

SEGUNDA PARTE.

SINOPSIS DE GEOLOGÍA MEXICANA

POR JOSE G. AGUILERA.

I

Situado México al S. de los Estados Unidos, entre los dos Océanos, inicia la porción istmica de Norte América que con dirección S.E., se prolonga por una serie de istmos cada vez más estrechos para formar la porción comunmente denominada América Central, que reunida á las Antillas constituye una región natural, en otra época continua, según toda probabilidad, y la cual como han hecho con justicia notar muchos observadores, tanto Geógrafos como Geólogos, desempeña entre las dos masas continentales de América un papel por todos respectos análogo al que desempeña la zona mediterranea entre Europa y Africa. El territorio mexicano comprende de esta región natural la porción septentrional, que tal vez es más conveniente considerar como el estrechamiento peninsular general del continente, que le da la forma triangular característica de las masas continentales de la época presente, y abraza además el comienzo de la América Central, á la cual con toda propiedad corresponde la denominación de región istmica.

La forma general del país por su contorno es la de una faja de tierra que al encorvarse alrededor del Golfo de México, se estrecha gradualmente hacia el S.E., para bifurcarse después de haber formado el Istmo de Tehuantepec, continuándose por una de las ramas de la bifurcación con Centro América y dirigiéndose por la otra, la Península de Yucatán, hacia las Antillas. La península de la Baja California, es una faja angosta de tierra no hace mucho tiempo desprendida, que, con dirección paralela á la de la costa occidental del Continente, sufre varios estrechamientos para desaparecer debajo de las aguas del Pacífico, frente al Cabo Corrientes en el Estado de Jalisco, indicando que existió una continuidad geográfica entre estos puntos en otra época geológica, continuidad que está además autorizada por la dirección de los elementos de relieve del presente en esas dos porciones del territorio mexicano y por la constitución geológica del suelo en esos puntos.

La estructura geográfica general de México se reduce á una meseta central inclinada hacia el N. y N.E., comprendida entre dos cadenas de montañas que están separadas de los dos mares por angostas fajas de terreno bajo que se estrechan gradualmente hacia el S. Estas dos cadenas que se reúnen en la parte meridional del país, se levantan sobre la superficie bajo la forma de una V de mas colosales que van á continuarse en el territorio de los Estados Unidos, bajo los nombres de Montañas Rocallosas y Sierra Nevada. Reunidas estas cadenas de montañas recorren la parte meridional del país para continuar á la América Central llevando adherida á su falda oriental la baja meseta de Yucatán que se eleva apenas á unos 30 ó 40 metros sobre el mar.

La Mesa Central ó Mesa de Anáhuac, con una superficie de cosa de 666,000 kilómetros cuadrados y una altura media aproximada de 1,700 metros, se extiende sin interrupción desde las llanuras de Texas y Nuevo México en los Estados Unidos hasta el Valle de Toluca, que se apoya contra las faldas del Nevado de Toluca; alcanzando la meseta una altura de 2,630 metros en su extremo meridional. Esta gran meseta que constituye una individualidad geográfica de primer orden, eminentemente característica para esta porción de Norte América está compuesta á su vez de unidades geográficas de segundo orden, que se subdividen en otras de orden inferior y manda sus ramificaciones hacia los dos mares; ramificaciones que siguiendo las interrupciones de las cadenas limítrofes, establecen comunicación fácil con las tierras bajas que rodean á las vertientes de la mesa y favorecen el desagüe de la mayor parte de la superficie de la Mesa Central hacia los dos océanos, quedando esta desprovista de drenaje en su porción central solamente, allí donde se encuentra la depresión denominada Bolsón de Mapimí.

Siendo la Mesa Central la continuación meridional de la depresión central del Continente Norte Americano, presenta todos los caracteres de dicha gran depresión. Mientras que al N. la depresión se acentúa más y más y adquiere mayor anchura; al S. por el contrario, la región de las llanuras se eleva gradualmente, estrechándose también, y así vemos que su inclinación va de acuerdo con la elevación general de la masa continental.

Creciendo gradualmente hacia el S. hasta el paralelo 19° el relieve general del país, para descender después hasta llegar á los istmos en los cuales á medida que son más estrechos la altura absoluta va siendo menor; se puede comparar el territorio mexicano desde el Istmo de Tehuantepec al N. tomando solamente en consideración el conjunto de su relieve y haciendo abstracción por consiguiente de algunas irregularidades de detalle, con un tetraedro oblicuo cuya cara mayor que sirve de base se adapta á la proyección horizontal del país, las dos caras más pequeñas forman las dos vertientes ó el descenso á los dos mares y la cara de dimensión intermedia corresponde á la vasta Meseta Central. El vértice del tetraedro, vértice también de la masa continental vendría á quedar situado aproximativamente entre los grandes conos volcánicos de México.

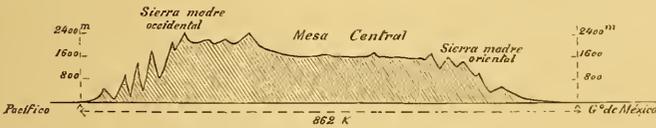
La cadena de montañas que Humboldt denominó Andes Mexicanos y que

son de hecho la continuación de la gran cadena de montañas de la América del Sur, que con el nombre de Los Andes comenzando en Patagonia recorre paralelamente al mar, toda la costa del Pacífico, después de haber experimentado varias depresiones, correspondiendo naturalmente las de mayor importancia á los numerosos istmos de la América Central, se interna en el territorio mexicano y después de atravesarlo en toda su extensión se continúa por la parte occidental de los Estados Unidos.

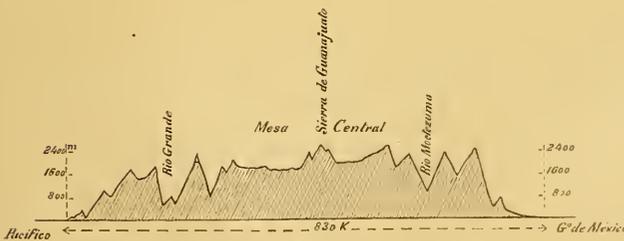
Esta cadena de montañas se bifurca en la parte central del Estado de Oaxaca, dirigiéndose una de sus ramas, la Sierra Madre Oriental casi paralelamente á la costa del Golfo de México y siguiendo la otra que se designa con el nombre de Sierra Madre Occidental la costa del Pacífico. Cada una de estas ramas principales es á su vez descompuesta en numerosos y variados eslabones de importancia diversa y así se presenta el país sembrado de serranías y sierras á primera vista sin encadenamiento ó relación; pero que estudiadas con detenimiento su dirección y constitución se descubre el enlace y continuidad unas veces aparente ó manifiesta y otras apenas perceptible pero que siempre permiten conocer las mutuas y relativas dependencias de todos estos elementos de relieve.



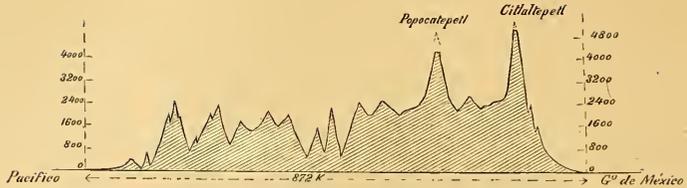
Corte transversal de México según el paralelo 25°



Corte transversal de México según el paralelo 23°



Corte transversal de México según el paralelo 21°



Corte transversal de México según el paralelo 19°

Para dar una idea general de la situación, dimensiones é importancia de la Mesa Central ó Mesa de Anáhuac así como del relieve general del país, damos los cortes adjuntos, hechos por el que suscribe ayudado por el Sr. Ordóñez, siguiendo los paralelos 25°, 23°, 21° y 19°. En estos cortes se puede apreciar la altura absoluta de la Mesa Central y sus relaciones con las dos cadenas de montañas que la limitan hacia el E. y el O., así como juzgar de la importancia relativa del relieve de las dos cadenas de montañas.

Examinando estos cortes se ve que el más septentrional de ellos alcanza una altura absoluta menor; las sierras son menos elevadas y están menos subdivididas y la Mesa Central adquiere gran anchura. El corte, según el paralelo 23°, manifiesta la mayor importancia en altura y en anchura de la Sierra Madre del Pacífico y la Mesa Central con altura casi uniforme.

En el corte, según el paralelo 21°, la Mesa Central se halla subdividida por la sierra de Guanajuato; y el corte, según el paralelo 19°, muestra casi el límite de la Mesa Central en la región de las mayores alturas, pasando dicho corte por una porción de la Sierra Madre Occidental sumamente desgarrada por las profundas cortaduras que corresponden á las cuencas de las aguas que van hacia el Pacífico. La Mesa Central en este corte queda situada hacia el E., donde está acumulado el relieve.

II

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 granítico gnéssico y esquistoso que ocupa la mayor parte del S. del país; se extiende á 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 á algunos puntos cercanos á 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 casi iguala á 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 á la serie moderna, distribuidas todas á lo largo de la cadena de montañas principal 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., S. y S.E.

Estas tres grandes 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.

Las rocas arcaicas de México son bastante numerosas, de naturaleza muy variada y presentan á veces transiciones perfectamente visibles. Este terreno está representado en la carta geológica que va al fin de esta reseña por el color rosado.

En el S. 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:

a.—Gneiss porfiroide muy semejante al augengneiss, que en la base, perdiendo su esquistosidad, pasa á una especie de granito.

b.—Phyllades (filades) gneissicas que descansan directamente sobre la anterior á la cual pasan por grados insensibles de transición.

c.—Micapizarra sumamente abundante, en algunos puntos granatífera, y en perfecta concordancia con las phyllades gneissicas.

d.—Phyllades muy arcillosas en su parte superior, cuya proporción en arcilla va disminuyendo hacia la base de un modo gradual, y de acuerdo con esta modificación en la composición, la estructura varía de perfectamente apizarrada á esquistosa y finalmente estratiforme. Este grupo descansa sobre las cloritapizarra, sericitapizarra y amphybolitapizarra, que á su vez se apoyan en las phyllades gneissicas.

Erupciones.—Posteriormente al depósito de las filades arcillosas y antes de terminar el Paleozoico, hicieron su erupción las rocas que se enumeran á continuación por su orden de antigüedad:

1.—Granito gnéissico que pasa á granito porfiroide, que atraviesa las mi-

capizarras sin llegar á las filades. La aparición de esta roca está perfectamente manifiesta en la porción N.O. de la República, especialmente en la Municipalidad de Caborca, perteneciente al Distrito de Altar del Estado de Sonora.

2.—Granito propiamente dicho y de grandes elementos, que corta á las micapizarras y filades; visible en muchos de los puntos en que se encuentra el terreno primitivo, tanto al N.O. como en el centro y S. del país.

3.—Granulita, se presenta en muchos lugares cortando todas las rocas arcaicas.

4.—Granito hornbléndico, sumamente abundante; muy frecuente bajo la forma de diques de dimensiones más ó menos poderosas y también bajo la de protusiones de considerables dimensiones que constituyen verdaderos macizos; atraviesa todas las rocas sedimentarias del Arqueano, así como al granito gneissico.

5.—Pegmatita común que pasa á veces á la variedad gráfica ó hebráica en diques numerosísimos que cortan los granitos gneissicos y comunes. Parece haber habido dos épocas distintas de erupción de pegmatita: la más antigua, que ha tenido lugar en el Estado de Sonora, que sólo atraviesa al granito gneissico y á las micapizarras y amphybolitapizarra, y la más moderna, á la vez la más común, que corta á todas las rocas del Arqueano pasando hasta los granitos, granulitas y granitos hornbléndicos. Esta segunda erupción se ve tanto al N.O. como en la parte media y meridional del país.

6.—Hyalomigta ó Greisen, se encuentra asociada á los granitos formando en su masa vetas de segregación.

7.—Diorita en diques y reventazones numerosas de aparición posterior á las rocas anteriores pero que se verificó antes del fin del Paleozoico. Es muy abundante en el S. de Puebla y N. de Oaxaca y Guerrero.

Dislocaciones.—La formación está sumamente plegada, formando pliegues anticlinales, sinclinales y oblicuos de las más variadas dimensiones, cuyas aristas ó crestas corren entre 20° y 45° N.O.—S.E. con echado hacia el N.E. ó S.O. que varía entre 5° y 75°. El plegamiento de estas capas, anterior á todos los depósitos sedimentarios bien definidos que hemos tenido oportunidad de observar en el país, es debido á las resultantes de presiones laterales ejercidas por el depósito de sedimentos postarcaicos y pretriásicos que se verificaban en los dos mares que rodean nuestro país, en regiones bastante lejanas probablemente al E. y O. de la extensión que hoy comprende la República Mexicana. Si hemos de juzgar de la energía de estas causas por los efectos que nos es dable observar, dichos depósitos debieron alcanzar dimensiones colosales.

Criaderos Minerales.—En este terreno se encuentran criaderos de fierro de diferentes tipos, y criaderos auríferos; unos, contemporáneos de las rocas sedimentarias ó eruptivas que los contienen y otros, posteriores á estos terrenos, pero cuya formación ha sido anterior á la serie sedimentaria postarcaica del país, que como hemos dicho ya, se inició á fines del Paleozoico, y los cua-

les se mencionan en este lugar por encontrarse en las rocas arcaicas, aunque son de edad muy posterior y por ahora indeterminada.

El fierro se presenta bajo las formas de hematita micácea, hematita compacta, magnetita, hematita arcillosa que pasa á arcilla ferruginosa y limonita. La hematita micácea forma lentes muy pequeños, interestratificadas en las micapizarras y filades; es pues contemporánea de las pizarras que las contienen. La hematita micácea sustituye á la mica ó á la clorita, bien en una pequeña proporción, tiñendo entonces las pizarras de diversos tonos de rojo, bien en cantidad predominante, y entonces forma lentes de pequeñas dimensiones que pueden referirse al tipo de "Esquistos de fierro micáceo de Von Groddeck," del cual difieren solamente por la ausencia de la magnetita. Estos criaderos sólo son de pequeño valor industrial para la explotación de la variedad más pura de la hematita micácea que puede recibir en las artes después de un perfecto lavado para destituirla del cuarzo que contiene, la aplicación que se da al rojo inglés ó colector.

La hematita compacta asociada á la magnetita, pero predominando siempre, constituye grandes lentes intercaladas entre las micapizarras, formando verdaderas masas explotables, que corresponden al tipo "Masas estratificadas" de magnetita y fierro oligisto de Von Groddeck. Son pues contemporáneos de las pizarras huronianas en que se encuentran.

La hematita arcillosa y la limonita arcillosa que pasan á ocre de fierro ó arcillas ferruginosas, vienen siempre acompañando á la hematita y magnetita como productos de impureza é hidratación más ó menos avanzados. Este tipo de criadero y el anterior se encuentran en la división Huroniana del Terreno Primitivo, del S. de Puebla y N. de Oaxaca y Guerrero.

La hematita compacta acompañada de limonita, atraviesa bajo la forma de filones, de potencia á veces de algunos metros, las rocas arqueanas y eruptivas que á estas cortan, sin que nos sea conocida su edad con precisión, pues solamente sabemos que no pasan á las rocas sedimentarias del Keuper, en algunos puntos del Estado de Guerrero, cercanos á los lugares en que se encuentran estos criaderos. Tal vez esta clase de criadero pueda referirse con alguna probabilidad al tipo "Río Albano" Von Groddeck, pues en algunos de ellos hemos encontrado la magnetita, aunque en pequeña cantidad. En el Estado de Guerrero se encuentran yacimientos de fierro sumamente importantes entre los cuales citaremos: uno cerca de Mescala que es un filón casi vertical de 8 metros de potencia, formado de óxido magnético compacto; otro llamado el cerro Imán cerca de Coyuca, es una montaña de 100 metros de altura coronada por una capa de caliza; los de San Francisco y Singungao, enormes acumulaciones de fierro oxidulado; el de Villadera que forma una capa de 400 metros de largo por 100 metros de ancho; en fin, el de Chutla constituido por Mineral Magnético puro, que se encuentra en la proximidad de fundentes calcáreos y maderas. ¹

1 Manross, Amer. Journ. of Scien. and Arts., vol. XXXIX, p. 309. Según Dana ib. p. 358.

Estos minerales deben pertenecer, según opinión del Sr. J. D. Dana, loc. cit., al período Azoico como los de Nueva York y Michigan. Una exploración hecha por el subscripto al cerro Imán, le permite rectificar la opinión del Sr. Dana y referir el criadero del cerro Imán al Terciario por atravesar el filón de hematita á las calizas con Nerinea af. Titania Felix, del Cretáceo Inferior de Tehuacán. La caliza está metamorfozada y sólo en algunos lugares se pueden obtener ejemplares de Nerinea. Esta formación caliza se continúa al N. con la del cerro de Dolores ó del Capote junto á Huetamo, y al S.E. se liga también con las calizas y margas de Jaripo á Coyuca sumamente ricas en Nerinea af. Titania Felix. Esta circunstancia hace presumir que los criaderos citados por Manross y no visitados por el que subscribe, deben ser contemporáneos y semejantes á todos los otros criaderos de fierro que se mencionan adelante al hablar de los criaderos contenidos en rocas cretáceas y cuyo relleno ha tenido lugar en el período terciario.

Los criaderos de oro son vetas y filones de cuarzo aurífero que atraviesan las rocas eruptivas de que nos hemos ocupado en las páginas precedentes, originadas por líneas de fractura por contracción, debida al enfriamiento de la roca que los contiene. Llevan como matriz el cuarzo graso y cuarzo hialino y cariado, en el cual viene diseminado el oro libre acompañado de hematita y limonita más ó menos arcillosa en el tramo superior ó superficial, en donde la acción oxidante de los agentes atmosféricos se ha hecho sentir con una energía variable pero siempre en relación con el estado higrométrico del aire y demás condiciones climatéricas de la localidad en que se presentan. La zona que sigue á la de oxidación está caracterizada por la presencia de pirita aurífera más ó menos alterada.

Se aproxima este tipo al Nagyag de Von Groddeck, pero no atraviesa rocas eruptivas terciarias, puesto que son un poco posteriores á las rocas eruptivas que cortan al Arcaico; y además le faltan las combinaciones del teluro que tan frecuentes son en el tipo de Nagyag. Esta clase de criaderos auríferos se presenta en algunos puntos pertenecientes á los Estados de Oaxaca y Guerrero.

La baritina sola ó acompañada de minerales de cobre con ley de plata forma vetas que en el primer caso arman en los granitos turmaliníferos como en la punta S. de la Baja California; y cuando sirve de matriz á chalcocita, azurita, malaquita, poca blenda, etc., ó bien acompaña nada más á la galena, se encuentra cortando á las pizarras cristalinas del S. de Puebla.

La edad geológica de estos criaderos es difícil de determinar por falta de relaciones entre ellos y las rocas más modernas ígneas y sedimentarias de esta comarca.

Distribución geográfica.—Las rocas arcaicas constituyen un núcleo de grandes dimensiones que ocupa la parte meridional del Estado de Puebla, algunos tramos de la Sierra Madre en el Estado de Chiapas, y porciones muy extensas de los de Oaxaca y Guerrero. Se encuentran también en los Estados de Zacatecas cerca del Fresno; Guanajuato en las inmediaciones de la capital;

Sinaloa, cerca de las cumbres de la Sierra Madre; Sonora en su parte N.O. y O., y alguno que otro punto central; Baja California, en donde constituyen el eje de la cordillera central de la península, y Veracruz en su región occidental, limítrofe con Puebla en el Cantón de Zongolica.

Materiales de construcción y productos diversos.—Las numerosas aplicaciones del granito y sus diversas variedades son demasiado conocidas para que nos detengamos á hacer su enumeración; debemos hacer notar, sin embargo, que no obstante las preciosas cualidades de estas rocas, no se han empleado hasta ahora en México estos bellísimos materiales de construcción.

Entre las substancias de valor industrial que las rocas arcaicas y eruptivas que las cortan contienen, enumeraremos la grafita que se encuentra formando parte de los granitos, sustituyendo á la mica; el kaolín, la arcilla plástica y la refractaria, producto de descomposición de los granitos y segregación de algunas pizarras arcillosas; el asbesto que forma vetillas diseminadas en las micapizarras y pizarras arcillosas; el granate var. piropo, bastante común en las mismas pizarras y en los granitos; la turmalina que viene en estos últimos; el corundo, la labradorita, la mica y las numerosas variedades coloridas del cuarzo hialino; la esmeralda en las micapizarras y filades de Tejupilco, Estado de México.

