* Algo hemos dicho ya en la introducción con respecto al dinamismo terrestre o fisiología telúrica.

Véase la "Biología y Plasmogenia", p. 131.

En efecto, los múltiples y variados fenómenos que le dan carácter de vida a nuestra tierra, obran activamente en la configuración de nuestros continentes.



Esfera de aceite transformándose en esferoide

A—Esfera de aceite en reposo

B—La misma achatándose por el movimiento

Las aguas atmosféricas, cayendo sobre las altas montañas forman pequeñas corrientes que, reuniéndose con otras, constituyen los ríos, los torrentes y cascadas. Estos desmoronan, corren y acarrear los sedimentos que han desprendido y los precipitan al mar. Esta acción prolongada en el transcurso de los siglos llega a ahondar y a carcomer el fondo y las paredes de su cauce.

Las olas, en su eterno vaivén, arrastran las matatenas y piedras caídas, las cuales van a estrellarse contra los acantilados de la costa, carcomiéndola y destruyéndola de una manera lenta pero segura.

El agua que se infiltra a través de las resquebrajaduras de las rocas, obrando química y físicamente, amplía y ahonda sus fracturas naturales, hidratando unas rocas, disolviendo a otras y ha-

ciendo aumentar su volumen a muchas. Estas disoluciones, combinaciones y dilataciones de las rocas, dan por resultado que el equilibrio que existía en los terrenos superiores, se pierda bruscamente al faltar el apoyo de los inferiores.

Véase la opinión de Mary, "Dictionnaire de Biologie Physique", p. 149 a 228.

Al lado de estos importantes agentes destructores o demolidores, tenemos otros no menos importantes constructores o creadores. Entre ellos se cuentan los volcanes, cuyas lavas, desparramándose por la planicie, invaden ésta y llenan alguna depresión o valle.

Los corales, formando sus colonias orgánicas y calcáreas, des-



Vista de un valle cortado en hondonadas y barrancas por las aguas de sus ríos

de el fondo hasta la superficie del mar, construyen verdaderas islas que se llaman generalmente arrecifes o bancos de coral.

Los vientos, arrastrando enormes cantidades de polvo y arenas, así como detritus orgánicos, van denudando ciertos valles y acumulando sus transportes en otros. Un ejemplo palpable de este fenómeno se observa en los desiertos, en donde los huracanes arrastran grandes cantidades de arena que son depositadas más lejos en forma de montículos redondos llamados dunas.

Unidad universal. La causa primordial que origina estos diversos agentes de la dinámica terrestre, es el calor solar, pues no solamente sirve para mantener la vida orgánica, sino que origina todos los fenómenos de la fuerza.

Si suponemos por un momento que la luz y el calor solares se acabasen, desde luego se observaría que la vida orgánica de la tierra se extinguiría por completo. Los vegetales, careciendo de luz y calor no podrían verificar sus más importantes funciones vi-

tales, pues bien sabido es el papel interesantísimo que desempeña la química de un rayo de sol en la biología vegetal.

Falta de luz, de calor, de vida, tendría que acabarse el Reino Vegetal. Innumerables experiencias se han hecho para patentizar la muerte de las plantas por la obscuridad y el frío.

En efecto: enciérrase en la obscuridad, durante largo tiempo una lozana planta y evítase que entre algún rayo de sol. Comenzará ésta por marchitarse, después se pondrá amarilla y seca y por fin sólo quedará un montón de varejones.

Los animales, que viven a expensas de los vegetales, correrían la misma suerte por falta de alimento, y el hombre, por igual causa, tendría que sucumbir irremisiblemente.

No habiendo calor solar, los mares y los océanos así como los ríos, se congelarían por falta de calor; no podría haber, por lo tanto, evaporación y, por consiguiente, no habría nubes, lluvias, tempestades ni mareas, pues aunque las oscuras masas del sol y de la luna siguieran atrayendo a los mares, no producirían efectos notables sobre sus aguas congeladas. Los vientos cesarían también por falta de calor. Los volcanes podrían seguir vomitando lavas, aunque parece que este fenómeno está subordinado a la influencia de los astros. En resumen, no habiendo corrientes de agua, la erosión, la denudación, la sedimentación, la disolución, la precipitación, las mareas, los vientos y la vida orgánica, no existirían.

Así, un rayo de sol es causa y origen de los más complicados fenómenos de la dinámica terrestre. La vida no es sino el resultado de la influencia solar. La vida es todo movimiento. (1).

Este movimiento es universal y eterno, pues los infinitamente grandes y los infinitamente pequeños están condenados a no descansar nunca.

Si pudiésemos por un momento observar la marcha de todas las estrellas, especialmente las que se han llamado fijas y observar sus movimientos con un gran telescopio, veríamos que todas cami-

(1) El calor terrestre según teorías recientes, se debe en gran parte, al radio y éste acabará por fundir al planeta. (Joly). El radio existe en las rocas en general, aunque en cantidades sumamente pequeñas. Los geólogos modernos dan gran importancia a la energía interna de los átomos para explicarlo todo. Véase la "Biología y Plasmogénesis" p. 86 a 93 y 332.

nan en complicado torbellino, recorriendo en el más completo orden y armonía sus respectivas órbitas.

Si pudiésemos observar con un potente microscopio las más complicadas combinaciones y descomposiciones de la vida orgánica, notaríamos también que cada átomo está en constante movimiento, en eterna transformación y es que lo inmensamente grande y lo infinitamente pequeño son de un mismo origen cósmico. He sostenido que el microcosmos es la base del macrocosmos y que en el primero existe la causa primordial.

Hay unidad en las fuerzas, unidad en el movimiento, unidad en la sustancia, unidad en la vida, y es que la Naturaleza, infinita en sus creaciones, es única en su esencia.

8. *Contorno general de las tierras y subdivisiones de su superficie.* A nadie escapa que nuestro globo está constituido por varios elementos, entre los que se pueden distinguir tres principales, a juzgar por el diferente estado que guardan. Así, desde luego, aparece una inmensa capa gaseosa que rodea a la tierra, compuesta de 79 partes de ázoe y 21 de oxígeno, aproximadamente, y cuya mezcla íntima constituye el aire o atmósfera.

En seguida viene el agua, cuerpo líquido a la temperatura ordinaria, compuesta esencialmente de un volumen de oxígeno por dos de hidrógeno. El aire contiene también argón y otros elementos, CO_2 , H_2O , O_2 , nitrito de amonio, formaldehida, etc.

La cantidad de agua que contienen los océanos, mares, lagos, ríos, etc., es considerable, pudiendo afirmarse con toda verdad, que la superficie oceánica es tres veces mayor que la de las tierras emergidas, o lo que es igual, que la superficie de las tierras ocupa una cuarta parte de la extensión total de las aguas.

Se ha calculado que si se lograra reunir todas las aguas oceánicas para formar una gran esfera líquida, dicha esfera tendría más de 60 leguas de diámetro y distribuida esta masa líquida con igualdad sobre la superficie terrestre, formaría una capa de 200 metros de altura.

Las diversas porciones de agua reciben diferentes nombres de acuerdo con la extensión, forma, etc.

Así, océano es la denominación más amplia, aplicada a las grandes porciones de agua que limitan a las tierras continentales.

Existen cuatro océanos, aunque en realidad no sean sino dos, el Pacífico y el Atlántico. No obstante, muchos autores conside-

ran para mayor comodidad los siguientes: Océano Glacial Ártico, Océano Glacial Antártico, Océano Pacífico, Océano Atlántico y Océano Índico.

Cualquiera que sea la clasificación de las masas oceánicas, hay una perfecta continuidad entre estas diversas partes consideradas. Los mares son divisiones más pequeñas que los océanos. Muchos son los mares que existen sobre la tierra, de los cuales sólo mencionaremos el mar de las Antillas, el de Behring y el Mediterráneo, el Atlántico y el Pacífico. Golfo, bahía, ensenada, etc., son nombres todos cuya significación conoce perfectamente el alumno.



Proporción de las tierras con relación a las aguas

Las tierras emergidas que limitan los océanos y mares antes dichos, obedecen también a un sistema de clasificación semejante, al usado para las aguas. Así, se denominan continentes a las mayores porciones de tierra conocidas. Sólo tenemos dos continentes, el Eurásico, comprendiendo Europa, Asia, África y el Americano, que incluye las dos Américas. (1)

No hablaremos aquí de las tan conocidas denominaciones de península, cabo, punta, etc., tan sólo haremos notar que son correlativas estas diversas entradas de tierra con iguales penetraciones de agua. Así la *península* es correlativa del *golfo*; el *istmo*, del *estrecho*; el *cabo*, de la *bahía* y la *punta*, de la *albufera*.

Esta correlación entre las tierras y los mares en cuanto a su figura y tamaño puede seguirse en lo que se refiere a sus alturas y profundidades.

Las altas montañas cubiertas eternamente de nieves, son correlativas de las profundas depresiones oceánicas, llamadas *abismos*, y cubiertos perpetuamente por oscuros sedimentos.

(1) Muchos autores consideran a la Oceanía como un tercer continente que denominan Continente Australiano o Novísimo Continente. En épocas geológicas anteriores los continentes tenían otra distribución y caracteres.

En cambio, los picachos y eminencias que presenta el fondo del mar, son correlativas de los lagos, lagunas y pantanos, barrancas y cañones que a cada momento se encuentran en los terrenos.

Los tres componentes del planeta, aire, agua y tierra, son estudiados geográficamente por tres ciencias distintas: la aerografía o estudio de la atmósfera, la oceanografía y la hidrografía o estudio de los océanos y aguas continentales, y, por último, la orografía o estudio de las montañas, planicies y depresiones.

El estudio más importante desde el punto de vista de la Geología, es la orografía, y de ella pasaremos a ocuparnos desde luego.

Orografía, facsímiles orográficos. La orografía es la parte de la geografía física que se ocupa de estudiar las tierras emergidas, con exclusión de lo que se refiere a las corrientes fluviales, lagos, lagunas, etc., estudio que corresponde a la hidrografía.

La orografía, por tanto, tendrá que ocuparse de estudiar las planicies y las mesetas; los montes, montañas, cordilleras y sistemas montañosos, en una palabra de las elevaciones, planicies y depresiones continentales.

10. *Montañas.* Por el grabado adjunto, podemos darnos cuenta de que las diferentes cordilleras que recorren nuestros continentes y forman por decirlo así, su esqueleto montañoso, llevan una determinada orientación y se suceden unas a otras produciendo una figura parecida a una herradura de la cual un extremo correspondería al Cabo de Hornos, que es la punta más austral de la América del Sur y el otro estaría en el Cabo de Buena Esperanza que es la punta austral de África.

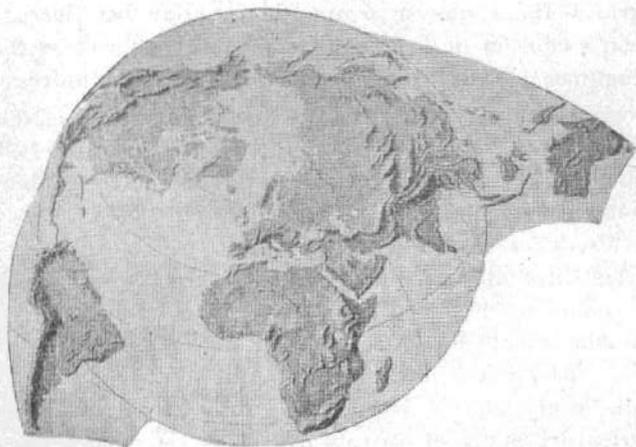
Esta inmensa herradura montañosa se ha llamado "La Cordillera Universal" y lleva dos pequeñas derivaciones, la europea que avanza de este a oeste y comprende los montes Cáucagos, los Cárpatos, los Alpes, los Pirineos y los Cantábricos en Europa, y termina con los montes Atlas en África. La derivación australiana parte de los montes Altai, sigue por los montes Stanovoi y Kamchatka y termina en las eminencias diseminadas de Australia.

La cordillera antes dicha está formada por 4 grandes sistemas de montañas que corresponden a 4 masas continentales diferentes: así el sistema de los Andes corresponde a la América del Sur; el sistema de las Rocallosas, a la América del Norte; las montañas del Tibet a Asia y las de Abisinia a África.

Nótese también, que estos grandes sistemas caminan paralelos

a un litoral y, por consecuencia, dividen a las masas continentales en dos partes desigualmente proporcionadas y cuyas vertientes difieren a cada uno de los lados de la cordillera, una pequeña y angosta, en forma de faja, presentando un brusco declive hacia el mar, la otra ancha, plana y de vertiente suave, que es las más veces un llano o una selva.

Así, la ancha planicie africana consiste en un desierto, la que queda al N. del Tibet está formada de llanos pantanosos y cubiertos de musgo, llamados *tundras*; la norte-americana está formada por llanuras y la de la América del Sur, por selvas.



El Mapa-mundi mostrando la cordillera universal

Las cordilleras están formadas por un conjunto de montañas más o menos elevadas, siguiendo una dirección determinada cuyo eje imaginario se ha denominado *eje orográfico* y que coincide con el eje divisorio de las aguas.

Estas montañas pueden tener variadísimas alturas, encontrándose desde las simples lomas de 10 metros más o menos, hasta las más grandes montañas del Himalaya, una de las cuales alcanza la prodigiosa cifra de 8996 metros

De acuerdo con estas diferentes alturas, toman los nombres de loma, cerro, monte, montaña, etc. Lomerío es el conjunto de lomas, serranía el conjunto de sierras y cordillera el conjunto de serranías.

Las cordilleras orientadas forman los grandes sistemas orográficos que acabamos de mencionar y éstos, a su vez, integran la gran cordillera universal que atraviesa las grandes partes del mundo.

A continuación ponemos una lista de las más altas montañas continentales, así como el número aproximado de metros que tienen sobre el nivel del mar.

Europa

Monte Blanco	Alpes	4,813 metros
Otler	Tirol	4,800 "
Monte-Rosa	Alpes	4,736 "
Monte-Cervino	Alpes	4,522 "
Grossglockner	Alpes	4,433 "
Fisterahorn	Suiza	4,352 "
Jungfran	Suiza	4,180 "
Le Monch	Alpes	4,114 "
Schrekhorn	Alpes	4,080 "

Asia

Kinchindjinga	Himalaya	8,996 "
Thamulari	Himalaya	8,595 "
Dhawalagiri	Himalaya	8,575 "
Djawahir	Himalaya	7,898 "
Bokhda-Ooia .....	.....	5,800 "
Monte Bolor	Himalaya	5,700 "
Elbrouz	Cáucaso	5,469 "
Ararat	Líbano	5,262 "
Argaeus	Anti-tauro	4,883 "
Soguttangh	Tauro	4,688 "
Mquinvari o Kasbec.....	.....	4,677 "
Sogout-Dagh	Tauro	4,675 "

Africa

Zambi	Nigricia	4,801 "
-------------	----------	---------

Oceanía

La más alta de Nueva Guinea.		4,989 metros
Mwna-roa	Isla de Hawai	4,843 ..
Kosumbra	Sumatra	4,564 ..
Ophir	Sumatra	4,231 ..

América del Norte y del Sur

Nevado de Sorata	Andes	7,696 ..
Nevado de Illimani	Andes	7,315 ..
El Descabezado	Chile	6,446 ..
Chimborazo	Perú	6,530 ..
Voleán de Arequipa .....	.....	5,609 ..
Cayambé	Arequipa	5,954 ..
Antisana	Perú	5,883 ..
Cotopaxi .....	.....	5,762 ..
San Elías	Am. del Norte.	5,513 ..
Popocatepetl	México	5,452 ..
Pico de Orizaba	México	5,990 ..
Iztaccihuatl	México	5,286 ..
Voleán de Agua	Guatemala	4,541 ..
Voleán de fuego	Guatemala	4,459 ..
Pico largo o Bighorn	Am. del Norte.	4,134 ..

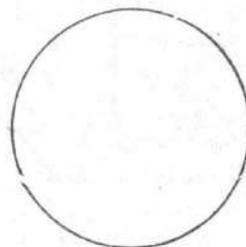
Por lo anteriormente expuesto, se ve que la gran montaña asiática Kinchindjinga, perteneciente al Himalaya, es la eminencia más alta hasta hoy conocida, ahora bien, la depresión continental más baja que se conoce y que está varios metros bajo el nivel del mar, es la depresión Aralo-cáspica formada por los lagos Aral y Caspio.

Si tomásemos la diferencia entre la mayor altura y la mayor depresión hasta ahora conocida, nos resultaría un número que, no obstante lo elevado de sus cifras, nada significaría en la configuración de la corteza terrestre, dado el inmenso radio de la tierra.

En otros términos, las montañas más altas son a la tierra lo que las rugosidades de una naranja a su forma esférica.

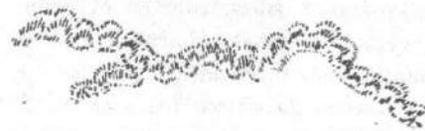
Una representación gráfica ilustrará lo que acabamos de decir:

Si quisiéramos representar proporcionalmente en la circunferencia de la figura la más grande montaña asiática y al mismo tiempo la depresión Aralo-cáspica, los límites de ambos podrían caber en el grueso de la línea trazada a tinta. (Véase la figura).



Circunferencia representando la corteza terrestre

11. *Facsimiles orográficos.* La orografía se representa en las cartas geográficas por medio de líneas concéntricas que parten de la montaña. Estas líneas indican los diferentes niveles orográficos de la montaña. Las cordilleras son representadas por pequeñas líneas paralelas o divergentes que se colocan a los lados del eje divisorio de las aguas. Este eje está dado por la unión de las cimas de las montañas que forman la cordillera o el sistema.



Como se representa una montaña en el papel
Cómo se representa una cordillera

12. *La tierra desde el punto de vista meteorológico. Generalidades.* Todos los fenómenos que se producen en la atmósfera se han denominado genéricamente *meteoros*.

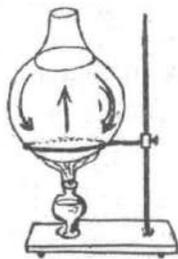
Meteoros son, pues, los vientos, la lluvia, las nubes, las nieblas, el arco-iris, el relámpago, el trueno, etc., etc.

Los meteoros se han dividido en cuatro clases: meteoros aéreos, meteoros acuosos, meteoros luminosos y meteoros eléctricos.

13. *Meteoros aéreos. Aire, atmósfera, vientos, temperatura,*

climas. Con respecto al aire o atmósfera véase lo dicho al hablar de la parte gaseosa del globo terrestre.

LLámase *viento* al aire en movimiento bajo la forma de corriente.



Agua puesta a calentar

Para entender la causa que los produce, observemos desde luego lo que pasa con el agua de un matraz, puesta a calentar.

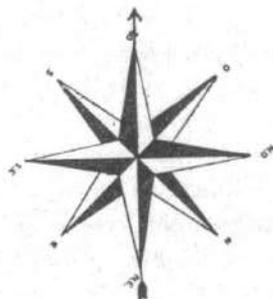
A medida que las capas inferiores se van calentando, su densidad va disminuyendo en la misma proporción, y, por lo tanto, se hacen más ligeras que las capas superiores y tienden, por lo mismo, a elevarse en el seno del líquido. De aquí que se rompa el equilibrio molecular del agua y se origine un doble movimiento de acomodación, uno ascendente en el centro y otro descendente y anular, como lo indican las flechas del grabado.

Este fenómeno, observado en el agua, se verifica en cualquier líquido y en los gases, reproduciéndose igualmente, aunque en mucho mayor escala, en la atmósfera.

14. *Cómo se producen los vientos.* Al ser la tierra calentada por el sol, ésta calienta a su vez, en primer lugar, las capas inferiores de la atmósfera. Entonces una corriente inferior asciende y otra superior y fría se precipita hacia la tierra a llenar el vacío dejado por la primera. Este doble movimiento es lo que se llama *viento*.

Ahora bien, como no todas las partes de la tierra reciben la misma cantidad de calor solar, es fácil deducir que habrá un desequilibrio atmosférico, es decir, habrá lugares cuya atmósfera esté muy caliente y los habrá que tengan muy fría su atmósfera. Al nivel de los polos, la temperatura atmosférica no llega en ocasiones a 0°, en tanto que en el ecuador pasa de 25°. Por lo tanto, ha-

brá un movimiento del ecuador hacia los polos y vice-versa, solamente que debido al rápido movimiento de rotación de la tierra, estos vientos se desvían y toman una dirección N.E.-S.O en el hemisferio norte y S.E.-N.O en el hemisferio sur. (Véase la rosa de los vientos).



Rosa de los vientos, mostrando la dirección de los alisios en el hemisferio norte
Dirección de los vientos alisios y contra-alisios



A las corrientes frías se les denomina vientos *alisios* y a las calientes *contra-alisios*.

Los alisios al chocar contra las altas y frías cordilleras de nuestra Patria, condensan el vapor de agua que llevan consigo y lo precipitan en aguaceros torrenciales sobre campos, valles y montañas.

Los contra-alisios, siendo cálidos que caminan en dirección opuesta a los anteriores, calientan a los alisios en parte e impiden que estos se transformen en benéfica lluvia; por esto son generalmente ardientes y secas las regiones por donde pasan los contra-alisios, llueve escasamente y hay lugares en donde nunca cae una gota de agua, a no ser que, enfriándose éstos en su camino tropiecen con elevadísimas montañas, en cuyo caso tendrá lugar la precipitación pluvial. Por tal razón caen una que otra vez pequeñas lloviznas en la región noroeste de nuestro país, región ardiente y desértica, comprendida entre Sonora, Baja California y E. U.

15. *Las brisas.* La tierra se calienta más aprisa que el mar y, por consecuencia, las capas inferiores cercanas a la costa se aligeran y emprenden un débil ascenso y al mismo tiempo se dirigen hacia el mar; por su parte, el aire de este último reemplaza al de la costa y de aquí esa fresca brisa saturada de humedad y un aroma particular indescriptible, que se aspira en las costas y que

es tan necesaria para el abatimiento de la temperatura. Esta brisa se denomina brisa diurna o *brisa de mar*.

En las noches, en cambio, la tierra se enfría primero que el mar y entonces se origina otra brisa en sentido contrario, es decir, que la corriente fresca y fría va del mar hacia la tierra.

Estos dos fenómenos diariamente repetidos hacen que la temperatura de las costas sea muy regular y su clima uniforme se denomina *clima marítimo*.

No pasa lo mismo en el seno de los continentes, pues la falta de este juego combinado de brisas, hace que tan pronto se caliente el día, como se enfríe con la misma rapidez por la noche. Esto provoca bruscas fluctuaciones en la temperatura y, por consecuencia, en el clima de la región. Los días son ardientes y secos, las noches frías y húmedas. A este clima extremoso se le denomina *clima continental*.

Por último, citaremos los *monzones*, que son vientos periódicos que durante 6 meses soplan del S.O. y el resto del año del N.E.

Se dice que en los dilatados desiertos de Asia y Africa, es tanto el calentamiento del aire, que sobre ellos se forma una especie de vacío. Para llenarlo se precipitan en aquellas regiones, corrientes de aire más frío, pero con tal fuerza, que levanta montes de arena y los arrastra por el aire. Este viento es denominado *simoun* y es visto con terror por las caravanas.

Se llama *viento huracanado* a una corriente de aire animada de un rápido movimiento. Son altamente desastrosos tales vientos, pues arrastran todo cuanto encuentran a su paso, árboles, casas y animales.

16. *Temperatura*. Del desigual calentamiento de las diferentes partes de la tierra, se puede deducir la diferencia de temperaturas; así la más baja temperatura polar descende hasta $-56^{\circ}7$ y desde allí va ascendiendo gradualmente a medida que se aproxima al ecuador, en donde el termómetro acusa $25^{\circ}5'$, $47^{\circ}4$ en Esné, Egipto.

Igualmente, mientras más se asciende en el sentido de la altitud, la temperatura disminuye, habiéndose observado que por cada 144 a 187 metros disminuye un grado centígrado. A eso se debe que en las altas montañas puedan reposar tranquilamente y durante todo el año las nieves llamadas *perpetuas* y también a que

en las costas que son los lugares más bajos de las tierras siempre sean muy calurosos.

Por último, es fácil comprender que la temperatura varía durante el día y la noche, es decir, con la presencia o ausencia del sol, fuente del calor terrestre además del radio.

Así, no se tiene la misma temperatura atmosférica a las 6 de la mañana que a las 6 de la tarde, ni menos a las 12 del día que a las 12 de la noche. La temperatura puede variar hasta de hora en hora y para tomar la temperatura media de un día, se comienza por anotar la temperatura media que marca el termómetro en cada una de las 24 horas. Se suman estos resultados parciales y la suma total se divide entre el número de horas. Para obtener la temperatura de un mes se suman los resultados obtenidos en los 30 días y se divide esta suma entre los mismos 30 días. Igual procedimiento se sigue para averiguar la temperatura media de un año.

Es obvio advertir que no es indispensable verificar exactamente las 24 observaciones correspondientes a un día ni las 30 de un mes, etc., pues bastan para tomar la temperatura media de un día 5 o 6 observaciones, sumar su resultado y dividirlo entre las 5. Sólo en el caso de necesitar una aproximación muy grande se recurrirá a mayor número. (1).

El estudio de la temperatura es uno de los más interesantes datos para la clasificación de los climas.

Los principales factores que intervienen en la generación de los climas son, desde luego, como fundamentales la *altitud* y la *latitud*. Entiéndese por altitud la mayor o menor altura de un lugar con relación al nivel del mar que es el punto de partida para la medición. La latitud es la mayor o menor proximidad de un lugar con relación al polo o al ecuador.

Los vientos tienen una influencia muy marcada en el clima de una comarca, puesto que refrescan y abaten la temperatura; en este mismo sentido obran la humedad del lugar y la cantidad de vapor de agua constante que contiene la atmósfera. Por fin la proximidad del terreno o región en estudio a algún depósito lacustre o marítimo, influencian notablemente para suavizar y regularizar el clima.

(1) Complicadas fórmulas se usan por los especialistas para determinar las temperaturas medias.

Se admiten generalmente 7 climas clasificados por la temperatura media de cada lugar tomada con el termómetro centígrado.

A continuación ponemos los límites entre los cuales están comprendidos los climas enumerados.

- 1.—Glacial.....De-17° a 0° C.
- 2.—Muy frío De 0° a 5°
- 3.—Frío De 5° a 10°
- 4.—Templado De 10° a 15°
- 5.—Suave De 15° a 20°
- 6.—Cálido De 20° a 25°
- 7.—Tórrido De 25° a 25°5'

La altiplanicie mexicana posee varios climas de acuerdo con las alturas respectivas. Así, desde los 900 hasta 1,700 metros sobre el nivel del mar se llama clima semi-cálido o suave, desde 1,700 hasta 2,600, templado; las regiones que se encuentran en las montañas desde 2,600 hasta 4,400 metros, son las tierras frías y desde esta altura en adelante, se encuentran las nieves perpetuas y el clima es glacial.

Cinco eminencias mexicanas alcanzan esta enorme altura y son el Popocatepetl, el Iztaccíhuatl y el Citlaltépetl que alcanzan más de 5,000 metros, y el nevado de Toluca y el Cerro de la Malinche que pasan de 4,400.

Las costas mexicanas, sobre todo las meridionales, poseen un clima cálido, hasta 800 metros de altura.

El clima suele dividirse también en *extremado, constante y variable*, según que la temperatura dada por el termómetro de máxima y de mínima indique una grande, poca o ninguna diferencia.

La fauna y flora regionales varía con los diferentes climas. Así, hay plantas y animales de los climas fríos, plantas y animales de los climas templados y plantas y animales de los tórridos y glaciales.

Véase la "Zoología" y la "Botánica."

17. *Meteoros acuosos.*—Nubes y nieblas, rocío, lluvias.—Hielo, nieves, nieves perpetuas, ventisqueros o glaciares.

El agua de los mares, lagos y ríos se está constantemente evaporando de modo que la atmósfera siempre tiene más o menos cantidad de vapor de agua. Cuando este vapor llega a superar a la capacidad atmosférica se hace visible, denominándose nube o niebla.

La nube y la niebla se distinguen únicamente porque la primera es mucho más grande y más lejana que la niebla. Esta última da lugar a las neblinas, es decir, conjunto de nieblas descansando sobre la tierra que impiden se vean los objetos lejanos con claridad.

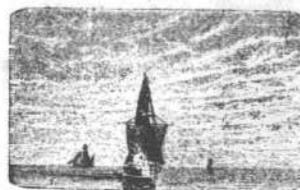
Las nubes se han clasificado atendiendo a su variada forma y



Estratos



Cúmulos



Cirros



Nimbos

coloración en *Estratos, Cúmulos, Cirros y Nimbos*; pero estas denominaciones carecen de interés geológico y por eso nos limitamos a consignar sus formas más comunes.

Quando un viento caliente y cargado de vapor de agua choca contra otro frío, inmediatamente se forma una nube.

Si una nube pasa por una corriente más caliente que ésta, la nube vuelve al estado de vapor y entonces desaparece.

Las nubes están a mayor o menor distancia de la tierra según la cantidad de agua en vapor que haya en la atmósfera. Así, pues, en un día sereno están muy altas y en un día lluvioso, muy bajas.

Quando una nube o niebla choca contra una corriente o capa de aire frío, entonces su vapor pasa bruscamente al estado líquido y se condensa en su masa en forma de gotas que, dada su mayor densidad, caen en benéfica lluvia sobre la tierra.

Las tormentas son fuertes aguaceros empujados por un viento huracanado. Este espantoso fenómeno ha sido la causa de muchas desgracias: los lagos se desbordan, los ríos se salen de su cauce y arrastran en su loco descenso cuanto encuentran a su paso. Las rocas se humedecen y caen en pedazos. Las chozas se reblandecen en sus cimientos y se derrumban y las ciudades se inundan.

En nuestra Patria las lluvias son periódicas, de tal manera que no se distinguen sino dos estaciones en el año, las denominadas *estación húmeda* y *estación seca*.



Nubes transformándose en lluvia

La primera comienza por lo general los primeros días de mayo y termina en octubre o primeros días de noviembre, y la segunda desde esta fecha hasta últimos de abril o primeros días de mayo.

Es importante el estudio de las lluvias en la Agricultura, por lo que se refiere a la siembra y la cosecha, pero sobre todo es interesantísimo desde el punto de vista geológico, por ser agente dinámico de primera magnitud, como tendremos oportunidad de ver, al tratar de la geología dinámica.

Como la tierra se enfría con mucha rapidez durante la noche, y con ella todos los cuerpos de su superficie, llega un momento en que dichos cuerpos están más fríos que la atmósfera, en cuyo caso el vapor de agua contenido en esta última, se condensa en diminutas esferitas sobre todos los cuerpos fríos, como el pasto, las flores, hojas, ramas y partes frías de las plantas, la arena, los vidrios, etc., etc.

Este conocidísimo fenómeno se denomina *rocío* y desempeña un papel interesante en la vida vegetal, sobre todo en los lugares cálidos, en donde el calor diurno marchitaría y secaría en breve las plantas.

Un fenómeno análogo al del rocío se observa en las vidrieras de los tranvías cuando la temperatura atmosférica está muy baja y hay varios pasajeros en el interior.

El vapor de agua de la respiración se condensa en pequeñas gotitas sobre la fría superficie del cristal.

La escarcha, como el rocío, se forma de la condensación del vapor de agua atmosférico a una temperatura menor que 0°.

Por la forma esponjosa que presenta la escarcha, se deduce que pasa del estado de vapor al sólido, sin pasar por el estado líquido.

18. *Hielo, nieve, nieves perpetuas, ventisqueros*. El hielo y la nieve son agua congelada, es decir, agua vuelta sólida por un abatimiento de temperatura. Para que esta transformación tenga lugar es preciso que la temperatura baje a 0° o más.

Ahora bien, se ha visto que mientras más se asciende a una montaña, la temperatura desciende proporcionalmente y vice-versa, a tal grado, que en la cima del Popocatepetl la temperatura es menor que 0°, y en la costa de Veracruz el calor es insoportable en verano.



Volcán de Colima coronado por las nieves

Las cúspides de las altas montañas están cubiertas eternamente de nieve debido a, que el agua atmosférica no pudiendo ya permanecer al estado líquido, por la baja temperatura que reina en esas regiones, se congela sobre la cima en una blanca túnica de nieve. Esta nieve sólo existe desde cierto límite de la falda, al cual se le ha llamado *límite de las nieves persistentes*, y guarda

íntima relación con la latitud del lugar en donde se encuentra el nevado y así se sabe que a nivel del ecuador, el límite de las nieves persistentes está poco más o menos a 4824 metros, en tanto que en los polos, las nieves cubren perpetuamente los campos, valles, montañas y el mar.

No obstante, varía aun para las regiones que están situadas en una misma latitud, pues influyen poderosamente los vientos dominantes, el estado higrométrico del aire, su mayor o menor proximidad al mar, su posición relativa con las cordilleras de que forma parte y hasta las rugosidades y pliegues de la misma montaña, pues se ha observado que este límite baja o sube más en ciertos costados de un mismo nevado.

Como una aclaración importante debemos decir que toda montaña coronada por las nieves es un nevado, sea o no volcán, reservándose esta última denominación para las eminencias que arrojan o han arrojado materia lávica fundida, cenizas, etc., en una palabra, que hayan hecho erupción, estén o no cubiertos de nieve. Por consecuencia, no es condición indispensable que todos los volcanes sean nevados, así como tampoco que todos los nevados sean volcanes como vulgarmente se cree.

A continuación ponemos un cuadro que indica la altura a que se encuentra el límite de las nieves persistentes en los más importantes nevados de la tierra.

CUADRO DE LAS ALTURAS DEL LIMITE INFERIOR DE LAS NIEVES PERSISTENTES EN AMBOS HEMISFERIOS

MONTAÑAS	Latitudes	Metros.
Hemisferio boreal, Noruega litoral, isla Mageroe	71 ¼ N.	720
Noruega interior	70° 70' ¼ N.	1072
Noruega interior	67° 67' ½ N.	1266
Islandia, Osterjockull	65° N.	936
Noruega interior	60° 69° N.	1560
Oural septentrional, dudoso, según M. Strajefsky	59° 40' N.	1460
Cordillera de Aldán	60° 55' N.	1364
Kamtchatka, volcán de Chevelutch ..	55° 40' N.	1460
Oupalachka	53° 44' N.	1070
Altaï	49° ¼ 51° N.	2144
Alpes	45° ¼ 46° N.	2708
Cáucaso, Kasbek	42° 42' N.	3235
Cáucaso, Elbronz	48° 21' N.	3372
Pirineos	42° ½ 43° N.	2728
Ararat	39° 42' N.	4318
Monte Argæus, Asia Menor	38° 33' N.	2262
Bolor	37° ½ N.	5185
Sicilia, Etna	37° ½ N.	2905
España (Sierra Nevada de Granada)	37° 10' N.	3410
Hindon-Kho	34° ½ N.	3956
Himalaya (vertiente septentrional).	30° ¾ 31° N.	5067
" (vertiente meridional).....		3956
México	19° 19° ¼ N.	4500
Abisinia	13° 10' N.	
América meridional (Sierra Nevada de Mérida)	8° 5' N.	4287
América meridional (Volcán de Tolima)	4° 46' N.	4670
América meridional (Volcán de Riracés)	2° 18' N.	4688
Ecuador (Quito)	0° 0'	4824
Hemisferio austral (Andes de Quito)	0° 1° ½ S.	4814
Chile		
Cordillera oriental		4853
" occidental	14° ½ 18° S.	5646
Chile: Portillo y volcán de Pequeñés	33° S.	4483
Chile. Andes del litoral	41° 44° S.	1832
Estrecho de Magallanes	53° 54° S.	1130

19. *Hielos polares.* Pocas personas habrá que ignoren que a nivel de los polos, los campos, montañas y mares, están cubiertos de una inmensa capa de nieve. Altos témpanos de hielo descansan en ese mar de hielo y en la atmósfera flota suave escarcha pues la temperatura en esas partes llega en ocasiones a -18° o menos.

Los hielos en el polo norte comienzan más allá de los 70° de latitud, en tanto que en el polo sur tienen 6 veces más superficie que en aquel.

En la época de los calores, grandes masas se desprenden de las montañas y van a parar al mar arrasando todo cuanto encuentran. Esto es lo que se llama una *avalancha de hielo*.

La nieve presenta una estructura cristalina muy perfecta, de simetría exagonal.

Si observamos al microscopio un poco de nieve veremos que está formada de multitud de cristalitos aciculares que presentan el aspecto de estrellas o flores caprichosas de 6 radios. Algún autor (J. Dogiel. "La Nature", 1876 (1), p. 402, figuras), los imita sublimando el yodoformo. Se reproducen también congelando agua con cloruro de etilo (H.). Algunas veces tienen aspectos celulares, por cristalización incompleta e isocoloidismo. Nordenskjöld, explorador de las regiones polares, observó formas orgánicas en la nieve. M. Touchimbert ha encontrado formas de flores y pétalos en la superficie de la nieve. ("La Nature", 1880, t. I, p. 177).

Estos cristales estelares se unen, se entrelazan y confunden perfectamente para formar los copos de nieve.



Cristales de la nieve.

Cristales de nieve.

El hielo, que es igualmente agua congelada, presenta, lo mismo que la nieve, la estructura cristalina, aunque para observarla

se necesita someter un pedazo de hielo a la influencia de los rayos solares.

Entonces, el calor desprendido del sol, no pudiendo calentar el trozo de hielo, se limita a derretirlo lentamente y sus partículas vuelven al estado líquido en cierto orden y arreglo maravilloso.

Si en este momento observamos con la ayuda de una lente el trozo de hielo, veremos que está lleno de hermosas figuras cristalinicas que tienen toda la apariencia de flores y por eso se han denominado "flores de hielo."

Estas flores son de agua, pero como el líquido que se forma no puede ocupar todo el espacio del hielo derretido, queda en el centro un espacio vacío que parece un glóbulo de plata bruñida. (Yonmans).

El hielo posee menor densidad que el agua (0.918 a 0°). Por esta razón flotan sobre los mares enormes montañas de hielo y por esta misma causa no se hiela toda el agua de los ríos, lagos y mares, pues la capa superficial de hielo que se forma, protege las capas inferiores de agua. El hielo es transparente o traslúcido y su dureza es igual a 1.5.



Cilindro de hielo saliendo del cuello de la botella

Como el agua al congelarse aumenta de volumen, este fenómeno explica por qué las grandes rocas de las montañas se rompen y desprenden y por qué los troncos de los árboles se revientan y desgajan durante las fuertes heladas.

Un sencillo experimento que se puede repetir cuantas veces

se quiera, demuestra el aumento del volumen del agua por congelación.

En una fría noche de invierno, déjese a la intemperie una botella completamente llena de agua y tapada con un corcho.

Al otro día, y si el frío fué suficiente, se verá saliendo del cuello de la botella un largo cilindro de hielo sosteniendo el tapón.

Este cilindro de hielo nos da la medida del aumento de volumen al congelarse.

Si el tapón se ha apretado suficientemente para impedir que salga, encontraremos la botella rota por el esfuerzo íntimo de las moléculas al dilatarse el agua para transformarse en hielo.

El granizo está formado de agujitas apretadas, confusamente entrelazadas, a veces de estructura concéntrica.

Tiene una forma toscamente esferoidal y su formación se atribuye a la congelación de las gotas de agua en las altas regiones atmosféricas y en un aire agitado. No obstante, no se ha comprobado y, además, hay otras teorías a este respecto, que no mencionamos por no ser el granizo factor geológico de importancia.

El granizo acompaña comúnmente a la lluvia, ya sea anterior o posterior a ésta, pero hay veces en que suele venir sólo, y entonces se denomina lluvia de granizo. Las nubes que lo producen tienen un color plomizo, no siendo siempre esta indicación un pronóstico seguro.

La dimensión de los granizos varía mucho, así tenemos desde los ejemplares más pequeños, del tamaño de una lenteja, hasta los granizos llamados monstruos, que alcanzan dimensiones considerables. Se han recogido ejemplares de estos últimos que tenían el volumen aproximado de una avellana o de un huevo de paloma. En la temporada de lluvias del año de 1924 cayó en la Capital de México granizo de estas dimensiones en abundancia.

20. *Ventisqueros o glaciales.* Cuando el sol dirige sus ardientes rayos sobre la nieve de las altas montañas, ésta se derrite en parte y da lugar a riachuelos de agua helada, los cuales juntándose unos a otros bajan serpenteando por la falda y llegan a la llanura transformados en ríos de agua muy fría. Un ejemplo de estos ríos es el río Blanco, que procede de los deshielos del Citlaltépetl o Pico de Orizaba, y el río Pánico, que propiamente se origina de los deshielos del Popocatepetl.

Como no toda la nieve de las montañas se funde o licúa, una



Granizo monstruo

parte al estado sólido aún, emprende un lento movimiento de descenso por las grietas de la falda, llegando al valle. A estas corrientes de nieve, se les denomina *ventisqueros* o *glaciares*.

Los ventisqueros no pueden observarse en la propia localidad, pues sólo tienen lugar en las muy altas montañas y muy altas latitudes.

Un ventisquero o glaciar es un verdadero río de nieve y como él, goza de los mismos movimientos aunque con mucha más lentitud.

A semejanza de las corrientes fluviales, gozan de un alto poder de denudación de las montañas, destruyendo, transportando y depositando en el mar sus sedimentos.

Como el ventisquero es un factor geológico de primer orden, nos ocuparemos de él con mucho detalle en la geología dinámica.

Meteoros luminosos. Entre estos meteoros son de mencionarse, el arco-iris, el relámpago, las auroras polares, etc., aunque estos



Un ventisquero

dos últimos más bien corresponden a los meteoros eléctricos que los originan y, por lo tanto, los colocaremos entre ellos.

El arco-iris es un conjunto de 7 fajas concéntricas diversamente coloridas y en forma de arco, que se observa en el cielo cuando llueve con sol. Fácilmente se comprende que este hermoso fenómeno tiene lugar cuando los rayos solares atraviesan las gotas de lluvia, descomponiéndose en los siete colores de que se forma toda luz blanca.

El fenómeno puede reproducirse en pequeño, esparciendo con un chambelán o pulverizador, un abanico de gotas de agua en presencia del sol o de un potente foco de luz. El arco-iris se producirá del lado del abanico por donde le esté dando la luz. En los surtidores de agua, fuentes, chorros y geysers, se está repitiendo este hermoso meteoro.

Las fajas coloridas son 7 y llevan un orden de colocación invariable, comenzando siempre por el rojo y terminando por el violeta. El orden de sucesión de estos colores es el siguiente:

- 1.—Rojo.
- 2.—Naranjaado.
- 3.—Amarillo.
- 4.—Verde.
- 5.—Azul.
- 6.—Indigo.
- 7.—Violeta.

Al rojo, amarillo y azul se les denomina colores primarios por que se forman sin el auxilio de ningún otro, y a los colores naranjaado, verde, índigo y violeta, se les llama secundarios por estar formados por dos de los anteriores. En efecto, el naranjaado se forma de la mezcla del rojo y el amarillo, el verde con la ayuda del azul y el amarillo, y el índigo y el violeta con el rojo y el azul en diversas proporciones.

La descomposición de la luz blanca puede hacerse por medio del prisma, experimento físico que omitimos por elemental y bastante conocido del alumno de geología.

Algunas veces se observa el arco-iris sin haber llovido en el sitio de observación, y sin que haya sol, sin embargo, esta falta de condiciones puede ser aparente, pues puede estar lloviendo en otra región y estar el sol tras una nube que nos impide descubrirlo. En

este caso, lo único que podemos ver es la pantalla donde se proyecta el fenómeno.

21. *Meteoros eléctricos.* El más importante es el rayo que casi siempre es acompañado del relámpago y seguido del trueno.

El rayo es la línea brillante que parte de un extremo a otro de dos cuerpos electrizados. Este fenómeno se origina por la recomposición brusca de las electricidades positiva y negativa que contienen dos nubes o una nube y la tierra.

El relámpago es la luz vivísima que acompaña el rayo y que ilumina a las nubes vecinas con sus deslumbrantes rayos. Así pues, el rayo es la chispa eléctrica y el relámpago la luz que le acompaña.

La luz de los relámpagos es blanca en las regiones bajas de la atmósfera y violácea en las regiones altas.

La magnitud e intensidad de la chispa eléctrica, depende de la diferencia de potencial eléctrico entre ambos cuerpos electrizados y de la distancia a que se encuentre uno de otro.

Se ha llegado a reproducir la chispa eléctrica en los laboratorios con el auxilio de poderosas máquinas eléctricas o de un carrete de inducción. De esta manera se han obtenido chispas arborescentes hasta de un metro de largo y con el aspecto de los rayos que se observan durante las grandes tempestades.

Un rayo de 2.000,000 de voltios producto de laboratorio

Una centella, que puso en libertad durante un instante a una fuerza mayor que el total de la energía eléctrica usada en todos los Estados Unidos, se lanzó con ruido estrepitoso sobre un pueblo en miniatura levantado en un recinto de altas paredes de acero, en el Laboratorio de Alta Tensión de la "General Electric Company" en Pittsfield (Massachusetts) durante unos ensayos, recientemente hechos públicos.

Esta centella representaba 2.000,000 de voltios, potencial muy superior al mayor que hasta ahora se había alcanzado en los experimentos relativos a rayos artificiales. En ella estuvo concentrada durante una fracción de segundo la enorme fuerza de.... 10.000,000 de caballos.

Toda la furia de esta fuerza gobernada a voluntad por la mano de un hombre, sobre un conmutador, se dirigió contra un pue-

blo en miniatura, construido especialmente sobre el suelo del laboratorio para este espectáculo.

Este aparatoso experimento es significativo aparte de su objeto directo, o sea, el de perfeccionar y extender el alcance de las actuales líneas de transmisión a alta tensión, por anular y evitar los efectos destructores del rayo natural. Se ha descubierto que, cuando el rayo artificial hiere un bloque de madera desaparece sin que se pueda dar razón de ella. Se encuentra un pequeño agujero en el bloque que no tiene apariencia de quemado. De la madera que lo rodea desprende un penetrante olor "sui generis". Los hombres de ciencia creen que la porción de madera que desaparece, puede haberse transformado en otro elemento, quizá un gas. Esto abre un vasto campo para la especulación científica. Aunque los técnicos del laboratorio se muestran reservados sobre el particular, no niegan que el estudio de este fenómeno pueda conducir a conclusiones notables y a nuevas concepciones sobre la constitución de la materia.

El laboratorio en que se llevaron a cabo los experimentos, está en un gran edificio de ladrillo forrado o guarnecido de acero, para evitar que pase al exterior cualquier perturbación y pueda causar algún daño. En unos pocos segundos se pueden cerrar todas las ventanas y poner el cuarto a oscuras y se han dispuesto medios para producir lluvia artificial desde arriba.

Para la seguridad de los empleados, se han tomado toda clase de precauciones. Un sistema de trampillas y conmutadores automáticos impiden que circule la corriente mientras haya alguien dentro de la barrera de alambre que rodea los aparatos de alta tensión.

Según los ingenieros, el gran problema que se presenta al transportar electricidad a altas tensiones, es el de mantener la corriente dentro de los alambres. La pérdida de la corriente por escape al aire en derredor es siempre posible. Se conoce con el nombre de efecto corona y en estos experimentos, algunos de los cables más pequeños, bajo una tensión muy alta, estaban rodeados por una corona de luz rosada chisporroteando, que revela precisamente lo que es aquella pérdida. También se sintió el penetrante olor del ozono, que se observa frecuentemente durante las tormentas.

En estos experimentos se determinó que un cable tubular de transmisión de 165 mm. de diámetro, sería de tamaño suficiente

para contener esta enorme corriente y que se necesitarían postes de 50 m. de altura y una separación de 10 m. entre conductores, para transportar la corriente.

Además del problema de evitar que la corriente eléctrica de alta tensión abandone los alambres, hay también el problema de evitar los efectos destructivos de los rayos, por medio de pararrayos, y el de proyectar transformadores para resistir las tensiones de aquéllos. El rayo es un fuego eléctrico. Enorme potencia a tensiones tremendas se disipa en una fracción de una millonésima de segundo: a su contacto la materia hace explosión y se deshace. El generador de rayos de dos millones de voltios, proporciona un medio de estudiar y resolver estos problemas. Hay el estallido estrepitoso y el relámpago deslumbrante, con todas las características destructivas del rayo verdadero. Durante una pequeña parte de una millonésima de segundo, se concentran en este estallido millones de caballos equivalentes en realidad a toda la potencia eléctrica de los EE. UU. A pesar del hecho de que la velocidad del rayo es igual a la de la luz, los ingenieros del laboratorio de Pittsfield han podido medir el contorno de la llama y determinar su presión. El pueblo en miniatura y el rayo artificial se proyectaron para la mejor comprensión de estos fenómenos.

"En todo trabajo de ingeniería es necesario que la ciencia vaya muy por delante del arte de su aplicación"—decía F. W. Peek, Jr., encargado de los experimentos de alta tensión. "Ya en el año de 1910, con anterioridad a la transmisión de 220,000 voltios para fines prácticos, se construyó y ensayó un trozo de línea a 250,000 voltios. Más de once años después se llevó a la práctica en California, la transmisión a 220,000 voltios. En septiembre de 1921, se hicieron en este laboratorio, investigaciones de transmisión a un millón de voltios y hoy hemos logrado allí obtener en rayos artificiales un potencial poderoso de dos millones."

"Quizá un millón de voltios no sea nunca necesario para la transmisión de energía, pero si llegará el caso, estaremos preparados. Nuestros experimentos de hoy nos han demostrado las características de la electricidad a esas tensiones elevadas y estamos en condiciones de poder determinar el tamaño del cable, la altura

de los castilletes o torres, el medio de protección contra el rayo y otras particularidades que se requerirán cuando llegue el día.”

“El empleo económico de tan altos voltajes requerirá la contracción de grandes manantiales de energía, para satisfacer la demanda existente en algún punto lejano y parece que, al fin y al cabo, de esto dependerá en la práctica el límite del voltaje y no de dificultades técnicas.”

Este experimento con 2.000.000 de voltios, es uno de los espectáculos más soberbios a la par que hermosos, que se puede uno imaginar. Cuando se va a realizar el ensayo, se apagan todas las luces del laboratorio. Tres grandes transformadores, con 160 Km. de alambre arrollado, y colocados en un recipiente que contiene 151.000 litros de aceite, elevan la corriente al voltaje enormemente alto.

A medida que la tensión aumenta, un zumbido peculiar crece en intensidad en los alambres conductores, empiezan a brillar puntos violáceos y aumenta el ruido sibilante y el chisporroteo del efecto corona, o sea, el fenómeno de la electricidad a alta tensión escapándose a la atmósfera. En ciertos puntos de las barras sobre las torres, saltan al aire lenguas violáceas, retorciéndose. Entonces, blancas horquillas de luz, se lanzan también a través del aire, de un punto a otro, en líneas ondulantes. Por último, con un relámpago y un estampido, la energía acorralada salta un espacio de unos 4.57 m. y penetra en su blanco.

Haciendo comentarios sobre la posibilidad de nuevas aplicaciones de la energía latente en este elevado potencial, Guisepe Facieli, ingeniero general del Laboratorio de Pittsfield, dice:

“No sabemos lo que es ese olor que se nota cuando el rayo se abre paso a través del bloque de madera; pero lo tendremos que saber algún día. No sabemos qué transformación tiene lugar; pero el hecho abre un admirable campo para la investigación. Ignoramos lo que son los gases que proceden de la madera; mas algún día los atraparemos y los analizaremos si podemos.”

“Pero con estos experimentos sabemos que estamos manejando el rayo tal como lo presenciábamos en la naturaleza. Y sabemos que, leyes, como las del efecto corona y del salto de la chispa, establecidas hace tiempo por los técnicos en sus experimentos con bajos voltajes, quedan confirmadas en los de voltajes altos.

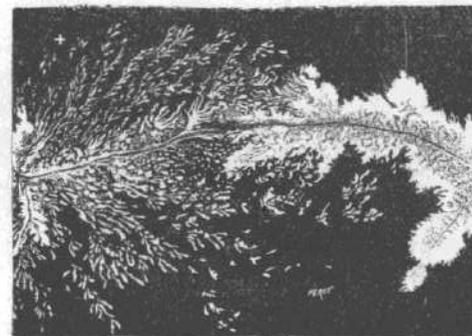
“No encontramos nada nuevo en ningún punto de los ensayos

de alta tensión, que venga a alterar estas leyes. Así, mirando hacia el día en que la transmisión a un millón de voltios sea una realidad, sentimos que podemos trabajar con amplio margen de seguridad y certeza.”

(Prensa de información).

Los Sres. Mary insistían en que el hombre puede reproducir en el laboratorio todos los fenómenos naturales, pues imita el rayo y debe producir la vida artificial. Así predijeron este notable resultado del rayo de dos millones de voltios.

La chispa eléctrica puede tener variadas formas, es recta cuando los cuerpos electrizados están muy próximos. Es ramificada o arborecente cuando entre ambos cuerpos existe un gran espacio atmosférico. La figura en zizás que algunas veces muestran los rayos es debida, según se cree, a la diferente resistencia que encuentra la descarga eléctrica al atravesar las capas atmosféricas de diferente densidad.



Arborecencias formadas por la chispa de una máquina eléctrica

Palmieri, Director del Observatorio de Nápoles, después de profundos estudios, ha formulado las leyes a que está sujeta la electricidad atmosférica. Mencionaremos algunas de ellas:

1º En cielo sereno como nebuloso, la electricidad atmosférica es siempre *más* o *positiva*, con tal de que cercano al radio de observación no llueva, granice o nieve. El máximo de esta distancia es de 50 a 60 kilómetros. Por consiguiente, si con cielo sereno la electricidad es negativa, es prueba de que está lloviendo, granizando o nevando muy cerca del punto de observación.

2: La electricidad aumenta a medida que crece la humedad, alcanzando su máximo al caer la lluvia, nieve o granizo y abarca un radio de 60 kilómetros.

3: Para que haya descargas luminosas, es decir, rayos, se necesita que las nubes resuelvan en lluvia, nieve o granizo, de otro modo la tensión eléctrica no es bastante para producir este fenómeno.

4: La causa probable de la electricidad atmosférica es la condensación del vapor de agua en las altas regiones de la atmósfera.

Ahora bien, como la luz camina con velocidad vertiginosa, podemos asegurar que siempre que se ve la luz de un relámpago, en el mismo momento acaba de producirse el fenómeno, aunque nos encontremos a 12 kilómetros del punto donde se produjo, pues la luz recorre 300.000 kilómetros por segundo.

No acontece lo mismo con el trueno, pues el sonido se propaga con la velocidad de 340 metros por segundo a 16° . Esta es la razón por la que siempre vemos la luz lejana del relámpago y después oímos el trueno.

Con los datos anteriores se puede saber a qué distancia se produjo el rayo contando el número de segundos que transcurren entre aparecer la luz y oírse el trueno, y multiplicando este número por 340 metros (se supone que la temperatura es de 16°), se tendrá la distancia a que se produjo la descarga eléctrica.

Vaya un ejemplo: Supóngase que con el reloj en mano se cuenta el número de segundos transcurridos desde que apareció la luz del relámpago hasta oírse el trueno y que su duración fué de 9 segundos.

Multiplicando 9×340 , que es el número de metros que recorre el sonido por segundo, el resultado 3060 metros será la distancia a que se produjo el meteoro.

Para terminar lo relativo a los meteoros ígneos, hablaremos de las auroras polares y de los relámpagos que vulgarmente se llaman centellas.

Las primeras consisten en núcleos luminosos de donde parten a modo de abanico, radiaciones de los más bellos colores, que cambian a cada instante de matices. Este hermosísimo fenómeno, después de haber llegado a su mayor intensidad, va decreciendo poco a poco hasta desaparecer por completo. Otras veces se presenta a modo de luminoso cortinaje que ondea como inmenso estandarte

por la bóveda celeste, cambiando al mismo tiempo de coloraciones en donde se encuentran a veces todos los colores del iris. Aunque hasta hoy, fenómeno tan maravilloso y bello, no ha sido satisfactoriamente explicado, parece ser producido por corrientes electromagnéticas generadas por la tierra y que parten de los polos, dirigiéndose hacia el ecuador, llevando, a la vez, un movimiento ascensional hacia las altas regiones de la atmósfera.

Como quiera que sea, todos están de acuerdo en que es un meteoro eléctrico, y por tal motivo debe consignarse en este lugar. También suponen que las auroras boreales se deben a los átomos de azoé atmosférico electrizados y a los electrones dotados de enorme velocidad.

Uno de los hechos que lo corroboran, es que al aproximarse la aurora, la brújula pierde toda orientación, es decir, se vuelve loca.

