Ixtlán.—Bahía de Banderas.—Tomatlán.

Hemos dicho que entre los ríos de Santiago y de Pigintos que son en una parte de su curso casi paralelos, las sierras entre ellos comprendidas se orientan en general de E. á O. y que es precisamente este cambio en la dirección del relieve el que ha favorecido la profunda cortadura del Río Grande y definido la dirección del valle de Ameca. Las sierras de Ixtlán y de Juanacate definen esta dirección pues que sus flancos respectivamente mueren en las márgenes de dichos ríos formando entre sí el angosto valle del río de Ixtlán.

Pero sobre la margen izquierda del río de Pigintos, no ya cerca de Ameca sino más hacia el O., la sierra de la Tetilla se enlaza con la gruesa sierra de Mascota.

Esta sierra tiene por punto culminante la bufa de Mascota ó del Real Alto que se levanta precisamente enfrente de la gran bahía del Valle de Banderas, pues de esta montaña se desciende al O. prontamente á la costa por la población de S. Sebastián. Casi en la parte más entrante de la bahía desagua el río de Ameca en el mar. La gran hahía se halla limitada y bordeada por decirlo así de pequeñas eminencias rocallosas que avanzan hasta formar las dos puntas de Mita al N y. el cabo Corrientes al S., siendo esta punta la más saliente y avanzada hacia el mar en el litoral mexicano del Pacífico.

De la Bufa de Mascota se desprende hacia el S. una larga cadena de montañas elevadas, entre las que podemos citar las montañas del Desmoronado, las del Cuale y Bramador. Entre esta sierra y el brazo que avanza hacia la población de Mascota se forma el extenso valle Alto de Talpa y de Mascota, en tanto que en la vertiente oriental de esta sierra se encuentran los valles altos de Huauchinango y de Atenguillo. La sierra de Mascota, tanto en su núcleo como en los distintos brazos en que se divide, es notable por su riqueza minera.

De las montañas de Desmoronado y Bramador se baja hasta las llanuras de la costa de Tomatlán planas en una parte y con accidentes de relieve cerca del mar.

La geología de esta vasta región de la Sierra Madre es más complicada que en los tramos que antes hemos estudiado toda vez que se encuentran rocas de erupciones anteriores al Cretáceo; sin embargo, dominan como en las regiones vecinas del Río Grande, las rocas eruptivas post-cretáceas.

Después de atravesar la región volcánica de Ixtlán donde se extienden en gran cantidad y potencia corrientes sobrepuestas de lavas basálticas, se descubren en una gran extensión de la sierra de Ixtlán, rocas traquitoides de color verde, que estudiadas al microscopio se definen como andesitas de piroxena, que encierran criaderos minerales argentíferos y auríferos que se explotan en pequeña escala. En la parte superior de la serranía aparecen, coronando la mayor parte de las cimas, rhyolitas esferolíticas cubiertas ó alternando con tobas las que se prolongan en los flancos meridionales de dicha sierra enfrente del río de Ameca y que ocultan á una importante formación de rocas granitoides, granulitas y dioritas todas de edad terciaria.

Cerca del pueblo de Barranca del Oro se descubre una roca de color blanco de aspecto granítico á la simple vista y que estudiada al microscopio resulta con la estructura propia de la granulita. Apoyándose directamente sobre esta roca en la barranca llamada de Rondanera, se encuentra otra roca de color verde muy cargada de anfibola serpentinizada, roca que parece resultar de una simple modificación de la granulita y aun se puede notar en algunos lugares de una á otra una insensible gradación. Un poco más arriba se encuentran rocas verdes microlíticas que le dan á la roca el carácter de andesitas de anfibola y piroxena, semejantes á las del lado opuesto de la sierra.

Sobre el río de Ameca y el pequeño afluente de Barranca del Oro las granulitas que forman la base de las montañas se ocultan debajo de aluviones y tobas modernas y en parte por delgadas corrientes de basalto.

La formación de andesitas de hornblenda se extiende en una gran parte de los flancos de las sierras de Mascota y de los Reyes, cubiertas en grande extensión por poderosas corrientes de basalto columnar de edad terciaria, muy semejante al basalto de Regla en el Estado de Hidalgo, siendo probablemente de edad contemporánea.

En cambio, la parte superior de dicha sierra de Mascota en la región de la Bufa se halla coronada por rhyolitas, rhyolitas brechoides, tobas rhyolíticas y dacitas en las que arman los importantes criaderos minerales del Real Alto y San Sebastián.

En la larga cadena de montañas que limita al O. el valle de Mascota se presentan en gran abundancia labradoritas porfiroides con grandes cristales de labrador, andesitas de hornblenda y ya en los flancos occidentales de esta sierra, frente á la costa de Tomatlán, encontramos la extensa formación precretácea de Desmoronado, formada de macizos graníticos cubiertos en la base de pizarras cristalinas donde dominan las cuarcitas. Esta vasta formación se interrumpe en algunos tramos por rocas eruptivas modernas, pero se continúa con estas interrupciones hasta cerca de las costas. Esta formación de rocas precretáceas aislada enmedio del sistema eruptivo terciario de nuestra Sierra Madre y análoga en sus razgos generales con las formaciones eruptivas del Sur de la península californiana, la posición saliente del cabo Corrientes y el alineamiento enmedio del Océano del pequeño archipiélago de las Marías, sugiere la idea de una sumersión de la cadena, continuación meridional de la cordillera californiana, quedando como testigos las susodichas islas y las puntas ó cabos de San Lúcas y Corrientes.

Una simple ojeada sobre una carta de la América del Norte atrae desde luego la atención sobre la semejanza orográfica del Estado de California, Estados Unidos y los Estados costeros mexicanos del N. en el Pacífico. Entre la Coast Range y la Sierra Nevada Americana hay la misma disposición que entre la Península de la Baja California y nuestra Sierra Madre continental mexicana. El valle de Sacramento que separa á las primeras y el Golfo de Cortés que se interpone en las segundas se hallan sobre una misma dirección y con disposición análoga. Parece pues, que el valle comprendido entre las

sierras de la Baja California y la Sierra Madre se ha hallado lentamente sumergido, abriéndose una extensa boca de entrada al Golfo entre los cabos de San Lucasy Corrientes.

Esta semejanza orográfica resalta á primera vista aún á despecho de la diferente naturaleza geológica entre la Península de la Baja California y la Coast Range americana.

En las montañas que limitan la margen derecha del río de Ameca se extiende en una gran longitud, aunque interrumpida varias veces, una zona aurífera que comienza en el cerro de Ameca, sigue en los cerros inmediatos al pueblo de Barranca del Oro y se continúa más al O. en la región llamada de Pigintos.

Casi todas las vetas, en general muy angostas, arman en granulitas terciarias. Las vetillas se componen exclusivamente de cuarzo, óxidos ferruginosos y oro libre, aumentando á la profundidad las piritas.

En Barranca del Oro sobre las granulitas y dioritas andesíticas con delgados hilos de cuarzo auríferos, viene una roca verde porfirítica que disloca á los hilos cortando en diques delgados á las granulitas. En esta roca, á su vez, se encuentran hilos de cuarzo también auríferos y minerales de plata.

Siempre acompañan á los cuarzos auríferos pintas de minerales de cobre.

A causa del poco espesor de las vetillas de esta región y la inconstancia de la ley, la explotación es difícil y solamente posible con grande economía.

En el macizo dependiente de la bufa del Real Alto existen tres centros de vetas argentíferas. El Mineral de los Reyes con vetas que arman en andesitas verdes. Los minerales dominantes son las galenas y sulfuros argentíferos en cuarzo y un poco de espato calizo. La riqueza viene en columnas angostas inclinadas y casi regularmente separadas.

El Real Alto es un grupo de vetas al pie de la Bufa. Arman en rhyolitas y brechas de rhyolita. Las vetas son poderosas.

Por último á corta distancia del Real Alto, el Mineral de S. Sebastián, con vetas de cuarzo y calcita, dominando algunas veces esta última matriz, con blendas, galenas y piritas, acompañadas como en la mina de Quiteria, de telururos de plata (Hessita).

Guadalajara.—Autlán. [1]

Para completar los diversos aspectos que presenta la Sierra Madre en el Estado de Jalisco hemos practicado otro itinerario al S. del que hemos hablado anteriormente y que parte también de la ciudad de Guadalajara. El camino á la salida de esta ciudad hacia el O., carretero hasta la población de Ameca, cabecera del Cantón del mismo nombre, es en general bastante plano, pues

1 Itinerario seguido por J. G. Aguilera y E. Ordoñez.

que solamente lo interrumpen las lomas cuaternarias que limitan dicho valle hacia el O., elevándose el terreno hasta el lugar llamado Venta del Astillero cerca de la base de una pequeña sierra que se extiende al N. y de cuyos flancos nacen arroyos afluentes del río de Ameca. Ya en la cuenca de este río el camino desciende lentamente hasta Ameca, en una extensa planicie que comprende por el S. los abiertos valles que llevan afluentes de este río y que se extienden hasta Cocula y por el N. en el amplio valle de Ahualulco, limitado por el cerro de Tequila. Ya cerca de Ameca el valle de este nombre se estrecha hacia el O. por las montañas de Ameca y sus prolongaciones occidentales, que juntamente con la sierra de la Tetilla y sus dependencias encajonan por este lado el río, que se abre después en Amatlán de Cañas para seguir limitado por las cadenas de que ya hemos hablado en nuestro itinerario anterior.

Para cortar en la dirección más conveniente la Sierra Madre, que puede decirse comienza á levantarse en la serranía de la Tetilla junto á Ameca, seguimos en la dirección del S.O. cortando esta última serranía en las montañas de Quila, sobre las que se extiende una gran mesa que también lleva ese nombre y cuya parte más alta se halla á 2100 metros sobre él nivel del mar. El ascenso á estas montañas por el N. E. y descenso por el S. O. es bastante rápido, llegando por este último rumbo al pequeño valle de Tecolotlán por donde corre un pequeño río rodeado por altas y escarpadas montañas, entre las que se distingue la Tetilla y el Pico de Huehuenton al N. O. de la población, montañas cuya altura pasa de 2500 metros sobre el nivel del mar. Al N.E. de Tecolotlán la sierra de la Tetilla se enlaza con las montañas de Tamazula. Al salir de Tecolotlán se atraviesan los valles de Tuchitlán y Unión de Tula separados por las altas montañas de la sierra que viene desde la parte occidental del cantón de Mascota. Por los cerros de Sta. Rosa se desciende bruscamente hacia el valle de Autlán al que se llega recorriendo varios prolongados contrafuertes. Al río de Autlán llegan las aguas de las vertientes orientales de las elevadas Sierras de Perote y de Cacoma, que juntamente con la de Sta. Rosa forman un ancho cañón orientado casi de N. á S. La sierra de Perote forma el último escalón de la Sierra Madre pués al O. bajan sus vertientes á la Villa de Purificación, principio puede decirse de la planicie de la costa, que extensa y dilatada muere en las playas de Chamela del Océano Pacífico.