GRUPO PRIMARIO ó PALEOZOICO.

Los terrenos que forman el grupo Paleozoico están apenas representados en nuestro país, y aquellos de los cuales posemos fósiles característicos que no dejan lugar á duda respecto á su edad, pertenecen al período Carbonífero.

Sistema Siluriano.—No se conoce en el territorio de la República ningún lugar en donde este terreno aflore, tampoco existen en las colecciones paleontológicas fósiles característicos de este terreno que sean de procedencia mexicana auténtica. Se encuentra en nuestra colección un magnífico ejemplar de caliza penetrada de bellísimos individuos de *Orthis testudinaria* Dalman, especie del Período Trenton del Silurio Inferior. Este ejemplar lleva en la etiqueta como localidad la Cuesta de Santa Teresa, á una legua al E. de Cahuamilpa, Estado de Guerrero, y fué regalado al Sr. Profesor Don Antonio del Castillo por los hermanos Robles. El Sr. Profesor Castillo, deseoso de rectificar esta localidad y cerciorarse de la autenticidad del ejemplar, así como también con el propósito de hacer el estudio respectivo del yacimiento de esta especie, hizo varias expediciones infructuosas; pues no sólo no encontró las rocas que contienen tan interesante brachiopodo, sino que no encontró indicio alguno de las rocas silurianas en la cuesta de Santa Teresa, ni en ningún otro punto inmediato á ella, de donde pudiera haber sido traído el ejemplar citado.

En la obra "Contributions to the Geology and the Physical Geography of Mexico," editada por el Baron T. W. von Egloffstein, en la cual se resumen

las observaciones y datos recogidos por Frederik von Gerolt y Charles de Berges, se asigna al Silúrico una vasta distribución geográfica y se refieren á él pizarras y rocas pizarreñas de las inmediaciones de algunos Distritos Mineros, pizarras que pertenecen á diferentes sistemas estratigráficos y que, por la posición que ocupan en la actualidad y ciertos caracteres exteriores, han sido consideradas como pertenecientes al Silúrico.

Muchos geólogos han considerado silúricas las pizarras arcillosas y la ampelita (hoja de libro) que se encuentra en la profundidad en los criaderos de Guanajuato, Catorce y Zacatecas. La edad de las pizarras de Guanajuato y Zacatecas es desconocida y no se puede determinar todavía con alguna precisión; no sucede lo mismo con las pizarras de Catorce que son casi todas jurásicas, y si acaso, en la base de éstas, se encuentran algunas otras más antiguas, es casi seguro que no son de tan remota antigüedad como la que se les ha atribuido.

Sistema Devoniano.—Poseemos en nuestra colección un espléndido ejemplar de Goniatites que hemos referido al Denoviano Medio, que le fué obsequiado en Europa al Profesor Don Antonio del Castillo. Con el Devoniano en México nos ha sucedido una cosa semejante que con el Siluriano; pues la localidad del Goniatites de que nos venimos ocupando, ha sido dada al Profesor Castillo como de la serranía de Apulco en una barranca denominada de “La Calera:” en vano se ha tratado de obtener nuevos ejemplares, organizándose expediciones con ese objeto al lugar indicado. No se ha dado con la verdadera localidad, pero existen probabilidades de que una exploración detenida de la región citada, descubra la localidad deseada; pues que en esa región se encuentra, debajo de las pizarras jurásicas, un grupo poderosísimo de pizarras arcillosas y filades muy cargadas de arcillas en que pudieran venir los Goniatites, especialmente en las últimas, cuya edad geológica es imposible determinar por ahora por falta de fósiles y por el estado de metamorfismo en que se encuentran. Pudiera suceder muy bien que no fueran sino las pizarras arcillosas del Jurásico metamorizadas por acción mecánica combinada con la que ejercieron las andesitas terciarias al hacer su aparición en aquella región, ó bien que se tratara de rocas devonianas de aspecto muy modificado por estas mismas causas. Son sumamente abundantes, y por lo que conocemos de ellas, enteramente desprovistas de fósiles; no obstante, la presunción de que los Goniatites citados provengan de algún punto más ó menos distante de la localidad estudiada no está destituida de fundamento, toda vez que el carácter litológico de la formación conviene bastante con el de algunas subdivisiones del terreno que se busca.

Sistema Carbonífero.—La existencia de este terreno en México es un hecho enteramente comprobado. Se encuentra en la parte de nuestro territorio limítrofe con Guatemala, directamente debajo del Cretáceo. El Sr. Ingeniero D. Próspero Goyzueta, miembro de la Comisión encargada de trazar los límites entre México y Guatemala, nombrado al principiar los trabajos de la Comisión, Geólogo de ella, trajo á México dos ejemplares de caliza compacta,

gris cenicienta, que contenían individuos pertenecientes al género *Productus*; estos individuos aunque bastante maltratados é incompletos, permiten ser identificados, y pertenecen á la especie *semireticulatus* que es característica de la caliza carbonífera.

Naturaleza de las rocas.—Las rocas carboníferas de México son calizas y dolomias, que según el estudio del Sr. Saper¹ “descansan en estratificación concordante sobre los Estratos de Santa Rosa, compuestos de pudingas areniscas y pizarras de color rojo que refiere el Sr. Sapper al Carbónífero ó Devónico.”

El Dr. Persifer Fraser, en un opúsculo que lleva por título: “*Certain Silver and Iron mines in the States of Nuevo Leon and Coahuila, México*”, refiere al Carbonífero Superior las calizas que forman algunas de las sierras de Coahuila y Nuevo León, como la del cerro del Mercado, junto á Monelova, que forma parte de la sierra de la Gloria, la sierra de Gómez y la sierra de la Iguana; y se atiene para hacer esta referencia á la opinión de los Sres. Profs. James Hall y Angelo Heilprin, á propósito de unos cuantos fósiles que bastante maltratados les remitió para su identificación.

El Prof. Heilprin, haciendo notar el mal estado de los fósiles que no permitían una determinación específica segura, declaró que pertenecían á la familia *Aviculidæ* y con probabilidad á los géneros *Pterinopecten*, *Actinoptera* y *Leioptera*, que existieron desde el Silúrico al Pérmico, pero él aceptaba como más probable que fuesen formas devonianas ó carboníferas.

El Prof. James Hall encontró tres fósiles, dos de carácter terebratuloide y uno pectinoide, probablemente un *Aviculopecten*; infiere del carácter de los fósiles lo mismo que del aspecto físico de la roca, que ésta es de la edad de la caliza carbonífera tan desarrollada en el S.O. La formación la considera como una extensión del *Great coal measures*, pero generalmente destituida de carbón. Con la esperanza de hacer una buena colección de fósiles carboníferos de los lugares citados, hice una expedición al Cerro del Mercado y Sierra de la Iguana: en el Cerro del Mercado encontré en los estratos inferiores que cortaba una barranca al O., fósiles característicos cretáceos del Cretáceo Medio, pertenecientes á los géneros *Lima*, *Anomia*, *Scaphites*, *Micraster* y otros; en la punta N. de la Sierra de la Iguana, sólo he podido encontrar una especie de *Montlivautia*, pero en su prolongación al S. he recogido ejemplares muy bien conservados de *Desmoceras* (*Puzosia*) sp? especies todavía no determinadas de *Acanthoceras* y dos *Belemnites* muy próximas á las *Belemnites minimus* y *bipartitus*, que no dejan duda acerca de la edad de estas calizas, que corresponden á la división del Cretáceo Medio y á divisiones comprendidas dentro de la serie Comanche del Cretáceo de Texas, del cual todas estas sierras calizas del N. de México desde Sonora á Tamaulipas no son sino la continuación. En vista de todos estos datos hemos representado en nuestro Bosquejo

¹ Boletín del Instituto Geológico de México, núm. 3, “La Geografía física y la Geología de la Península de Yucatán.”

Geológico todas las sierras indicadas por el Prof. Fraser como del Carbonífero Superior, como pertenecientes al Cretáceo.

Desde Humboldt que fué el primero que refirió á la Caliza de Montaña las calizas compactas cretáceas del país, atendiendo solamente á sus caracteres físicos, se ha cometido, por la gran semejanza que con las calizas paleozoicas tienen nuestras calizas cretáceas, el mismo error por otros muchos observadores; y así el mismo Prof. Hall en la Memoria de Emory de la Comisión de límites entre México y los Estados Unidos, "Emory's Report of the U. S. and Mexican Boundary Survey", asigna al Carbonífero muchas de las sierras cretáceas de cerca de la línea divisoria, y finalmente en Macfarlane "An Amer. Geol. Railway Guide", se consideran como del Carbonífero las calizas cretáceas de los Estados de Durango y Coahuila, á lo largo del Ferrocarril Central Mexicano, en el tramo respectivo en que la línea corta á estos dos Estados. Ahora bien, estas calizas están literalmente penetradas de Acteonellas, Nerineas, Hippurites, Monopleuras, etc., es decir, de fósiles cretáceos característicos.

El Sr. Ing. Santiago Ramírez refirió al sistema Carbonífero la formación de los Distritos de Acaflán y Matamoros del Estado de Puebla, que contiene algunas capas de hulla; como se verá adelante estas formaciones han sido referidas al Triásico Superior, mientras adquirimos mayor número de plantas fósiles que decidan si debe ser considerada la formación de que nos ocupamos como de la cima del Triásico ó si pertenece á la base del Liásico.¹

Carácter paleontológico.—Muy pocos ejemplares de fósiles han sido obtenidos del Carbonífero de Chiapas, y los mejor conservados, procedentes de los ranchos La Nueva, La Vainilla, Las Tres Cruces y Palo Amarillo, son:

Fusulina granumavenæ? F. Roemer.

Fenestella sp?

Productus semireticulatus Martin.

Pleurotomaria sp ?

En los Anales del Ministerio de Fomento, tomo V, 1881, páginas 525 á 593, el Sr. García Cubas extracta parte del informe acerca de la serranía de Puebla del Sr. Estragnat, en cuyo extracto se ve que el Sr. Estragnat "considera esta región, formada de terrenos de transición, encontrando en algunos puntos el Silurio, en otros el Carbonífero y el Zechstein. Esta última formación, dice el Sr. Estragnat, se encuentra representada por caliza compacta negruzca y fétida, con sus fósiles característicos, trastornada y dislocada en Xochitlán y otros lugares de Zacapoaxtla". Esta formación es cretácea y descansa sobre pizarras con Arietites, James Danæ Bárcena, en la Cañada del Río Lajujalpa, cerca de San Marcos en Zacatlán. Es indudable que el aspecto petrográfico de la formación, y no los fósiles, fueron los que sirvieron al

¹ Anales del Ministerio de Fomento, vol. VI.

Sr. Estragnat para referir al Zechstein una caliza que cerca de Tetela, en Ometepec, pasa en la base por transición insensible al Jurásico Superior.

GRUPO SECUNDARIO Ó MESOZOICO.

Las distintas formaciones sedimentarias que reunidas constituyen el grupo Secundario ó Mesozoico, no están todas representadas en México; las que se encuentran pertenecen en unos casos á las últimas subdivisiones ó pisos superiores de los sistemas Triásico y Jurásico, y en otros á casi toda la serie cretácea en sus numerosas subdivisiones ó pisos.

Sistema triásico.—Las rocas de este sistema en su subdivisión superior sin ocupar jamás grandes extensiones se muestran en muchos puntos. Véase la carta geológica adjunta, en la cual este sistema está representado por el color violado.

Naturaleza de las Rocas.—Las rocas del Triásico Superior pertenecen á distintas variedades de areniscas cuarzosas y pizarras arcillosas, cuya textura y composición varían notablemente. La textura de las areniscas varía desde sumamente finas hasta brechas formadas de gravas; y según la textura, se modifica también la estructura, que se hace más apizarrada á medida que el grano es más fino; en cuanto á las pizarras, la textura varía de pelítica que las da el aspecto de esteatopizarra hasta granudas finas que las colocan entre las psamitas. La composición de las areniscas y pizarras varía también: las primeras desde areniscas cuarzosas en las capas inferiores hasta areniscas margosas en las capas superiores; y en cuanto á las pizarras, su composición varía de arcillapizarra pura en la base á pizarras arcilloso-margosas y margas apizarradas en la parte superior, en donde se cargan gradualmente de laminitas de mica que las hacen pasar á verdaderas psamitas, modificándose el grano de los elementos que las constituyen, dándoles el aspecto de areniscas de grano muy fino, y finalmente aumentando la proporción de carbonato de cal termina la serie de pizarras margosas muy ricas en cal, sobre las cuales se depositan en algunos puntos verdaderas pizarras calizas más ó menos cargadas de arcillas.

Estas modificaciones en la composición y en la textura se presentan tanto en el sentido horizontal como en el vertical, con la diferencia de que son siempre más graduadas é insensibles en la dirección horizontal; de tal manera que la misma capa seguida por un gran tramo manifiesta las modificaciones que acabamos de mencionar, cambiándose de verdaderos conglomerados de grano grueso y mediano en areniscas de diversos granos, que pasando por las psamitas terminan en las pizarras arcillosas.

La consistencia de estas rocas varía de acuerdo con su composición, y por la influencia de la erupción de rocas ígneas, de areniscas cuarzosas muy resistentes que presentan el aspecto de verdaderas cuarcitas pasan á areniscas tiernas bastante desmoronadizas; las pizarras también presentan modificaciones notables en este respecto, pues cambian de pizarras fisiles y hojosas más

ó menos perfectas á pizarras de crucero pizarreño muy imperfecto. El color de estas rocas varía en las areniseas del gris más ó menos claro á diversos tonos del rojo y amarillo, y en las pizarras del gris ceniciento al negro agrisado y negro en la parte inferior y media del complexus de capas, y en la superior, del negro de diversos tonos á los variados é irregulares tintes que remedan perfectamente los colores de las margas irizadas del Kenper.

Dislocaciones.—El conjunto de estas rocas descansa directamente en los granitos en el Estado de Sonora y parte del Estado de Puebla y sobre las pizarras cristalinas en el Distrito de Acatlán del Estado de Puebla y en los de Huajuapán y Tlaxiaco del de Oaxaca. Comunmente se presentan dislocadas con rumbos de N. á S., N.O. á S.E., N.E. á S.O. y E. á O.; siendo los dominantes los de N.O. á S.E. y N.E. á S.O.; los echados son también muy variables; pues se presentan unas veces las capas casi verticales y otras con inclinaciones desde 20° hasta 60° al N.O., S.E., S.O., E., N. y N.E., siendo los echados más frecuentes de 30° á 50° al N.O. ó al S.O.

Este terreno se encuentra, pues, sumamente dislocado y en algunos lugares del Distrito de Huajuapán se le ve formando pliegues cuyas erestas ó ejes corren de N. 20° E. al S.O. Las dislocaciones y trastornos que ha experimentado y de los cuales partieipan también las formaciones posteriores, han sido originados, ya por fenómenos de presión lateral, fenómenos orogénicos de la República en casi toda su extensión, ya por la aparición de las rocas ígneas posteriores al depósito del terreno de que nos ocupamos y cuya erupción ha ocasionado algunas modificaciones en la manera de ser de las rocas triásicas, jurásicas y cretáceas.

Distribución geográfica.—A consecuencia de fenómenos de erosi3n de energía bastante considerable y de duraci3n sumamente prolongada, las capas de este terreno han desaparecido casi por completo; no se las encuentra ya sino al estado de verdaderos girones bastante dispersos y de pequeñas dimensiones, que se nos presentan ahora como los únicos testigos de la gran extensi3n superficial que debieron eubrir en la 3poca de su dep3sito. Las localidades en que se conoce este terreno son: San Marcial, La Barranca, Los Bronces, San Jos3 de Pimas, pertenecientes al Distrito de Hermosillo del Estado de Sonora. En el Estado de Puebla, en el Distrito de Matamoros; en Ahuatlán y Tejaluca; en Tecomatlán, Olamatlán, Iamacingo, Yetla, Ayuquila, Texealapa y Santa Cruz el Nuevo del Distrito de Acatlán; en Coatepec y Atootitlán del Distrito de Tehuacán. En el Estado de Oaxaca se continúa la formaci3n del S. de Puebla y las rocas triásicas se manifiestan en las localidades siguientes: Inmediaciones de Tezoatlán, San Juan Diquiyú, Santa María Yucquimi, San Andrés Yucueñuti, San Marcos del Distrito de Huajuapán; en Pata de Cabra, Yucuticu y Agua Salada del Distrito de Tlaxiaco; en las inmediaciones de Mixtepec del de Juxtlahuaca.

El Sr. Prof. Bárcena en su Tratado de Geología, dice en la pág. 321: "Ultimamente el Sr. Ing. D. Pedro Senties nos mostr3 una colecci3n de f3siles procedentes de la Encantada, Cant3n de Aldama, Estado de Chihuahua. En-

contramos entre esos fósiles al género *Ceratites* característico del Triásico y vemos especies como la *Gryphea carinata* del Jurásico. Existen pues en aquella localidad rocas de los dos primeros períodos del Mesozoico." A pesar de esta respetabilísima afirmación nosotros hemos considerado la sierra de la Encantada como compuesta de calizas cretáceas fosilíferas, cuyos fósiles corresponden á la serie Comanche del Cretáceo de los Estados Unidos. Los fósiles que nosotros hemos visto en la pequeña colección formada por el Sr. Senties son: *Ostrea* (*Alectryonia*) *carinata* Lamark, *Exogyra Texana* Roemer, *Gryphea Pitcheri* Morton, *Gryphea forniculata* White, *Arcopagia Texana* Roemer, *Cardium* (*Protocardia*) *hillana* Sowerby, *Cardita eminula* Conrad y *Buchiceras* (*Sphenodiscus*) *pedernalis* (von Buch), que es una de las formas que por la sencillez relativa de la línea sutural y la semejanza de ésta con la del género *Ceratites* han sido consideradas como los *Ceratites* del Cretáceo. Tal vez esta especie que vimos con alguna abundancia en la colección del Sr. Senties de que hace mención el Sr. Profesor Bárcena, fué la que lo indujo á considerar las rocas de la Encantada como triásicas. Ojalá y estemos en un error y no sean estas las formas á que se refiere el Sr. Bárcena y resulte cierta la existencia del Triásico marino que hasta ahora nos es completamente desconocido en México.

Posición.—Las rocas triásicas se presentan de diversos modos: en unos lugares ocupan la parte superior de colinas y cerros de poca elevación, descansando en las pizarras cristalinas ó granitos, pegmatitas, etc., etc, sin estar cubiertas por rocas sedimentarias modernas; en otros lugares, especialmente al S. de Acatlán y cerca de Tezoatlán, se las ve intercaladas entre las pizarras huronianas y las areniscas margosas y pizarras del Jurásico Superior, y finalmente, hay puntos en donde las rocas triásicas están cubiertas unas veces por las capas inferiores del Cretáceo y otras por sedimentos terciarios.

Carácter Paleontológico.—Los fósiles contenidos en estas rocas aunque sumamente abundantes han sido muy poco estudiados y con excepción del trabajo del Prof. J. S. Newberry sobre algunas de las plantas fósiles de Los Bronces, en Sonora, creemos que no hay ningún estudio sobre la flora de este terreno. Enumeraremos simplemente las especies descritas por el Sr. Newberry y algunas otras que hemos tenido oportunidad de coleccionar, ya en la localidad de la cual recibió sus ejemplares el Prof. Newberry, ya en otras de las que hemos mencionado al tratar de la distribución geográfica de esta formación.

- Mertensides bullatus* (*Bumbury*)
- Asterotheca Whitneyi* (*Newberry*)
- " *Virginiensis* *Fontaine*
- Asplenium* (*Cladophlebis*) *mexicanum* (*Newberry*)
- Lacopteris* *Emmonsii* *Fontaine*
- Lacopteris* af. *Münsteri* *Schenk*
- Andriana* af. *baruthina* *Bru.*

capas de nódulos de marcha irregular que deben referirse á la distribución de los nódulos en grandes lentes. El tipo de capas de fierro carbonatado cristalino ó litoide de Von Groddeck está perfectamente caracterizado en estas capas. Estos nódulos ferruginosos tienen una riqueza muy inconstante, los mas ricos dan de 45 á 62 por ciento de fierro según su pureza.