Aunque las auroras se han visto con más frecuencia en el polo norte, y por eso se les llamaba auroras *boreales*, también existen en el polo sur y por lo tanto hoy se llaman con más propiedad *auroras polares*.

Estas aparecen casi a diario en el polo norte, y ocasiones hay en que se observan 2 en el intervalo de 2 horas.

Fueron observadas por una comisión científica más de 150 auroras en 200 días.

Muchas naciones y ciudades como Moscow, Varsovia, Roma y Cádiz, han visto auroras polares desde estas regiones.

Cuántas personas han tenido oportunidad de contemplar este espectáculo, convienen en que es imposible observar fenómeno más espléndido.

La centella es un relámpago que desciende rápidamente a la tierra en forma de globo ígneo y estalla en los campos, mares, etc., produciendo un gran ruido. Según Thornton, se compone de ozono en equilibrio inestable y proviene de una nube electrizada negativamente y proyectada hacia la tierra por una onda eléctrica, después de una descarga luminosa intensa. ("Biología y Plasmogénia", p. 106).

CAPITULO SEGUNDO

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

GENERALIDADES

Así como al estudiarse el organismo humano desde el punto de vista anatómico y fisiológico necesitamos de la ayuda imprescindible de la Histología para darnos cuenta de la estructura íntima de los tejidos, observando al microscopio los diversos cortes histológicos, así también al estudiar la anatomía y fisiología de la tierra, tenemos que recurrir a la Geología estructural para explicarnos la composición y estructura de las rocas y terrenos que entran en la constitución de la corteza terrestre. El estudio de las rocas se llama Petrografía o Litología (de *petra* o *litos*, piedra y *logos*, tratado), y el de los terrenos, Estratigrafía, siendo este último un poderoso auxiliar en la determinación de las eras geológicas.

Como es imposible estudiar con fruto los tejidos orgánicos sin antes haber emprendido un detenido estudio de la celdilla, ya sea animal o vegetal, que es la base de ellas, igualmente no se podrían estudiar los terrenos, sin el conocimiento exacto de sus partes constitutivas, las rocas.

Por consecuencia, el estudio petrográfico debe ser anterior al de los terrenos.

1.—ROCAS.—CONSTITUCION Y CLASES.—PETROGRAFIA

Entiéndese por roca todo compuesto mineral que ocupa grandes porciones en la superficie de la tierra.

Generalmente las rocas no tienen una composición química definida, pues aunque están compuestas las más veces por varios minerales, no obstante, la proporción en que entran éstos es muy variable y aun incierta en algunos casos.

No obstante, hay rocas que no son sino minerales propiamente dichos, que por ocupar grandes extensiones se les ha considerado como rocas.

En tal virtud, estos últimos si poseen composición química definida, son susceptibles de cristalizar y tienen estructura homogénea. Como ejemplos tenemos a los mármoles que no son sino variedades de la especie mineralógica *calcita*, ocupando grandes extensiones de la superficie terrestre.

Nosotros describiremos únicamente las rocas más comunes y aquellas que, por sus aplicaciones, deba conocer el alumno, pues nuestra obra, más que un libro de consulta para clasificaciones, es un texto de conocimientos prácticos.

Todo estudio científico debe dividirse para poderse emprender con fruto, pues es imposible abarcar con una mirada una ciudad, desde lo alto de una montaña y, al mismo tiempo, observar los mínimos detalles de cada manzana, de cada calle y de cada casa.

Así también, la petrografía o estudio de las rocas, no se podría llevar a cabo sin una clasificación.

Esta necesidad ha dado origen a que desde tiempo atrás, se hayan venido proponiendo clasificaciones litológicas, algunas basadas en la composición mineralógica, otras en la composición química y, otras por fin, en su aspecto, estructura y forma.

La clasificación actualmente aceptada es la que reconoce por bases fundamentales el origen de las rocas y su composición mineralógica.

Esta clasificación presenta la ventaja de indicar los lazos de relación o dependencia de una roca con otra. Así, tendremos rocas primitivas y derivadas, procediendo estas últimas de las primeras.

Antes de indicar las grandes divisiones petrográficas dentro de las cuales se agrupan todas las rocas conocidas, esperemos a que tres de ellas, tipos de cada división, nos cuenten su diferente historia.

Estas tres rocas tipos, tan conocidas de nosotros, serán el granito, la arenisca y el mármol.

El granito nos diría "Soy una de las rocas más antiguas, pues mi origen se remonta al mismo de la tierra, de cuyo núcleo formo parte. Mi masa, sometida al inmenso calor del planeta, se fundió y licuó completamente en un líquido viscoso parecido al del vidrio o de la brea fundida.

Así permanecí cierto tiempo, sujeto a las presiones de las otras masas y mis elementos constitutivos, cuarzo, feldespato y mica lograron cristalizar gracias al reposo y la presión.



Fragmento de roca granítica

Aunque algunas veces me encuentro en los picos de las altas montañas y formando el esqueleto montañoso de los grandes sistemas, sin embargo, me encuentro en mayor cantidad en las regiones profundas de la corteza terrestre, formando el cimiento o base sobre la cual descansan los terrenos estratificados.

Mi estructura es granuda o granular, nunca me presento en capas paralelas como la arenisca ni he hospedado nunca en mi seno algún resto vegetal o animal."

La arenisca, a su vez, nos relataría su origen netamente acuoso, así como el granito nos contó su origen ígneo.

"Yo, diría, procedo de las altas montañas. Un riachuelo me desprendió de sus laderas y me llevó consigo arrastrándome por el fondo de su cauce, en compañía de los demás guijarros, matatenas, etc., etc.

Bien pronto me rompí debido a los continuados golpes recibidos al chocar contra las duras piedras del fondo y de sus márgenes.

Las matatenas y demás guijarros le ayudaron en su destructora labor, resquebrajándose ellas mismas, puliéndose y redondeándose por el eterno correr.

Por su parte, los costados y el fondo del río fueron ahondándose y ensanchándose y enriqueciendo el caudal de materiales de acarreo de la corriente.

Como resultado de este incansable correr, yo y todas las piedras



Trozo de arenisca

que me acompañaban, nos hicimos cada vez más redondas y pequeñas. Las piedras más grandes se dividían y daban lugar a las matatenas, éstas dividiéndose se volvían grava y la grava se transformó en arena al dividirse.

Al llegar al fin de nuestro camino mi masa se había dividido de tal manera, que cada uno de mis fragmentos era un polvo microscópico, polvo de arcilla que en lugar de rodar por el fondo del riachuelo flotaba en la movediza cinta del río.

La obra de destrucción estaba consumada, por allí cerca ya no existían piedras grandes, sino arena muy fina y uno que otro montón de grava, las grandes masas habían sido trituradas, redondeadas y finamente molidas. El río cuyo poder dinámico se habría creído insignificante me desprendió, trituró, transportó y abandonó en un lago en compañía de otras muchas rocas que tuvieron la misma suerte que yo.

Al ser arrojado este fino caudal de materiales, tuvieron que caer primero los cuerpos más grandes, es decir, los más pesados y al último las partículas más ligeras como la arcilla y polvos impalpables. Se originaron, pues, diferentes capas, la capa más profunda o de la grava, la capa de la arena gruesa, la de la fina y la de la arcilla que quedó arriba. Estas diferentes capas fueron comprimiéndose unas con otras por el peso de posteriores sedimentos y de la misma masa líquida del lago y se endurecieron notablemente.

Yo no soy sino un pedazo de ese inmenso block sedimentario que se formó en el fondo de aquel lago."

En efecto, si analizamos la estructura íntima de una arenisca, notaremos que está formada por una superposición de capas cuyos elementos constitutivos van siempre de los más gruesos y pesados a los más finos y ligeros, repitiéndose este orden indefinidamente en una misma arenisca.

Por último, el mármol nos diría:

"Mi origen se encuentra en un período de la tierra denominado *cretácico*, por abundar en sus terrenos la creta.

Una ocasión este terreno de creta fué intensamente conmovido por una formidable erupción, muchos terrenos se plegaron, torcieron y dislocaron, y anchas grietas recorrieron su superficie en varias direcciones. Por dichas grietas asomó la materia lávica aún

(1) Grava; es preferible decir guijo.

candente y flúida, consolidando lentamente a medida que se enfriaba.

Los terrenos por donde pasó esta lava, se transformaron completamente en su estructura: los arcillosos se transformaron una verdadera porcelana o ladrillo, es decir, barro cocido; los arenosos se fundieron entre sí, originándose la cuarcita o cuarzo metamórfico; y por último, los terrenos calcáreos o cretácicos se transformaron en mármoles. Yo soy uno de éstos."

Después de haber conocido el origen de estas tres rocas comunes, estamos en condiciones de deducir estas conclusiones:

1º Hay rocas de origen ígneo, es decir, formadas por la erupción y consolidación de las masas fundidas. Nunca muestran estratificación.

2º Hay también rocas de origen sedimentario, es decir, formadas en el seno del agua, por superposición gradual de los sedimentos acumulados en el fondo de un lago o mar.

Esta superposición se verifica en el orden de sus pesos relativos y muestra una serie de capas paralelas que se llaman *estratos* y a las rocas se les llama estratificadas.

3º Por último, tenemos otras que han sufrido una transformación especial que ha modificado su primitiva estructura y propiedades y por eso se llaman rocas *metamórficas*.

Sentado esto, las rocas se agrupan en estas tres grandes divisiones:

- A.—Rocas ígneas.
- B.—Rocas sedimentarias.
- C.—Rocas metamórficas.

A.—ROCAS IGNEAS

Las rocas ígneas presentan como características:

- 1º No ser estratificadas, no se presentan en capas paralelas como se observa en las sedimentarias.
- 2º Ausencia de fósiles, es decir, no contienen restos o huellas de animales antiguos extinguidos.
- 3º Muestran todas una estructura granular, vítrea o escoriada, que revelan claramente su origen ígneo.
- 4º Se presentan en masas, diques, filones o corrientes.

Estas rocas son también llamadas primitivas por haber sido

las primeras en formarse. Se supone que se prolongan hasta una gran profundidad en el interior de la tierra.

No obstante, hay rocas ígneas que se han formado muy recientemente y aún se están formando a nuestra vista; éstas son las lavas de los volcanes.

Se les ha encontrado profundamente, sirviendo de base a los terrenos sedimentarios y reapareciendo en las cúspides de las grandes montañas, bien en forma de diques interceptando los terrenos estratificados y aún sobre la superficie de la tierra, y naturalmente encima de los estratos.

La figura representa un corte ideal de la costra terrestre y permite darnos cuenta de la posición relativa de las rocas ígneas: a), es una montaña granítica profunda cuya cima aparece en lo alto de los terrenos estratificados b.



Corte ideal de la corteza terrestre.

1, es una prolongación granítica. 2 es otra prolongación que se extendió sobre la superficie de unas masas estratificadas. 3 es un conducto volcánico llenado por la materia lávica, la cual ha llegado a la atmósfera derramándose en forma de corriente, por la superficie de la tierra. 4 es una vena ígnea que procede de la masa granítica inferior.

No obstante que la superficie total de las rocas ígneas no es muy grande, pues ocupa apenas la décima parte de la terrestre, sin embargo, se cree, como dijimos antes, que una buena parte del interior de la tierra está ocupado por esta clase de rocas.

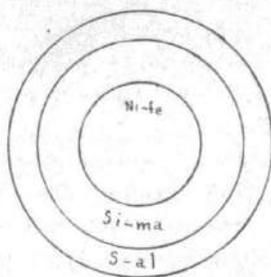
Origen. Para explicarnos el origen de las rocas ígneas, debemos recordar que nuestro globo, después de haber sido nebulosa, pasó al estado flúido propio de las masas aún candentes. Consideremos por un momento a la tierra transformada en un ardiente globo líquido, animado de vertiginosa rapidez. En este estado, fácilmente se comprende el achatamiento anular del planeta Saturno, y el ensanchamiento ecuatorial de la tierra. Es explicable tam-

bién que obrando la gravedad sobre las masas de mayor peso específico, fueron éstas las primeras en precipitarse hacia el centro de la tierra en donde se cree que existen formando el núcleo terrestre. Los metales níquel y fierro, ambos de un alto peso específico, serían los componentes del núcleo.

La abreviación de estos dos elementos es Ni-fe, tomada de sus dos primeras letras, denominándose así a la antes dicha región.

Inmediatamente después se colocaron las rocas esencialmente magnesianas, principalmente los silicatos de magnesio (abreviación Si-ma), y por último, los silicatos de aluminio (abreviación S-al), y que se encuentran formando la capa superficial de la corteza terrestre.

Así, pues, la tierra se ha dividido petrográficamente en tres regiones, una central o del Ni-fe, una intermedia o del Si-ma y una superficial o del S-al.



Las tres regiones principales del globo terrestre

Después de haber pasado nuestro globo por el estado líquido, se fué solidificando paulatinamente en su parte superficial, debido al frío que reinaba en los espacios interplanetarios, quedando el centro, todavía semi-líquido o pastoso. Este estado, que duró cierto tiempo, fué favorable a las rocas, pues sus elementos pudieron cristalizar totalmente, en relación a su profundidad.

Según todas las probabilidades el interior de nuestro globo no es comparable exactamente al de un huevo crudo recubierto por su cascarón, es decir, líquido o flúido, sino más bien el de un huevo duro. Si este globo fuera líquido, en efecto, la atracción del sol y de la luna produciría mareas que pasarían debajo de nosotros dos

veces por día y determinarían ondulaciones de la corteza del globo, que, por lo demás, es elástica.

Según el conjunto de estas observaciones y de las astronómicas y geodésicas, la masa del globo no es líquida. La pesantez en el centro es nula; la presión, al contrario, allí alcanza su máximo y puede elevarse a tres millones de kilogramos por centímetro cuadrado o sea tres millones de atmósfera. La masa del globo debe encontrarse en el estado pastoso. Kelvin asegura que su rigidez debe ser la del acero. Las sacudidas de los temblores de tierra atraviesan el globo en 14 minutos, lo que no pasaría si fuera líquido.

Es probable que esta masa está aún muy caliente. La tierra es un planeta del sistema solar formado a expensas de la nebulosa primitiva. Al principio fué una esfera de vapor, como Júpiter parece serlo aún; después se ha enfriado lentamente, se ha condensado formando un globo líquido, después pastoso, se ha recubierto de una costra sólida; como pasa en un crisol de plomo fundido. Esta corteza solidificada reposa sobre la masa pastosa y al enfriarse el interior se contrae y se producen los temblores, que se explican también por otras causas.

División de las rocas ígneas. En dos divisiones principales se agrupan las rocas ígneas: *plutónicas* y *volcánicas*, llamadas también graníticas y eruptivas.

Esta clasificación obedece a la edad relativa y a la estructura de las rocas.

En efecto, las *plutónicas* son rocas muy antiguas, ocupan grandes extensiones *bajo* los terrenos estratificados, y por esto se han llamado también *rocas abisales* (o de los abismos).

Su estructura es cristalina y francamente granuda o granular y sus cristales son perceptibles a la simple vista. Estas rocas, por lo general no son eruptivas.

Las *volcánicas*, al contrario, son francamente eruptivas y se encuentran formando *corrientes* o capas de materia lávica solidificada encima de todos los terrenos estratificados. Estas son rocas más modernas y son generadas por las erupciones volcánicas. Su estructura es vítrea o escoriosa.

Debemos mencionar también unas rocas de transición entre las *plutónicas* y las *volcánicas*, éstas son las rocas intrusivas o microcristalinas.

Son llamadas así por encontrarse generalmente penetrando las



Fragmentos de lava

rocas sedimentarias, sobre cuyos estratos se extienden en forma de capas de mayor o menor espesor y en seguida se llaman micro-cristalinas por estar formadas de una pasta fundamental cripto-cristalina. (Cristalización oculta).

Estas rocas se llaman también intermedias por ser rocas de paso entre las plutónicas y las volcánicas.

El cuadro siguiente, que condensa lo anterior, muestra las grandes divisiones de las rocas ígneas.

ROCAS IGNEAS

	PLUTONICAS	INTRUSIVAS	VOLCANICAS
Estructura	Macro-cristalina Tipo, granito	Micro-cristalina Tipo, micro-granito	Vítrea o escoriosa Tipo, Obsidiana
Modo de presentarse	Encontradas en grandes <i>masas</i> , en las profundidades y <i>abajo</i> de las rocas sedimentarias.	Encontradas en <i>capas</i> entre los estratos de las rocas sedimentarias	Encontradas bajo la forma de <i>corrientes</i> o <i>lavas</i> sobre las rocas sedimentarias.

Como se ve claramente por el cuadro anterior, la estructura, lugar y modo de presentarse de una roca, guardan íntima relación. Las rocas más profundas o plutónicas, son las rocas mejor cristalizadas; las rocas intrusivas o de en medio, son micro-cristalinas y las superficiales o volcánicas son amorfas o muy próximas a serlo.

Esto se concibe fácilmente, pues las primeras, debido a su misma profundidad, se enfriaron lenta y tranquilamente y por eso su masa es holocristalina (*holo*, totalmente), como el granito; las intrusivas se enfriaron con mayor rapidez por estar más cerca de

la superficie y, por consiguiente, su masa no cristalizó totalmente; las volcánicas, por fin, habiendo estado en íntimo contacto desde su salida con la atmósfera, sufrieron un enfriamiento rapidísimo y consolidaron sus elementos sin haber tenido tiempo de cristalizar.

Rocas plutónicas

Caracteres generales. {
 Rocas antiguas no estratificadas y careciendo de fósiles.
 Rocas granuladas, holocristalinas, mostrando cristales perceptibles.
 Se encuentran en grandes *masas*, abajo de las rocas sedimentarias

Estas rocas están formadas por tres o cuatro clases de minerales, cuarzo, feldespato, mica y hornblenda confusamente distribuidos en la masa total de la roca. El cuarzo generalmente se encuentra cristalizado o en granos transparentes y de un color blanco o azulino y un lustre graso muy claro (carácter distintivo). El feldespato se presenta de un color blanquezo, rosado, verdoso, etc., pero con superficie estriada y la mica, generalmente, de color aperlado, obscuro o negro, puede ser fácilmente identificada por su poca dureza y por su fácil exfoliación propia de las micas. La hornblenda es un mineral muy negro o verdoso que fácilmente se distingue de la mica por la ausencia de la estructura micácea.

Cuando la roca está formada por cuarzo, feldespato y mica, se llama *granito propiamente dicho*.

Granito. El granito, como se dijo antes, está formado por los tres minerales mencionados como fundamentales, pudiendo contener otros accidentales que no modifican en nada su composición petrográfica, y sólo dan origen a las variedades.

El granito presenta la apariencia de una roca gris, formada por el conjunto de cristales claros y oscuros que están arbitrariamente repartidos.

Posee una gran dureza, pues tanto el cuarzo como el feldespato rayan al vidrio, sin embargo, por el intemperismo (acción destructora de los agentes atmosféricos) puede perder lentamente su dureza primitiva por descomposición de sus elementos constitutivos, quedando como residuos una arena cuarzosa que proviene de

los granos de cuarzo, una arcilla o caolín que procede del feldespato y una tierra amarillenta que contiene principalmente hidróxido de hierro, producto en que se ha transformado la mica. He aquí explicado el proceso de transformación lenta de una roca granítica en tierra de labor.

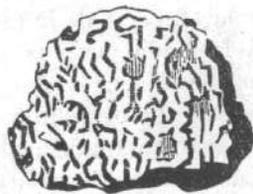
El granito es susceptible de hermoso pulimento, y por esta razón se ha aprovechado desde los tiempos primitivos como roca de construcción, habiéndose labrado en granito columnas, monumentos y demás detalles de ornamentación, etc., etc.

Ya se ha dicho que el granito se encuentra en grandes masas bajo las rocas sedimentarias y a gran profundidad; también se le ha visto formando la cúspide de las más altas montañas, constituyendo a la vez el esqueleto montañoso de las cordilleras y sistemas continentales. Abunda en las regiones polares y en general en los países que se encuentran a muy altas latitudes.

En México se ha encontrado en muchas montañas y especialmente en la cordillera del Sur.

Ahora bien, aunque en el lenguaje vulgar toda roca que tiene la apariencia del granito, se le denomina de la misma manera, científicamente, no siendo la misma roca, tendrá que llevar diferente nombre y, por consiguiente, tener otra composición.

Si a un granito se le sustituye la mica por la hornblenda, tendremos la *sienita*, la cual puede o no tener cuarzo.



Granito gráfico

Hay un granito formado sólo de feldespato y cuarzo y que exhibe dibujos parecidos a las inscripciones hebráicas, por lo cual se le ha llamado *granito gráfico* o *pegmatita*.

La *diorita* es una roca listada oscura de la misma composición de la sienita, con la única diferencia que en lugar de feldespato potásico tiene un feldespato sódico-cálcico o plagioclasa.

El *gabro* y la *diabasa* son rocas de un color verde obscuro, semejantes a la diorita y cuya hornblenda es reemplazada por olivino.

El granito, la sienita, la diorita, el gabro y la diabasa son, pues, rocas plutónicas semejantes, que reconocen como tipo al granito.

Si se toma en consideración la proporción de cuarzo que cada una de las rocas anteriores contienen, tendremos la siguiente tabla.

SERIE	{	Granito	69,5	de SiO ₂
		Sienita	58,83	” ”
		Diorita	52,10	” ”
		Gabro	49,56	” ”
		Diabasa	41,44	” ”

Por lo que se ve, las primeras contienen más proporción de cuarzo que las últimas, disminuyendo éste a medida que se desciende en la serie: por esto a las primeras se les denomina *rocas ácidas*.

Si, por otra parte, tenemos en cuenta el aumento proporcional de los elementos básicos en los términos de esta serie, llegaremos al resultado siguiente:

	Fe ₂	FeO	CaO	MgO	Na ₂ O		
SERIE	{	Granito	3,6	—	1,5	1,2	4
		Sienita	—	7,15	4,45	2,65	2,47
		Diorita	—	9,59	6,52	2,09	4,11
		Gabro	5,88	9,47	10,63	6,64	2,26
		Diabasa	3,87	6,30	7,20	18,42	0,24

Total de elementos básicos:

SERIE	{	Granito	10,3
		Sienita	16,72
		Diorita	22,31
		Gabro	34,88
		Diabasa	36,03

Es decir, que el elemento básico disminuye a medida que el ácido aumenta, quedando, por tanto, rocas muy ácidas en un extremo de la serie (granito), y rocas básicas en el otro (gabros y diabasas).

Sin embargo, existe entre las rocas de la serie una insensible gradación, pues comienzan muy ácidas, y van poco a poco haciéndose menos, hasta neutralización completa y desde este punto se van haciendo más básicas. Los primeros términos son más claros y ligeros por predominar el elemento *blanco* y los últimos más oscuros o *negros* y más pesados por la presencia del elemento ferromagnésico.

Esta división de rocas ácidas y rocas básicas existe también en las rocas intrusivas y en las volcánicas.

Grupo de rocas intrusivas

Caracteres generales. { Rocas menos antiguas, no estratificadas y sin fósiles.
Se encuentran formando *capas* entre los estratos.
Estructura micro-cristalina, presentando ciertos cristales macroscópicos.

Entre las rocas plutónicas y las verdaderamente volcánicas, existe este grupo de transición que insensiblemente une uno y otro grupos.

Así, las rocas graníticas son *abisales*, es decir, profundas, y las volcánicas superficiales, las intrusivas están precisamente entre unas y otras; si las primeras están *abajo* de los estratos y las volcánicas *encima*, las intrusivas están *entre* ellos. Por fin, si las plutónicas son holocristalinas y muy antiguas, y las volcánicas son vítreas y modernas, las intrusivas no son ni tan antiguas como los granitos ni tan recientes como las lavas, sino que ocupan entre ellas un término medio. He aquí la razón por la que este grupo es llamado *intermedio*.

Si hiciéramos un corte petrográfico de un granito y de un microgranito (este último es una roca intrusiva), y observásemos ambos al microscopio para darnos cuenta de su diferente textura,

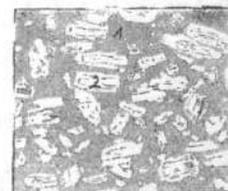
tendríamos al cuarzo, al feldespato y a la mica caprichosamente distribuidos en cristales más o menos grandes.

El cuarzo de la figura está representado por las superficies finamente rayadas 1, el feldespato por las partes blancas 2, y la mica por las manchas negras.

En la siguiente figura no veríamos sino dos superficies diversamente coloridas, una pasta fundamental oscura de feldespato y cuarzo cripto-cristalino, 1, y un conjunto de grandes cristales blancos de feldespato, 2.



Corte microscópico de un granito



Corte microscópico de un pórfido.

Las rocas intrusivas se dividen también en ácidas y básicas. Un ejemplo de los primeros es la *felsita* y el *micro-granito*, y de las últimas la *diorita* y la *diábasa*, ambas ya descritas entre las plutónicas, de las cuales se diferencian por su estructura microcristalina.

La felsita es también roca cripto-cristalina eminentemente ácida de color gris claro y compuesta esencialmente de ortoclasa y cuarzo.

Su densidad es de 2 a 3, y su quebradura es concoidal.

Se utiliza como fundente y también para la pavimentación.

Se producen por descomposición de la felsita, cuarzo, arcillas y carbonatos alcalinos.

Se ha encontrado en la mina de "Agostadero", Zacatecas, conteniendo vetas de oro nativo.

Pórfido. (1). El pórfido es otra roca intrusiva formada por una pasta feldespática, conteniendo cristales grandes y diseminados. Densidad: 2 a 3.

(1) Actualmente la significación de la palabra pórfido se limita a determinar una estructura y no al nombre de una roca; así se dice: granito porfirítico y ya no hay la roca pórfido.

Sus colores son muy variables, rojo, verde, gris, etc., pero lo que les caracteriza es su masa feldespática y sus cristales diseminados.



Trozo de pórvido

De acuerdo con sus diferentes colores y estructuras, se conocen muchas variedades:

Pórvido verde antiguo, rojo antiguo, que encierra cristales negros de anfíbola; granitoideo, micáceo, cuarcífero, etc., etc.

Es susceptible de hermoso pulimento.

Se aprovecha como roca ornamental y de construcción, empleándose para hacer columnas, mausoleos, etc.

En los museos se exhiben varias obras de arte, hechas con pórvido.

Por ser roca formada esencialmente de feldespato dará por descomposición arcilla, la cual mejora los terrenos para el cultivo de las gramíneas y otras plantas con la adición de cal. (Bárcena).

Los pórvidos son rocas metalíferas, es decir, que contienen los metales que se aprovechan en la industria, y desde este punto de vista son interesantes para el minero.

El pórvido se encuentra con frecuencia en los terrenos antiguos, de la manera y en la forma que antes se dijo al hablar de las rocas intrusivas en general.

De la diorita y diabasa micro-cristalinas, ya se dijo lo suficiente y no entraremos en más detalles. Solamente tenemos que agregar que esta serie, como la granítica, va desde las rocas muy ácidas hasta las muy básicas, por insensible gradación y que también estas últimas son más oscuras y pesadas que las primeras.

La denominación de felsita, pórvido, etc., con que se conocen

estas rocas, tiende a desaparecer, pues se ha observado que hay una correspondencia y analogía completas entre los términos de las tres series conocidas.

Esto es una prueba de la unidad de origen de estas rocas. Así el granito, la felsita y la riolita, primeros términos de estas tres categorías de rocas, poseen casi la misma proporción de cuarzo libre y por consecuencia, la misma acidez.

La diferencia capital está únicamente en su estructura, y modo de presentarse.

Por esta razón la serie intermedia se puede incluir en la primera y por eso las antiguas denominaciones se han cambiado por los nombres de la serie plutónica, anteponiéndoles la partícula *micro*.

Así tendremos en lugar de felsita, micro-granito, en lugar de pórvido, micro-sienita, etc., etc.

Grupo de las rocas volcánicas

Caracteres generales.	{	Encontradas en forma de <i>corrientes</i> o <i>capas</i> , sobre la superficie terrestre.
		Estructura vítrea o escoriosa, no cristalizadas.
		Rocas más recientes que las anteriores.

Se supone que la materia lávica, surgiendo bruscamente al exterior, se encontró repentinamente con la atmósfera fría y consolidó inmediatamente, no teniendo tiempo de cristalizar.

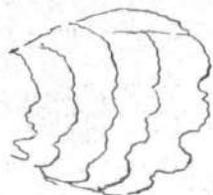


Cascada de lava, cayendo sobre un peñasco

Uno de los ejemplos más instructivos de esta clase de rocas, lo tenemos en el gran macizo basáltico del pedregal de San Angel, donde puede admirar el alumno la bien marcada dirección de la

corriente lávica, la superposición de unas capas sobre otras, y la formación de ciertas cavernas naturales.

* Esta disposición de capas superpuestas demuestra claramente que la lava salió abundantemente en varias ocasiones, superponiéndose y extendiéndose dando el efecto original de una escalera de muchos peldaños.



Capas basálticas superpuestas en el pedregal de San Angel

La estructura vítrea de estas rocas se puede observar en el cerro de las Navajas, Estado de Hidalgo, pues dicho cerro está constituido en su mayor parte por un vidrio volcánico negro y semi-transparente llamado obsidiana (véase la Mineralogía).

Las rocas volcánicas, como las anteriores, se dividen en ácidas y básicas de la manera que se indica en el cuadro siguiente:

		<i>Pétricas.</i>	<i>Vítreas.</i>
Rocas volcánicas	Ácidas.	{ Riolita. Traquita. Fonolita.	Obsidiana. Pómez.
	Básicas.	{ Andesita. Basalto. Dolerita.	Taquilita. Escoria negra.

El prototipo de las rocas ácidas puede decirse que es la traquita.

Traquita. Es una roca volcánica esencialmente compuesta de feldespato, conteniendo más o menos cuarzo. Sus colores, generalmente claros, son el gris y el rojizo. Su tacto áspero, le ha valido el nombre de traquita, (áspero). Su dureza es 4 o 5 y su densidad 2 a 3. Es infusible al soplete.

Presenta algunas variedades, algunas muy importantes, como

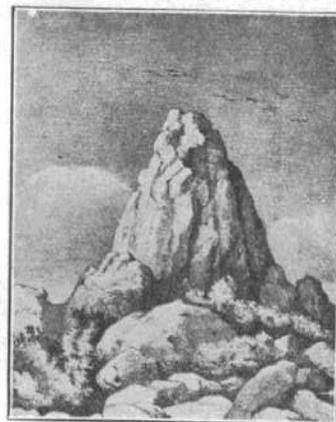
la *chiluca*, roca muy dura que contiene cristales de hornblenda, etc., aunque con más propiedad la chiluca es una mezcla de traquita y andesita; es decir, una traqui-andesita.

En México, la traquita es abundantísima y la contienen formaciones de importancia.

La traquita constituye los más altos picos de los Andes, como los del Chimborazo.

Se dice que el Popocatepetl y el Pico de Orizaba están constituidos por esta roca.

El grabado muestra el elegante pico traquítico de Bernal, en el Estado de Querétaro.



Pico traquítico de Bernal

Hay traquitas cuya pasta está formada de obsidiana, piedra pez, etc.

Las traquitas se utilizan como rocas de construcción, especialmente la *chiluca*, que es una variedad de textura granosa, fina, y posee un fondo gris sobre el que se destacan cristallitos negros de hornblenda.

Antigüedad. Las traquitas comenzaron a aparecer en el período cretácico, tomando un gran desarrollo en la edad terciaria, y aún actualmente se suelen presentar.

En las erupciones modernas del Ceboruco y el volcán de Colima, sus lavas fueron traquíticas de base de piedra pez.

Cuando la traquita contiene granos visibles de cuarzo, entonces se denomina *riolita*, palabra derivada de *río*, correr, y *litos*, piedra.

Riolita. La principal característica de las riolitas es su gran dureza y que sus cristales diseminados sobre una pasta oscura, están sin embargo, orientados en un mismo sentido, sobre todo en su variedad *flúida*. Esto explica por qué la corriente riolítica, caminando en cierta dirección, obligó a los cristales a colocarse en el mismo sentido.

Así la orientación de estos últimos indica el sentido en que corrió la lava riolítica.

La *fonolita* es otra variedad densa de color gris claro y que produce un sonido metálico al ser golpeada contra el suelo o mejor con un martillo. De esta propiedad deriva su nombre (*fonos*, sonido y *litos*, piedra).

La *andesita* es una roca volcánica, representante de la diorita. Está compuesta esencialmente de plagioclasas, hornblenda y cuarzo libre si es andesita cuarcífera, asociándose comúnmente a éstos, la mica biotita y como minerales de formación secundaria, la calcedonia y el ópalo.

Su masa fundamental es vítrea, poseyendo a la vez una textura porfiroide.

La andesita constituye importantes formaciones entre las que se cuentan la cordillera andina (de donde toma su nombre).

La serranía de Guadalupe Hidalgo está constituida en general por rocas andesíticas.

Las andesitas son utilizadas como rocas de construcción, para el empedrado de calles y calzadas, confección de losas, etc.

El *basalto* es la roca más básica de todas las volcánicas.

Es, por lo general, una roca negra o gris oscura, pesada, a veces muy compacta.

Está formada por cristales de plagioclasa, augita y olivino (este último como característico).

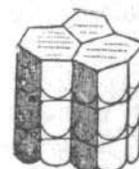
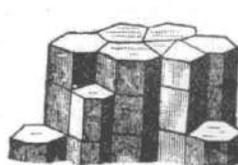
Aunque estos cristales no pueden observarse a la simple vista, el aspecto general de estas rocas es su mejor distintivo.

Los basaltos contienen como minerales frecuentes la magnetita y la ilmenita (ferro titanado), y por eso los riachuelos que bajan de las montañas basálticas, arrastran en su cauce una gran cantidad de arenitas negras y brillantes de marmaja (oxi-titanato de

ferro), que procede de la lenta desintegración de las masas basálticas.

Como dijimos antes, el pedregal de San Angel es un magnífico sitio para estudiar y admirar esta clase de rocas.

Las formaciones basálticas tienen una marcada tendencia a quebrarse o dividirse longitudinalmente, en prismas cuadrangulares o exagonales que les dan aspectos de columnas.



Columnas basálticas naturales

Estos prismas basálticos están reunidos en colonias o grupos, cuya original apariencia semeja un conjunto de órganos, bastones, etc.



Columnata de basaltos en el Sur de Nueva Gales

La gruta de Fingal está formada, también, por un conjunto de largos cilindros basálticos que tienen la apariencia de cañas o bastones.



Gruta basáltica de Fingal

Pasando a los ejemplos de nuestro país, citaremos la cascada de Regla en el Estado de Hidalgo, la cual tiene su nacimiento entre las columnas basálticas vecinas.

Infinidad de basaltos muestran una estructura escoriosa o ampollosa debida al desprendimiento de burbujas de gas un poco antes de consolidar.

El tezontle, no es más que basalto, el cual ha desprendido una enorme cantidad de burbujas gaseosas, quedando, por lo tanto, muy poroso y ligero.



Columnas basálticas de Regla.

La textura del basalto es hemi-cristalina, atrae débilmente la barra imanada y funde en un esmalte negro. Su peso específico cuando compacto, es 3.

El olivino, mineral indispensable en la composición de los basaltos es un elemento necesario para determinar su edad, pues los basaltos son tanto más modernos cuanto mayor es la cantidad de olivino que contienen.

La estructura columnar a que antes nos hemos referido, se observa también en otras rocas volcánicas, aunque con menos perfec-

ción. Se ha observado, al mismo tiempo, que la posición de estas columnas es perpendicular a la superficie de enfriamiento.

Para explicar la formación de estas columnas se debe tener en cuenta que la emisión lávica salió al estado líquido, enfriándose con mucha rapidez, esto dió origen a una contracción de la masa basáltica que se tradujo por una división prismática de ella.

Se puede reproducir en el laboratorio esta división prismática virtiendo almidón en una caja de madera y poniéndolo a secar; a medida que esto se verifica la pasta se va rompiendo y al final queda un conjunto de lápices prismáticos muy claros.

Experiencias análogas se hacen con arcilla humedecida y puesta a secar: en este caso la pasta arcillosa presenta un verdadero mosaico exagonal. Se atribuyen estos aspectos a los torbellinos celulares. Véase la "Biología y Plasmogenia", p. 283.

El basalto es muy usado como roca de construcción, sin embargo, hay que tener en cuenta que fácilmente se desintegra por los agentes físicos y así no debe usarse en construcciones cuyo suelo sea húmedo. El tezontle que, como ya dijimos, no es más que un basalto escorioso, es usado para las construcciones ligeras.

Dolerita. La Dolerita tiene una composición semejante a la del basalto del cual sólo se diferencia por su textura francamente cristalina y además su color gris obscuro.

En seguida mencionaremos las *rocas vítreas*:

Obsidiana. La obsidiana es propiamente un vidrio volcánico. Se compone esencialmente de ortoclasa (silico-aluminato de potasio), pudiendo contener fierro en mayor o menor cantidad y cuarzo.

Los colores de la obsidiana varían desde el rojo hasta el negro, su lustre es graso en unos casos y aterciopelado en otros.

Su densidad es 2.2 a 2.5.

La obsidiana es una roca volcánica que sufrió un brusco enfriamiento, que le impidió poder cristalizar.

Hay también obsidianas de un color verde botella y algunas variedades negras pasan insensiblemente al rojo o muestran un viso argentino o áureo muy agradable, como las del Cerro de las Navajas, Hidalgo.

La fractura de la obsidiana es perfectamente concoidea y deja bordes delgadísimos, muy cortantes, cualidad que aprovecharon los primitivos mexicanos para hacer sus armas con esta roca.

Un hecho muy notable es la derivación de la piedra pómez de

la obsidiana. En efecto, la primera no es sino una obsidiana que ha sufrido una fusión ulterior.

Las obsidianas son muy abundantes en México; entre otras muchas localidades se pueden citar el extinguido volcán de Tequila, los cerros de las Navajas y el Coli, Jalisco, los alrededores de Maravatío en Michoacán y el renombrado cerro de las Navajas y sus vecindades en el Estado de Hidalgo.

La obsidiana, como los basaltos, se puede presentar conteniendo una gran cantidad de pequeñas oquedades dejadas por las burbujas gaseosas que se desprendieron de su masa en el momento de consolidar.

A esta clase de obsidiana se le denomina "vesicular" y a las oquedades características que presenta y cuya figura amplificada puede verse en el grabado, se les denomina litofisas (*lito*, piedra y *fisa*, oquedad).



Litofisa en una obsidiana

La piedra pómez es una obsidiana escoriosa, se presenta en masas claras, muy ligeras y altamente porosas que muestran reflejos nacarados en ciertas direcciones. Posee una gran dureza y por tal motivo esta roca es muy usada para limpiar metales y pulir maderas, etc.

La Taquilita es un vidrio basáltico de color negro que se ha encontrado en conexión con las lavas basálticas.

Las *escorias* son fragmentos irregulares de lava que se han formado generalmente sobre la superficie de las corrientes volcánicas y tienen un aspecto escoriforme muy marcado.

B.—ROCAS SEDIMENTARIAS

Estas rocas, como su nombre lo indica, han sido formadas en algún depósito de agua desde un lago o charco, hasta un mar o un océano, por la acumulación de los sedimentos acarreados por las corrientes fluviales.

Estas rocas, cuyo tipo más perfecto es la arenisca, se formaron en gran escala en los tiempos geológicos primitivos, constituyendo los diferentes terrenos estratificados de que se hablará al tratar de la geología histórica.

Hay terrenos que tienen muchos kilómetros de superficie y varios miles de metros de espesor. Este dato nos enseña que en los tiempos geológicos primitivos, la acción dinámica del agua fué infinitamente más intensa que la actual y, por consecuencia, la sedimentación fué también mucho mayor.

A pesar de esto, no se crea que las rocas sedimentarias sólo se formaron en aquellas épocas remotas, pues actualmente y a nuestra vista se está verificando tan interesante fenómeno. El acarreo de los sedimentos al mar por las corrientes, es algunas veces tan considerable que se calcula en 812,000 millones de libras de limo que caen actualmente al Golfo de México, procedentes del río Mississippi y en 6,368 millones de pies cúbicos el acarreo anual del río Ganges.

Las elegantes formaciones estalactíticas que se admiran en nuestra incomparable gruta de Cacahuamilpa, se están formando en nuestra presencia, por la precipitación calcárea de las corrientes que llegan cargadas de carbonato de calcio.

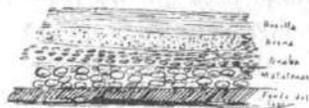
Las rocas sedimentarias se dividen en dos clases: rocas de sedimentación mecánica y rocas de sedimentación química. Las primeras se han formado por el proceso general de sedimentación de que antes nos hemos ocupado, y las segundas merced a la intervención de la acción y reacción químicas como la disolución, precipitación, etc., etc.

Ejemplo de las primeras, la arenisca, de las últimas, la caliza estalactítica.

I. *Rocas de sedimentación mecánica.* Las rocas en cuestión, tienen que pasar por un dilatado proceso de formación, cuyas fases son las siguientes:

- 1º Desintegración o desprendimiento de la roca por erosión.
- 2º Acarreo del material por la corriente fluvial y su división en fragmentos más pequeños.
- 3º Depósito del material transformado, en el fondo de un lago, laguna o mar. Estas tres acciones que tardan en realizarse a veces años y aún siglos, son indispensables para que la roca se forme y se designan comúnmente con los nombres de *erosión*, *transporte* y *sedimentación*.

Una de las características de las rocas sedimentarias, es, además de la estratificación, la clasificación de sus elementos constitutivos por el orden de tamaños. Esto se explica fácilmente si se tiene en cuenta que los cuerpos más grandes y por consecuencia más pesados, caen primero que los más pequeños, que tardan a veces días enteros para sedimentarse como acontece con la arcilla. Así una roca sedimentaria contendrá diversas capas fácilmente distinguibles por el tamaño relativo de sus elementos.



Corte de una roca sedimentaria

Entre las rocas de sedimento mecánico estudiaremos las siguientes:

Conglomerados, Areniscas, Tobas, Arena, Creta y Trípoli, Arcilla apizarrada, Barro o arcilla y la tierra vegetal.

Conglomerados. El conglomerado, como su nombre lo indica, es un agregado de cantos rodados, matatenas, grava, etc., unidos por una materia cementante cualquiera que les da cohesión. Este cemento bien puede ser arcilloso, calcáreo, silizoso, etc.

Su aspecto y coloración varían con la clase de material, su tamaño y composición química: los hay de color gris, negro y blan-



Trozo de conglomerado

co o varios colores reunidos. Sus componentes pueden ser de la misma o diferente especie, y de aquí que se llamen homogéneos y heterogéneos, según el caso.

También reciben el nombre de *brechas* y *pudingas*, según que sus elementos sean angulosos o arredondados respectivamente. El representado en la figura es una *pudinga*.

Los conglomerados se encuentran generalmente en los terrenos actuales y son formados por la aglomeración de estos materiales de acarreo, y su unión posterior mediante el vehículo cementante. Se les halla en masas, sobre todo en los quimbos más pronunciados de los grandes ríos o en los sitios en donde algún obstáculo hace perder la fuerza a la corriente fluvial; se encuentran también inmensas extensiones de terrenos estratificados constituidos por conglomerados (brechas pudingas).

En México se ven en varias partes del camino de fierro de Veracruz; en Guanajuato hay conglomerados rojos, susceptibles de hermoso pulimento, y en el cerro de Ameza, Jalisco, en donde se han formado conglomerados de hermoso aspecto, constituidos por pórfido rojo y verde.

Estas rocas, si tienen la suficiente cohesión, pueden servir para las construcciones, muchas de ellas se labran y pulen para aprovecharse en la ornamentación. Algunas presentan tan hermosa apariencia que semejan verdaderos mosaicos y tienen mucha aplicación para cubiertas de mesa, portadas artísticas, etc., etc.

Areniscas. De su nombre se puede deducir su composición. Están constituidas por arena íntimamente unida o consolidada. Las areniscas reciben diversos nombres según su color, textura y composición. Así se llaman: molasa, asperón, arkosa, metaxita, etc., etc.

Se encuentran muy a menudo en masas granudas y estratificadas de tacto áspero y colores variados. Su dureza y cohesión son igualmente variables y dependen de la naturaleza de la arena. Las areniscas, lo mismo que las anteriores, pueden ser calcáreas, silizosas, ferruginosas, etc.

Las mismas divisiones que se hacen en los conglomerados pueden establecerse con respecto a las areniscas; además se denomina *glauconita* a una arenisca de color verde que contiene clorita. La *molasa* es una arenisca blanda formada de granos de cuarzo, feldespato, caliza y mica.

El maciño, análogo a la anterior, contiene menor cantidad de cuarzo y más feldespato. La *arkosa*, por fin, está formada esencialmente de cuarzo y feldespato, este último en estado de descomposición.

Se encuentran estas rocas en terrenos de diversas edades, especialmente en los mezozoicos.

En la República se ven las areniscas en muchos lugares, entre los que son dignos de mencionarse las de Guanajuato, que se utilizan como una vistosa roca de construcción por su diversidad de colores.

Por descomposición las areniscas pueden transformarse en simples arenas dejando un cemento arcilloso, calcáreo, ferruginoso, etc.

Tobas. Son rocas cuyos materiales de origen *ígneo*, han sido arrastrados, depositados y cementados en el fondo del agua.



Toba cenicifera

Los colores de las tobas son muy variables, pero los más comunes son el blanco agrisado, amarillento, rojizo, pasando al gris, al pardo o al negro. Su tacto es áspero y su composición es también variable según el material que lo forme: así existen tobas porfídicas, traquíticas, basálticas, toba pomosa gruesa (formada por pómez, como el tepetate de México), toba pomosa fina, muy parecida a la arenisca y toba cenicifera, formada por cenizas volcánicas.

Se denomina, aunque impropia, toba caliza, a una roca formada por la precipitación del carbonato de calcio sobre diferentes objetos como troncos de árboles, hojas secas, etc., etc. Esta roca la mencionaremos entre las de precipitación química. La verdadera denominación de toba calcárea debe aplicarse a la

roca formada por los detritus calcáreos volcánicos o bien cuando el cemento de la toba sea de esta naturaleza.

Las tobas se presentan generalmente en grandes extensiones en los sitios inmediatos a los de origen volcánico. En nuestro país se han encontrado en casi todos los valles, especialmente en México, en donde pueden verse fácilmente en las excavaciones hechas en el tajo de Nochistongo.

Son todas las tobas, rocas de construcción muy usadas por su porosidad y ligereza, también se recomiendan para mejorar los terrenos compactos. Las tobas dan por descomposición arenas, arcillas y fragmentos más pequeños. Los terrenos tobáceos son, por lo general, estériles en donde sólo pueden crecer cactus, biznagas, magueyes, etc.

Los famosos llanos de Apam están formados por una delgada capa vegetal que recubre un extenso terreno tobáceo.

Se dice que en el valle de Jala, al pie del volcán del Ceboruco, las plantas y mazorcas de maíz crecen de una manera gigantesca debido a los terrenos tobáceos en donde viven. (Bárceña).

Arena. Está formada por un conjunto de granos pequeños, arredondados, sueltos y generalmente cuarzosos, que se encuentran en las playas, en el fondo y a las orillas de los lagos y ríos. Se encuentran también grandes extensiones de terreno, cubiertas de arena, depositada por la acción del viento o acción *eólica*: estos lugares se denominan arenales y de ellos nos ocuparemos en la geología dinámica.

Estos arenales pueden ser también, fondos de antiguos lagos, hoy desecados por evaporación o extracción artificial de sus aguas.

Un ejemplo de estos últimos es el arenal de Texcoco que fué antiguamente el lago del mismo nombre.

Existen arenas cuarzosas, ferruginosas, pomosas, etc.

Mencionaremos también la arena negra y brillante que se encuentra en los cauces de algunos ríos y que se conoce con el nombre de *marmaja*.

Esta arena, de la cual se habló en la Mineralogía, es un oxititanato de hierro y es atraída por el imán.

Procede de la descomposición de las rocas basálticas y se encuentra en abundancia en los ríos que bajan del pedregal de San Angel.

Los arenales y las arenas se encuentran en los terrenos modernos, en los lechos de los ríos, lagos y mares.

Sus aplicaciones son bien conocidas: las arenas cuarzosas son muy usadas para la fabricación del vidrio, de las lijas blancas, y del silicato de sodio y de potasio.

Las demás arenas, sobre todo la llamada negra, sirven para formar la argamasa o mezcla de los albañiles.

Creta y trípoli. Estas dos rocas son de análoga formación y solamente difieren en la composición, pues la creta está compuesta por carbonato de calcio y el trípoli por bióxido de silicio.

Aunque con respecto a estas dos rocas ya hemos hablado en la Mineralogía, recordaremos aquí algo de lo dicho.

Ambas están formadas por la acumulación de los restos de seres microscópicos llamados diatomeas, cuyos restos calcáreos o silíceos son los únicos que se conservaron formando dichas rocas. Por lo tanto, si observamos un fragmento de creta o de trípoli, veremos claramente dichos carapachos y otras formas orgánicas como se ve en la figura.

Véase la "Botánica", p. 309, figura.

Tanto una como otra, son rocas poco coherentes, de un color blanco o blanco amarillento, manchan los dedos y poseen cierta dureza, especialmente el trípoli.



Fragmento de creta visto al microscopio

Se encuentran generalmente en capas o bancos de estructura granosa.

Tanto la creta como el trípoli son de tacto áspero, y este último produce un ruido característico al ser frotado entre los dedos.

Hay una variedad de creta que por su incomparable blancura y grano fino se usa en pintura con el nombre de *Blanco de España*.

También el trípoli presenta algunas variedades, entre ellas, el *tizar* o *tizate* que es un trípoli finísimo de tacto suave y no áspero.

Ambas rocas se encuentran en abundancia en los terrenos cuaternarios y son muy buscadas, la creta para limpiar vidrios, pulir maderas y como pintura, y el trípoli para pulir metales, en la fabricación de la dinamita, del vidrio y de la porcelana, etc., etc.

La tiza es muy abundante en muchas localidades del país. (Véase la Mineralogía).

Arcilla apizarrada.—*Arcilla estratificada.* Es una arcilla que se encuentra en capas paralelas como las hojas de un libro. Es necesario, sin embargo, no confundirlas con las verdaderas pizarras o pizarras metamórficas que se utilizan para tejados, fabricación de pizarras escolares, etc., etc.

Se presentan en capas hojosas de varios colores y aunque algunas son algo tenaces, sin embargo, no es la tenacidad característica de las pizarras, pues se asemeja más bien a la de las arcillas.

Esta roca está formada por arcilla impura, conteniendo mica, arena, etc.

Sus yacimientos corresponden a los de las arcillas.

Barro o arcilla. Omitimos su descripción por ser sobradamente conocida esta roca (véase Mineralogía).

Son las arcillas variedades coloridas de caolín, es decir, que la arcilla es caolín impuro.

Las arcillas, así como el caolín, proceden de la descomposición de los elementos constitutivos de las rocas; así el granito al descomponerse deja como resultado cuarzo libre, feldespato que se descompone dando caolín, y la mica que da arcilla ferruginosa, de un color amarillento o rojizo.

Los terrenos arcillosos muestran grietas o resquebrajaduras debido a la contracción que sufren al secarse, por la acción combinada del aire y el sol. Este fenómeno es un recurso valioso para deducir si un terreno antiguo estuvo cubierto por otro o si estuvo a la intemperie.

Los yacimientos de estas rocas pueden consultarse en la Mineralogía.

La tierra vegetal. Si a un terreno arcilloso se le agrega arena en pequeña proporción, algo de carbonato de calcio y *humus* en

cierta cantidad y con todos estos componentes se hace una mezcla íntima, se tiene la tierra vegetal, propia para la agricultura.

El *humus* no es más que el resultado de la acumulación de detritus vegetales como ramas, hojas, raíces, etc., en diversos grados de descomposición, lo que origina varios ácidos orgánicos entre los que se cuentan como más importantes, el ácido húmico y la siliza que es la principal ayuda de la planta.

Cuando la tierra no tiene las proporciones debidas, por predominar algunos de los anteriores componentes, se dice que el terreno es arcilloso, calcáreo, arenoso, etc., y entonces hay que agregar la sustancia que falte para equilibrar su proporción. Este objeto tienen los abonos químicos que casi siempre son a base de fosfatos, guano o yeso.

Véase la "Botánica", p. 99.

II. *Rocas de precipitación química.* La principal es la caliza estalactítica.

Las corrientes cargadas de gas carbónico, pasando por los terrenos calcáreos o por los lugares por donde hay calizas, disuelven el carbonato de calcio, llevando este mineral en disolución y a medida que avanzan, se van concentrando estas aguas favorecidas por la presión. Ahora bien, cuando por alguna circunstancia la proporción de gas carbónico disminuye, disminuye igualmente el poder disolvente del agua y, por consiguiente, una parte del carbonato de calcio se precipita y constituye las elegantes columnas de los confites, en la gruta de Cacahuamilpa. Véanse las figuras en la página 146.

Las formas estalactíticas son muy variadas: unas veces son columnas cónico-cilíndricas, otras son como esferitas más o menos grandes que se llaman oolitas y pisolitas, como se ve en el salón de los confites, en la gruta de Cacahuamilpa.

No podemos prescindir de hablar aquí del famosísimo mármol de Tecali u Onix mexicano.

Es un mármol transparente, en astillas delgadas y semi-transparente en grandes masas. Posee formas irregulares, dureza 4 y raspadura blanca. Su color es blanco ligeramente teñido de verde, su lustre vítreo a resinoso, presentando superficie brillante en la fractura oblicua y fibrosa con lustre de seda en los cortes verticales.

Además de esta coloración las variedades comunes presentan

nubes, bandas, manchas, etc., de varios colores mezclados o combinados y debidos a impurezas salinas.

Su composición esencial es el carbonato de calcio, pero teniendo como impurezas, cal, magnesia, óxidos de fierro y manganeso y sulfatos.



Cueva con estalactitas y estalagmitas calcáreas

Su origen es enteramente igual al de las estalactitas de las grutas.

Esta roca es susceptible de un hermoso pulimento y por esto es muy usado en las construcciones artísticas y objetos decorativos.

Con este mármol se hacen pequeños objetos de arte, como porta-plumas, estatuillas, tinteros, etc., etc.

Véase la "Mineralogía", Calcita, p. 144.

La *toba caliza* es una roca formada por la precipitación del carbonato de calcio sobre los cuerpos que flotan en el agua, a los cuales cubren completamente.

En el Museo N. de Historia Natural, se exhibe una caliza que afecta la forma de un pedazo de "carrizo". En efecto, el carbonato de calcio precipitado se adhirió y cubrió al carrizo, la sustancia orgánica se descompuso y sólo quedó la sustancia mineral afectando la forma orgánica. Este modo de formación se llama *epigénico*.

Con frecuencia se encuentran calizas que presentan la huella de ramas, hojas, etc., etc.

Por último, diremos que hay ocasiones en que la precipitación

calcárea se verifica en aguas que salen a cierta temperatura en cuyo caso se denomina *caliza hidrotermal*.

* *Yacimientos*. Muchas son las aguas que tienen en disolución el carbonato de calcio, pero las más notables a este respecto son las de Tehuacán, Puebla y las no menos interesantes que producen las calizas estalactíticas de Cacahuamilpa, en Guerrero.

El criadero de Mármol de Tecali se halla en el pueblo del mismo nombre, en Puebla, habiéndose encontrado yacimientos de esta misma roca en Tehuacán, Ixtapán y San Luis Potosí.

Yeso. El yeso, en ciertos casos, tiene un origen sedimentario. Las aguas selenitosas por evaporación, depositan el yeso sobre los terrenos que atraviesan y otro tanto puede decirse de los óxidos de hierro e hidróxidos.

C.—ROCAS METAMORFICAS

Las rocas metamórficas son intermedias entre las ígneas y las sedimentarias, pues, como estas últimas, son rocas estratificadas, pero muestran textura cristalina y carecen de fósiles como las ígneas.

Para explicar este fenómeno, se ha supuesto que estas rocas fueron originalmente sedimentarias, siendo transformadas en rocas cristalinas por medio del calor y otros agentes, y de aquí su nombre de rocas metamórficas:

La edad de estas rocas puede remontarse a la de las más antiguas y su extensión es también muy grande, pues forma los ejes de muchos sistemas de montañas como el de la península del Labrador, los Montes Apalaches, etc., etc.

La tabla anexa muestra las más importantes rocas metamórficas:

ROCAS METAMORFICAS

Gneis.
Mica-esquisto.
Clorita-esquisto.
Taleo-esquisto.
Hornblenda-esquisto.
Pizarra arcillosa.
Cuarcita.
Mármol.
Serpentina.

Gneis. Roca de composición mineralógica análoga a la del granito, como él, está compuesto de cuarzo, feldespato y mica, y sólo difiere por el dispositivo en capas que recuerdan la estratificación.