Las cimas de la sierra de Cacoma se elevan á una altura de 2,450 metros sobre el mar, y estas cimas y los picos de Tamazula, la Tetilla y Huehuenton son las más grandes alturas de la Sierra Madre en esta región.

La formación cuaternaria de Guadalajara se extiende hasta Ameca con muy pequeñas interrupciones. Las tobas amarillas pomosas y brechas pomosas, dominan en general con intercalaciones frecuentes de aluvión y arenas. Esta formación la hemos visto ocultar las grandes masas de rhyolitas y brechas rhyolíticas que se extienden hasta gran profundidad en la gran corta-

dura del Río Grande que se inicia en el salto ó cascada llamada de Juanacatlán, algunos kilómetros al E. de Guadalajara. En la venta del Astillero, parte más alta de la carretera entre dicha ciudad y Ameca, se descubren en las bajas lomas y en los pequeños arroyos que allí toman nacimiento, las rhyolitas y tobas de aspecto traquítico. Unas y otras se ven también en algunas otras partes del camino.

La formación de tobas volcánicas de Guadalajara, abarca una extensión considerable, pues sobre la ruta entre Guadalajara y las poblaciones del bajío continúan estos depósitos, algunas veces cubiertos por corrientes basálticas que son á su vez numerosas, contando entre otras la que ha originado el salto de Juanacatlán. Las tobas amarillas son esencialmente formadas de pómez sumamente dividida, cimentada por una pasta arcillosa. Su origen es indudablemente semejante al de las tobas de la cuenca mexicana, es decir, producidas en el transporte por las aguas del material que durante las erupciones de rocas andesíticas se producía bajo la forma de brechas de pómez, cubriendo á las andesitas macizas durante el fin de dichas erupciones. Las tobas y cenizas volcánicas de las más modernas erupciones basálticas han contribuído también á formar los depósitos más superficiales, caracterizados por la presencia de mayor cantidad de oxídulo de fierro, fragmentos de piroxenas y feldespatos de básicos.

A medida que se desciende hacia Ameca estos depósitos postpliocenos se cubren de arcilla y limos recientes, aluvión, etc., que indica los transportes producidos por las corrientes de este río y que han contribuído eficazmente á la notable fertilidad de las tierras vecinas á las márgenes de la corriente actual. Las masas de aluvión y arcillas son poderosas sobre este río más allá de Amatlán de Cañas, y están cubiertas á veces por delgadas corrientes de basalto.

Saliendo de Ameca hacia al S. O. al pié de los cerros de Quila, se encuentra en las lomas una roca de color negro de aspecto basáltico y que al microscopio se resuelve en un agregado microlítico de labrador y granos de augita en un magma amorfo globulítico. Esta labradorita cubre también parte del principio de la subida á la mesa de Quila y se apoya sobre una roca de color blanco, agrisada y verdosa que tiene la estructura de una microgranulita con granos y cristales de piroxena transformados en epidota. En las superficies y pequeñas geodas se encuentran agrupaciones de epidota y hierro espejado. En esta roca se encuentran vetas de minerales de cobre que en otra época fueron trabajadas, conservándose aún en el pueblo de Quila en la parte alta de estas montañas, grandes graseros, restos de antiguas fundiciones, así como en las faldas á los lados del camino, antiguos tiros y bocaminas.

En la mesa de Quila se encuentran capas inclinadas de una arenisca de color violado que terminan casi en la parte más alta de la mesa, frente al rápido descenso hacia el valle de Tecolotlán. En esta cuesta de pendiente sumamente fuerte, llamada cuesta de San Diego, se extiende una roca en lajas delgadas de color gris compuesta de magma amorfo con muy abundantes cris-

tales microlíticos de piroxena y que recuerda por su aspecto las labradoritas de las faldas opuestas de los mismos cerros y que hemos visto cubrir en la base á las microgranulitas.

En la base de la cuesta se observa claramente cómo estas rocas basálticas han cubierto á gruesas capas diversamente inclinadas de areniscas rojas y conglomerados, ya verdosos ya rojizos y que ocupan una pequeña extensión sobre las márgenes del arroyo de San Diego. Es indudable que estas areniscas y conglomerados cubren á las andesitas hornbléndicas que difícilmente se observan en la localidad, y de las que el material ha sido tomado. Sin embargo, no se puede precisar ahora su exacta relación á las rocas anteriores, por las corrientes basálticas que las cubren. De nuevo en los alrededores de la población de Tecolotlán dominan las lavas basálticas en corrientes.

Pasados los lomeríos pedregosos de Tecolotlán, se llega á una extensa depresión, en cuyo límite está la pequeña población de Juchitlán, formada en su parte superior de aluviones y en la inferior de gruesos depósitos de areniscas grises y margas blancas amarillas y rojas, seguramente de edad pliocena. Estos sedimentos tienen un espesor á la vista de más de 50 metros, interrumpiéndose en algunos lugares por basaltos negros muy cargados de olivino y al S. O. de Juchitlán por rocas grises que pueden considerarse como andesitas augíticas; estas rocas las vemos cubrirse por los depósitos pliocenos. De nuevo las vemos aparecer descubiertas por erosión en la subida á la mesa de Colotitlán, San Cayetano y en Unión de Tula. Junto á la hacienda de Colotitlán las areniscas son cubiertas por basaltos muy porfiroides de grandes cristales de labrador.

En el angosto cañón abajo del rancho de Tacotá, que desemboca hacia Unión de Tula, se encuentra rodeada por conglomerados y areniscas una roca de estructura ofítica, del tipo de las dioritas, con cristales de oligoclasa y abundante amfíbola, que tiende á pasar por alteración á serpentina y clorita.

La parte más elevada del camino entre Unión de Tula y Autlán, la forman los cerros de Santa Rosa, que soportan una no muy extensa mesa en su parte superior de 1,550 metros sobre el mar. Tanto en la cima como en el rápido descenso hacia Autlán, se encuentran dacitas brechiformes envolviendo fragmentos de andesitas. Dichas dacitas pasan á veces hasta verdaderas rhyolitas. Estas rocas se cubren de areniscas y conglomerados rojos al pie de las montañas en el fondo del cauce del río por Ayuquila, formación que de nuevo se cubre de basaltos en los pequeños cerros que separan este río de Autlán, en cuyas márgenes se encuentran depósitos recientes.

Con gran rapidez se levanta al O. de Autlán la sierra de Cacoma, formada en general de un solo espinazo que se ramifica mucho. La parte alta de estas montañas está formada de andesitas de hornblenda de color rojo, cubiertas en los talwegs profundos y barrancas, de basaltos pofiroides de labrador, análogos á los de Colotitlán, dependientes de erupciones volcánicas terciarias.

Llama la atención, según lo que dejamos expuesto, la poca frecuencia de las rocas silisosas como las rhyolitas, que son dominantes en otros lugares

de la Sierra Madre, por esto sólo están más escarpadas; la existencia de algunos valles anchos en lugar de cañones profundos, regulares, paralelos á la dirección general de la cadena. El movimiento orogénico de la Sierra ha tenido aquí una intensidad menor, pues que ha sido insuficiente para permitir la invasión de las rhyolitas. En las regiones en donde dominan las rhyolitas, las grandes depresiones han sido originadas como un efecto dependiente del fenómeno orogénico, mientras que el caso que nos ocupa, manifiesta en sus formas y topografía una atenuación de relieve; los valles han sido practicados por una activa erosión en rocas como los sedimentos arenosos y conglomerados tan comunes en la región. Por su parte este trabajo por los agentes dinámicos en macizos rhyolíticos, ha tendido á exagerar los escarpes hacia sus profundos cañones. Sin embargo, en la Sierra Madre en su porción entre Ameca y Purificación, comienza á sentirse la dislocación engendrada en el límite de un fuerte plegamiento, dislocación que se hace sentir por la aparición de los basaltos terciarios que hemos mencionado, por las lavas augíticas cuaternarias, más y más abundantes á medida que se avanza hacia al S. E. y que vienen á rematar en las erupciones actuales por la grande chimenea del volcán de Colima.

Guadalajara.—Manzanillo. [1]

La desmembración de los sistemas orográficos componentes de la Sierra Madre, se verifica entre Guadalajara y Manzanillo, en una amplitud considerable no comparable á la que hemos visto en los otros perfiles á través de la sierra. Toda esta región, exceptuando las sierras vecinas de la costa del Pacífico en el Estado de Colima, ha estado sometida á violentas y sucesivas acciones volcánicas que atestiguan los poderosos depósitos volcánicos, ofreciéndose aún en la actualidad dichas acciones por el volcán de Colima, centro principal de actividad que ha sucedido en las manifestaciones al volcán Nevado inmediato á él, y ahora completamente extinguido. Es notable igualmente esta región, por ser en la que se encuentran las más importantes lagunas de México, contándose como la de mayores dimensiones la de Chapala, siguiendo en importancia las de Zacoalco, la de Magdalena, de que ya hemos hablado, las de Sayula y la de Zapotlán, separadas entre sí por lomas y cerros volcánicos que definen para algunas de ellas verdaderas cuencas cerradas de más ó menos amplitud. Así: saliendo del valle de Guadalajara al S.O., atravesando una serie de lomas, se entra á la depresión de Zacoalco, donde existen dos extensas lagunas limitadas en su mayor parte por cerros de corta elevación formadas de rocas basálticas. Bajos portezuelos comunican esta depresión con la gran cuenca de Sayula, pasando la carretera en la llanura comprendida entre la extensa laguna al E. y las altas montañas de la sierra de Tapalpa al O. Poca distancia existe entre las poblaciones de Sayu-