Criaderos Argentíferos.—En las rocas triásicas se encuentran también vetas de minerales argentíferos bastante ricas, situadas cerca de las andesitas de hornblenda y otras rocas ígneas terciarias cuya aparición ha venido á producir el agrietamiento y relleno de estas fracturas, con dirección media dominante de N.O.—S.E., que está perfectamente en concordancia con la dirección de las líneas de menor resistencia que permitieron la salida de las rocas ígneas terciarias. Citaremos solamente la veta de “Mina Grande” cerca de San Marcial, que está casi en el contacto de la andesita de piroxena que forma la falda del cerro de “La Lista Blanca” y las pizarras y areniscas triásicas, que contienen capas explotables de hulla antracitosa de excelente calidad y la veta de Tarumare, en el Mineral de La Barranca, que corta dos capas de carbón de suprema calidad á 60 metros de la superficie la primera y la segunda á 106. Esta veta dista de los picachos andesíticos de los alrededores, unos 2 kilómetros poco más ó ménos.

Materiales de Construcción y Productos Diversos.—A consecuencia de las varias erupciones de rocas ígneas posteriores al depósito de las rocas triásicas, estas han sufrido en algunos tramos modificaciones más ó menos profundas en su estructura y composición: así, la arenisca cuarzosa de diversos granos que alterna con las capas de pizarra arcillosa ha experimentado un principio de fusión digamos, que ha venido á cementar más enérgicamente los granos de cuarzo, dándole un aspecto cristalino, asemejándose á veces á una verdadera cuarcita.

Esta arenisca por su dureza, la finura de su grano, el color y su gran resistencia á la acción de los agentes atmosféricos, prestaría un grandísimo servicio para las construcciones, en donde se podría utilizar en escaleras, moquetas, sardineles, etc. También se la podría emplear en la construcción de mollejes, muelas de molino, etc., buscando las que tienen el grano de tamaño conveniente para esas aplicaciones.

Algunas capas de pizarra arcillosa en que la arcilla no tiene mucha cohesión proporcionan una arcilla refractaria bastante buena que se puede utilizar para la fabricación de crisoles, ladrillos refractarios y comunes y para todas las demás aplicaciones que tiene la arcilla plástica.

Además de esta arcilla común se encuentra cerca de las capas de carbón transformadas en grafito, un kaolín de muy buena clase, que proviene de la ligera modificación que por metamorfismo sufrieron las capas de pizarra arcillosa no carbonada y quizá también una parte de estos últimos.

En estas capas se han formado por acción de metamorfismo cristales abundantes de chistolita, producto de la cristalización del silicato de alúmina que empezó por segregarse del resto de la masa de las pizarras, y al cristalizar

aprisionó partículas de materia carbonosa, tal vez arcilla impura impregnada de carbón, que es la que dispuesta simétricamente y con perfecta regularidad da á las secciones de este mineral el aspecto peculiar que le caracteriza, que como acabamos de decir depende de la ordenación que las partículas carbonosas interpuestas han recibido en los momentos de la cristalización del mineral.

Sistema Jurásico.—Este sistema está muy poco conocido en el país y generalmente pasa desapercibido por encontrarse directamente debajo y en estratificación concordante con el Cretáceo, de tal manera que si no se atiende á sus fósiles se le confunde con la base del Cretáceo.

Naturaleza de las Rocas.—En todos los lugares en que he tenido oportunidad de encontrar el Jurásico lo he visto formado de rocas apizarradas arcillo-margosas y areniscas margosas de diversos granos, éstas cubiertas por pizarras calcáreo-margosas y finalmente por pizarras calizas que hacen el paso al Cretáceo; siendo imposible sin la ayuda de los fósiles marcar el límite entre los dos sistemas, tan gradual é insensible es el paso entre los dos. La consistencia de estas rocas es bastante débil y son por lo general desmoronadizas é imperfectamente apizarradas, sin crucero pizarreño manifiesto, y hojándose solamente en lascas. El color varia del gris de diversos tonos al amarillo más ó menos sucio y al violado; cuando la proporción de carbonato de cal es bastante considerable, la roca tira al color gris negruzco y azulado que presentan comúnmente las calizas cretáceas.

Posición.—Las pizarras y areniscas del Jurásico Superior se hallan intercaladas comunmente entre las pizarras arcillosas (filades satinadas) y el Cretáceo Inferior; también se encuentran descansando en las rocas triásicas en algunos lugares, mientras que en otros se apoyan en las pizarras y filades del terreno Primitivo, pero siempre cubiertas por las calizas cretáceas. El Jurásico íntimamente unido al Cretáceo ha participado de todos los trastornos y modificaciones que este último ha sufrido.

Distribución Geográfica.—Los reducidos afloramientos del Jurásico se encuentran bastante dispersos, notándose su abundancia á la vez que su aumento en potencia hacia el S. del país; los lugares conocidos son: El Gallo, Durango; Mazapil y Noria de Angeles, Zacatecas; Catorce, San Luis Potosí; Jalpan, Querétaro; Xochitlán, Distrito de Zacapoaxtla, Tetela del Oro; S. José Chapultepec, Distrito de Acatlán; La Trinidad, Hulacapixtla y Acahuales en Huauchinango; en los Distritos de Huajuapam, Tlaxiaco y Justlahuaca en Oaxaca; Cañón del Chueco, Mier y Noriega, Nuevo León.

Los Sres. Dolfuss y Monserrat en sus trabajos publicados en los "Archives de la Mission Scientifique du Mexique," refieren al Jurásico las calizas cretáceas que tuvieron oportunidad de estudiar. La escasez de fósiles característica de estas calizas y la grandísima semejanza que dichos observadores encontraron entre ellas y las calizas del Jura, hicieron que las consideraran como equivalentes de las calizas de las montañas del Jura, pertenecientes al sistema Jurásico.

Estudios detenidos de las formaciones visitadas por estos hábiles exploradores, me permiten considerar dichas formaciones como del período Cretáceo, y la mayor parte de ellas, si no todas, pertenecientes á la división que designamos como Cretáceo Medio, que como tendremos ocasión de indicar adelante, es de las divisiones del Cretáceo la más abundante á la par que la más interesante en México.

Carácter paleontológico.—La fauna de este período parece ser bastante abundante pero por desgracia todavía muy poco estudiada; las formas que se conocen son;

Spongiae.

Stellispongia bernensis [Etallon].

Echinodermata.

Millericrinus polyclonos Felix.

Cidaris submarginata Felix.

Acrocidaris nobilis Agassiz.

Vermes.

Serpula gordialis Schlotheim.

Id. *tricarinata* Goldfuss.

Brachiopoda.

Rynchonella lacunosa [Quenstedt].

Id. id. var. *Arolica* Oppel.

Id. id. af. *Zieteni* de Loriol.

Id. id. af. *Monsalvensis* Gillieron.

Terebratula Repellini d'Orbigny.

Id. *Dorembergi* Felix.

Waldheimia Catorcensis Castillo y Aguilera.

Lamellibranchiata.

Gryphea Mexicana Felix.

Id. *calceola* Nebraseensis Meck and Hayden.

Exogyra ptychodes Felix.

Id. *spiralis* Goldfuss.

Id. *subplicifera* Felix.

Lima comatulicosta Felix.

Trigonia Sologureni Felix.

Astarte microphyes Felix.

Lucina Cetoï Castillo y Aguilera.

Cyprimeria (?) *Mexicana* Castillo y Aguilera.

Goniomya Calerdoni Castillo y Aguilera.

Pleoromya inconstans Castillo y Aguilera.

Gastropoda.

Vermetus (Burtinella) Cornejoi *Castillo y Aguilera.*

Cephalopoda.

Nautilus Burkarti *Castillo y Aguilera.*

Rhacophyllites Calderoni *Castillo y Aguilera.*

Id. (?) disputabile *Castillo y Aguilera.*

Id. (?) Alamitosensis *Castillo y Aguilera.*

Arietites James-Danae *Bárcena.*

Haploceras carinata *Castillo y Aguilera.*

Id. Mazapilensis *Castillo y Aguilera.*

Id. Catorcensis *Castillo y Aguilera.*

Stephanoceras paucicostatus *Felix.*

Perisphinctes Alamitosensis *Castillo y Aguilera.*

Id. Dolfussi *Castillo y Aguilera.*

Id. Monserrati *Castillo y Aguilera.*

Id. af. Balderus *Oppel.*

Id. colubrinus *Reinecke.*

Id. Mazapilensis *Castillo y Aguilera.*

Id. transitorius *Oppel.*

Id. Felixi *Castillo y Aguilera.*

Id. planula *Hehl*

Id. Lauri *Castillo y Aguilera.*

Id. phlicatilis *Sowerby.*

Id. Lenki *Castillo y Aguilera.*

Id. bplex (?) *Sowerby.*

Id. pouzinensis *Toucas fide Bayle.*

Id. potosinus *Castillo y Aguilera.*

Id. flexicostatus *Castillo y Aguilera.*

Olcostephanus af. Portlandicus de *Loriol.*

Hoplites calixto var.

Id. Cohglani *Castillo y Aguilera.*

Id. Heilprini *Castillo y Aguilera.*

Id. exceptionalis *Castillo y Aguilera.*

Aspidoceras Alamitosensis *Castillo y Aguilera.*

Aptychus Mexicanus *Castillo y Aguilera.*

Belemnites af. Puzosi *d'Orbigny.*

Id. af. obeliscus *Phillips.*

La pequeña lista de fósiles que precede indica que si bien son más abundantes los fósiles del Jurásico Superior, se encuentran también algunos pertenecientes á pisos más antiguos, así vemos los Arietites y las Ggoceras (Microderoceras), indicando la existencia del Liásico Inferior, las Stephanoceras (Macrocephalites) el Jurásico Medio.

Criaderos minerales.—En la parte superior del Jurásico, en la zona de pizarras calizas que establecen el paso del Jurásico al Cretáceo, se han encontrado criaderos auro-argentíferos muy ricos y demasiado interesantes por su naturaleza. En Tetela del Oro, Estado de Puebla, se han explotado ya estos criaderos. El tipo es aparentemente el de “Capas estratificadas de Von Croddeck.” Los minerales son rhodonita var. bustamantita, rhodocrocita, wad, psilomelan, chalcopirita, rosicler, pirita aurífera, blenda parda y negra y galena argentífera de grano fino, con pegaduras de azurita y malaquita por la alteración de la chalcopirita.

Materiales de construcción y productos diversos.—La naturaleza de las rocas jurásicas no permite que reciban variadas aplicaciones en la construcción; pues se recordará que son muy arcillosas, margosas y desmoronadizas, y sólo las pizarras calizas y calizas apizarradas podrían utilizarse, las primeras para techos, aunque no son de muy buena clase para este uso, y las segundas para rellenos, muros de piedra y fabricación de cal, que por la proporción de arcilla que contiene la caliza produce una cal ligera ó medianamente hidráulica, muy buena para construcciones en climas húmedos, pero que no puede emplearse para construcciones levantadas en pantanos, etc., es decir, que no siendo cal propiamente hidráulica no puede emplearse como tal.

Sistema Cretáceo.—Los depósitos cretáceos, comprendiendo numerosos horizontes y con una potencia muy considerable, ocupan una extensión sumamente grande; se encuentran diseminados sobre la mayor parte de nuestro territorio desde las riberas del Bravo al N. hasta la línea divisoria entre México y Guatemala al S., y desde el Golfo de México al Océano Pacífico.¹

Considerados bajo el doble punto de vista petrográfico y paleontológico, pueden dividirse en tres grandes subdivisiones, á las cuales corresponderían con toda propiedad las denominaciones de Cretáceo Inferior, Medio y Superior. Cada una de estas tres divisiones está compuesta de grupos poderosos de estratos que ocupan una extensión considerable y cuyas rocas son de naturaleza muy diferente, si bien es cierto que en los límites se observan transiciones perfectamente graduadas que hacen insensible el paso de una formación á otra.

El Cretáceo Inferior está compuesto de pizarras arcillosas, pizarras margosas, areniscas calcáreas y areniscas margosas de color verde más ó menos resistentes y que alternan en capas de distintos granos y resistencia, cubiertas por pizarras arcillosas de colores abigarrados. Estas areniscas (lo mismo que las areniscas calcáreas que por tramos y con cierta inconstancia ó falta de regularidad se encuentran entre las dos intercaladas) se encuentran comúnmente atravesadas por fracturas, debidas á contracciones por desecación, que subdividen su masa en poliedros más ó menos regulares, que generalmente tienden á afectar la forma de prismas de base rómbica, lo cual unido á la presencia de una substancia verde, producto de alteración de elementos

1. Véase la Carta Geológica que se acompaña.

ferromagnesianos tomados de las dioritas, granitos hornbléndicos, cloritapizarras, etc., preexistentes, les dan una grandísima semejanza con las areniscas verdes glauconiosas del Quadersandstein de Sajonia. Bohemia y Silesia, llamadas creta glauconiosa en Normandía; pero que indudablemente en nuestro país representan más bien la arenisca verde inferior, como tendremos oportunidad de probar en otro opúsculo destinado á este objeto.

El color dominante de estas rocas es: para las pizarras arcillosas el gris ceniciento que varía á negro agrisado; para las areniscas de cemento calcáreo varios tonos del gris al amarillo más ó menos sucio; para las areniscas y pizarras glauconiosas el verde de diversos tonos, y para las pizarras arcillosas superiores el pardo rojizo, el gris azulado y el pardo amarillento y verdoso.

El orden de sobreposición de estas rocas es el siguiente: empezando por la base: 1 pizarras arcillosas más ó menos cargadas de carbonato de cal en la parte superior; 2, areniscas de cemento calizo ó areniscas calcáreas que alternan al principio con las pizarras arcillosas con poca frecuencia y después muy frecuentemente; 3, areniscas margosas verdes de diversos granos y de resistencia variable que algunas veces alternan con las areniscas anteriores; 4, pizarras arcillosas de colores abigarrados, muy inconstantes, unas veces forman un grupo poderoso que establece á través de pizarras margoso-calcáreas el paso á las calizas y otras veces el paso se verifica directamente de las areniscas á las pizarras calizas y de éstas á las calizas compactas del Cretáceo Medio.

Posición.—El Cretáceo Inferior descansa en las rocas primitivas unas veces y otras se apoya en las rocas del Jurásico Superior; siempre viene cubierto por el grupo de calizas compactas fosilíferas del Cretáceo Medio, siendo muy cortos los tramos en que se ve enteramente descubierto; y esto debido á la acción erosiva de las aguas en movimiento que han destruído las rocas que se le sobrepusieron directamente.

Distribución Geográfica.—El Cretáceo Inferior se encuentra perfectamente caracterizado en el S. de Puebla en el Distrito de Tehuacán, Municipalidad de Zapotitlán y en el N. de Oaxaca en el Distrito de Tlaxiaco; en algunos puntos de los Estados de Colima, Jalisco, Sonora y Tamaulipas.

Distocaciones.—Las rocas infracretáceas se presentan en la actualidad dislocadas en algunos puntos, y en otros plegadas y dislocadas. Así, en el Distrito de Tehuacán se ven estas capas con rumbo de 25° N.O. que varía á 35° N.O. y con inclinación dominante de 63° al S.O., aunque hay lugares en que tiene 20°, 40° y en algunos casos son completamente verticales. El echado dominante es al S.O. pero no es constante por haber una región en la cual las capas están plegadas, formando pliegues de poca altura en los cuales, como es natural, el echado varía alternativamente en cada pliegue; la dirección natural de las crestas de los pliegues es de 25° N.O.

Posición.—Este grupo descansa sobre las rocas primitivas del Distrito de Acatlán, como se ve perfectamente en la barranca de Santo Domingo Tian-

guistengo, pueblo del Distrito de Huajuapán, del Estado de Oaxaca, que se interna en el S. de Puebla entre los Distritos de Tehuacán y Acatlán.

Cretáceo Medio.—Las rocas del Cretáceo Medio son: calizas compactas generalmente de color gris ceniciento, azulado y negruzco, comunmente dispuestas en estratos muy gruesos y acompañadas siempre de nódulos y riñones de pedernal distribuidos paralelamente á las capas, formando ya lentes aplanadas intercaladas entre los bancos de caliza, ya cintas más ó menos gruesas, perfectamente regulares y con frecuencia muy numerosas. La caliza es, en muchos casos, magnesiána, pero no constituye en lo general verdadera dolomia.

Estas calizas son sumamente ricas en fósiles que se encuentran empotrados en su masa de donde es muy difícil extraerlos; pero en la roca desgastada se presentan en secciones en toda dirección produciendo figuras que contrastan por su color con el general de la roca, y la mayor parte de las veces por su grano, pues la masa de los fósiles está formada por espato calizo.

Las calizas son casi siempre fétidas, es decir, que desprenden un olor fétido cuando se les frota ó golpea. Contienen comúnmente arcilla, en proporción variable, que cuando empieza á hacerse sensible, da á la roca la estructura pizarrea imperfecta, que permite dividirla en lascas y baldosas así como en hojas gruesas de pizarra.

A consecuencia del metamorfismo producido por las erupciones de rocas ígneas posteriores al depósito de las calizas al ser atravesadas por dichas rocas, se han transformado de calizas compactas en calizas granudas de diferentes granos, originándose así mármoles más ó menos finos. Cuando la acción metamorfozadora no se ha ejercido con bastante energía para la transformación en caliza cristalina, la roca tiene generalmente el aspecto de una roca más compacta de color amarillento, vidriosa, que presenta fractura concoidea en lo general y astillosa fina en lo particular.

Además de las calizas, se presentan pizarras arcillosas que ocupan la base del grupo que referimos al Cretáceo Medio; estas pizarras establecen el paso al Jurásico Superior, y en la parte inferior de la división de que nos ocupamos alternan con pizarras calcáreas y margosas, pero no se presentan comunmente en la parte media y faltan por completo en el tercio superior del Cretáceo Medio.

Distribución Geográfica.—Estas son las rocas cretáceas más comunes en México y se encuentran repartidas en todo el país, como hemos dicho ya al hablar en general del Sistema Cretáceo; apenas habrá Estado en la República en donde no se presenten ocupando extensiones de más ó menos importancia. En la parte N. y E. de la República, estas rocas predominan de una manera absoluta; y la Sierra Madre Oriental está en su mayor parte casi exclusivamente formada por ellas; no sucede lo mismo en la parte occidental á donde forman sierras y cordilleras de alguna importancia como elementos constitutivos de la Sierra Madre del Pacífico. Se encuentran estas calizas sobre la mesa central, en sus vertientes O., E. y S. y esto nos demuestra que

los Océanos Atlántico y Pacífico se comunicaban cuando se verificaba el depósito de estas calizas del Cretáceo Medio Mexicano.

Dislocaciones.—Esta es la división del Cretáceo que ha sufrido mayor número de dislocaciones, unas de carácter general porque afectan á todo el país, son debidas á movimientos orogénicos que iniciaron el levantamiento de casi todas nuestras líneas de relieve y la emersión de toda la superficie de nuestro territorio del seno de los mares cretáceos. A consecuencia de estos movimientos, se presentan hoy las calizas cretáceas formando arrugas ó sierras compuestas de pliegues de diversas dimensiones, pero cuya dirección es comunmente la misma ó muy vecina de la de las capas levantadas que enseñan á descubierto sus cabezas. La dirección más frecuente, tanto para las capas levantadas como para las crestas de las capas plegadas, es de N.O. á S.E. con ligeras oscilaciones, entre 25° y 45°, los echados respectivamente al N.E. y S.O. varían mucho y los hay desde 5° á 10° hasta enteramente verticales. Raras veces y debido á la influencia de fenómenos locales, como la aparición de rocas ígneas posteriores á las calizas, estas se presentan en capas orientadas de E. á O. con echado al N. ó S. Casi nunca se encuentra en capas horizontales de extensión considerable.