Gneis común

Preséntase laminar y de un color parecido al del granito.

El gneis es común en las montañas azoicas y paleozoicas. Existe en las montañas del Sur de nuestra Patria. El Sr. Ing. Ramírez dice que existe el gneis en los distritos de Matamoros y Acatlán, Puebla.

Mica-esquisto. Llamada también mica-pizarra, es una roca formada casi exclusivamente de mica, aunque conteniendo como la anterior cuarzo y feldespato. Su estructura es notablemente hojosa. Lo que se refiere a sus colores y aspectos no lo mencionaremos por ser los mismos que los de la mica común.

Aunque no es roca propia para construcción, es importante porque en ella arman vetas de minerales ricos y se encuentran criaderos de piedras preciosas.

En Tejupileo hay mica-pizarra con esmeraldas.

Los demás esquistos son rocas eminentemente pizarreñas, es decir, cuya división se verifica en placas paralelas más o menos gruesas, como se observa en las pizarras comunes.

Así el clorito-esquisto es una pizarra cloritosa, el talco-esquisto es una pizarra talcosa, etc., etc.

La pizarra arcillosa o verdadera pizarra es muy usada para la fabricación de tejas, placas, útiles escolares, etc., etc.

— *Cuarcita*. La cuarcita es una roca formada esencialmente de cuarzo que resulta de la fundición de las areniscas mediante un fuerte calor.

Un producto análogo resulta cuando un rayo cae sobre un are-

nal o una arenisca, pues une por fusión todos los granos de arena en una sola masa compacta que afecta la forma de tubo, por cuyo centro pasa la descarga eléctrica. A la roca de esta manera formada se le denomina *fulgurita*.



Trozo de esquistos

Mármol. Es una caliza que ha sufrido la acción del metamorfismo, transformándose en una roca granular de estructura granosa y laminar. Se presenta cripto-cristalina, es decir, que al microscopio puede observarse una cristalización incipiente. De esto resulta que hay mármoles que poseen una textura sacaroides, es decir, parecida a los granos de azúcar, y por ello se denomina mármol sacaroides. Su dureza puede variar de 3 a 4 grados y sus colores más comunes son el blanco, blanco agrisado, amarillento, negro, verde, rojo, etc.

Además, hay mármoles que exhiben multitud de figuras y coloraciones de variado aspecto, bandas, nubes, cintas, arborescencias, etc., que el arte ha aprovechado para las construcciones artísticas y la ornamentación en general.

Posee tantas variedades como colores y figuras, y así se cuenta el mármol sacaroides, el mármol lumaquela (fosilífero), mármol ferruginoso (de color amarillo), verde antiguo, rojo antiguo, vetado, gráfico, cipolino (contiene hojuelas de mica), litográfico (por su grano compacto y muy fino, se usa para impresiones litográficas).

Para lo que se refiere a sus yacimientos y localidades, véase lo dicho en la Mineralogía.

Serpentina. Como fácilmente se comprende, esta roca está formada por la especie mineral de este nombre. Su color más común es el verde oscuro, ya sea uniforme o manchado, pasando a pardo rojizo o amarillento.

Su densidad es 2.6.

La serpentina puede ser común o noble. Esta última es aprovechada como piedra preciosa de cierto valor.

La serpentina se encuentra a menudo atravesada por venas o vetas blancas de calcita, y la variedad que está formada así, se denomina *Ofiolita*.

Esta roca es también de origen metamórfico y se ha usado desde muy remotos tiempos como piedra preciosa y para hacer vasos, jarrones, columnas y toda clase de objetos decorativos.

El talco procede de la descomposición de la serpentina.

La serpentina se presenta en grandes masas formando verdaderas montañas arredondadas o en mantos y vetas (véase la Mineralogía).

II.—TERRENOS

Constitución, características, posición, arreglo

Terreno. Se entiende por terreno un conjunto de rocas que constituyen una capa más o menos gruesa, más o menos extensa que ha sido formada en el mismo tiempo y en las mismas condiciones, ejemplo: terreno terciario, cuaternario, etc., reservándose el nombre de *formación* al terreno o terrenos que se han formado en determinado medio, así diremos, formación lacustre, marina o terrestre, según que el terreno se haya formado en un lago, el mar o la tierra.

Desde luego los terrenos tendrán que dividirse en dos, tal como los hicimos para las rocas; es decir, terrenos ígneos o plutónicos y terrenos sedimentarios, haciendo abstracción de los metamórficos por tener mucha analogía con unos y con otros.

Características. Las características de cada terreno están dadas por las rocas que los constituyen; así los primeros o sea los plutónicos, contendrán rocas no estratificadas, careciendo de fósiles y mostrando una textura cristalina y vítrea, los segundos por el contrario, se presentarán en capas o lechos mostrando una clara estratificación, poseen fósiles y sus elementos no están cristalizados generalmente.

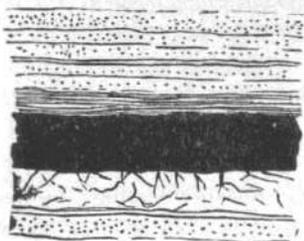
Las rocas metamórficas, aunque presentan un principio de

crystalización, se encuentran, sin embargo, estratificadas como las sedimentarias.

De esta manera es fácil saber qué clases de terreno es el que se tiene a la vista y, por consecuencia, cuales son sus características.

El estudio de las diferentes formas, modificaciones, colocación relativa de las rocas sedimentarias y los fenómenos que han dado lugar a estas perturbaciones, constituye la *geología estratigráfica* o *estratigrafía*.

Estratigrafía, posiciones, arreglo. Ya se ha dicho lo que se entiende por estratigrafía; ahora diremos que *estratificación* es la colocación característica de los terrenos en lechos o capas paralelas llamados *estratos*, siendo la forma paralela horizontal, la más sencilla. Sin embargo, no es este el dispositivo más común de los estratos, pues habiendo sido nuestro planeta el teatro de innumerables cambios, es imposible que sus terrenos hayan permanecido en la primitiva posición ideal de la figura.

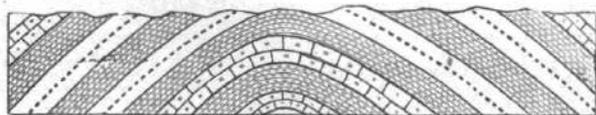


Terreno estratificado

Así no es raro encontrar terrenos inclinados, plegados, encorvados, etc.

Las principales alteraciones de los terrenos pueden ser:

- a) Plegamientos.
- b) Dislocamientos.
- c) Fracturas.

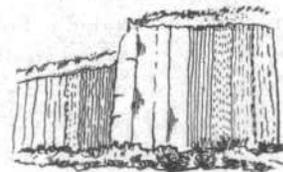


Una de las formas más comunes de los estratos

Antes de entrar en materia diremos que las estratificaciones pueden ser horizontales, verticales, inclinadas, según su posición.

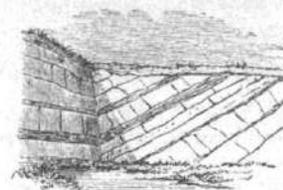
a) *Plegamientos.* Son estratificaciones curvas más o menos ondulantes y sinuosas, resultado de las presiones, los levantamientos y la contracción terrestre.

Un plegamiento puede ser simple o compuesto, es decir, formado por una serie de ondulaciones como se ve en la figura.



Estratificación vertical

El importante fenómeno de los plegamientos puede reproducirse experimentalmente en los laboratorios, mediante una serie de telas de varios colores y gruesos, superpuestas semejando una estratificación, en seguida, y por medio de dos tablitas enteramente iguales que se colocan en los extremos de las telas, se les va comprimiendo lentamente, hasta conseguir que la presión obligue a plegar los fragmentos de tela, quedando ésta en la forma que indica la figura. Esta experiencia demuestra que en muchos casos las presiones laterales originaron los plegamientos de los estratos.



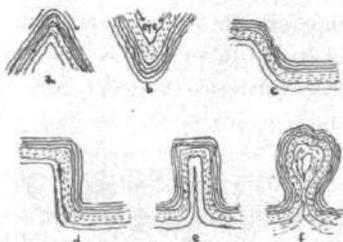
Estratificación inclinada

Otra experiencia no menos interesante, debida a M. Alph Favre, de Génova, sirve para demostrar la formación de las cadenas montañosas por la contracción de la corteza terrestre, debida al enfriamiento y puede también aplicarse al plegamiento de los estratos.



Serie de plegamientos

La experiencia consiste en extender sobre una lámina de goma o hule bien tirante, varias capas de arcilla o caolín de diversos colores y dejarlas secar, en seguida se va soltando lentamente la lámina de hule y, a medida que ésta vuelve a su estado primitivo, las capas de arcilla se van plegando, levantando y partiendo hasta quedar con el aspecto que muestra la figura.



Diversas formas de plegamientos

Los diversos plegamientos simples reciben nombres según la forma y dispositivo de sus planos inclinados y vertientes.

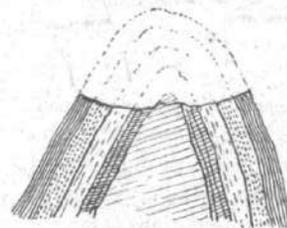
Así llámense *anticlinales* a los plegamientos cuyas laderas se separan o divergen del eje de las aguas; en el caso contrario son *sinclinales*, es decir, cuando sus laderas convergen al eje de las aguas, b). Se llaman *monoclinales*, cuando sólo se considera una ladera como en la figura, c).



Experiencia acerca del plegamiento de los terrenos

Los monoclinales pueden ser inclinados o normales, ej.: de inclinado, e) y normal, d), es decir, próximo a un ángulo recto.

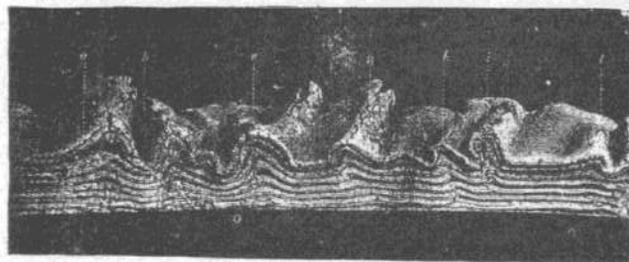
Se dice que un plegamiento es isoclinal (igual inclinación), cuando ambas laderas son paralelas, e), y en abanico cuando un anticlinal tiene la forma de una herradura o abanico, f).



Anticlinal decapitado

Por último, existen plegamientos completos y plegamientos truncados; un ejemplo de estos últimos se muestra en la figura.

Dislocamientos. El dislocamiento es el movimiento que sufre una parte del terreno, cuyos estratos pierden por esta causa la concordancia o correspondencia que antes tenían.

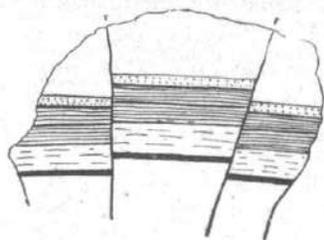


Experiencia que demuestra la formación de las montañas

La *falla o salto* es el dislocamiento de una parte del terreno por ascenso o descenso de la otra, pero sin que sus estratos pierdan el paralelismo con relación a la parte no dislocada.

Esta falla tiene lugar generalmente gracias a las fracturas o separaciones naturales del terreno (diaclasas).

Se dice que hay *torsión* cuando el movimiento se verifica al rededor de un eje perdiendo los estratos su paralelismo con respecto al terreno primitivo.



Forma más frecuente de falla

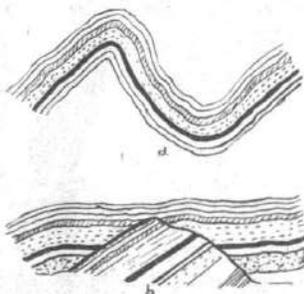
Las causas que originan estas alteraciones pueden ser de tres clases: físicas, químicas y mecánicas.

Físicamente el enfriamiento de la corteza terrestre puede dar lugar a un pliegue o una dislocación.

En segundo lugar, una combinación química que dé por resultado un aumento de volumen, origina un movimiento de ascenso o de descenso. Esto se observa generalmente en los terrenos de anhidrita (sulfato de calcio anhidro), que por hidratación se transforman en yeso, aumentando notablemente de volumen.

Por último, las presiones laterales o la gravedad pueden originar fallas, torsión y pliegues, por una acción netamente mecánica.

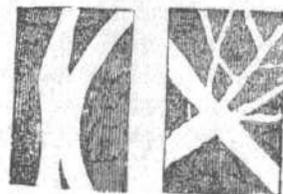
Además de las formas y denominaciones antes enumeradas, tenemos que agregar que se entiende por estratificación *concordante*, aquella cuyos estratos guardan completa correspondencia y su paralelismo en toda su extensión, y *discordante* en el caso en que los estratos no se correspondan y formen cierto ángulo unos con respecto a otros. Figuras a y b.



Estratificación concordante y discordante

Los estratos pueden ser interrumpidos o cortados por filones o vetas minerales que afectan muchas veces la apariencia de verdaderas arborescencias, o bien por diques de rocas ígneas, principalmente las llamadas rocas intrusivas. Estas últimas, al pasar aún líquidas por los terrenos sedimentarios han transformado sus rocas en metamórficas, denominándose el fenómeno *metamorfismo de contacto*.

El estudio de la estratigrafía tiene gran aplicación para el minero y para el ingeniero, pero sobre todo desde el punto de vista científico, para el paleontólogo es de inestimable valor, pues necesita de los conocimientos anteriores para darse cuenta de la dirección, continuidad o interrupción de los estratos y, por consecuencia de la presencia o ausencia de tales o cuales fósiles.



Forma de las vetas o filones

La estratigrafía encuentra también aplicación en la perforación de los pozos artesanos o en las excavaciones hechas a propósito de las explotaciones petroleras.

CAPITULO TERCERO

GEOLOGIA DINAMICA

Principales agentes y sus divisiones. Muchos son los agentes que obran para que nuestro planeta esté constantemente modificándose y transformándose y en este sentido la tierra es un cuerpo que tiene vida. Los principales agentes son el aire, el agua, el calor solar, la gravedad, los seres organizados, las atracciones planetarias, el calor terrestre, la electricidad, etc., etc.

La radioactividad es muy importante y modifica cuanto existe. Estos diversos agentes pueden obrar ya sea física, química o mecánicamente y de aquí su clasificación de acuerdo con su modo de obrar.

1. *Agentes químicos.* Desde luego debemos mencionar el agua como uno de los más poderosos, pues su gran poder disolvente, así como la facilidad con que se combina, hacen que a cada momento esté modificando las rocas y terrenos de la corteza terrestre.

En efecto, si tenemos en cuenta que el agua, corriendo siempre por las pendientes de las montañas, va disolviendo todas las sustancias solubles que encuentra en su camino, fácilmente comprenderemos que una corriente que vierte sus aguas a un lago o al mar, llega muy cargada de dichas sales, las que algunas veces cristalizan por concentración y evaporación del agua que las contiene. El agua pura no es tan enérgica en su acción disolvente como el agua cargada de gas carbónico, y ya hemos visto que gracias a este gas disuelto se pueden disolver enormes cantidades de carbonato de cal, que más tarde se precipitará bajo la oscura gruta, produciendo esos palacios y galerías cuyas columnas estalactíticas han sido la obra lenta pero constante del agua.

Muchas rocas se hidratan por la presencia del agua y ya habíamos dicho que la anhidrita al hidratarse aumentaba de volumen y producía verdaderos terremotos en virtud de la fuerza desarrollada.

Muchas fallas, plegamientos y hundimientos han sido generados por la combinación anterior.

El agua sólida o hielo es aún más poderosa que el agua líquida por lo que se refiere a su acción mecánica. Bien conocidas son las catástrofes ocurridas cuando un témpano de hielo choca contra una embarcación y también es sabido que la fuerza de expansión ó dilatación que sufre su agua al transformarse en hielo, es capaz de desgajar las piedras, romper las raíces y el tronco de los árboles, etc., etc.

2. *La vida, acción de los organismos.*—*Objeto geológico de la vida: la circulación de la fuerza y la materia.* La vida tiene una influencia geológica muy marcada. En efecto, el hombre puede levantar una montaña donde sólo existía una llanura, puede desviar el cauce de un arroyo, desecar un lago y volver abismo lo que acaso fué una eminencia, abriendo istmos y uniendo mares.

Transforma los desiertos en vergeles y las tierras estériles en inmejorables campos de labor, vuela montañas y abre túneles, une dos montañas con un puente y perfora la dura roca para extraer el rico metal o el mineral que necesita, en una palabra, modifica y transforma rápidamente la configuración de la corteza terrestre. Los demás organismos, aunque en menor escala, contribuyen también en esta obra geológica. Los animales cavan fosas y levantan montículos, contribuyendo a que las aguas, penetrando por sus dilatadas galerías, lleguen más pronto y más lejos hasta las rocas profundas. Las aves marinas que a millares se posan sobre las ardientes playas del Perú y Chile, han formado verdaderos montículos con sus excrementos y ahora son aprovechados como abono y vendidos a buen precio.

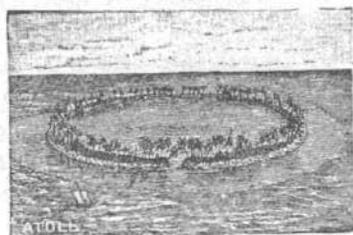
Las especies de coral que viven generalmente en el fondo del mar crecen extraordinariamente hasta llegar a la superficie de las aguas constituyendo una verdadera isla.

También las conchas marinas y los zoófitos que dejan sus despojos en el fondo de los mares o bien se asocian a los arrecifes de coral para formar las islas, han contribuido de una manera poderosa en la formación de las tierras emergidas actuales, por levantamientos de los fondos de los mares.

Hasta los vegetales a los cuales se les negaría toda intervención en la dinámica terrestre tienen también influencia en ella.

El humilde pasto y la hierbecilla que crecen en pequeña capa

Especies coralígenas

*Dendrophyllia nigrescens**Atraca pallida*

Isla de coral

sobre las rocas, preservan y defienden a éstas contra la acción erosiva y química del agua. Las plantas en general fijan los terrenos sueltos y por esta razón los desiertos pueden dejar de serlo, sembrando árboles y plantas. Las bacterias son de inmensa importancia geológica, demolidores de montañas, etc.

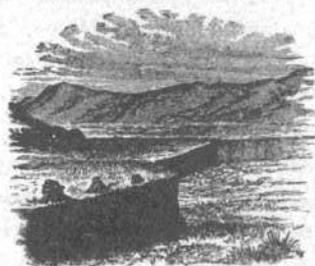
La vida viene a completar el ciclo de evolución de la fuerza y la materia: el carbón que salió de lo inorgánico y formó gigantes bosques que más tarde fueron sepultados y lentamente petrificados, hoy es aprovechado en las fábricas y por las locomotoras como combustible, es decir, la materia se transforma en fuerza, y como el gas incoloro CO_2 pasará a la atmósfera a formar parte de la materia mineral que fué su origen: el carbón está recorriendo su ciclo evolutivo.

Los microorganismos calcáreos, cuya patria fué el mar, dejaron sus despojos en el fondo de este líquido, formándose el terreno cretácico y hoy forman parte del reino mineral que los produjo.

Cómo los seres forman ciertas rocas.—Efectos protectores y en general benéficos. Pero donde la acción geológica se manifiesta más claramente es en la formación del terreno cretácico y del carbón mineral.

El cretácico, como ya hemos dicho, no es sino el resultado de la acumulación de infusorios cuyos carapachos compuestos de sustancia mineral han sido los únicos en prevalecer.

El carbón de piedra no es sino la acumulación de enormes cantidades de madera procedentes de los bosques de esos tiempos geológicos remotísimos.



Corte de una turbera

Las turberas se formaron de los restos de plantas y vegetales inferiores acumulados en el fondo de un lago.

Efectos destructores, bacterias, micrococos. Al paso que ciertos organismos son activísimos agentes constructores, las bacterias, principalmente las patógenas, verifican una acción antagónica, por cuanto suprimen o privan de actividad a los primeros. En efecto, son ellos los que provocan la descomposición o desintegración de las sustancias orgánicas, transformándolas en compuestos más sencillos del reino inorgánico; son ellos los que provocan, en concordancia con la humedad y el aire atmosférico, el fenómeno de la fermentación. La putrefacción no es, en resumen, sino la descomposición rápida de la sustancia organizada por medio de las bacterias.

El olor desagradable que desprende un cuerpo en descomposición o putrefacto, es debido principalmente a los compuestos gaseosos de azufre y de fósforo. Además de estos gases de naturaleza química bien definida se desprenden otros que, aunque menos tangibles son más peligrosos. Esos son los llamados *miasmas*, los cuales mezclados al aire o absorbidos por el organismo, producen fiebres intensas sumamente mortíferas. Y es que esta atmósfera de gases deletéreos es el medio en donde viven innumerables colonias de bacterias y gérmenes patógenos.

3. *La atmósfera como agente mecánico.* La atmósfera obra sobre la corteza terrestre de dos maneras diferentes, química o mecánicamente.

La acción química se refiere a su poder oxidante sobre los metales o compuestos fácilmente oxidables. Un ejemplo notable de esta

transformación se observa en las masas de cobre nativo que pasan a cuprita por el oxígeno atmosférico. Esta transformación puede ir más allá pues el gas carbónico del aire lo transforma en malaquita (carbonato de cobre). La pirita (sulfuro de hierro), pasa a sulfato o caparrosa.

Este mismo gas carbónico disuelto en el agua de lluvia constituye un poderoso disolvente de los carbonatos de calcio y fierro que posteriormente se precipitan formando las estalactitas y las estalagmitas de las grutas.

La acción mecánica del viento es también muy importante, sobre todo cuando está animado de cierta velocidad. Uno de los fenómenos notables producidos por los vientos son los *médanos*, que consisten en montañas movedizas de arena, que el viento ha formado en los desiertos y arenales. Esta formación tiene un gran interés geológico, pues la mayor parte de las veces, rellena y desborda lagos, interrumpe y desvía el curso de los ríos y forma eminencias en medio de las llanuras. (1).

En los dilatados desiertos de Sahara, en Africa, las lluvias de arena tienen una triste celebridad, pues sepultan caravanas enteras y aun las poblaciones vecinas.

Las arenas animadas de gran velocidad van corroyendo, alterando y destruyendo los cuerpos sobre los que chocan. Por eso la Esfinge está completamente carcomida.

El viento produce sobre la superficie de los arenales una serie de estrías especiales parecidas a las impresiones que sobre ellas produce el oleaje.

A este respecto hay que hacer notar la íntima ayuda del aire y del agua para producir la erosión combinada. Así el viento empujando y condensando las nubes, produce la lluvia. Cediendo su gas carbónico a las aguas circulantes hace que su acción disolvente sea mayor así como su poder erosivo.

Impulsadas por el viento, las olas caminan con gran velocidad y, al chocar contra los acantilados van carcomiendo, disolviendo y transportando los fragmentos de roca.

Los fenómenos antes mencionados pueden fácilmente observarse

(1) A lo largo de todas las costas del Golfo de México los médanos abundan y constituyen lugares estériles y peligrosos que la Secretaría de Agricultura y Fomento ha tratado de hacer desaparecer fijando los terrenos por medio de la siembra de plantas y árboles de raíces profundas y tupidas.

en los terrenos vecinos al desecado lago de Texcoco, pues los grandes ventarrones acarrean nubes de arena, cuyos transportes llegan muy a menudo hasta la metrópoli, sembrando sus calles y casas de un polvo fino e impalpable, que tiene un gran poder de penetración.



Impresiones del oleaje en la arenisca

Por último, debemos recordar los desastrosos efectos de los huracanes, cuya acción es altamente destructora y de tan funestas consecuencias.

4.—*El agua como agente mecánico y químico.—El mar, el hielo, ventisqueros.—Ice-bergs.*

Para estudiar la acción del agua debemos considerarla en sus tres estados, como hielo, como agua líquida y como vapor.

La estudiaremos primero en su forma más común, es decir, bajo el estado líquido que es en la que su acción es más importante por la inmensa cantidad que existe sobre la tierra.

El mar. Ya hemos aprendido que el mar posee movimientos diarios y periódicos cuyo resultado es el azote de las olas contra las playas. Si éstas son elevadas, los golpes violentos contra la roca no muy dura, van lentamente resquebrajando, carcomiendo, y al fin se desmoronan y caen al pie del peñasco. Ahora bien, los fragmentos más duros permanecen en este lugar y ayudan de una manera poderosa a la erosión de la playa al chocar dichos fragmentos contra sus acantilados. Los pedazos menos duros se desmoronan y transforman en grava y arena, que más tarde constituirán la meseta o llanura arenosa de la playa.

El mar corroe y ahueca los arrecifes hasta echarlos por tierra o perforarlos.

Arroyos, ríos, lagos, etc. Bien sabido es que la lluvia es factor geológico de primer orden, que puede producir la erosión de



Vista de una playa con meseta y acantilado



Arco formado por las olas del mar

ciertos terrenos poco coherentes. Cuando estos terrenos contienen piedras o matatenas de mayor dureza, entonces éstas protegen a la parte de terrenos sobre que descansan e impiden su desgaste.

Si la acción erosiva prosigue durante mucho tiempo, el terreno presenta el curioso fenómeno de la figura, pues desgastándose únicamente las partes no protegidas, se van formando estas caprichosas pirámides en cuya cúspide llevan su cabeza protectora.

Una parte del agua de lluvia se evapora y vuelve a las nubes de donde partió, otra se filtra y constituye las corrientes subterráneas y, por último, otra buena parte, corre en forma de riachuelos, arroyos y ríos. Tanto el agua subterránea como la superficial, llevan una misión geológica importante, química y mecánica.

En efecto, los ríos, como ya dijimos, corroen, destrozan, destruyen, transportan, rompen, muelen y depositan el material que proviene de las altas montañas. Químicamente, disuelven, oxidan y transforman las rocas por donde pasan, para después precipitarlas más lejos.



Erosión producida en el terreno, por la lluvia
Pirámides de erosión, producidas por matatenas protectoras



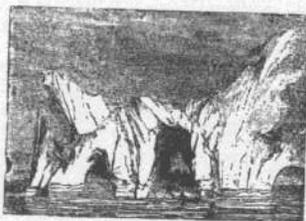
Derrumbamiento y hundimiento en una montaña cercana a la gruta de Cacahuamilpa

Esta incesante labor, lenta pero eterna, tiende a nivelar la superficie de la tierra, pues rellena los lagos y mares con los fragmentos de roca de las montañas. La acción química es más palpable en las corrientes subterráneas. Estas siguen dócilmente las resquebrajaduras y divisiones naturales de los terrenos, si encuentran alguna roca o terreno soluble, lo disuelven, cargándose sus aguas de dichas sustancias solubles. Si la disolución es muy grande, la roca o terreno acaba por desaparecer, dejando huecos más o menos grandes llamados grutas o cavernas, como pasa en Cacahuamilpa y otros puntos.

Como fácilmente se comprende, estos huecos originan derrumbamientos y ahuecamientos, así como temblores y terremotos en los lugares cercanos.

Para lo que se refiere a las estalactitas y estalagmitas véase las rocas de sedimento químico.

El hielo, ventisqueros, ice-bergs. El agua sólida es de un poder dinámico excepcional, produce la misma acción erosiva que el agua líquida, pero con mucha más intensidad. Los hielos flotantes o ice-bergs del polo, al chocar contra los picachos de la costa, hacen el



Masa de hielo vista en la costa de Groenlandia

mismo efecto que una explosión de dinamita, rompiéndose en mil pedazos tanto la masa de hielo como la dura roca. Estas masas de hielo, bajando desde lo alto de las montañas en gran número, rompen y arrancan cuanto encuentran a su paso, arbustos, rocas, árboles y chozas. Esta avenida de hielo animada de gran velocidad es lo que se denomina *ahud*.

Ventisqueros. Un ventisquero es un verdadero río de nieve que baja de las montañas cubiertas perpetuamente de esta variedad de agua solidificada. La acción de los ventisqueros no puede observarse en cualquier parte, pues sólo se presenta en las muy altas regiones o en las altas latitudes. La parte importante del mundo que posee actualmente ventisqueros es la cadena de los Alpes. Sin embargo, existen en el Cáucaso, los Andes, Groenlandia, Noruega y demás regiones Articas.

Los ventisqueros, como ríos de nieve, caminan lentamente según el declive del terreno a razón de metro y medio por día aproximadamente.

Este avance es debido a la dilatación que va sufriendo la masa sólida por la congelación del agua que contiene, ya sea procedente del deshielo o de la lluvia.

El ventisquero, a semejanza de un río, arrastra los materiales caídos en su cauce y los que él mismo ha desprendido, y los va puliendo y estriando hasta que toman la apariencia de la figura.

Los diferentes materiales arrastrados por el río de hielo son lentamente apartados hacia las paredes laterales de su cauce, de tal manera, que se forman inmensas filas de piedras a los dos lados de un glaciar o ventisquero. Estas líneas de piedras se denominan *morainas* o *canchales*.



Roca de ventisquero

Si dos de estos ríos se juntan en uno solo, dos de sus morainas se confunden en una, quedando al centro del nuevo río de hielo, la cual toma el nombre de *moraina media*.

La figura representa un ventisquero alpino con sus morainas laterales y media.

La acción dinámica de los ventisqueros es de la más grande significación, pues la dilatación continua que está sufriendo esta masa sólida, desgaja, rompe y corroe incesantemente las rocas por donde pasa; su poder de arrastre, aunque más lento, es más intenso y algunas veces la dilatación es tan grande, que enormes fragmentos de hielo son desprendidos y corren despeñándose hacia la planicie o hacia el mar, constituyendo los ice-bergs o hielos flotantes y causando horriblos estragos en los montes y poblaciones vecinas. Estas masas de hielo contienen también material de acarreo que abandonan en el mar cuando su masa se ha deshelado; en tal sentido estas masas son las encargadas del transporte rápido de los materiales. En las altas latitudes existen con frecuencia estas montañas de hielo cuya acción es altamente destructora sobre las costas y ha sido la causa de no pocas catástrofes cuando



Ventisquero, mostrando sus morainas laterales y media

chocan contra las embarcaciones. Hundimiento del vapor gigantesco "Titanic."

5. *Calor, sus fuentes, acción ígnea y sus resultados, volcanes, aguas termales, geysers, metamorfismo, depósitos, vetas.*—La fuente principal de calor y luz terrestre es el sol; sin embargo, es bien sabido que nuestro planeta goza de calor propio, última manifestación de su primitivo origen ígneo y se ha comprobado que esa temperatura aumenta un grado por cada 30 o 33 metros de profundidad. Los volcanes, los geysers, las aguas termales, etc., las rocas ígneas, la formación de cordilleras, los levantamientos y hundimientos seculares, de que después daremos cuenta, en una palabra, las oscilaciones de la corteza terrestre, todos estos fenómenos no pueden explicarse sino atribuyéndolos al calor central.

El calor como factor geológico, tiene estos tres orígenes principales, el sol, las acciones químicas y mecánicas y el calor central. (Radio). Véase la "Biología y Plasmogenia", p. 332.

Volcanes, geysers, fuentes termales. Volcán es una colina, montaña, etc., que tiene o ha tenido comunicación con el interior y por el cual sale o ha salido materia lávica en cualquier forma.

Un volcán consta de cráter, abertura natural, generalmente cónica parecida a un embudo y que en los volcanes apagados está obstruída por la misma lava. En un cráter debe distinguirse el borde, las paredes y el fondo. En segundo lugar tenemos las laderas o colinas del volcán por donde desparraman los materiales fundidos. Los volcanes pueden tener uno o más cráteres o no tener ninguno: en este último caso no se consideran como volcanes propiamente dichos.

La causa de las erupciones volcánicas no está suficientemente demostrada pues en tanto que unos afirman que se debe al enfriamiento de la corteza terrestre, lo que origina que ésta se contraiga, obligando a la materia lávica a salir por el aumento de presión, otros niegan la existencia de un núcleo ígneo sustituyéndolo por pequeñas porciones o zonas en donde está aprisionada la materia en fusión y que se denominan lacolitos, cuya temperatura hace que las rocas, líquidos y gases sufran una dilatación que excediéndose de los límites de presión que las rocas puedan soportar, obligan al líquido ígneo a ascender por el conducto volcánico, saliendo al exterior.



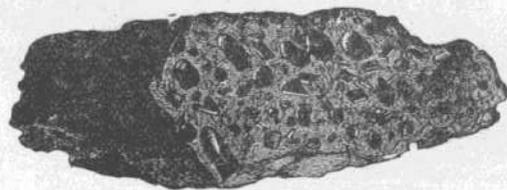
El Vesubio al principio de la era cristiana era un volcán apagado.
El Vesubio como se ve hoy día es un volcán en actividad

Existen volcanes activos y volcanes apagados. Los primeros están arrojando periódicamente diferentes productos de erupción como agua, anhídrido sulfuroso, gas carbónico, etc., etc.

Volcanes apagados son los que no dan señales de actividad y generalmente tienen su cráter obstruído y completamente cerrado.

La actividad franca de un volcán se traduce exteriormente por pequeños chorros de vapor o de anhídrido sulfuroso, cenizas volcánicas que alternan con escorias y fragmentos de lava.

Todos estos gases y productos forman en la punta del cráter un inmenso penacho que se extiende majestuosamente por encima de la falda del volcán.



Fragmento de lava

El espectáculo de una erupción es de lo más espantoso e imponente. Se oyen ruidos subterráneos desconocidos, alternando con sordas detonaciones, se sienten trepidaciones violentas o terremotos y se ve a los animales salvajes correr en precipitada fuga abandonando sus primitivas guaridas, desaparecen las fuentes cercanas al volcán y se oye el tumultuoso barbotar de la lava que asciende.

Se producen desde luego cenizas, bombas y lágrimas volcánicas que se rompen en la falda con gran estrépito; en el cráter mismo

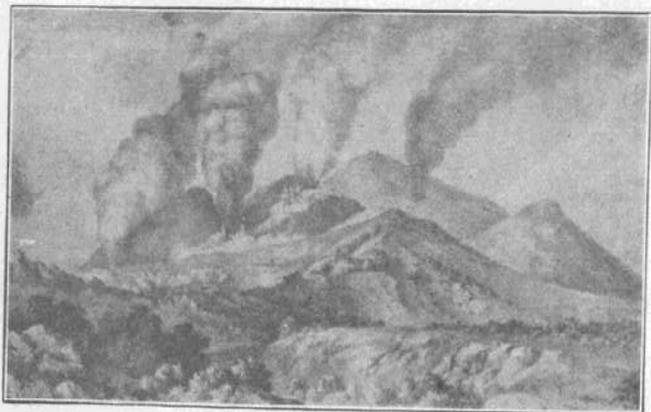
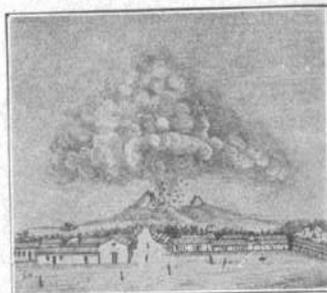


Lava que se solidificó antes de llegar a la llanura

se producen espantosas detonaciones, tiembla y se cuartea con violencia la tierra, retorciéndose la lava al querer salir por las estrechas aberturas que la aprisionan, las cuales al fin rompe y agranda y entonces por sus laderas corren ríos de lava que bajan rápidamente hacia la llanura, sino es que antes se solidifican debido al rápido enfriamiento.

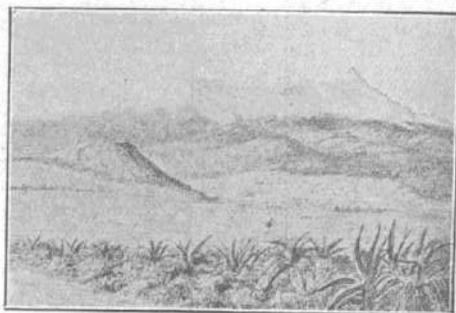
Estas lavas al pasar por los terrenos los transforman en rocas *metamórficas*.

Al mismo tiempo una blanquísima nube de vapores y cenizas corona al gigante y se va extendiendo poco a poco hasta formarle un palió. Esta nube se enrojece intensamente por los reflejos que emite la ardiente boca del cráter y es surecada por las bombas,

El volcán del Ceborneo en erupción, 1870
Estado de Jalisco

Erupciones del Volcán de Colima.— Bárcena

cenizas, rayos y otros mil productos y fenómenos que hacen el espectáculo más aterrador.



Vista del Nevado de Toluca

Las cenizas caminan tan lejos y son tan abundantes, que al caer sepultan pueblos enteros, como sucedió con las hermosas ciudades de Pompeya y Hereulano, en Nápoles, que fueron enterradas entre las cenizas que arrojó el Vesubio.

Después que el volcán se ha descargado del exceso de presión que tenía, se van atenuando sus furibundos ímpetus, la lava va siendo cada vez menor, los ruidos, los rayos y los truenos se van alejando y el volcán va poco a poco volviendo a su actividad habitual.



El Popocatepetl.

Hay pocos volcanes menos activos que solamente arrojan gases y no dan el imponente espectáculo de los anteriores.

Los volcanes más importantes de nuestra Patria son, desde lue-

go, el Popocatepetl, el Iztaccíhuatl, el Citlaltépetl, el Nevado de Toluca, el de Colima, el Jorullo, el Ceboruco, el Tacaná y el Tuxtla.

En la América del Sur hay también volcanes notables, algunos de los cuales han sepultado entre sus escombros varias ciudades del Ecuador. Los principales son "El Chimborazo", el "Pichincha", el "Aconcagua", etc.



Geysir del cerro de Sn. Andrés

Los volcanes son incansables factores geológicos constructores, antagónicos de los ríos y agentes denudadores.

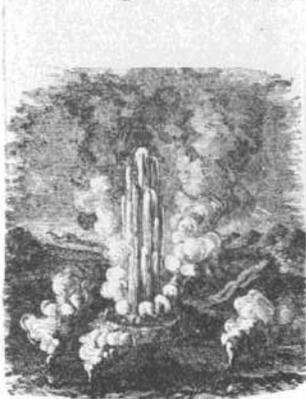
Como fenómenos derivados del volcanismo, debemos citar también las aguas termales, geysers y los temblores de tierra, aunque estos últimos los trataremos al hablar de la acción hipogea o intraterrestre.

Aguas termales. Son aguas cuya temperatura es superior a la del medio ambiente; esto es debido a que dichas aguas se ponen en contacto con rocas calientes, y una parte al estado de vapor impulsa al resto de la masa líquida, brotando aún caliente al exterior. Su temperatura es variable, llegando a alcanzar la del agua hirviendo; esta temperatura favorece la disolución de muchas sales contenidas en las rocas por donde atraviesa y por esta razón se denominan *minerales* y son altamente medicinales.

Como aguas minerales célebres de México, tenemos las del Peñón, y las del Rancho Colorado y Tehuacán, Puebla. Sin embar-

go, existen fuentes de aguas termales medicinales en muchas otras regiones de nuestro país. (Véase colección de tales aguas en el Museo Nacional de Historia Natural).

Geysers. Cuando estas aguas termales salen a presión, suben a gran altura en forma de chorro y se denominan Geysers. Son comunes en Islandia, en donde se les dió este nombre, que significa *violento, impetuoso*. Los que solamente emiten gas sulfuroso, se llaman *fumarolas*, y si emiten gas carbónico, *mofetas*. Como ejemplo de geysers podemos citar el del cerro de San Andrés, en el Estado de Michoacán, y el que apareció en años pasados en los "Baños de Aragón", cerca de Guadalupe Hidalgo, pero solo arrojaba agua y no siliza.



Geysers en Islandia

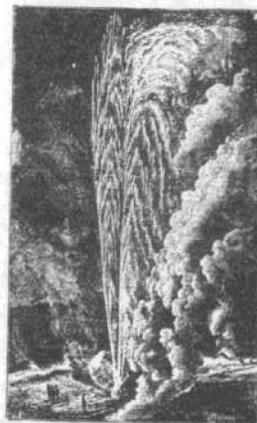
La figura representa un hermoso ejemplo de Geysers, procedente del "Yellowstone Park", donde le llaman "Beehive" (colmena).

Acción hipogea, modelado de las tierras, formación de las montañas, efectos de la presión, temblores

La acción hipogea se refiere al poder dinámico intra-terrestre.

La primera y más importante manifestación de este dinamismo es la formación de las montañas y sistemas orográficos, así como los movimientos seculares que está sufriendo la corteza terrestre. El vulcanismo no es más que una manifestación muy clara de esta acción y los temblores y terremotos obedecen a la misma causa.

Formación de las grandes cordilleras de montañas. Ya hemos hablado con cierta extensión en la geología fisiográfica con respecto a los grandes sistemas montañosos que recorren nuestro planeta desde el Cabo de Hornos hasta el de Buena Esperanza. Estas cor-



Un Geysers en Yellowstone Park

dilleras en número de 5 poseen ramificaciones secundarias que completan la orografía total del globo terrestre. Estos sistemas están formados a su vez por cordilleras montañosas, las cuales han sido formadas generalmente en diversas épocas geológicas, como se verá al tratar de la Geología histórica.

La causa de la formación de las montañas no ha sido satisfactoriamente comprobada aunque algunas teorías parecen haber llegado a resolver tan importante problema.

Entre ellas la más feliz es la que atribuye su origen al enfriamiento de la tierra. Como en las primeras edades geológicas este enfriamiento fué más brusco que actualmente la formación de las cordilleras y sistemas fué también más rápida. Ya en otra parte de la obra hemos descrito como se ha llegado a comprobar este plegamiento de las montañas recurriendo a una lámina de hule bien tensa a la cual se le sobreponen varias capas de arcilla y se va lentamente volviendo al hule a su estado primitivo. El efecto es de lo más halagador, pues se ven los plegamientos y elevaciones con la mayor perfección.

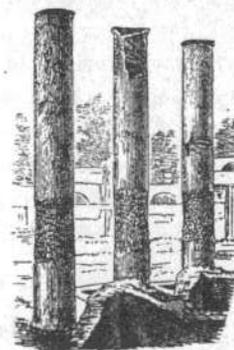
Un fenómeno que hace suponer que esta teoría es la verdadera, es el siguiente: si el enfriamiento es la causa principal de la formación de las montañas y cordilleras por la contracción de la costra superficial de la tierra, es claro que mientras más siglos transcurran, es decir, mientras más calor pierda la tierra, más se plegará.



Nivel antiguo de las aguas del mar

La luna, planeta muerto, nos da un ejemplo de lo anterior, pues se sabe que tiene montañas y cordilleras altísimas y se dice que las más altas de la tierra no llegan a la altura de las más pequeñas de la luna. Y es que la luna como cuerpo muerto no encierra ya calor.

Ahora bien, este calor interno produce mil efectos que obran sobre la configuración terrestre de una manera muy marcada. En primer lugar da margen a dilataciones y a cambios de estado de los cuerpos o terrenos cercanos. En efecto, el vulcanismo es un ejemplo marcado de ello. Además, se ha visto que las tierras emergidas no están sólidamente colocadas sino que son objeto de alteraciones de nivel ya sea ascendiendo o descendiendo. Hay colinas que aún muestran el nivel antiguo hasta donde llegaban las aguas del mar y que ahora se encuentran mucho más abajo. Es que esa colina ha sufrido un movimiento de ascenso sobre el nivel del océano. El templo de Júpiter en Roma, ha ido lentamente descendiendo y hoy se encuentra una buena parte de él cubierto por las aguas, pues su pavimento y una porción de las columnas que sostienen el techo se encuentran bajo el agua. Estos movimientos son lentos y duran siglos para hacerse perceptibles. Por esta razón se denominan movimientos u oscilaciones seculares y tienen la misma causa, es decir, la acción hipogea, ayudada de la presión.



Templo de Júpiter sumergido en el mar

Por último, hablaremos de los temblores de tierra que vienen a completar la geología dinámica.

Temblores de tierra, terremotos. La costra terrestre está en continua oscilación y vibración; aunque nosotros no nos demos cuenta del fenómeno, los estudios y aparatos referentes lo comprueban.

Cuando una conmoción o temblor no es sensible al organismo, se denominan *microsismo* y si el temblor es perceptible, *macro-sismo*.

Los microsismos no tienen importancia geológica notable, y se están produciendo cada cinco minutos.

No vamos a describir el fenómeno por ser muy conocido y más bien vamos a dar la teoría de su formación.

En primer lugar, la causa generatriz de los temblores se debe al choque efectuado sobre cualquier punto de la corteza sólida y que debido a su elasticidad se comunica a toda su superficie. Por eso las erupciones volcánicas producen terremotos (temblores más intensos).

La segunda causa es más bien mecánica y consiste en el acomodamiento de ciertos terrenos que por causas dinámicas han perdido su equilibrio. Este acomodamiento da origen a oscilaciones o vibraciones que se traducen en la superficie por temblores.

Las formas del movimiento pueden ser tres: oscilatoria o movimiento de vaivén, trepidatoria o movimiento de ascenso y descenso, o rotatorio o movimiento desigual en todos sentidos y que se atribuye a la combinación de los dos anteriores. No hablaremos

de los desastrosos resultados de los temblores y terremotos por ser sobradamente conocidos.

A la acción hipogea deben referirse también los levantamientos bruscos que se verifican en ciertas comarcas y, sobre todo, en medio del mar, en donde ha habido casos sorprendentes de haber surgido una isla repentinamente del fondo del océano, cuya vida efímera sólo duró unos cuantos meses. Véase la "Biología y Plasmogénia", p. 115.

Un sismógrafo que predice temblores con gran exactitud

Washington, agosto 23.—La Universidad de Georgetown, que en los últimos tres años se ha hecho famosa en el mundo por su exactitud en el anuncio de temblores lejanos, manifiesta ahora que en el futuro sus predicciones y observaciones serán aún más exactas, por haber adquirido aparatos que garantizan la mayor precisión posible en el cálculo de la fuerza de los movimientos sísmicos, y en la probable distancia a que hayan ocurrido.

Entre los aparatos novísimos que ha adquirido el Observatorio, tiene un sismógrafo llamado de Galitzin, vertical, que es el único de su clase hasta ahora, existente en el Nuevo Mundo. Las características de este aparato son: registración magnética y récord fotográfico del movimiento. Con esto quedan eliminados los inconvenientes de fricción de los aparatos antiguos, y será posible, por lo tanto, obtener marcas de estremecimientos hasta hoy imperceptibles y mayor seguridad en su interpretación.

Es sabido que el doctor Siebert, de la estación sismológica de Jena, Alemania, calcula que los temblores que pueden sentirse cada año, ya sea corporalmente o por medio de instrumentos, alcanzan a 9,000 y tal vez a 10,000. Para apreciar lo tenue de muchos de esos movimientos, baste decir que el Observatorio de Georgetown, sólo registra entre 90 y 110 de ellos por año. El Padre Francisco Tondoff, director de sismografía en esta Universidad, espera que en adelante se pueda tener constancia de unos trescientos o cuatrocientos temblores por año.

Cuando se fundó en 1911 el Observatorio, éste contaba solamente con un aparato Weichert, provisto de una masa estacionaria de 80 kilos.

Berlín, julio 21.—Un conocido geólogo alemán del Instituto de Berlín, Herr Wolff, acaba de publicar un curioso estudio, después de varios años de pesquisas, estableciendo que las regiones al borde del Báltico, están amenazadas de sumergirse al paso de los años, bajo las olas del mar.

Según el profesor de Berlín, el litoral prusiano se "sumerge" a una velocidad que aumenta cada año, a la vez que se manifiesta un fenómeno contrario de parte del agua del mar, que sube de nivel paulatinamente.



Isla que brotó en el mar Mediterráneo en Julio y Agosto de 1831

En Prusia Oriental, el suelo se "sumerge" a razón de ocho centímetros por siglo y en Cuxhaven, a razón de 14 centímetros. La elevación del agua a la vez, es de 20 centímetros por siglo. Termina el profesor diciendo que dentro de dos o tres mil años, la ciudad de Berlín quedará reducida al estado de las quiméricas ciudades de la Atlántida.

Nubes ardientes. El Monte Pelado de la Martinica arrojó una nube ardiente que iba quemando y matando a las gentes, 60,000 en 20 minutos.

El Vesubio sepultó a Pompeya y Herculano en el siglo I. La isla de Hawai se compone de 11,000 kilómetros cúbicos de lava. Sus volcanes Mauna Kea y Mauna Loa y su caldera de Kilanea son formidables: éste es un lago de lava en ebullición.

CAPITULO CUARTO

GEOLOGIA HISTORICA (1) SUS DIVISIONES

La división de las épocas geológicas es arbitraria, y lo mismo que la historia humana, la historia de la tierra ofrece vacíos que nunca se podrán llenar. Cada era se confunde lenta y gradualmente con la era que le precede y con aquella que le sigue.

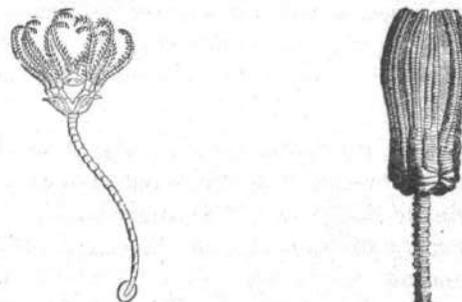
Los primeros acontecimientos fueron físicos. La historia inorgánica del planeta no terminaba cuando apareció la vida, nuevo y grandioso suceso, comenzando por las formas inferiores, Protozoarios y Protofitas, y más exactamente Protobios, mitad minerales y mitad vegetales, semejantes a los que se producen artificialmente en los laboratorios con soluciones salinas.

Los seres progresaron lentamente, aparecieron nuevos tipos y por último, el más perfecto, el hombre, conforme a los principios de la evolución.

En esta historia orgánica hay etapas sucesivas de progreso o una serie de culminaciones. Como las clases de plantas y animales pasan a nuestra vista, la realidad de las edades geológicas es evidente. La era de los Mamíferos, la era de los Reptiles, la era de las plantas que produjeron el carbón de piedra, se desarrollan ante nosotros, como las cadenas de montañas en el horizonte, pero es difícil, mejor dicho, imposible, decir donde comienzan a partir de la llanura, cómo han principiado las grandes agrupaciones de los entes.

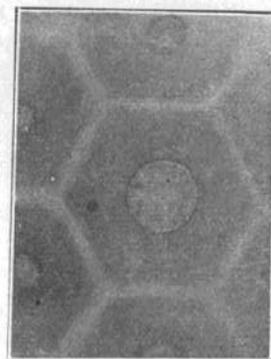
De todas maneras la evolución es un hecho demostrado por la geología, y Darwin y sus continuadores han encontrado en ella una imponente serie de argumentos y hechos inatacables en favor de sus doctrinas.

(1) Según Dana. "Manual of Geology". 4a. edición, Aguilera y Ordoñez. "Bosquejo Geológico de México". 1896. Haeckel. "Histoire de la Création". 1877. Lapparent. "Abrégé de Géologie."



Larva de Comátula con un tallo que desaparece en el animal adulto. Epoca moderna.
Crinoide fósil. *Enocrinus lütiformis*. Del calcáreo conculífero

El gran naturalista Agassiz, decía que las fases de desarrollo de todos los animales vivientes corresponden al orden de sucesión de sus representantes extinguidos en los tiempos geológicos pasados.



Figuras celulares producidas por difusión de sales en gelatina. (Dr. E. Torres). Fuerzas de difusión análogas unidas a otras físico-químicas produjeron los organismos iniciales.

Por otra parte, la evolución geológica y la embrionaria muestran un paralelismo notable, de manera que durante su desarrollo embrionario, un animal superior pasa por estados más perfectos, reproduciendo las principales etapas del desarrollo geológico de la familia o clase a que pertenece. Por ejemplo, las colas con vér-

tebras de los antiguos peces ganoides, son características de los ganoides actuales jóvenes y de otros peces modernos. El esqueleto cartilaginoso de los antiguos ganoides es otro carácter embrionario. El tallo de los crinoides fósiles se encuentra en las comátulas jóvenes.

La subdivisión de las épocas geológicas se basa en el progreso orgánico, independientemente de los acontecimientos relacionados con la formación de las rocas y las perturbaciones de la costra. Ejemplo: las cuatro divisiones primarias: Arqueano, Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico.

Las subdivisiones secundarias reconocen el mismo criterio, pero dependen en cuanto a sus límites, de los acontecimientos registrados en las series de rocas y en las transiciones bruscas en las clases de fósiles, que dependen en gran parte de cambios físicos y por lo mismo, establecen un criterio conveniente cuando se caracterizan grandes áreas.

Una vez establecidas las divisiones secundarias en un continente o parte de un continente, estas divisiones deben adaptarse a otras regiones y determinarse sus límites por medio de fósiles, porque sólo así la historia de diferentes regiones puede constituir un sistema. Por ejemplo, el período Permiano, reconocido y definido en la historia geológica europea, debe tener su lugar en la geología histórica de América. El Devoniano de Europa debe reconocerse y tener casi los mismos límites que el de América.

Las divisiones inferiores subordinadas dependen de las condiciones locales y requieren designaciones especiales. Los diferentes continentes y regiones desemejantes del mismo continente han tenido su historia particular. Los períodos y épocas de América y Europa no son iguales, en general, por sus límites y mucho menos por sus rocas. Las divisiones devonianas secundarias son diferentes en los dos mundos. Hay mucha diversidad entre las subdivisiones de las eras carbonífera, de los reptiles y los mamíferos en América y Europa, y aun en diversas localidades de los Estados Unidos.

No debe olvidarse que los límites políticos no son geológicos.

En lo que se refiere a las influencias predominantes que obran sobre la estructura de las rocas y los seres vivientes, debe tenerse muy presente la formación de las montañas. Las Montañas Tacónicas marcan el fin del Siluriano Inferior y la época de los cam-

bios bruscos en Norte América, ocurriendo perturbaciones semejantes en Bretaña.

Las subdivisiones

Los varios grados de subdivisiones del tiempo geológico se llaman (1) Eons, (2) Eras, (3) Períodos, (4) Epocas. Los términos correspondientes a las formaciones son: Series, Sistemas, Grupos y Pisos. Para las divisiones intermedias se usa el prefijo *sub*. Las divisiones aún más secundarias se llaman zonas y reciben designaciones especiales por un fósil característico. En vez de cualquiera de los términos anteriores la palabra *tiempo* puede usarse en su sentido usual cuando se crea necesario.

Algunas veces es sustituida por el término *conu* (*acon*).

Resumen de los principales tiempos geológicos

FA

I. *Tiempo Arqueano*. No existían seres vivientes al principio, pero antes de su terminación se llegó a condiciones favorables para la vida.

II. *Tiempo Paleozoico*. Caracterizado por las formas más antiguas de seres, cerrándose con el período de las grandes formaciones de carbón de Europa y América.

Su nombre deriva de dos voces griegas, *palaios*, antiguo y *zoon*, animal.

III. *Tiempo Mesozoico*. La vida de los tipos o clases medias: se cierra en el período del Chalk o formación Cretácea. Su nombre deriva de *mesos*, medio, y *zoon*, animal o vida.

IV. *Tiempo Cenozoico*. La vida de los tipos más modernos, continuando hasta el presente. Deriva de *kainos*, reciente y *zoon*, animal.

Todas estas divisiones son arbitrarias y no establecen abismos de separación entre las diversas etapas de la evolución del Planeta y sus habitantes; al contrario, muestran todas las transiciones y eslabonamientos entre cada ser, cada especie de rocas, cada período de desarrollo orgánico o inorgánico, comprobando definitivamente la teoría de la evolución. (Véase la "Biología").

*Subdivisiones de grado inferior.**I.—Tiempo Arqueano*

Hay dos divisiones esenciales: el tiempo Azóico y el Arqueozoico, pero no se distinguen en las rocas. En el primero no había vida y en el segundo se presentaba en sus formas primitivas. Sus rocas se han dividido en Laurenciano y Huroniano.

*II.—Tiempo Paleozoico.**1.—Sección Eopaleozoica*

1. Era Cambriana o Cámbrica.
 1. Cambriano Inferior o Período Georgiano.
 2. Cambriano Medio o Período Acadiano.
 3. Cambriano Superior o Período Potsdam.
2. Siluriano Inferior o Era Silúrica Inferior.
 1. Período Canadiano.
 2. Período Trenton.

*2.—Sección Paleozoica**1.—Siluriano Superior o Era Silúrica Superior.*

1. Período del Niágara.
 2. Período Onondaga.
 3. Período Heidelberg Inferior.
2. *Era Devoniana o Devónica.*
 1. Período Oriskany.
 2. Período Cornífero.
 3. Período Devoniano Medio o Hamilton.
 4. Período Devoniano Superior.
 3. *Era Carbónica.*
 1. Período Subcarbonífero.
 2. Período Carbonífero.
 3. Período Permiano.