1. J. G. Aguilera y E. Ordóñez.

la y Zapotlán, separadas las dos cuencas igualmente por pequeñas lomas de rocas basálticas. La cuenca de Zapotlán se limita hacia el O. y S. O., primero por las faldas de la sierra de Tapalpa y los poderosos contrafuertes del pico Nevado de Colima, cuyas ramificaciones limitan al S. esta cuenca alta con 1,560 metros sobre el mar, y desde aquí se inicia un fuerte descenso á las llanuras de la costa pasando por el escalon de Colima. El camino entre Zapotlán y esta última ciudad atraviesa multitud de barrancas que toman nacimiento desde estas grandes alturas de los picos de Colima, contándose entre las barrancas principales las de Atenquique y de Beltrán que dejan ver los poderosos sedimentos de tobas producidos por aquellos volcanes. Desde la hacienda de Quesería situada en las faldas del volcán de Fuego, se extiende el plano inclinado hasta más allá de Colima, adonde descienden pequeños arroyos abriéndose paso á través de las sierras, que paralelas é interrumpidas más ó menos, limitan la extensa bahía del Manzanillo. Es de notar que las sierras comprendidas entre Colima y Manzanillo se hallan orientadas en su mayor parte de N.O. á S.E., separadas entre sí por valles más ó menos angostos y escarpados por donde corren importantes ríos, como el de Maravasco que limita al Estado por el N. y N.O., y el río de Tuscacueco ó de la Armería, que nace en las montañas inmediatas á Tecolotlán y el de Coahuayana que toma su origen en las faldas de los grandes volcanes. Así, pues, las llanuras inclinadas que se extienden al S. y S.O. en los alrededores de Colima, se hallan comprendidas en un gran triángulo limitado por los ríos de la Armería que se encajona en un largo cañón, el de Cuahuayana, que se encajona también y se limita al E. y S.E. por las faldas de la poderosa sierra de Coalcomán, que se eleva también por barrancas angostas sucesivamente elevadas, y por último, las sierras costeras que bruscamente se suceden hasta la orilla del mar. La elevada sierra de Perote y Cacoma que se extiende en frente y al O. de Autlán, se limita al S.O. de dicha población por el río de Maravasco.

Entre las planicies vecinas á las sierras costeras y las que tocan al mar, se ha formado una angosta depresión ocupada por las alargadas lagunas de Cuyutlán; desgraciadamente ahora una de ellas incomunicada con el mar lo que favorece el desarrollo del paludismo en el vecino puerto del Manzanillo

En algunos de los cerros vecinos á este puerto, entre otros el llamado cerro del Vigía, hemos encontrado rhyolitas de color rojo en la parte superior; son de magma feldsítico, con bandas fluidales y algunos cristales microlíticos feldespáticos que hacen á veces más posible su referencia á las dacitas. Las rocas de la base son de color violado, de aspecto porfiroide por la abundancia de cristales feldespáticos y su magma feldsítico bien desarrollado que recuerda el aspecto de los pórfidos petrosilizosos; sin embargo su edad es netamente terciaria.

Pasados estos cerros vecinos al mar, yendo del Manzanillo á Colima, las

montañas que encajonan el río de la Armería y que bordea el ferrocarril del Manzanillo á Colima, están formadas en su mayor parte de calizas apizarradas, cretáceas, diversamente inclinadas y plegadas y en contacto con ellas y metamorfizándolas más ó menos, vienen rocas eruptivas verdes como las siguientes tomadas cerca del kilómetro 41 del citado ferrocarril. Una de ellas de color verde, de estructura casi ofítica, está compuesta de cristales microlíticos de oligoclasa y cristales de hornblenda parda, con algunos de éstos serpentinizados; existen también grandes cristales de labrador. La estructura de esta roca se asemeja á la de las porfiritas y probablemente proviene de una degeneración de la estructura granítica de las dioritas andesíticas postcretáceas, pues estos cambios los hemos observado con frecuencia en muchos lugares del país en donde se asocian á calizas mesozoicas esencialmente cretáceas. Otra roca es de color gris de grano fino, compacta, compuesta de labrador, augita y un poco de olivino que hemos considerado como una dolerita andesítica. Como se ve en el perfil que adjuntamos, según el camino del ferrocarril, el descenso desde Colima hasta el pueblo de Cuyutlán, es en su mayor parte sobre terreno reciente, formado de gruesos depósitos de arcillas y aluvión que dejan descubiertas como en los tajos hechos para la línea y en los cerros inmediatos, las calizas diversamente plegadas. Desde Cuyutlán se extienden los depósitos de arena de las playas. Estos aluviones se mezclan poco á poco á medida que se aproxima á las faldas de los volcanes con poderosas capas de tobas volcánicas y gran cantidad de cenizas, dispuestas en bancos ó capas ligeramente inclinadas en el sentido de la pendiente del terreno. Ya en las barrancas de Atenquique y de Beltrán se descubren en los grandes acantilados de sus paredes, en muchos lugares cortados casi verticalmente, alternancia de lentes gruesos de aluvión, cenizas y tobas pomosas en gruesos bancos sobrepuestos. Es indudable que cada capa de ceniza corresponde á un paroxismo de aquellos volcanes, y que las tobas y aluviones representan sucesivos depósitos por aguas torrenciales y tranquilas. El material de transporte producido por estos volcanes, alcanza un espesor sin duda superior á 500 metros y que justifica en parte la profundidad de dichas barrancas y el cauce del río de la Armería, cubierto igualmente por este material. La acción volcánica repetida en muchos puntos por volcanes más ó menos distantes de los picos Nevado y de Colima, y en actividad en diferentes épocas, justifica las corientes de lava y las capas de tobas, cenizas, etc., que se extienden casi hasta el valle de Guadalajara adonde ya se confunden con las brechas pomosas pliocenas y las tobas amarillas cuaternarias.

Sobre las tobas amarillas dependientes de los volcanes de Colima, aparece, cerca y al S. O. de la población de Zapotlán, una alargada y delgada corriente basáltica que ha escurrido de un pequeño volcán situado cerca de las faldas del pico Nevado y que se conoce con el nombre de volcán de Apaxtepetl. La corriente ha escurrido sumamente fluida á juzgar por el aspecto rugoso de la superficie, en la que se descubren claramente las sinuosidades de la corriente, las curvas concéntricas de escurrimiento en formas cordadas,

pequeñas grutas de lava, etc. En algunas partes se ve la calcinación que han sufrido las tobas en que descansan. La escasa vegetación, más bien la desnudez de la lava, permite fácilmente dominar la extensión y figura del *malpaís*.

Partiendo de la hacienda de Quesería, situada en las faldas del volcán de Fuego, intentamos una ascensión que verificamos por la falda S. de dicho volcán, no sin grandes fatigas y dificultades á causa de las fuertes pendientes que rodean la cima.

El volcán aparece desde Quesería como un cono regular de colosales dimensiones, desnudo en su parte superior, con profundos surcos que parten de cerca de la cima que divergen hacia la base y que son origen abajo, de profundas barrancas. Entre cada surco á veces aparecen acantilados poco salientes á la distancia á que se observan. Este gran cono regular parece descansar sobre otro cono truncado de menor pendiente, menos regular y cubierto de vegetación, separado el pié del uno del borde del otro por una especie de atrio ó planicie. A la verdad esta forma no es más que aparente y ya en los bordes del gran cono de la base se observa un circo incompleto de pequeñas eminencias cubierto de vegetación que se necesita descender un poco para comenzar el ascenso al gran cono central; estas pequeñas eminencias se ligan á veces con largos y angostos estribos rocallosos que parten de este cono y que separan generalmente dos barrancas.

Algunas de estas eminencias que rodean el volcán se ven como desprendidas y salientes de los flancos del gran cono de la base, de las cuáles dos de ellas situadas en los flancos S. han recibido el nombre de "los Hijos del Volcán" y están formadas de material rocalloso. Pero las tobas amarillas volcánicas se encuentran formando algunas de estas eminencias, sobre las que se desarrolla la vegetación arborescente que cesa por el lado S. á la altura de 2650 metros sobre el mar.

Las tobas amarillas se hallan cubiertas de arenas volcánicas mezcladas de destrozos de todas dimensiones, desde lava pulverizada y material arcilloso hasta grandes blocks y bombas, material de transporte por las fuertes pendientes, pues que un poco mas arriba este material cubre á la lava maciza que forma el cono.

En los surcos profundos practicados en el cono se pueden observar varias corrientes sucesivas de lavas sobrepuestas, separadas unas de otras por material detrítico, así como por brechas de tezontle generalmente de colores negro y rojo de muy variados espesores, pero siempre las capas de detritus adquieren un espesor predominante. Estas capas en algunos lugares se cubren á su vez de lechos de arena volcánica ordenados paralelamente ó inclinados conforme al talud de la montaña.

La pendiente media del talud del cono generalmente es de 38°.

Varias corrientes de lava de las últimas erupciones del volcán han escurrido hasta mas abajo del límite de la vegetación. Una de estas avanza como contrafuerte por el lado S.O. Igual escurrimiento verificó la lava de la erupción de 1869 por el flanco S.E. descendiendo muy abajo y destruyendo la vegetación.

Fuera de estos casos, en general las lavas más modernas no han llegado al límite de la vegetación y se ven en la parte superior como casquetes sobrepuestos uno á otro, más y más pequeños á medida que se asciende y desigualmente extendidos en el cono, quizá debido á la diversa pendiente y al lugar de su desborde del cráter, así como también al desalojamiento del punto de actividad que se ha verificado en los últimos paroxismos del volcán.

Este poco descenso de las lavas ha sido una consecuencia de su poca fluidez, manifiesta ahora por un estado fragmentario ocasionado también por un rápido enfriamiento. Esta acumulación de grandes masas de lavas amontonadas por decirlo así en la parte superior hace sumamente difícil el ascenso á la vez que peligroso, pués que piedras en estado de equilibrio inestable, una presión cualquiera es bastante para desalojarlas rodando precipitadamente por los surcos ya formados. Con frecuencia hemos visto desprenderse grandes fragmentos de esta lava.