Posición.—Las pizarras calizas compactas del Cretáceo Medio se apoyan en el Cretáceo Inferior, ya en el Jurásico Superior, ó ya finalmente en el Triásico Superior; se encuentran comunmente descubiertas, pero hay muchos lugares en que por cortos tramos se las ve cubiertas, según el caso, por conglomerados de cantos calizos del Plioceno, por brechas y conglomerados volcánicos, por margas apizarradas verdosas del Cretáceo Superior y por margas yesíferas pliocénicas.

Cretáceo Superior.—A esta división referimos formaciones que hasta hoy sólo hemos visto en el N.E. de México y muy particularmente en una gran porción de la cuenca del Río Bravo. Las rocas son areniscas de grano mediano y fino, de colores gris claro, pardo rojizo obscuro de tonos amarillentos más ó menos sucios, que alternan con pizarras arcillosas de color gris, gris negruzco y negro, que pasan á pizarras margosas más ó menos calcáreas. Las areniscas y las pizarras son en lo general desmoronadizas pero algunas son bastante resistentes; las pizarras tienden á la desintegración propia de las margas.

Dislocaciones.—Las rocas del Cretáceo Superior no han sufrido la serie de dislocaciones y vicisitudes por que han tenido que atravesar las demás rocas del Sistema Cretáceo y se encuentran hoy en algunos puntos en posición casi horizontal, que recuerda la manera de ser de su posición primitiva, y en posiciones ligeramente desviadas de la horizontal, que nos dicen que después de haber sido depositadas, apenas participaron de las últimas ondulaciones que acentuaban de una manera definitiva los rasgos característicos de la fisonomía de nuestro país á fines del Terciario. Las capas tienen en San Felipe el Hondo, en el Río Sabinas, una inclinación de 3° á 5° al S.E. y puede decirse que forman ligeras ondulaciones ó sea pliegues muy abiertos y de pe-

queña elevación. En el lomerío de Peyotes las capas son casi horizontales y en arroyo del Tulillo las margas amarillentas y negruzcas con alternancias de areniscas margosas del Laramie tienen una dirección de 20° N.E. con un echado de 15° al S.E.

Posición.—Los estratos del Cretáceo Superior descansan directamente sobre las calizas compactas del Cretáceo Medio, que ya completamente emergidas en unos puntos y en otros en vía de emersión servían para limitar las aguas salobres en que se depositaban estos sedimentos.

Distribución Geográfica.—De una manera general se puede asignar á esta división del Cretáceo la gran fracción de la cuenca del Bravo desde cerca del Presidio del Norte hasta Piedras Negras, teniendo una anchura variable entre 20 y 80 leguas. Se extiende además, en los Estados de Tamaulipas, Coahuila y Nuevo León en su porción vecina al N. La exacta extensión de esta interesantísima subdivisión del Cretáceo no está todavía perfectamente conocida; es casi seguro que una gran parte de las areniscas y pizarras desmoronadizas de la costa del Golfo, destituídas de fósiles y en las cuales viene la albertita, grahamita y asfalto, así como algunos criaderos de petróleo, del cual estos se han derivado por oxidación, pertenecen al Cretáceo Superior, si bien es posible que algunas de estas rocas sean del Eoceno, pero nada se puede asegurar todavía dada la imperfección de nuestros conocimientos acerca de la geología de esta vasta región.

Erupciones.—Los sedimentos cretáceos se encuentran frecuentemente cortados por rocas ígneas de diferente naturaleza, y cuya emisión ha tenido lugar en épocas geológicas diversas, siendo la mayor parte de ellas terciarias, otras de edad cuaternaria perfectamente definida y algunas de edad no bien determinada, pero cuya máxima antigüedad no puede llevarse más allá del Cretáceo Superior y que probablemente hicieron su erupción al principio del Terciario.

Referimos á esta categoría las dioritas andesíticas cuarcíferas, syenitas hornbléndicas, granulitas, diabasas y pórfidos petrosilizosos que en muchos lugares se las ve cortar, metamorfizándola generalmente en mayor ó menor grado á la caliza cretácea de la división media, sin que hasta ahora hayamos tenido oportunidad de encontrarlas cortando á las rocas de la división superior. Las dioritas andesíticas cortan al Cretáceo Medio en la sierra de San Carlos en Tamaulipas; en la Barranca de Zomelahuacán en Veracruz. La diorita cuarcífera atraviesa el Cretáceo Medio en el cerro Mercado, cerca de Monclova en Coahuila; en Zimapán, Hidalgo; en el Pico de Teyra, Zacatecas, en donde á la vez corta al Jurásico Superior y al Cretáceo que están íntimamente unidos. La granulita se ve cerca de Matehuala en San Luis Potosí; en Hermosillo, Sonora; en la Sierra de Peñoles, Chihuahua, en donde se presenta acompañada de microclina, etc., y finalmente el pórfido petrosilizoso en la Sierra de Catorce se encuentra formando diques que cortan á las areniscas jurásicas y á las calizas cretáceas.

Carácter Paleontológico.—La fauna de este Sistema es sumamente rica, muy

abundante y comprende numerosas familias; los Rhizópodos, los Anthozoa-rios y los Moluscos están muy bien representados; las especies descritas y más interesantes son las siguientes:

Rhizópoda.

Nodosarina (Cristellaria?) Songuantlœ (*Nyst* y *Galeotti*)
 Nodosaria texana *Conrad*
 Patellina texana (*Rœmer*)
 Numulina sp.?

Anthozoa.

Porites sp.?
 Thamnarœa holmoides *Felix*
 Polyphyloseris polymorpha *Felix*
 Thamnastroœa Xipei *Felix*
 Id. Barcenai *Felix*
 Id. cf. stricta *Fromentel*
 Id. Tenochi *Felix*
 Id. Crespoi *Felix*
 Id. pedunculata de *Fromentel*¹
 Trochoseris sinuosa de *Fromentel*¹
 Masthophyllia conophora *Felix*.
 Cyathoseris petalophyes *Felix*.
 Siderofungia *Zitteli Felix*.
 Id. irregularis *Felix*.
 Thamnoseres arborescens *Felix*.
 Calamophyllia Sandbergeri *Felix*.
 Cladophyllia Miroi *Felix*.
 Hydnohyllia Wollheimi *Felix*.
 Latimeandra Steini *Felix*.
 Id. Sauteri *Felix*.
 Id. Montezumæ *Felix*.
 Id. Tulœ *Felix*.
 Latusastroœa polygonalis *Fromentel*.
 Id. provincialis *D'Orbigny*.
 Eugyra neocomiensis de *Fromentel*.
 Id. Cotteaui de *Fromentel*.
 Cyatophora atempa *Felix*.

1 Estas dos especies neocomianas citadas por el Sr. Ingeniero Don Manuel Urquiza en su exploración del Distrito de Coalcomán, Estado de Michoacán, aunque algo parecidas á las especies descritas por de Fromentel, son especies distintas, á juzgar por los dibujos que da el Sr. Urquiza, si bien es cierto que dichos dibujos no son muy buenos y que dejan la duda de si las dos especies pertenecen á dos géneros diferentes ó al mismo género. En todo caso no son las especies designadas por el Sr. Urquiza.

Cryptocoenia neocomiensis *D'Orbigny*.
 Cryptocoenia micrommatos *Felix*.
 Phyllocoenia cyclops *Felix*.
 Id. nanodes *Felix*.
 Dendrogyra Mariscali *Felix*.
 Astrocoenia globosa de (*Fromentel*)
 Stylophora tehuacanensis *Felix*
 Prohelia anomalos *Felix*
 Turbinolia texana *Conrad*
 Heliastroea sp.
 Smilotrochus sp.?

Echinoidea.

Salenia prestensis *Desor*.
 Id. mexicana *Schlut*.
 Cidarid Galeotti *Desor*.
 Pseudocidarid Saussurei de *Loriol*.
 Pseudodiadema (Diplopodia) Malbosi? *Desor*.
 Cyphosoma texana *Roemer*.
 Id. aquitanicum *Cotteau*.
 Holoetipus Castilloi *Cotteau*.
 Lanieria Lanieri (*D'Orbigny*).
 Pyrina Parryi *Hall*.
 Toxaster elegans *Schunard*.
 Epiastar texanus *Roemer*.
 Enallaster mexicanus *Cotteau*.
 Id. Delgadoi de *Loriol*.
 Hemiaster texanus *Roemer*.
 Micraster sp?
 Linthia sp?
 Ananchytes sulcatus? *Goldfuss*.
 Macropneustes sp?

Vermes.

Serapula gordialis serpentina *Goldfuss*.
 Id. sp?

Lanellibranchiata.

Ostrea multilirata *Conrad*.
 Id. acuticosta *Nyst y Galeotti*.
 Id. cortex *Conrad*.
 Id. similis *Nyst y Galeotti*.

- Ostrea virgula* *Bárcena no Defrance*.¹
 Id. (*Alectryonia*) *carinata* *Lamarck*.
 Id. *glabra* *Meek and Hayden*.
 Id. *crenulimargo* *Römer*.
 Id. *bella* *Conrad*.
 Id. *diluviana* *Lamarck*.
 Id. *anomioeformis* *Römer*.²
Gryphœa *Navia* *Conrad*.
 Id. *mucronata* *Gabb*.
 Id. *Pitcheri* *Morton*.
 Id. *vesicularis* *Lamarck*.
Exogyra *Patheroni d'Orbigny*.
 Id. *texana* *Römer*.
 Id. *arietina* *Römer*.
 Id. *drakei* *Cragin*.
 Id. *forniculata* *Say*.
 Id. *ponderosa* *Römer*.
 Id. *potosina* *Castillo y Aguilera*.
 Id. *costata* *Say*.
 Id. *flabelata* (*Goldfuss*).
Anomia *argentaria* *Morton*.
 Id. *miconema* *Meek*.
Plicatula *incongrua* *Conrad*.
Lima *Kimballi* *Gabb*.
 Id. *Waccensis* *Römer*.
Vola *texana* *Römer*.
 Id. *atava* (*Römer*).

1 Esta es una mala determinación que motivó que la *Gryphœa Pitcheri* Morton, que es abundante en el Cretáceo Medio mexicano, fuese referida á una formación del Jurásico Superior del piso Titónico, denominada *Exogyra virgula* Defrance, que, por su constancia y abundancia, caracteriza á las arcillas de la base del Titónico.

2 El Sr. Ing. D. Santiago Ramírez en su informe que, como resultado de su exploración en la Sierra Mojada, rinde al Ministerio de Fomento, en las págs. 655 á 657 y láms. I, II, III y IV de los Anales del Ministerio de Fomento, tom. III, 1880, cita las especies fósiles siguientes: *Hippurites* mexicana *Bárcena*, en muy mal estado de conservación pero que probablemente es la especie indicada: *Posidonomia* é *Inoceramus* sin determinar las especies, todas parecen ser *Inoceramus* y la figura de la izquierda del número 2 recuerda algunas formas de *Ostrea anomioeformis* Römer, pero es muy difícil decidir con sólo esta figura; un fragmento indeterminable que refiere al *Hianites*; otro fragmento en iguales condiciones que el anterior que refiere al género *Pernites*; el *Ammonites inflatus* Sowerby es probablemente la *Sholoenbachia inflata* (Sowerby); en cuanto á la *Ammonites planicosta* es muy difícil hacer una identificación por el estado del ejemplar. Con el nombre de *Pterodonta inflata* d'Orbigny designa las figuras 8, 9, 10 y 11, de las cuales las dos primeras se asemejan mucho á la *Tylostoma princeps* White, de la que no serian sino una variedad si acaso no son idénticas, pues las figuras representan moldes algo desgastados; en cuanto á las figuras 10 y 11 deben referirse á la especie *Tylostoma elevata* Schumard, finalmente á la figura 12 la denomina *Crepidulidea*; en nuestro concepto es un individuo joven de la *Globiconcha planata* Römer.

- Vola tricostata.*
 Id. *occidentalis Conrad.*
 Id. *Rœmeri Hill.*
Posidonomya cretácea Felix.
Aucella Brooni Rouiller.
 Id. „ var. *lata Trautschold.*
 Id. *Pallasi Keiserling.*
 Id. id. var. *plicata Keiserling.*
 Id. id. var. *tenuistriata Keiserling.*
 Id. *Volgensis Lahusen.*
 Id. *Fischeriana d'Orbigny.*
 Id. *af. piriformis Lahusen.*
 Id. *terebratuloides Trautschold.*
Inoceramus Vanuxemi Meek and Hayden.
 Id. *Cumminsi Cragin.*
 Id. *Cripsii Mantell.*
 Id. id. *subcompresus Meek and Hayden.*
 Id. *Simpsoni Meek.*
 Id. *Montezumæ Felix.*
 Id. *Baranini Morton.*
 Id. *confertimannulatus Rœmer.*
 Id. *Texanus Conrad.*
 Id. *problematicus? Schlotheim.*
Dimya subrotunda Felix.
Modiola (Brachydontes) regularis White.
Pinna Brewerii Gabb.
 Id. *laqueata Conrad.*
Nucula cancellata Meek and Hayden.
 Id. *slackiana? Gabb.*
Cucullæa (Trigonarca) inermis Gabb.
Trigonia crenulata Lamarck.
 Id. *Emoryi Conrad.*
 Id. *Mooreana Gabb.*
 Id. *plicatocostata Nyst et Galeotti.*
Remondia furcata Gabb.
Cardita arivechensis Heilprim.
 Id. *eminula Conrad.*
Gouldia Conradi Whiffeld.
Requienia patagiata White.
 Id. *texana Rœmer.*
Monopleura Tulæ Felix.
 Id. *Otomitli Felix.*
 Id. *Votani Felix.*
Anodontopleura speciosa Felix.

- Caprina texana* *Rømer*.
Caprinula crassifibra *Rømer*.
Coralliochama Orcatti *White*.
Ichthyosarcollites sp?
Sauvagesia texana (*Rømer*).
Hippurites bioculata? *Damarck*.
 Id. mexicana *Bárcena*.
 Id.? calamitifforme *Bárcena*.¹
Radiolites Mendozae *Bárcena*.
 Id. foliacea? *Urquiza*.¹
 Id. turbinata *Urquiza*.¹
 Id. austinensis.
Sphærolites sp?
Fimbria cordiformis d'Orbigny.
 Id. (Sphæriola) sp?
Cardium congestum *Conrad*.
 Id. cymotomon *Felix*.
 Id. alabamense *Gabb*.
 Id. (Eucardium) sabulosum *Gabb*.
 Id. (Papyridea) sp?
Protocardia granulifera *Gabb*.
 Id. hillana (*Sowerby*).
Corbicula (*Leptestes planumbona* *Meek*).
Cyprina sp?
Tapes Hilgardi *Shumard*.
 Id. sp?
Venus sp?
Meretrix (*Aphrodina*) *tippana?* *Conrad*.
Linearia (*Arcopagia*) *texana* *Rømer*.
Solenocurtus sp?

1 Urquiza.—Explor. del Dist. de Coalcoman, figs. 1^a y 2^a. La fig. 1^a es la valva superior de una *Monopleura* ó *Plagiopychus* (*Coralliochama*) que no se puede decidir por la única posición en que está dibujado el ejemplar; la fig. 2^a es un corte transversal de la valva inferior de la misma especie y está en el mismo caso de la fig. 1^a. En el mismo opúsculo cita las fig. 3^a y 4^a como pertenecientes al *Hippurites mexicana*, *Bárcena*; estas figuras representan otros individuos pertenecientes á la misma especie que las figs. 1^a y 2^a; en cuanto á las figs. 5^a y 6^a son indeterminables. La fig. 7 que el Sr. Urquiza designa con el nombre de *Radiolites turbinata*, *Lamarck*, tiene una gran semejanza por sus caracteres exteriores con el *Hippurites cornu vaccinum* *Bron*, pero no nos atrevemos á decidir con la figura. La fig. 8^a que según el Sr. Urquiza representa *Radiolites foliaceae?* que supongo se refiere al *Sphærolites foliaceus* *Lamarck*, es completamente imposible identificarla. Representa en las figs. 9, 10, 11 y 12 la *Nerinea Castilli* *Bárcena* y la *Nerinea hieroglyphica* *Bárcena*. La fig. 13 que refiere al género *Pterodonta* es una especie del género *Actæonella*, y en cuanto á las figs. 14 y 15 las considera como pertenecientes al género *Astarte* la primera y al género *Trigonia* la segunda; esta parece más bien una *Cyprina* y en cuanto á la otra nada se puede decir con la figura. La fig. 16 es una *griphæa?* muy maltratada y las 17 y 18 son *Ostreas* semejantes á *Ostrea*. La fig. 19 es una *Coralliochama?* con una *serpula* indeterminable.

Pholadomya Sonorensis Gabb.

Pleuromya sp?

Corbula subtrigonalis Meek.

Gastropoda.

Delphinula cingulata Gabb

Margarita (Solariella) sp?

Trochus (Oxistele) euryostomus White.

Nerita californiensis White.

Turritella seriatimgranulata Roemer.

Id. *leonensis Conrad.*

Glauconia Bustamanti (Nyst et Galeotti)

Id. *cingulata (Nyst et Galeotti).*

Id. *suturosa (Nyst et Galeotti).*

Id. *Renauxiana? d'Orbigny.*

Galerus sp?

Natica texana Conrad.

Id. (*Lunatia*) *Omecatli Felix.*

Id. (*Prisonatica*) *pedernalis Cabb.*

Id. Id. *prægrandis Roemer.*

Id. (*Amauropis*) *tabulata Gabb.*

Id. (*Gyrodes*) af. *Gaultinus (d'Orbigny).*

Tylostoma mutabilis Gabb.

Id. *tumida Schumard.*

Id? *princeps White.*

Id. *Torrubiæ Sharpe.*

Id. *elevata Schumard.*

Id. af. *mínima Sharpe.*

Chemnitzia Texana Roemer.

Id. *zebra Gabb.*

Pleurocera strombiformis Schloth.

Melania insculpta Meek.

Melania (Pachychilus) Wyomingensis Meek.

Nerinea Titania Felix.

Id. *euphyes Felix.*

Id. *hieroglyphica Bárcena.*

Id. *Castilloi Bárcena.*

Id. *Barcenœi Heilprin.*¹

¹ Este nombre ha sido propuesto por el Profesor Angelo Heilprin en su artículo "The Geology and Paleontology of the cretaceous deposits of Mexico", para sustituir el de *Nerinea hieroglyphica Bárcena*, que por equivocación aplicó éste último autor á una *Nerinea* del Cretáceo Mexicano, por creerla idéntica con una forma jurásica. El Profesor Heilprin, para evitar en lo sucesivo la confusión que el doble empleo de esta denominación específica originaría, propone desechar la denominación *hieroglyphica* y emplear en lo de adelante la denominación *Barcenœi*. Estamos perfectamente

- Nerinea* (*Ptygmatis*) *loculata Felix.*
 Id. Id. sp.?
 Id. (*Yteria*) *anguilina Castillo y Bárcena.*
Cerithium mexicanum Gabb.
 Id. *Pillingi White.*
 Id. *Totium Sanctorum White.*
Ceritium? *subminutum d' Orbigny.*
Alaria (*Anchura*) *monilifera Gabb.*
 Id. sp.?
Aporrahais (*Lispodesthes*) sp.?
Pterocera sp.?
Rostellaria texana Conrad.
Fusus mexicanus Gabb.
Pleurotoma pedernalis? Roemer.
Voluta (*Fulguraria*) *navarroensis Schumard.*
 Id. (*Gosavia*) af. *indica.*
Rostellites texana Conrad.
Cylindritella af. *olivoeformis Roemer Co.*
 Id. *coniformis Roemer.*
Actoeonella (*Volvulina*) *dolium Roemer.*
Globiconcha planata Roemer.
Cinulia rectilabra Gabb.

Cephalópoda.