3.—Tiempo Mesozoico

1. Período Triásico.
2. Período Jurásico.
3. Período Cretáceo o Cretácico.

4.—Tiempo Cenozoico

1. Era Terciaria.
2. Era Cuaternaria.

Por su interés histórico presentamos ahora la antigua clasificación de los terrenos:

CLASIFICACION DE LOS TERRENOS

	ALUVIONES MODERNOS.	
	ALUVIONES ANTIGUOS.	
	Depósito de la Bresse	} Terreno subapenino.
	Colinas subapeninas	
TERRENOS TERCIARIOS..	Falun, molasa y nagelfluo	} Terreno de molasa.
	Yeso de Aix	
	Yeso parisiense	} Terreno parisiense.
	Caliza tosca, arcilla	
	Creta blanca	} Terreno cretáceo superior.
	Creta margosa	
TERRENOS SECUNDARIOS..	Creta tobácea	} Terreno cretáceo inferior.
	Creta verde	
	Areniscas verdes	
	Depósitos neocómicos	
	Grupo portlándico	} Terreno jurásico.
	Grupo coralino	
	Grupo oxfordico	
	Gran Oolita	
	Lias	
	Margas irisadas	} Terreno triásico.
	Caliza conchífera	
	Arenisca abigarrada	
	Arenisca de los Vosgos	
	Caliza pélica	} Terreno pélico.
	Arenisca roja	
TERRENOS DE TRANSICION	Arenisca hullera	} Terreno carbonífero.
	Caliza carbonífera	
	Arenisca roja antigua, varias areniscas, pizarras antracíticas	} Terreno devónico.
	Calizas y pizarras micáceas..	Terreno silúrico.
	Pizarras micáceas, calizas, gneis	Terreno cámbrico.
TERRENOS PRIMITIVOS.....	Materias desconocidas, tal vez primitivas	

Estudio en particular de los diversos tiempos geológicos, sus rocas, plantas y animales

I.—Tiempo Arqueano

Comienza cuando la tierra era un globo sólido o cuando menos provisto de una envoltura de vapores, desprendido de la nebulosa de Laplace.



Las nebulosas

Formación hipotética de los planetas según Laplace. De una nebulosa giratoria se desprenden masas globulares que se transforman en mundos, primero incandescentes y que más tarde se enfrían en la superficie y revisten de una costra. Teoría planetesimal ya citada.

Divisiones del Tiempo Arqueano

I. *El Eon Astral.* La Tierra formaba un globo flúido, con una envoltura de vapores que contenían el agua futura o sus elementos disociados, así como otros vapores y gases.

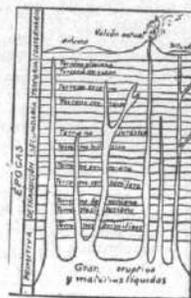
II. *El Eon Azoico.* Sin vida. Se divide en dos Eras:

1. *La Era Lítica.* La Tierra estaba constituida por un globo sólido o cuando menos solidificado en la superficie: la temperatura al principio era superior a 1300 grados C.: la atmósfera contenía aún toda el agua del globo a una presión de vapor de 200 atmósferas próximamente, pues todos estos datos numéricos son aproximativos y varían de un autor a otro; todo el bióxido de carbono o ácido carbónico del carbonato de cal y otras sales y rocas y que hoy existe en la atmósfera y en las materias orgánicas (probable-

mente a una presión de 50 atmósferas); todo el oxígeno aprisionado después en las rocas por oxidación, así como el de la atmósfera y de los organismos. Comenzó a ejercerse la presión lateral que produjo las perturbaciones de la costra y se inició el trabajo orográfico o de la formación de las montañas y el metamorfismo estático que depende del calor debido a una causa estática.

2. *La Era Océanica.* El agua se condensó formando el océano, con algunas tierras emergidas. Temperatura: unos 260 grados; presión, de unas 50 atmósferas. Comienzan las mareas retardando la rotación de la tierra. Las olas y los ríos trabajan las tierras emergidas: el exceso de bióxido de carbono en el aire y el agua son poderosos agentes de destrucción de las rocas. Se acumulan los sedimentos y cristalizan formándose un principio de la supercostra terrestre.

II. *El Eon Arqueozoico.* Aparece la vida en sus formas más sencillas. Al enfriarse la superficie de la tierra se producen por las acciones físico-químicas los primeros organismos o Protobios, intermedios entre los minerales y los vegetales (Herrera), semejantes a los artificialmente producidos en los laboratorios. Después, por evolución lenta, preséntanse los siguientes:



Disposición de los terrenos

1. *La Era de las primeras plantas.* Aparecen las Algas y los Hongos acuáticos (Bacterias, considerados por algunos como Algas degeneradas por la vida parasitaria), cuando la temperatura media del océano era de unos 66 grados C. Calcáreos formados por secreciones vegetales y siliza del mismo origen: carbonato de fierro y tal vez óxidos de fierro; grandes depósitos sedimentarios, engruesando la costra.

Edad del Hombre.	Roante ó Moderno.	
NEOZOICO, CENOZOICO ó CAINOZOICO	Cuaternaria.	Caballo, Bisonte, Llama, Tapir (<i>Edad del Mamont</i>).
	Sistema Terciario.	<i>Plioceno.</i> Caballo, Elefante, Mastodonte, Hipopótamo.
		<i>Mioceno.</i> Primeras familias de Perros, Gatos, Camellos, Hienas, Tigres, Rinocerontes, etc.
MESOZOICO ó Secundario.	Sistema Secundario.	<i>Eoceno ó Numulítico.</i> Monos, Carnívoros, Roedores, Serpientes. El Paleoterio.
		<i>Cretáceo.</i> Grandes Saurios, Ictiosaurios, Plesiosaurios, etc. Primeros Pájaros dentados.
		<i>Jurásico ó Oolítico</i> Primeros Saurios.
PALEOZOICO ó Primario.	Sistema Primario.	<i>Triásico ó del Trias.</i> Primeros Mamíferos.
		<i>Permiano, Pérmico ó Dyas.</i> <i>Lechos de Carbón.</i> Primeros Reptiles. (?)
		<i>Sub-carbonífero.</i> Primeros Anfibios.
		<i>Devoniana ó Devónica.</i> Edad de los Peces.
		<i>Silúrico.</i> Edad de los Invertebrados.
Arqueano ó Azóico.	Cambriana.	A algunos Fósiles de tipo inferior.
	Huroniana. Lorenzana.	Principio de la <i>Vida Orgánica.</i> Rocas <i>Cristalinas.</i>

Sección ideal de la corteza terrestre, ilustrando el desarrollo de la vida animal

2. *La Era de la primera vida animal.* Temperatura media, al principio, de unos 45 grados 5.C. Los mismos depósitos de origen animal: carbonatos y óxidos de hierro: sedimentación en grande.

Rocas del Tiempo Arqueano

Las más características son los granitos compactos: gneiss, hornblenda, sienitas, dioritas y sus variedades piroxénicas: el *gabro* o variedad de basalto; circón; crisolita, serpentinas, resultado de la alteración de la crisolita y la piroxena y tal vez de otros minerales que contienen magnesia.

La calcita cristalina es común en algunas regiones y contiene apatita, condrodita (silicato con flúor y magnesia), que se supone es peculiar del Arqueano. En la serie Laurenciana hay hornblenda, esquistos de hornblenda, mica esquistos, hidromica o sericita esquistos, clorita esquistos y cuarcita. Las rocas macizas son generalmente ígneas, pero más frecuentemente metamórficas. El granito y la sienita comúnmente contienen grandes masas y vetas de esquistos.

Mica esquistos (áreas con líneas) y granito, en *m* están íntimamente mezclados. (Dana).

Minerales raros, niobio, tántalo, rubidio, nefelita, sodalita, espinela, grandes yacimientos de hierro, magnetita, hematita y hierro titánico.

Una parte de las rocas son macizas, como granito, sienita, diorita, gabro, y una gran parte son esquistosas y distintamente estratificadas. Se atribuye un espesor de 30,000 a 80,000 pies a las formaciones plegadas en una serie o región.

Formación de montañas. Las rocas estratificadas casi siempre están invertidas y generalmente en ángulos de 30 a 90 grados. Únicamente ciertas porciones del Huroniano son horizontales. Es probable que los montes Adirondaeks se produjeron al cerrarse el Tiempo Arqueano.

Alteraciones subsecuentes de las rocas. Las rocas arqueanas sufrieron en muchos lugares cambios en su composición. Fueron

formadas a muy altas temperaturas, bajo grandes presiones y enfriamiento muy lento, y estas condiciones y especialmente las que son debidas al calor engendrado por movimientos orogénicos, han ocasionado alteraciones en su posición y en sus ingredientes. Muchas rocas arqueanas son hoy hornbléndicas y al principio fueron piroxénicas. La crisolita, la piroxena, la hornblenda y otros minerales se convirtieron en serpentina.



Sección demostrando la falta de conformidad de los estratos Arqueanos. 1. Lorenzano. 2. Primordial o Silúrico inferior.

La vida en el Tiempo Arqueano. No hay fósiles en las rocas o son dudosos, pero debió haber seres acuáticos, por la disminución de la temperatura y la presencia entre las rocas estratificadas de mantos de calcita, etc.

La vida comenzó en la división llamada Eon Arqueozoico.

Plantas. Grafito, por alteración del carbón de piedra: había helechos en Escocia y otras partes. Los yacimientos huronianos de Wisconsin contienen muchos materiales carbonosos que indican abundancia de vida.

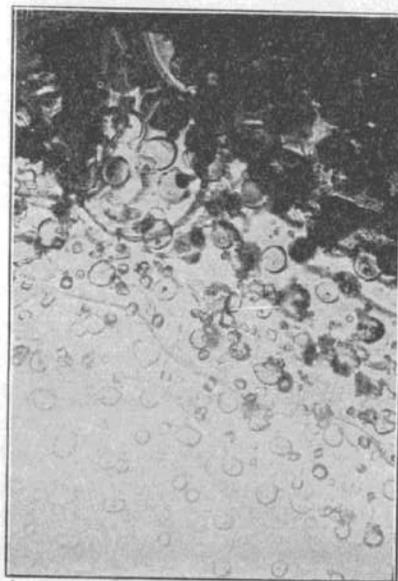
Las primeras plantas fueron seguramente algas acuáticas y después microbios. Las primeras tomaban el carbono del ácido carbónico del aire y las segundas (bacterias), de productos orgánicos.

Es probable que los protobios hayan precedido a las algas, formándose por medio de precipitaciones lentas de ciertas sales, o bien se originaron por fotosíntesis.

En los momentos en que se redacta esta parte, el autor estudia los Protobios de fluosilicatos, que son los más notables obtenidos hasta hoy en el laboratorio y que se conservan por los medios histológicos habituales, incluyéndolos en bálsamo del Canadá, entre porta y cubre-objeto. Centenares de preparaciones han sido enviadas para su estudio al extranjero.

Para llegar a preparar estos facsímiles de los primeros organismos, se necesitaron muchos años de labor de investigación (Véase la "Biología"), a fin de ir perfeccionando los resultados. Por último, se llegó a esta conclusión: las mejores estructuras se for-

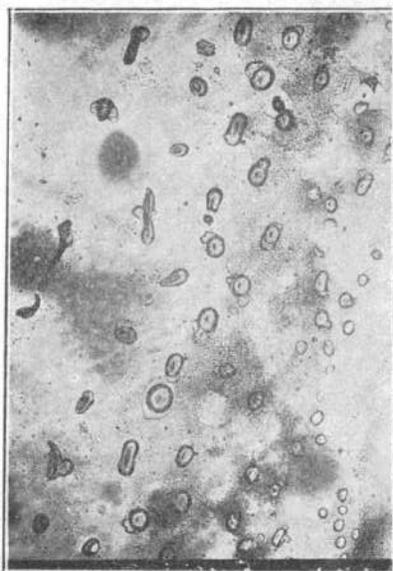
man uniendo con la mayor lentitud posible dos soluciones, una que contenga un coloide y una sal, los cuales produzcan a la vez una sal coloide y una sal cristaloides al unirse con la otra solución, a través de un vaso poroso, por infiltración lenta. La técnica respectiva exige muchos cuidados.



Protobios de fluosilicatos. (Herrera)

A una solución de silicato de sodio de una densidad de 1020 (con 40% de siliza), o mejor a la siliza coloide obtenida por diálisis, se agrega biftuoruro de potasio disuelto en una poca de agua. De siliza o silicato se emplean 250 c. c. y de biftuoruro cristalizado de Merek, puro, 0 gr. 500, disueltos en 10 c. c. de agua. Esta solución se deposita en un cristizador de 18 cent. y bañado en ella un vaso poroso de poro muy fino o un saco grueso de colodión, con solución de cloruro de calcio anhidro y químicamente puro de Merek, que contenga las cantidades normales de cal y de cloro, sin lo cual no hay resultado alguno. (1).

(1) La compresión da mejores resultados por medio de pesas, que descansan sobre el porta y el cubre objetos, entre los cuales está la solución de biftuoruro. El cloruro de calcio penetra por capilaridad.



Protobios de fluorosilicatos

Al cabo de 24 horas aparecen precipitados periódicos y finísimas imitaciones de celdillas y amibas, debidas a la formación de alveolitos invisibles de fluoruro de calcio cristalizable, silicato de cal coloide, etc.

Es decir, que éste forma membranas de precipitación alrededor de las granulaciones cristalinas de aquél.

Quizá, en condiciones convenientes, estas amibas lleguen a producir la materia orgánica, en presencia del aire, el agua y el sol, pero no debe olvidarse que, según otra teoría, la vida apareció a partir del cianógeno volcánico, los ácidos aminados (glicocola), la formaldehida, etc.

Véase el apéndice de esta obra.

La hipótesis inorgánica parece más probable e implica que la vida apareció y sigue produciéndose por conflictos de las aguas marinas y dulces en infiltraciones lentas, por desprendimientos gaseosos y torbellinos celulares, etc.

De todas maneras hay que admitir que la vida se produjo por



Eozoon Canadense. Dawson.

la acción de factores naturales físico-químicos, puesto que la Plasmogénia ha producido infinidad de imitaciones de los seres y sus actividades sin misterio y es probable que llegue a formarles perfectos. Véase la "Biología y Plasmogénia", p. 156 a 306.

Animales del Tiempo Arqueano. Se creyó que el llamado Eozoon Canadense (véase la "Biología"), representaba a los primeros protozoarios arqueanos, pero se acepta más generalmente que es de origen mineral. Se presenta en masas semejantes al coral, de algunos decímetros de diámetro. Las vetas blancas son los depósitos calcáreos que se supone secretaban los Rizópodos, de la capa oscura, y está compuesta de materia mineral, serpentina, piroxena, loganita, etc., que después de la muerte del animal llenaba las celdillas.

A pesar de la falta de datos se admite que existieron Protozoarios antes de finalizar el período Arqueano, pero que no dejaron huellas de su existencia. Los grandes yacimientos de fosfatos de calcio parecen ser de origen orgánico, pero quizá estaba disuelto en agua del mar.

Después de los Protozoarios tal vez existieron los Rotíferos, estableciendo el paso a los Anélidos, Limuloides y Artrópodos en general.

Productos económicos principales. Oro, platino, diamantes, hierro, cobre, corindón, esmeril, grafito, materiales de construcción, especialmente granito y mármol, apatita, importante abono: feldspato, para porcelana: mica, que sirve para linternas y estufas.

Se han encontrado bloes de corindón de 400 toneladas: se usa como esmeril.

Importancia de las rocas arqueanas. Son de un espesor enorme, tal vez igual al de todas las demás rocas reunidas. El tiempo que representa este período es, por consiguiente, igual acaso al del resto de la tierra entera. Sin embargo, su historia es tan pobre como la historia primitiva de la humanidad.

Duración comparativa de las épocas geológicas. El período Arqueano tuvo una duración enorme y se estima en un 53 por 100 de la duración total de las épocas geológicas, según consta en el siguiente esquema que nos proporciona Haeckel:

Edad Arqueolítica o primordial, sin organismos ...	53,6
Edad Paleolítica o primaria	32,1
Edad Mesolítica o secundaria	11,5
Edad Cenolítica o terciaria	2,3
Edad Antropolítica o cuaternaria.....	0,5
<hr/>	
Total	100.00

Se estima la edad de la tierra en 10.000.000 a 6.000.000.000 de años, según Dana, y por medio de la tabla anterior es posible calcular la duración proporcional de cada una de las épocas geológicas. Otros autores la estiman en 6 a 30 millones de años.

Evidentemente nuestro planeta no tiene 6.000 años, como dice erróneamente la Biblia.

El Tiempo Arqueano en México

(Según Aguilera y Ordóñez)

Geológicamente considerado, México está compuesto de tres partes distintas que difieren relativamente poco en su extensión superficial.

La primera, la más antigua, que es también la menos extensa, está formada de un gran macizo gneissico y esquistoso que ocupa la mayor parte del S. del país: se extiende a lo largo de la costa del Pacífico formando una angosta faja interrumpida en algunos

tramos, y envía una que otra ramificación hacia la parte media del país y a algunos puntos cercanos a su costa oriental.

La segunda, que es la más extensa, esencialmente sedimentaria, y en la cual se han depositado los sedimentos de diversas épocas desde fines del Paleozoico hasta nuestros días, ocupa las partes septentrional, central, oriental y meridional extrema del país, teniendo algunas ramificaciones al O. y S. E.

Finalmente la tercera porción, cuya existencia es casi igual a la de la anterior, y cuya importancia como parte integrante del territorio no es sobrepujada por las otras dos, está compuesta principalmente de rocas eruptivas pertenecientes a la serie moderna, distribuidas todas a lo largo de la cadena de montañas principales del país, denominada "Sierra Madre del Pacífico", de la cual constituyen la mayor parte de su masa; se extiende hacia el E. en la región media del país y tiene también manifestaciones aisladas en la parte N., N.E. y S.E.

Éstas tres partes constitutivas de nuestro territorio, forman tres grandes divisiones sumamente características y cuya extensión geográfica está recíprocamente limitada entre ellas, salvo los pequeños grupos aislados, que, como verdaderos islotes, se encuentran enclavados respectivamente en las tres grandes divisiones.

Terreno primitivo o Arqueozoico

En el Sur del Estado de Puebla y en los Estados de Guerrero y Oaxaca, que es donde se manifiesta mejor esta formación, las rocas que la constituyen en el orden en que se verificó su depósito son las siguientes:

Gneiss porfiroide que pasa a granito. Filades gneissicas que descansan sobre la anterior. Micapizarra muy abundante. Filades muy arcillosas.

Posteriormente al depósito de las filades arcillosas y antes de terminar el Paleozoico, hicieron su erupción las rocas siguientes, por orden de antigüedad:

Granito gneissico, granito propiamente dicho, granulita, granito hornbléndico, pegmatita, Hialomita o Greisen, diorita en diques y reventazones numerosas.

La formación está sumamente plegada, formando pliegues anticlinales, sinclinales y oblicuos (del griego *anticlines*, opuesto a

inclinación: hacia abajo o sinclines: monoclines, de una inclinación sólo).

El plegamiento se debe a presiones laterales de los sedimentos post-arcáicos y pretriásicos que se verificaban en los dos mares que rodean a nuestro país.

Criaderos minerales. Fierro, oro, el primero en forma de hematita micácea compacta, arcillosa y limonita. El oro se encuentra como cuarzo aurífero. Baritina con ley de plata.

Distribución geográfica. Las rocas arcáicas constituyen un núcleo de grandes dimensiones que ocupa la parte sur de Puebla, Sierra Madre, en Chiapas y partes de Guerrero y Oaxaca, Zacatecas, etc.

Materiales de construcción. Otros productos. Granito: aún no se emplea. Grafita, caolín, arcilla plástica y refractaria, asbesto, granate de la variedad piropo, turmalina, corindón, labradorita, mica y variedades de cuarzo hialino, esmeralda en las micapizarras y filades de Tejupilco, México.

II.—TIEMPO PALEOZOICO

Divisiones:

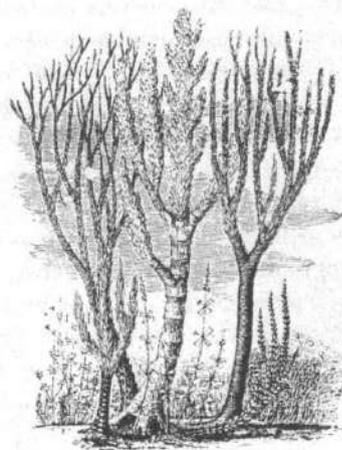
1. *Sección Eopaleozoica.*
 - I. Era Cambriana.
 - II. Era Siluriana Inferior.
2. *Sección Neopaleozoica.*
 - I. Era Siluriana Superior.
 - II. Era Devoniana.
 - III. Era Carbonífera.

Se extiende a casi todo el mundo, pero sólo está bien demostrada su existencia en Europa y Norte América. En este período la vida se desarrolla de un modo extraordinario. Las rocas sufren aún metamorfosis, menos general que en la época anterior. Fósiles de Chiapas, México.

Caracteres esenciales. (1). Los terrenos primarios están constituidos principalmente por pizarras, areniscas calizas, conglomerados

(1) Odon de Buen. "Resumen de Geología General". Madrid. 1910. p. 357.

dos y grauwackas (grauwacke, conglomerado de cantos rodados y arena firmemente unidos); se hallan distribuidos por casi todo el Globo, variando su composición según las épocas en que se depusi-



Vegetación silúrica restaurada

taron y según los lugares. Espesor: 15,000 metros. Se caracterizan por la fauna y flora muy variadas y abundantes, en los pisos superiores. Hay algunas especies paleozoicas panerónicas, es decir, de todos los tiempos, que existen aún, pero casi todas han desaparecido. Comienzan dominando las algas, luego surgen las Criptógamas vasculares, como enorme desarrollo en el tiempo y en el espacio y por último las Gimnospermas (Cicadeas y Coníferas, véase la "Botánica").

La fauna es marina en su mayor parte, pero ya existen animales de agua dulce y se inicia la vida terrestre. Abundan los Moluscos, sobre todo los Cefalópodos, pulpos, calamares, sepias, etc., y están en menor proporción los Bivalvos y los Gasterópodos. No son raros los Pólipos. Los Equinodermos tienen formas primitivas. Dominan, entre los Artrópodos, las Trilobitas; aparecen insectos de alas transparentes y alacranes o escorpiones.

Los Vertebrados más numerosos son los Peces Ganoides Heteroceros o con los segmentos de la cola de tamaño desigual, y los aco-

razados. En los pisos superiores hay ya restos de Anfibios y Reptiles.

En la Era Paleozoica dominaron los Invertebrados, que por evolución debían producir los Vertebrados.

División. Se divide esta Era en tres Sistemas: Siluriano, Devoniano y Permo-carbonífero, suprimiendo otras divisiones ya citadas para facilitar el estudio.

Acciones dinámicas. Nuestro mundo ofrecía, al comenzar esta edad y durante el período Siluriano, un aspecto curioso. En un mar que cubría casi toda la superficie emergían islotes diseminados constituidos por rocas arcaicas: sobre estos islotes vegetaban plantas inferiores, pero no se encontraba un solo animal terrestre que rompiera la monotonía de la vida vegetal. La obscuridad debía ser completa: los rayos solares no alumbraban aún los peñascos ni las aguas. La atmósfera era densa y la temperatura uniforme.

El sol de los tiempos primarios tenía la forma de huso y daba una luz bizarra. "No era ni el día ni la noche. Arriba de nuestras cabezas, en efecto, las nubes parecen alumbrarse con un fulgor lívido, que se diría era causado por una pálida luminosidad *asemejándose vagamente a la que emiten las nebulosas lejanas*. Este era, sin duda, el Sol de los tiempos primitivos. Sólo el centro brillaba con cierta intensidad.

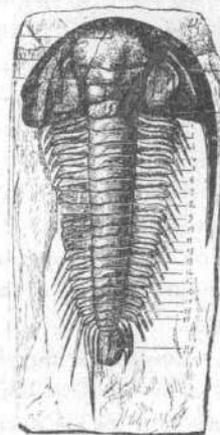
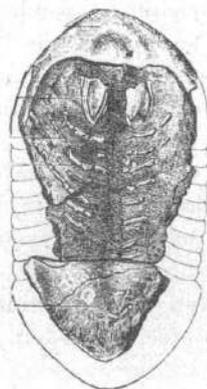
De un diámetro doble del de nuestro Sol, este núcleo luminoso se degrada en los bordes, llegando a tintes debilitados y cambiantes como los del crepúsculo. Arriba de las nubes el Sol tendría un hermoso azul eléctrico". (Moreux).

Según Odon de Buen, como ya dijimos, la obscuridad era casi completa, habiendo sólo una tenue claridad debida al Sol que nace, en tanto que al llegar a la Era Mesozoica la luz solar creciente emana de un astro que adquiere forma y que se agranda. La iluminación solar plena se alcanza hasta el período Terciario. No obstante estas graves dificultades se insiste en creer que toda vida y toda actividad sintética de los seres terrestres se deben al Sol. Es que los biólogos olvidan, en su mayoría, la generalidad de la ley de evolución: que las formas organizadas actuales no son las primitivas, más bien minerales y sencillas.

Volviendo a la historia del tiempo Paleozoico, diremos que está caracterizada, entre otras cosas, por las famosas Trilobitas, así ll-

madas por presentar tres lóbulos principales y que al principio se creyó carecían de extremidades. En los fondos de los mares vivían a poca profundidad, millares de Graptolites; Pólipos coralarios de tipo especial, constructores de arrecifes de gran extensión; Cefalópodos que habitan en alta mar.

La fauna era uniforme, representada del mismo modo en el Polo y en el Ecuador: los caracteres locales que se observan y que establecen cierta variedad son debidos a circunstancias también de localidad, que revela hoy la disposición de los materiales arcaicos, entre los que descansan a veces los horizontes del sistema silúrico.



Trilobitas. A la izquierda: *Asaphus platycephalus* (Según Gaudry)

Debieron verificarse trastornos que replegaron los estratos primariamente depositados y erupciones diabásicas, pues aparecen las diabasas intercaladas entre las capas silúricas; estas erupciones debieron ir acompañadas de cenizas, arenas y lapillis, que mezclados a los sedimentos contemporáneos, formaron tobas diabásicas y, uniéndose a conchas y restos orgánicos, brechas fosilíferas, que por un lado pueden llegar a verdaderas grauwackas y por otro a diabasas granulosas.

Las tierras, en el período Devoniano, ocupan una extensión más considerable que en el Siluriano: sus contornos eran más quebrados y por lo tanto, las formaciones litorales debieron ser muy

extensas; la atmósfera se aclaraba bastante, era húmeda, caliente y con exceso de ácido carbónico. Debería existir entonces un continente polar, pues el sistema Devoniano del norte de Europa y América del Norte consta, con uniformidad, de areniscas rojas y conglomerados, que representan una formación litoral, indicando los límites del mar por aquella parte.

La fauna marina ha variado bastante; pero donde se encuentran mayores variaciones es en la superficie de las tierras, que en muchos puntos aparecen cubiertas de frondosa vegetación criptogámica, indicando el comienzo de una era terrestre de la flora y de un régimen lacustre y fluvial, que multiplica las condiciones de vida de las especies orgánicas, contribuyendo a la variedad de sus formas.

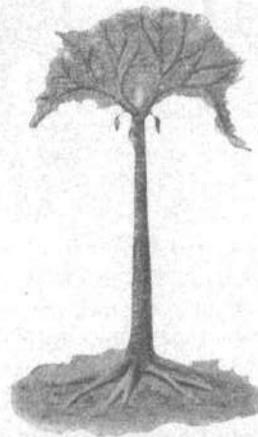
Los fenómenos eruptivos submarinos cubrieron el fondo del mar, donde se depositaban los sedimentos Devonianos, de tobas diabásicas y aún de mantos de diabasa intercalados. Se conocen también depósitos de diorita y gabbro. En conexión con las diabasas aparecen oligistos en algunos puntos.

Posteriormente al Período Devoniano, los estratos han sufrido la acción de rocas eruptivas y están atravesados por granito, pórfidos feldespáticos, diabasa cuarcífera y aun basaltos y traquitas recientes.

Al depositarse aquellos sedimentos sufrieron acciones dinámicas diversas que es difícil definir, porque sus efectos pueden confundirse con los de acciones posteriores.

Los continentes habían adquirido mucha mayor extensión en el período Permo-carbonífero, y en vez de mostrar su monótona superficie rocallosa, aparecían con sus bajas cuencas inundadas, formando lagos de agua dulce. Los depósitos marinos se precipitan con facies y composición diversa en los fondos de alta mar, en las costas quebradas y en las bahías más o menos profundas que originaban los accidentes litorales. A veces en un mismo lugar se sucedían depósitos lacustres y marinos por sucesivo dominio de las aguas dulces o de las aguas de mar, que por un accidente cualquiera invadían el territorio. La temperatura era aún uniforme en todo el Globo: se encuentran depósitos hulleros desde Spitzberg hasta las tierras antárticas. La atmósfera, todavía muy densa, no permitía que el sol penetrase en los bosques y seguramente la función clorofiliana se hacía mediante artificios de gran delicadeza y

sensibilidad. La temperatura debió ser semejante a la que reina actualmente en las regiones tropicales, la humedad grande y la proporción de ácido carbónico atmosférico mayor que en la actualidad. Estas condiciones, dice Odon de Buen, cubiertas las llanuras bajas de pantanos, el suelo con abundante siliza, tan necesaria para

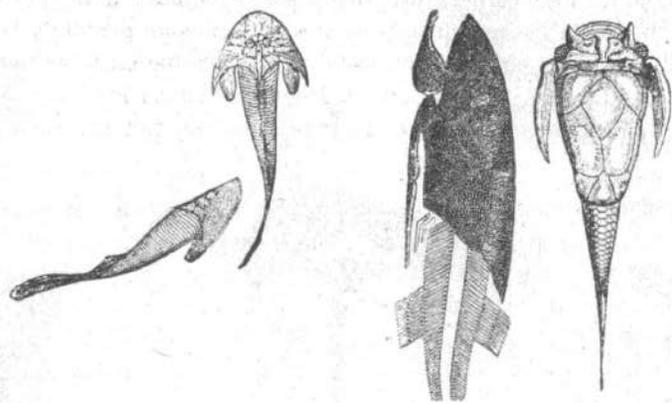


Sigillaria de treinta metros de altura

la vida (Herrera), son las más propias para el desarrollo de aquella vegetación criptogámica, de gigantescos *Lepidodendrons* con sus tallos dicótomos, colosales Calamites y esbeltos helechos, con frondas de contornos delicados, semejantes a los que hoy se ven en el Monte Pacho, cerca de Jalapa y en otras partes calientes de México y que recuerdan al viajero naturalista los extraños paisajes de las remotísimas épocas Paleozoicas. Había también innumerables plantas herbáceas o flotantes. La sigillaria medía 30 metros de altura.

En aquellos pantanos protegidos por espesa vegetación y al borde del mar, se depositaron los restos vegetales en cantidades inmensas, dando origen a la formación de turberas activísimas, donde se precipitaba la turba en lechos de gran espesor, alternando con capas de arcilla o de arenas si una inundación o un accidente cualquiera llenaba de sedimentos arcillosos o arenosos las aguas tranquilas de los pantanos.

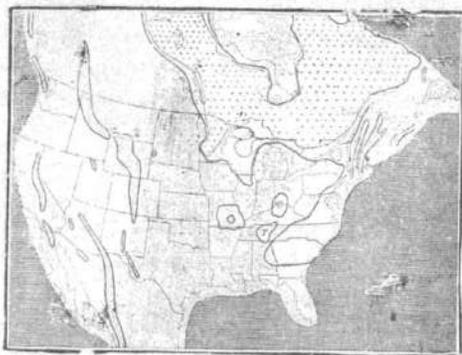
En su mayor parte el carbón de piedra parece haberse formado



Peces devonianos

en el mar, adonde llevaban enorme cantidad de restos vegetales las inundaciones sucesivas, aunque hay varias teorías acerca de ello.

Además de estas acciones lentas, en la época Carbonífera tuvieron lugar otras que abollaron los estratos, abrieron fallas, dislocaron y levantaron por un lado, hundiendo el terreno en otros. Estas causas son las más importantes, según Lyell, para explicar la evolución de la costra terrestre, en vez de los increíbles cataclismos del fanático Cuvier, el cual trataba de armonizar la Biblia con la Geología, tarea imposible.



Norte América al comenzar el Siluriano Superior.

Hubo erupciones, principalmente de diabasas y pórfidos feldespáticos, formando tobas, como en los tiempos Devonianos.

Flora Paleozoica. En los mares sólo podían vivir las algas, y en efecto, estos vegetales dominaron por completo en el océano primitivo.

Debió adaptarse la vida vegetal rápidamente a las condiciones que ofrecían las tierras con tanta humedad y calor en el ambiente, con tanta obscuridad primero, con luz tenue después y, por último, completa iluminación.

Dominaron las algas todo el tiempo Silúrico; al final de éste aparecen las Criptógamas vasculares, que dominan en el Devoniano y llegan al período álgido en el Carbonífero. Sin embargo, las algas continuaron reinando en las aguas y en los mares modernos todavía predominan, siendo diferentes de las especies primarias.

La flora marina primitiva comprende dos grupos distintos: uno que pertenece exclusivamente a los tiempos Silurianos; el otro lo forman las Algas que han prolongado su existencia hasta períodos muy lejanos.

En el primero están los géneros *Bilobites*, *Fraena*, etc. En el segundo se incluyen las Paleofíceas, hasta el período Terciario o Mesozoico.

A partir del Siluriano, brotó una vegetación tupidísima de Criptógamas vasculares, las primeras plantas que formaron bosques



Vegetación del período hollero



Canal subterráneo para el transporte de carbón

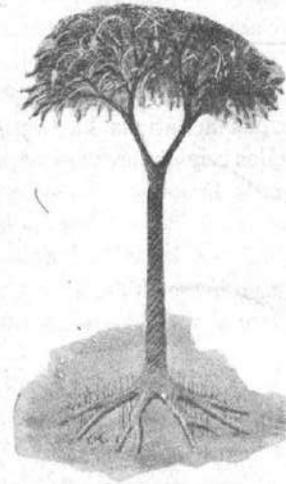
elevando al aire sus tallos, en busca de luz y aire y extendiendo sus hojas, algunas de gran superficie. Las formas principales eran las Colas de Caballo, gigantescas, o Equisetáceas, que todavía hoy



Bosque tropical semejante a los del período hullero. Epoca moderna

se ven, pequeñas, en nuestras acequias (*Calamites*), los Helechos, las Lycopodiáceas (*Lepidodendron*), las Rizocarpeas (*Sphaenophyllum*) y las *Sigillaria*.

Los Calamites llegaban a 15 metros de alto y uno de espesor. Se caracterizan por ser huecos, nudosos, acanalados longitudinalmente y ramificados.



Buthotrephis gracilis. *B. succulens.*
Algas silurianas.



Lepidodendron, 30 metros de altura
Lepidodendron

Los *Lepidodendros* forman un grupo maravilloso que no pasó de los tiempos Paleozoicos. Eran de talla colosal y de hermoso aspecto; algunos se elevaban a más de 33 metros de altura. El tallo



Helecho de la hulla



Hoja de un Calamites.

*Salvinia natans*

era recto y estaba ramificado dicotómicamente, cubierto al exterior por cicatrices que correspondían a las bases de las hojas caídas. Estas eran lineares y largas: los frutos se hallaban dispuestos de dos en dos en el extremo de ciertas ramas. Ofrecen estos vegetales el prototipo de la simetría y en su estructura microscópica se observan una delicadeza y finura extremadas.

Los *Sphaenophyllum* eran también plantas corpulentas, simétricas, de tallo recto y grueso, profusión de ramas y éstas cubiertas por verticilos de hojas en forma de cuña, profundamente estriadas.

Se cree que las Salvinias actuales, hierbas acuáticas bastante frecuentes, son los representantes de aquellos vigorosos vegetales carboníferos, que muestran el tipo superior de la misma forma.

Las Sigillarias, árboles corpulentos, hasta de 30 metros, son Criptógamas con muchos puntos de contacto con las Gimnospermas (*Cicadeas*, *Pinos*). Algunos naturalistas las clasifican como Progimnospermas, paso entre las Criptógamas Vasculares y las Gimnospermas.

El grupo de los Helechos desplegó asombrosa variedad de formas. Los había arborescentes, de aspecto idéntico a los actuales u *Ocoteates* (*Cyathea mexicana?*), que se elevaban hasta 20 metros, con hojas de 3 metros. Hay algunos centenares de especies. A mediados de la Era Paleozoica aparecieron las primeras Gimnospermas. En el grupo Carbonífero están representadas las Cicadeas por los géneros *Naeggerathia* y *Pterophyllum*, y las Coníferas por las preciosas *Auracarites*, *Wallichia*, *Gingkophyllum*, etc.

Los Cordaites, árboles de 25 a 30 metros de altura, con hojas terminales de más de un metro, son Progimnospermas, como las



Cordaites



Un pedazo de carbón: a, cara o lado liso mostrando las láminas o textura pizarreña o fragmentosa

Sigillarias. La extensión y situación de las tierras emergidas en Norte América al empezar el Siluriano, puede verse en la figura.

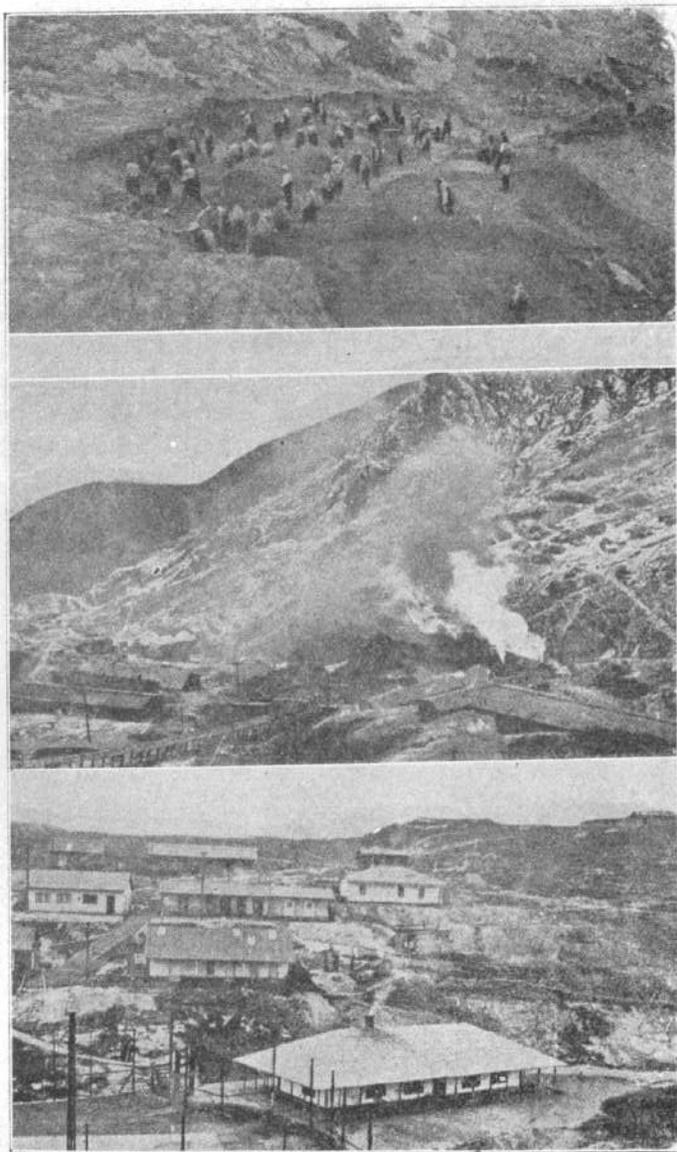
Flora Carbonífera. Lo que imprime al terreno carbonífero su carácter propio es la presencia del combustible mineral llamado hulla o carbón de tierra o piedra, materia negra, compacta, cuyo corte presenta un reflejo más o menos metálico. Encierra una gran dosis de carbonato y combinaciones de carbono e hidrógeno. Cuando es rica en carburos volátiles arde con mucha llama y humo y conviene sobre todo para la fabricación de gas de alumbrado: cuando es pobre en carburos, arde con poca llama y humo, pero desprende más calor. Contiene sílica y otras materias y numerosos microbios, algunos parecidos o iguales a los modernos y que representan las especies panerónicas o de todos los tiempos, que han perdurado después de millones de años. Esto no debilita los argumentos en favor de la teoría de la evolución, pues los cambios no siempre son rápidos, algunas veces de una lentitud extraordinaria, y quedan siempre las formas originarias, fósiles o supervivientes.



Calamita, especie de cola de caballo o asperilla

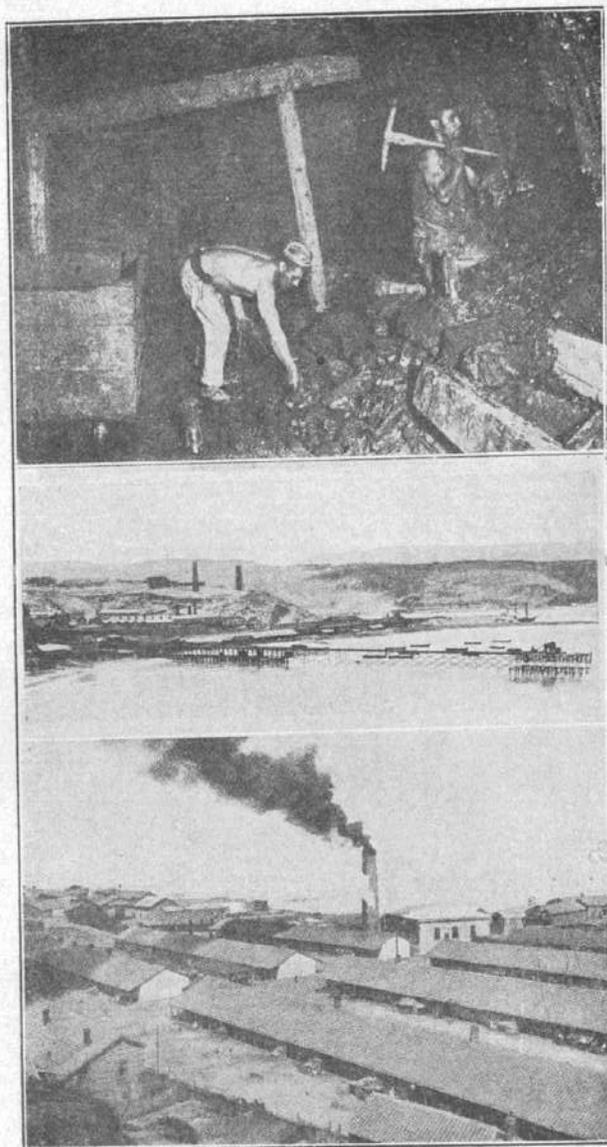
Se llama antracita una variedad de hulla muy seca, que se enciende con dificultad, arde sin llama ni humo y desprende mucho calor.

La hulla propiamente dicha, forma gran número de variedad



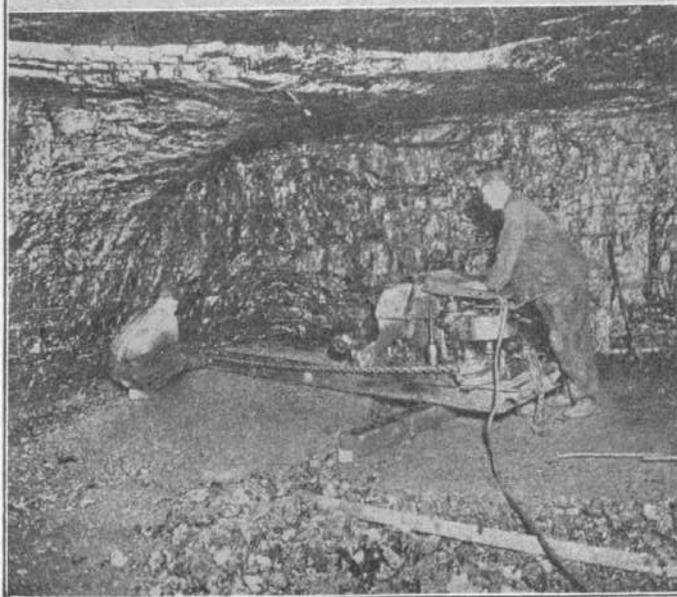
LAS MINAS DE CARBÓN DE GOYLLARISQUISGA, PERÚ.

En el Perú se encuentran muchas minas de carbón, que están diseminadas por todo el país. Fuera de la que se lleva a cabo en las minas de Goyllarisquisca y de Quishuarcancha, la explotación del carbón es de escasa importancia.



MINAS DE CARBÓN DE CHILE

En la región andina y en la sección costanera comprendidas entre el Ecuador y Bolivia y Chile se encuentran zonas carboníferas de diversa extensión. Uno de los caracteres peculiares de las minas de Chile consiste en que gran parte de sus filones se encuentran debajo del Océano Pacífico. Grabado superior: Explotación de las minas de carbón de Lota. Grabado del centro: Establecimiento de una empresa carbonífera, situada a orillas del mar. Grabado inferior: Vista general de las minas de carbón de Lota.



OPERACIONES MINERAS

Grabado superior: Mineros haciendo perforaciones con un taladro de aire comprimido. Grabado inferior: Máquina minera trabajando en una mina de la Wilmington & Franklin Coal Co. de Chicago.
Tres láminas copiadas del "Boletín de las Repúblicas Americanas"

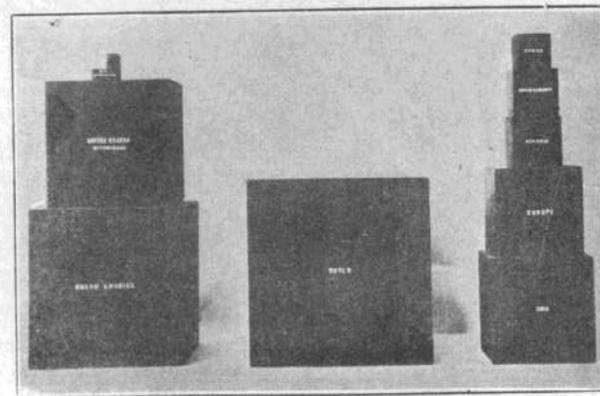


CUADRILLA DE SALVAMENTO.

En las minas de carbón hay frecuentes accidentes, organizanse cuadrillas de salvamento para hacerlas frente a aquéllos. En el grabado se ve una cuadrilla dirigiéndose a la boca de una mina después de una explosión.

des que se pueden repartir en tres categorías según la proporción de materias volátiles que suministran al destilarlas:

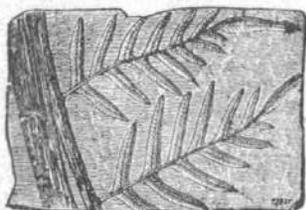
1° Las hullas magras, que se acercan a la antracita, arden con llama corta, sin hincharse y sólo producen, a lo más, 18 por 100 de materias volátiles.



DISTRIBUCION DEL CARBON EN LOS CONTINENTES

El grabado señala gráficamente la distribución del carbón en los distintos continentes y la parte que le corresponde a los Estados Unidos. Lo que le falta al cubo que representa el carbón antracita constituye lo que se ha consumido hasta el presente.

2: Las hullas grasas, contienen de 20 a 35 por 100 de materias volátiles y arden con una llama bastante larga, aglutinándose más o menos: son las más empleadas en la industria.

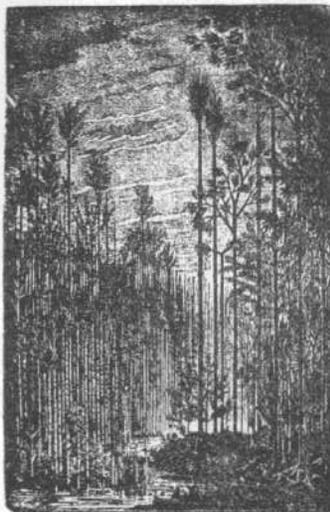


Huella de helecho en un pedazo de carbón

3: Las hullas secas, de larga llama, que arden como la hulla magra, sin deformarse ni pegarse, pero con una llama larga y humosa y que producen de 40 a 50 por 100 de materias volátiles.

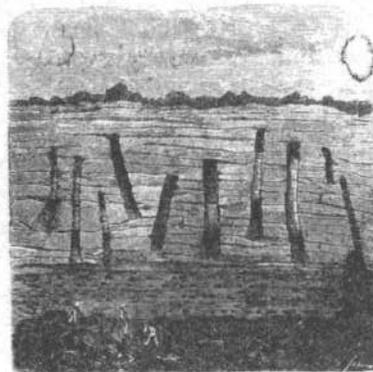
Los yacimientos carboníferos están distribuidos en los continentes en la forma que indica el grabado.

Flora de la hulla. Se observan frecuentemente, ya sea en la masa de la hulla ya sea en la superficie de separación de la hulla y del esquisto, de la greda que la aprisiona, es decir, contra la pared o el



Un bosque primitivo

techo, numerosas huellas vegetales. Las plantas que han dejado estas huellas pertenecen sobre todo a las Criptógamas vasculares, por ejemplo: Helechos herbáceos (*Pecopteris*, *Hymenophyllites*, *Odonopteris*, etc.); arborescentes (*Pecopteris*, *Psaronius*, etc.), cuyas hojas muy recortadas tenían las formas más diversas. También dejaron huellas las Cicadeas y las Coníferas. No había ninguna Angiosperma ni Muscínea. Las algas eran Diatomeas y había numerosísimas bacterias (*Amylobacter*). La flora de la hulla es más notable por su profusión que por su variedad. Las Licopodiáceas dominan en la base de los depósitos hulleros, lo que no debe sorprendernos puesto que dichas plantas formaban esencialmente la flora terrestre del terreno Devoniano. Más tarde las Sigillarias y en seguida los Helechos se mezclaban en gran número a las Licopodiáceas y preponderaban. A fines del Carbonífero las Coníferas se presentaban con frecuencia.



Corte de una mina de carbón de piedra

Formación de la hulla. La abundancia de las huellas vegetales en la hulla, asociada a las observaciones que se pueden hacer actualmente sobre la formación de la turba, ha conducido a suponer que la hulla debe ser el producto de la descomposición parcial, en el seno del agua o bajo tierra, de detritus vegetales arrancados a los bosques que cubrían los continentes antiguos. ¿Esta transformación de los vegetales en una materia combustible se ha producido en el lugar en que vegetaban, como en el caso de la turba y las Esfagneas que la suministran? O bien estos detritus han sido lle-

vados por lluvias torrenciales a una gran distancia del lugar de origen, hasta el fondo de depresiones del suelo, donde se han acumulado para carbonizarse? Se han sostenido las dos opiniones. Hay, por ejemplo, lechos de hulla en los cuales se encuentran tallos enteros erguidos verticalmente y fijados por sus raíces a las rocas. Pero estos hechos son excepcionales.

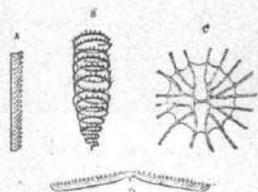
La mayoría de los geólogos admite que los detritus vegetales arrancados a los bosques de la época hullera han sido arrastrados, pero a poca distancia, hasta las aguas tranquilas de las lagunas y lagos en los cuales sufrieron una primera fermentación; después, la acción de la presión y el calor, posterior a su acarreo, terminaron la carbonización. Es evidente que las bacterias han influido poderosamente en la producción de la hulla.

Fauna Paleozoica

Protozoarios. Están representados por carapachos de Foraminíferos de gran tamaño, algunos, que abundan en las capas calizas carboníferas de Rusia: se llaman *Fusulinas*, por su forma de huso.

Esponjas. Se encuentran ya libres en el Siluriano. Por ejemplo, la *Antilospongia*, casi esférica.

Pólipos. Característicos del Sistema Siluriano son unos peque-

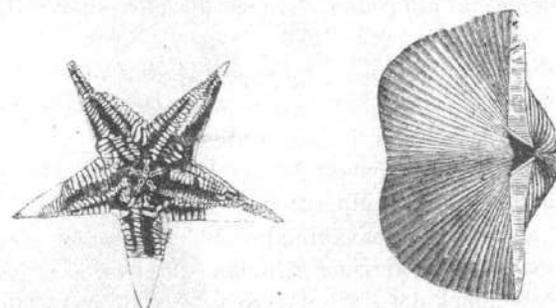


Graptolites: *Monograpsus*. A-M. priodon. B-M. turriculatus. C-M. logani. D-M. geminus.

ños Hidrarios, los Graptolites. Es también muy notable un Pólipo aislado, provisto de opérculo, propio del Terreno Devoniano, que se llama *Calceola sandalina*, por su forma de sandalia. Hay, además, verdaderos Coralarios.

Equinodermos. Estrellas de mar (*Palæaster*). (1). Hay Cri-noides de brazos cortos y de brazos largos.

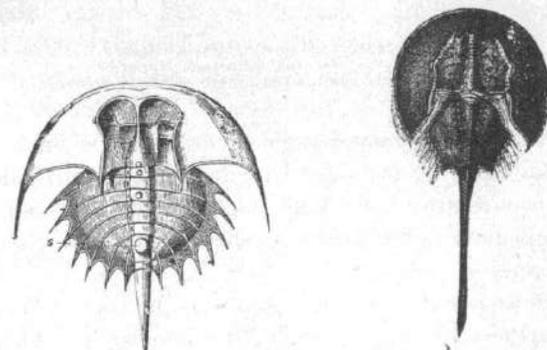
(1) Lo niega erróneamente Odon de Buen.



Palauster Tamesi. Siluriano Superior
Spirifer striatus

Braquiópodos. Muy comunes, como el *Spirifer* del Devoniano. Terebrátulas, que tanto abundan en los terrenos recientes.

Artrópodos. Enorme desarrollo adquieren las Trilobitas, semejantes a los Crustáceos actuales llamados Piojos de Mar o Cacerolas y que existen en los mares de México. Estos y las arañas pasan, en su desarrollo embrionario, por la fase de Trilobita, comprobando así la ley biogenética fundamental. Comienzan las Trilobitas en el Cambriano y terminan en el Carbonífero. Se cuentan



Prestwichia Danae.—Carbonífero y *Limulus* moderno

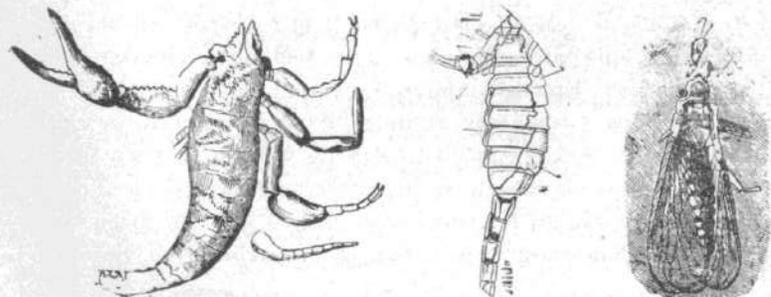
centenares de especies. Se enrollaban como los Armadillos (Mamíferos), y las cochinitas de la humedad (*Porcellio* y *Armadillo*) o los Cien pies (*Julus*), para defenderse de los Moluscos Cefalópodos, que aparecieron en esa época. Con la desaparición de las Tri-

lobitas coincide la aparición de sus directos descendientes, los *Limulus*.

Con razón se han llamado Gigantostráceos a otros Merostomas, medio Alacranes y medio Crustáceos, del Devoniano, pues algunos llegaban a dos metros de longitud.

Al fin de esta edad aparece la primera Gamba (*Gamponyx*), de la elevada Tribu de los Macruros.

El más antiguo de los animales de respiración aérea es un alacrán o escorpión del terreno Siluriano (*Paleofono*). En los bosques de Criptógamas del Carbonífero ya vivían Arácnidos, Miriápodos e Insectos. Algunos de estos eran gigantescos, midiendo, con las alas extendidas, hasta 75 centímetros de longitud.

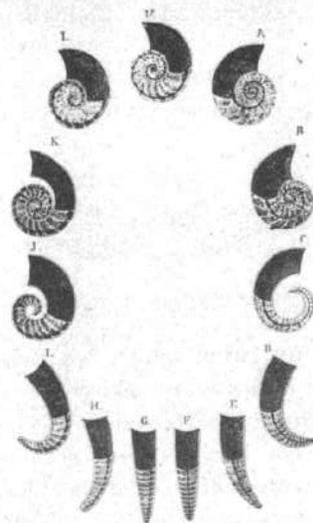


Cyclophthalmus senior. Carbonífero.
Proscorpius Osborni. Siluriano Superior
Insecto del Carbonífero. Neuróptero. *Miamia Bronsoni*

Moluscos. Por su abundancia en el Siluriano, al lado de las Trilobitas hay que colocar a los Cefalópodos del grupo de los Nautilidos. Se conocen cerca de 1,800 especies fósiles de aquel tiempo y hoy han quedado reducidas a una sola, el *Nautilus*, que ya existía en el Siluriano.