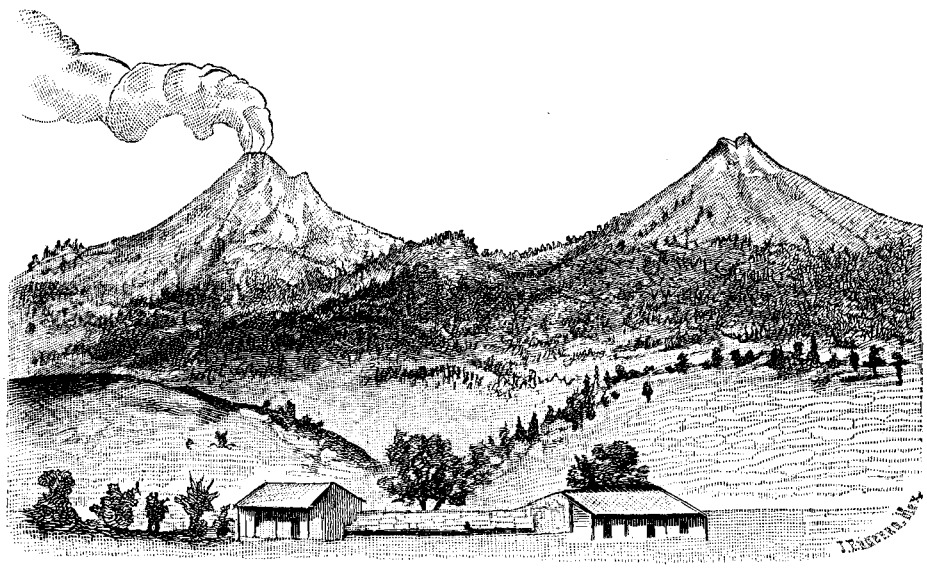
Con las dificultades inherentes á esta marcha en terreno inseguro, hemos subido hasta donde se desprendían gran cantidad de vapores que salían por los intersticios de estas piedras amontonadas, mantenidas dichas rocas calientes y humedecidas. Los vapores son esencialmente vapores de agua con una pequeña cantidad de ácido sulfuroso. Desgraciadamente la alta temperatura de las rocas y la molestia originada por el abundante desprendimiento de vapores sulfurosos nos impidió llegar hasta la cima, de la que tan sólo nos faltarían 80 metros, no pudiendo cerciorarnos de la existencia y dimensiones del cráter. Sin embargo, hay que notar que la mayor cantidad de vapores arrojada entonces por el volcán aparecía por entre las oquedades de las piedras.

El límite de toda vegetación según aneroides comparados y corregidos al nivel del mar, está en el flanco S. á 3100 metros sobre el mar.

La máxima altura que alcanzamos fué de 3780 metros á los que agregados los 80 que faltarían para llegar á la cima tendríamos una altura absoluta para este volcán de 3860 metros. Las lavas de este interesante volcán son en general bastante vítreas de color negro agrisado ó negro pardusco ligeramente ampollosas y á la simple vista en la pasta negra ó rojiza destacan pequeños cristales feldespáticos. Presentan como hecho característico que los feldespatos van siendo más y más ácidos partiendo de las más antiguas lavas hasta las mas recientes, de manera que se pasa de las andesitas hasta las traquitas vítreas. Una roca tomada cerca de la base del gran cono superior, presenta al microscopio un magma amorfo incoloro con microlitas filiformes de oligoclasa y algunos granos microlíticos de augita y oxídulo negro de fierro en muy pequeños y abundantes granos. Los feldespatos de primera consolidación son de andesina y algunos de labrador. Entre estos elementos de primera consolidación existen grandes secciones de augita, algunas veces macleadas é hiperstena con inclusiones de fierro negro. Las finas microlitas acusan una estructura fluidal. Rocas de cerca de la cima del volcán presentan un magma de color pardo, microlitas simples y rectangulares de sanidino y microlitas finas de piroxena, sus feldespatos son sanidino y labrador y la augita

é hiperstena persisten en la roca casi en igual cantidad. Otras veces el magma de estas lavas es incoloro con la mismas especie de microlitas de feldespato, y á más de la hiperstena y augita vienen algunos grandes cristales de hornblenda de fuerte dicroismo alterados en la periferia y resueltos en granulaciones que conservan en su agrupación la forma de la sección quedando un núcleo de hornblenda no alterado. También la hiperstena presenta en la periferia de sus secciones una franja obscura de alteración. Las rocas, pues, de las últimas erupciones son traquitas augíticas de hiperstena. Algunas de estas rocas traen microlitas de dos feldespatos, que debieran considerarse como traquiandesitas con los mismos elementos ferromagnésicos.

Algunas veces disminuye mucho la augita microlítica sobre todo en las más francas traquitas.



VOLCANES DE COLIMA.

(De un dibujo de E. Ordóñez.)

Lo que precede será bastante para formarse una idea general del aspecto topográfico de la sierra madre occidental, en la región próximamente comprendida dentro de los paralelos 19 y 22 así como también se ve hasta qué punto dominan las rocas eruptivas terciarias con una regularidad de sobreposición notablemente constante. Si observamos algunos otros perfiles de la misma sierra en latitudes más septentrionales á las que nosotros hemos estudiado, veremos desde luego que persiste casi uniformemente esta condición orográfica y geológica casi hasta el paralelo 25, donde ya se presenta una modificación que establece la más frecuente intervención de rocas graníticas y pizarras cristalinas, que se ha de continuar hacia el E. de Sonora y territorio de los Estados Unidos. Al sur del paralelo 19 de latitud, la misma intervención se ve-

rifica y se complican mas los accidentes orográficos por el cambio de la dirección general de la cadena occidental y el estrechamiento continental que se prolonga hasta el Istmo de Téhuantepec.

Si establecemos una comparación de los resultados obtenidos en cuanto á la relación del relieve y las rocas entre las Montañas Rocallosas y la Sierra Madre Mexicana, vemos que para la región N. de nuestra sierra subsiste casi absolutamente la misma condición que para aquella; es decir, que sin embargo de existir á la vez material eruptivo terciario y rocas eruptivas pretercia-rias, en la orográfica actual toman casi absoluta preponderancia las rocas eruptivas terciarias en general con tipos petrográficos en una y otra parte semejantes.

En la parte media de la Sierra vemos, según nuestros itinerarios, que la preponderancia es completa y que solamente las rocas eruptivas terciarias son las determinantes del relieve.

Mr. Hills [1] hace notar que hacia el fin del Eoceno de Wasatchs tuvieron lugar las muy extensas erupciones de andesitas en esa parte S. de las Montañas Rocallosas, emisiones de andesitas de hornblenda, traquitas y rhyolitas. Para las erupciones análogas de nuestra Sierra Madre, parece probable que sean de una edad un poco más moderna y que se puedan referir más bien de aparición hacia fines del Mioceno, como resulta de la subordinación observada en algunas regiones de la mesa central, entre rocas eruptivas de estos tipos y gruesos sedimentos muy plegados del Cretaceo superior y desgastados durante las primeras divisiones del Eoceno.

Ya Kuch é Yddings [2] han mostrado la semejanza petrográfica entre ciertas rocas terciarias como las andesitas del O. de los Estados Unidos y las de Colombia y de Los Andes. Han notado también la ausencia relativa de las rhyolitas en dicha cordillera, hecho que establece algunas diferencias entre la región montañosa sud-americana y nuestra Sierra Madre. Sin embargo, la teoría de Yddings sobre la diferenciación de los magmas, establece, desde las montañas del O. de Norte América hasta la Cordillera de los Andes, una similitud petrográfica en los tipos de rocas y las refiére con mucha justicia á *provincias petrográficas* semejantes.

Reduciendo ahora nuestro campo de observación á la región que comprenden nuestros itinerarios á través de la sierra, la orogenia de esa región reviste cierto carácter por el que suponemos que ha habido aquí, aproximándonos á la teoría de Le Conte, [3] un poderoso movimiento de plegamiento, muy intenso en los primeros tiempos del Terciario, manifiesto claramente por la forma del relieve; al que siguieron poderosos hundimientos á lo largo de grandes fallas paralelas á los pliegues y por estas lineas de menor resistencia, sucesivas y prolongadas erupciones volcánicas. Posteriormente un activo trabajo de ero-

1 Tipes of parts eruptives in the Rocky Mountain. By R. C. Hills, Denver. Colo. Proc. of the Colo. Sc. Soc.

2 J. P. Yddings. The volcanic rocks of the Andes. Journal of Geol. Feb. Mar. 1893.

3 Le Conte. Origen of Mountain Ranges. Jour. of Geol. Sep. Oct. 1893.

DEPOSITOS DE LAS PLAYAS.

CRETACEO.

CUATERNARIO.

ROCA VERDE. DOLERITA.

TOBAS Y CENIZAS VOLCANICAS DE LAS FALDAS DEL VOLCAN DE COLIMA.

LAVA BASALTICA

CUATERNARIO.

BASALTOS.

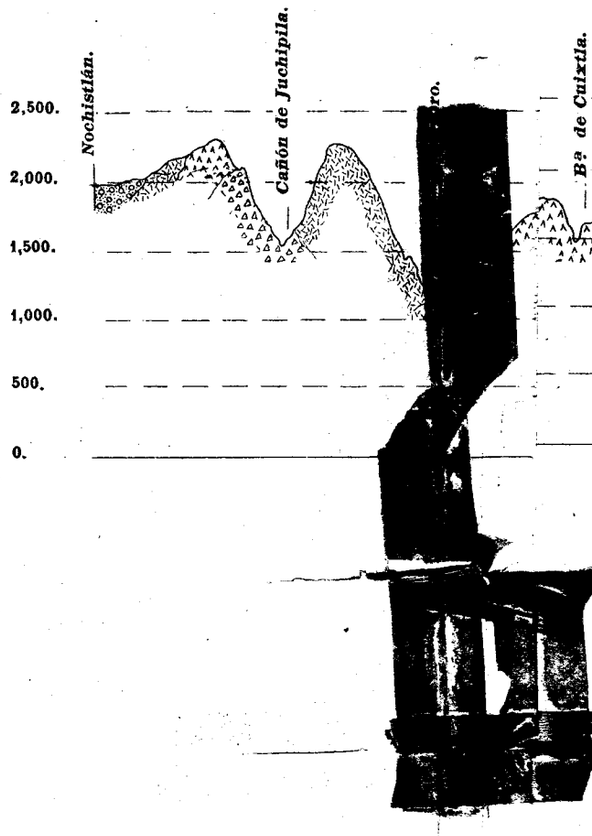
RHYOLITAS Y TOBAS.

ANDESITAS Y TRAQUITAS.

CALIZAS CRETACEAS.

DIORITAS.

TOBAS VOLCANICAS.



CUATERNARIO.

RHYOLITA.

CONGLOMERADOS TERCIARIOS.