- Phyloceras Rioi* (*Nyst y Galeotti*).
 Id. af. *Velledoe* (*Michelin*).
Lytoceras reconditus (*Nyst y Galeotti*)
Baculites ovatus Say.
Planceticeras Guadalupe Roemer.

conformes en que se deseche una denominación que no tiene razón de ser, puesto que fué motivada por una mala determinación, pero no creemos necesaria la creación de un nuevo nombre para la especie en cuestión, toda vez que en el opúsculo del Sr. Bárcena "Datos para el estudio de las rocas mesozoicas de México", se describe con el nombre de *Nerinea Castilli Barcena*, la misma especie que denomina *hieroglyphica*, sólo que este último nombre lo ha aplicado á las secciones longitudinales de la concha que no pasan por el eje ó sea la columela y que por lo mismo, no presentan los dibujos característicos y simétricos de la *hieroglyphica*, sino que dichos dibujos quedan unidos y presentan un contorno diferente y el cual se va modificando á medida que las secciones se aproximan al eje de la concha, en el cual son idénticos con los de la *Nerinea hieroglyphica*. Es muy frecuente encontrar cortes naturales de esta especie de *Nerineas*, que habiendo sido producidos por planos oblicuos que forman ángulos muy pequeños con el eje de la concha, presentan los dibujos de las dos especies del Sr. Bárcena, es decir, que el mismo corte de una *Nerinea* puede ser considerado en su mitad inferior como *N. hieroglyphica* Bárcena. Proponemos pues que las especies *hieroglyphicas* y *Castilli* lleven en lo de adelante la denominación de *Nerinea Castilli*, entrando como sinónimos la *N. hieroglyphica* Bárcena y la *N. Barcensei* Heilprin. Quizá hubiera sido más acertado que el Señor Profesor Heilprin hubiera dado la denominación de *Nerinea Barcensei* á la *Nerinea Goodhalli* Bárcena, que no es la especie de Sowerby que es característica del Coral Rag.

- Buchiceras (*Sphenodiscus*) *pedernalis* (*von Buch*).
Schloenbachia inflata (*Sowerby*).
Desmoceras (*Puzosia*) sp?
Olcostephanus Zirkeli *Felix*.
Hoplites Otomitli *Felix*.
 Id. *Tlaxiacensis* *Felix*.
 Id. *angulicostatus d'Orbigny*.
 Id. *Xipei* *Felix*.
 Id. *Castilloi* *Felix*.
Acanthoceras af. *navicularis* (*Mantell*).
 Id. *planicostatus?* (*Sowerby*).
 Id. *Mantelli* (*Sowerby*).
Scaphites Conradi *Morton*.
 Id. *ventricosus Meek and Hayden*.
Crioceras (*Ancyloceras*) *Xelhuae* *Felix*.
Belemnites af. *minimus* *Lister*.
 Id. af. *bipartitus* *Blainville*.
Aptychus Columbi *Felix*.

Thoracostraca.

Lobocarnicus sp?

Pisces

- Otomitla speciosa* *Felix*.
Belonastomus ornatus *Felix*.
Thrissops? sp?
Diplomystus sp?
Galeocерdo falcatus.
Ptychodus Whiplei *Marcou*.
Ceratodus sp?
Syllæmus latifrons? *Cope*.

Reptilia.

Tryonix sp?

Los fósiles que se acaban de enumerar son todos fósiles cretáceos, y como se ve no pertenecen á los pisos de una sola de las dos grandes divisiones que en Europa han merecido los nombres de series Cretácea é Infra Cretácea, sino que pertenecen á los diferentes pisos de los dos Sistemas. La proporción relativa en que se encuentran los fósiles de los diversos pisos en nuestra lista, está poco más ó menos en la relación que los pisos que representan guardan en nuestro país. Así, los fósiles del Cretáceo Medio, que corresponde ca-

si al Cenomaniano, Turoniano, y Senoniano en su porción inferior, son los más abundantes; y como hemos dicho ya, son éstas las rocas cretáceas más extendidas en el Centro y N. del país, mientras que los fósiles de los pisos inferiores y superiores, correspondiendo los primeros á una parte sí no á todo el Neocomiano, y los segundos al Daniano y Senoniano son menos abundantes, y esta proporción está en armonía con el acantonamiento de unos y otros en regiones relativamente pequeñas, respectivamente al S. y E. del territorio. Se notará también que la naturaleza de los fósiles indica habitus diferentes y que por lo mismo las condiciones físicas eran distintas para todos estos depósitos que forman el Sistema Cretáceo; entre estas variaciones en las faunas las hay que son modificaciones climatéricas, tales como la presencia y abundancia de Cœlenterata de las clases Anthozoa y Spongiæ que son más abundantes al S. que al N. y que apenas tienen representación en la última región, mientras que en la primera forman por sí solas lechos y capas bastante interesantes que vienen á constituir otros tantos verdaderos horizontes paleontológicos.

Criaderos minerales.—El Sistema Cretáceo es sumamente interesante por la naturaleza de los minerales que encierra, unos especiales de sus capas y otros que lo atraviesan bajo la forma de filones y de criaderos irregulares.

Las calizas cretáceas forman, empleando el tecnicismo minero, el panino propio de los criaderos plumbíferos y á este respecto puede decirse que el país está dividido en dos grandes regiones mineras por una línea casi paralela á la dirección general de la Sierra Madre, que siguiendo su falda oriental atraviesa todo el país terminando al S. de Oaxaca: la región occidental que comprende la Sierra Madre del Pacífico y la zona de costas respectivas, casi completamente desprovista de criaderos plumbíferos, salvo aquellos puntos en donde se encuentran las calizas cretáceas, y la región oriental que es en donde abundan estos criaderos, casi con exclusión de los otros tipos que se presentan en la región occidental. El tipo de estos criaderos siguiendo la clasificación de Von Groddeck es el Raibl; del que como ejemplos citaremos: los criaderos de Sierra Mojada, Coahuila; San Carlos y Llera en Tamaulipas; Cerralvo en Nuevo León; Mapimí en Durango; Caltepec y hacienda de Santa Ana junto á Tehuacán en Puebla; Zimapán, Estado de Hidalgo; Bramador, Estado de Jalisco.

Minerales de Mercurio.—El mercurio al estado de cinabrio mezclado en unas partes con livingstonita y barcenita y en otras con guadalcazarita se encuentra diseminado en las calizas cretáceas, en donde parece que penetra á favor de grietas preexistentes y después impregna la roca á uno y otro lado de la grieta. El tipo de estos criaderos es el Moschellandsberg de Von Groddeck.

Vetas de minerales de cobre.—Chalcopirita con malaquita, azurita y chrysocola, siempre acompañadas de grosularita y comunmente de hematita, cortan también las calizas cretáceas, y su aparición es debida á la erupción de rocas ígneas, como se ve en San José, en la Sierra de San Carlos en Tamaulipas, en donde los minerales de cobre acompañados de magnetita se presentan en

el contacto de la diorita andesítica. En la hacienda de la Cofradía, Distrito de San Juan de los Llanos, el mismo tipo de criaderos de cobre se presenta en grietas ocasionadas por la salida de la diorita andesítica á través de las calizas cretáceas.

Criaderos de minerales de cobre del tipo "Río Cares" Von Groddeck se encuentran en las calizas compactas del Cretáceo Medio de Tatatila, Barranca de Zomelahuacan en el Cantón de Xalapa, asociados con filones argentíferos de los tipos "Brand" y "Clausthal." Estos últimos dos tipos de filones, especialmente el primero, se encuentran en otras muchas partes del país.

Minerales de antimonio.—En vetas regulares con rumbo N.-S. próximamente y casi verticales, con ligero echado al E., se encuentran también en las calizas cretáceas en el Distrito de Altar en Sonora y en el Distrito de Hermosillo del mismo Estado, con rumbo E.-O. próximamente y echado variable al N., siendo notables estos criaderos por la abundancia de antimonio al estado de óxido bajo las formas de cervantita y stibiconita, penetradas por sílice. Esta composición del mineral de antimonio se sabe que proviene por descomposición y oxidación de la stibnita, que en esta clase de criaderos debe venir á una regular profundidad, pues no se ha encontrado hasta los 12 metros á que se han llevado los trabajos.

Minerales de fierro.—El fierro al estado de sexquíóxido y de óxido magnético algunas veces acompañado de pyrrotita forma filones poderosos que cortan las dos primeras divisiones del Cretáceo en algunos puntos y en otros se les ve cortar á la segunda: sin que conozcamos un solo caso en el cual se haya abierto paso á través de la formación del Cretáceo Superior. Citaremos entre otros los filones de Cerro Mercado junto á Monclova, Coahuila, en donde el filón de hematita ha sido formado á consecuencia de la aparición de una roca que parece ser una diorita hornbléndica cuarcifera; el filón de la Encarnación en Zimapán que se encuentra ligado á la emisión de una diorita andesítica, y en el contacto de esta roca y la caliza cretácea que disloca; los criaderos de cerca de Xalostoc en Morelos, en el contacto de la caliza cretácea con una Diabasa? andesítica; los de Tlaxiaco en Oaxaca, y el de Yucunduehi, Municipalidad de Chila, Distrito de Acatlán, en donde se ven los crestones por algunos tramos cortando á la caliza cretácea. En este último lugar debemos hacer notar que no existe en las inmediaciones del filón ninguna de las rocas ígneas que en los otros lugares citados se encuentran, y parece que la edad de estos filones es un poco posterior, y que su aparición está en relación con la de las andesitas de hornblenda, que son muy abundantes en esa región y que no distan mucho de los filones de fierro.

En el Cretáceo Superior y en perfecta dependencia de las capas de lignita que el Laramie contiene, se encuentran capas de nódulos y riñones de hematita y limonita intercalados entre las areniscas y pizarras de Piedras Negras y otros parajes vecinos; si bien estos criaderos no son de valor industrial alguno á juzgar por la escasez del mineral de fierro.

Las calizas cretáceas contienen también depósitos de azufre nativo muy

puro que son de edad terciaria. El azufre viene diseminado en cantidades muy variables en yeso que rellena cavidades que corresponden á verdaderas grutas ó conductos subterráneos, que se formaron en las calizas á favor del agua termal que por su masa circulaba cuando la eyección de rocas ígneas terciarias, que vinieron acompañadas en su erupción de estas aguas, que circulando por la caliza y cargadas de ácido sulfhídrico descomponían el carbonato de cal, formándose sulfato de cal, el cual á su vez era descompuesto por la acción reductora de la materia orgánica en descomposición que las calizas contenían. La distribución del azufre en el criadero confirma esta hipótesis, pues se encuentra con alguna irregularidad, tendiendo á alcanzar un máximo cerca de los bancos de caliza y de los conductos que dieron fácil salida á las aguas. El tipo de estos criaderos se halla en la Sierra de Banderas, Partido de Mapimí, Estado de Durango, y cerca de San Pedro en las riberas del antiguo cauce del lago de Tlahualila en Coahuila.

Vetas bastante poderosas de pirolucita, acerdesa, psilomelán y wad se encuentran con alguna abundancia en el S. de Puebla, especialmente en los Distritos de Acatlán y Tepexi; en el último cortando á las calizas cretáceas de la parte inferior del Cretáceo Medio.

En el Cretáceo Superior y en las últimas capas que á él pueden referirse, es muy constante la presencia de capas de carbón de regular potencia y buena calidad, que constituyen probablemente los yacimientos carboníferos más importantes por sus dimensiones hasta ahora conocidas en la República. El carbón que mineralógicamente se puede considerar como una lignita, es de la categoría de los brawn coals de Dana, si bien es cierto que se presta á casi todas las aplicaciones del Bituminous coal del mismo autor. Los criaderos de Sabinas, Hondo ó San Felipe, Santa Rosa de Múzquiz en México y los de Eagle Pass, etc., en los Estados Unidos, están indicando la extensión de la cuenca en que á fines del Cretáceo se depositaron estos carbones.

El carbón en capas delgadas que no son de importancia industrialmente consideradas, no obstante que la calidad del carbón es bastante buena, suele encontrarse en la parte inferior del Cretáceo Medio, casi en su base y algunas veces en el tercio superior de esta división: ejemplos del primer caso se ven en las inmediaciones de Maconí, Mineral del Doctor, Distrito de Cadereyta en Querétaro; al segundo caso pertenecen las capas de carbón de Morelos, despedazado y cimentado por espato calizo, que al estado de venillas irregulares atraviesan su masa, aumentando la proporción de cenizas y volviendo inservible un carbón que por su composición es bastante bueno.

Materiales de construcción y minerales diversos.—Las calizas compactas suministran un magnífico material de construcción, ya sea para la construcción de muros como para la de baldosas y pavimentos de piedra quebrada. Cuando ha experimentado un ligero metamorfismo se convierte en caliza vidriosa teñida por colores jaspeados más ó menos vivos y de hermosos contrastes, que la hacen adecuada para pavimentos de casas y revestimiento de muros; si la acción metamórfica se ha continuado bastante, entonces da mármoles blan-

cos, cuyo grano varía notablemente llegando á ser en unos casos un conjunto de romboedros de espato calizo que no tienen cohesión bastante para que se les pueda utilizar en las construcciones, y en otros, el grano es de menor tamaño y entonces los mármoles se prestan para toda clase de aplicaciones. El mármol estatuario no es escaso, aunque no es en lo general de la calidad del mármol de Carrara, pero sí podría competir con ventaja con el mármol de Paros en sus aplicaciones á la escultura, si no fuese por la presencia de la sílice, que unas veces viene en la forma de riñones ó gábarro intercalado en la masa, y otras al estado de venillas sumamente finas que recorren su masa aumentando su dureza é inutilizándolo para la escultura. Esto último acontece siempre que se cortan los blocks cerca de las rocas ígneas en masas ó diques que han metamorizado á la caliza, y el primer defecto, aunque más general, es de menos trascendencia, si se atiende á que los riñones de pederal son los de pftanita que la caliza contenía, dispuestos paralelamente á sus caras de estratificación antes de sufrir la acción de las rocas ígneas. Cambiando de bancos se cambia de pureza de mármol en este caso, y la explotación deberá hacerse teniendo en cuenta siempre la gran constancia de este pederal en las calizas cretáceas mexicanas. La variedad en colorido de estos mármoles cretáceos es inmensa, y sólo esperan la aplicación inteligente de emprendedores industriales.

Cuando las calizas están muy cargadas de fósiles proporcionan mármoles comunes, algunas veces muy bonitos, pero generalmente son sombríos, dado el color fundamental que es gris más ó menos obscuro, ó negro, sobre el cual se destacan figuras caprichosas de color blanco, provenientes de los fósiles que penetran la caliza y que son cortados por planos que siguen toda clase de direcciones. Los mármoles blancos y estatuarios se encuentran en distintos puntos de los Estados de Puebla, Veracruz, Morelos, Hidalgo, Durango, Chihuahua, Sonora, San Luis Potosí y otros. Mármoles de colores en Puebla, y uno de un bellissimo azul en el Estado de Veracruz. Mármoles comunes en todos los Estados de la República.

Estas calizas, en razón de la cantidad de arcilla y magnesia que contienen, producen al calcinarlas una cal bastante buena, y algunas veces la dan medianamente hidráulica. Estas cales son bastante ventajosas para las construcciones en muchos lugares de la República en donde el suelo es algo húmedo, pues endurecen mejor y con más prontitud que las cales grasas.

Cuando las calizas son bastante puras, sólo dan cales grasas de excelente calidad, perfectamente adecuadas para las construcciones comunes al aire libre en los lugares secos; producen morteros mucho más económicos, pues que admiten mayor cantidad de arena y aumentan notablemente de volumen al apagarse.

Además de los materiales de construcción que llevamos mencionados, las calizas cretáceas contienen minerales de valor científico, tales como granate, topacio, piroxena, etc., la mayor parte de ellos de origen metamórfico y que por consiguiente se encuentran en la zona de contacto de las calizas con las

numerosas y variadas rocas ígneas que en diferentes épocas las han atravesado.

En el Estado de Oaxaca, en la jurisdicción de San Miguel Peras, la caliza mefamorfizada por una diorita, se ha convertido por la penetración de la hornblenda en su masa y alteración posterior de dicho mineral en una masa de serpentina y cloritoide, en un magnífico cipolino, muy á propósito para la decoración interior de los edificios, así como para la construcción de pedestales, cubiertas de mesas, chimeneas, pavimentos interiores, ménsulas, etc., etc.

GRUPO CENOZOICO.

De las divisiones del Terciario apenas se encuentran representadas la Media y Superior, y éstas por depósitos de distinta naturaleza que indican las diferentes condiciones en que se verificaron; unos tienen el carácter local de depósitos lacustres, y éstos se encuentran diseminados en la parte alta del territorio ó sea en la región de la gran Mesa Central; y los otros de origen marino, más importantes en atención á la superficie que ocupan en la actualidad, son más uniformes, como que las condiciones bajo las cuales se formaron eran casi las mismas en toda la vasta región en que hoy se manifiestan.

Entre los depósitos terciarios más antiguos que conocemos y cuya edad no es posible fijar todavía, están los grandes depósitos de yeso sedimentario perfectamente característico que se encuentran en Juxtlahuaca en Oaxaca. Al N. de esta población, y sólo separados de ella por el río del mismo nombre, se encuentran lomeríos que corren de E. á O. próximamente de cerca de 150 metros de altura, compuestos exclusivamente de yeso granudo (alabastro) de diversos colores. Una formación de yeso sedimentario sumamente poderosa y que con toda probabilidad es contemporánea de la de Juxtlahuaca, es la que forma los altos cerros que al E. de Huamuxtlán en Guerrero, y muy inmediatos á la población, se extienden en la dirección casi N.-S. por más de 12 kilómetros de longitud, alcanzando alturas superiores á 200 metros sobre el valle.

Eoceno y base del Mioceno—Las rocas sedimentarias terciarias de mayor antigüedad que nos ha sido posible observar en nuestras excursiones, se encuentran en la cuenca del Bravo desde unos 12 kilómetros al O. de Laredo hasta la ciudad Guerrero en Tamaulipas, relacionadas directamente con las últimas subdivisiones del Cretáceo. Se depositaron en el seno de las aguas salobres de poco fondo que se encontraban sujetas á variaciones bastantes bien marcadas y motivadas por cambio de energía en su acción mecánica, y á esto se debe una cierta regularidad en la alternancia de las rocas que en semejantes circunstancias hubieron de formarse. Estas rocas son areniscas margosas y arcillosas de grano fino y de colores claros que alternan con capas de margas y arcillas margosas apizarradas, y pertenecen al Eoceno Inferior á la división Timber Beltbeds del Lower Claiborne de Harris. Encima de éstos vienen las areniscas margosas que se extienden al E. de Laredo y llegan has-

ta Mier, parte de las cuales corresponden al Eoceno y otras al Mioceno, pues pertenecen á la división Lafayette Beds, que como es sabido se extienden desde el Eoceno al Mioceno.

Mioceno Superior á Plioceno.—En la península de la baja California, en su faja de costa, y especialmente del lado del Pacífico, hay un grupo de capas de origen marino que se han formado en aguas de poco fondo y posteriormente á la aparición en aquella península de las rocas de estructura traquitoide: traquitas, andesitas, dacitas, etc. Estas rocas son una serie de alternancias de areniscas de distintos granos y conglomerados traquíticos ó andesíticos que llevan intercaladas varias capas de minerales de cobre. Las areniscas tienen un cemento más ó menos francamente calizo, y su color como el de los conglomerados varía entre los numerosos tonos del amarillo, pardo y rojo. Este conjunto de capas descansa directamente sobre las rocas traquitoides.

La formación toda se encuentra dislocada formando ondulaciones más ó menos pronunciadas, motivadas á consecuencia del movimiento ascendente que puso en seco este antiguo dominio de las aguas del Pacífico, cortadas por una gran falla que mira al S. y cuya dirección es de 60° N.O. La aparición de labradoritas, basaltos, basanitas, etc., ha venido á modificar ligeramente la condición de trastorno en que habían sido dejadas las capas por el movimiento del levantamiento de los bordes de la península.

La circunstancia de apoyarse estos estratos en las traquitas cuya aparición parece datar de á fines del Eoceno, así como la de contener guijarros de rocas eruptivas cuya aparición ha tenido lugar en el transcurso del Mioceno, hacen que no se pueda conceder á estas capas mayor antigüedad que la del Mioceno Superior. Tomando en cuenta sus fósiles, sería quizá más aceptable referir todos estos depósitos á los comienzos del Plioceno.

En la parte baja de la costa del Golfo de México, se presentan las rocas terciarias formando una faja paralela al contorno actual del Golfo, faja que al S. de Veracruz se ensancha para cubrir casi todo el territorio de los Estados de Tabasco, Campeche y Yucatán, internándose por el Estado de Tabasco y por la parte oriental del Estado de Chiapas, hasta la línea divisoria entre México y Guatemala, al S. del pueblo de Tenosique. En algunos puntos están cubiertas por el Cuaternario, formando entonces interrupciones aparentes á la distribución de estas rocas.