Las formas primitivas son rectas, con la concha no enrollada, como los Ortoceras; comienzan a enrollarse en los *Lituites* y están enrolladas completamente en los *Nautilus*. Caracterizan el Siluriano. Pertenecen al grupo de los Cefalópodos Tetrabranquiales. Comprueban notablemente la teoría de la evolución de Darwin y Lamarek. En el Devoniano abundan ya los Dibranquiales, siendo importantes los *Goniatites*.

En éstos se ven las líneas exteriores de sutura de las diversas



A. Clymenia; B. Nautilus; C. Nautiloceras; D. E. Aploceras; F. Orthoceras; G. Melia; H. I. Cyrtoceras; J. Gyroceras; K. Ophidioceras; L. Cryptoceras; M. Goniatites. Variaciones del enrollamiento y la evolución de los Cefalópodos primarios (Según Gaudry).

cavidades, que son sinuosas y curvas, aumentando en complicación a medida que los géneros son más recientes: al final del Carbonífero tienen tabiques sumamente complicados: se consideran como precursores de las Amonitas que caracterizan la Edad Secundaria o Mesozoica.

En el período Carbonífero disminuyen mucho los Cefalópodos, pero en cambio aumentan mucho los Moluscos Bivalvos (*Pecten* y *Avicula*, que viven hoy). Entre ellos mencionaremos la *Posidonomya Becheri*. Véanse las mutaciones continuas o de Waagen en las



Pupa vetusta. Terreno hullero

Amonitas y Goniatites primarias. "Biología y Plasmogenia", p. 479.

* Los Gasterópodos de respiración aérea, como los caracoles de los jardines, tenían por representante al género *Pupa*, que vive aún.



Palaeoniscus Freieslebeni. Carbonífero

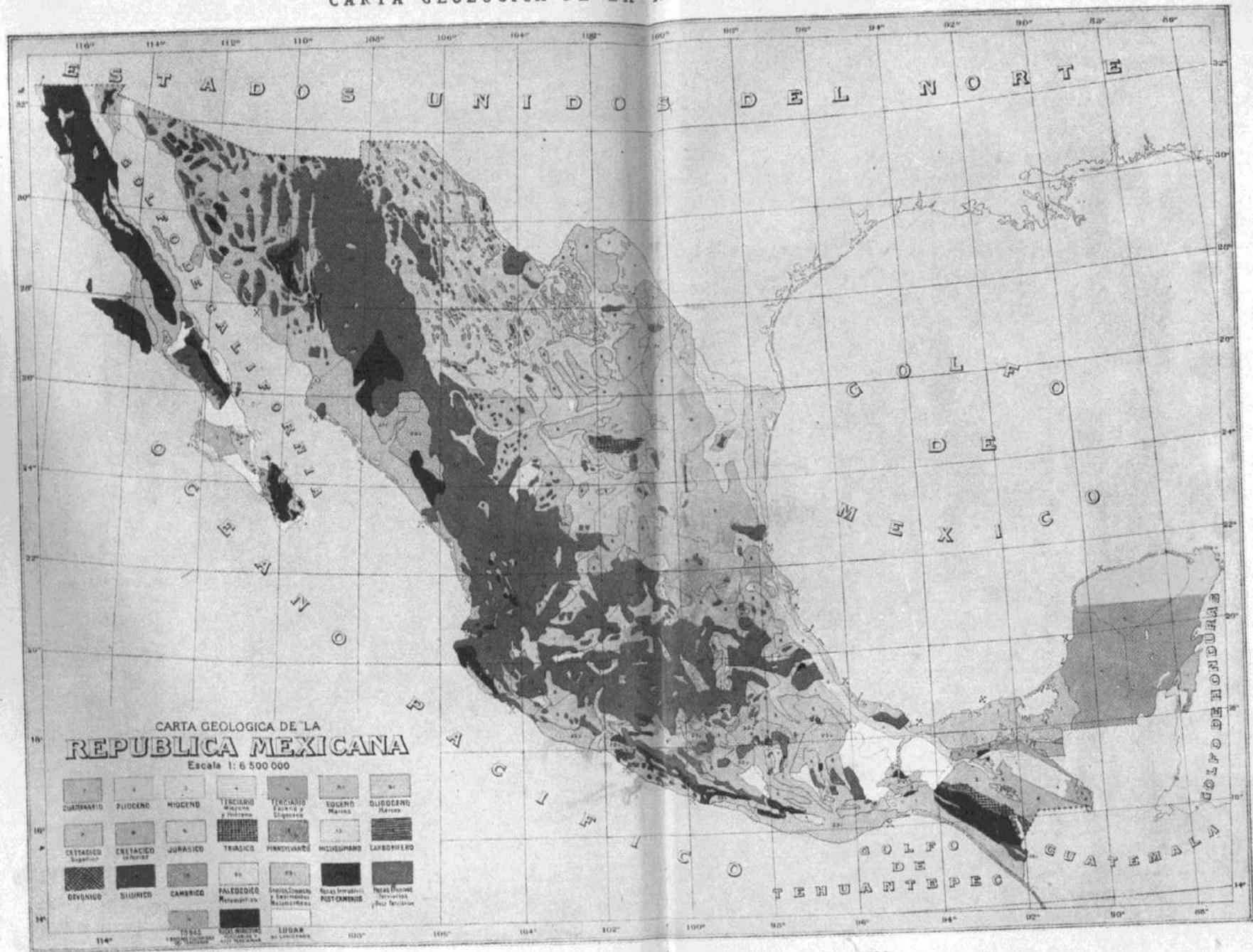
Peces. Formas muy raras tenían los primeros Vertebrados, los Peces que vivieron en los mares. Aparecen en los tiempos Silurianos y son abundantes en el Devoniano y el Permocarbonífero.

Son heterocercos como los Tiburones actuales, es decir, que los segmentos de la nadadora caudal eran de distinto tamaño. En su mayor parte fueron cartilagosos. Los había cubiertos de placas óseas y aún de corazas formadas por placas.



Reconstrucción de un gigantesco pez, *Arthrodira*, del Devoniano medio. (Según Osborn).

CARTA GEOLOGICA DE LA REPUBLICA MEXICANA



Anfibios y Reptiles. En el Carbonífero se han encontrado los primeros vestigios: algunos de ellos tienen caracteres muy semejantes a los Peces Ganoides, otros parecen Salamandras, como el Prototriton.

Una serie de formas relacionan estos anfibios con los Reptiles que tienen ya en el carbonífero un representante, el Arqueosaurio, especie de gran lagarto con algunos caracteres aún de Anfibio, y otros muchos géneros y especies (*Anemodontos* y *Teromoros*), con largas defensas en las mandíbulas. (*Dicynodon*).

La Epoca Paleozoica en México. Los terrenos que forman este grupo apenas están representados en nuestro país y sólo hay fósiles característicos del Carbonífero.

Sistema Siluriano. No se conocen datos seguros para afirmar su existencia en México.

Sistema Devoniano. Parece que existen fósiles de este Sistema, *Goniatites*, pero son dudosos.

Sistema Carbonífero. Se encuentra en los límites con Guatemala, debajo del Cretáceo. Fósil característico: *Productus semireticulatus*.



Productus aculeatus y P. semireticulatus

Naturaleza de las rocas. Calizas y dolomias que descansan en estratificación concordante sobre los estratos de Santa Rosa, compuestos de pudingas, areniscas y pizarras de color rojo. Acerca de las demás que se han dado como Paleozoicas hay mucha duda y faltan fósiles que las caractericen. Según Aguilera y Ordóñez se han considerado indebidamente como Carboníferos muchos terrenos terciarios.

En la última Carta del Instituto Geológico, que copiamos en esta obra, se encontrarán los datos necesarios sobre nuestros horizontes geológicos.

Carácter paleontológico. Muy pocos fósiles hay del Carbonífero de Chiapas: *Fusulina*, *Fenestella*, *Productus* y *Pleurotomaria*.

III.—TIEMPO MESOZOICO

Caracteres generales y divisiones. (1). El grupo Secundario o Mesozoico comprende las formaciones secundarias que se han depositado desde la purificación definitiva de la atmósfera terrestre hasta el despertar de la actividad interna, que disminuye durante la Era Primaria, en su parte final, y parece estar adormecida durante toda la Secundaria, en cuyo principio solamente hubo algunas erupciones análogas a las Permianas. Durante esta era de calma, en que las hendeduras de la corteza se han tapizado de materias minerales diversas, los Vertebrados de la Clase de los Reptiles han reinado en la superficie del globo. Apenas si se encuentran los vestigios de algunos Mamíferos inferiores, precursores de la Edad siguiente, y las Aves, que han aparecido hacia el fin de esta división de los tiempos geológicos, con caracteres mixtos, que les acercaban mucho a los Reptiles, comprobando por su parte la gran ley de la descendencia.

La vegetación terrestre ha perdido el vigor extraordinario que tenía en la época hullera, y el predominio pertenece, no a las especies de las tierras bajas y húmedas, sino a las Cicadeas y a las Coníferas.

Más tarde aparecen los primeros representantes de las Monocotiledóneas y las Dicotiledóneas Angiospermas, destinadas a prevalecer en la Era Terciaria, a favor de las nuevas condiciones físicas que van a crear, por una parte, el relieve más acentuado del terreno, y por otra parte, la distribución más y más desigual del calor y de la luz.

Entre tanto, la flora-secundaria ofrece, lo mismo que la fauna, un carácter mixto, que ha valido a la era correspondiente el epíteto de *mesofítica*.

En los mares en que el desarrollo de las formaciones calcáreas y la escasez relativa de los conglomerados atestiguan la tranquilidad del régimen oceánico, se ve predominar los Moluscos y sobre todo los Cefalópodos de la Familia de los Amonitidos, que son numerosos desde el principio de la era nueva, cuyas fases caracte-

(1). Lapparent, Abrégé de Géologie, p. 200.

rizan tanto mejor cuanto que no deben sobrevivir a ella. En fin, la Clase de los Peces se enriquece con un nuevo tipo, el de los Teleosteanos o Peces huesosos.

El grupo secundario se ha dividido en cinco sistemas que estudiaremos brevemente.

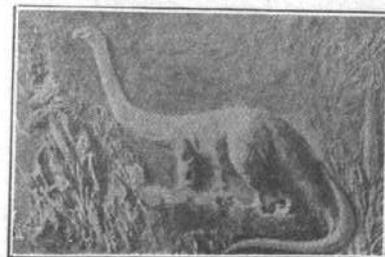
El primero es el *Sistema Triásico*, tan íntimamente ligado al Permiano que algunos geólogos no los han separado, llamándoles grupo *Peciliano*.

Arriba se encuentra la *Serie Jurásica*, que comprende el Sistema *Liásico* y el *Oolítico*. En fin, termina esta era con la *Serie Cretácea*, en la cual conviene distinguir un *Sistema Cretáceo inferior* o *Infracretáceo* y un *Sistema Cretáceo Superior*.

Período Triásico

Se han secado los mares interiores europeos septentrionales, pero hay un mar interior en la cuenca del Mediterráneo. Las invasiones marinas son reglamentarias en la región oriental. En Norte América y otras partes predominan las lagunas interiores y lagos salados, donde habitan Reptiles Labirintodontes, como el *Chirotherium* y los famosos Reptiles Bípedos gigantescos o Dinosaurianos que dejan huellas semejantes a las de una ave. El *Diplodocus* era un saurio de 26 metros de largo, y el *Triceratops* medía 12 metros.

En los mares había Cefalópodos de la gran familia de las Amonitas, *Ceratites*, *Trachyceras*. Acéfalos, Equinodermos y tipos anti-



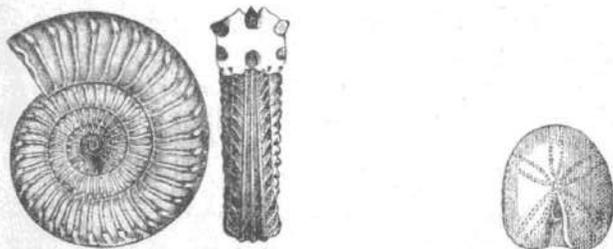
Huellas de *Chirotherium*
Diplodocus, Saurio de 26 metros de largo, pesaba más de 20,000 kilos



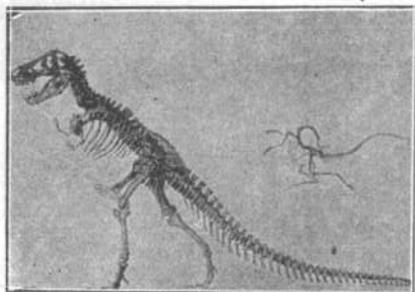
Triceratops, Saurio de 12 metros de largo
Amphilestes Broderipi (x 2);
Phascolotherium Bucklandi (x 2). Pictet

guos que establecen la transición con formas paleozoicas. No hay Sigilarias, abundan las Equisetáceas, las Coníferas, Cicadeas y Helechos Arborecentes.

Período Liásico. Vuelve el mar a las regiones secas. Los depósitos liásicos comienzan por gredas o granos rodados y gruesos de cuarzo, envolviendo restos de Vertebrados y dientes de Pescados. Es un osario de seres marinos y terrestres. Aparecen los primeros Mamíferos, pequeños Marsupiales. Comienzan los insectos terrestres asociados a conchas marinas. Grandes Reptiles nadadores, Ie-



Ammonites (Ariclites) Bucklandi
Echinobrissus clunicularis



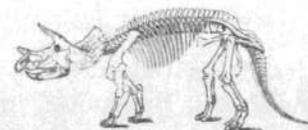
Tyrannosaurus, Dinosaurio gigantesco del Mesozoico
Struthiomimus, Dinosaurio avestruz, según Osborn



Huellas de las pisadas de un Dinosaurio en la arenisca roja del valle de Connecticut.

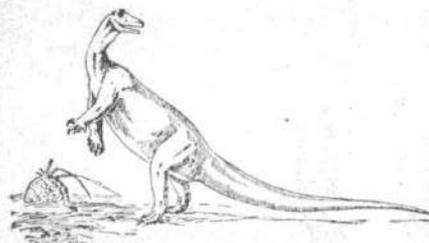


Hesperornis regalis. (x 1/0)

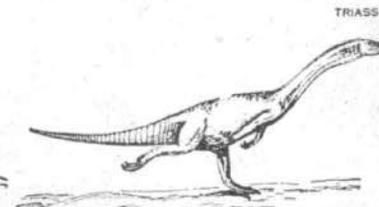


Dinosaurio. *Triceratops prorsus*

Del Cretáceo de los Estados Unidos

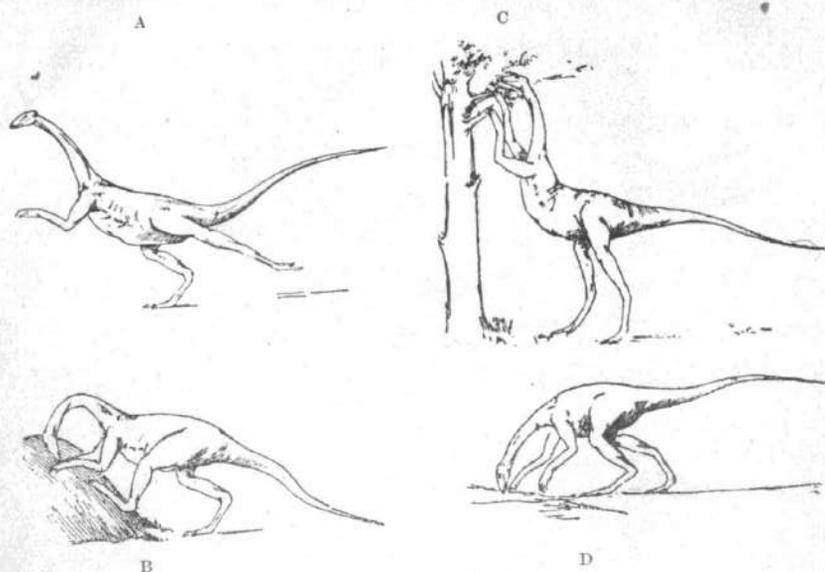


PLATEOSAURUS



ICHISAURUS

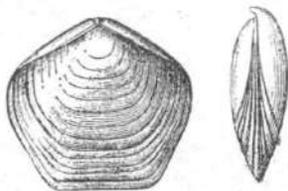
TRIASSIC



Reconstrucción del Dinosaurio "Avestruz"
A, caminando; B, comiendo hormigas; C, comiendo retoños; D, comiendo camarones y otros pequeños crustáceos.
(Según Osborn)

tiosaurios, Peces Ganoides con nadadera caudal simétrica. Amonitas numerosas, Belemnitas, Cefalópodos representados por huesecillos o rostros (picos), Ostras, Grifeas, Plicátulas, Spiriferina, Terebrátulas, Crinoides. Aparecen los primeros Monocotiledones, abundan las Cicadeas. No hay zonas climatológicas bien definidas.

Período Oolítico. Los depósitos se formaron en condiciones especiales de tranquilidad. Domina la facies oolítica, indicio de formaciones coralígenas. Poderosas capas calcáreas formadas por organismos. Se inicia una época continental, fin del Jurásico. La presencia de arrecifes coralígenos hasta el grado 55 de latitud y la vegetación sub-tropical en el paralelo 71, indican hasta qué punto

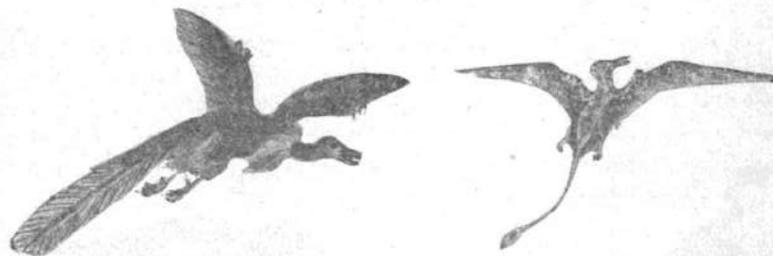


Terebratula (Waldheimia) numismalis

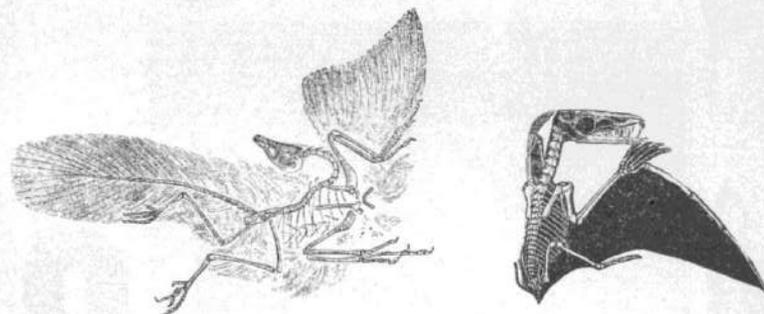
eran poco sensibles las diferencias en la distribución geográfica del calor y de la luz que recibía la tierra.

Pequeños Mamíferos, Roedores análogos a las Ratas Canguros (actualmente hay una cerca de Tlálpam, el *Dipodomys Phillipsi*).

Existía una ave muy semejante a los Reptiles, el Arqueopteryx, análoga a las lagartijas voladoras o pterodáctilos. Saurios, Dinosaurios bípedos, Crocodilos y las primeras tortugas. Conchas y Gasterópodos. (*Nerimca*).

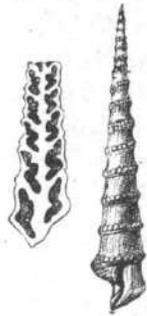
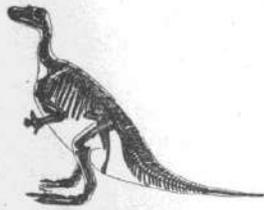


Archaeopteryx restaurado
Rhamphorhynchus phyllurus



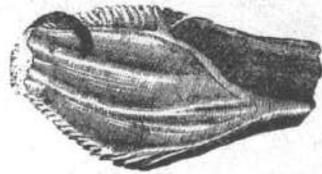
Archaeopteryx macroura restaurado
Pterodactylus crassirostris

Toman incremento los Erizos, Políperos y Esponjarios. La flora corresponde al apogeo de las Cicadeas (*Zamites*), los Cipreses y Sequoias gigantes. En su conjunto es pobre y poco favorable para la existencia de los herbívoros.

*Nerinea tuberculosa*

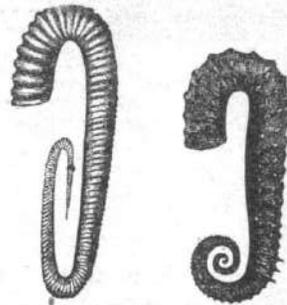
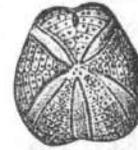
Iguanodonte restaurado

Diente de Iguanodonte de dientes plegados. T. Mantelli

*Ancyloceras (Crioceras) Matheroni.*

Belemnitella quadrata

Belemnites

*Hamites attenuatus.**Toxaster complanatus (Spatangus retusus).*

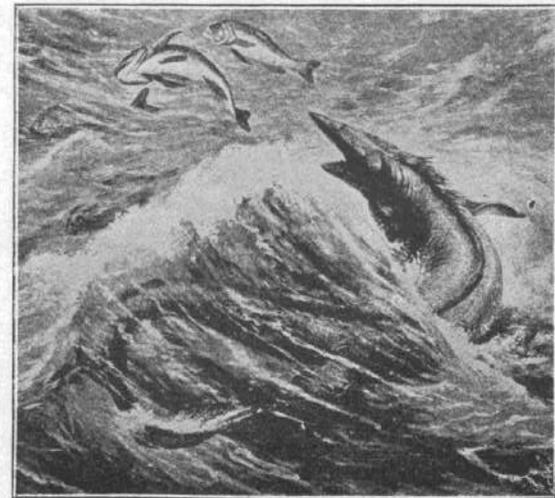
Período Infracretáceo. Toda la Europa septentrional ha emergido.

El mar baña solamente el sureste de España y otras regiones. Es el Mediterráneo actual, muy aumentado al norte.

Reinan los Dinosaurios, el Iguanodonte de dientes plegados.

El mar y las tierras sufren grandes vicisitudes en tanto que los Cefalópodos siguen siendo característicos. El rostro de las Belemnitas tiende a aplastarse y al lado de las verdaderas Amonitas aparecen los Cefalópodos desenrollados (*Ancyloceras* o *Crioceras*, *Turrilites*).

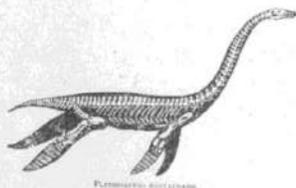
Erizos espatangoides. La flora es aún Jurásica, y dominan las Cicadeas, se asocian los tipos tropicales y las Coníferas. Aparecen los Alamos.



El Tylosaurus: un gigantesco mosasaurio cretácico cazando al gigantesco pez *Portheus*. (Reconstrucción). Según Osborn



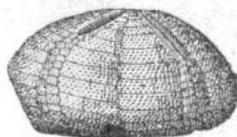
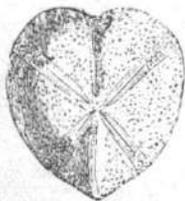
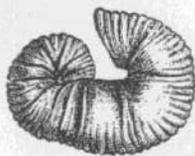
Turrillites catenatus



Plesiosaurus



Ichthyosaurus

PLESIOSAURIO RESTAURADO
ICTIOSAURIO RESTAURADOBaculites anceps
Scaphites aequalis
Micraster coranguinum
Micraster cortestudinarium

Período Cretáceo. La invasión marina alcanza su apogeo y se eclipsa la sedimentación detrítica, como si una calma absoluta reinase en los mares. Aparece la creta, colorida por la glauconia; después marnosa y por fin blanca del todo y mezclada con

sílex. Se inicia un nuevo modelo de actividad orgánica: los Rudistas (1) aparecen y forman los calcáreos, pero mueren y son sustituidos por los Foraminíferos.

Son raros los depósitos cretáceos continentales y poco se sabe acerca de los Vertebrados terrestres. En América había grandes aves terrestres corredoras, algunas aliadas a los Reptiles, Dinosaurios, Crocodilos, los Plesiosaurios y el gran Mososaurus. Declinan las Amonitas. *Scaphites* y *Baculites*. Erizos numerosos, *Micraster*. Entre los Rudistas abundan los *Hippurites* y *Sphaerulites*.

Hippurites organisans
Sphaerulites alatus

Aparecen definitivamente las Dicotiledóneas Angiospermas de hojas caducas.

Anuncian el juego de las estaciones. Desde entonces las floras presentan la yuxtaposición de dos categorías de tipos: unos que huyen hacia el sur y los otros forman el fondo de la vegetación indígena. Gran desarrollo de plantas.



Hippurites Toucasianus

(1) Familia de bivalvos inequiláteros, fundada por Lamarck.

Sistema Triásico

Facies pelágica o de alta mar; facies mixta en que se intercala un piso marino entre dos de agua dulce; facies continental o de la nueva greda roja de los ingleses. Son característicos los tintes vivos y abigarrados de los sedimentos. Calcáreos y marmóreos manchados de rojo.

Trias pelágico. Reinan las Amonitas. *Tirolites*, *Ceratites* y *Trachyceras*. Dolomía de enorme espesor (1000 metros). Tufs pirogénicos. Greda abigarrada. *Muschelkalk* o calcáreo conquillífero, con *entrococ* o tallos de Enerinos, cristalizados. Contiene esta capa dolomítica, yeso, sal y anhídrita.

Tipo continental del trias. Marnas rojas con venas de yeso y sal y gredas morenas o rojo ladrillo. 1500 metros de espesor, en Inglaterra. Al norte o al noroeste debía encontrarse el continente que ha suministrado los materiales de los conglomerados triásicos.

En resumen, donde el trias no es exclusivamente marino, su composición revela una especie de lucha entre la tierra firme y el océano, en las lagunas en que se concentraban la sal y el yeso por evaporación del agua del mar. Había formación de dolomía a expensas del agua del mar que contiene cloruro de magnesio.

Sistema liásico. Cinco pisos: se inician por el regreso del mar a toda la cuenca anglo-parisiense. Hay un fósil característico, la *Avicula contorta*, Amonitas gigantesca y nódulos de fosfatos de calcio.



Avicula contorta

Sistema oolítico. Muchos pisos. Afcillas y calizas, con concreciones de carbonato de cal silíceo, que se imitan en el laboratorio mediante cristalizaciones incompletas de carbonato de calcio en siliza coloide.

El coraliano inferior alcanza un gran espesor en Francia. En ciertas partes se han encontrado el *Arqueopterix*, *Pterodáctilos*,

peces, insectos y hasta medusas. Muchos bancos dan, gracias a la finura de su grano, una excelente piedra litográfica. Este terreno ocupa una gran superficie en Rusia y en Asia. Se cree que las oolitas se forman por organismos inferiores, aun por huevecillos de insectos (*Ahuautle* de México, huevecillos de Hemípteros del género *Coryza* y *Notonecta*), y bacterias que son núcleos de cristalización incompleta de calcita.

Depósitos oolíticos análogos a los que se encuentran en el Asia Septentrional existen en la India, la cual parece haber estado separada de Europa y unida a Australia.

Sistema infracretáceo. En las regiones marinas ofrece una interesante sucesión de faunas que le dividen en tres pisos: neocomiano, urgoniano y albiano. Este corresponde a la vuelta del mar a las regiones del norte.

Sistema cretáceo. Caracterizado por la creta, roca blanca sin consistencia, rica en Globigerinas; los Rudistas de que ya hemos hablado, cuya actividad era análoga a la que muestran los corales. Se divide en cenomaniano, turoniano, etc.

La creta propiamente dicha descansando sobre el trias, sin intermedio, ocupa la cuenca del Mississippi y sólo en el Sur, en Texas, se encuentran *Hippurites*. También existen en las Antillas, donde el cretáceo presenta una analogía notable con los Alpes Austriacos. Esto hace pensar que no una cadena de islas, sino un continente propiamente dicho, unía entonces las regiones europeas a la América (Atlántida), y el régimen del Mediterráneo proseguía desde el golfo de las Antillas hasta el Asia Menor y las Indias Orientales.

Erupciones de la época secundaria. Ha sido pobre en manifestaciones de la actividad interna. En el trias hubo quizá algunas erupciones. Se verificaron fenómenos termales.

La época mesozoica en México

Se encuentran formaciones de los últimos pisos del Triásico y el Jurásico que posee el *Idoceras* en Mazapil y casi toda la serie cretácea y sus divisiones. Por la gran extensión del asunto, tal como lo tratan los Sres. Aguilera y Ordóñez, nos limitamos a algunos ejemplos, refiriéndonos, para lo demás, a la obra de dichos geólogos (página 201, "Bosquejo Geológico de México").

Sistema triásico. Las rocas de esta división no ocupan grandes extensiones pero se muestran en muchos puntos. Son areniscas cuarzosas y pizarras arcillosas, muy variables en composición y consistencia. Descansan directamente en los granitos y sobre las pizarras cristalinas. Dislocadas con diversos rumbos. Las capas de este terreno han desaparecido casi completamente por la erosión y otras causas. Ocupan la parte superior de colinas y cerros de poca elevación. Los fósiles están poco estudiados. (*Mertensides*, *Asplenium*, *Equisetum* y otros vegetales).



Idoceras santarosanum del Jurásico de Mazapil (Según Burkhardt)

Criaderos minerales. Capas de carbón bituminoso hasta de 2 metros, hulla de distintas clases, en Puebla y Oaxaca. Criaderos de fierro y plata cerca de las andesitas de hornblenda y otras rocas terciarias. Materiales de construcción, arcilla, caolín, quiastolita (silicato de alúmina).

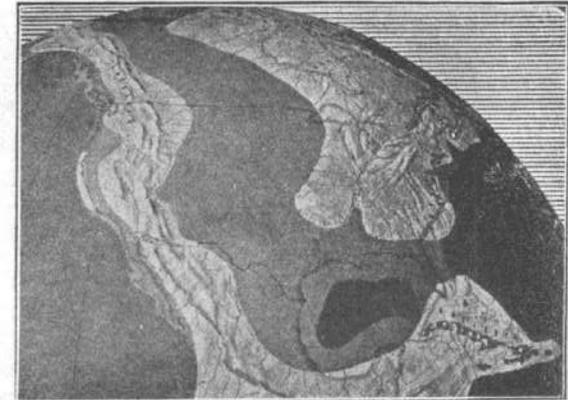
Sistema jurásico. Muy poco conocido. Rocas apizarradas arcillosas, margosas, pizarras diversas. Este sistema se encuentra bastante diseminado. Fauna abundante poco estudiada. Esponjas, Equinodermos, Gusanos, Braquiópodos, Lamelibranquios, Gasterópodos, Cefalópodos. Hubo Belemnites y Nautilus. Tiene criaderos auro-argentíferos muy ricos, materiales de construcción, etc.

Sistema Cretáceo. Ocupan una extensión inmensa los depósitos cretáceos, comprendiendo numerosos horizontes, con una potencia muy considerable. Desde el Bravo hasta los límites con Guatemala. Comprenden tres divisiones: Inferior, Medio y Superior.

Erupciones. Los sedimentos cretáceos se encuentran frecuen-

temente cortados por rocas ígneas de diversa edad geológica, en parte terciarias. Otras cuaternarias y algunas de edad dudosa.

Andesitas cuareíferas del grupo de las dioritas, sienitas hornbléndicas, granulitas y pórfidos petrolizados. La fauna es muy rica: Rizópodos, Antozoarios, Equinodermos, Gusanos, Lamelibranquios, Gasterópodos, Cefalópodos, Toracostráceos, Peces, Reptiles.



Vista ideal de Norte-América durante el Cretáceo superior. (Según Osborn)

Criaderos minerales. Muy importantes: calizas que forman el panino propio de los criaderos plumbíferos. México está dividido en dos grandes regiones mineras por una línea casi paralela a la dirección general de la Sierra Madre, que siguiendo su falda oriental atraviesa todo el país, terminando al Sur de Oaxaca.

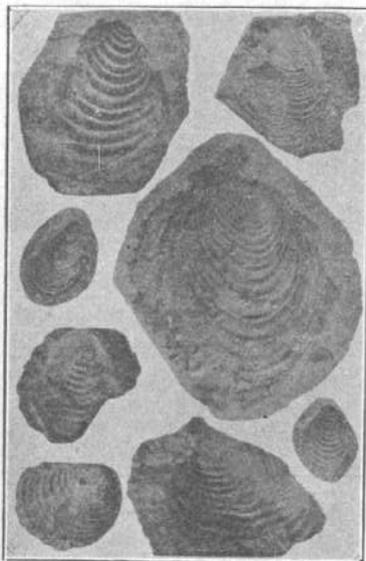
Minerales de mercurio: Cinabrio mezclado con livingstonita y barcenita y en partes con guadalcazarita.

Vetas de minerales de cobre: Chalcopirita con malaquita, azurita y crisocola, siempre acompañadas de grosularita y comúnmente de hematita.

Minerales de antimonio: Oxido mezclado con siliza, al estado de cervantita y estibiconita.

Minerales de fierro: Sesquióxido y óxido magnético, algunas veces con pirrotita. Cerro del Mercado junto a Monclova, Coahuila, en donde el filón de hematita ha sido formado a consecuencia de

la aparición de una roca que parece ser una diorita hornblédica cuarcífera: el filón de la Encarnación en Zimapán, los criaderos de Xalostoc, en Morelos. En el cretácico superior de Coahuila se han encontrado los bivalvos de la figura.



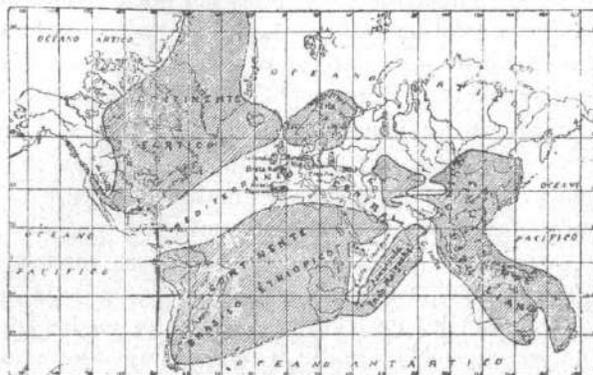
Inoceramus labiatus. Turoniano

1. Ejemplar típico de la Loma del Santo Madero, Parras, Coah. 2. Variedad ancha del Cerro del Tanquecito, Concepción del Oro, Zac. 3. Variedad angosta de la Loma del Santo Madero, Parras, Coah. 4. Variedad ancha de la Loma del Santo Madero, Parras, Coah. 5. Borde cardinal de un ejemplar normal del Cerro Prieto, cerca de Ciudad Juárez, Chih. 6. Ejemplar normal del Cerro de la Mina, cerca de Ciudad Juárez, Chih. 7. *Inoceramus proximus Tuomey* var. *subcircularis* Meek del Fox Hills group, Montana. 8. *Inoceramus Cripsi Gldjs.* Cerro de la Cruz, Ramos Arizpe, Coah. Senoniano superior.

Bivalvos del Cretáceo Superior de Coahuila según E. Bose

Hay también azufre, pirolusita, acerdesa, psilomelán y wad, capas de carbón de regular potencia y buena calidad, de la especie lignita.

Materiales de construcción: calizas compactas para baldosas y pavimentos, algunas veces con jaspes o mármoles estatuarios y de muchas variedades. Calizas productoras de cal. Granate, topacio, piroxena. Cipolino en Oaxaca.



Continentes y mares de la época jurásica (según Neumayer).

IV.—TIEMPO CENOZOICO

Caracteres generales. La Era Terciaria, cenozoica o neozoica, es aquella en que las condiciones físicas y biológicas, hasta entonces notablemente uniformes, se han diferenciado a tal punto que han producido la era moderna. Europa comenzó a emerger, se producen las altas cadenas de montañas, el mar es arrojado a sus límites actuales, la zona caliente retrocede hacia el sur, bastará la diferencia de latitud que separa la Provenza de Inglaterra para pasar de una flora subtropical a los bosques de Coníferas, esperando que el enfriamiento polar gane terreno y determine la retirada de todos los vegetales que no pueden acomodarse a largos inviernos.

El crecimiento de los continentes y la variedad de condiciones se traducen por un cambio notable en las faunas y floras terrestres. Se ve aparecer la complicación orgánica que caracteriza el progreso fisiológico, la división del trabajo de los órganos. Los Mamíferos se desarrollan con extraordinario vigor e invaden el globo, en tanto que los vegetales desplazan, con la invasión final de los fríos septentrionales, una amplitud y una diversidad inusitadas. Termina el reino de las Gimnospermas y preponderan los Palmeros y los Árboles de hojas caducas. Los Cefalópodos disminuyen así como los Braquiópodos y dice la última palabra la Familia de

los Amonitidos. En cambio, abundan los Lamelibranchios y los Gasterópodos, cuyo desarrollo se explica por el carácter litoral de la mayor parte de las formaciones de la época, hoy emergidas. En las regiones más francamente marinas prosperan los Foraminíferos, a lo menos al principio del período, y edifican capas calcáreas; así como los bancos de Rudistas que fueron la forma secundaria del régimen del Mediterráneo: ellos construyen la forma terciaria de dicho régimen. Las faunas locales se multiplican bajo el imperio de las condiciones exteriores cada día más diferenciadas, y preparan la variedad de las provincias zoológicas modernas, comprobando de una manera irrefutable la gran teoría de la evolución, que reconocen hasta los geólogos más imbuidos en las ideas ortodoxas, siéndoles imposible admitir el relato bíblico de la formación del mundo, en contradicción constante con los hechos de la geología...

La actividad interna, adormecida durante largos siglos, se despierta produciendo en toda la superficie del globo manifestaciones grandiosas, de las que son apenas un eco muy debilitado los fenómenos volcánicos actuales. Las antiguas grietas de la corteza vuelven a abrirse y aparecen nuevas aberturas y en las paredes de unas y otras las emanaciones internas depositan materias diversas en que dominan el oro y la plata. Así, poco a poco, la tierra se prepara para recibir dignamente a los hombres-monos y después a los hombres que reinarán en su superficie, después de muchos millones de años y sin intervención de una divinidad extra-geológica.

Divisiones de la Era Terciaria

Se divide en tres períodos: Eoceno, Mioceno y Plioceno. Eoceno, quiere decir aurora reciente; Mioceno, menor proporción de especies modernas (*meion, menos*), que la del plioceno (*pleion, más*). *Eos*, aurora y *kainos*, reciente.

Se distinguen, según la proporción de formas actuales de conchas que encierran sus faunas respectivas.

Subdivisiones: Paleoceno: primeros depósitos; Oligoceno: (*Oligos, poco*), transición entre el eoceno y el mioceno.

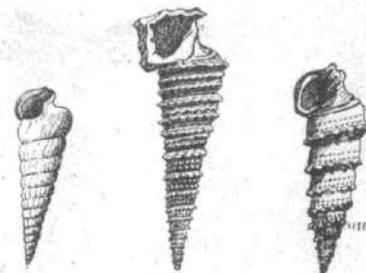
Período Eoceno. Primeros esfuerzos de los continentes para



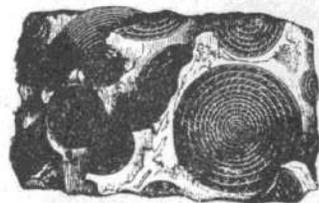
1. *Palaeotherium magnum*.—2. *Anoplotherium commune*.—3. *Xiphodon gracilis*.

conquistar sus dimensiones y relieve actuales. Lucha del mar y la tierra, sobre todo en los países del Norte, donde abundan las formaciones de agua dulce. Las Numulitas dan origen al sistema Eoceno del Mediterráneo o Numulítico. El clima europeo es templado, no hay invierno. Bien pronto el mar numulítico invade la Europa, que reviste una fisonomía africana. Bajo la influencia de un océano caliente, tocando el trópico hacia el sur, se establece un régimen de estaciones secas y abrasadoras, con una temperatura de 25 grados C. Abundan los Palmeros en Francia, los Cocos en Inglaterra y las Coníferas quedan en las alturas. El período termina casi en estas condiciones, sin que las regiones más cercanas del polo dejen de alimentar una vegetación que indica temperaturas superiores en unos 20 grados a las actuales, en aquellos sitios.

En el Eoceno comienza el desarrollo de los Mamíferos. Los Paquidermos preponderan (formas análogas a los Tapires). *Coryphodon*, *Lophiodon*, *Palaotherium* del yeso parisiense. Peces de la Familia de los Tiburones, sembrando sus dientes puntiagudos en muchos depósitos de la época. Entre los depósitos litorales pululan los *Cerithium* y *Turritelas*. Los Foraminíferos más característicos son las *Numulitas*, así llamadas por su semejanza con las monedas, y que constituyen bancos enteros, con otros Protozoarios, Alveolinas y Miliolites.



Palaoterio magno o mayor. (Descubierto en 1874)
Cerithium lapidum.
Cerithium tricarinatum.
Cerithium mutabile.



Turritella fasciata
Numulitas

Período Oligoceno. Está encuadrado entre el levantamiento de los Pirineos y los cambios geográficos que han inaugurado la formación de la gran cadena alpina. Comienza por una invasión marina que viene del norte; el clima templado se hace en Europa menos extremo. Retroceden los tipos africanos y austro-indios y aumentan las zonas lacustres.

Después el mar se retira hacia el norte y casi toda Europa es tierra firme. Coexisten el Paquidermo *Palaeotherium* y el Rumiante *Anthracotherium*. Los Rumiantes están desprovistos de cuernos y no han aparecido los Elefantes. Entre los vertebrados nadadores son numerosos los tiburones y los Sirenianos (*Halitherium*).

La flora oligocena despliega una riqueza incomparable aso-



Plantas terciarias europeas

ciando en ciertas partes, como en el sitio actual del lago de Ginebra, los Palmeros y los Laureles a las Higueras, Aleanfores, Caneleros, Encinas, Acacias y Sicomoros (*Acer*).

Período Mioceno. Cambios notables en la geografía del Antiguo Continente. Se vacían los lagos inmensos de la época anterior y se dibujan valles fluviales. Bien pronto el relieve se acentúa más y el mar invade una parte notable de Europa, a la vez que se extiende sobre el Asia Menor oriental, hasta el Eúfrates y el Lago Ourmiah. Europa está recortada por este mar, formando una especie de archipiélago indio, en que las condiciones son eminentemente propias para el desarrollo del mundo vegetal, que nunca ha sido más opulento.



Mamíferos miocenos
1. Mastodon longirostris restaurado. 2. Dinotherium giganteum restaurado y 3 su cráneo.

El invierno es muy benigno y no lo suspende nunca de una manera completa. Para encontrar hoy estas condiciones sería necesario bajar 25 a 30 grados hacia el sur. Si había ya una diferencia manifiesta entre la vegetación de las tierras inmediatas a los polos y la que es propia de Europa, a lo menos las nieves no hacían sentir su influencia y la Islandia estaba cubierta de bosques. A la vez las manifestaciones volcánicas se multiplicaban y la Auvernia, el Valle del Rhin, Hungría, la vertiente occidental de las montañas Rocallosas y otros países, eran teatro de prodigiosas invasiones o derrames de rocas eruptivas. La corteza terrestre estaba por doquiera en movimiento y sus esfuerzos para conquistar una situación de equilibrio acabaron por erguir en los aires las altas cadenas de los Alpes, los Andes y el gigantesco Himalaya, llamado poéticamente la techumbre del mundo.

En el período mioceno los Mamíferos parecen haber alcanzado su grado más alto de desarrollo. Aparecen los Proboscídeos con el Mastodonte de dientes cónicos, y el Dinoterio, de poderosas defensas.

El rinoceronte es el rey de los Paquidermos y los herbívoros

tienden a tomar un lugar preponderante, gracias a la abundante vegetación de Gramíneas que les ofrecen las playas del Mediterráneo.

Son numerosos los Ceritios o Potamides y los Murex o Rocas, en los depósitos de ribera o *faluns*. Frecuentemente están asociados a Conos, Cipseas o Porcelanas y Erizos aplastados.

La flora miocena acusa, en Europa, una temperatura igual, elemento en el invierno, lluviosa en el estío. El enfriamiento de la zona templada sólo se manifiesta por la marcha invasora de los árboles de hojas caducas, especialmente de los Alamos y Olmos, y por la escasez de Palmeros europeos. Pero la proporción más grande de plantas de hojas persistentes hace ver que la naturaleza vegetal no atravesaba fases de reposo completo en Europa.

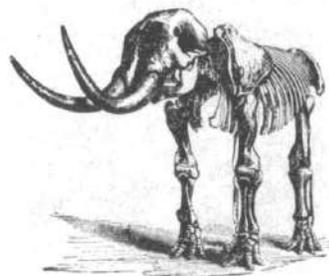


Mamut

Cerithium (Potamides margaritaceum)
Amphiope perspicillata

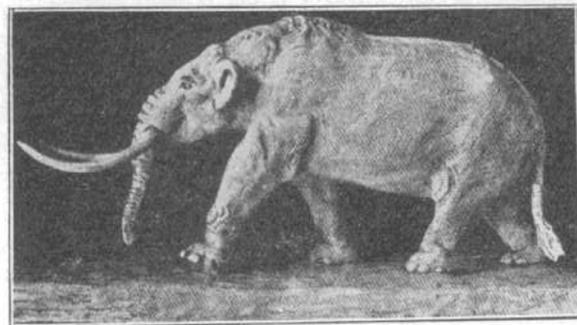
Período Plioceno. Es el transecurrido entre el levantamiento principal de los Alpes y el advenimiento de los grandes ventisqueros. Intimamente ligado a la época actual, ofrece, sin embargo, una individualidad distinta y representa un estado de cosas bastante diferente del que prevalece en nuestros días. Sin duda, hacia el fin del período los contornos de los mares se alejaban muy poco de nuestras riberas actuales. La extensión del mar al principio del plioceno era muy grande. Sin embargo, en muchos puntos los sedimentos pliocenos están hoy inclinados y llevados a considerables alturas y la fauna que les ocupa, anterior al enfriamiento de las regiones boreales, señala más bien el fin que la inauguración de una era.

Al principio la geografía de las regiones del Mediterráneo ha sufrido una modificación pasajera pero considerable. En efecto,



Mastodonte Americano (Según Owen).

los primeros sedimentos de esta edad acusan condiciones de agua dulce más bien que marinas. Imponentes manifestaciones volcánicas prolongan la actividad eruptiva del período mioceno. Bajo estas influencias, un clima relativamente benigno permite a Europa alimentar una vegetación en que los tipos de los ricos bosques del Norte están asociados a los que pertenecen a las Islas Canarias y



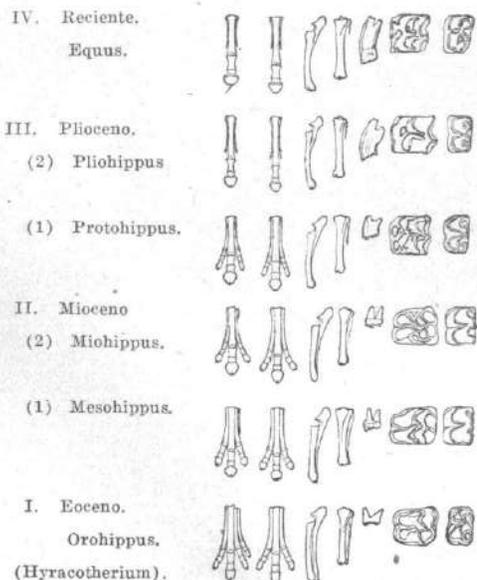
El Mastodonte. (Según Osborn)

los confines de la región caucásica. Pero la temperatura descendiendo: las especies más delicadas emigran hacia el sur y los Palmeros ya sólo se encuentran a latitudes inferiores en 10 grados a las que habitaban en el mioceno. El período termina con una flora que, bastante rica aun para suministrar abundante alimentación a gigantes herbívoros, no contiene ya, en cada punto, especies que no se encuentren hoy en el ecuador.



Grupo ideal de la vida y de la vegetación en la Europa tropical durante el período neozoico o cenozoico.

Al principio del Plioceno, durante esta época de transición que numerosos geólogos relacionan aún al Mioceno, el predominio, entre los Mamíferos pertenece a los herbívoros. Innumerables ganados de antílopes, ciervos, gacelas, recorren las praderas, asociándose a los primeros caballos o Hipariones y a los Mastodontes.



Evolución de la pata y los molares del caballo doméstico
IV. Reciente, Equus; III. Plioceno, (2) Pliohippus, (1) Protohippus; II. Mioceno, (2) Miohippus, (1) Mesohippus; I. Eoceno, Orohippus (Hyracotherium).

Bien pronto la nota característica de la fauna terrestre es dada por los Elefantes, a la vez que los Rinocerontes y los Hipopótamos están en su apogeo. Por fin aparece el género caballo.

En cuanto a la fauna marina se distingue muy poco de la moderna.

División del sistema Eoceno. Es complicada y difícil de retener y nos limitamos a señalar algunos fósiles y pisos.



Rinoceronte lanudo contemporáneo del mamut (Pleistoceno, según Osborn)

Hay dos pisos principales en Europa, el Suesoniano y el Parisiense. En el primero existían Paquidermos (*Coryphodon*), y grandes aves corredoras (*Gastornis*). En el piso Parisiense se hallan restos de *Cerithium giganteum* y foraminíferos. Paquidermos del género *Lophiodon*, Palmeros, Cocos, *Palaeotherium*. Calizas con Numulitas, a 3000 metros, en los Alpes y los Pirineos, atestiguan la inmersión de continentes y la existencia de un régimen uniforme propicio.

En el Oligoceno se ven curiosos depósitos de minerales de fierro en granos y calcáreo, algunas veces mezclados con yeso, que constituyen el terreno siderolítico del Jura. Son depósitos de manantiales.

Erupciones de la Era Terciaria. Después de haber dormitado durante casi toda la duración de los tiempos secundarios, la actividad interna despierta y se manifiesta por derrames basálticos, andesita, traquitas, fonolitas, etc.

Grupo Cenozoico en México

• Están representadas en México las divisiones media y superior, unas lacustres y otras marinas. Las primeras en la parte alta o Mesa Central.

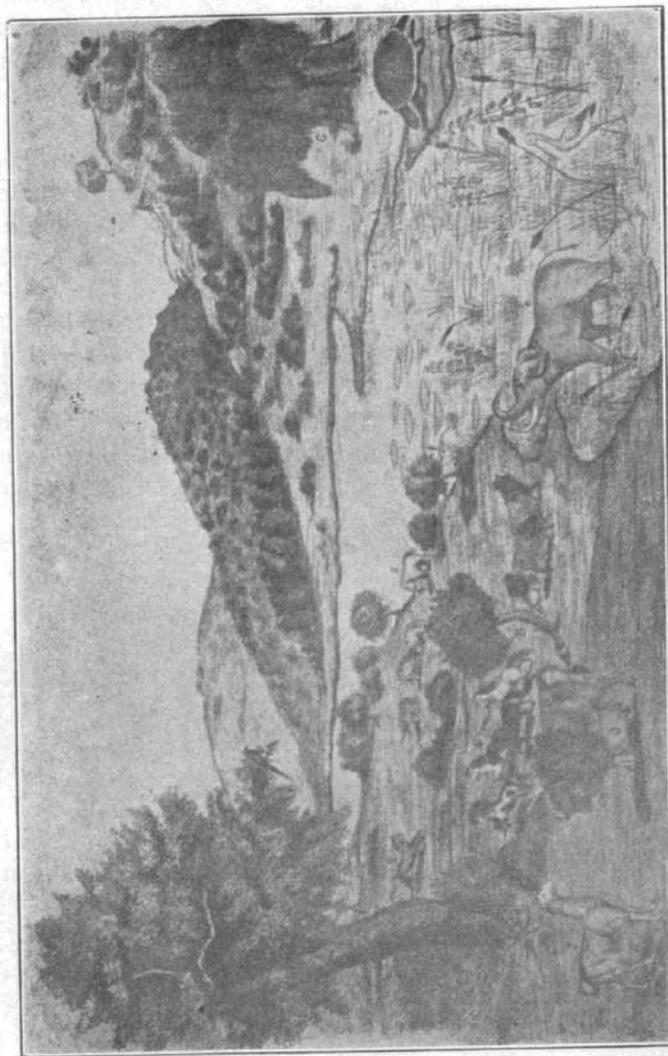
Entre los depósitos terciarios más antiguos que conocemos y cuya edad no es posible fijar todavía, están los grandes depósitos de yeso sedimentario de Juxtlahuaca, Oaxaca (alabastro). Hay otra, muy poderosa, al Este de Huamuxtitlán, en Guerrero, en unos 12 kilómetros.

Eoceno y base del Mioceno. En la cuenca del Bravo hay rocas terciarias muy antiguas, areniscas margosas y arcillosas de grano fino y de colores claros que alternan con capas de arcillas margosas apizarradas y margas.

Mioceno Superior a Plioceno. En la Baja California hay capas de origen marino formadas en aguas de poco fondo, de areniscas de distintos grados y conglomerados traquíticos o andesíticos, con capas de minerales de Cobre, Cemento más o menos calizo, amarillo pardo y rojo.

La formación está dislocada, con ondulaciones más o menos pronunciadas que dejó en seco este antiguo dominio de las aguas del Pacífico. Por sus fósiles corresponde, tal vez, a los principios del Plioceno.

En la parte baja de las costas del Golfo, las rocas terciarias forman una faja paralela al contorno terrestre, faja que al S. de Veracruz se ensancha para cubrir casi todo el territorio de Tabasco, Campeche y Yucatán, parte de Chiapas, hasta Guatemala. En algunos puntos están cubiertos por el cuaternario. Se componen estos sedimentos de calizas de conchas poco coherentes, verdaderos aglomerados que pasan por intermedio de conglomerados de conchas, de cemento calizo más o menos arcilloso, blanco amarillento, a calizas compactas, que descansan en otras semicristalinas, blanco-agrisadas y variables. En la parte superior contienen fósiles. En Zacualtipán, Hidalgo, hay capas de carbón, lignita, algunas veces con aspecto de azabache. Los conglomerados rojos se presentan en las regiones donde abundan las pizarras cristalinas, dislocadas por las rocas eruptivas antiguas y modernas. Pasan a las areniscas de grano grueso y fino, que contienen cristales despedazados de feldespatos.



Paisaje ideal de una fracción del Valle de México al abrirse el período pleistoceno. A. Bursera (anagnina), Eng. B. Ipomaea murucoides, H. B. K.

La Cañada de Marfil, hasta Guanajuato, está formada por este conglomerado. Taxco tiene también porciones de terreno cubiertas por el conglomerado rojo, que existe en Puebla y otros puntos.

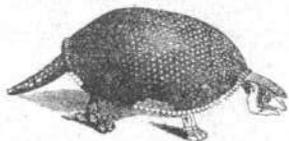
Plioceno. Conglomerados calizos formados de cantos y guijarros de caliza cretácea: conglomerado rojo compuesto de detritus

de pizarras cristalinas, con pedazos de rocas eruptivas, granito, diorita, andesita, etc., mezclados con fragmentos de caliza cretácica. Tepetate, conglomerados y brechas pomosas (tobas conglomeradas), en los lomeríos de las Cruces, Monte Alto y Sierra Nevada. Constituyen el paso a las tobas volcánicas y margas arcillosas de los valles centrales. (Tequixquiac). En Tlaxcala hay cerros compuestos de margas arcillosas impregnadas de siliza, con troncos de madera petrificada, de Dicotiledóneas, de las especies jilolita y ópalo. Angiospermas, huesos de caballos fósiles, elefantes y mastodontes, que corresponden al Plioceno Superior.

Fósiles. Equinodermos, Lamelibranquios, Gasterópodos, *Hippotherium*, *Protohippus*, un Crustáceo (*Spheroma? Burkarti*) del Cuaternario. En el Plioceno y Cuaternario se encuentran: *Gliptodon mexicanus*, especie de armadillo gigantesco, *Scelidotherium* sp., *Rhinoceros? occidentalis*, *Equus crenidens*, *taw*, *platystylus*, *excelsus*, *Barcenai*, *Platygonus alemani*, especie de jabalí, de doble



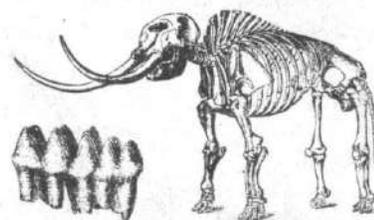
El Mamut, grabado en marfil por el hombre contemporáneo de este animal
Gliptodon clavipes



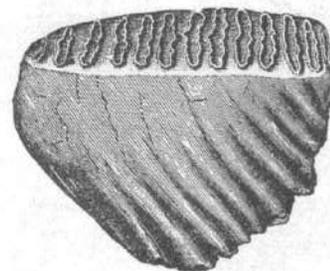
tamaño que el actual, *P. compressus*, *Palauchenia magna*. *Auchenia magna* y *Castilli*, especies de Llamas fósiles, una de ellas descu-



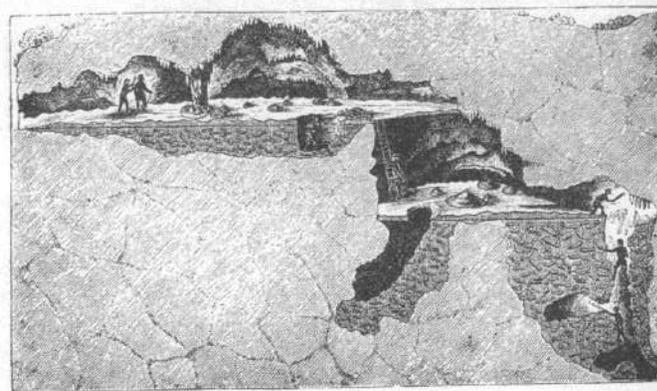
Cráneo de Chimpancé, hombre-mono fósil de la Capilla de los Santos, Francia y europeo moderno.