MICROGRANULITAS.

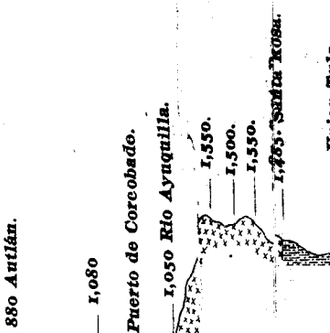
ANDESITA DE HORNBLENDA.

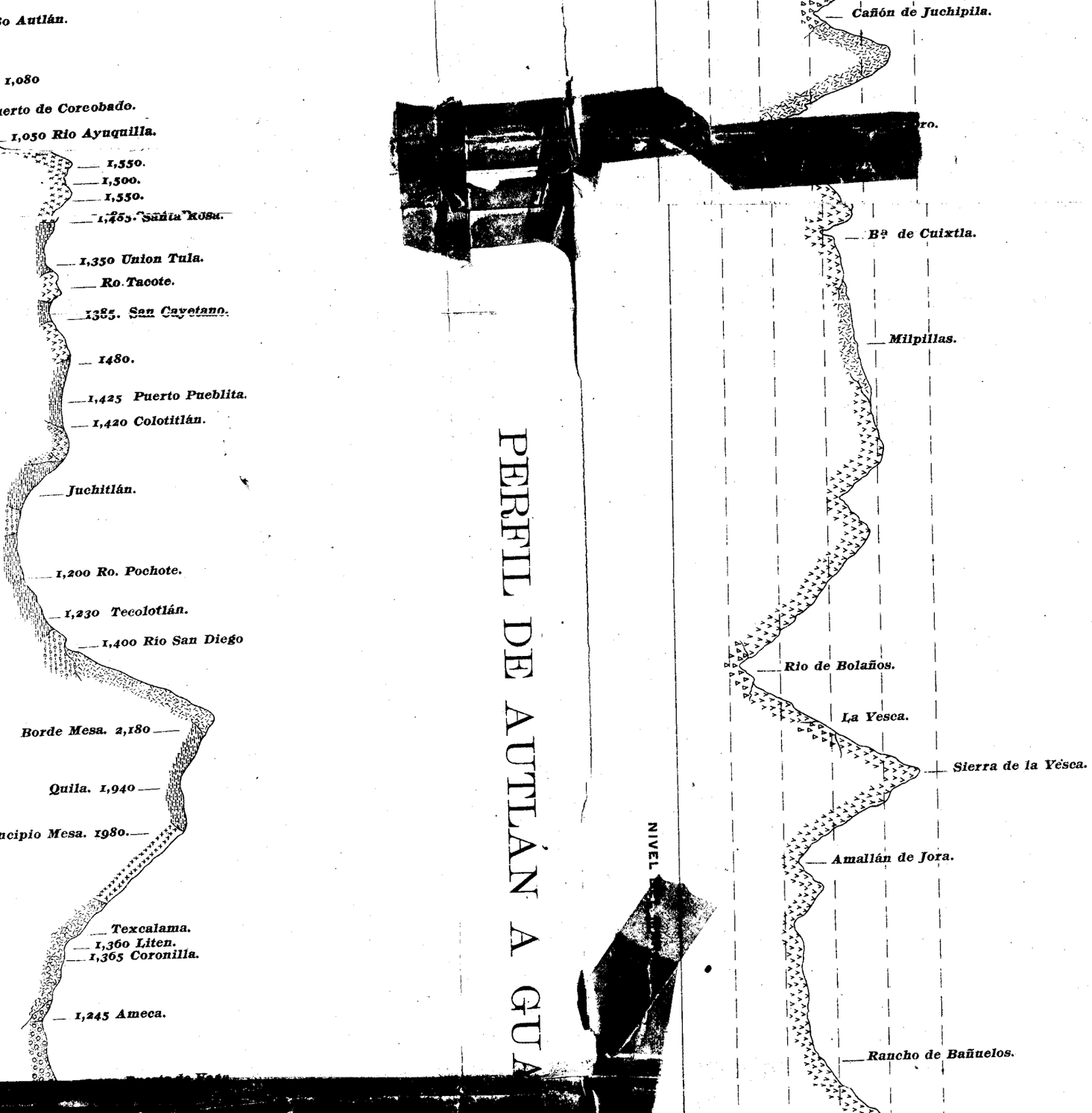
DIORITA ANDESITICA.

ANDESITA DE HIPERSTENA.

BASALTO Y LABRADORITA

TRAQUITA.

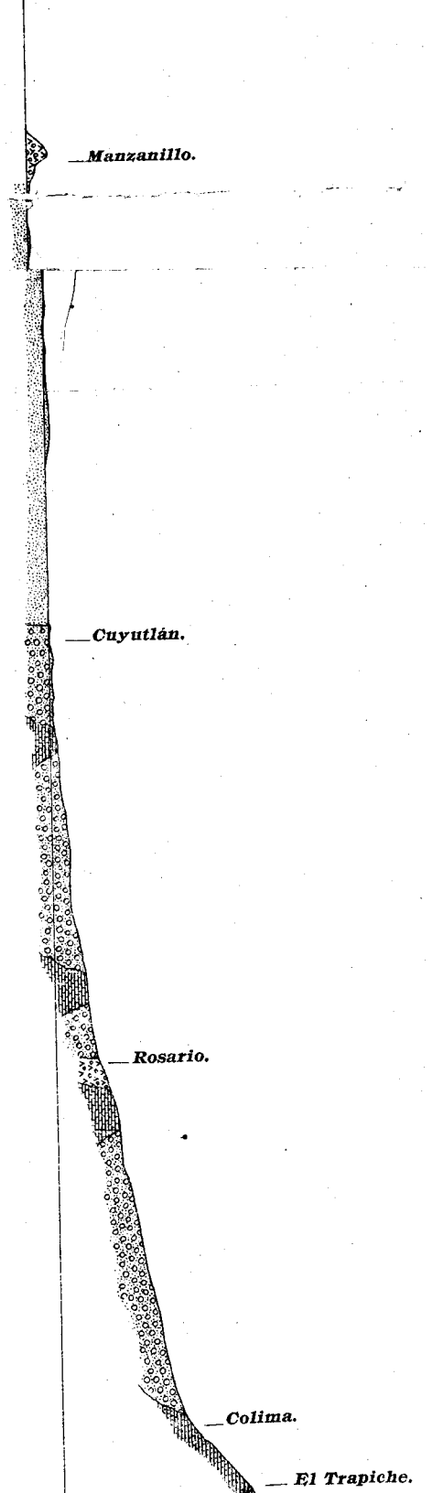




PERFIL DE AUTLÁN A GUA

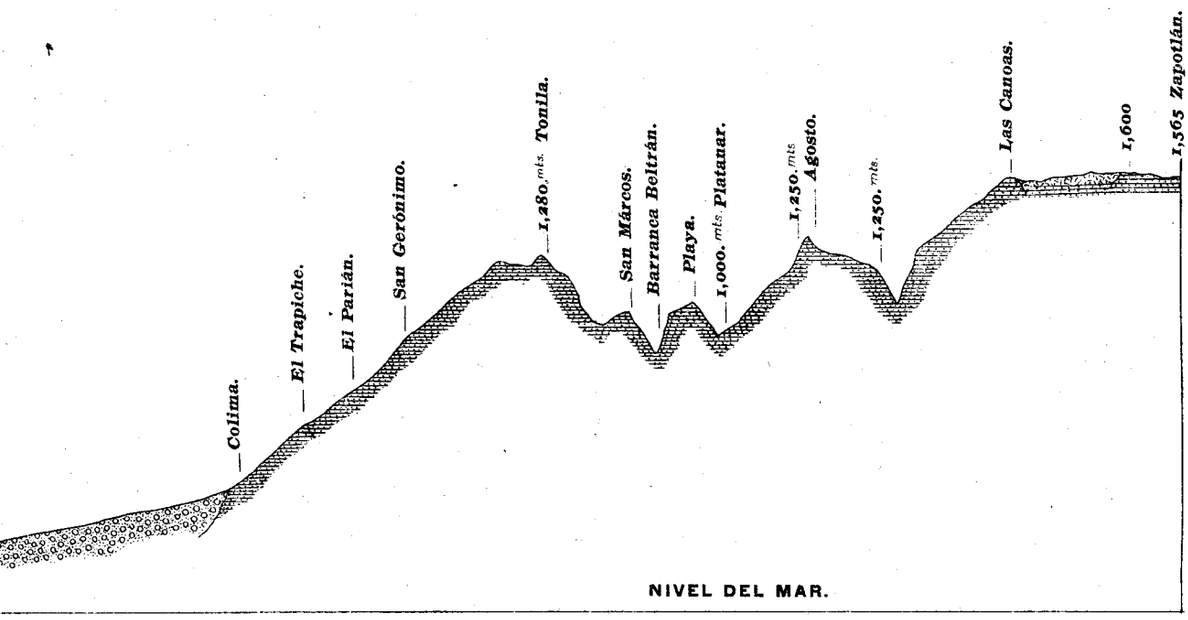
NIVEL

PERFIL DE NOCHISTLÁN A SA



PERFIL DE MANZANILLO A ZA

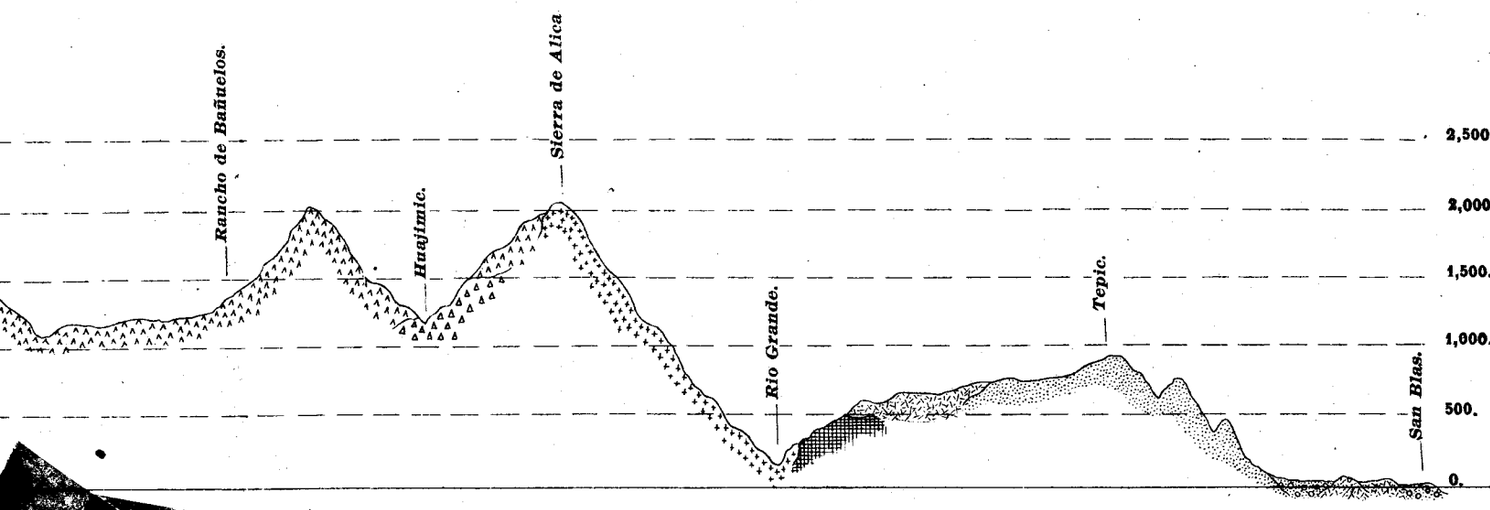
NILLO A ZAPOTLÁN.