Los sedimentos marinos terciarios de la costa del Golfo están compuestos de calizas de conchas poco coherentes, verdaderos aglomerados que pasan por intermedio de conglomerados de conchas de cemento calizo más ó menos arcilloso blanco amarillento, á calizas compactas, que descansan en calizas semicristalinas blanco agrisadas que varían á calizas de color amarillo con intercalaciones de bancos blancos y blanco-rojizos.

En la parte superior contienen fósiles que en otras partes del continente son Miocenos mezclados con formas pliocenas y formas actuales, y en la parte inferior parecen dominar las formas del Mioceno.

El Sr. Cope ha referido á la división que en los Estados Unidos se denomina Loup Fork y corresponde á la cima del Mioceno, la formación lignitifera de Zacualtipán, en el Estado de Hidalgo. Las rocas en que vienen las lignitas de Zacualtipán, son areniscas con pizarras arcillosas, refractarias y cargadas en mayor ó menor cantidad de materia carbonosa, hasta llegar á constituir capas exclusivamente formadas de carbón, de la especie lignita y variedad compacta llamada también lignita que presenta algunas veces el aspecto del azabache. Estas capas de pizarras y areniscas se han depositado en el seno de aguas lacustres, contenidas en pequeños vasos circunscritos por labradoritas y andesitas, rocas que no han hecho su eyección antes del Terciario Medio, y por cuyo motivo deben considerarse los sedimentos en cuestión como del Mioceno Superior, antigüedad máxima posible de asignarles. Entre los pocos fósiles que se han encontrado en el corto tiempo que duró la explotación de las lignitas, los hay que pertenecen al Mioceno asociados con otros á los cuales no se les podría conceder mayor antigüedad que la que corresponde á las rocas pliocénicas.

Los conglomerados rojos se presentan en las regiones donde abundan las pizarras cristalinas, dislocadas por las rocas eruptivas de las series antigua y moderna. Estos conglomerados atendido su color y la posición que ocupan directamente sobre las pizarras cristalinas, han sido considerados como representantes de la vieja arenisca roja por algunos, otros los han referido á la nueva arenisca roja y nosotros, teniendo en cuenta la naturaleza de los elementos de que están compuestos y las relaciones que tienen con las andesitas hornbléndicas y las rhyolitas, los consideramos como posteriores á la aparición de las andesitas y por consiguiente pertenecientes al Terciario Superior ó Plioceno. Disminuyendo las dimensiones de los elementos, estos conglomerados pasan á areniscas de grano grueso y fino que contienen cristales despedazados de feldespato, y algunas veces completamente intactos pero en un grado de alteración más ó menos avanzado, reunidos por una pasta arcillo-arenosa.

Estos conglomerados y areniscas se encuentran principalmente cerca de las rocas eruptivas terciarias y muchas veces forman verdaderas brechas; pues sus elementos están muy angulosos y esto nos indica á la vez que la corta distancia á que se encuentran de las rocas de que tomaron sus constituyentes, el carácter meramente local de su depósito.

Distribución geográfica.—La cañada de Marfil hasta Guanajuato está formada por este conglomerado; Tasco tiene también porciones de terreno cubiertas por el conglomerado rojo. Se encuentra diseminado también en el Estado de Puebla: en los Distritos de Matamoros Izucar, Acatlán y Tehuacán, y en algunos otros puntos.

Plioceno.—Las rocas que referimos á este sistema son conglomerados calizos formados de cantos y guijarros de caliza cretácea; conglomerado rojo compuesto de destrozos de pizarras cristalinas, con pedazos de rocas eruptivas, tales como granito, diorita, andesita, etc., mezcladas con pequeños fragmen-

tos de caliza cretácea en la parte superior, reunidos por un cemento arcilloso; areniscas arcillosas tiernas, alternando con arcillas margosas yesíferas, sobre las cuales vienen conglomerados y tobas volcánicas que llevan intercaladas corrientes de basalto.

Los conglomerados calizos se encuentran generalmente al pie de las sierras calizas, alcanzando á veces una potencia que se mide por centenas de metros, como acontece en la falda de la sierra de Catorce, del lado de Matehuala, San Luis Potosí; en el Municipio de Tonalá en el Distrito de Huajuapán en Oaxaca.

Al Plioceno Superior deben referirse los conglomerados y brechas pomosas (tobas conglomeradas), que se designan en México con el nombre de Tepetate, y que constituyen los lomeríos de la falda de las sierras de las Cruces, Monte Alto y Sierra Nevada, que circunscriben casi la cuenca de México. Estos conglomerados establecen el paso de las brechas andesíticas un poco más antiguas, pero siempre en su mayor parte, si no en totalidad pliocénicas á las tobas volcánicas y margas arcillosas que se encuentran en algunos de los valles de la Mesa Central. Mientras que en las brechas volcánicas (brechas andesíticas y traquíticas) la influencia del agua como agente de repartición y ordenación de los elementos apenas se hace sentir, siendo más bien de presunción y posibilidad el participio que las aguas hayan tomado; en los conglomerados (tepetates) de pequeños elementos y en las tobas arenosas y margosas, la influencia de la acción de las aguas se hace cada vez más perceptible, al grado de que por las dimensiones de los elementos de estas rocas se puede juzgar de la acción dinámica más ó menos enérgica de las aguas que contribuyeron á la ordenación de los depósitos de estas rocas.

A este sistema, en nuestro concepto, debe referirse una parte de los estratos que constituyen la base de la serie sedimentaria de la cuenca de México, de los valles de Puebla, etc., y del río Yaqui, Sonora, así como el conjunto de capas, que con ligerísima inclinación hacia la ciudad de México, cubren la falda de las sierras que limitan la cuenca y en cuyas capas se han abierto las dos grandes obras de desagüe que se conocen con los nombres de Tajo de Nochistongo y Tajo de Tequisquiác.

La ciudad de Tlaxcala está rodeada por cerros compuestos de margas arcillosas, verdosas y amarillentas que alternan con margas blancas calcáreas, tanto unas como otras están irregularmente impregnadas de sílice que las hace más compactas y resistentes; encierran muchos troncos de madera petrificada (troncos de Dicotiledonas), pertenecientes á las especies de Jilolita y Jilópalo que se presentan juntos en un mismo tronco ó separados en troncos diferentes. Estas rocas contienen á la vez que los restos de una flora compuesta casi exclusivamente de Angiospermas muy perfectas, abundantes osamentas de caballo, elefante y mastodonte que deben referirse á la parte Superior del Plioceno.

Carácter Paleontológico.—Ponemos á continuación la lista más completa que hemos podido formar de los fósiles, tanto marinos como terrestres, que co-

mo pertenecientes al Terciario se han descrito. En la imposibilidad de poder separar por falta de datos estratigráficos los que pertenecen exclusivamente al Cuaternario de los que encontrándose en este grupo existían ya en el Plioceno los damos todos reunidos con el encabezado de Plioceno y Cuaternario

Echinodermata.

- Echinocyamus altavillensis* ? *Agassiz.*
Clypeaster Meridanensis *Michelin.*
 Id. *crustulum* *Michelin.*

Lamellibranchiata.

- Ostrea Atwoodi* *Gabb.*
 Id. *contracta* *Conrad.*
 Id. *gallus* *Valencienes.*
 Id. *Georgiana?* *Conrad.*
 Id. *Veatchii* *Gabb.*
 Id. *Moreleti* *Deshayes.*
 Id. *Virginiana* *Gmelin.*
 Id. *meridionalis.*
Anomia simplex *d'Orbigny.*
Plicatula filamentosa *Conrad.*
Spondylus Estrellanus *Conrad.*
Pecten Moreleti *Deshayes.*
 Id. *Yucatanensis* *Deshayes.*
 Id. *Meridanensis* Id.
 Id. *dislocatus* *Say.*
 Id. *nucleus* *Born.*
 Id. (*Amusium*) *Mortoni* *Ravenel.*
Arca Deshayesi *Hanley.*
 Id. *incongrua* *Say.*
 Id. *scalaria.*
 Id. *rhombea* *Born.*
 Id. *Ruffini?*
 Id. *Adamsi* *Shutlew.*
 Id. *umbonata?* *Lamarck.*
Cardita densata.
Chama arcinella *Linnaeus.*
Lucina reticulata *Lamarck.*
 Id. *divaricata* *Linnaeus.*
 Id. *edentula* Id.
 Id. *Jamaicensis* *Lamarck.*
 Id. *disciformis.*
 Id. *Pensylvanica* *Linnaeus.*

- Lucina tigerina* *Linnæus*.
 Id. *tumida* ?
Cardium magnum *Born*.
 Id. *muricatum* *Linnæus*.
 Id. *isocardia* *Id.*
 Id. (*Lævicardium*) *serratum* *Linnæus*.
 Id. *af. medium* *Linnæus*.
 Id. *af. bullatum* *Id.*
Venus cribraria? *Conrad*.
 Id. *cancellata*.
 Id. *mercenaria* *Linnæus*.
 Id. *Listeri* *Gray*.
 Id. *Mortoni* *Conrad*.
 Id. *peroni* *Lamarck*.
 Id. (*Chione*) *cancellata* *Linnæus*.
 Id. *af. Peruviana*.
Tapes *af. literata* *Chemnitz*.
 Id. *af. decussata*.
Dosinia discus *Reeve*.
Tellina (*macoma*) *contracta*.
 Id. *punicea?* *Born*.
 Id. *af. spectabilis* *Hanley*.
Periploma *af. enœquivalvis* *Schumacher*.

Gastropoda.

- Turritella apicalis*.
 Id. *perattenuata*.
 Id. *carinata* *Lea*.
Dolium perdix *Linnæus*.
Pirula reticularis *Kien*.
Fulgur rapum.
Murex Sallceanus *Adams*.
Marginella apicina *Menke*.
Oliva litterata *Lamarck*.
Bulla striata *Bruguier*.
Scalaria *af. varicosa* *Lamarck*.

Mioceno Superior.

- Hippotherium* (*Hipparion*) *peninsulatum* *Cope*.
 Id. *rectidens* *Cope*.
Protohipus *Castilloi* *Cope*.

Cuaternario.

- Spheroma?* *Burkarti* *Bárcena*.

Plioceno y Cuaternario.

- Cliptodon mexicanus *Cuatáparo y Ramírez.*
 Scelidoterium sp?
 Rhinoceros? occidentalis *Leidy.*
 Equus crenidens *Cope.*
 Id. taw *Owen.*
 Id. platystylus *Cope.*
 Id. excelsus *Leidy.*
 Id. Barcenai *Cope.*
 Platingonus alemani *Dugès.*
 Id. compressus? *Le Conte.*
 Palauchenia magna *Owen.*
 Auchenia cf. minima *Leidy.*
 Id. Castilli *Cope.*
 Holomeniscus hesterus (*Leidy*).
 Eschatius conidens *Cope.*
 Bison latifrons (*Hart*).
 Aphelops sp?
 Mastodon (Trilophodon) Shepardi *Leidy.*
 Id. (Tetralophodon) tropicus *Cope.*
 Id. Id. Andium *Cuvier.*
 Elephas (Euelephas) primigenius *Blumenbach.*
 Id. Id. Columbi *Falconer.*

Erupciones.—Es en la éra cenozoica cuando han tenido lugar las más variadas, más fuertes y por todos conceptos más interesantes erupciones de rocas ígneas; en el transcurso de esta éra vemos repetirse la mayor parte de los tipos de estructura de las rocas eruptivas de la serie antigua ó precretácea, que han contribuído á la perfecta emersión de nuestro territorio, han ayudado á levantarlo sobre el nivel de los mares que lo limitan, han completado y modificado muchos de los elementos orográficos que le han dado el relieve, que con poca diferencia conserva en nuestros días, y por último son estas erupciones las que han traído á 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, ó ya finalmente á favor de las manifestaciones consiguientes á su eyección, han facilitado el relleno de grietas contemporáneas ó preexistentes á su erupción con elementos que de estas mismas rocas ó de otras ya existentes tomaban en disolución las aguas termales que en su masa ó en sus inmediaciones circulaban con facilidad, ejerciendo sus acciones físicas y químicas con energía de los más diversos grados.

Hasta aquí hemos venido tomando en consideración preferentemente las manifestaciones de la dinámica externa ó sea las alternativas invasiones de los mares y los continentes en sus respectivos dominios, aparentemente ma-

nifestas por la preponderante participación que en el resultado final han tenido los elementos de la superficie del planeta, no interviniendo en los resultados últimos las rocas ígneas ó sea la masa interna, sino á título de pequeñas erupciones, verdaderos fenómenos consiguientes á las acciones ya enunciadas, que en sus máximas energías les franqueaban á veces pasos más ó menos expeditos que regulaban su salida.

Los fenómenos que nos toca ahora presenciar son de un carácter diverso, perfectamente preparados por la energía de los agentes de la dinámica externa que se ejercía con su máxima intensidad en superficies, con mucho, más grandes que las que antes había accionado; son casi en lo absoluto del exclusivo dominio de la dinámica interna de nuestro globo, y que, como en épocas anteriores, se relacionan también con fenómenos de dinámica externa, sólo que en este período de la formación de nuestro suelo ha venido á menos su influencia que, por una justa compensación ha llevado á su maximum en anteriores épocas la participación inferior de las rocas ígneas.

La interesante serie de erupciones de la era Cenozoica podemos considerarla como inaugurándose con la eyección de las syenitas, dioritas hornbléndicas, dioritas cuarcíferas, diabasas y pórfidos silizosos, que corresponden á las microgranulitas recientes y sobre cuya edad no hemos adquirido los datos suficientes para poderla precisar con bastante exactitud, y, como hemos tenido ocasión de indicar en otra parte de este trabajo, son ó de fines del Cretáceo ó principios del Terciario, pero de todas maneras son estas rocas las que inauguran la serie moderna de las rocas eruptivas mexicanas. Al hablar de las erupciones que tuvieron lugar en el Cretáceo se indica á grandes rasgos la distribución de algunos de los principales tipos de estas rocas eruptivas.

Viénes á continuación por razón de antigüedad y parentesco ó semejanza de composición, aunque bajo tipos de estructura diferentes, las porfiritas andesíticas; andesitas propylíticas que probablemente han sido consideradas como pórfidos petrosilizosos y que pueden no ser sino modificaciones debidas á las diferentes condiciones de aparición y enfriamiento de alguno de los tipos anteriores. Estas rocas eruptivas son sin embargo de edad terciaria perfectamente definida y esto abogarí en favor de la referencia de los tipos anteriores á los comienzos del Terciario, pues que las rocas de que nos estamos ocupando son casi todas del período Mioceno y no de la base sino de la terminación de dicho período.

Al terminar el Mioceno é inmediatamente después de la aparición de las rocas anteriores, vinieron á la superficie del suelo y cortando á algunas de las rocas ya citadas; las andesitas de hornblenda que se extienden en vastísimas superficies de la República, en su región occidental y central, y con ellas en íntima conexión, se manifiestan tipos que pueden referirse ya al propylítico ya al dacítico, aunque de este último conocemos muy pocos y no corresponden con toda exactitud al verdadero tipo de las dacitas, sino que son más bien andesitas de facies propylítica.

Además de las andesitas de hornblenda se encuentran andesitas de horn-

blenda y mica á las cuales correspondería quizá más propiamente la denominación de andesitas micacíferas. Estas parecen haber hecho su aparición después de los tipos anteriores y antes de las andesitas de hiperstena y hornblenda que precedieron á la emisión de las andesitas de hiperstena dominante. Siguiéron á éstas las andesitas de angita, verdaderos tipos de transición á las labradoritas, que son las rocas eruptivas que en el Plioceno se presentaron como verdaderas precursoras de las numerosas erupciones basálticas, que iniciándose al terminar el Plioceno han tenido su apogeo en el transcurso del Cuaternario.

Según hemos tenido ocasión de observar, parece que ha habido varias erupciones de rocas del mismo tipo, separadas por intervalos de tiempo más ó menos grandes y que nuestros conocimientos presentes no nos permiten determinar todavía con alguna precisión.

Después de las erupciones de andesitas de hornblenda han tenido lugar las de las rhyolitas, demasiado abundantes, que cortan en unas partes del país á las andesitas y en otras se las ve cubriéndolas. Aunque de una manera general, puede decirse que las rhyolitas se encuentran siempre en la proximidad de las andesitas y es de notarse la abundancia de estas rocas en la parte central y septentrional del país y su escasez relativa en la parte S.

Tipos de rocas traquíticas se presentan en algunos lugares de la República y sus caracteres en muchos casos no son perfectamente claros; antes más bien participan á la vez de los caracteres de las andesitas y los de las traquitas, constituyendo propiamente tipos de transición entre las dos especies de rocas, mereciendo por consiguiente la denominación de traquiandesitas, que indica que ligan dos tipos sucesivos de rocas eruptivas.

Acompañando á estas rocas como simples modificaciones de estructura, debidas á la rapidez del enfriamiento de las partes primeramente aparecidas, se encuentran brechas ígneas y tobas entre las cuales vienen en mayor ó menor abundancia las pómez y obsidianas que corresponden á los estados enteramente vítreos de las rocas de que proceden, y rocas de pasta vítrea más ó menos perfecta en la cual se destacan cristales de feldespato que les dan el aspecto porfídico, por cuya razón han sido designados en otro tiempo con el nombre de pórfidos de base de piedra pez. Estas rocas corresponden á algunas de las obsidianas de Fouqué y Levy, y son según la naturaleza de sus elementos feldespáticos, obsidianas andesíticas ó traquíticas, lo cual está perfectamente de acuerdo con la notoria escasez de verdaderas traquitas.

Criaderos minerales.—Minerales de manganeso.—Vetas de minerales de manganeso cortan las traquitas en Baja California en Mulegé. Las vetas cuya potencia varía entre unos cuantos centímetros y 1^m.20, están compuestas casi de puro psilomelan acompañado de yeso; la dirección dominante es la de N.O.—S.E. Las vetas más importantes forman líneas onduladas compuestas de una sucesión de curvas de unos cuantos metros de largo.

Minerales de estaño.—El estaño se presenta en México en pequeñas vetas que atraviesan la rhyolita, las vetas parecen ser formadas por líneas de frac-

tura por contracción, debidas al enfriamiento de la roca, rellenas por emanación directa. Los acompañantes son hematitas, topacios y en algunos lugares duranguita; es decir, dos minerales que contienen fluoro, lo cual está poniendo de manifiesto la identidad del agente empleado por la naturaleza para traer á la superficie el estaño, en el mismo estado de combinación y en dos períodos diferentes sumamente separados uno de otro, y siempre en las rocas más ácidas de las dos series de rocas eruptivas: en la serie antigua viene el estaño en granitos de mica blanca, y en México, en donde ha tenido lugar la más moderna de las emanaciones de estaño, viene en rhyolitas del Terciario Superior.

Minerales de cobre.—Criaderos de cobre en vetas regulares existen en las andesitas hornbléndicas en los Estados de Michoacán, Aguascalientes, Sonora, etc., etc. En Michoacán las vetas corren de E. á O. con echado al S.; la composición es una mezcla de chalcocita, chalcopirita, bornita, cuprita, melaconita y tetradrita, estos dos últimos en muchísima menor cantidad, siendo los minerales más abundantes la chalcocita, chalcopirita y bornita. El tipo de estos criaderos se aproxima al "Tamaya" Von Groddeck, sólo que las rocas eruptivas son terciarias y del grupo de las andesitas; en caso de adoptar una clasificación nacional, convendría denominar este tipo de criaderos de cobre "Tipo Inguaran," para definir á la vez que la composición y naturaleza del criadero, la de la roca eruptiva en que se encuentra y la edad reciente de su relleno, que no data de más allá de á principios del Plioceno. En estas mismas rocas se encuentran además de estos criaderos regulares ó vetas, criaderos irregulares que podrían muy bien ser rebozaderos ó impregnaciones de la roca con cierta irregularidad á una distancia considerable de la grieta ó paso de los minerales.

En las rocas sedimentarias del Mioceno Superior se encuentran criaderos de capas estratificadas de minerales de cobre que están en explotación en el Mineral del Boleo en la Baja California. La edad de estas capas no está perfectamente definida; pero pertenecen ya sea á la parte superior del Mioceno, ya á la base del Plioceno; son indudablemente depósitos terciarios.