Molar y esqueleto de mastodonte. (*Mastodon giganteus*)



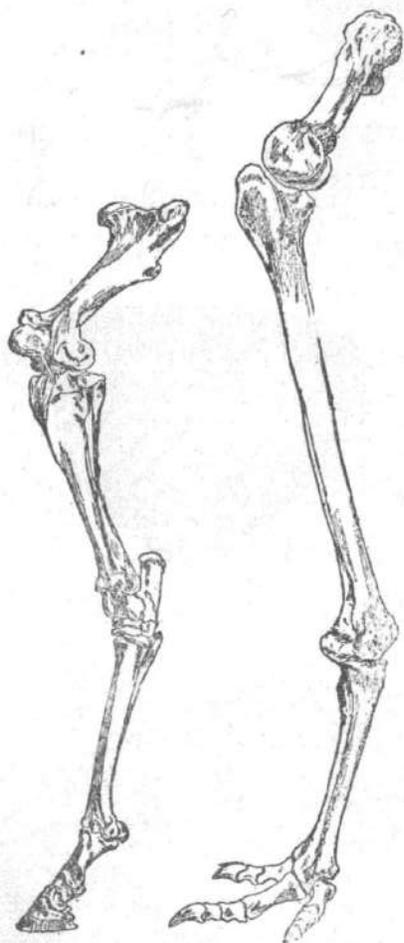
Molar de *Elephas primigenius* (x 1|4)



Sección vertical a través de la cueva Gailenrenth, Franconia, demostrando estalagmitas y enorme depósito de huesos, entre ellos los de 800 osos de las cuevas.

bierta por el Prof. Alfonso Herrera padre y el Prof. G. Mendoza, en las lomas de Tacubaya.

Holomeniscus hesternus, *Eschatius covidens*, también del grupo

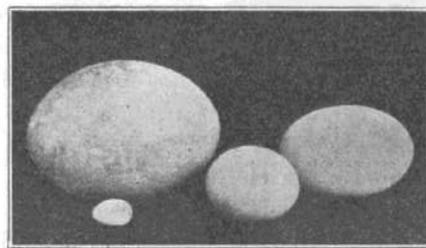


Pata de un caballo comparada con la del gigante Moa

de las Llamas. *Aphelops* sp. (Rinoceronte), *Mastodon Shepardi*, *tropicus* y *andium*. *Elephas imperator* y *Columbi*, una especie de bisonte (*B. latifrons*), y el *Megatherium Cuvieri*.

Erupciones. Las más variadas, más fuertes y por todos conceptos más interesantes erupciones de rocas ígneas. En el transcurso de esta era, vemos repetirse la mayor parte de los tipos de estructura de las rocas eruptivas de la serie antigua o precretácea,

que han contribuido a la perfecta emersión de nuestro territorio, han ayudado a levantarlo sobre el nivel del mar, han completado y modificado muchos de los elementos orográficos que le han dado el relieve actual, y, por último, son estas erupciones las que han proporcionado a nuestro suelo la riqueza mineral fabulosa que lo distingue, ya acarreándola en sus propias rocas, ya permitiendo en rocas más antiguas, comunicaciones fáciles para su salida, o ya, finalmente, a favor de las manifestaciones consiguientes a su eyección, han facilitado el relleno de grietas contemporáneas o pre-



Huevos de gigantes con plumas: Aepyornis. Avestruz y Moa, comparados con un huevo de gallina.—Según Lucas

existentes a su erupción con elementos que de estas mismas rocas o de otras ya existentes tomaban en disolución las aguas termales, que en su masa o en sus inmediaciones circulaban con facilidad ejerciendo sus acciones físicas y químicas con energía de los más diversos grados.

Las erupciones cenozoicas se inauguran con la eyección de sienitas, dioritas hornbléndicas y cuarcíferas, diabasas hornbléndicas y pórfidos silizosos, que corresponden a las microgranulitas recientes. Después encontramos las porfiritas andesíticas y andesitas propilíticas.

Al terminar el Mioceno vinieron a la superficie las andesitas de hornblenda, que se extienden en vastísimas zonas de la República, en el oriente y occidente. Más tarde han tenido lugar las erupciones de riolita (algunas con formas superficiales de amibas), muy abundantes. Hay también traquitas y obsidianas.

Criaderos minerales. Manganeso en las traquitas de California. Estaño en vetas de riolita, hepatitas, topacios, duranguita. Estaño en granitos de mica blanca. Cobre en andesitas hornblén-

dicas en Michoacán, Aguascalientes, etc. Chalcocita, chalcopirita y bornita. En las rocas sedimentarias del Mioceno Superior hay criaderos de capas estratificadas de minerales de cobre, que se explotan en el Boleo, California. Minerales argentíferos: los que han dado nombre a México desde la Conquista, se encuentran en filones de las rocas eruptivas terciarias o en vetas y criaderos en rocas sedimentarias, pero siempre en relación o dependencia directa de las rocas eruptivas. Son del tipo Sheminitz y se presentan casi siempre en las porfiritas andesíticas, andesitas hornbléndicas (propilitas) y otras variedades, repartidas en todo el país, siguiendo una dirección perfectamente definida de N. O. a S. E., en la región occidental del territorio, y especialmente situados en los dos tercios inferiores de las vertientes de la Sierra Madre del Pacífico, o en pequeñas serranías, que ocupan partes más céntricas, pero que genéticamente están relacionadas con la Sierra Madre Occidental. Se formaron en el Plioceno.

Criaderos auríferos. En las andesitas de hornblenda, en vetas de cuarzo aurífero, en la diorita andesítica y granulitas que cortan a las calizas cretáceas, en San José del Oro, Hidalgo; San José, Tamaulipas, etc.

Criaderos de antimonio. Estibnita asociada a galena, -blenda y pirita, en vetas de fractura, Guerrero.

Materiales de construcción y otros productos. Las aplicaciones que se pueden dar a estas rocas dependen de la belleza de su color combinada con la dureza y densidad, estructura y resistencia a la intemperie. Hay rocas volcánicas de construcción compactas, porosas, uniformes, porfiroides, pseudo-estratificadas o en lajas. La cantera es toba andesítica que pasa a brecha andesítica o toba traquíutica. Para resistir grandes cargas se prefiere las andesitas hornbléndicas, las traquiandesitas y en general, las variedades de andesitas y riolitas.

Las andesitas, traquitas, labradoritas y basaltos, cuando están perfectamente frescos, sin alteración o descomposición, son excelentes materiales para la construcción de adoquines, muros, ciementos. Si las rocas tienen la estructura pseudopizarrosa o en lajas, suministran magníficas baldosas para las banquetas y pavimentos de patios, etc. Las variedades escoriáceas muy porosas o tezontle, proporcionan un material excelente para bóvedas y muros, por su ligereza y la manera como cogen el mortero o mezcla,

dando gran solidez a las construcciones. Pulverizado el tezontle sirve para cementos.

Hay también arcillas refractarias, caolín (Santa María Coyueca, Puebla), para porcelana. Opalos de variedades cambiantes en Querétaro, Zimapán, etc.

La variedad hialita es muy común en las juntas de las andesitas. Obsidianas para fabricar vidrio. Topacio y hialita. Apatita en las riolitas de Durango.

ERA MODERNA O CUATERNARIA

Dana divide el Tiempo Cenozoico en dos Eras, la Terciaria o Era de los Mamíferos y la Cuaternaria o Era del Hombre, pero hay datos para suponer que el hombre existía desde fines del Terciario.

Los más antiguos Primates aparecen en el Eoceno inferior, casi al principio de la era terciaria, en la América del Norte, bajo la forma de seres de un tipo bastante generalizado, como Lemurianos. Emigran a Sur América para formar los Platirrinios y a Europa, donde aparecen en el Eoceno superior y el Oligoceno, emigrando a otras partes. En el Oligoceno nacen los Catarrinos y los Antropoides. Desde el pleistoceno aparece el hombre de Neanderthal. El Pleistoceno Superior ha suministrado múltiples ejemplares del hombre fósil, de manera que la distinción antigua del geólogo americano Dana ya no tiene razón de ser.

Definición de la época cuaternaria. La caracteriza un cambio momentáneo de clima que, al imprimir en toda la zona templada, una actividad extraordinaria a las precipitaciones atmosféricas, ha permitido a los fenómenos de erosión y a los aluviones manifestarse en una escala grandiosa. Como consecuencia de este cambio, grandes costras de nieve y hielo han cubierto los macizos montañosos así como las regiones del norte, produciendo, al menos en Europa, un enfriamiento marcadísimo. Más tarde la temperatura se ha elevado, estableciéndose el régimen actual, con la edad de las turberas y las habitaciones lacustres. De esta manera, en tanto que hoy la acción de los glaciares o ventisqueros, los ríos y la atmósfera se ha reducido a proporciones casi insignificantes, esta acción ha bastado, al principio de la Era moderna, para extender depósitos, algunos de gran espesor, sobre grandes extensiones.

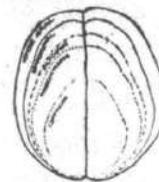
Abundancia de las caídas de lluvia y de nieve. Hemos dicho que cerca de los macizos montañosos de Europa, el Período Plioceno ha terminado con el depósito de poderosos aluviones. Comprueban la actividad que tenían entonces los agentes de erosión y el trabajo que desarrollaban en los países accidentados, cuyo relieve se modelaba así poco a poco. La prolongación del régimen de las lluvias debía tener por consecuencia el establecimiento de grandes neveras en las montañas, de grandes cursos de agua en las regiones vecinas.

En efecto, todo lo que cae como lluvia sobre las llanuras se condensa bajo la forma de nieve más allá de cierta altitud, y si el suelo que recibe esta nieve ha sido modelado previamente de manera que permita la concentración, los fenómenos que hemos descrito, tratando de los ventisqueros actuales, deben verificarse con una intensidad proporcional a la abundancia de lluvias. Además, si la cantidad de nieve aumenta bastante para permitir la reunión en una sola corriente de diversos glaciares hasta entonces independientes, la extremidad libre del ventisquero resultante podrá avanzar muy lejos de los países sometidos a la influencia directa de las nieves.



El Reno.

Establecimiento de los grandes ventisqueros. A consecuencia de una abundancia extraordinaria de humedad atmosférica, en tanto que los cursos de agua de gran violencia depositaban y removían en los valles actuales, ya existentes, poderosos aluviones, los macizos montañosos, por una parte, tales como los Alpes y los Pirineos, y por otra parte los países septentrionales, como Escocia y



Evolución del cerebro (visto por arriba), a partir del chimpancé y llegando al hombre actual, después de pasar por el Pithecanthropo, Piltown y Neanderthal.

Escandinavia, se cubrían de glaciares. El Sahara, donde la lluvia es hoy tan rara, estaba recorrido por aguas torrenciales depositando gravas gruesas. El Sena y el Loire llevaban un caudal más de 20 veces superior al que llevan actualmente. Suiza desaparecía bajo un manto de nieve y hielo y un río que reunía en su masa los ventisqueros del Ródano y del Monte Blanco, avanzaba hasta las puertas de Lyon, siendo de más de un kilómetro de anchura. Descendían grandes ventisqueros de los Pirineos y uno de ellos, después de haber seguido el Valle de Argelès, se encorbaba en Lourdes, puliendo las rocas para tomar la dirección del Gave, sembrando al norte bloques erráticos de gran tamaño. En los países septentrionales las nieves de Escocia y Escandinavia se daban la mano, llenando la insignificante depresión del Mar del Norte, y sus masas reunidas formaban una costra continua, que rayando el suelo al pasar, cubría la Inglaterra, el Norte de Holanda y todas las llanuras de Alemania.

Fases de la época cuaternaria. Así como los ventisqueros actuales están sujetos a ciertas alternativas de progresión y de retroceso, en la época cuaternaria o *glacial*, se produjeron oscilaciones, tanto más grandes cuanto que la masa sometida a estas variaciones era más considerable. Parece estar hoy bien establecido que hubo dos fases principales de avance de los ventisqueros, una al principio y otra al fin de la época cuaternaria. Estas dos fases



Megatherium Cuvieri (x 1/75).

han sido separadas por un período de retroceso, durante el cual las vías de agua han desplegado una gran actividad, depositando *aluviones interglaciales*. Después de la última invasión glacial el régimen húmedo cesó en la Europa Occidental, siendo sustituido por un frío seco y riguroso. El suelo debía quedar helado en la profundidad, como en Siberia, o sólo sufrir el deshielo en la superficie durante el estío. Es entonces cuando el hombre fósil buscaba un refugio en las cavernas.

Ulteriormente el clima actual se ha establecido y los antiguos valles fluviales del norte, demasiado grandes para los ríos que les ocupaban, se han rellenado con la turba. A la vez, todas las depresiones del suelo abandonadas por los hielos, en las regiones septentrionales, se han convertido en turberas.

En cuanto a la causa que ha producido estas variaciones de clima es probable que deba buscarse en las modificaciones geográficas, que han influido a la vez sobre la evaporación en los países calientes y en la dirección de las corrientes de aire húmedo que llegaban hacia la zona templada.

También se ha atribuido a un cambio del eje de la tierra o a la excentricidad de la órbita, pero esta hipótesis no ha sido admitida. Según Dana, la principal causa ha sido la elevación de la tierra sobre la superficie del globo, y esencialmente en las altas latitudes es suficiente para explicar el gran aumento del frío. Las regiones árticas han quedado privadas de la acción calorífera del Gulf-Stream.

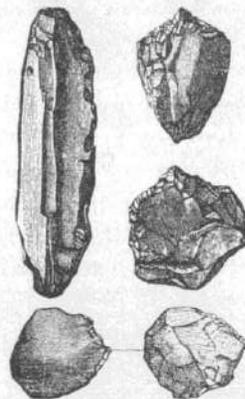
Fauna cuaternaria. Los cambios climáticos de los tiempos cuaternarios se han traducido por variaciones correspondientes en la fauna de los Mamíferos. Al principio se muestran sobre todo el *Elephas antiquus*, el *Rhinoceros Mercki* y el *Hippopotamus major*, provisto de una erin y una piel lanuda, asociado al Rinoceronte de narices tabicadas y al gran oso de las cavernas. Más tarde el mamut es más y más raro y prepondera el Reno, animal que huye de las brumas y se acomoda en los países secos y fríos.

Los restos del hombre y de su industria, especialmente los sílex tallados abundan en la época del Mamut. Los primeros instrumentos de sílex considerados como hachas están tallados, y no pulidos; es la edad *paleolítica*, dividida en dos fases, la última corresponde a la edad del reno e implica la asociación de los utensilios de sílex con huesos esculpidos y modelados.

Con la edad de las turberas y de las habitaciones lacustres, aparece la civilización de la *pedra pulida* (hachas célticas) o edad *neolítica*.

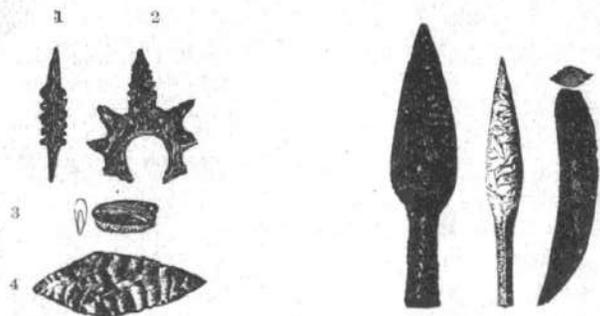
El bronce es asociado bien pronto a la piedra y prepara la edad del hierro. Las emigraciones de los pueblos complican las fases de esta historia.

En nuestra "Biología" hemos descrito y representado las osamentas y pruebas de la existencia del hombre fósil, que no parece haber existido en América, a pesar de los trabajos de Ameghino, en Sur América, (p. 423, 429, 431, 432 y "Zoología", p. 266, 267 a 270).



Fragmentos de pedernal sin pulimentar, que se supone haber pertenecido al hombre primitivo.

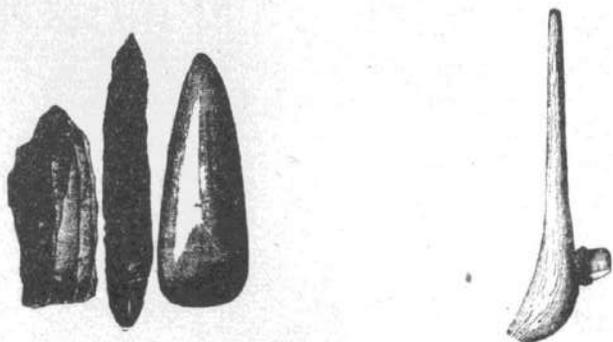
“Establecido el hombre sobre la tierra y ya dueño de ella en casi todas partes, tuvo que emplear todo su ingenio primitivo para alimentarse, protegerse de los animales feroces y guarecerse de los rigores del clima. Para lo primero la tierra poseía ya vegetales en abundancia, frutas saludables, peces en los ríos y los mares, y carne de varios animales; para lo segundo, comenzó a construir hachas toscas de piedra, cuchillos de pedernal sin pulimentar, etc.; y para lo tercero las pieles de los animales le sirvieron de vestido, y las cuevas o cavernas naturales de moradas. Esta constituye la primera época del hombre en su primera edad. Debió el hombre primitivo vivir en tribus, nómadas o errantes, como aún vive hoy día en ciertas regiones. En este estado lo sorprendió el período



1 y 2, Armas descubiertas en América (Honduras). 3, Sierra de pedernal empleada por el hombre prehistórico. 4, Punta de Lanza.
1 y 2, Puntas de lanza que demuestran el mayor progreso alcanzado en la edad de la piedra. 3, Navaja prehistórica

do glacial, le hizo emigrar a las regiones del sur, y debió causarle grandes estragos. Cuando comenzó el deshielo, sufrió las consecuencias del diluvio o inundación y, como estuviera más expuesto a los ataques de los mamíferos colosales, sus contemporáneos, le fué preciso protegerse de las aguas por varios medios y perfeccionar más sus instrumentos de piedra, aguzándolos y poniéndoles mangos de madera para luchar con adversarios enormes.

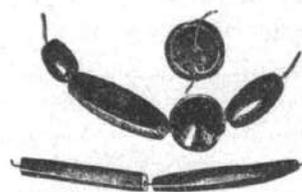
Otra de sus necesidades fué la de hacer fuego; y, poco a poco, construyó cabañas, primero en los árboles y cubiertas de pieles de animales; y más tarde de piedra, aprendiendo a coser las pieles con agujas de hueso, y a cazar y pescar con más ventaja y menos riesgo. Formó trincheras para protegerse de los animales y aún de sus semejantes, porque ya desde el principio comenzaron las tribus a guerrear.



1, 2, Pedernal labrado y aguzado. 3, Piedra pulimentada
Hacha con mango de madera y pedernal engastado en cuerno



Agujas de hueso empleadas en las primeras edades
Pedazo de tejido primitivo.



Cuentas y canutos de collares y pulseras usadas por la mujer de las primeras épocas



Cueva de Mengal de Antequera, España. 1, Vista de la entrada de esta construcción megalítica. 2, Vista interior

Perfecciona sus armas para la caza y la guerra, sus anzuelos para la pesca, teje redes muy toscas y construye embarcaciones de los troncos huecos de árboles. Comienza a cultivar la tierra, a domesticar los animales que le son útiles, y a hacer morteros de piedra para desmenuzar los granos, como lo demuestran los restos

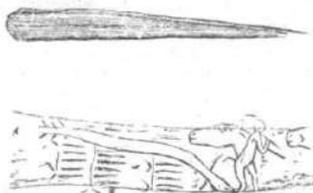
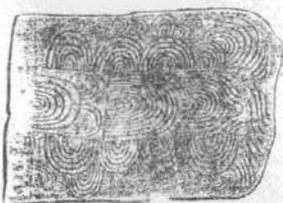
de sus cocinas. Construye los *dolmens* o *dolmanes*, los *túmulos* o *túmulos* y en fin las construcciones llamadas *Megalíticas*, que muchos atribuían a los celtas y a los druidas, pero que está probado corresponden a la segunda edad prehistórica, por los instrumentos y utensilios recogidos en ellas.

A medida que la primera familia humana progresaba, y sus necesidades fueron siendo mayores—una de las causas principales de su adelanto,—comenzó a usar el bronce y el cobre, a formarse las *habitaciones lacustres* o *palafitas*, como las descubiertas en Suiza, Italia y Austria. Después los islotes artificiales en medio del agua y las llamadas *estaciones palustres* o casas formadas en una



Construcción de las primeras épocas. Palafitas

especie de muelle levantado en los lagos y lagunas como en Suiza. En todas estas habitaciones se han descubierto útiles de cocina y adornos que demuestran un grado importante de civilización y de progreso. Cocían el barro y hasta lo cubrían ya de un barniz, con capas de minerales de cobre, cemento más o menos calizo, dibujaban los objetos, fabricaban el vidrio, trabajaban el ámbar amarillo, engarzaban las piedras de colores, hilaban y tejían, tenían rebaños, vestían y aun calzaban con cierto gusto.



Dibujo de la edad megalítica.

Hueso de reno grabado por el hombre antiguo

Grabado primitivo que representa al hombre antiguo junto a dos caballos, de lo que se deduce que el caballo era ya animal domesticado.

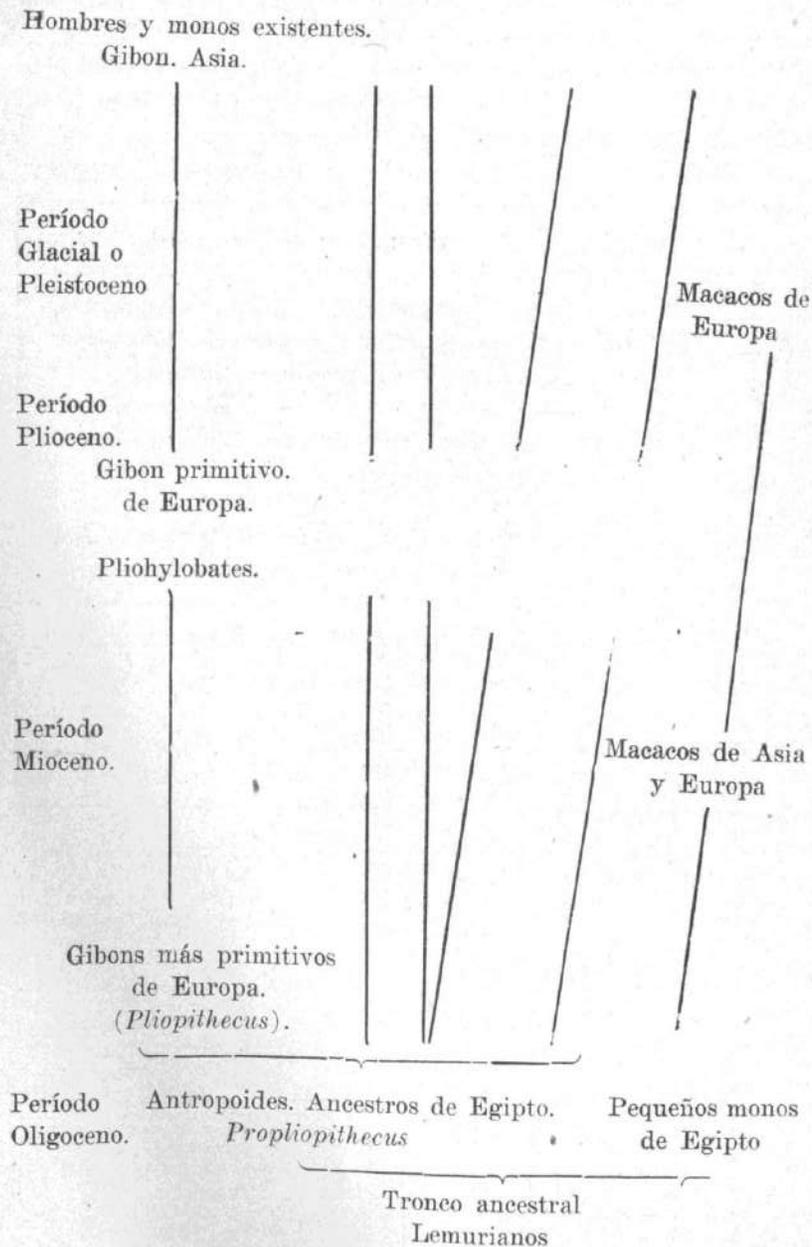
Este estudio especial del hombre y de sus obras es ya del dominio de la *Antropología* y de la *Arqueología*. Desde esta época en adelante corresponde a la *Historia* y a la *Geografía Física*, etc. El siguiente cuadro demuestra las edades de la humanidad contadas según la cronología mineralógica en el orden de su desarrollo, es decir, de abajo hacia arriba.

	EDADES.	CRONOLOGIA MINERALOGICA
Edades de los Metales.	Hierro.	Relativamente reciente en el Nuevo Continente y en la Escandinavia, más remoto en Italia y en el resto de Europa.
	Bronce.	Común en ambos continentes; pero en distintas épocas
	Cobre.	Enteramente transitorio en todas partes, pero conocido en ambos continentes.
Edades de la Piedra.	Piedra Pulimentada.	Pedernal pulimentado, aguzado y cortante, en varias formas y en ambos continentes
	Piedra Ruda.	Simple fragmentos de piedra y pedernal sin pulimentar, usado en todas partes.

La edad presente está considerada como la *edad del acero*, y, ¿quién sabe cuántas nuevas edades le esperan aún a la raza humana?"

(García Purón).

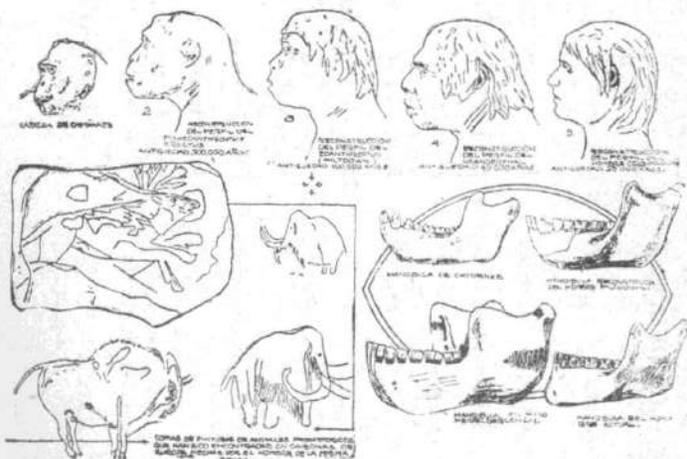
ORIGEN DEL HOMBRE.—EN PARTE, SEGUN OSBORN



AÑOS	LOCALIDAD	CARACTER DE LOS DESCUBRIMIENTOS	RAZA:
1848	Gibraltar.	Cráneo bien preservado.	Neanderthal.
1856	Neanderthal, cerca de Düsseldorf.	Bóveda craneana.	Tipo de raza Neanderthal
1866	La Naulette, Bélgica.	Fragmento de mandíbula inferior.	Raza Neanderthal.
1867	Furfooz, Bélgica.	Dos cráneos.	Tipo de raza Furfooz
1868	Cro-Magnon, Dordogne.	Tres esqueletos y fragmentos de otros dos.	Tipo de raza Cro-Magnon.
1887	Spy, Bélgica.	Dos cráneos y esqueletos.	Spy, tipo de raza Neanderthal.
1891	Río Triml, Java.	Bóveda craneana. Femur.	Tipo de raza <i>Pithecanthropus</i> .
1899	Krapina, Austria	Fragmentos de más de diez esqueletos.	Krapina, tipo de raza Neanderthal.
1901	Hungría.		
1901	Gruta Grimaldi, Mentone	Dos esqueletos.	Tipo de raza Grimaldi.
1907	Heidelberg.	Mandíbula inferior con dientes.	Tipo de raza <i>Homo heidelbergensis</i> .
1908	La Chapelle, Corrèze.	Esqueleto	Mousteriano, tipo de raza Neanderthal.
1908	E. Moustier, Dordogne.	Esqueleto casi completo, pero la mayor parte mal conservado.	Neanderthal.
1909	La Ferrassie, L. Dordogne.	Fragmentos de esqueleto	Neanderthal.
1910	Idem. II.	Fragmentos de esqueleto; mujer.	Neanderthal.
1911	La Quina, Charente.	Fragmentos de esqueleto; supuesta mujer.	Neanderthal.
1911	Pitdown, Sussex.	Porción de cráneo y mandíbula.	Tipo de <i>Eoanthropus</i>
1914	Obercassel, cerca de Donn, Alemania.	Dos esqueletos, hombre y mujer.	Cro-Magnon.

Una clasificación de los primates

El anatomista alemán Heinrich Klaatsch ha indicado, desde hace veinte años, que los primates se dividen en dos ramas, caracterizadas por la osificación. Los primates occidentales (guenones o cercopitecos, chimpancés, gorilas propiamente dichos, Homo Neanderthalensis, etc.), tienen los huesos encorvados e inflados en la parte media. Los primates orientales (macacos, semnopitecos, hy-



Evolución de la cabeza y la mandíbula inferior del chimpancé al hombre moderno. Dibujos hechos por el hombre de las cavernas y que representan animales fósiles.

lobatos o gibones, orangutanes, Homo sapiens, etc.), tienen los huesos alargados, planos y delgados. Los primeros son llamados igualmente goriloides y los segundos orangoides. Los primeros son originarios de Africa y de Europa, los segundos de Asia. Este ensayo de clasificación siendo aún poco conocido en Francia, hemos creído conveniente hacerlo conocer a nuestros lectores. Suministra un excelente criterio de las relaciones entre las diferentes familias de primates. De este modo el Homo Rhodesiensis no puede ser un Néanderthal evolucionado, puesto que es orangoide. De la misma manera, el antropoide, conocido bajo el nombre erróneo de gorila oriental, no es un gorila, puesto que es un orangoide. Recordaremos que existen tres variedades actualmente conocidas de gorilas orientales (*G. beringei*, *G. graneri*, *G. mikenensis*). Este antropoide ha venido de Asia a Africa como el magot, que es un macaco,

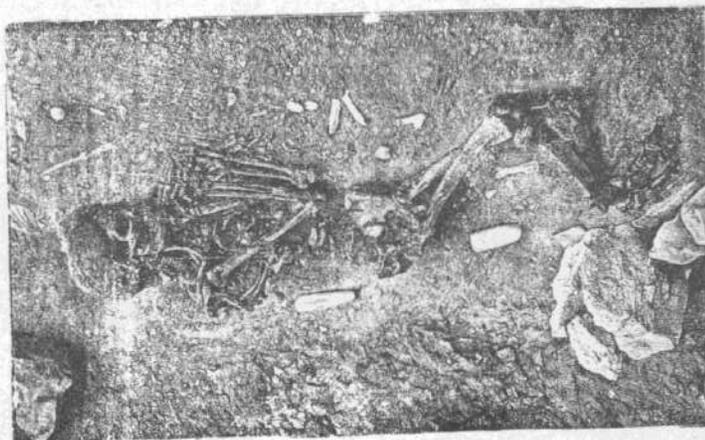
el Homo Rhodesiensis y el Homo sapiens; presenta bajo el punto de vista craneológico algunas analogías con el Homo Rhodesiensis.

Añadiremos que el Homo Capensis fósil recientemente descubierto en el Africa del Sur hace la transición bajo el doble punto de vista craneológico y cerebral entre el Homo Rhodesiensis y el Homo sapiens.

LA EPOCA CUATERNARIA EN MEXICO

Según el Sr. Aguilera, las rocas cuaternarias lacustres y aluviales, pertenecientes a las divisiones del Champlain y el Reciente, son muy comunes en México y ocupan la parte superior de los valles y la región de la Mesa Central.

Los depósitos aluviales, muy limitados en general, se componen



Esqueleto del hombre fósil. Mentone, Francia. Epoca cuaternaria

de cantos, guijarros y matatenas de rocas de distinta naturaleza, y si vienen del Cretáceo son calcáreos o formados de areniscas y pizarras calcáreas y margosas. Por deberse a torrentes no están separados en capas de diversos tamaños. A veces forman escalinatas o representan el curso antiguo de los ríos. Pueden encontrarse en la base grupos poderosos de sedimentos enteramente recientes y esto debido a que se trata entonces de valles o depresiones del terreno, en los cuales se ha venido verificando un rellenamiento,

como sucede en la cuenca del Valle de México, el de Puebla, Toluca, etc.

Las rocas recientes son barros o arcillas margosas sin estratificación bien definida, provenientes del desgaste y alteraciones de rocas cercanas, transportadas por las aguas y los vientos, o proceden de la alteración *in situ* de muchas rocas bajo la enérgica y variada influencia de las causas que actúan sobre ellas. Las calizas cretáceas, por la acción del aire y la temperatura y la lluvia, se transforman en arcilla más o menos calcárea, se forman arenas que constituyen los médanos.

Las aguas superficiales forman, en las partes bajas a donde descienden o brotan costras más o menos gruesas de caliza incrustante o de alabastro calizo (tecali), que pasan en la misma capa a margas arcillosas que pueden ser o no arenosas, o bien alternan con ellas.

Los sedimentos lacustres del Valle de México, tales como los han dado a conocer los taladros para pozos artesianos, alcanzan una potencia de 250 metros en algunos puntos; no son uniformes. En la parte superior abundan las margas arcillosas (barros), que adquieren el carácter de légamo o lodo diluvial, ya sea el de greda o arcillas margosas arenosas.

Debe citarse la toba caliza o caliche, el travertino, la caliza incrustante. La toba caliza silizosa forma melinita, nódulos, riñones y guijarros, con formas macroscópicas celulares.

El caliche forma costras en las laderas volcánicas o montañosas, o pegaduras entre las margas. Se debe a las alteraciones del feldespato o areniscas calcáreas atacadas por la lluvia.

Hay depósitos formados por las aguas termales, en los Valles de México y Puebla, manifestaciones de la pasada actividad volcánica. Las aguas termales, al circular a través de rocas calizas, margosas o ígneas, que contengan silicatos entre los feldespatos de su masa, disuelven el carbonato de cal, mucha siliza y sales diversas.

Distribución geográfica. Los depósitos cuaternarios están disseminados en toda la República con el carácter de depósitos locales y de edad más o menos reciente a la actual. Es la formación que cubre las mesetas, las vertientes de las montañas, rellena los valles profundos, azolva los lagos y tiende a nivelar todas las depresiones del suelo.

Erupciones. Hubo varias, de rocas ígneas diversas, basálticas. Modernas erupciones del volcán de Santa Catarina y el Xitle dieron origen al pedregal de San Angel, en la época histórica, encontrándose bajo las lavas una población indígena, osamentas que hoy se exhiben por la Dirección de Antropología, en el lugar en que se descubrieron.

Otras erupciones datan del siglo pasado, cuando apareció el Jorullo, debiendo citarse las más recientes del Ceboruco y el Colima. Demuestran que el volcanismo, que tuvo su energía máxima en el Terciario, no se ha extinguido completamente y aún se manifiesta en Tuxtla, Popocatepetl y Jorullo, en numerosas fuentes termales y aun geysers, en el cerro de San Andrés, Michoacán.

En los inviernos el Popocatepetl arroja humo y aun cenizas y piedras, habiéndose modificado el cráter. Véase las "Memorias de la Sociedad A. Alzate". Tomo 41, p. 65-90; tomo 40, p. 219-229; y tomo 37, p. 295-313, láminas. Artículo del Dr. Paul Waitz. (H.).

Criaderos minerales. Sólo se conocen yacimientos detríticos del tipo Aluviones metalíferos o Placeres, en Baja California, Sonora, Chihuahua, Durango, Tepic, Oaxaca, Guerrero, Jalisco y Michoacán. Placeres estaníferos en Durango y otras partes. Ferríferos, en Mapimí.

Materiales de construcción y productos diversos. Las labradoritas, basaltos, etc., pueden recibir las diferentes aplicaciones que se dan a las rocas ígneas terciarias del país. El basalto del pedregal de San Angel tiene muchísimas aplicaciones, para cimientos, banquetas, adoquines, muros, etc. Las tobas volcánicas o tepetate constituyen el material de construcción más usado. Las tobas calizas arcillosas son buen material de construcción para muros, por su poco peso y porosidad.

Merece especial mención el tecali, por su belleza y otras cualidades.

Es el ónix del comercio y por su edad geológica y génesis está íntimamente ligado a las tobas calizas y calizas incrustantes, siendo más puro que ellas. Se forma en la inmediación de rocas calizas o pizarras cargadas de carbonato de cal, que es disuelto por las aguas corrientes y abandonado más adelante en ligeras costras, que sobrepuestas unas a otras y con una composición más o menos idéntica, forman los depósitos de esta bellísima roca,

que como material para la ornamentación difícilmente será sustituida por otra.

En Tehuacán corresponde el tecali a la porción superior del Plioceno; en otras partes es cuaternario.

Resumen de la geología mexicana

Se reduce a recitar la historia de las largas luchas entre dos potencias rivales, el océano y las fuerzas continentales que se han sucedido, ya continuadas, ya interrumpidas a veces por grandes períodos de tiempo que corresponden al dominio respectivo de cada una de estas potencias.

El Sur de México y una parte de su costa occidental emergieron al formarse la costra terrestre, constituyendo un grupo de islas más o menos vecinas, o quizá un solo núcleo primitivo. Entonces se formaron las rocas esquistos-cristalinas, los gneiss y micapizarras, cuya enorme masa, que sin cesar se aumentaba por la base, debía suministrar a los océanos futuros todos los materiales que hubieran menester para sus colosales depósitos sedimentarios.

Esta porción del cimiento fundamental de la costra sólida de nuestro planeta, ha sido sepultada después y ocultada a todas las miradas, cubierta en la mayor parte de su extensión por enormes mantos entre cuyo depósito han tenido lugar varias prolongadas interrupciones.

Si admitimos que las denudaciones entonces iniciadas han obrado sobre estos depósitos en todos los tiempos posteriores de una manera bastante sensible, más o menos uniformemente continuada, demostraremos por esto mismo qué depósitos más recientes que estos macizos primitivos, se han debido formar en los mares que lo circundaban ya en porciones de nuestro territorio, que cubiertas por posteriores sedimentos nos son hoy desconocidos, ya en regiones más o menos lejanas, algunas de las cuales están hoy cubiertas por las aguas de los mares.

Por la carencia de terrenos pertenecientes a los dos primeros períodos del Grupo Paleozoico en la República Mexicana, parece racional admitir que su territorio, que durante el Azoico estaba reducido a varios islotes (o tal vez a una sola faja de tierra muy larga y muy estrecha que se extendía en toda la parte occidental del país desde California hasta Tehuantepec y Chiapas), sufrió durante el

Siluriano y Devoniano, un movimiento ascendente, que hacía que la región emergida de las aguas probablemente desde a fines del Huroniano, fuera constantemente en creciete, y los diversos movimientos de los mares que no debían permanecer inactivos, y cuya acción probablemente no encontraba obstáculo alguno que la modere, se encarnizaban, con una fuerza irresistible y continuada contra las islas de rocas cristalinas en ellos esparcidas, acumulando así, de una manera muy rápida y a expensas de los gneiss y micapizarras, de los granitos, pegmatitas, etc., de las islas e islotes mexicanos, una parte de los sedimentos indudablemente sepultados bajo las aguas de los dos océanos.

Con certidumbre nosotros no podemos decir que en las vastas superficies de rocas primitivas que hoy se encuentran completamente descubiertas no hayan existido estratos más o menos poderosos, los cuales hayan sido destruidos o acarreados por la acción erosiva de las aguas en el transecurso de los tiempos geológicos subsecuentes.

Vemos, pues, que en los períodos Siluriano y Devoniano, México presentaba una larga y estrecha superficie continental que quizá con más propiedad debe llamarse una colosal península del Continente Norte Americano, con la dirección N. O. a S. E.; más hubiera sido necesario para la vida una tenacidad extraordinaria a fin de que llegase a establecerse sobre estas rocas estériles, continuamente sometidas a los implacables furros de un cielo siempre cargado de tremendas tempestades. Las lluvias torrenciales frecuentes en estos períodos acarrearaban hacia los mares los productos de la alteración de estas tierras vírgenes a medida de su formación, y con esto no permitían el depósito in situ y continental de los restos orgánicos de la vida, que se desarrollara en aquellas tierras.

La carencia absoluta de datos paleontológicos y estratigráficos relativos a la primera subdivisión o piso del Sistema Permo-Carbonífero, autoriza la creencia de que durante el tiempo correspondiente al depósito de sus sedimentos en otra parte del Globo, se continuaba en nuestro territorio el movimiento ascendente que había tenido lugar en los períodos anteriores, y hace aceptable la hipótesis de que fué durante el transecurso de este inmenso período de tiempo, cuando se unieron los islotes que, repartidos según una dirección bastante bien definida, llegaron a constituir el es-

queleto o armazón fundamental sobre la cual, en sus bordes y obedeciendo siempre a un movimiento en retirada de las aguas oceánicas, se empezó no sólo a bosquejar esta interesantísima fracción del Continente Norte-Americano, sino que el fin de este gran período de retirada de las aguas, inició también el dominio de la vida que, unas veces continental y otras marina, había de dejar en nuestro suelo huellas inequívocas, duraderas e instructivas, que sirvieran para manifestarnos la marcha progresiva o de perfeccionamiento que seguía su desarrollo.

La configuración de nuestro país en el Sub-Carbonífero y parte del Carbonífero fué casi la misma que la de los períodos anteriores, con la ligera modificación de pequeñas adiciones en el dominio continental, que en nada vinieron a alterar el relieve; pues que no existe documento que nos indique cambio alguno, si no es el desgaste y destrucción por erosión de las eminencias de rocas primitivas que hubieran formado pequeños grupos de montañas en la parte occidental del país, que se encontraban sujetas a la incesante acción devastadora de las entonces frecuentes y torrenciales aguas salvajes que, en su rápido movimiento circulatorio en las escasas tierras emergidas, ejercían su acción destructora con una energía incomparablemente superior a las aguas corrientes de nuestros tiempos.

Durante el Hullero toda la parte central y septentrional del país que hemos visto en la vía de emersión, probablemente desde a principios del Cambriano, había sido sometida desde entonces a un régimen completamente continental, del cual por desgracia no nos ha quedado vestigio alguno.

A la vez que esto pasaba en la parte N., en el S. se verificaba un fenómeno contrario y los océanos Atlántico y Pacífico, que circundaban por esta parte a nuestro territorio en aquel entonces, hacían una invasión en la masa continental de Norte América, constituyendo los depósitos de mar profundo de que hemos hablado en otro lugar, cuyos depósitos, compuestos de caliza compacta, encierran los restos del *Productus semireticulatus*.

El Triásico fué un período de hundimiento gradual que, midiéndolo por el espesor que conservan los sedimentos que a favor de dicho hundimiento se formaban en las langunas, pantanos y esteros de la Costa del Pacífico, debió alcanzar probablemente más de mil metros, pues en la actualidad pasan de 600 metros los sedi-

mentos triásicos de Sonora. Este hundimiento se verificaba en medio de lentos y cortos levantamientos frecuentemente interrumpidos, los cuales venían a modificar la naturaleza de los depósitos, intercalando areniscas de grano grueso y conglomerados en delgadas o gruesas capas, según la duración de las interrupciones.

La posición de las capas de la costa del Golfo de California y especialmente las del centro del territorio en Puebla y Oaxaca, están demostrando que, después de que se terminó su depósito han estado sujetas a un levantamiento entonces iniciado, y el cual, continuado en todos los tiempos desde entonces comprendidos hasta nuestros días, ha acabado por llevarlas a más de mil metros sobre el nivel del mar en el Estado de Puebla, y a más de dos mil en el de Oaxaca.

El Triásico fué un período de grandes pantanos y lagunas repartidas en las tierras bajas cerca o en las playas de los mares. El Jurásico está caracterizado por mares continentales y de agua profunda.

Algunas de las rocas jurásicas parecen haberse formado en aguas de poco fondo, en un mar interior. Después del gran período Triásico, el mar, que parecía haberse alejado para siempre del suelo mexicano, lo invade de nuevo.

Después del período Cretáceo el suelo estuvo sujeto a una inmersión continuada hasta terminar el Cretáceo Medio y las aguas se extendían incesantemente conquistando el dominio de la tierra firme, que gradualmente iba desapareciendo cubierta por las aguas de los dos océanos, que al comenzar el Cretáceo Medio se comunicaban uno con otro y habían cubierto ya casi todo el territorio de la República, en el cual se destacaban islotes numerosos formando un archipiélago.

Antes de terminar este período se inició un levantamiento general cuyo resultado fué la emersión, a principios del Cretáceo Superior, de casi toda la superficie que había sido cubierta por las aguas del Cretáceo Medio. El Cretáceo Superior fué una época de retirada del Atlántico, cuando tuvo lugar el plegamiento de las capas de calizas cretáceas, que del centro del país a las costas se iban ordenando en pliegues casi paralelos.

Al comenzar la Era Cenozoica el mar había abandonado por completo todo el centro pero no la región N. E. y S. E. El territorio tenía la forma de una península grande e irregular cuyo vér-

tice debía quedar en la América Central; el ancho era menor que el actual. La Península de la Baja California no había sido separada todavía del Continente. El Golfo de México, mucho más abierto y notablemente más irregular, se internaba más al O. y probablemente se unía al Pacífico por Guatemala.

Las Penínsulas de Yucatán y Florida se encontraban aún cubiertas por las aguas del mar.

Durante el Eoceno, en medio de oscilaciones verticales numerosas, tuvo lugar un levantamiento general del fondo del Atlántico, que ocasionaba la retirada de sus aguas y hacía que las conquistas del Continente se extendieran algo más hacia el Este.

Al concluir el Eoceno, las aguas del Atlántico, a causa de un hundimiento que tenía entonces su comienzo y debía continuarse en casi todo el transecurso del Mioceno, volvieron nuevamente a invadir, pero ya no en toda su extensión, las mismas regiones que habían ocupado en el Eoceno. En el Plioceno hubo varios levantamientos y hundimientos.

Fué, pues, el Cenozoico, una era de numerosas y variadas oscilaciones, de movilidad extraordinaria de nuestro suelo, de luchas incesantes que, después de muchas y diversas alternativas de importancia muy diferente, vino a terminar con el triunfo completo de la tierra firme o sea de las fuerzas continentales. (J. Aguilera). (Véase la carta geológica).

Así se demuestra nuevamente que, en lugar de las catástrofes geológicas de Cuvier, remedo de los días bíblicos inverosímiles, la tierra ha evolucionado lentamente, de acuerdo con la gran tesis de Lyell y los principios generales de la teoría de la evolución.

CONCLUSION GENERAL

Desarrollo gradual de la tierra.—Evolución de los Geosomas y de la inteligencia.—Historia Genealógica de la vida, su origen inorgánico y natural.—Descendencia del hombre.—No ha terminado la evolución del globo y sus habitantes.—Supervegetales, superanimales y superhombres futuros.—No se acepta el Reino Humano ni el Psicozoico.—Unidad de los Reinos y la Naturaleza terrestre y la celeste demostrada por la geología.—Geología y Cosmogonía.

La tierra se ha desarrollado gradualmente, por variaciones lentas y no mediante cataclismos. Los Geosomas, es decir, todos los cuerpos que se encuentran en la superficie (*soma*, cuerpo), minerales, vegetales y animales, así como la inteligencia, provienen de una evolución lenta, algunas veces interrumpida por mutaciones o variaciones rápidas individuales y locales. A partir de la obscura irritabilidad de lo inorgánico, que se observa en los metales (Bose), apareció poco a poco la sensibilidad y la inteligencia, reacción del medio interior muy diferenciado a las acciones exteriores, no habiendo nada en la inteligencia que no haya estado primero en los sentidos, según dicen la sana filosofía y la fisiología.—La vida es universal, el movimiento en el Infinito, y se manifiesta en la tierra por sus incesantes levantamientos y hundimientos, como de un ser vivo que se agita sin cesar, total y parcialmente.

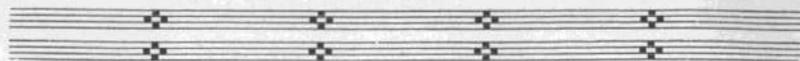
Se puede hablar de una fisiología telúrica como se habla de la orgánica, y el volcán, el mar, la atmósfera, etc., son sus agentes incesantes.

La genealogía de la vida se aclara más cada día y, según los experimentos de Plasmogonía, puede aceptarse que tiene un origen completamente natural, inorgánico, independientemente del tiempo, pues que lo son las leyes naturales. O bien se acepta que los primeros organismos se formaron con carbono, azoe, oxígeno e hidrógeno, unidos por causas físico-químicas para engendrar las moléculas albuminoideas, o bien se acepta que los coloides minerales, sílica y alúmina, debidos a la descomposición lenta de las rocas, se unieron a ciertas sales, especialmente fluoruros o silico-fluoruros, para producir cristalizaciones incompletas, que ya remedan notablemente, en el laboratorio, el aspecto y actividades de los seres microscópicos. Probablemente aparecieron en primer lugar los Protobios, más minerales que orgánicos, debidos a reacciones químicas. Los rayos solares ultravioletas producen la aldehído fórmica, el nitrosil y otros derivados que, en presencia de coloides inorgánicos, dan cristales imperfectos de metaformaldehído y otros compuestos, base probable de los primeros organismos, según las últimas investigaciones. (H.). El ácido carbónico del aire es el origen natural de la formaldehído atmosférica.

El hombre viene del Cosmos, de las fuerzas naturales, de una evolución secular, estando emparentado estrechamente con minerales, animales, vegetales y especialmente monos antropomorfos y

hombres-monos fósiles que establecen el encadenamiento necesario entre nosotros y los Primates.

La evolución no ha terminado y todo varía en la tierra, en la superficie, alturas y profundidades, y aunque hoy se encuentran los vegetales y animales más perfectos, si se comparan con los primitivos, los que se alimentan mejor, los que mejor crecen, andan, corren, vuelan, cantan o piensan; los más grandes, los más hermosos, los más complicados, esta evolución seguirá siempre hasta producir super-seres infinitamente más perfectos, circulando la misma materia de los paleozoicos a los futuros, sin individualidades o personalidades fijas y eternas. El conjunto es el que en realidad vive y evoluciona y el hombre no es más que un factor geológico, menos importante que los foraminíferos o las bacterias destructoras de montañas y formadoras de montañas.— El reino humano de los teólogos y el psicozoico, de los metafísicos, no tienen razón de ser y no han sido aceptados por los pensadores independientes. El único Reino aceptable es el terrestre, o más bien, el Cósmico, con sub-divisiones convencionales basadas en el concepto físico-químico de lo que existe.—La geología demuestra la unidad de los reinos terrestre y celeste y la Evolución de los Mundos es general e implica procedimientos de condensación y evolución semejantes, dentro de la unidad fundamental del Universo.—La Geología y la Cosmogonía se funden en la ciencia general del Eter o del electrón.



APENDICE

ADICIONES Y CORRECCIONES FINALES A LA "MINERALOGIA Y GEOLOGIA", LA "BOTANICA", LA "ZOOLOGIA" Y LA "BIOLOGIA Y PLASMOGENIA"

Aunque se debe comenzar la enseñanza de las ciencias naturales por la botánica, hasta llegar a la biología, después de estudiar la zoología y la mineralogía y geología, no fué posible seguir este orden durante la impresión de las obras. Se comenzó por la "Biología" y se concluyó con la "Mineralogía y Geología". Hoy están a disposición del público las cuatro obras terminadas y creo que deben estudiarse metódicamente, comenzando por la Botánica y siguiendo la Zoología. Ya con esta preparación se continuará con la "Mineralogía y Geología", que no sería posible comprender sin las anteriores, puesto que la descripción y conocimiento comparado de las floras y faunas de cada terreno es imposible sin las nociones de zoología y botánica.

Por último, ya enriquecido el alumno con estas materias podrá entender la Biología y la importantísima teoría de la Evolución.

BOTANICA

Geotropismo. Página 38 del texto.

La excitación geotrópica corresponde a una caída de los granos de almidón contenidos en las células de la punta de la raíz,

después de una hidrólisis seguida de fenómenos de ósmosis, es decir, de acciones mecánicas, químicas y físicas.

La transmisión de la excitación resulta del establecimiento de equilibrios osmóticos, de fenómenos físicos.

La reacción geotrópica proviene de curvaturas mecánicas y de modificaciones igualmente mecánicas. Las diversas fases del geotropismo constituyen una sucesión de fenómenos puramente químicos, físicos y mecánicos. No se necesita invocar propiedades biológicas particulares. (E. Zaepffeld. "Ann. Sci. Nat. Botanique". Tome V. n. 3-4. 1923, p. 188).

Haces fibro-vasculares, Página 41. Según H. H. Dixon ("Science". Marzo 7-1924. p. X), las haces vasculares de las plantas transmiten, sirven como los nervios de los animales para propagar o transmitir las excitaciones, probablemente debidas a hormonas. Cuando la punta de una planta se ilumina en un lado se transmite una excitación hacia abajo, a la parte no iluminada, determinando su encorvamiento.

Árboles notables. Página 59. Los japoneses consiguen reducir la altura de ciertos árboles por medio del cultivo, privando a la planta de alimentos, en macetas pequeñas, obligando a sus ramas a tomar formas extrañas. Producen así verdaderos monstruos, de un efecto curioso en los jardines, casi todos del orden de las Coníferas, Pinos, Tuyas, de más de un siglo, torcidos, achaparrados, apenas de 80 centímetros de altura.

Alimentación de las plantas. Página 99. Según la teoría de



Arbol enano japonés

Franck, admitida por todos, los árboles de los bosques se han acostumbrado a alimentarse por medio de los hongos de sus raíces; los filamentos emitidos por éstos toman el jugo nutritivo en el suelo, para el beneficio mutuo; el árbol no sufre por la desaparición de sus pelos radicales.

("Le Naturaliste Canadien". Agosto 1924. p. 45). Se asocian especialmente los pinos y los hongos del género *Boletus*.

Regeneración. Página 183. Según Loeb, sabio muerto recientemente y notable por sus ideas liberales y sus trabajos biológicos universalmente conocidos y estimados, una sencilla relación de masa puede explicar la regeneración en la planta llamada Bruja. Iguales masas de hojas aisladas hermanas producen, en igualdad de condiciones, aproximadamente iguales masas de brotes y raíces en la unidad de tiempo. La regeneración de una hoja aislada se explica porque el material disponible en la hoja para el crecimiento fluye normalmente en el tallo, donde sirve para el crecimiento de raíces, brotes y el mismo tallo. La savia contiene hormonas y probablemente vitaminas. ("Regeneration from a Physico-Chemical Viewpoint". By J. Loeb. p. 1-143. Mc Graw-Hill Books. New York. 1924). También se señalan hormonas en las esencias de las plantas.

Página 224, línea 31, dice: 2, léase 12.

Grupo de las Compuestas. Por haberse repetido una línea debe corregirse como sigue: (página 235).

Las Compuestas se dividen en tres Tribus:

- 1: Las Tubulifloras, cuyo capítulo está enteramente formado por florones.
- 2: Las Radiadas, cuyo capítulo comprende florones en el centro y lígulas radiantes en el contorno.
- 3: Las Ligulifloras, cuyo capítulo está formado enteramente por lígulas.

Pulque. Véase la Tesis: "Contribución al Estudio de la Acción Patológica del Pulque en el Organismo", por Gonzalo Armendáriz. Dirección de Estudios Biológicos. 1924, p. 1-87. Conclusiones muy desfavorables para los bebedores de pulque, experimentos en cuyes, formación de úlceras gástricas, lesiones en el hígado y el intestino, debilitamiento y degeneración. Herencias funestas. Estos resultados se deducen de experimentos hechos durante muchos años en la Dirección de Estudios Biológicos por el Dr.

Jorge Solís, el Dr. Armendáriz y otros. Debe sustituirse el maguey por diversas plantas, henequén, acacias y otras.