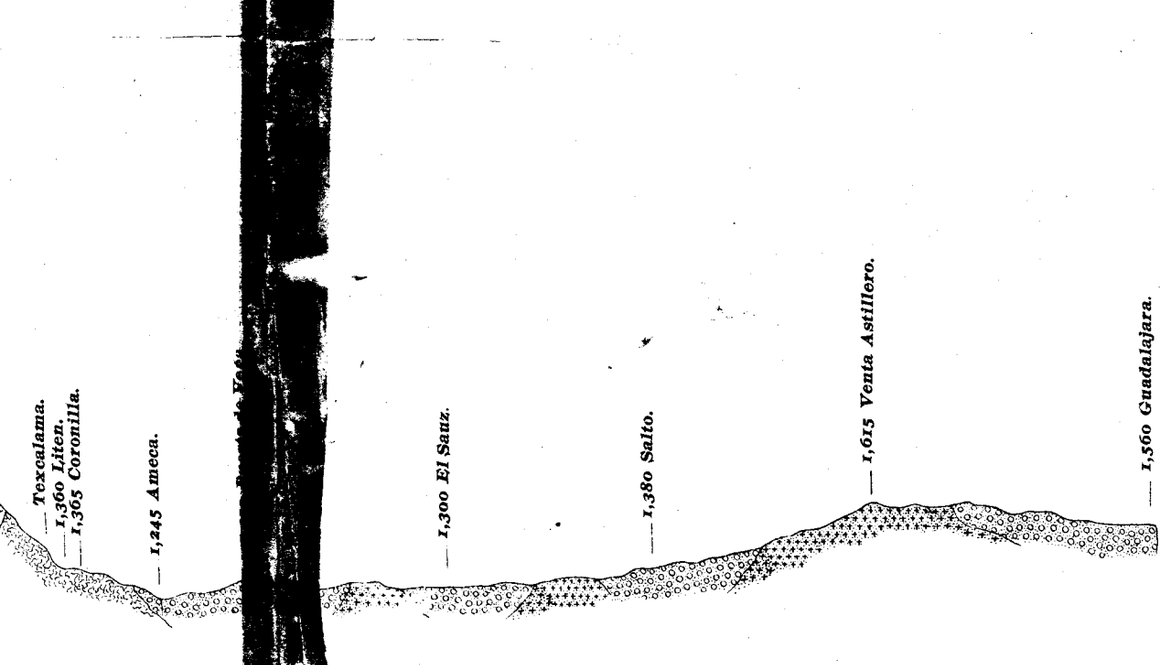
HOR.

VERT.

TLÁN A SAN BLAS.

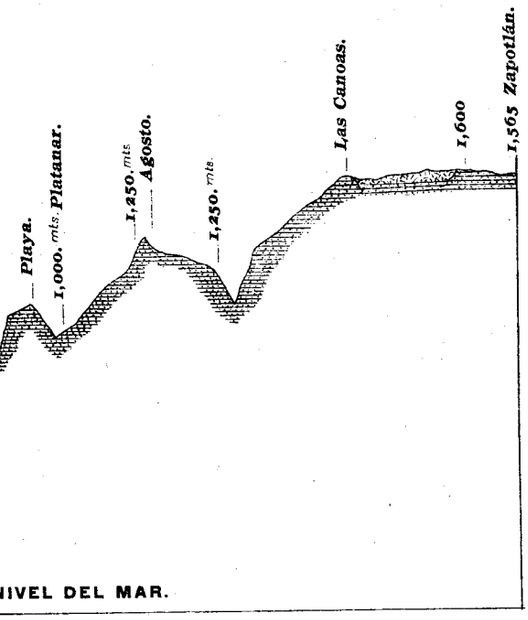


A GUA LAJARA.



HOR.

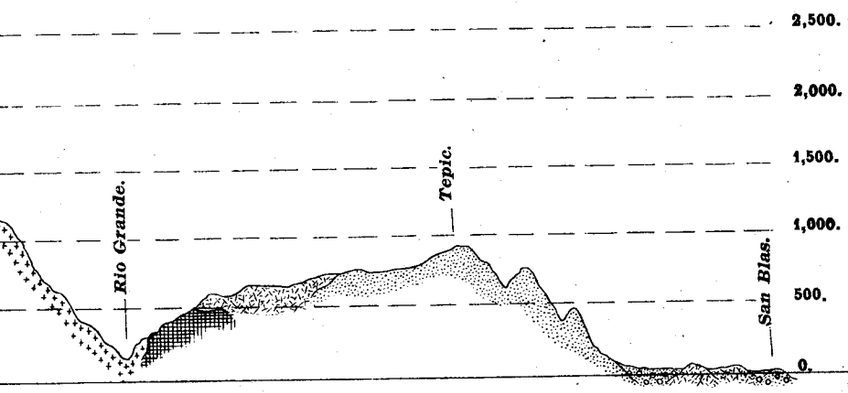
VERT.



ESCALA.

HOR. ——— 1: 1.00,000.

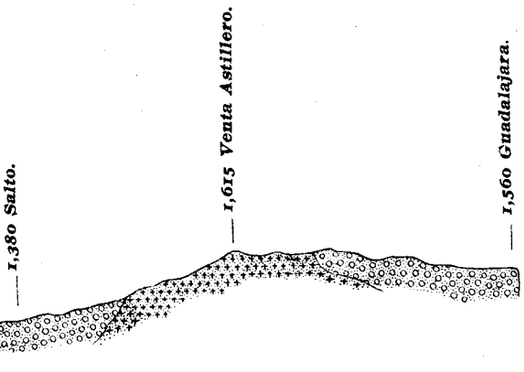
VERT. ——— 1: 25,000.



ESCALA.

VERT. ——— 1: 50,000

HOR. ——— 1: 1.000,000.



ESCALA.

HOR. ——— 1: 500,000.

VERT. ——— 1: 25,000.

sión ha contribuído á las formas escarpadas que afectan ciertos valles, acción producida esencialmente á lo largo de los grandes pliegues.

Por otra parte, la modificación á esta regularidad que hemos hecho notar para la región S. del Estado de Jalisco y N. de Colima, depende de una brusca interrupción ó cambio de dirección en los pliegues, produciendo grandes desequilibrios que han quedado permanentemente y han mantenido una actividad volcánica continuada hasta nuestros días y que se manifiesta por los volcanes del Ceboruco y Colima; pues ya vimos que es de notar que en la proximidad de estos grandes conos volcánicos se observan diferencias de forma de relieve hacia uno y otro lado en la dirección general de la Sierra Madre.

Zacatecas.—Guadalajara.

Bajando de la serranía de Zacatecas por el O. se llega á la depresión de Cieneguillas, de formación postpliocena lacustre y en cuyos sedimentos tobo-arcillosos se han encontrado varios molares de *Elephas*. El bajío de Cieneguillas se halla limitado al O. por los contrafuertes de la sierra de Jeréz y por el S. se desciende al cauce del río de Villanueva, encajonado al O. por esta sierra y del lado E. por la extensa sierra llamada Sierra de las Palomas que se puede considerar ligada con la de Zacatecas. Estas dos sierras forman en general un cauce estrecho y profundo al río. La sierra de las Palomas y su continuación al S., llamada Sierra Fría, es sinuosa y elevada y está formada en su mayor parte de rhyolitas y tobas traquíticas alternando varias veces las unas á las otras, dando lugar á la configuración de mesetas escalonadas por la desigualdad de erosión en estos materiales de muy diversa cohesión. Las tobas grises y rojizas se cambian algunas veces en verdaderas brechas con abundantes esferolitas y en los lugares donde no se sobrepone á esta roca la rhyolita maciza, la erosión da lugar á grandes picos, agujas y acantilados ruiniformes de agradable aspecto. Las rhyolitas tienen á veces una estructura semicolumnar y son violadas ó rojizas. Entre Villanueva y San José de la Isla hemos encontrado en la masa de las tobas, bolsas ó cavidades llenas de hematitas arriñonadas con casiterita y mezcladas á toba remolida indicando cierta acción de transporte. Las cavidades que contienen el relleno son alargadas, mostrándose como fracturas en la roca, algunas veces con apariencia de vetas, Los más notables de estos llenamientos de hematita con casiterita se encuentran cerca del pequeño pueblo de las Huertas.

Al O. de Villanueva también se encuentran rhyolitas en la mayor parte de las montañas. Cerca de la hacienda de Tayahua hemos visto rhyolitas con grandes cavidades llenas de semiópalo en cintas diversamente jaspeadas.

La continuación de la sierra de Jerez al S. y ya que forma el borde occidental del cañón de Juchipila cerca del pueblo de Tabasco, recibe el nombre de Sierra de Morones. En el rancho de Jesús María en las faldas de esta sierra encontramos labradoritas, basaltos, tezontle etc., y rhyolitas anteriores á las labradoritas cortadas por algunos diques de obsidianas perlíticas. El bor-

de oriental del cañón lo forma un largo espinazo de la Sierra Fría y las montañas que forman parte de la serranía de Nochistlán.