Minerales argentíferos.—Los minerales de plata bastante abundantes que han dado renombre á México como país productor de plata desde la época de la conquista, se encuentran en filones en las rocas eruptivas terciarias ó en vetas y criaderos en rocas sedimentarias, pero siempre en relación ó dependencia directa de las rocas eruptivas. Los filones en las rocas eruptivas son del tipo Schemnitz y se presentan casi siempre en las porfiritas andesíticas, andesitas hornbléndicas (propylitas) y otras variedades de estas mismas rocas, repartidas en todo el país, siguiendo una dirección perfectamente definida de N.O.—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, ó en pequeñas serranías, que ocupan partes más céntricas, pero que genéticamente están relacionadas con la Sierra Madre Occidental ó del Pacífico. Las vetas ó criaderos argentíferos que en rocas sedimentarias se encuentran en

íntima relación con la aparición de las rocas eruptivas terciarias que acabamos de mencionar, son en lo general criaderos del tipo Brand, y si se encuentran algunos otros, tales como los tipos Raibl y Clausthal, éstos no han contribuido hasta ahora en proporción apreciable á la producción de la plata del país.

Estando todos estos criaderos relacionados con rocas eruptivas cuya máxima antigüedad no remonta más allá del Mioceno y para algunas en muy corto número á fines del Eoceno, y siendo el relleno de todos estos criaderos posterior á la salida ó emisión de las rocas que los contienen ó que con su aparición han producido las fracturas en que se han formado, no se puede aceptar como edad probable para la mayoría de ellos, si no todos, una época anterior al Mioceno Superior, y hay que considerarlas como habiéndose formado en el transecurso del Plioceno. En todo caso el estudio de la sobreposición de las rocas eruptivas de edad geológica conocida, permitirá establecer de un manera definitiva la edad de los filones argentíferos mexicanos y la sucesión cronológica de todos ellos.

Criaderos auríferos.—En las andesitas de hornblenda del Distrito Minero de San José de Gracia y otros del Distrito de Culiacán en Sinaloa, arman vetas de cuarzo aurífero con rumbos dominantes de N.O.—S.E. y N.E.—S.O. con echados respectivamente al S.O. y S.E. que varían entre 30° y 45°. Estas vetas son concrecionadas y en la zona de oxidación llevan oro libre acompañado de óxido de fierro y en algunas carbonato de cobre y aun pegaduras de cobre nativo cerca de los respaldos; en la zona de minerales sulfurados vienen la pirita, la marcasita, blenda y galena en pequeña cantidad. Es probable que á mayor profundidad los dos últimos minerales aumenten en cantidad y aunque se presenten sulfuros múltiples. La mineralización de estas vetas debe considerarse como de edad pliocena contemporánea de la de las vetas auríferas de Mezquital del Oro, en Zacateca, Sierra de Cacoma en Autlán, Jalisco, y algunas otras de Sonora y otros Estados de la República.

En algunos lugares de la República se encuentran vetas de minerales auríferos en la diorita andesítica y granulitos que cortan á las calizas cretáceas. Como ejemplo de estos criaderos podemos citar á San José del Oro cerca de la Encarnación, Hidalgo; Mineral de San José en Tamaulipas; Cerro Grande de Ameca en Jalisco; Barranca del Oro en Tepic; Pico de Teyra en Zacatecas; Sierra de Baoz cerca de Río Florido, Sierra de los Reyes, cerca de Jiménez en Chihuahua; Zomelahuacán en Tatatila, Veraacruz; Sierra de Cándela en Coahuila; Mineral de Tajitos en Sonora, etc., etc.

Criaderos de antimonio.—La estibnita asociada á la galena, blenda y la pirita en pequeña cantidad, de manera que predomina de un modo absoluto la estibnita, se encuentra en vetas de fractura *true fissure veins*, en el Estado de Guerrero en la Municipalidad de Cualac del Distrito de Zaragoza.

Los minerales vienen repartidos en zonas paralelas de concreción y sólo se han explotado en pequeña proporción. Es casi seguro que á la profundidad la estibnita disminuirá, mientras que la galena y la blenda aumentarán, ha-

ciendo así el criadero incoesteable para la explotación del antimonio. Estas vetas no ensayan generalmente más de 2 á 4 pesos de plata por tonelada.

Materiales de construcción y productos diversos.—Las aplicaciones que se pueden ó deben dar á estas rocas ígneas, dependen, como es natural, de la belleza de su color combinada con la dureza y su densidad, su estructura y especialmente la resistencia á la intemperie. Como se ha dicho las hay compactas, porosas, uniformes, porfíroides, pseudo estratificadas ó en lajas, y de acuerdo con todas estas maneras de ser de las rocas, así varían las aplicaciones.

La piedra de talla que se emplea en casi todo el país por la facilidad con que se labra, y las grandes dimensiones que se pueden dar á los blocks, y á la cual se da el nombre de cantera, es en su mayor parte toba andesítica que pasa en algunos casos á verdadera brecha andesítica: en algunos lugares, raros por cierto, la composición de la roca es la de una toba traquítica, y tanto en uno como en otro caso, la parte feldespática de la roca se encuentra en un estado de alteración más ó menos avanzada, motivando que la dureza disminuya, permitiendo á la roca ser labrada con bastante facilidad. Esta ventajosa circunstancia está por otra parte constrañida por la cohesión cada vez menor de la roca, que hace que su empleo, cuando la cohesión disminuye de un modo notable, se limite á aquellas partes de los edificios en que la carga que tienen que resistir es pequeña. Para los lugares en que la carga es mayor, se emplean preferentemente las andesitas hornbléndicas, las traquian-desitas y en general las diversas variedades de andesitas y las rhyolitas.

Las andesitas, traquitas, labradoritas y basaltos cuando están perfectamente frescos, es decir, que no han sufrido alteración ó descomposición, son excelentes materiales para la construcción de adoquines, muros, cimientos, carreteras, etc., etc.; y debemos hacer notar que para carreteras y calzadas, el basalto es un mal material, pues se descompone con facilidad, sobre todo si se emplea al estado de grava. Si las rocas tienen la estructura pseudoapizarrada ó en lajas, suministran magníficas baldosas para las banquetas y pavimentos de patios, etc.

Las variedades escoriáceas muy porosas que se designan con el nombre de tezontle, proporeionan un material de suprema calidad para la construcción de bóvedas y muros en los pisos superiores, en atención á su ligereza y por la manera con que cogen el mortero (mezcla), dan una gran solidez á las construcciones. Además de esta aplicación, bastante útil por cierto, el tezontle pulverizado, cuando su composición es á propósito, puede sustituir á la pulzolana para la fabricación de cementos.

Las pizarras arcillosas que alternan con las areniscas de la formación lignitifera de Zacualtípán, suministran una arcilla retractaria de muy buena calidad.

La alteración y descomposición de las rocas eruptivas terciarias de las inmediaciones de Zacualtípán, han producido importantes criaderos de kaolín

más ó menos puro, y el cual se utiliza por alguna de las fábricas de la Capital de la República para la fabricación de la porcelana corriente.

Pertenecientes al Terciario Superior son los inmensos criaderos de kaolín de Santa María Coyuca del Estado de Puebla; y estos criaderos están también en explotación, abasteciendo algunas de las fábricas de loza de las ciudades de Puebla y México.

Vienen en las rocas eruptivas terciarias, con especialidad en las rhyolitas, los ópalos de variados y hermosos cambiantes, de Esperanza en Querétaro, Maravatio en Michoacán, Zimapán en Hidalgo y en algunas localidades del Estado de Chihuahua, etc., etc. La variedad llamada hyalita es muy común en los relices, grutas y juntas de las andesitas, traquiandesitas y rhyolitas.

Las obsidias que con tanta abundancia se encuentran en las zonas eruptivas terciarias, se prestan probablemente á la fabricación de vidrio corriente. Minerales tales como el topacio y la hyalita, son muy frecuentes en las rocas eruptivas; el primero siempre relacionado con las rocas ácidas y muy frecuentemente asociado á minerales de estaño; en cuanto al segundo se presenta no solamente en las rocas ácidas sino también en las neutras.

En las rhyolitas, como en la del cerro Mercado en Durango, se encuentra bajo la forma de vetillas de varios centímetros de grueso, la apatita de la variedad esparraguina.

ÉPOCA CUATERNARIA.

Las rocas cuaternarias diluvianas, aluviales y lacustres, pertenecientes á las divisiones del Champlain y Reciente, son muy comunes en México y se encuentran ocupando la parte superior de los valles y la región de la Mesa Central.

Los depósitos aluviales, que en lo general son de extensión muy limitada, están formados por cantos, gujarros y matatenas de rocas de distinta naturaleza. Como es fácil comprender, estos acarrees en las comarcas en que abundan las rocas ígneas, son de elementos tomados de estas rocas, y en aquellas regiones en que exclusivamente se encuentran las diferentes rocas sedimentarias del Cretáceo, los cantos, gujarros, chinas, matatenas y gravas que entran en la composición del acarreo, son calcáreos ó formados de areniscas y pizarras calcáreas y margosas.

Las dimensiones de los elementos de estos depósitos, indican que han sido formados bajo la influencia de verdaderos torrentes que no permitían la separación de los diferentes cantos y gujarros en capas ó zonas de materiales de diversos tamaños, como sucede en aguas menos impetuosas, en las cuales los elementos depositados están en relación con la energía mecánica de las aguas que los transportan.

Los depósitos en graderías ó terraplenes son muy frecuentes, sobre todo al N. del país en el Estado de Sonora, en los valles longitudinales estrechos; uno de los lugares en donde se ve perfectamente esta disposición de los alu-

viones y diluvium de los valles, es en el Valle de Fronteras y también en el camino del Sásabe al Altar; hay una multitud de otros puntos en donde se presentan menos claramente caracterizados estos depósitos en graderías, verdaderas escalinatas que nos hacen pasar del fondo actual de los valles al fondo que ocuparon en época anterior cuando las condiciones climáticas de la localidad eran, en lo que se refiere al régimen de las aguas, muy diversas y en todo caso de intensidad mayor que la que poseen en la actualidad.

La distribución de los aluviones antiguos que referimos al Champlain, es la de casi todas las corrientes de agua que circulan actualmente en el territorio, sólo que no coinciden con estas direcciones, ni ocupan exactamente la posición de ellas; se encuentran á niveles más altos y á la derecha ó izquierda de la madre ó álveo en que serpentean ahora estas aguas corrientes, y representan el curso antiguo de los ríos cuando en valles más elevados tenían su curso divagante todavía, debido á la gran pendiente del fondo de su cauce que constantemente se ha ido disminuyendo y ha ocasionado con esto la retirada hacia el interior del Continente á la vez que la reducción en extensión de su tramo torrencial, que á principios del Cuaternario invadía á no dudarlo respectivamente, las costas del Golfo y del Pacífico.

Otras veces los depósitos aluviales se encuentran en la base de grupos poderosos de sedimentos enteramente recientes, y esto debido á que se trata entonces de valles ó depresiones del terreno en los cuales se ha venido verificando un rellenamiento, como sucede en la cuenca de México, Valles de Puebla, Toluca, etc., etc.

Las rocas cuaternarias recientes son barros ó arcillas margosas completamente destituidas de caras de estratificación definidas, y más bien con el carácter de masas ó acumulaciones provenientes ya del desgaste y alteraciones de las rocas comarcanas, transportadas por las aguas y los vientos que en muchos casos han tenido un gran participio en su arreglo definitivo, ya de la alteración y descomposición in situ de muchas rocas bajo la enérgica y variada influencia de las causas que actúan sobre ellas. Así, las calizas cretáceas por incesante acción del aire, unida á las variaciones de temperatura y las aguas de lluvia, se transforman en gruesas capas de arcilla más ó menos impregnadas de carbonato de cal, como residuo último de la acción química del agua, que disuelve todo ó casi todo el carbonato de cal y sólo deja la arcilla que con él venia mezclada en la caliza, para ser repartida por la energía mecánica de la misma agua en las distintas depresiones y oquedades que la superficie del suelo presenta. Otras veces la acción de todos estos agentes de destrucción se ejerce sobre rocas arenosas más ó menos coherentes y cuyo elemento es calcáreo, y el resultado de su acción es la formación, á consecuencia de la disolución del cemento, de arenas enteramente sueltas que los vientos reinantes de la localidad se encargan de transportar y ordenar en médanos interiores de dirección perpendicular á la de los vientos dominantes.

Las aguas superficiales y las someras que circulan por rocas calizas bastante puras, forman en las partes bajas á donde descienden ó brotan, costras

más ó menos gruesas de caliza incrustante ó de alabastro calizo (tecali) que pasan en la misma capa á margas arcillosos que pueden ser ó no arenosas, ó bien alternan con ellas, y esto depende tanto de la interrupción de la acción disolvente de las aguas á causa de las diferentes estaciones, como de la preponderancia, que á veces tiene la energía de transporte que mezcla detritus de la roca con los sedimentos químicos.

Los sedimentos lacustres de la cuenca de México, tales como nos los han dado á conocer varios de los taladros que para pozos artesianos se han hecho en la ciudad de México y en sus alrededores alcanzan una potencia que en algunos puntos pasa de 250 metros; son de carácter muy variable aun cuando los pozos no estén muy separados entre sí, lo cual prueba que dichos sedimentos no son uniformes y hay entre ellos algunos que vienen intercalados bajo la forma de lentes muy aplastados que mueren en cuñas muy agudas, y á la vez, que estos sedimentos son debidos á fenómenos locales que no afectaron superficies de considerable extensión.

En la parte superior abundan las margas arcillosas (barros) que adquieren ya el carácter de légamo ó lodo diluvial, ya el de greda ó arcillas margosas arenosas; estas margas varían del color blanco al negro pasando por tonos verdoso y amarillento y alternan con capas generalmente delgadas de tíza, fitolitas y pómez remolido. En la parte media de la serie de sedimentos de la cuenca, las margas arcillosas son constantemente arenosas de colores amarillento y verdoso y alternan con capas de arena, que es siempre pomosa en mayor ó menor grado, y en algunos lugares se encuentran también capas de acarreo compuesto de guijarros, chinias y matatenas de andesita. La porción inferior está caracterizada por la preponderancia de tobas pomosas; unas compactas y otras que son verdaderas areniscas y conglomerados pomosos á los cuales se da la denominación común de tepetate.

Entre las rocas cuaternarias tenemos que hacer una especial mención de la toba caliza que unas veces muy mezclada con arcilla y de estructura compacta y uniforme y otras envolviendo fragmentos más ó menos angulosos y arredondados, que la dan el aspecto de brechas ó conglomerados de cemento arcilloso, se designa en México con el nombre de caliche. Otras veces la toba caliza pertenece á las variedades llamadas travertino y caliza incrustante, en cuyo caso es menos impura y tiene la estructura que, según las condiciones en que se depositan, afectan estos sedimentos químicos. La toba caliza compacta viene generalmente impregnada de sílice, que en algunos tramos de los bancos se segrega bajo la forma de nódulos, riñones y guijarros de menilita, y entonces merece la denominación de toba caliza silizosa.

La toba caliza arcillosa (caliche) se presenta unas veces formando costras en las laderas de las montañas calizas ó volcánicas, otras veces en la superficie de los valles y bajíos cubriendo rocas margosas ó areniscas calcáreas y margosas, y finalmente viene intercalada entre las margas formando pegaduras que siguen planos oblicuos ó caras casi horizontales y más ó menos onduladas, colocadas á diferentes niveles y comunicadas por una verdadera red ó

masa de las capas que siguen todas las direcciones posibles, exactamente como sucede con el yeso en las margas yesíferas. La formación de esta toba caliza es muy fácil de explicarse y es debida á la acción disolvente de las aguas de lluvia que obran directamente sobre la roca en que descansa la toba cuando es una caliza ó arenisca calcárea y sobre el producto de alteración de las rocas si estas son ígneas y entre sus componentes se encuentran feldespatos de base de cal, como sucede con los basaltos y labradoritas que frecuentemente están cubiertas por el caliche, para cuya formación definitiva sólo hay que hacer intervenir la acción mecánica del agua que transporta la arcilla para mezclarla más abajo con el sarro ó depósito químico compuesto en su mayor parte de carbonato de cal, pero puede según las circunstancias llevar también sílice que abandona al estado de sílice hidratada. Cuando la toba caliza viene intercalada entre las margas en la disposición y manera que hemos dicho, es debida á la acción de las aguas de filtración que circulan, disolviendo el carbonato de cal de las margas, areniscas margosas, etc., para irlo á depositar más adelante en donde se mezcla con destrozos de marga ó se carga de arcilla. En el fondo de los valles y en general en donde las aguas salen ó corren muy cargadas de carbonato de cal, forman en las inmediaciones de su salida y en el tramo que da principio á su corriente, incrustaciones de formas inmensamente variadas y las cuales dependen de las de los objetos que en su curso encuentran y sobre los que se depositan, originándose entonces todas las variedades de la calcita fibrosa depositada por capas concéntricas.

Hasta aquí sólo hemos considerado los depósitos de toba caliza formados por la acción del agua á la temperatura ambiente; pero hay otros depósitos que son sumamente abundantes en el Valle de Puebla, y no escasean en el de México, los cuales depósitos son debidos á la acción de las aguas termales, manifestaciones que en la actualidad recuerdan la energía del vulcanismo de otros tiempos; que al circular á través de rocas calizas, margosas ó ígneas que contengan silicatos de cal entre los feldespatos de su masa disuelven el carbonato de cal, una proporción no pequeña de sílice, gracias á la temperatura del agua que aumenta su poder de disolución y finalmente, sales de magnesia y otras. Esta toba caliza en lo general silizosa y menos arcillosa que las anteriores, es unas veces porosa, llena de oquedades y de formas muy bizarras, y otras es una roca bastante compacta de color amarillento de diversos tonos. Se encuentra ora en la superficie cubriendo á la tierra vegetal como roca que se forma en nuestros días, ora intercalada á diferentes niveles bajo la forma de costras irregulares en contorno y espesor según la antigüedad relativa de su formación y siempre en relación con las rocas ígneas que, obstruyendo la circulación de las aguas someras, las obligan á salir á la superficie después de haber elevado por su contacto la temperatura de las aguas.

Distribución Geográfica.—Los depósitos cuaternarios se encuentran diseminados en toda la República con el carácter de depósitos locales y de edad más ó menos cercana á la actual. Es la formación que cubre las mesetas, reviste

en mayor ó menor grado las vertientes de las montañas, rellena los valles profundos, azolva los lagos y tiende á nivelar todas las depresiones del suelo.

Erupciones.—En la época cuaternaria ha habido en México varias erupciones de rocas ígneas pertenecientes á distintos tipos petrográficos. Las erupciones basálticas han sido numerosas y han tenido lugar en puntos más ó menos lejanos sin que podamos con precisión fijar el orden cronológico de su sucesión. La erupción más antigua, que probablemente deberá referirse al fin del Plioceno, es la que se encuentra reducida á pequeños girones que cubren en la actualidad la cima de montañas formadas por circundenudación y á las cuales imprimen la forma truncada que se designa en México con el nombre de mesas; estas corrientes que se presentan en el Valle de Tula y otros muchos puntos del país, indudablemente no son sincrónicas, pero representan el primer período de emisión de lavas volcánicas cuaternarias, pues que cubren rocas en su mayor parte pomosas y margosas que hemos referido al Plioceno y de carácter petrográfico muy semejante si no idéntico al de las tobas volcánicas en que se han encontrado fósiles cuaternarios. La segunda erupción basáltica se encuentra cubriendo las hondonadas y depresiones del terreno, originadas por la acción de las aguas que bajan de la primera corriente basáltica, esta segunda corriente se ve perfectamente clara en el Arroyo del Salto á la salida del Tajo de Nochistongo, en la Hacienda del Salto, que debe su nombre á la caída de las aguas que corren por la superficie de esta corriente de lava, que al irse destruyendo va retrocediendo y con esto disminuyendo su altura; en el borde actual se descubre la toba pomosa de la parte superior de la formación de Nochistongo, tostada y convertida en una especie de ladrillo, debido al contacto de la corriente de lava basáltica.