Chamal. Página 288. El Profesor Lozano y Castro dice que contiene mucha saponina y a ésta se deben atribuir los accidentes mortales que la ingestión de la planta produce en el ganado. También se atribuyen a la existencia de un alcaloide. La saponina es muy tóxica, sobre todo por su mezcla con derivados como el ácido quillaico.

Influencia de la altitud. Página 338. La flor se protege contra los rigores del clima de las grandes altitudes mediante un desarrollo muy grande de los tejidos llamados de protección, y sobre todo, por una adaptación especial de las epidermis. Las modificaciones anatómicas determinadas por la altitud son tanto más grandes cuanto que los tejidos considerados son más exteriores en la flor o en la inflorescencia. Los órganos de reproducción son los que menos se modifican. Todo en la planta concurre a su protección, a la uniformidad de las condiciones de su desarrollo y a su estabilidad. (M. Larbaud. "Climat alpin, morphologie et anatomie florales". "Annales des Sciences Naturelles". 10a. serie. París, 1923, p. 307).

Con la altitud aumenta poco la longitud de las células, su ancho aumenta más. La hoja se hace más corta y más ancha. El clima polar produce el mismo efecto. (J. Poitier. Les dimensions cellulaires des feuilles. Ibid. p. 339).

Influencia benéfica de la altitud. Ciertas variedades de caña de azúcar, incluyendo la forma "Badila", tipo muy afamado de Australia, estaban degenerando y se regeneraron cultivándolas a mayor altitud. (J. Costantin. "Nouvelle remarque sur le dégénérescence et l'altitude". "Annales des Sciences Naturelles". Botanique. París. 1923, p. 95. Según los estudios de Easterby).

Mutaciones. Página 355. Por medio del campo magnético obrando sobre el polen, A. Provano ha logrado mutaciones eléctricas de las especies botánicas. "La Mutazione elettrica della specie botaniche e la disciplina dell'eredità nell'ibridaciones". Ulrico Hoepli. Milano. 1922).

Hormonas. Página 384. Según J. Ferrua existen en las esencias. ("Les ormones dans le règne végétal. Contribution á l'étude des essences". "Bulletin de la Société Botanique de France". 1924. n. 3 y 4, p. 459). Ritter relaciona la actividad psíquica con

los excitantes o principios de activación. "Science". 1924, p. 215. Página 483, línea 21, dice: manzanillo, léase: Manzanillo.

ZOOLOGIA

Página 79. Glóbulos rojos. Véanse las nuevas ideas sobre estructura y composición de la sangre, glóbulos rojos y blancos. "Biologie Médicale". Julio-Agosto 1924. "Les Eléments figurés du sang", par H. Coutière. N. 6. p. 274, figs.

Página 90. Dice: sigmoides, léase: sigmoideas.

Página 101.

Mal de las Montañas. Vignerón. "La composition de l'haute atmosphère et l'origine des matières organiques". "La Nature". N. 2626, 2 de Agosto de 1924. p. 77.

Angeli y otros encuentran gases tóxicos, óxidos de ázoe, ozono, agua oxigenada, nitrito de amonio, que alteran la composición de la sangre y pueden provocar graves enfermedades y tal vez el mal de las montañas. Según sus experimentos, a 4.600 metros, el óxido de ázoe y el nitrito de amoniaco son los productos de descomposición del nitrosil, NOH, que es tan tóxico como el ácido prúsico. Con las aldehidas forma el ácido formhidroxámico. Baly, de Liverpool, hace pasar ácido carbónico en nitrato de potasio, bajo la influencia de la luz ultravioleta y obtiene ácido formhidroxámico. La formaldehida y el nitrosil dan alcohol nitrosometílico, que es el primer producto de la combinación fotoquímica del aire, el ácido carbónico y el agua. ("La Nature". Paris. 2 de Agosto de 1924. p. 78). Como diremos después, estas fotosíntesis son la base más aceptable de los primeros organismos y ya consigo en el laboratorio formas organoideas de metaformaldehida.

Será muy conveniente investigar en México si en realidad el aire contiene sustancias tóxicas, que pudieran influir en el hombre sano o enfermo o en ambos.

De inmensa trascendencia será esta investigación encomendada a la Dirección de Estudios Biológicos y que exige mucho tiempo y atención.

Pero en lo que se refiere al mal de las montañas, ocurre la objeción de que si fuera debido a estos gases tóxicos, no desaparecería con el reposo, y se puede estar toda la noche en Tlamacas, por

ejemplo, sin sofocarse. Los azufreros del Popocatepetl viven algunos días dentro del cráter y hay poblaciones asiáticas a inmensas altitudes.

Podrían existir mecanismos de defensa desconocidos, tal vez sustancias antitóxicas en la sangre, que neutralicen los venenos del aire.

¿Qué influencia tendrán éstos en la curación o atenuación de la tuberculosis, generalmente reconocida como menos mortífera en las grandes altitudes? ¿Acaso el bacilo tuberculoso morirá o se atenuará con el nitrosil, siendo éste, por lo mismo, y en ciertas dosis, un agente terapéutico de importancia?

Instinto e inteligencia. Página 197. Me informa el Sr. Profesor Leopoldo Kiel que en la obra de Hachet-Souplet "La Génèse des Instincts". "Bibliothèque de Philosophie Scientifique", se propone la *teoría recurrente del instinto*. Los animales proceden de acuerdo con impresiones anteriores coordinadas. Por ejemplo, las aves emigrantes comenzaron por sentir el invierno y lo fueron relacionando con diversos fenómenos, como la caída de las hojas que le precede, y después emigraron al retroceder en sus juicios y darse cuenta de la misma sucesión de fenómenos. En el estudio experimental que se hace del instinto ha podido llegarse a resultados estupendos. Por ejemplo, se ha enseñado a un perro a que espíe el momento en que su amo abandona la mesa, a sacarse el collar, a comerse un pastel, a buscar a un gato y sentarlo en la silla de su amo vacía, a ponerse el collar unido a su cadena, para que el gato sea castigado atribuyéndosele la desaparición del pastel. Se emplea el mismo procedimiento recurrente. El ilustre Pawlow hacía sonar una campana y daba comida a sus ratones, y a cada generación se necesitaba menos tiempo para que los animales relacionaran el sonido con la hora de los alimentos, hasta reducir grandemente el tiempo necesario, de lo cual se deduce la herencia de la aptitud a amaestrarse.

La familia de músicos Bach llegó a formar ella sola una orquesta y se transmitieron por herencia las facultades musicales hasta llegar a Juan Sebastián Bach, fundador del arte musical moderno (1685-1759). En nuestra patria se han heredado otras particularidades que sería bueno modificar por medio del cruzamiento con razas superiores, la importación de la cultura europea por medio del envío de nuestra juventud, como hacen los japone-

ses y argentinos, y la importación de profesorado extranjero, todo muy en grande y muy pronto. Con este fin obtuvimos del Senado que se aprobara una ley, para el envío de 3000 mexicanos cada año a los medios culturales extranjeros. De esta manera se modificaría la herencia de los malos instintos, sobre todo persistiendo en la empresa durante varios años, y así lo han hecho siempre los pueblos progresistas.

Origen de la música. Decimos en la página 205 que el amor, la unión de los sexos, fué el origen de la música. Víctor Hugo decía que el primer cantor fué el grillo, pero no debe olvidarse que existieron alacranes desde las más remotas edades paleozoicas (véase la "Geología"), anteriores a los insectos, y que producen una estridulación o ruido especial para la unión de los sexos. Este origen es menos poético y lo transcribimos a los desengañados del amor...

Página 260. Nota.

Toronto, (Canadá), agosto 26.—En su estudio definitivo sobre los famosos "indios blancos" traídos de América Central, los sabios y médicos británicos declaran formalmente que con toda sencillez se trata de "Albinos" y que la Asociación Británica no tiene en consecuencia ningún motivo para continuar sus investigaciones acerca de la pretendida raza.

El Dr. Shurubsall, uno de los sabios que examinó detenidamente a los sujetos en cuestión, afirma que la abuela de ellos era blanca, pero que sus padres eran cobrizos. "El albinismo es, en cierta medida, dice, un fenómeno o enfermedad hereditario. Y es muy posible en consecuencia, que el albinismo reaparezca cada dos generaciones. En todo caso no existe la pretendida raza, y los indios blancos son sencillamente "albinos" cuyo estudio no presenta ningún interés.

Sentimientos afectivos de los Ateles. Página 273. En el Museo teníamos una monita del país viva, muy cariñosa. Siempre que nos veía a gran distancia producía un grito especial de contento y buscaba la manera de que nos ocupáramos de ella, con verdadero empeño. Desgraciadamente nos regalaron otro ejemplar de Carita Blanca (*Cebus Hypoleucus*), más inteligente y activo, que pintaba rayas con un gis en una tabla y limpiaba vidrios con un lienzo húmedo, haciéndose notable por otros motivos. Para observarlo abandonamos al ejemplar mexicano, antes preferido del pú-

blico y obsequiado con dulces, que después servían solamente para el rival de Colombia. Sin darnos cuenta de los resultados de este abandono, se nos avisó, pasado algún tiempo, que la monita del país se había entristecido y no salía ya de su albergue, hasta que murió de marasmo, y al diseccionarla se le encontró el corazón muy hipertrofiado!

Bisonte europeo. Página 322. Según las últimas noticias hay solamente 56 ejemplares, que se salvaron de la hecatombe debida a la gran guerra. Existen 7 en Suecia. ("Science". Octubre 24 de 1924. p. 381).

Manatí y sus válvulas nasales. Página 323. En un ejemplar vivo, de gran tamaño, que tuvimos en el Acuario de Chapultepec pudimos observar que cada dos o tres minutos el Cetáceo saca del agua la punta del hocico, se destapan las ventanas de la nariz, aparecen las fosas nasales tubulosas y después de una espiración intensa seguida inmediatamente de una profunda inspiración, se tapan herméticamente dichas ventanas con obturadores del color general de la piel y que funcionan exactamente como las tapas circulares de un tintero.

Proviene del piso y parte anterior e interna de las fosas nasales, como repliegues de la piel. En las focas las narices se cierran con un esfínter, para que no penetre el agua. En la nutria no hemos observado ningún mecanismo especial. Las válvulas del manatí cierran de abajo a arriba y de atrás a adelante. No podría darse mecanismo más apropiado y seguro. Probablemente cuando el animal duerma funcionará automáticamente, subiendo y bajando la cabeza rítmicamente. Este animal vino de Frontera, Tabasco, obsequiado por el Gobierno local.

Quirotos. Página 377. El Profesor Celedonio Núñez, Explorador de la Dirección de Estudios Biológicos, envió ejemplares de quirotos, colectados en Guerrero y que fueron clasificados por el Profesor Cancino Gómez como *Bipes caniculatus*. Vivieron algunos días en tierra húmeda. No parecen Reptiles sino Anillados, lombrices de tierra, mostrando así un caso de convergencia o adaptación paralela en un Vertebrado que se asemeja a un Invertebrado por vivir en agujeros hechos en la tierra.

Metamorfosis del ajolote. Página 386. Véase. E. A. Spaul. La glande pituitaire et la métamorphose de l'Axolotl. "Proc. Zool. Soc. London". 1923-24. p. 657-659.

Hormiga león. Página 436. Las que encontramos frecuentemente en el Valle de México, en tiempo de lluvias, volando entre las humildes hierbas como diminutas y elegantes hadas, son el *Brachyneurus mexicanus*, según el Dr. Ruelas.

Línea 21 de la misma página 436. Dice: Heterócteros, léase: Heterópteros.

Página 523. Línea 5. Dice: Haekel, léase: Haeckel.

Vitaminas. Página 534. Los Doctores H. M. Evans y K. S. Bishop han extraído una vitamina de plantas alimenticias, que es indispensable para evitar la esterilidad. ("Science". LIX. No. 1516, p. XIV). Podría suceder que escaseara en los híbridos, poco fecundos generalmente.

Página 539. Línea 14. Dice: Pitencantropos, léase: Pitecantropos.

BIOLOGIA Y PLASMOGENIA

Página 17. Según Lamarek, que fundó esta ciencia a la vez que Treviranus, "se concibe que todo lo que es generalmente común a los vegetales y a los animales así como todas las facultades que son propias a cada uno de estos seres, sin excepción, debe constituir el objeto único y vasto de la Biología, porque las dos especies de seres que acabo de citar son, todos, esencialmente vivientes y son los únicos seres de esta naturaleza que existen en nuestro globo. ("Histoire Naturelle des animaux sans vertèbres". Paris, 1853. p. 49. Tomo 1.º.

Definición y divisiones de la Biología. Página 17. No es medicina. Según la "Enciclopedia Universal Ilustrada Espasa", tomo 8, página 909: "En su acepción más extensa, la palabra biología designa la ciencia que se ocupa en el estudio de todos los seres vivos en general, en contraposición a la abiología, que es la ciencia de los seres inorgánicos o minerales (recuérdese la opinión contraria que defendemos en esta obra, considerando la vida como universal). De este modo es la biología el conjunto de la *antropología*, la *zoología* y la *botánica*, con todas sus ramas y derivaciones. Generalmente se toma la palabra biología en un sentido mucho más estricto, incluyendo en esta ciencia solamente el estudio de la vida, de las condiciones necesarias para su existencia, de las leyes comu-

nes a todos los seres vivos, del origen de éstos, de sus relaciones entre sí y con el medio que les rodea. En este caso resulta la biología, en cierto modo, el complemento de la *morfología*, ya que ésta se ocupa principalmente en el estudio de la organización y estructura de los seres vivos, y no en el de su actividad como seres vivos. Es la biología considerada así el conjunto de una serie de ramas importantísimas de la HISTORIA NATURAL, entre las cuales figuran principalmente la *fisiología*, que estudia el funcionalismo de los diferentes órganos constitutivos de los individuos animales y vegetales, y las relaciones funcionales que entre ellos existen; la *ontogenia*, que se ocupa en las transformaciones por las cuales pasa el ser vivo desde que es engendrado hasta que llega a su forma adulta; la *filogenia*, que trata del conocimiento del origen de las formas animales y vegetales, apoyándose para ello especialmente en los datos proporcionados por la ontogenia y la *paleontología*; la *biogeografía*, cuyo objeto es el estudio de la distribución de los seres vivos sobre la superficie de nuestro planeta.

Modernamente se ha dado a la palabra biología otra acepción, quizá más limitada, designando con ella el estudio del género de vida de los organismos vivos en cuanto se refiere a su alimentación, habitación, sociabilidad, cuidado de la prole, costumbres, etc. Para esta rama de las ciencias naturales, sin embargo, es cada día más frecuente la denominación de *ecología*.

La expresión *biología* fué introducida en el lenguaje científico simultáneamente por Lamarck y Treviranus en 1802, independientemente uno de otro. Desde entonces el estudio de los problemas relacionados con la vida y de las leyes comunes a todos los seres vivos, ha venido a constituir hasta cierto punto una rama independiente de las ciencias naturales, rama que, sin embargo, de ningún modo puede considerarse desligada de las demás de la antropología, la zoología y la botánica, sino que, muy al contrario, es hasta cierto punto, el lazo de unión entre estas tres ciencias."

Como se ve, en esta definición de la Biología y explicación de sus divisiones ni siquiera se menciona la *Medicina*, rama muy especial de la Zoología, ya sea de una sección de ésta, la Antropología, o como *Veterinaria*, ciencia y arte de prevenir y curar las enfermedades de los animales. En rigor a ella pertenece la Medicina humana, puesto que el hombre es un animal del Orden de los

Primates y no hay razón para que se establezca una ciencia y arte especial para lo que se refiere a sus enfermedades, lo cual no quiere decir que la extensión de los estudios escolares sea actualmente igual en médicos alópatas y veterinarios, aunque estos últimos abarcan todo el Reino Animal.

¿Cómo se explica, entonces, que algunas sociedades de médicos se llamen de Biología?

Por un error o presunción se ha querido incluir la Biología en la Medicina, y nada es más ilógico, porque la medicina y la veterinaria, si las separamos siguiendo la costumbre, son ramas secundarias de la biología y deben incluirse en ésta, y por ningún motivo la gran ciencia de la vida universal debe estar controlada por médicos. Sólo a los naturalistas corresponde esta misión y sólo ellos pueden desempeñarla, ya que un médico no tiene ni los conocimientos ni la educación, ni la práctica de toda la vida indispensable para comprender y controlar la zoología y la botánica, con sus infinitas ramificaciones, nomenclaturas, detalles, y aun la mineralogía y geología, sin las cuales es imposible desarrollar la teoría de la evolución de las especies. Un médico podrá ser biólogo, como Haeckel, viajando, preparando ejemplares, clasificándolos, describiéndolos, enseñando muchos años las ciencias naturales. Improvisarse biólogo es imposible y sólo un joven estudioso llegará a serlo, hablando en términos generales y sin referirse a los ególatras, antipáticos sujetos, de los cuales debemos alejarnos a infinita distancia, limitándonos a buscar y amar la verdad, ya que los personalismos y pretensiones apenas si son disculpables en los niños. Y ante todo y sobre todas las consideraciones egoístas: *no debe equivocarse la clasificación de la Biología*, no hay que empequeñecerla sino dignificarla, generalizándola a toda la vida y no a una parte de ella, *y mucho menos a la vida enferma de una especie de animales*.

Invernación. Página 33. Según Schenk el letargo de los animales invernantes se debe a una débil reacción de sus glándulas endocrinas y no a variaciones en la cantidad de ácido carbónico de la sangre.

El sueño, según un artículo del "Scientific American" puede definirse como un estado periódico recurrente durante el cual se suspenden las actividades conscientes. La sangre y los tejidos se cargan de los venenos producidos durante la vigilia, los centros

nerviosos se paralizan con las toxinas, luego que comienza el sueño, la glándula tiroides produce una antitoxina yodada que elimina el veneno.

La vida latente de los Tardígrados no es una anhidrobiosis absoluta, no queda enteramente abolido el metabolismo. (H. Baumann. "L'Anabiose des Tardigrades". "L'Année Biologique". 1923-24. Tomo IV. p. 106.

Transplante de ojos. Página 49. Trapasonzeva, en 80 casos ha transplantado ojos de rana, con buen éxito. Véase: W. Roux. "Archiv. f. Entwicklungsmechanik der Organismen". Leipzig. 1907. Regeneración en insectos, salamandras, etc.

Figuras de vibración. Página 59. Guéhard presenta figuras o diagramas fonoscópicos, cantando sobre una superficie de mercurio. ("La Nature". Paris. 1880. p. 76. figs. Girard. Ibid. p. 308).

Formas y movimientos. G. Bohn, no obstante los injustos ataques que hizo a la plasmogonia, diciendo que no podía nacer en lugar de clima tropical y enervante, que era el de la Ciudad de México (!!), asegura que hay paralelismo notable entre el dominio de las formas y el de los movimientos; los mismos factores intervienen en ello, obran en el mismo sentido, y se reducen, sobre todo, a cuestiones de física. (Mary. Initiation á la Physique de la Vie. "Homo". Bruxelles. 2e. année, p. 307).

La ilusión de la personalidad. Página 64. También Maréchal dice que cometemos un error grave cuando nos consideramos como individualidades espontáneas, pues no somos, por decirlo así, mas que una etapa de un ser en vía de evolución dinámica. (Juan Maréchal. "La valeur du rationalisme et la conception positive du monde". "Homo". Bruxelles. 2e. année, p. 299).

El quantum de energía. Página 36. Existe un mínimo insecable de energía, el quantum, y en todos los fenómenos los cambios de energía se hacen por múltiples enteros de este quantum. (Olmer. Les atomes. "La Science moderne". 1923. p. 24).

La vida de los átomos. Página 90. Véase la obra de A. Bourtarié. "La Vie des Atomes". Bibliothèque de Philosophie Scientifique". Paris. Flammarion.

Los electrones. Página 91. Véase la obra del laureado R. Á. Millikan. "The Electron". The University Chicago Press. 1924. Aisló los electrones en gotitas de aceite suspendidas entre dos vidrios.

ESTRUCTURA SUB-MICROSCOPICA DE LA MATERIA

Unidad material	Orden de tamaño	Orden de complejidad	Modo de observación
Protones	10—9 dobles micras	0 ?	Rayos positivos y partículas del radio.
Electrones.	2 x 10—6 dobles micras	0 ?	Campo eléctrico.
Átomos.	0.1—2.0 dobles micras	1	Espectrómetro para rayos X.
Moléculas	0.5—5.0 dobles micras	2	Espectrómetro para rayos X.
Grupos moleculares.	1—10 dobles micras	3	Difusión y ultramicroscopio.
Partículas coloidales primarias.	2—20 dobles micras	4	Difusión y ultramicroscopio.
Id. secundarias.	5—100 dobles micras	5	Difusión y ultramicroscopio.
Partículas que se ven con microscopio.	más de 250 dobles micras	6	Microscopio.
Partículas vsibles.	cerca de 10 dobles micras	7	Ojo.
Vía Láctea, diám. Protones, diám.	10 ²¹ c.m. 10—10 ¹⁶ c.m.		300,000 años de luz.

Según J. Alexander.
"Colloid Chemistry", p. 10.

Página 100. Línea 6. Dice: Uncinista. Léase: Ucinista.

Cometa de Biela. Página 104. Fué descubierto en 1826. En 1846 se dividió en dos fragmentos, que iban juntos y se cree que, en 1859, se fragmentó, produciendo tal vez, las lluvias de estrellas errantes del 27 de Noviembre; en 1872 y 1885. ("La Nature". 10 de Mayo de 1924). El cometa de Gambart es el de Biela, descubierto en 1772 por Montaigne; lo vieron en Bohemia el astrónomo Biela, y Gambart en Marsella. ("Enc. Espasa". T. 14. p. 651).

Afinidad química. Página 108. Parece medirse por el trabajo necesario para unir o separar los iones. Las combinaciones, la valencia, la formación de las moléculas se deben al deslizamiento de partículas electrizadas del átomo, su agrupación en 8 electrones, etc. (P. N. Nicolardot. "L'Etat actuel de la chimie", p. 35. "La Science Moderne". Paris. Enero de 1924, p. 35).

Página 109. Línea 25. *Los átomos son torbellinos*, léase: los átomos primordiales o electrones.

Evolución en la superficie de la tierra. Página 115. Se discute en estos momentos el movimiento de los continentes. (P. Fermier. "La dérive des continents". "Rev. Sci.". 10 mai 1924, p. 259). Créese que se deslizan lentamente.

Alfredo Wegener, geógrafo alemán, tuvo la idea, en 1912, de una movilización más grande de los continentes. Los ha desenraizado y los compara a los maderos o pontones que flotan en los puertos o bien a los hielos flotantes. El bloc Europa-Asia-Africa estaba soldado antes al bloc América, se hizo una grieta, gradualmente ensanchada porque en su derivación hacia el oeste el bloc América iba más aprisa. Esta grieta, de 2.000 a 6.000 kilómetros, es el Atlántico. Se sigue alejando América de Europa. Las islas la siguen con menor velocidad. Esta teoría es, cuando menos, de una grandiosidad estupenda. Ya Huxley había dicho que los continentes viajan en la superficie de la tierra. Véase la página 135.

Unidad de las plantas y los animales. Página 166. Se ha encontrado que la diabetes no es enfermedad exclusiva de los animales, pues se presenta en las plantas. El Dr. W. H. Eyster, de la Universidad de Missouri, ha descubierto plantas de maíz enfermas de diabetes. Pudo tratarlas con insulina obteniendo buen éxito. Producían azúcar en exceso y la asimilaron mediante la insulina. ("Science". Enero 25 de 1924, p. XXII).

Composición química de los plasmodios de *Fuligo varians* (*Aethalium septicum*), según Lepeschkin. ("Année Biologique"). 1923-24. p. 131).

Agua 82,26%.

Materia seca 17,4.

De ésta 40,7% es soluble en agua. Sustancias minerales, 2,2%; monosacáridas, 14,2%; albúminas, 2,2%; aminas, purina, asparaguina, etc., 24,3%; 59,3% son insolubles, a saber: núcleo-proteínas 32,3%; ácidos nucleicos, 2,5%; globulina, 0,5%; lipopro-

teínas, 4,8%; grasas neutras, 6,8%; fitoesterina, 3,2%; fosfatidos, 1,3%; diversos (materias colorantes, resinas, etc), 3,5%; sustancias minerales, 2,2%. Esto demuestra que en los plasmodios y los leucocitos las proteínas nucleares desempeñan un papel importante.

Falta saber si los coloides inorgánicos existen en proporción suficiente para que tengan una influencia apreciable sobre la estructura y las funciones del protoplasma, lo que me parece muy probable. (H.).

Según Le Breton y Schaeffer, el ácido nucleínico es el único constituyente específico del núcleo y contiene ácido fosfórico, bases púricas, pirimídicas y un hidrato de carbono. La relación núcleo-plasmática varía según el estado de desarrollo, la síntesis de las materias nucleares se hace menos pronto que la del citoplasma. ("Rev. Scientifique". 1924, p. 312).

Emulsión protoplásmica. Página 182. Véase la teoría y diagrama de las moléculas orientadas.

Estructura del protoplasma. Página 183.

J. Kunstler et F. Prévost. La matière vivante. Organisations et différenciations. Origines de la vie. Colloïdes et mitochondries. 1 vol. in 8.º. 253 p. 82. fig. Masson & Cie. Paris, 1924.

Se refiere especialmente a las granulaciones o mitocondrias.

Niegan que el protoplasma tenga solamente una estructura molecular invisible como quiere Henneguy y dicen: "no es plausible que la gran cantidad de reacciones, infinitamente más complicadas que la de una doble descomposición, que tienen su asiento en la célula, se verifiquen en una especie de medio homogéneo y sin organización (p. 44), lo que yo he expuesto también. Agregan que la materia viviente se compone de vesículas o periesférulas que existen en realidad en las células y me parece que corresponden a los alveolos de Bütschli y los que se forman en la cristalización incompleta en presencia de un coloide. Estas vesículas existieron al principio como seres primordiales. Lo mismo decía Oken en 1802 (página 344 de esta obra). Afirman también Kunstler y Prévost que por doquiera y siempre la materia viviente tiene una estructura y la vida sólo existe allí correlativamente a su organización.

La mayor parte de las estructuras que presentan los autores en sus dibujos y microfotografías muestran gran cantidad de

corpúsculos que considero como *Micrococcus* y que producen estructuras iguales durante la coagulación de la siliza y otros coloides y se agrupan en series regulares al cristalizar imperfectamente el carbonato y fluoruro de calcio y otras sales en un medio coloidal.

Superficie total de los gránulos coloides. Según Lumière corresponden a 1 cm₃ y hay error de un millón en los cálculos de Chwolson. La suma de superficies de los gránulos en 1mm₃ es sólo de 0.7 mm₂, sea 700mm₂ por cm₃, en vez de 625mm₂ y no metros. ("Rôle des colloïdes chez les êtres vivants". 1921, p. 18).

Anafilaxia. Página 215. Sus accidentes se deben a la floculación de los coloides del organismo, según Lumière. 1. c. p. 215.

Vitaminas. Página 219. La Vitamina A fué aislada por Takahashi y Kawakami. Tiene carbono, oxígeno e hidrógeno; no contiene ázoe. Se considera como catalizador. ("Science". Septiembre 12-1924. p. X.). Parece que el manganeso es la base de algunas vitaminas. "J. S. McHargue. "Science". 58. (1923), No. 1497, p. 186).

El Prof. Eddy ha extraído la vitamina cristalizada D de la levadura. Tiene 42% de carbono, 25% de ázoe, 8% de hidrógeno, 24% de oxígeno (?). Se funde a 830°. Se ha extraído la vitamina A del aceite de hígado de bacalao. Es cristalina, aldehídica. La B es un pierato. Las e y X no están aisladas.

Obras acerca de la célula. Página 225. Citaré dos que he adquirido últimamente y deberá consultar el profesor interesado en el asunto:

E. B. Wilson. "The Cell in Development and Inheritance". Second edition. New York. 1922. p. 1-483. 194 figuras. Generalidades, división, células germinales, organización, química y fisiología, división y desarrollo, herencia. Como la mayoría de las obras americanas elude las cuestiones filosóficas.

Lo mismo que el autor niega que las diferencias de coloración indiquen las de composición química. Por ejemplo, en los cartílagos el núcleo y la matriz intercelular se tiñen intensamente con el verde de metilo aunque difieren mucho químicamente. Además, la coloración varía según el fijador y otros tratamientos.

General Cytology. Libro de texto sobre la estructura celular y sus funciones, para estudiantes de biología y medicina. Por Chambers, Lillie, Morgan y otros especialistas. Editada por E. V.

Cowdry. Chicago, Ill. 1924, p. 1-754. Notable colección de monografías escritas con gran competencia por especialistas americanos. Química, permeabilidad, reactividad, estructura física del protoplasma determinada por microdissección e inyección, mitocondrias, conducta de las células en el cultivo de los tejidos, fertilización, diferenciación, teoría cromosómica de la herencia, teoría mendeliana en sus relaciones con la citología.

Fundadores de la Plasmogamia. Página 233. Melsens, en 1851. Inyección de aire en clara de huevo, producción de exágonos celulares.

Buffon. 1707-1788. Chicharos secos comprimidos y luego humedecidos, para imitar los exágonos de las abejas y las células.

Origen de la vida. La explicación más probable. Figuras orgánicas de metaformaldehído. Página 290.

En la página 290 y siguientes copiamos los últimos datos sobre fotosíntesis. Ahora bien, dada la importancia del asunto, conviene recordar la historia respectiva.

En la "Revista Chilena de Historia Natural", del 7 de Agosto de 1905, y en las "Memorias de la Sociedad Científica A. Alzate" de México, tomo 23 (1905), p. 3, propuse la teoría fotosintética del origen de la vida, hoy admitida por Allen, Church y Baudisch y algunos otros. Dije que las albúminas podrían considerarse como medios o atmósferas condensadas, en el artículo "Teoría de la plasmogénesis por combinaciones de los iones bajo la influencia del sol". La vida química sería una especie de imitación de la plasmogénesis, llenándose así la condición de unidad fundamental de origen y funciones, en todos los organismos y tiempos.

Con esta tendencia hice experimentos referidos en dichos trabajos, tratando de organizar soluciones nutritivas. Dije que "debió aparecer primeramente un cuerpo reductor, como las aldehidas, derivado del ácido carbónico, y que se asociase con el producto de sus reacciones (p. 177 de las "Mem. Soc. Alzate", 1. c.). Contemplando una planta verde bañada por el sol no puede evitarse la preocupación de que la fotosíntesis es la base de la biogénesis y la plasmogénesis, pues allí está formado por síntesis el almidón y otras sustancias orgánicas". Hice experimentos que refiero en la revista "México Médico". 1905, p. 169. En un artículo especial sostuve las mismas ideas: "La fotosíntesis artificial, el origen de la vida". "Revista Chilena de Historia Natural" n. 4, 1904,

p. 179 y 236-237, diciendo que "el sol, más caliente cuando se formaron los mares, debe haber sido el creador de los proto-organismos y quizá lo es aún". Estas predicciones tienden a confirmarse hoy, después de 20 años, pues en aquella época, no disponiéndose de las lámparas de mercurio, me fué imposible sintetizar la materia orgánica con soluciones asoleadas, pero debe constar que propuse y defendí esta explicación.

Ultimos resultados. En vista de que la cantidad de formaldehído producida con la lámpara Lab-Are es insignificante, quise producir algunas imitaciones de células por medio del formol comercial o solución de formaldehído, sin resultado, pero casualmente observé la formación de un depósito pseudo-cristalino y abundante en un vidrio de reloj grande, que se llenó de formol, esperando que sus emanaciones endurecieran una imitación de células exagonales macroscópicas lograda inyectando gas en gelatina glicerínada. Este depósito se componía de metaformaldehído o trioximetileno, que se prepara también haciendo pasar ácido sulfhídrico sobre formalina: da un líquido aceitoso, turbio, de olor de ajo, que cristaliza al agregar ácido clorhídrico. Estos cristales son de sulfaldehído metílico, $C_2H_2S_2$ que nace así: $C_2H_2O_2 + 2SH - H_2O = C_2H_2S_2$, cuerpo que se polimeriza para formar el derivado tricondensado que responde a la trioximetileno:



Cuando se abandona la solución aldehídica a sí misma se polimeriza espontáneamente y parece susceptible de formar muchos polímeros, siendo el más importante la trioximetileno, que también se forma calentando directamente el ácido glicólico a más de 200°. Es un cuerpo cristalizado, fusible a 153°. Por volatilización se transforma en aldehído metílico. Por desecación de solución de formaldehído en presencia de ácido sulfúrico se produce la trioximetileno y muestra al microscopio interesantes cristales imperfectos con aspectos celulares, granulados, amiboideos, nucleados, en división, con filamentos entre los núcleos, etc. Véase la figura.

Apenas iniciada esta nueva serie de experimentos, se comprende su importancia y que abren un amplísimo horizonte, pues siendo la formaldehído la base de la síntesis orgánica en la célula y aún en el laboratorio, según vemos en el esquema de Baudisch

(página 290), es posible que se puedan preparar importantes imitaciones de las células, quizá iguales a las naturales, variando los estados moleculares de la sustancia empleada, aldolizándola con agua de cal, combinándola con el amoníaco, haciendo que se active y reduzca los nitratos, hasta llegar a la formaldoxima, las bases pirrólicas, los amino-ácidos y aun los nucleoproteídos. Y no se crea por esto que abandonamos la teoría silícica: en la formaldehído común existen vestigios de siliza, que influyen seguramente en la producción de las pseudo células, obrando como coloides antagonistas y deben seguirla en todas sus evoluciones.

Importancia de estos resultados
(Véase la figura)

En primer lugar producimos así nuevas imitaciones celulares, por cristalización imperfecta, a partir de materias inorgánicas, del ácido carbónico del aire reducido por los rayos ultravioletas, aunque para comodidad de los experimentos nos valemos de la formaldehído industrial y no de la fotosintética. En esta forma sí es aceptable la antigua teoría orgánica de la célula, pues no se hace provenir de albúminas o nucleoproteínas que a la vez serían origen de sí mismas, sino que partimos de un gas del aire, considerado generalmente como inorgánico, el ácido carbónico. Luego no intervienen factores sobrenaturales ni hay cita de sustancias para producir la vida en determinado lugar, produciéndose la formaldehído en todos los tiempos y comarcas, especialmente en las épocas geológicas en que abundaba el ácido carbónico y en las grandes altitudes donde los rayos ultra-violetas son de unas 200 dobles micras.

Además, este procedimiento es el mismo que emplean las plantas verdes para sintetizar la materia orgánica, según la teoría de Bayer, y así quedaría completo el ciclo de la síntesis dentro y fuera del organismo, complicándose las transformaciones químicas en los animales, parásitos del reino vegetal.

La polimerización y cristalización imperfecta de la formaldehído por simple desecación nos hace presumir que los primeros organismos no se formaron, como dicen Allen y Church en el mar, sino, probablemente, en lugares húmedos, donde una solución for-

maldehídica se concentró y produjo por evaporación la metaformaldehida y sus derivados. Esto lo resolverán los experimentos ulteriores que tenemos proyectados.

De todas maneras, contamos ya con pseudo-formas artificiales de materia orgánica silícica, de origen natural, que no presupone la inverosímil existencia de materias orgánicas y organizadas anteriores, y tiende a destruir los dogmas de la antigua biología.

EL GRAN PROBLEMA DEL ORIGEN DE LA VIDA SE ACERCA A SU DEFINITIVA SOLUCION.

Partenogénesis. Página 306. J. Loeb. Développement parthénogénétique des oeufs dans l'ovaire du Cobaye. "L'Année Biologique". 1923-24. Tome IV. n. 2-3, p. 103. 30 casos producidos por embarazo extrauterino experimental.

Concepto del Universo. Página 314. El Prof. F. R. Moulton, de la Universidad de Chicago, dice que el Universo no solamente es infinito en extensión, sino que tiene un número infinito de cada tipo de unidades cósmicas; la masa total es infinita, no hay centro ni posición absoluta en él y puede tener una duración infinita en el pasado y en el futuro. Es infinito en el espacio y en el tiempo y todos los fenómenos son en general cíclicos. ("Science". vol. LIX, No. 1517, p. 88).

INMENSIDAD DE LA BOVEDA CELESTE

Extracto del interesante artículo de Emile Belot

(*Scientific American Monthly*.—XII 1920).

La luz viaja con una velocidad de 186.000 millas, es decir, aproximadamente 300.000 kilómetros por segundo.

Un rayo de luz requiere los tiempos abajo indicados para ir de uno a otro de los planetas y estrellas siguientes:

Del Sol	a la Tierra	8m	18s.
De la Tierra	a la Luna		1s. y fracción.
" "	" a Marte	4m	20s.
" "	" a Júpiter	35m	—
" "	" a Saturno	1h	10m
" "	" a Urano	2h	30m
" "	" a Neptuno	4h	—

Entre Marte y Júpiter este rayo pasaría más de mil planetas pequeños durante un tiempo de 15 minutos. Encontraría muchos cometas sin colas, simplemente cuerpos corpusculares.

El Sol continuaría siendo nuestra gran estrella, y el centro de atracción hasta que el rayo hubiese viajado más de 2 años. Durante el tercer año entramos a la constelación de Centauro.

Cuatro años después llegaríamos a la estrella doble conocida con el nombre de "Alpha de Centauro".

Entre la primera y la tercera centuria de su viaje, la luz de nuestro rayo atravesará la nebulosa de "Orión", "El Cisne" y algunas más.

Después de 60 siglos de viaje habremos encontrado varios millones de estrellas y planetas.

Al fin de este viaje preliminar nosotros apenas habremos llegado a la extremidad de la "Vía-láctea."

Necesitaremos más de 560 siglos, viajando siempre a una velocidad de 300.000 kilómetros por segundo, para atravesar esta "Vía-láctea". Por consiguiente hemos viajado más de 600 siglos para llegar a la extremidad más lejana de la "Vía-láctea."

Después de 200.000 años estaremos en la nebulosa "Delphinus" que aparece estar en los confines más apartados de una de las "espirales" de esta maravillosa "Vía-láctea."

Aquí podremos admirar algunas "masas globulares", cuyo volumen equivale al de 30.000 a 100.000 soles, como el que nos alumbra, formando una masa.

¿Qué hay más allá otros Universos diferentes del nuestro? Otras "Vías lácteas?" Si todavía seguimos nuestro viaje, encontraremos la nebulosa de "Andrómeda" después de 5.000 o 6.000 siglos, de viajar a 300.000 kilómetros por segundo.

Evolución de la materia. Página 323. Línea 30. Se tiende a sustituir la antigua explicación de la evolución por medio de las vibraciones con la teoría de la radio-actividad y desintegración atómica.

Constitución y diámetro de las estrellas. Página 324. Según el Dr. Harlow Shapley, del Observatorio de Harvard, muchas de las estrellas de las Nubes de Magallanes exceden a Betelgeuse y Antares y se acercan al diámetro de la órbita de Júpiter (966.600.000 millas), "Science". Vol. LX. n. 1549. p. XII.

Una estrella veintisiete millones de veces mayor que el Sol
Correspondencia de la Prensa Asociada

CHICAGO, diciembre 29.—Un descubrimiento científico del profesor Alberto A. Michelson, de la Universidad de Chicago, ha ha venido a dar nuevas luces sobre los mundos desconocidos del espacio y a abrir amplio campo de nuevas investigaciones.

Hasta ahora se podía conocer la distancia a que se encuentran algunas de las estrellas más cercanas, por la medida de sus paralajes pero no su tamaño. El profesor Michelson ha descubierto ahora un aparato que permite medir el diámetro de las estrellas por el sistema de interferencias. Por medio de él ha podido estudiar la estrella Alpha Orionis, conocida también con el nombre de Betelgeuse, de la constelación de Orión, con resultados pasmosos. Resulta que Betelgeuse tiene un diámetro trescientas veces más grande que el del sol, o sea casi tan grande como la órbita del planeta Marte; o para ser más explícitos, que Betelgeuse tiene un diámetro de 260.000,000 de millas (416 millones de kilómetros). Comparada con el sol su volumen sería veintisiete millones de veces mayor y si estuviera colocada respecto de la Tierra a la distancia a que se encuentra el sol, su superficie brillante cubriría todo nuestro firmamento visible. Para igualar a Betelgeuse en tamaño, necesitaría ser la Tierra trillones de veces más grande.

Betelgeuse es la estrella más al Norte de la constelación de Orión y la más brillante cuando está visible. Su distancia de la Tierra es de alrededor de 150 "años de luz", o sea que la luz que hiere vuestra pupila al mirar a Betelgeuse partió de aquella estrella hace 150 años a una velocidad de 186,000 millas por segundo.

Aumenta de tamaño la estrella "Betelgeuse"

Según las noticias últimamente recibidas en el Observatorio Astronómico de Tacubaya, acaba de descubrirse que la estrella rojiza de nombre "Betelgeuse, perteneciente a la constelación de Orión, es una estrella variable en tamaño y magnitud; cosa ésta que parece haberse comprobado según las observaciones practicadas en Victoria, Canadá, hace poco tiempo.

En efecto, en tal sentido el director del Observatorio de Ta-

cubaya tiene en su poder datos proporcionados por el servicio "Science", y según los cuales la estrella "Betelgeuse" ha variado considerablemente de tamaño, desde la fecha en que se la midió por primera vez con instrumentos especiales en el Observatorio de Mount Wilson, California, hasta hace poco que fué calculado su diámetro en el Canadá, resultando una diferencia que no podía ser mayor, pues asciende a un sesenta por ciento sobre el resultado de los primeros cálculos.

Los cálculos que fueron hechos

La estrella "Betelgeuse", de la constelación de Orión, fué—según tuvo a bien informarnos el director del Observatorio de Tacubaya—la primera a la que se le midió el diámetro hace tiempo por medio de instrumentos contruídos especialmente, en el Observatorio Astronómico de Mount Wilson, California, (E.E. U.U.), obteniéndose entonces de los cálculos hechos, un valor de 390.000,000 de kilómetros para diámetro de la estrella; es decir, que dentro de ella cabrían nuestro Sol, y los planetas Mercurio, Venus, la Tierra con su satélite la Luna, a las mismas distancias que tienen entre sí, y casi podría caber la órbita de Marte, tal es la enormidad de esa distancia apreciada en cálculos.

Posteriormente y según las noticias últimamente recibidas sobre el particular, en el Observatorio de Victoria, Canadá, se midió nuevamente la estrella "Betelgeuse" con un reflector de 72 pulgadas; resultando por este cálculo, que el diámetro que ahora presenta es de 640.000,000 de kilómetros; o sea un sesenta por ciento de aumento sobre los cálculos hechos primitivamente. Es decir que la estrella mencionada ha aumentado en su tamaño y magnitud.

Como dato complementario, el ingeniero Gallo nos informó que la luz que proviene de la estrella "Betelgeuse" tarda en llegar a la tierra no menos de doscientos años, y que si se acepta el valor de los cálculos últimamente hechos en el Observatorio canadiense arriba mencionado, su distancia sería de 325 años de luz; es decir, que estaríamos actualmente viendo a la estrella, con la luz que emitió hace igual número de años.

Página 327. Línea 34. Agréguese: Protozoarios.

La evolución de los minerales. Página 334. Véase el importante folleto de F. W. Clark. "The Evolution and Desintegration of Matter". U. S. Geological Survey. Washington. 1924. p. 51-86. figuras.

Página 345. Lamarck. "Cuando en los hombres se encarna un grave pensamiento, un firme intento, una aspiración noble y legítima, los contornos del hombre se desvanecen en los espacios sin confines de la idea."

Falta de alimentos. Ley de Malthus. Página 372. Según W. Thomas, Secretario de la Acción de Auxilios de los Cuákeros, hay actualmente más de 3.000.000 de niños hambrientos. (Junio 12 de 1924).

Página 373. Línea 18. Dice: organismos, léase: organismos animales.

Adaptación. Página 407. Según B. Anthony "Les Mammifères aquatiques" ("Revue Scientifique", 1924. p. 325), la adaptación de los peces se explica por la acción que ha ejercido directamente el medio sobre el soma, según la teoría Lamarquiana.

Evolución del caballo. Página 421. El *Plesipus* debe considerarse como el caballo primitivo. Tenía vestigios de un quinto dedo, siendo intermedio entre el *Pliohippus* y el *Equus*. Según el Dr. Matthew ("Science", Octubre 24 de 1924. p. XII).

Transformaciones de la Artemia salina. Página 422. Según el Ph exterior adquiere los caracteres de *Artemia arietina*, *Milhauseni* o *Koppeniana*; todas estas formas son reversibles e inestables, dependientes de la concentración de los iones de hidrógeno. Según el Dr. A. Labbé. "Une conception de l'adaptation: l'allélogénèse." ("Revue Scientifique", 1924. n. 10, p. 296).

Semejanza entre el mono y el hombre. Página 431. La semejanza desde el punto de vista patológico es tan grande que el Instituto Pasteur ha establecido una granja para monos en la Isla de Los, cerca de Konakri, en la Guinea Francesa, para experimentos médicos. ("Science", Vol. LX, n. 1552, p. 290 y "La Na-

ture". Paris. Octubre de 1924). Esta semejanza quedaría completamente demostrada si se obtuviesen híbridos de monos y hombres, como ya se ha indicado por el autor de esta obra y por otros autores, oponiéndose a ello las habituales preocupaciones religiosas, que temen el resultado de esta prueba.

El dogma del instinto y los errores de Fabre. Página 450. Confirmando Ferton lo que dice Peckman, asegura haber observado avispa que no pican a las arañas aunque fingan hacerlo y éstas huyen o andan llevando consigo el huevo de la avispa. Tratan de evitar el ataque de la avispa y hacen hasta dos agujeros a sus nidos para escaparse en el momento oportuno. Además, hay arañas que soportan el huevo y la larva del enemigo y no intentan quitárselo, aunque están medio devoradas. Por tanto, el objeto del piquete paralizante es dudoso y obscuro.

El rejuvenecimiento y la Ciencia. Página 465. Es bien conocida ya la importancia fundamental que un funcionamiento glandular perfecto tiene sobre el estado fisiológico individual, así como las experiencias que fundadas en este principio han logrado los médicos, especialmente el doctor Voronoff.

Aparte del método especial del célebre médico ruso, los fisiólogos encuentran que el fenómeno de la vejez es inalterable, es decir, que la naturaleza no puede volver sobre sus pasos; la vejez y la muerte son fatales. ¿Pero cuáles son las causas de la vejez y la manera de retardar sus efectos? Después de quince años de una investigación continua, el sabio profesor Julio Amar, de la Academia de Ciencias de París, ha encontrado que para hacer vivir largo tiempo a los pequeños animales, "los infusorios", basta colocarlos en un medio adecuado de soluciones nutritivas y asépticas.

Ya en 1918 el sabio francés mostró ante la Academia de Ciencias que las celdillas se multiplican como los infusorios. Después ha observado que toda materia viviente o protoplasma no envejece sino coagulándose y perdiendo su agua de constitución. Por ejemplo, ciertas sales de calcio, de magnesio, los alcoholes y las toxinas microbianas o de fatiga, determinan la coagulación protoplásmica. Aglomeran poco a poco los elementos de la celdilla y le quitan el agua. Esto es palpable en la comparación entre organismos de diferentes edades. Los más viejos contienen el agua en pro-

porción decreciente y los agentes coagulantes en proporción creciente.

Así, pues, el paliativo ante esta situación consistiría en detener la marcha de la coagulación y, por lo tanto, de la vejez, neutralizando las fuerzas que la producen, y así se ha llegado por el examen de las numerosas sustancias a encontrar las sales anti-coagulantes del protoplasma, o sean las de sodio en la proporción de 2 a 3 por mil.

La solución Amar, que lleva ya el nombre de su inventor, ha dado los resultados siguientes:

Un nervio gástrico de conejo ha sido conservado tres meses en esta solución y el nervio conserva todas las propiedades de un nervio vivo. En corazones de rana se obtiene el mismo resultado. Trabajan durante dos o tres horas como si formaran parte del organismo del animal. Las ramas, hojas y flores permanecen tan frescas como si estuviesen plantadas. El doctor Amar ha probado también que los tejidos se conservan intactos, es decir, no envejecen cuando se les trata por una solución anti-coagulante de protoplasma.

La conclusión de estos trabajos de laboratorio es que vamos hacia una higiene de alimentación y de trabajo que disminuirá las causas del envejecimiento de los tejidos y prolongará la vida.

Las experiencias del doctor Voronoff y de Steinach y el bello descubrimiento del doctor Amar nos permiten abrigar la ilusión de que será posible detener por mucho tiempo nuestra vejez, conservando nuestros órganos en un estado relativo, de juventud.

Mecánica del desarrollo. Página 468. Según Giglio-Tos (Études sur la mécanique du développement. 3e. part. Effets des membranes de l'oeuf. "L'Année Biologique". 1923-24. T. IV, p. 222): la segmentación se hace bajo la influencia de la membrana de fecundación que determina presiones recíprocas. Cada caso se reduce a un problema de geometría de tres dimensiones, lo que también se deduce de los experimentos de H. acerca de las células gaseosas.

Mecánica de la célula. Según Nic. Koltzoff ("Science" Junio 6 de 1924, p. 497, la célula tiene un esqueleto y consiste en una gota de protoplasma líquido o hidrosol y de un esqueleto duro de protoplasma o hidrogel. El papel de este esqueleto corresponde a las membranas endurecidas celulares o a las fibras orgánicas

de la capa externa del protoplasma y que definen la forma del protoplasma líquido, así como los círculos, espirales y otras aramones de alambre definen la forma de las gotas de aceite en los experimentos de Plateau. Se han encontrado estos esqueletos en los espermatozoarios de animales muy diferentes, en los glóbulos rojos de los Anfibios, en el tejido conectivo, etc. En el tejido nervioso la forma de la célula y de las fibras es determinada por las neuro-fibrillas endurecidas. Las fibras contráctiles consisten en un tubo grueso y duro lleno del quinoplasma líquido. En los infusorios hay un aparato quinostático, con fibras endurecidas que determinan la forma del animal.

Los cromosomas también tienen un esqueleto endurecido, formado por un tallo de linina, según Shivago.

Localizaciones germinales. Página 469. Según Brachet, el huevo fecundado no es una célula sino un organismo. Las regiones del cuerpo del embrión derivan de una parte determinada, siempre la misma. Esto se ha demostrado por medio de piquetes o lesiones experimentales. El desarrollo es una celularización del huevo. ("Revue Scientifique" 1924, n. 8, p. 245).

Terapéutica endocriniana en la debilidad mental. (H. W. Potter). Página 472. Los trastornos de origen endocrino son muy frecuentes en los débiles mentales, y entre los pensionistas del establecimiento dirigido por el autor se observaban en un tercio.

Por su parte, Reder ha podido demostrar en la autopsia, lesiones de las glándulas internas en un 75% de los casos, sin que se pueda decir si estas alteraciones son la causa de la detención del desarrollo o si no son más que expresiones de la inferioridad general del organismo.

La terapéutica endocriniana para estimular el desarrollo intelectual es de una eficacia aún mal establecida. Si tiene algún valor, hay que tratar de seleccionar los casos en los que pueda ser beneficioso el tratamiento. Este es el objeto que el autor se ha propuesto, agrupando a los débiles mentales en tres categorías, según sus dominantes endocrinianas, y observando cuidadosamente, a los seis meses de tratamiento, las modificaciones sobrevenidas en las características físicas y humorales, la psicología y la inteligencia, bajo el influjo de la medicación.

Al grupo *timolinfático* se le administra tiroides e hipófisis en ingestión. Se observaron reacciones de intolerancia: cefaleas, náu-

seas, vértigos y aun síncope. Al cabo de seis meses, el peso y la talla del 60% de estos sujetos habían aumentado, y los testículos descendieron completamente en los que no lo habían hecho; 85% mejoraron de tono vascular, se aumentó la cifra de glucosa de la sangre, disminuída antes del tratamiento, hasta la cifra normal; *el nivel intelectual se elevó en el 37%*.

Los *hipotiroides* recibieron, sin accidentes de intolerancia, grandes dosis de tiroides, de yoduro y, más tarde, de hipófisis. La talla y el peso mejoraron en el 63% de los casos; el estado de los tegumentos se modificó siempre notablemente. La presión arterial y el azúcar sanguíneo aumentaron en todos los que tenían hipotensión e hipoglucemia. Una hiperglucemia elevada que presentaban dos enfermos, desapareció. Un apreciable aumento de facultades intelectuales se comprobó en un tercio de casos.

El grupo *dishipofisario*, que comprendía 18 mujeres, fué tratado por la hipófisis, notándose fenómenos de intolerancia en la mayoría, que se manifestaba frecuentemente por cefaleas, vértigos y síncope. Los resultados no fueron tan ostensibles como en los dos grupos anteriores. Las características físicas y humorales no variaron más que en la disminución de la obesidad en tres casos; se modificó poco, a pesar de la adición de cuerpo amarillo, la irregularidad de las reglas, cuando existía. Todas las pacientes que sufrían cefaleas fueron aliviadas de ellas. El *psiquismo (inestabilidad emotiva)* y la inteligencia no se mejoraron más que en tres casos.

En resumen: la endoormoterapia ha parecido favorecer el desarrollo físico en un gran número de sujetos que no habían franqueado el período del crecimiento, y en menor proporción de casos ha estimulado el desarrollo intelectual. Pero es todavía imposible pronosticar, por falta de suficiente información, los casos de debilidad mental que responderán bien al tratamiento; así que puede pensarse en hacer de esta terapéutica la panacea de la debilidad mental.—(*Endocrinology*).

Tesis semejante propuso el autor de esta obra en un artículo sobre "Los hormones del pensamiento". ("Vida Nueva". Habana. Febrero de 1924, p. 39).

El hormón sexual. El Dr. Allen y el Dr. Doisy han extraído de los ovarios la "pócima amorosa" de la literatura romántica. Las hembras tratadas con esta sustancia toman la iniciativa, aunque sean muy jóvenes, cortejando a los machos. Este extracto de

los folículos ováricos es la causa de los instintos sexuales. Los animales jóvenes que reciben las inyecciones del líquido llegan a la madurez sexual de un modo prematuro, determinando el hormón sexual la aparición de los caracteres sexuales secundarios.

Teoría de Einstein. Página 487. El Dr. H. Curtis ("Science", Mayo 9-1924, p. X), niega la tercera predicción de Einstein, según experimentos hechos en el Observatorio de los Alleghany, Pittsburg. Esta negación de uno de los puntos importantes de la teoría de Einstein ha sorprendido a los sabios. El espectro del sol no se desvía hacia el rojo, comparado con la luz terrestre.

MINERALOGIA Y GEOLOGIA

Transformación de los elementos. Los profundos estudios del profesor Miethe son relativamente recientes. Valiéndose de corrientes de alta tensión y con un poder centrífugo de 4.000 grados, ha logrado arrojar las partículas de un átomo de mercurio y ha podido encontrar en el residuo, oro. Su objeto principal es conocer las leyes del poder inter-atómico de los cuerpos, o sea el secreto fundamental de la materia.

Esperemos la confirmación de este hecho.

Cambios de temperatura en las regiones polares. Según se dice, en vista de los informes de la Expedición del Dr. A. Hoel y del informe del Cónsul de Bergen, Noruega, parece que está aumentando sensiblemente la temperatura de las regiones árticas, con grandes modificaciones en la fauna, flora, etc.

RESEÑA PARA LOS EXCURSIONISTAS A LA GRUTA DE CACAHUAMILPA

Por el Ing. de Minas Andrés Villafaña, M. S. A.

(Sesión del 2 de Enero de 1922, de la Sociedad Científica "Antonio Alzate". Tomo 40 de sus "Memorias.")

Al observar las grandes bellezas de la Naturaleza, no se sabe qué admirar más, si la hermosura de la obra o la sencillez de las leyes que las rigen y la armonía de éstas con las enseñanzas que encierran.

Situación geográfica. La Gruta de Cacahuamilpa está situada en la barranca de Limotitla y bajo el cerro de La Corona, en jurisdicción de la Municipalidad de Tetipac, Distrito de Alarcón del Estado de Guerrero; éste Distrito de Alarcón colinda con la Municipalidad de Tetecala del Estado de Morelos, resultando la barranca en que se encuentra la Gruta muy cerca de la línea divisoria entre dichos Estados. La posición geográfica de la entrada a la Gruta es aproximadamente de 18°-39' de Lat. Norte y 24' de Long. Oeste de la Ciudad de México. La Altitud es de 1090 metros, y se encuentra aproximadamente a 135 kilómetros de la misma ciudad de México.