La serranía de Nochistlán se separa de la Sierra Fría tan sólo por un angosto valle aunque siempre el todo puede considerarse como un solo sistema montañoso, que enlazado con la sierra de Zacatecas penetra una pequeña parte al Estado de Aguascalientes y por el S. se extiende sin interrupción hasta las márgenes del río Grande ó de Santiago. La prolongación de la sierra de Morones que limita el río de Juchipila en su margen occidental se corta por el río Grande cerca de S. Cristóbal.

Cerca de la poblacion de Xalpa sobre el río de Juchipila existe un antiguo mineral, El Realito, que hoy no tiene importancia. En las faldas de la sierra en las minas Leonera y Huerta (1891) una parte de las vetas arman en tobas de diabasa. Los metales cerca de la superficie son colorados con pintas de cobre y plata nativa.

En el camino que va de Jalpa á Nochistlán se corta transversalmente la sierra de Nochistlán, una parte en rhyolitas, tobas traquíticas y en la parte media y alta de la sierra encontramos andesitas de hornblenda y también de piroxena.

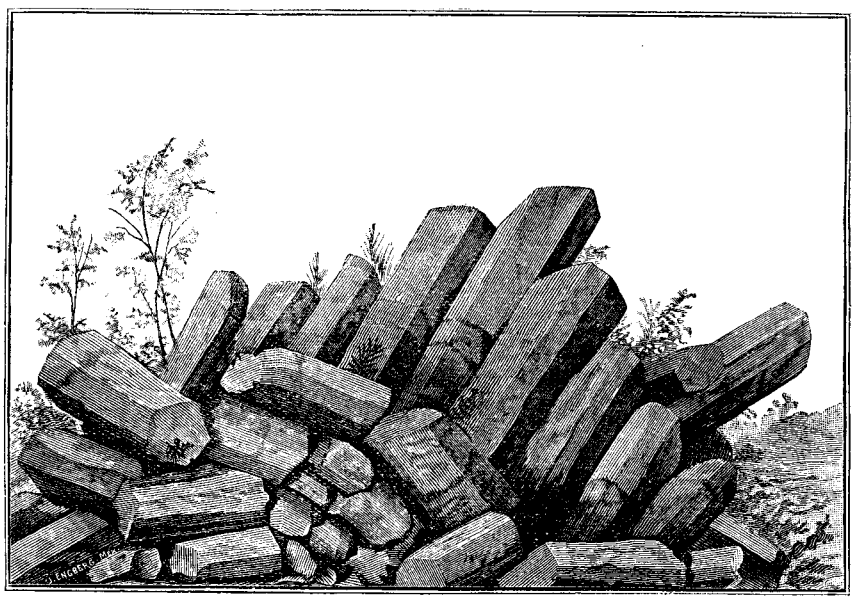
Nochistlán se halla á una altura de 1930 metros sobre el nivel del mar, casi en las faldas de la sierra de su nombre, extendiéndose al E. y S. las llanuras y lomeríos que definen el cauce del río de S. Juan, que pasa cerca de San Juan de los Lagos y desemboca en el río Grande de Santiago por el cauce del Río Verde.

Entre Nochistlán y la población de Teocaltiche, cabecera del Distrito del mismo nombre del Estado de Jalisco, se puede seguir fácilmente la formación cuaternaria característica de los grandes valles de la región meridional de la Mesa Central. Las tobas amarillas pomosas pulverulentas (capas semejantes á las de la cuenca de México) yacen sobrepuestas á las capas de tobas y brechas pomosas en variados espesores, que contienen como en la región de Tequixquiac en el límite de la cuenca de México, restos de vertebrados dominando el *Elephas.* A estas capas siguen en profundidad tobas margosas y margas de colores, de edad pliocena. Esta formación abarca una extensión considerable en la región de que nos ocupamos, pudiendo decirse que se limita por el S. y E. con el límte de la mesa Central, solamente interrumpida por las pequeñas sierras interiores de dicha Mesa, las que son en su mayor parte volcánicas y en macizos diversamente orientados. Entre las poblaciones de Nochistlán y Teocaltiche se puede seguir con facilidad la formacion cuaternaria de tobas en los cortes naturales del suelo, en las pequeñas barrancas que surcan aquellos lomeríos.

En las márgenes del Río Verde y sus afluentes entre las poblaciones de Yahualica y Mexticacán se observan los depósitos pliocenos bajo las tobas más recientes. En esta región, las arcillas y margas abigarradas pliocenas se ven alternar á varios niveles con capas de $0^{m}20$ de espesor de semiópalo de color rosado. En la parte superior las arcillas rojas soportan lechos de una rhyoli-

ta muy vítrea extendida á manera de corrientes. Estas rhyolitas son de color violado y muy compactas.

Cerca de Yahualica en la parte superior de un pequeño cerro llamado de la Mina se observan los restos de una pequeña corriente de labradorita (probablemente sobrepuesta á las arcillas terciarias) formando un curioso grupo de columnas pentagonales en general diversamente inclinadas.



COLUMNAS BASÁLTICAS.—CERCA DE YAHUALICA.—CANTÓN DE GUADALAJARA, (JALISCO.)

(De un dibujo de E. Ordóñez.)

Cerca y al O. de S. Juan de los Lagos en el rancho de la Verdolaga, inmediatamente abajo de las tobas pomosas superiores, se asientan capas de tobas arcillosas, una capa de arenas, margas y una toba caliza con muy interesantes impresiones de pisadas de un felino y de una ave.

Las impresiones son numerosas en las canteras que en dicho lugar hay en explotación, pues la toba caliza con impresiones es usada para pavimentos aunque se desgasta fácilmente después de poco tiempo con el uso.

Este material arcilloso, toboso y de incrustación atestigua un régimen tranquilo de aguas de pequeños lagos que eran indudablemente alimentados en parte por fuentes termales, fenómeno en relación con el volcanismo de la región.

El carácter petrográfico de esta toba caliza y las impresiones de animales contemporáneos facilitan su referencia al Postplioceno de la región, cuando ya la acción volcánica última de la región se manifestaba con la producción de tobas pomosas.

La formación de tobas pomosas y la serie de estratos postpliocenos y pliocenos, se interrumpen cerca de las márgenes del Río Grande. Aparecen, en cambio, bancos muy gruesos de tobas traquíticas y rhyolitas que pasan hasta obsidianas, pudiendo apreciarse el espesor grande de las tobas en la profunda cortadura ó barranca en cuyo fondo corre el río, siendo esta cortadura más y más profunda á medida que su curso llega al O. en los flancos de la parte principal de la Sierra Madre. Para dar idea de la fuerte depresión ó cortadura practicada por el río, puede decirse que la diferencia de nivel entre el borde y el fondo de la barranca es próximamente de 600^{m} en el paso de Ibarra al N. y muy cerca de Guadalajara. Las tobas y rhyolitas de nuevo se ocultan en el borde opuesto de la barranca por la poderosa formación de tobas y brechas pomosas que dominan en todo el valle de Guadalajara.

Saltillo.—Zacatecas.

Bastante montañoso es en general el S. del Estado de Coahuila y el extremo N. del Estado de Zacatecas en su Partido ó Distrito de Mazapil. En los límites orientales de Coahuila, enfrente de la Capital del Estado, se extiende el primer escalón de la Sierra Madre oriental con el nombre de Sierra de la Encantada, de la que se desprenden importantes sierras como la de Carneros que avanza hacia el O. en dirección casi normal á la de la Encantada la que sigue en general casi la dirección N. S. Independientes se encuentran otras serranías alargadas, casi paralelas entre sí, formando valles unos angostos y otros amplios, orientados de O. á E. que por su regularidad, longitud y dirección son notables.

De estos valles se pueden mencionar el del Chiflón en la carretera del Saltillo á Parras, varios angostos y pequeños en la gruesa sierra de Parras, uno muy extenso entre la sierra del Capulín y la de los Calados y los que se abren en las sierras de Mazapil y Novillos.

Pasadas las serranías de Zuloaga y Mazapil, que forman por decirlo así un solo sistema de montañas, se penetra á la región de las grandes llanuras del E. de Zacatecas, de muy escasa vegetación y desprovistas de corrientes de agua. Estas grandes llanuras se hallan interrumpidas por pequeñas sierras diferentemente orientadas. Así tenemos al O. de Mazapil, la sierra del Pico de Teira y la de Tecolotes, al S.O. las sierras de Candelaria y del Calabazal, de cuyas faldas comienzan los llanos de Gruñidora limitados al O. por la pequeña sierra de San Juan de Ahorcados, prolongada dicha llanura hacia el S. hasta las pequeñas eminencias de la sierra Hermosa y de los cerros de la Tinaja, formando valles muy extensos separados á veces por muy bajas lomas. La extensión de esta gran llanura es mayor de N. á S. y su longitud puede estimarse superior á 100 kilómetros. Otra llanura se extiende entre los cerros de la Tinaja y la serranía de Zacatecas.

Las serranías de Coahuila y Zacatecas que antes dejamos enunciadas, la

mayor parte están formadas de calizas cretáceas de la división media y superior, como lo comprueban los restos fósiles encontrados en algunos lugares como en la Encantada y en la sierra de Carneros. Las rocas del cretáceo son ya calizas ya gruesas capas de areniscas grises y amarillentas como las que forman las mesas de los Pastores al S.O. del Saltillo. La disposición de estas capas es casi horizontal, dando lugar por su desagregación á la disposición en mesetas escalonadas ó graderías, favorecida esta forma por la desintegración de arcillas y margas rojas apizarradas que se intercalan en los bancos de areniscas compactas. En la mesa propiamente llamada de los Pastores que limita por el O. el Cañón de la Angostura, grandes tramos de areniscas apizarradas vienen cargadas de minerales de fierro, en general magnetita en granos arredondados del mismo tamaño de las arenas, ya en venillas angostas ya en gruesas manchas sin ninguna regularidad, demostrando la formación simultánea del depósito de arena y mineral de fierro.

En la Sierra de Parras dominan pizarras calizas con varias especies de Inoceramus. Estos estratos pertenecen al cretáceo medio, piso á que han sido referidos por el Sr. Aguilera.

En el fondo de los valles formados por la sierra de los Calados, del Capulín y cerca de Bonanza del lado N. de la sierra de Mazapil, se ocultan los estratos de calizas en gruesas capas, por pizarras muy hojosas bastante alteradas y fuertemente plegadas, formando pequeñas lomas por efecto de denudación ó bien series de medios conos con la apariencia de conos de deyección en los talwegs ó pequeñas barrancas.