Corrientes más modernas y posteriores á la existencia del hombre en la cuenca de México, son las de los volcanes de Santa Catarina y el volcán del Xitli que dió origen al pedregal de San Angel, cuya erupción es quizá la más reciente de las dos que venimos considerando, puesto que no solamente cubre á las rocas modernas del Valle, sino que debajo de ella se han encontrado osamentas humanas y restos de cerámica tosca, y es sin disputa una erupción que ha debido tener lugar en la época histórica.

Estas no son todas las erupciones basálticas del centro del país, sino que son las más notables en las inmediaciones de la capital; en otras partes del país, tales como el valle de Guadalajara, se han sucedido numerosas erupciones de basalto, como lo demuestran los datos que en su "Ensayo Geográfico y Estadístico del Estado de Jalisco" ha publicado el Sr. Profesor Bárcena.

Las erupciones enteramente históricas y que podemos considerar como de nuestros días, pues datan del siglo pasado cuando apareció el Jorullo, y las más recientes y actuales de las erupciones del Ceboruco y el Colima, demuestran que el vulcanismo que ha tenido una máxima energía en el Terciario, no se ha extinguido completamente en el país y que hace sus manifestaciones ya por verdaderas erupciones como las que han tenido lugar en la épo-

ca histórica en el Tuxtla, Popocatepetl y Jorullo, ya por las que se están verificando ahora en el Ceboruco y el Colima, ó bien por fenómenos enteramente dependientes de él, tales como las numerosísimas fuentes termales repartidas en todo el país, y aun por la existencia de verdaderos geysers como en el cerro de San Andrés en Michoacán, ó por los restos ó pilones de tobas calizas que, como en el valle de Puebla, han formado los geysers calcáricos al dejar abandonada cerca y en el contorno de su salida la caliza que las aguas termales traían en disolución más ó menos cargada de sílice.

Criaderos Minerales.—En los terrenos cuaternarios sólo se conocen yacimientos detríticos del tipo Aluviones metalíferos, que en México se designan con el nombre de placeres: los hay auríferos en la Baja California, Sonora, Chihuahua, Durango, Tepic, Oaxaca, Guerrero, Jalisco y Michoacán: los placeres estañíferos se conocen en los Estados de Durango, Zacatecas, Guanajuato, San Luis Potosí y Jalisco; y los ferríferos los hemos visto en el Bolsón de Mapimí, en la porción que corresponde á los Estados de Durango y Coahuila; es muy probable que se encuentren en otras partes del país, especialmente cerca de los placeres estañíferos, pero que su poca importancia industrial ha hecho que hayan pasado desapercibidos.

Materiales de construcción y productos diversos.—Las labradoritas, basaltos, etc., del Cuaternario, pueden recibir las diferentes aplicaciones que se dan á las rocas ígneas terciarias del país, y el basalto del Pedregal de San Angel así como el de Santa Catarina, tiene en la Capital de la República muchísimas aplicaciones, entre otras para la construcción de cimientos, cintas, guardas de banquetas, pavimento de patios, adoquines, revestimiento de muros, etc. El basalto micacífero de Puebla, es la piedra de construcción por excelencia empleada en todos los grandes edificios de esa ciudad, y sobre todo para los templos, en cuya arquitectura monumental se aviene bien el color gris más ó menos obscuro del basalto.

Las tobas volcánicas (tepetate) constituyen el material de construcción más generalmente usado en la ciudad de México; y en Puebla se emplea una especie de brecha volcánica de pequeños elementos que pasa á una verdadera arenisca de granos grueso y fino á la cual se da el nombre xalene.

Las tobas calizas arcillosas suministran un buen material de construcción para muros por ser generalmente poco pesadas y bastante porosas para coger el mortero, lo cual da bastante solidez á las construcciones hechas con estas rocas, aparentemente poco adecuadas para esta aplicación. En algunos lugares en que es muy abundante esta roca y se encuentra en costras de gran espesor, se la corta en sillares y se la emplea en sustitución de la cantera; entre los lugares en que se hace más uso de esta roca, se pueden citar Lampazos, cuyos edificios están construídos con ellas, Monterrey en donde se la emplea en sillares, y Puebla en donde bajo la forma de ripio tiene un consumo grandísimo.

Como material de construcción por su belleza y demás cualidades, merece una mención especial el tecali, llamado generalmente ónix en el comercio; es

una roca que por su edad geológica y por su génesis está muy intimamente ligada con las tobas calizas y calizas incrustantes, de las cuales no viene á ser sino una variedad, debida á modificaciones de la estructura, condiciones en su depósito y á la mayor pureza relativa de su composición. Como la toba caliza esta roca se forma en las inmediaciones de rocas calizas más ó menos puras, ó de pizarras cargadas de mayor ó menor cantidad de carbonato de cal, carbonato que en cualquiera de los dos casos considerados, es disuelto por las aguas corrientes y abandonado más adelante en ligeras costras, que superpuestas unas á otras y con una composición más ó menos idéntica, forman los depósitos de esta bellísima roca que como material para la ornamentación difícilmente será sustituida por otra.

Casi todos los tecalis mexicanos son de la época Cuaternaria: entre las muchas localidades que he tenido oportunidad de visitar, sólo he encontrado las canteras de tecali blanco de San Antonio de las Salinas en las inmediaciones de Tehuacán que pueden referirse casi con certeza á la porción superior del Plioceno. Estas canteras están formadas por los depósitos que rellenaron un estrecho sinclinal entre las calizas y pizarras del Cretáceo; la acción erosiva de la aguas ha destruido las rocas que le sirven de apoyo en uno de sus lados, y hoy se presenta bajo la forma aparente de un gran crestón bastante elevado sobre las corrientes de agua y depresiones actuales del terreno. La toba caliza, que es generalmente arcillosa, produce por la calcinación cales cuya hidraulicidad está en relación con la cantidad de arcilla que la toba contiene, dependiendo la calidad de estas cales de la presencia de algunas otras substancias que no se encuentran constantemente en las tobas, y á las cuales se debe que las tobas calizas, especialmente las silizosas, se puedan ó no aplicar á la fabricación de cementos.

III

Si de la naturaleza y aspecto que nos ofrece un terreno. podemos inferir la naturaleza de las causas que lo originaron y las condiciones en que tuvo lugar su depósito; si de la posición y situación que tienen en la actualidad los sedimentos de una formación, grupo, división ó piso, podemos venir en conocimiento de las causas que motivaron ó contribuyeron á dicha posición; si la presencia de las rocas ígneas nos permite apreciar las modificaciones y trastornos que cuando su eyección á través de las masas de rocas sedimentarias han producido; y si el carácter de los fósiles en los sedimentos sepultados nos están indicando la profundidad y las condiciones de tranquilidad ó agitación de las aguas en que vivieron, cuando son marinos ó lacustres, y si terrestres las condiciones topográficas del suelo en donde se desarrollaron, y tanto en uno como en otro caso las condiciones climatéricas que reinaban en su época de vida; conocidas ya por lo que se ha expuesto en el capítulo anterior, las nociones generales más indispensables de la Geología Mexicana; co-

nocidos por esto mismo los materiales que han entrado en la constitución de los diferentes sedimentos y su distribución ó reparto dentro de ellos, vamos ahora, con el auxilio de estos mismos materiales y el de su distribución geográfica actual, á tratar de dar una idea de la configuración y movimientos de nuestro suelo en los diferentes tiempos geológicos, ó sea una breve reseña de sus diferentes condiciones físicas, que como es sabido se reduce á recitar la historia de las largas luchas entre las dos potencias rivales, el Océano y las fuerzas continentales que se han sucedido, ya continuadas, ya interrumpidas á veces por grandes períodos de tiempo, que corresponden al dominio respectivo de cada una de estas potencias.

Cuando se formó por primera vez en la superficie de la tierra todavía incandescente, una corteza sólida, relativamente bastante resistente y estable, y que el vapor de agua contenido entonces en una inmensa proporción en la atmósfera, se condensaba para formar los océanos primitivos, ó más bien dicho, el océano primordial, el Sur de México y una parte de su costa occidental emergieron á la superficie de esas pristinas aguas constituyendo un grupo de islas más ó menos vecinas, ó quizá un solo núcleo primitivo que con el del Norte del Continente, sirviera de punto de apoyo inicial á la serie estratigráfica que inaugurándose entonces había de venir á formar en la sucesión de los tiempos geológicos el macizo continental de la América del Norte. Entonces se formaron las rocas esquito-cristalinas, los gneiss y micapizarras cuya enorme masa, que sin cesar se aumentaba por la base, debía suministrar á 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 á todas las miradas, cubierta en la mayor parte de su extensión por enormes mantos entre cuyo depósito han tenido lugar varias y prolongadas interrupciones.

Si admitimos que las denudaciones entonces iniciadas han obrado sobre estos depósitos en todos los tiempos posteriores de una manera bastante sensible y más ó menos uniformemente continuada, demostraremos por esto mismo que depósitos más recientes que estos macizos primitivos, se han debido formar en los mares que los circundaban, ya en porciones de nuestro territorio que cubiertas por posteriores sedimentos, nos son hoy desconocidos, ya en regiones más ó menos lejanas, algunas de las cuales están hoy cubiertas por las aguas de los mares.

Por la carencia de terrenos pertenecientes á los dos primeros períodos del Grupo Paleozoico en la República Mexicana, parece racional admitir que su territorio, que durante el Azoico estaba reducido á varios islotes (ó tal vez á 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 á fines del Huro-niano fuera constantemente en creciente, y los diversos movimientos de los

mares que no debían permanecer inactivos, y cuya acción probablemente no encontraba obstáculo alguno que la moderase, 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 á expensas de los gneiss y micapizarras, de los granitos, pegmatitas, etc., de las islas é islotes mexicanos, una parte de los sedimentos indudablemente sepultados bajo las aguas de los dos océanos.

Con certidumbre nosotros no podemos deducir que en las vastas superficies de rocas primitivas que hoy se encuentran completamente descubiertas no hayan existido estratos más ó menos poderosos, los cuales hayan sido destruídos ó acarreados por la acción erosiva de las aguas en el transcurso 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. á S.E.; mas hubiera sido necesario para la vida, una tenacidad extraordinaria á fin de que llegara á establecerse sobre estas rocas estériles, continuamente sometidas á los implacables furoros de un cielo siempre cargado de tremendas tempestades. Las lluvias torrenciales frecuentes en estos períodos acarrearán hacia los mares los productos de la alteración de estas tierras vírgenes á 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 á la primera subdivisión ó 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 transcurso de este inmenso período de tiempo, cuando se unieron los islotes que repartidos según una dirección bastante bien definida, llegaron á constituir el esqueleto ó armazón fundamental sobre la cual y en sus bordes y obedeciendo siempre á un movimiento en retirada de las aguas oceánicas, se empezó no sólo á 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 é instructivas que sirvieran para manifestarnos la marcha progresiva ó de perfeccionamiento que seguía en 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 á alterar el relieve; pues que no existe documento que nos indique cambio alguno, si no es el desgaste y destrucción por eroción de las eminencias de rocas primitivas que hubieran formado pequeños grupos de montañas en

la parte occidental del país que se encontraban sujetas á 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 á 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 á principios del Cambriano, había sido sometida desde entonces á 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 á 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 á favor de dicho hundimiento se formaban en las lagunas, pantanos y esteros de la Costa del Pacífico, debió alcanzar probablemente más de mil metros, pues en la actualidad pasan de 600 metros los sedimentos triásicos de Sonora. Este hundimiento se verificaba enmedio de lentos y cortos levantamientos frecuentemente interrumpidos, los cuales venían á modificar la naturaleza de los depósitos, intercalando areniscas de grano grueso y conglomerados en delgadas ó 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 á un levantamiento entonces iniciado, y el cual, continuando en todos los tiempos desde entonces comprendidos hasta nuestros días, ha acabado por llevarlas á más de mil metros sobre el nivel del mar en el Estado de Puebla, y á más de dos mil en el de Oaxaca.

No obstante la evidencia de las invasiones que el mar debió hacer en nuestro suelo en el Triásico, cuando tenía lugar el hundimiento que patentizan los depósitos triásicos que hemos estudiado en el país, la falta de sedimentos marinos en estas rocas no nos permite trazar la línea que limitara en aquel entonces los dominios respectivos de los mares y del continente; pero esta misma falta de rocas formadas en el seno de aguas marinas nos está indicando que el dominio de la tierra firme se extendía notablemente más hacia el O. de lo que se extiende en la actualidad y que los depósitos de costas que entonces se formaron han sido posteriormente sumergidos más y más.

Mientras que el Triásico fué un período de grandes pantanos y lagunas repartidas en las tierras bajas cerca ó en las playas de los mares triásicos, con los cuales algunas de dichas lagunas pudieron tener comunicación, el Jurási-

co en lo general 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 que estaba sometido á un hundimiento prolongado, en tanto que otros se depositaron en las zonas abisales de los mares jurásicos.

Después del gran período continental del Triásico, el mar, que parecía haberse alejado para siempre del suelo mexicano, lo invade de nuevo.

Esta invasión fué consiguiente á cambios verificados en el período anterior. Así, el levantamiento de las regiones triásicas del N.O. y S. del país, levantamiento que empezó á fines del Triásico, puso en seco la región pantanosa y baja en que habían tenido lugar los depósitos triásicos y rechazó hacia el S. y el E. los mares del Jurásico Inferior y Medio. Al terminar la segunda división del período Jurásico todo el centro y S. del país por una especie de movimiento de báscula, se hundía, y las aguas de los mares del Jurásico Superior invadieron entonces grandes porciones del territorio desde Coahuila á Oaxaca.

Durante el período Cretáceo, el suelo de México estuvo sujeto á una inmersión continuada hasta terminar el Cretáceo Medio, y las aguas que á fines del Jurásico habían empezado una vastísima invasión, se extendían incesantemente conquistando el dominio de la tierra firme, que gradualmente iba desapareciendo cubierta por las aguas de los dos océanos, que al empezar el Cretáceo Medio se comunicaban uno con otro y habían cubierto ya casi todo el territorio de la República, que quedaba definitivamente convertido en un mar profundo, en el cual se destacaban islotes numerosos formando un archipiélago.

Las rocas cretáceas inferiores, por su estructura y la naturaleza de sus fósiles, indican que fueron formadas á lo largo de la costa de los mares cretáceos en las aguas poco profundas y más ó menos turbias de verdaderas ensenadas ó de estrechos golfos que alcanzaban los puntos más interiores de la tierra firme.

Las calizas del Cretáceo Medio, relativamente bastante puras, indican por el contrario una mar más clara, más tranquila y más profunda; mientras que en donde estas calizas alternan con las areniscas y pizarras, están mostrando los efectos de las diversas invasiones del Continente por aguas de poco fondo, agitadas y en las cuales descargaban crecientes más ó menos impetuosas, y cuyo fondo experimentaba alternativas de levantamientos y hundimientos.

Antes de terminar el Cretáceo Medio se inició un levantamiento general cuyo resultado fué la emersión, á principios del Cretáceo Superior, de casi toda la superficie que había sido cubierta por las aguas del Cretáceo Medio. El Cretáceo Superior fué pues una época de retirada del Atlántico, durante la cual el dominio del Continente fué gradualmente en creciente. Es en esta época cuando ha tenido lugar el plegamiento de las capas de calizas cretáceas que del centro del país á las costas se iban ordenando en pliegues casi para-

lelos cuya altura, estrechamientos, estrangulamientos y rupturas dependían de la energía de la presión que los formaba, así como de su elasticidad, compresibilidad y demás propiedades físicas.

A consecuencia de la formación de estos pliegues de rocas calizas que venían á bosquejar el relieve actual del país, se verificaba en el seno de las aguas del Cretáceo Superior, una serie de oscilaciones verticales que originaban los depósitos sedimentarios de esta última división del Cretáceo, que como se ha dicho son areniscas y pizarras margosas que descansan en pizarras margosas y calcáreas.

Al empezar la Era Cenozoica el mar había abandonado por completo todo el centro, parte del S. y N. y todo el O. del país, pero no abandonó de la misma manera la región N.E., E. y S.E. donde el carácter de los sedimentos nos indica que un profundo cambio había tenido lugar en el régimen de las aguas y que el suelo submarino había sido notablemente levantado.

La configuración de la República al comenzar el Cenozoico, aunque se aproxima ya bastante á la configuración que debía adquirir en el Cuaternario, presentaba aún diferencias bastante notables. Así, el territorio mexicano tenía la forma de una gran península triangular cuyo vértice debía quedar en la región que hoy ocupa la América Central; el ancho del territorio era notablemente menor que el que tiene en la actualidad. El Pacífico estaba limitado por líneas de costa situadas más al O. y la península de la Baja California no había sido separada todavía del continente. El golfo de México muchísimo más abierto y con un contorno muy diferente y notablemente más irregular, se internaba más al O. y muy particularmente hacia el S. y S.O., en donde probablemente se unía con el Pacífico por algunos puntos situados al S. de Guatemala; las penínsulas de Yucatán y Florida se encontraban aún cubiertas por las aguas del Atlántico.

Durante el Eoceno, en medio de una serie de oscilaciones verticales numerosas, tuvo lugar un levantamiento general del fondo del Atlántico que ocasionaba la retirada de sus aguas y hacia que las conquistas del continente se extendieran algo más hacia el Este.

Al concluir el Eoceno, las aguas del Atlántico, á causa de un hundimiento que tenía entonces su comienzo y debía continuarse en casi todo el transcurso del Mioceno, volvieron nuevamente á invadir, pero ya no en toda su extensión, las mismas regiones que en el Eoceno habían ocupado. En este mismo período, las aguas del Pacífico empezaron la invasión del continente, que antes del fin del Mioceno vinieron á formar el Golfo de California y con esto se produjo la separación del continente de la primera península de nuestro territorio, ó sea la península de la Baja California.

Ya á fines del Mioceno se iniciaba un nuevo levantamiento en la región atlántica, que obligando al mar á abandonar una gran parte de sus dominios anteriores, había de venir á terminar con la emersión á principios del Plioceno, de la Península de Yucatán y toda la parte S. del país, que al comen-

zar la Era Cenozoica hemos visto sepultada debajo de las aguas de océanos entonces reunidos.

En la costa del Pacífico, especialmente en la parte situada al N. el hundimiento parece haberse continuado hasta el Plioceno, y gracias á este hundimiento el Golfo de California pudo llegar en el curso del Plioceno hasta muy cerca del Pacífico, por el rumbo de San Diego, California, y probablemente á favor de ciertas depresiones del suelo de la península llegaron á comunicarse el Pacífico y el Golfo de California, pues que entonces avanzaban el uno hacia el otro, y en esta época, relativamente reciente, si las cosas pasaban como lo acabamos de indicar, la Baja California quedó convertida en una isla que se hallaba separada por un canal de la Alta California, de la cual es en nuestros días la continuación; pero como quiera que no poseemos datos auténticos que autoricen por completo nuestra suposición, se puede aceptar como muy probable que en el Plioceno la Baja California sufrió en su parte N. á la altura de San Diego un fuerte estrechamiento que á guisa de istmo, quizá exclusivamente formado por las rocas antiguas de la cadena central de la península, la ligaba con el resto del continente.

Antes de terminar el Plioceno, las aguas del Pacífico empezaron una retirada que dió por resultado el abandono por el Golfo de California de las tierras que al N. había cubierto y el ensanchamiento de la península por nuevas adiciones hechas en sus dos costas, así como su vuelta á la condición de península, en el supuesto de que hubiese sido isla en la invasión que precedió á esta retirada de las aguas, ó bien se estableció más amplia comunicación con la tierra continental, dado caso que no hubiese cambiado en el curso del Plioceno su condición peninsular.

Del lado del Atlántico en el transcurso del Plioceno hubo varias alternativas de hundimientos y levantamientos; al principio del período tuvo lugar un levantamiento, sucedióle un hundimiento bastante prolongado y finalmente vino un levantamiento que parece haberse continuado en el Cuaternario para algunas partes por lo menos.

Fué, pues, el Cenozoico una era de numerosas y variadas oscilaciones; era de movilidad extraordinaria de nuestro suelo; era de luchas incesantes que, después de muchas y diversas alternativas de importancia muy diferente, vino á terminar con el triunfo completo de la tierra firme ó sea de las fuerzas continentales.