Vías de Comunicación. Para llegar a la entrada de la Gruta se seguía antes el camino vecinal entre la población de Puente de Ixtla y el caserío o pequeño poblado de Cacahuamilpa, siguiendo después por una vereda entre este poblado y la Gruta; ahora se puede hacer la travesía en automóvil por el camino nuevamente abierto, que dentro de muy poco tiempo quedará total y debidamente terminado (1); haciéndose el viaje entre Puente de Ixtla y la Gruta sin pasar por el caserío de Cacahuamilpa. Además, como el camino nuevo puede ser considerado como un ramal del que unirá la Capital de la República con el Puerto de Acapulco, cuando éste último entre totalmente en servicio, serán más frecuentes las excursiones de hombres de ciencia y turistas a la citada Gruta, que sin duda alguna es la más hermosa entre las conocidas.

Partiendo de Puente de Ixtla, se pasa por los valles de San Gabriel, Los Guarines y Michapa, los cuales se encuentran separados

(1) En efecto está concluido desde hace tiempo. (1924).

por barrancas de poca significación topológica: entre San Gabriel y Los Guarines se pasa por la Barranca del Tilcuate; entre los Guarines y Michapa se atraviesa la Barranca de Xoapa o del Terrón, y al terminar el valle o llanura de Michapa se entra en la Barranca de Santa Teresa, que es la de mayor importancia, tanto fisiográfica como geológicamente considerada. Esta Barranca de Santa Teresa, juntamente con la de Limotitla, que es la en que se encuentra la Gruta, forman el nacimiento del Río de Amacuzac, el de mayor importancia en las regiones S. E. y S. del Estado, pues a él afluyen gran número de otros ríos y arroyos que bajan de las regiones central y occidental del propio Estado. A su vez, el Amacuzac se une o afluye al río de Las Balsas, principal línea de escurrimiento en el Estado de Guerrero, el cual río desemboca en el Mar Pacífico por la barra de Zacatula.

En la región comprendida entre Puente de Ixtla y la Barranca de Santa Teresa, que ha sido atravesada por el camino nuevamente abierto, dominan las formas poco acentuadas del relieve del terreno; razón por la que ha sido relativamente fácil el trazo del referido camino: no pasando lo mismo en el terreno comprendido entre la referida Barranca y la Gruta. Estas diferencias de formas del terreno son explicable por su propia constitución y su edad geológica, como después se expresará.

El camino que se sigue entre la población de Puente de Ixtla y la Gruta de Cacahuamilpa puede considerarse dividido primordialmente en dos tipos: camino de llanura y camino de montaña; y éstos, a su vez, en tramo antiguo, entre Ixtla y San Gabriel; tramo de barranca, entre San Gabriel y el llano de Los Guarines; tramos de poca pendiente son los que atraviesan este llano y el de Michapa; tramo de la Barranca de Xoapa o del Terrón, y tramo claramente de montaña, entre Michapa y la Gruta de Cacahuamilpa. Las longitudes de estos diversos tramos son como sigue: Puente de Ixtla a San Gabriel 2 kilómetros 600 metros; San Gabriel a Los Guarines 3 kilómetros; en el llano de Los Guarines 4 kilómetros en la Barranca de Xoapa, hasta terminar su paso, 1 kilómetro, 600 metros; en el llano de Michapa 10 kilómetros 880 metros; en la Barranca de Santa Teresa 3 kilómetros 180 metros; y en la Barranca de Limonitla, hasta frente a la entrada de la Gruta, 4 kilómetros 250 metros. Son, pues, 17 kilómetros 480 metros de camino en llanura, 4 kilómetros 600 metros, de camino en

barranca y 7 kilómetros 430 metros de montaña. Al primero corresponde una pendiente media de 2%, al segundo de 4.5% y al último el 3%; teniendo estos dos tramos algunas porciones cortas del 6% de pendiente, y solamente en puntos de paso obligado y en corta longitud del 8 al 12%. Resultando la longitud total del camino de 29 kilómetros, 510 metros, entre puntos de desnivel relativo de 248 metros.

LA GRUTA DE CACAHUAMILPA

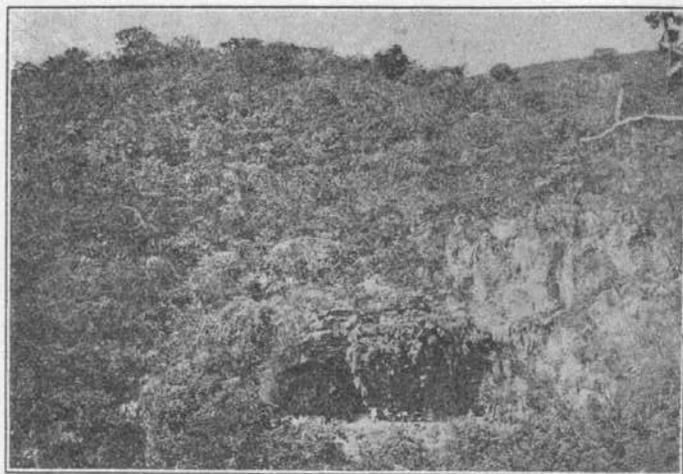
(La más hermosa)

Descripción somera. Las grandes bellezas de la Naturaleza se admiran y se sienten, pero no se describen sino por inteligencias privilegiadas; razón por la que, la pretendida descripción que hoy se hace, es indudablemente deficiente.

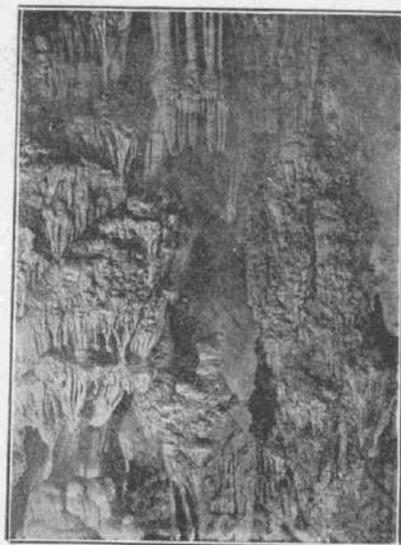
La entrada a la Gruta presenta un arco admirable por su corte y su posición, y da acceso a una rampa construída sobre una acumulación de escombros que tienen su origen externo o de la parte superficial que cubría esta entrada: bajándola, se encuentran las primeras estalactitas de colores oscuros debidos a la alteración por su contacto con el aire atmosférico, lo cual les quita belleza.

La primera cavidad que se encuentra se ha denominado con poca propiedad "Salón del Chivo", por la forma de una estalagmita que dicen presenta o presentó una forma análoga a ese animal; asegurando algunas personas que las dos extremidades de la estalagmita en forma de cuernos que le hacían presentar ese símil, fueron tomadas por algunos excursionistas y ahora se exhiben en un museo de Londres. También se encuentran en este salón una gran estalagmita y una hermosa estalactita, denominadas respectivamente "Los Carneros" y "El Pórtico". Y como esta cavidad se cuentan hasta quince, que se han denominado salones y son en el orden de entrada, los siguientes:

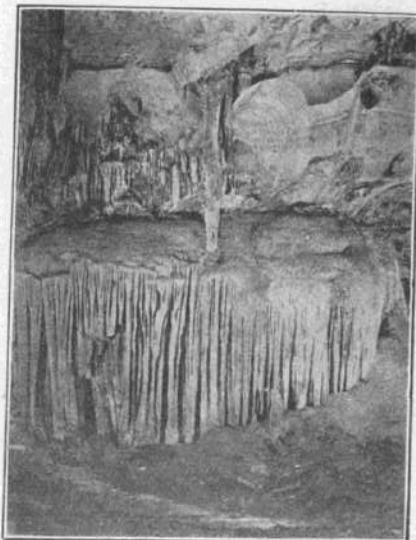
- 1.—Salón del Chivo.
- 2.—Salón de Las Fuentes.
- 3.—Salón de Los Confites.
- 4.—Salón de La Aurora.
- 5.—Salón de Los Tronos



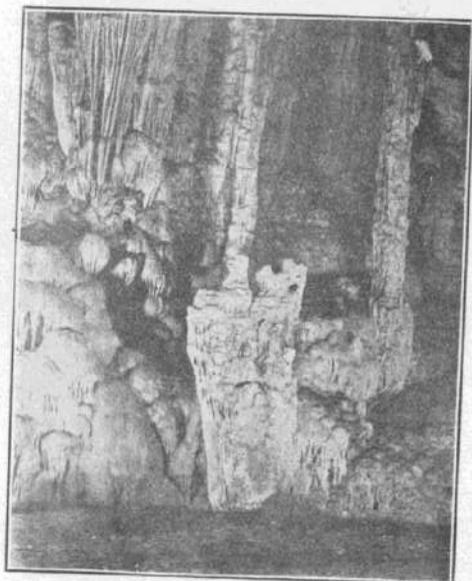
Boca de la gruta de Cacahuamilpa



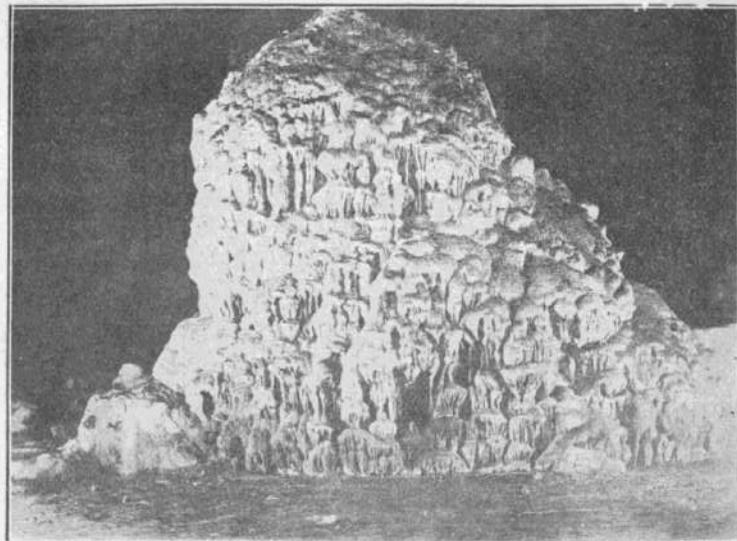
Gruta de Cacahuamilpa
La Lira



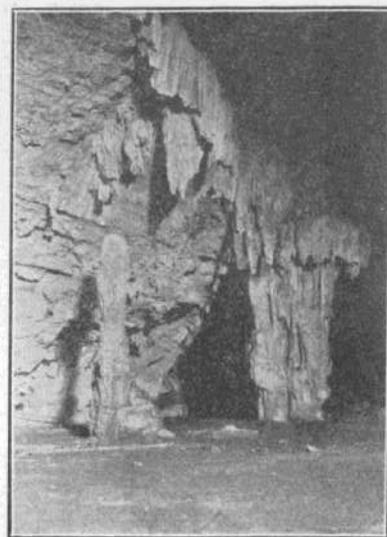
Gruta Carlos Pacheco (cerca de Cacahuamilpa)
Fondo del último Salón
Copiado de "Cosmos"



Gruta Carlos Pacheco (cerca de Cacahuamilpa)
Primer Salón



Gruta de Cacahuamilpa
Gran Estalagmita del Salón del Chivo



Gruta de Cacahuamilpa
Primer Salón o Sala del Chivo



Gruta de Cacahuamilpa
La Torre Chinesca
Copiado de "Cosmos"

- 6.—Salón de La Portada de los Querubines.
 - 7.—Salón de El Panteón y el del Relicario.
 - 8.—Salón de La Plaza de Armas.
 - 9.—Salón de El Volcán.
 - Paso del Pedregal del Muerto.
 - 10.—Salón de El Campanario, el de El Nacimiento y el salón alto de Las Virginias.
 - 11.—Salón de Las Animas.
 - Paso de El Agua Bendita y Paso del Puerto del Aire.
 - 12.—Salón de El Bautisterio.
 - Paso de Lagunillas.
 - 13.—Salón de Las Palmeras.
 - 14.—Salón de La Emperatriz y el alto de La Gloria.
 - Paso de Las Canastillas.
 - 15.—Salón de Los Organos.
- Este último cierra el paso de la cavidad, sin que pueda considerarse como el fondo de la Gruta; pues parece que allí se cerró

la entrada por la acumulación de estalactitas y estalagmitas; por lo que no se puede fijar el fondo real de esta gran caverna.

De notarse es que existen otros muchos nombres para los lugares diversamente ornamentados de la Gruta; y tales nombres son variables con la imaginación de los visitantes, que les hacen ver figuras más o menos fantásticas e imitativas.

Se admira en el salón segundo o de Las Fuentes una hermosa estalagmita en forma de una gran fuente rodeada en su pedestal por bordes ondulados de caliza cristalina, dentro de los cuales se deposita el agua de infiltración en los períodos de lluvias intensas; semejando una serie de charcos escalonados que derraman su contenido desde el más alto hasta el más bajo por graduación poco sensible.

En el salón de Los Confitos es curioso encontrar un gran número de concreciones calizas arredondadas, como las del Terreno Pisolítico, en forma idéntica a la de los confitos comunes, y cuya formación se debe al rodamiento de pequeñas gotas de agua que se desprenden de las gotas caídas de gran altura, al golpear el suelo de este salón; y una vez iniciada la forma arredondada y tomada una pequeña porción de tierra del mismo piso, se viene a constituir el núcleo de la que va a ser una concreción casi esférica, formada por capas concéntricas sumamente finas de carbonato de cal.

En el fondo del salón de La Aurora son de admirarse las estalagmitas que lo limitan; pero lo más notable es que hacia el lado de la entrada se nota la luz del exterior ya mortecina; fenómeno que le ha valido su nombre por semejarse a un crepúsculo.

Sigue al salón de La Aurora, en el orden expresado, el magnífico salón de Los Tronos, en el que se encuentran dos estalagmitas y dos estalactitas, correspondiéndose debidamente, semejando las primeras dos elegantes siales a los que les sirven de cortinaje las estalactitas de gran belleza por su forma y blancura; siendo principalmente majestuoso el Trono de La Reina, que semeja una peana cubierta por una filigrana de hilos brillantes constituidos por cristales de calcita.

El salón de La Portada de Los Querubines ha sido poco descrito o referido por los visitantes anteriores, porque al pasar por él no se ha perdido aún la sensación de maravilla que en el ánimo

dejara la contemplación del Trono de La Reina, pero contiene también estalagmitas de indiscutible belleza.

El salón siguiente que es el de El Panteón, ha recibido este nombre por la forma de la gran estalagmita del fondo, que semeja una grande y hermosa tumba; así como por la forma de las otras estalagmitas que en desorden se encuentran en el piso de este salón.

Uno de los salones más amplios es el de La Plaza de Armas, que ha recibido su nombre porque la imaginación de algunos visitantes ha querido encontrar en él las dos torres de la catedral de México, en las dos grandes y majestuosas estalagmitas que se encuentran en el lado S. E. de él; y naturalmente, la Plaza de Armas está frente a Catedral. Son las estalagmitas de referencia unas de las mayores dimensiones y casi gemelas, aunque no deben considerarse entre las de mayor belleza.

Ya en este salón se siente que se va pasando de maravilla en maravilla de formas.

En el lado S. E. del salón de El Volcán se encuentra otra estalagmita enorme que se ha comparado con el cono de un volcán, y frente a ella se puede observar una columna estalagmítica pequeña; contrastando la magnitud y forma poco hermosa del volcán con la pequeña columna delicadamente bella.

El Paso del Pedregal del Muerto, así llamado por la fábula de haberse encontrado en él el esqueleto de un hombre perdido en esa caverna, no presenta sino un amontonamiento de rocas caídas de la bóveda, que han hecho penoso para muchos visitantes el tránsito por la Gruta; pero en la actualidad se ha abierto un paso que es, aunque estrecho, transitable con facilidad.

En el salón de El Campanario se encuentran estalactitas laterales y altas en forma tubular de caliza sonora, de manera que golpeando varias a la vez se remeda el repiqueteo de un campanario. A esto debe su nombre este lugar. En su piso se encuentran, como en el Paso del Muerto, rocas caídas de la bóveda.

El salón alto de Las Virgínias sólo puede ser visitado por personas acostumbradas a una fatiga intensa; puede decirse que es inaccesible; presentando una sola decoración de estalactitas y estalagmitas de un conjunto admirable, semejando un altar católico del estilo jesuíta moderno.

En el orden de entrada sigue al salón de El Campanario el de

Las Animas, denominado así por encontrarse en él una pequeña estalagmita múltiple que semeja la forma de las llamas del purgatorio, como se expone éste en los cuadros de los católicos. Al lado N. de esta pequeña estalagmita se encuentran otras dos en forma de elegantes columnas gemelas.

El paso del Agua Bendita está bien decorado naturalmente y se encuentra en él la piedra del reloj o roca de estructura concéntrica, que remeda en parte y con mucha imaginación el Calendario Azteca. Se estrecha tanto la amplitud de la Gruta en este paso, que los visitantes deben inclinarse para defender su cabeza y pasar de uno en uno.

En el salón del Bautisterio se encuentra una pequeña cavidad lateral cerca del piso, dentro de la que se puede observar una sola estalagmita en forma de una pila bautismal.

Del salón del Bautisterio, se asciende por una rampa difícil y hermosa en verdad, pues está constituida por un gran amontonamiento de cristales de calcita unidos por cal amorfa, formando cascadas y nervaduras onduladas. En estas nervaduras se detiene el agua de infiltración que cae del techo de la caverna en el tiempo de lluvias, constituyéndose aquí y dentro de las nervaduras las lagunillas que le dan nombre a este paso.

Queda por indicar el detalle de los tres últimos salones: el de La Emperatriz, el de Las Palmeras y el de Los Organos; el primero se presenta como desolado por su escasa decoración estalactítica y recuerda a los visitantes el lugar hasta donde llegó la ex-emperatriz Carlota en el año de 1866, el mismo día en que recibió la noticia de la muerte de su padre el Rey Leopoldo I. En cambio, los otros dos salones citados son riquísimos en su decoración, así como el paso de Las Canastillas que se encuentra entre ellos; y en verdad son indescriptibles, atreviéndome sólo a decir que su hermosura no tiene igual en su género: son los incomparablemente bellos.

Geología y génesis de la Gruta. En la región de Cacahuamilpa se encuentran tres tipos de rocas: la pizarra de sericita, que es la roca más antigua, de edad no precisada aún, la caliza dura y cavernosa (este término se refiere a la estructura y no a la textura) del Cretácico-medio, y el conglomerado Pleistoceno de grandes partes. Las pizarras se encuentran intensamente plegadas y profundamente alteradas por intemperismo; las calizas han sufrido

un plegamiento y un fracturamiento concordantes; los conglomerados se encuentran en su posición primordial de depósito. Todo esto se observa bien y claramente en la Barranca de Santa Teresa, en el trayecto del nuevo camino; pues esta Barranca ocupa la línea de separación de los conglomerados y de las calizas. La casi horizontalidad del conglomerado da origen a la planicie de Michapa, en uno de los bordes de esa Barranca, y el plegamiento de las calizas dió origen a la sierra del otro borde de la misma. El plegamiento de las calizas produjo la Sierrita de Acuitlapán, hacia el norte y oriente de Cacahuamilpa y que sirve de separación entre las planicies Pleistocenas de Malinaltenango al poniente y Michapa al oriente de ella. Después de plegadas estas calizas, fueron el lugar de la infiltración de las aguas superficiales bajo la forma de permeabilidad en grande de Daubrée o por diaclases; al grado de darse origen a la Gruta y a permitir el paso subterráneo de los ríos de Chontaleuatlán y de San Jerónimo, en forma de aguas subterráneas, que brotan por "Las Bocas" situadas muy cerca de la entrada a la Gruta, en la misma Barranca de Limotitla.

* * *

La génesis de esta Gruta es bien sencilla: las calizas sedimentarias de la región sufrieron un plegamiento intenso, produciéndose entonces los anticlinales y sinclinales obligados en este tipo de esfuerzos tectónicos de compresión, y quedando en la cima de los anticlinales la parte más fatigada de esta roca. Además, en el lugar ocupado por la Gruta se observa esa caliza en contacto con el conglomerado de grandes partes y del Período Pleistoceno. En la boca de la caverna se observa que ésta vino a formarse cerca de la cima de un anticlinal; y cerca de "El Bautisterio" se encuentra el conglomerado en el lado Sur-Este de la misma Gruta; estos dos fenómenos unidos a las grietas o diaclases que atraviesan las calizas, permitieron la infiltración del agua meteórica más o menos cargada de bióxido de carbono; siendo por la presencia de este bióxido de carbono por lo que el agua es un solvente de la caliza, la cual fué cediendo y dejando pasos más o menos libres a estas aguas, hasta dar lugar a la Gran Caverna de Cacahuamilpa; y continuaron, continúan y continuarán esas aguas de infiltración disolviendo las calizas; y ahora, al llegar a la cavidad, se despren-

de de ellas espontáneamente el bióxido de carbono, dejando por esto de ser solvente de la calcita, que se precipita y viene a depositarse en las variadas formas de las estalactitas y de las estalagmitas que adornan la Gruta.

Es, pues, sólo el doble fenómeno de disolución y precipitación química del carbonato de cal por el agua, ya esté cargada de bióxido de carbono o lo deje escapar, el único que dió origen a la caverna en las calizas de Cretácico Medio, caracterizado este período geológico por los restos fósiles que bien imperfectos se encuentran en la región.

Abierta la caverna, vino luego la formación de las estalactitas y las estalagmitas, obrando siempre el doble fenómeno de disolución y precipitación del carbonato de cal. Y la gota de agua venida en la lluvia, que toma el bióxido de carbono de la atmósfera, se infiltra, disuelve el carbonato de cal, llega a la gruta, gotea, expeliendo espontáneamente ese bióxido, y produce entonces la maravilla de formas que atrae la admiración.

Admiremos, pues, y transmitamos a nuestros semejantes, juntamente con nuestras bellas sensaciones, las enseñanzas que nos da la gota de agua en trabajo perenne.

Puente de Ixtla, Mor., 6 de oct. de 1921.

La fauna de Cacahuamilpa es muy pobre. Se compone de Murciélagos, *Phrynus cacahuamilpensis*, un insecto ciego, Ortóptero, la *Lepisma cacahuamilpensis*, y algunos otros animales de escaso interés. (Véase mi artículo publicado en "El Estudio". Enero de 1892, p. 268-281, figuras I y II. (H.).

ADVERTENCIA FINAL

Fué necesario agregar apéndices parciales a cada una de las obras y un apéndice final en la última publicada, de Mineralogía y Geología, por las siguientes razones:

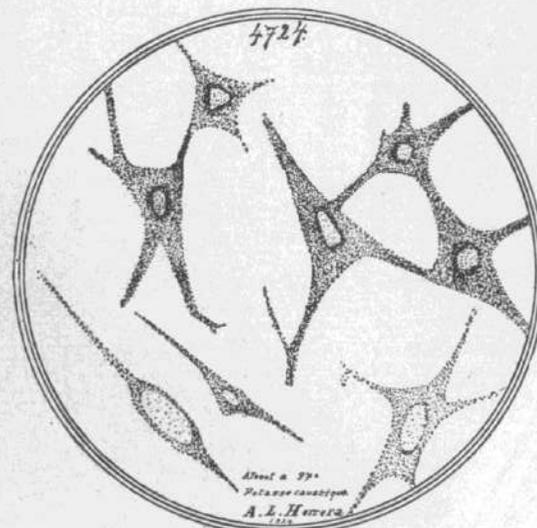
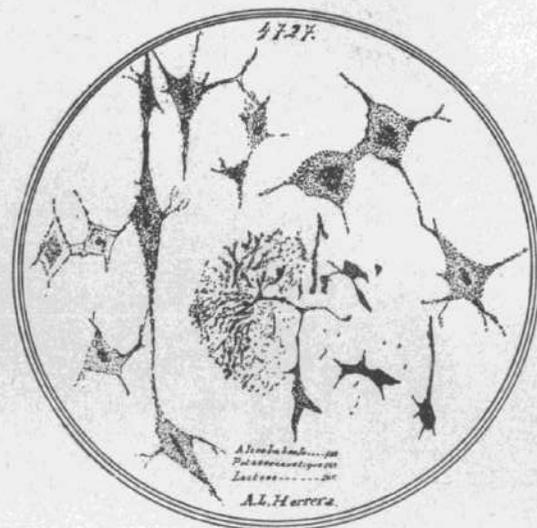
1a. La impresión de las cuatro obras se hizo casi en un año y durante todo este tiempo recibimos obras y folletos que fué preciso leer y anotar, para dichos apéndices. Dado el desarrollo prodigioso de la ciencia debimos proceder así, para que nuestros libros quedasen en lo posible al corriente de los últimos estudios y descubrimientos, hasta donde lo permiten las circunstancias en que estamos en México.

2a. Durante este tiempo rectificamos algunas de nuestras opiniones o las modificamos en vista de nuevos experimentos.

Naturalmente los alumnos no están obligados a aprenderse todas las notas de los apéndices, pero los profesores cuidadosos las tendrán en cuenta.

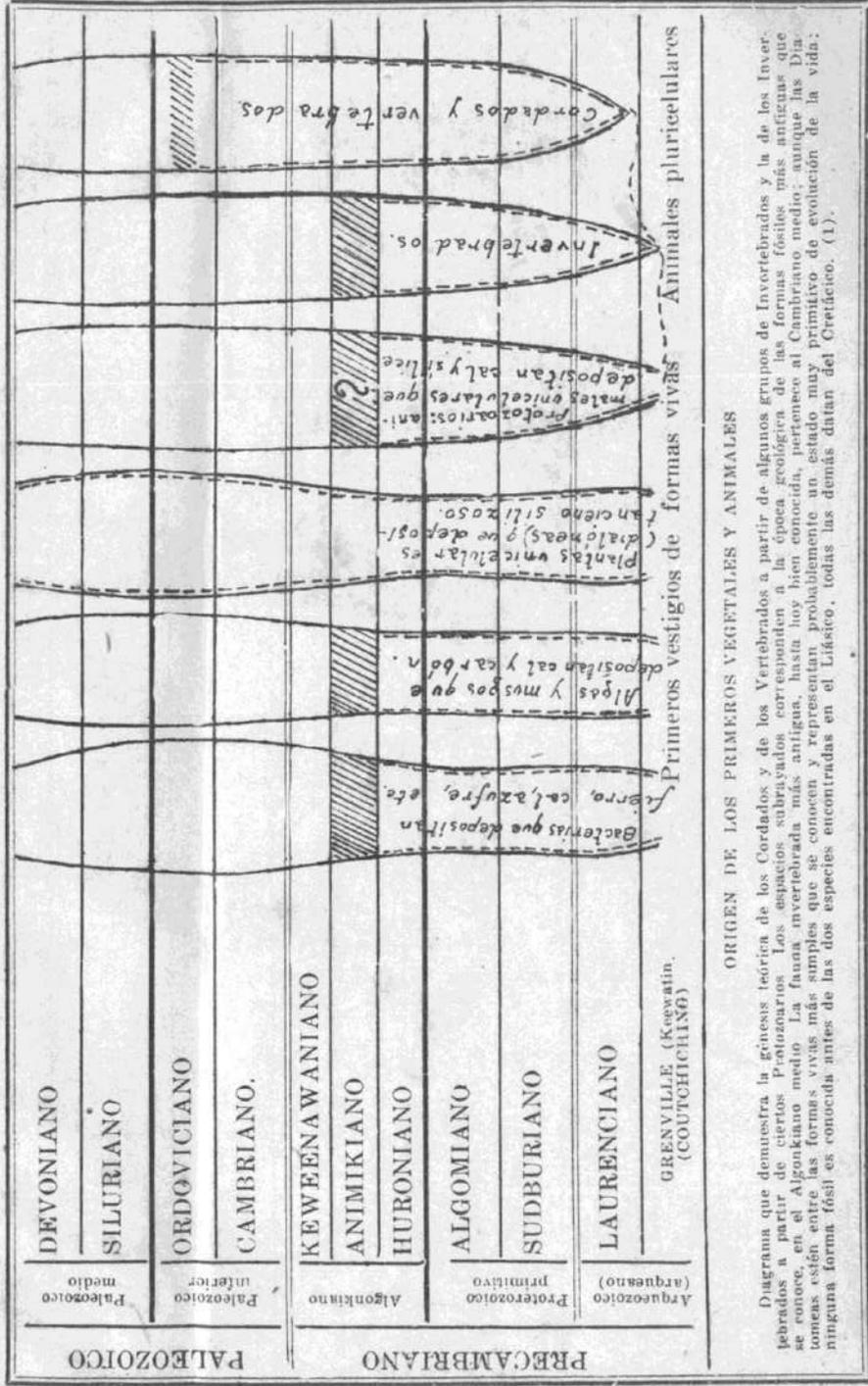
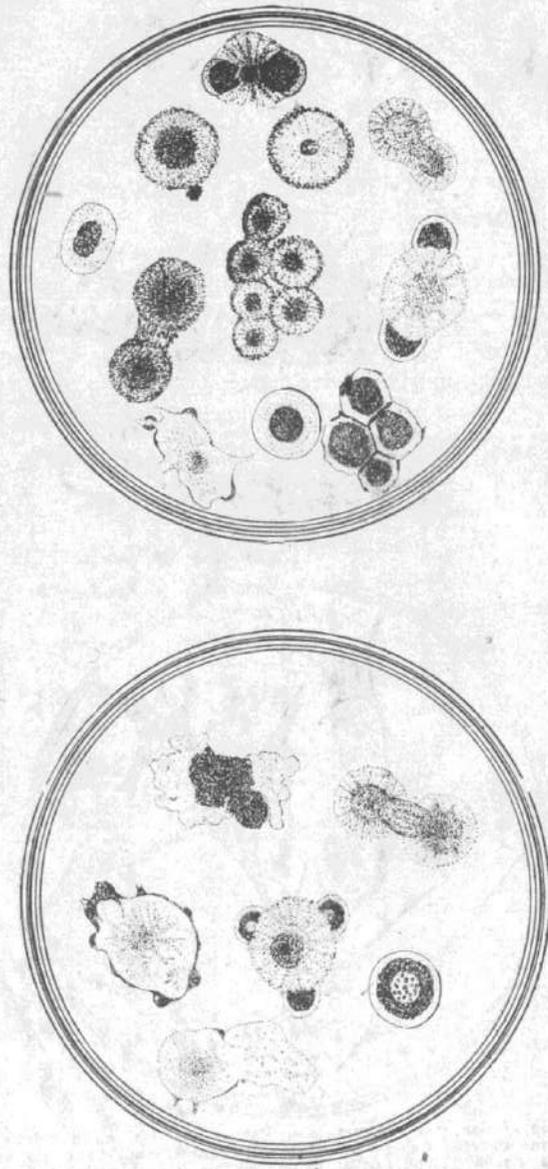
México, Noviembre 26 de 1924.

A. L. H.



Imitación de células y tejido nervioso. Potasa cáustica, siliza gelatinosa, alcohol absoluto y lactosa. Parecen deberse a la cristalización incompleta de la potasa en la siliza. (Copiados de la "Rend. della R. Accademia dei Lincei. Sull'imitazione del tessuto nervoso e cellulare. Nota di A. L. Herrera. Classe di Scienze etc., 15 de junio de 1924, p. 510-512). Véase la imitación de células multipolares en la "Zoología", página 167, figura.

Imitación de células y amibas por medio de la metaformaldehida. (Herrera)
 Dibujos de Francisco Motezuma



(1) Inearto (H)

(Seeffm Osborn)

MEDIO

TERRESTRE ACUATICO

ACUATICO FLUVIAL

ACUATICO LITORAL

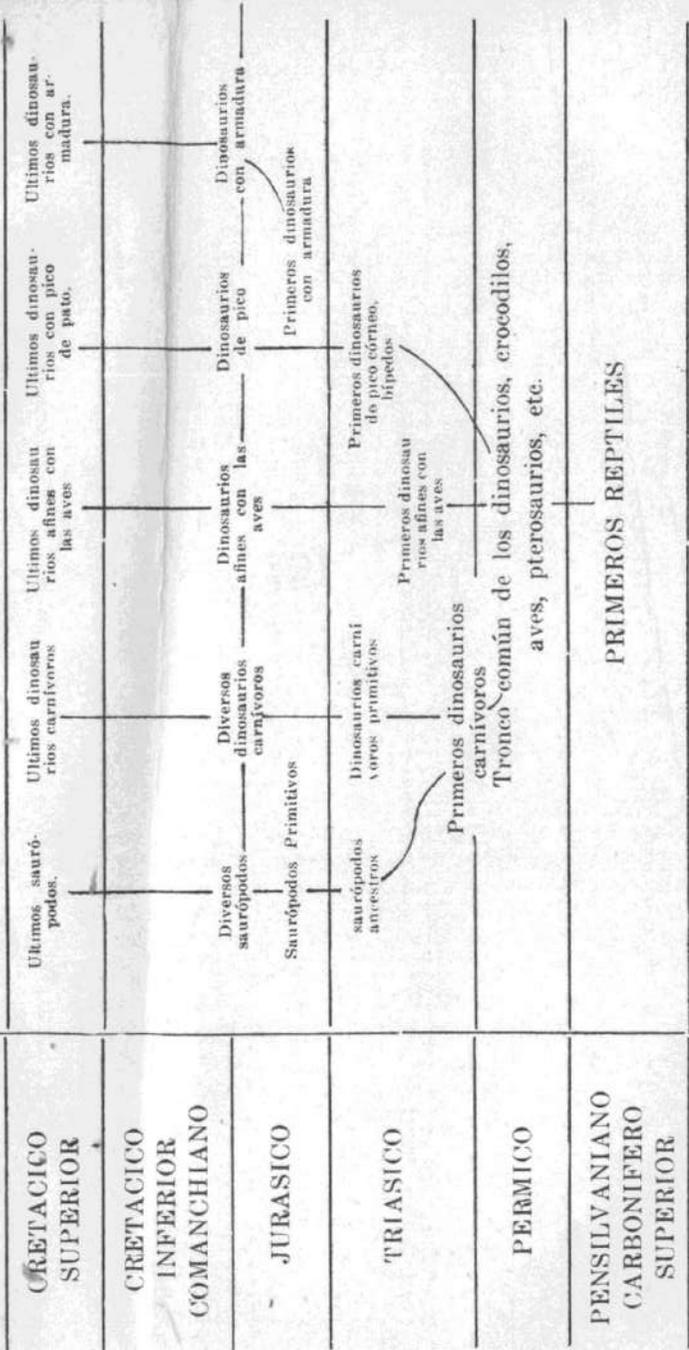
ACUATICO PELAGICO

ACUATICO ABISAL

Quelonianos.—Diagrama que muestra las migraciones alternadas de los Esfargidos antecesores, Tortugas de carapacho coriáceo.

La teoría de Dollo pretende que estos animales tienen por origen formas terrestres de carapacho óseo y que han pasado ya de la vida terrestre acuática a la vida litoral y después a la vida pelágica, donde este carapacho, no teniendo ya objeto, se ha ido atrofiando poco a poco. Después de una vida marina pelágica prolongada estos animales han vuelto a la vida litoral y han adquirido una nueva armadura de huesecillos dermicos arredondados, que se han desarrollado sobre los escudos dorsales y ventrales. El animal (*Spharæcis*), ha tomado, por segunda vez una existencia pelágica, durante la cual los huesecillos dermicos tienden de nuevo a desaparecer.

FILOGENIA Y DISPERSION ADAPTATIVA DE LOS DINOSAURIOS



PRIMEROS REPTILES

EVOLUCION TERRESTRE DE LOS DINOSAURIOS

Arbol genealógico de los Dinosaurios, cuyo origen está en el Pérmico inferior, que se divide en 5 ramas y que cubre un período valorizado en 12 millones de años. A) Saurópodos herbívoros gigantes nacidos de ancestros carnívoros del Triásico inferior. B) Dinosaurios carnívoros gigantes que se alimentan de animales herbívoros más grandes. C) Dinosaurios carnívoros ágiles parecidos a los Avestruces representados en B. D) Iguanodontes con pico, herbívoros, ágiles o Dinosaurios de "pico de pato" representados en E. E) Dinosaurios pesados, cuadrípedos, de armadura pesada y con cuernos, herbívoros, representados en D.

Diagrama establecido para el autor, por W. K. Gregory, principalmente de acuerdo con Leal.

CUATERNARIO	Aves de tipos modernos
TERCIARIO	Aves corredoras no voladoras
CRETACEO SUPERIOR	Diversas provistas de dientes.
CRETACEO INFERIOR	Aves primitivas provistas de dientes. ¿Primera radiación del tipo arbóreo al tipo terrestre y acuático?
JURASICO	Aves arborícolas con débil poder de vuelo (Arqueopterix)
TRIASICO	Primeras Aves bípedas, corredoras, trepadoras. Temperatura relativamente elevada, cerebro reptiliano
PERMIANO	Antecesoros comunes de los Crocodilos, Fitosaurios, Dinosaurios, Pterosaurios y Aves
PENSILVANIANO (Carbonífero superior)	
MISSISSIPIANO (Carbonífero inferior)	

ARBOL GENEALOGICO DE LAS AVES

Los antecesoros de las aves se destacan en la época permiana en casa que ha dado nacimiento a los Dinosaurios, unen a la locomoción bi-peda rápida el poder de trepar a los árboles y alcanzan en su vida muy activa una temperatura elevada que se regulariza. Los tipos primitivos de aves tienen los miembros anteriores terminados en garras, sin duda para aferrarse a las ramas de los árboles.

La facultad del vuelo comienza a desarrollarse en la época triásica, por la transformación de escamas en plumas, ya sea sobre los miembros anteriores solamente (teoría de dos alas), ya sea a la vez sobre los miembros anteriores y posteriores (teoría de las 4 alas). Las aves Jurásicas (Archaeopteryx), que no pueden volar sino a una corta distancia, dieron nacimiento a una distribución adaptativa de formas aéreas, arbóreas, arbóreo-terrestres, terrestres y acuáticas; éstas últimas presentan una evolución retrograda.

Diagrama preparado para el autor por W. K. Gregory, 1916.

INDICE

	Págs.		Págs.
<i>Advertencia de los Editores..</i>	7	no, quebradizo. — Ducti-	
<i>Introducción</i>	9	dad	34
PROGRAMA		Densidad	35
<i>Primera parte</i>		Refracción y sus leyes. Cris-	
A.—Mineralogía	13	tales uni y biejes	35
<i>Segunda parte</i>		Fosforescencia y radio-acti-	
B.—Geología	15	vidad.—Electricidad y mag-	
MINERALOGIA		netismo.—Acción del calor.	
CAPITULO I		Acción mecánica	39
<i>Generalidades. — Definiciones, im-</i>		Estado coloide	40
<i>portancia e historia, cómo se</i>			
<i>estudia la Mineralogía,</i>		CAPITULO CUARTO	
<i>útiles y libros</i>		<i>Caracteres químicos</i>	
Definiciones	17	Análisis cuantitativo.—Carac-	
Importancia e historia	20	teres pirognósticos.—Ensa-	
Cómo se estudia la Minera-		ye en el tubo cerrado.....	41
logía.—Útiles	23	Decrepitación. — Cambio de	
Cómo se preparan los mine-		color.—Fosforecencia	42
rales y rocas para su exa-		Fusión y volatilización.—En-	
men microscópico	24	saye sobre el carbón.—Re-	
Libros especiales que se han		ducción	43
tenido a la vista para re-		Incrustaciones sobre el car-	
ductar esta obra y que de-		bón	44
ben existir en las clases y		Ensayo con la perla de bórax.	45
gabinets	28	Ensayo con el nitrato de co-	
CAPITULO SEGUNDO		balto	46
<i>Caracteres organolépticos</i>		Reacción de las soluciones.—	
Colores. — Causas físicas. —		Análisis microquímico	47
Causas químicas	30	Fórmula	49
Colores no metálicos	31	CAPITULO QUINTO	
Lustre	32	<i>Caracteres mineralógicos</i>	
Acción sobre el tacto. Olor y		Datos preliminares. Estruct-	
sabor.	33	tura	52
CAPITULO TERCERO		Estudio de los cristales por	
<i>Propiedades físicas</i>		medio de los rayos X.....	53
Tenacidad, fragilidad y elas-		Cristalización y cristalogenia.	
ticidad.—Frágil, tenaz, tier-		Plasmogenia	55
		Sistemas cristalinos	60
		Sistema cúbico o isométrico.	
		Tipo: el cubo	61
		Sistema tetragonal	62

	Págs.		Págs.
Sistema exagonal	63	Grupo No. II.—Sulfuros, telururos, seleniuros, arseniuros, antimoniuuros. — Rejalgar	93
Sistema ortorrómbico. — Sistema monoclinico. — Sistema triclinico	64	Oropimento	94
El sistema amorfo de Duclaux	65	Estibnita	94
Principios de simetría cristalina.—Simetría de un poliedro	66	Bismutinita	95
Definición geométrica de los cristales	67	Guanajuatita	95
Notación cristalográfica. — Sistema tetragonal	68	Molibdenita	96
Sistema exagonal. — Sistema ortorrómbico	69	Argentita	96
Sistema monoclinico y triclinico. — Hemimorfismo, dimorfismo e isomorfismo	70	Galena	97
Mezclas isomorfas.—Dimorfismo y polimorfismo	71	Chalcocita	98
Cristales gemelos o macles.—Textura, cruceros, quebradura	72	Blenda o Esfalerita	98
Detalles relativos a los cruceros	73	Cinabrio	99
Quebradura.	74	Bornita	99
Formas irregulares, esferocristales; cristales líquidos. —Nódulos	74	Chalcopirita	100
Dendritas. — Estalactitas.—Minerales porosos	75	Cubanita	100
Esfero-cristales. — Cristales blandos	76	Pirita	101
Pseudomorfosis	78	Mispiquel o Arseno-Pirita ..	102
Incrustaciones. — Escala de dureza	79	Grupo No. III.—Sulfosales ..	103
Clasificación y descripción de los principales minerales. Sus aplicaciones a la industria, medicina, agricultura, etc.	81	Livingstonita	104
Tabla de los pesos atómicos.	83	Jamesonita	104
Grupo No. I.—Elementos nativos.—No metales. — Diamante	84	Freieslebenita	105
Grafita	85	Bournonita	106
Azufre	86	Tapalpita	106
Semi-metales.—Arsénico	87	Pirargirita	107
Antimonio	87	Proustita	108
Bismuto	88	Tetraedrita	108
Metales.—Oro	88	Grupo No. IV.—Haloides	109
Plata	89	Halita o Sal común	109
Cobre	90	Cerargirita	112
Mercurio	90	Yodirita	112
Plomo	91	Fluorita	114
Estaño	91	Atacamita	116
Hierro	91	Grupo No. V.—Oxidos	116
		A.—Bióxidos de Silicio. — Cuarzo	118
		Fenocristalino	119
		Cripcocristalinos	120
		Opala	123
		Amorfo	123
		B.—Oxidos de los semi-metales.—Valentinita	124
		Tungstita	125
		C.—Oxidos de los metales. Protóxidos.—Cuprita	126
		Masicote	126
		Sesquióxidos.—Corundo.	128
		Hematita	130
		Ilmenita o Menacanita	132
		Oxidos intermedios.—Espinela	133
		Magnetita o Piedra Imán ..	134
		Cromita	136
		Bióxidos.—Casiterita	136
		Rutilo	138
		Pirolusita	138

	Págs.		Págs.
D.—Oxidos hidratados. — Limonita	141	ratos.—Sulfatos anhidros.—Baritina	193
Sasolita o Acido bórico	142	Celestina	195
Grupo VI. — Sales oxigenadas.—1. Carbonatos.—Carbonatos anhidros.—Calcita.	142	Mirabilita o sal de Glauber.	195
Dolomia	149	Yeso o Selenita	196
Magnesita	150	Melanterita	200
Rodocrosita	150	Calinita	201
Smithsonita	151	7.—Tungstatos, Molibdatos.—Volframita	202
Aragonita	152	Scheelita	203
Witherita	153	Wulfenita	205
Estroncianita	154	VII.—Sales de Acidos Orgánicos.—Oxalatos, melatos.—Oxalcalcita	206
Cerusita	155	Oxamita	206
Carbonatos hidratados.—Malquita	156	Humboldtina	207
Azurita	157	Melita	207
Tequesquite	158	VIII.—Compuestos hidrocarbonados.—Parafinita	207
2.—Silicatos	159	Ozoquerita	208
Titano-silicatos y titanatos.	159	Ambar	208
I.—Disilicatos y polisilicatos. —Ortoclasa u Ortosa	160	Copal fósil	208
Albita-Anortita	162	Petróleo	209
II.—Metasilicatos	163	Análisis químicos de Chapopotes mexicanos	210
Piroxena	164	Bibliografía acerca del petróleo en México	212
Rodonita	165	Producción de petróleo bruto en México	216
Anfibola	166	Una estadística. Según la prensa de información	216
Nefrita	166	Asfalto	218
Asbesto	167	Elaterita	219
Berilo	168	Carbones minerales	219
III.—Ortosilicatos. — Grupo Granate	169		
Topacio	171		
Lazurita o Lápis-Lázuli ..	172		
IV.—Subsilicatos.—Calamina.	173		
Turmalina	174		
Estaurolita	175		
Silicatos hidratados.—Apoilita	176		
Muscovita	177		
Biotita	178		
División serpentina y talco. Serpentina	179		
Talco	180		
División caolin.—Caolin	182		
4.—Fosfatos, arseniats, vanadatos, antimoniats y nitratos.—Apatita	184		
Turquesa	186		
Torbernita	188		
Soda-Nitro	188		
Nitro	189		
5.—Boratos, uranatos. — Borax	191		
Uraninita	192		
6.—Sulfatos, Cromatos, Telu-			

GEOLOGIA

SEGUNDA PARTE

Introducción	223
--------------------	-----

CAPITULO PRIMERO
Geología fisiográfica

La tierra en el espacio	227
Datos astronómicos	228
Hipótesis cosmogénica	229
Cosmogénia experimental ..	231
Fisiología telúrica	232
Unidad universal	233
Contorno general de las tierras y subdivisión de su superficie	235
Orografía, facsímiles orográficos	237
Montañas	237

	Págs.		Págs.
Europa.—Asia.—Africa	239	Cuarcita	297
Oceania.—América del Norte y del Sur.....	240	Mármol	298
Facsimiles orográficos	241	Serpentina	298
La tierra desde el punto de vista meteorológico. Generalidades	241	II.— <i>Terrenos.</i> — Constitución, características, posición, arreglo	299
Meteoros aéreos.	241	Terreno	299
Cómo se producen los vientos	242	Estratigrafía, posiciones, arreglo	300
Las brisas	243	Plegamientos	301
Temperatura	244	Dislocamientos	303
Meteoros acuosos	246		
Hielo, nieve, nieves perpetuas, ventisqueros	249		
Cuadro de las alturas del límite inferior de las nieves persistentes en ambos hemisferios	251		
Hielos polares	252		
Ventisqueros o glaciales.....	254		
Meteoros luminosos	255		
Meteoros eléctricos	257		
Un rayo de 2,000,000 de voltios producto de laboratorio	257		
CAPITULO SEGUNDO			
<i>Geología estructural</i>			
<i>Generalidades</i>			
I.— <i>Rocas.</i> — Constitución y clases.—Petrografía	264		
A.— <i>Rocas ígneas</i>	268		
División de las rocas ígneas.	271		
Granito	273		
Rocas plutónicas	273		
Grupo de rocas intrusivas..	276		
Pórfido	277		
Grupo de rocas volcánicas..	279		
Traquita	280		
Riolita	282		
Dolerita	285		
Obsidiana	285		
B.— <i>Rocas sedimentarias</i>	287		
Conglomerados	288		
Areniscas	289		
Tobas	290		
Arena	291		
Creta y tripoli	292		
Arcilla apizarrada.—Arcilla estratificada	293		
La tierra vegetal	293		
Rocas de precipitación química	294		
C.— <i>Rocas metamórficas</i>	296		
Gneis	297		
Mica-esquistos	297		

CAPITULO TERCERO

Geología dinámica

Principales agentes y sus divisiones	306
Agentes químicos	306
La vida, acción de los organismos	307
Cómo los seres forman ciertas rocas	308
Efectos destructores, bacterias, micrococos	309
La atmósfera como agente mecánico	309
El agua como agente mecánico y químico.—El mar, el hielo, ventisqueros. — Icebergs	311
Calor, sus fuentes, acción ígnea y sus resultados, volcanes, aguas termales, geyseres, metamorfismo, depósitos, vetas	316
Acción hipogea, modelado de las tierras, formación de las montañas, efectos de la presión, temblores	322
Un sismógrafo que predice temblores con gran exactitud	325

CAPITULO CUARTO

Geología histórica

Sus divisiones	328
Las subdivisiones	331
Resumen de los principales tiempos geológicos	331
Subdivisiones de grado inferior.—I. Tiempo Arqueano	332
II.—Tiempo Paleozoico. — I. Sección Eopaleozoica	332
2.—Sección Paleozoica	332
3.—Tiempo Mesozoico	332
4.—Tiempo Cenozoico	333

	Págs.		Págs.
Clasificación de los terrenos.	333	Sistema cretáceo	379
Estudio en particular de los diversos tiempos geológicos, sus rocas, plantas y animales	334	La época mesozoica en México	379
Divisiones del Tiempo Arqueano.—I. El Eon Astral	334	Sistema triásico. — Sistema jurásico. — Sistema cretáceo	380
II. El Eon Arqueozoico	335	IV.— <i>Tiempo Cenozoico.</i> — Caracteres generales	383
La Era de las primeras plantas	335	Divisiones de la Era Terciaria	384
La Era de la primera vida animal	336	Período Eoceno	384
Rocas del Tiempo Arqueano..	337	Período Oligoceno	386
La vida en el Tiempo Arqueano	338	Período Mioceno	387
Animales del Tiempo Arqueano	341	Período Plioceno	388
Productos económicos principales	341	División del sistema Eoceno. Grupo <i>Cenozoico en México.</i> —Eoceno y base del Mioceno.— Mioceno Superior a Plioceno	392
Importancia de las rocas arqueanas	342	Plioceno	393
Duración comparativa de las épocas geológicas	342	Fósiles	394
El Tiempo Arqueano en México	342	Erupciones	396
Terreno primitivo o Arqueozoico	343	Criaderos minerales	397
II.— <i>Tiempo Paleozoico.</i> — Caracteres esenciales	344	Criaderos auríferos	398
División	346	Criaderos de antimonio.....	398
Acciones dinámicas	346	Materiales de construcción y otros productos	398
Flora Paleozoica	351	<i>Era Moderna o Cuaternaria.</i> — Definición de la época cuaternaria	399
Flora Carbonífera	355	Abundancia de las caídas de lluvia y de nieve	400
Flora de la hulla.....	360	Establecimiento de los grandes ventisqueros	400
Formación de la hulla.....	361	Fases de la época cuaternaria	401
Fauna Paleozoica. — Protozoarios. — Esponjas. — Pólipos. — Equinodermos ...	362	Fauna cuaternaria	402
Branquiópodos. — Artrópodos	363	Cronología mineralógica	407
Moluscos	364	Origen del hombre	408
Peces	366	Una clasificación de los primates	410
Anfibios y Reptiles.....	367	<i>La Época cuaternaria en México</i>	411
La Época Paleozoica en México	367	Distribución geográfica	412
III.— <i>Tiempo Mesozoico.</i> — Caracteres y divisiones	368	Erupciones	412
Período Triásico	369	Criaderos minerales	413
Período Liásico	370	Materiales de construcción y productos diversos	413
Período Oolítico	372	Resumen de la geología mexicana	414
Período Infracretáceo	375	Conclusión general	418
Período Cretáceo	376		
Sistema Triásico	378		
Sistema liásico	378		
Sistema oolítico	378		
Sistema infracretáceo	379		

APENDICE

Adiciones y correcciones finales a la "Mineralogía y Geología", la

	Págs.		Pág.
"Botánica", la "Zoología" y la "Biología y Plasmogenia".		nia.—Origen de la vida...	437
		Ultimos resultados	438
<i>Botánica</i>		Importancia de estos resultados	439
Geotropismo	421	Partenogénesis. — Concepto del Universo	440
Haces fibro-vasculares. — Arboles notables. — Alimentación de las plantas	422	Inmensidad de la bóveda celeste	449
Regeneración. — Grupo de las Compuestas. — Pulque ...	423	Evolución de la materia. — Constitución y diámetro de las estrellas	441
Chamal.—Influencia de la altitud. — Mutaciones.—Hormonas	424	Una estrella veintisiete millones de veces mayor que el Sol	442
		Aumenta de tamaño la estrella "Betelgeuse"	442
<i>Zoología</i>		Los cálculos que fueron hechos	443
Mal de las montañas.....	425	La evolución de los minerales.—Falta de alimentos. Ley de Malthus. — Adaptación.—Evolución del caballo. — Transformaciones de la Artemia salina. — Similitud entre el mono y el hombre	444
Instinto e inteligencia	426	El dogma del instinto y los errores de Fabre.—El rejuvenecimiento y la Ciencia. 445	
Origen de la música.—Sentimientos afectivos de los Ateles	427	Mecánica del desarrollo.—Mecánica de la célula	446
Bisonte europeo.—Manatí y sus válvulas nasales.—Quirotos. — Metamorfosis del ajolote	428	Localizaciones germinales.—Terapéutica endocriniana en la debilidad mental... 447	
Hormiga león.—Vitaminas ..	429	El hormón sexual	448
		Teoría de Einstein	449
<i>Biología y Plasmogenia</i>			
Definición y divisiones de la Biología	429	<i>Mineralogía y Geología</i>	
Invernación	431	Transformación de los elementos.—Cambios de temperatura en las regiones polares	449
Transplante de ojos.—Figuras de vibración.—Formas y movimientos. — La ilusión de la personalidad.—El quantum de energía.—La vida de los átomos.—Los electrones	432	<i>Reseña para los excursionistas a la Gruta de Cacahuamilpa.—Situación geográfica.</i> —Vías de comunicación. 450	
Estructura sub-microscópica de la materia	433	La Gruta de Cacahuamilpa.—Descripción somera 452	
Cometa de Biela	433	Geología y génesis de la Gruta	459
Afinidad química. — Evolución en la superficie de la tierra. — Unidad de las plantas y los animales....	434	Advertencia final	462
Emulsión protoplásmica.—Estructura del protoplasma..	435		
Superficie total de los gránulos coloides. — Anafilaxia.—Vitaminas.—Obras acerca de la célula. — General Cytology.	436		
Fundadores de la Plasmoge-			

ERRATAS Y ACLARACIONES

Página 10, línea 8, dice: preparatorianos, léase: profesionistas

Página 34, línea 23, dice: pos, léase: por

Página 54, línea 15, dice: interpretan, léase: interpenetran.

Página 113, línea 23, dice: Freislebenita, léase: Freieslebenita

Página 114, línea 20, dice: conocoidea, léase: concoidea

Página 122, línea 6, dice: lámpara, léase: lámparas

Página 175, línea 10, dice: haberse, léase: haberse

Página 225, línea 23, dice: donde, léase: donde quizá

Página 254, línea 31, dice: glaciales, léase: glaciares

Página 268, línea 4, dice: transformaron, léase: se transformaron en

Página 294, línea 5, dice: ácidos orgánicos, léase: ácidos

Página 309. Debe recordarse que las bacterias influyen poderosamente en la formación del suelo arable, en la destrucción lenta de rocas y montañas, en la producción del carbón de piedra y en otros muchos fenómenos geológicos, fijando el ázoe del aire, descomponiendo los carbonatos, etc. Véase la "Botánica", págs. 320 y 378.

Página 324, línea 7, dice: planeta, léase: satélite

Página 327, línea 22, dice: Kilanea, léase: Kilauea

Página 355, línea 7, dice: carbonatos, léase: carbonos

Página 359. Diagrama de la distribución del carbón en los continentes. (A la derecha, de arriba abajo: África, Sur-América, Oceanía, Europa y Asia. Al centro: el Mundo. A la izquierda, de abajo arriba: Norte-América, Estados Unidos y en el extremo superior el cubo truncado del carbón antracita).

Cuadro del Origen de los primeros vegetales y animales. Dice: dialóneas, léase: Diatomeas.

En el cuadro de la Evolución terrestre de los Dinosaurios debe leerse: relacionados con, donde dice: representados. Además, se inscribirán las letras mayúsculas que faltan, a la izquierda de las cinco líneas verticales; en sus puntas: A, B, C, D, E.

Página 374, línea 5, dice: Belemnites. Suprimase.

Página 382. Los números correspondientes a la explicación de la lámina deben entenderse en orden progresivo de izquierda a derecha y de arriba abajo.

Página 384, línea 3, dice: porte, léase: parte

Página 385, línea 1, dice: gracila, léase: gracilis

Página 393. Este paisaje ideal se copió de un artículo del Dr. Villada.

Página 395. El molar de *Elephas* está muy reducido, como a la tercera parte.

Página 401, línea 3, dice: Sahra, léase: Sahara,

Página 411, línea 13, dice: Mentone, léase: Menton.

Página 442, línea 4, dice: ha. Suprimase.