Es de notar que la marcada disposición en valles paralelos entre las sierras componentes de estas grandes serranías, es el resultado de los grandes plegamientos en las rocas producidos, siendo cada valle un sinclinal rellenado posteriormente por algunos asientos terciarios y por aluviones y arcillas cuaternarias (La Angostura, S. Carlos, etc.), pudiéndose en ciertos casos demostrarse el hecho por los rumbos é inclinaciones de los estratos, coincidiendo el primero con la dirección de la sierra y la segunda en relación con la pendiente hacia los valles; mostrando claros ejemplos los Calados y la sierra de Parras, la sierra de Novillos, etc., acompañando siempre á este gran movimiento ondulaciones y pliegues de pequeña extensión.

En algunos lugares la circulación de aguas cargadas de carbonato de cal, produjo una poderosa incrustación de tobas calizas, en las que han quedado incrustaciones de hojas y tallos de plantas. Gruesas masas de toba caliza aparecen en pequeños cerros inmediatos á las grandes sierras, por ejemplo, en el cerro del Calvario cerca de Parras, el cerro de Canutillo cerca de Bonanza. En algunos otros lugares también encontramos á alguna altura la misma caliza de incrustación.

En el valle de Parras, limitado por la sierra del mismo nombre, las capas de caliza fuertemente plegadas y onduladas, permiten una circulación subterránea de las aguas á favor de las grietas y fracturas producidas á lo largo del eje de los sinclinales y anticlinales. Las aguas son llevadas al exterior

abriendo túneles en dirección normal á los plegamientos. Como estas excavaciones se han practicado sobre el primer escalón de la sierra, un sistema de canales permite la irrigación de una buena extensión de terrenos apropiados al cultivo de la uva en la parte plana del valle de Parras. Gruesos sedimentos postpliocenos de arcillas y tobas calizas cubren una grande extensión del valle y en su parte más deprimida se tienen las huellas de un antiguo lago con gruesas capas de turba de buena calidad. Esta región pantanosa es poco alimentada ahora por las aguas subterráneas de la sierra, cuyo nivel hidrostático alcanzaba la superficie de esta depresión. Esta porción pantanosa de Parras situada cerca de colinas representa un estado más avanzado del desecamiento al que tienden las vecinas lagunas de Viezca y de Mayrán, que reciben aún pequeña alimentación de los arroyos y que á no dudarlo han sido también alimentadas por aguas interiores que afloraban en dichos lugares.

Una fauna postpliocena abundaba en las zonas litorales de los grandes lagos que en otra época llenaban las depresiones de las grandes llanuras de Coahuila, desecadas lentamente durante la acentuación del régimen desértico de la región. Esta fauna representada por el *Elephas Primigenius* y algunas especies de *Equus*, se desarrollaba en el valle de Parras, en la llanura de S. Carlos y encontramos sus restos igualmente en los grandes valles y depresiones que conservan aún pequeñas lagunas en vía de desecación que abundan en Coahuila hacia sus límites occidentales.

Los fuertes plegamientos de las calizas cretáceas en las sierras de Novillos y Mazapil han puesto á descubierto las calizas apizarradas y pizarras arcillosas de la transición del Jurásico Superior al Infracretáceo en el que abundan *Hoplites Perisphinctes*, etc., encontrando bancos fosilíferos cerca de la mina de los Tajos en la sierra de Zuloaga y al S. de Mazapil. En los estratos superiores cerca de la mina de la Nieva en la región minera de Mazapil el Sr. Schuchard encontró algunos géneros de *Belemnites*.

En varios lugares de esta extensa formación de calizas, aparecen en inmediato contacto con ellas rocas eruptivas en general dioritas andesíticas, que algunas veces pasan por la abundancia de la piroxena á diabasas. La montaña más elevada de la sierra de Mazapil, llamada el Temeroso, de 2,940 metros, se halla constituída por esta roca, que abarca una grande extensión cerca del Mineral de Concepción del Oro. En la sierra de Zuloaga la encontramos también; y al O., después de atravesar los llanos de Cedros y Tecolotes vuelve á aparecer formando la totalidad de la montaña llamada el Pico de Teira.

Cerca del contacto entre estas dioritas terciarias y las calizas se alojan en la región de Mazapil muy importantes criaderos minerales que han sido explotados desde hace muchos años.

El contacto de la roca eruptiva y las calizas ha producido en las últimas un metamorfismo consistente en la transformación á espato calizo y caliza sacarina, teñida en algunos tramos en verde por el mineral de cobre. Las principales vetas de Mazapil se pueden seguir en una grande extensión varian-

do tanto de espesor como de naturaleza. La potencia varía entre 2 y 7 metros y en general los crestones aparecen salientes y cargados de abundante mineral de fierro. Este mineral viene generalmente acompañado de minerales de cobre. Abajo del crestón fierroso de Aranzazu vienen óxidos de fierro con chalcosita, pirita de cobre y hermosos cristales de azurita. En la mayor parte de las vetas de Mazapil dominan los minerales plomosos con ley muy variable de plata. En la parte superior se presentan los colorados, es decir, óxidos de fierro con plata verde que abajo se cambian en galenas, carbonatos de plomo y otros sulfuros cuando se ha pasado la zona de oxidación.

Inmediatos á la veta principal de Mazapil existen con variados rumbos é inclinaciones criaderos minerales interestratificados de muy diversa importancia por su potencia y riqueza. En la mina de la Nieva se explotaban dos y tres cintas de mineral que siguen la estratificación de las calizas. El mineral en la parte superior formado de galenas y sulfuros dóciles con óxidos de fierro se cambian prontamente en minerales rebeldes, blendas y sulfoantimoniuros, cambio que á menudo y en muchas vetas tiene lugar á no muy grande profundidad.

Delgadas vetas de minerales de cobre cortan á los estratos de calizas con rumbos muy variables. Dichas vetillas contienen abundantes óxidos de fierro en la parte superior.

Al S. de Mazapil, masas delgadas de mineral de antimonio se encuentran en las calizas. El mineral es esencialmente cervantita en masas irregulares acompañadas á veces por estibnita del que no parece ser más que una pseudomorfosis.

Atravesando la llanura de Cedros y pasando la sierra de Tecolotes, se recorre otra extensa llanura que se limita por la sierra de Teira, de bastante longitud, orientada de N. á S. llevando como macizo más elevado el Pico de Teira con una altura aproximada de 2,790 metros sobre el nivel del mar. Este pico se desprende casi aislado de la sierra y es de naturaleza eruptiva. La sierra se halla formada de calizas apizarradas y en la proximidad del Pico se encuentra una poderosa formación de pizarras arcillosas (filades) onduladas y plegadas en algunos lugares y en las que no hemos encontrado ningún fósil que pudiera identificarlas con la parte superior del Jurásico á la que probablemente pertenecen.

Estas pizarras se hallan atravesadas por gran número de hilos ó vetillas de cuarzo y óxidos ferruginosos con leyes muy variables de oro y que han permitido la creación de un pequeño pueblo que se ha ocupado de su extracción por procedimientos imperfectos.

Estos hilos que alcanzan hasta $0^{m}20$ de espesor siguen muchas veces la dirección de los estratos variando algunas veces de esta dirección y cortando diversamente á las pizarras.

En las calizas superiores á estas pizarras hemos visto hilos delgados con minerales de cobre de la misma naturaleza que los que encontramos en Mazapil.

Las llanuras al S. de Mazapil, designadas con el nombre de Gruñidora y Sierra Hermosa, se hallan formadas en gran parte de calizas terciarias, depósitos arcillosos y aluvión en algunos lugares; sobre las arcillas descanza cerca de Gruñidora y de la sierrita de la Candelaria, un basalto extendido en delgada corriente oculto en algunos tramos por la tierra vegetal.

En una parte de estas llanuras se encuentran á cierta profundidad aguas muy cargadas de sales en las que domina el cloruro de sodium las que florecen algunas veces en la superficie del suelo. En la villa de Cos ha habido en diferentes épocas explotaciones más ó menos activas de sal, la que obtienen de las aguas de pozos poco profundos practicados en su mayor parte en una depresión del suelo que correspondió á un antiguo lago, cuyo fondo es ahora pantanoso y que recoge algunas aguas en la temporada de abundantes lluvias.

Más al S. de la villa de Cos y ya casi en el pie de la sierra de Zacatecas hemos atravesado por pequeños pantanos salados ó pequeñas ciénegas con aguas menos cargadas de sales.

Al S. de la hacienda de Bañón se extiende una pequeña sierra formada en su mayor parte de calizas de *hippurites*, los estratos están diversamente inclinados. El cerro de la Tinaja, uno de los principales de la sierra, está formado de una rhyolita de color rojizo muy vítrea y en contacto directo con las calizas.

QUERÉTARO.—TOLUCA.

Querétaro se halla situado casi en la falda de los cerros que estrechan al E. el valle de ese nombre, en cuyo fondo corre el río de Querétaro que nace en los extensos lomeríos al N.E. del Distrito y que pasa cerca de la ciudad por la cañada conocida con el nombre de Cañada de Hércules. Estos cerros de la vecindad de dicha ciudad forman un grupo aislado de montañas entre las que se encuentran como más importantes el cerro del Cimatario al S. y á algunos kilómetros de la ciudad y los cerros de Saldarriaga al N.E.

Los caracteres generales del relieve de la región comprendida entre Querétaro y Toluca, se definen por pertenecer á una sola grande vertiente, la del río de Lerma, que nace, como es sabido, en el valle de Toluca, camina hacia el N.O. y cambia de dirección cuando recibe los afluentes que le vienen del N., entre otros el río que hemos dicho pasa á inmediaciones de Querétaro. Como límite oriental del valle de Toluca y hasta cerca de Querétaro, corre una importante sierra que recibe diversos nombres en distintos lugares de su trayecto, orientada en dirección aproximada de S.E. á N.O. y cuyas crestas y ramificaciones sirven de límite á dos grandes vertientes; la occidental que alimenta al río de Lerma, la oriental á la cuenca de México y al río de Tula; el primero con su desagüe al Pacífico, el segundo hacia el Golfo de México. Esta sierra corre casi en el medio de la Mesa Central y su extremo S. se enlaza con la gran barrera meridional de dicha Mesa.

Sin embargo de definirse claramente su dirección, este espinazo se halla