

**EL DISTRITO SUR DE LA BAJA CALIFORNIA**

EL DISTRITO SUR DE LA CIUDAD DE CALI

## EL DISTRITO SUR DE LA BAJA CALIFORNIA

*Por Hisakichi Hisazumi, Geólogo Ayudante.*

### INTRODUCCION

Este informe es el resultado del estudio del Distrito Sur de la Baja California, que hice desde diciembre de 1921 hasta marzo de 1922, y comprende desde el paralelo 24° hasta el 27° de latitud norte.

Mi intención fué investigar la posibilidad de encontrar petróleo en la costa del Pacífico y estudié por lo mismo, de preferencia, las rocas sedimentarias y también algunos rasgos de las rocas ígneas, con el objeto de conocer la probable litogénesis de la cual se han derivado las series sedimentarias de la costa del Pacífico.

Algunos viajeros y hombres de ciencia han publicado estudios acerca de los recursos naturales, geológicos y biológicos de la península, entre los que se encuentran: "El Reconocimiento Geológico de la Baja California", por el Dr. N. H. Darton (1); "La Baja California y sus recursos naturales", por el Dr. E. W. Nelson (2); "Notas sobre el Terciario del Distrito Sur de la Baja California", por el Dr. Arnold Heim (3); e "Hidrología de la Bahía Magdalena", por el Ing. Vicente Gálvez (4).

---

(1).—Geologic Reconnaissance in Baja California. The Journal of Geology, Vol. XIX.

(2).—Lower California and its Natural Resources. Mems. Nat. Acad. Sci. Vol. XVI, 1st Mem. Washington, 1921.

(3).—Notes on the Tertiary of Southern Lower California. The Geologic Magazine, Vol. LIX, No. 702. London.

(4).—Hidrología de la Bahía Magdalena. Anales del Instituto Geológico de México, Tomo I, Núm. 3. México, D. F.

## GEOGRAFIA

La Baja California es un Territorio Federal en lo que respecta a asuntos administrativos, y se divide en dos Distritos, a saber: el Distrito Sur y el Distrito Norte; éste último se extiende desde los 28° de latitud norte hasta el límite entre la Baja California y los Estados Unidos de América.

La superficie de la península es de 151,109 kilómetros cuadrados; y su población, según el censo de 1910, fué de 52,272 habitantes, o sean 0.35 por kilómetro cuadrado, siendo la proporción, en el Distrito Norte, de 0.1 por kilómetro cuadrado y de 0.6 por kilómetro cuadrado en el Distrito Sur. Es éste el territorio más escasamente poblado de la República.

La población de algunos pueblos de importancia, es la siguiente:

Comondú. . . . .	1,050
B. Magdalena. . . . .	144
La Paz. . . . .	5,536
Mulegé. . . . .	750
San Ignacio. . . . .	793
Purísima. . . . .	273
San José del Cabo. . . . .	1,377
Santa Rosalía. . . . .	3,807
Todos Santos. . . . .	1,141
Triunfo. . . . .	2,341
Santa Agueda. . . . .	430
Patrocinio. . . . .	48

La región montañosa al sur de La Paz, conocida por Región del Cabo (Todos Santos en el Pacífico, El Triunfo, Santiago, la región de Miraflores y el norte de La Paz), está completamente separada por una faja angosta y baja, entre el Golfo de California y la costa del Pacífico.

Del sur de La Paz a San José del Cabo, la región está constituida por dioritas y riolitas, según el Boletín 39 del Instituto Geológico de México, y es accidentada. Las montañas son muy asimétricas y en la zona de Todos Santos forman acantilados abruptos que se precipitan hacia la costa del Pacífico.

## DATOS METEOROLOGICOS

*Clima.*—El clima del Distrito Sur es muy caliente y seco; no hay datos precisos respecto a la temperatura, pero es más elevada aquí que en el sur de la Alta California.

La parte alta de la cordillera tiene más bien un clima benigno. El registro de temperatura en La Purísima y Bahía Magdalena, según el Dr. Hartmann (1), entre abril y junio, es como sigue:

A las 6 a. m.—15.42° C.

A la 1 p. m.—24.68° C.

A las 6 p. m.—19.30° C.

*Lluvia.*—Las lluvias en el Distrito son muy escasas: una gran parte de la llanura de la costa del Pacífico tiene una precipitación de menos de 50 mm. anualmente; aún a lo largo de la cordillera, la precipitación anual no es mayor de 100 mm.; y el área entera de la planicie de la costa del Pacífico es un desierto.

El clima desértico árido que prevalece en el sur de Alta California y en la Baja California, se debe a la posición fuera de los centros ciclónicos de ambos Estados.

Según el autor arriba mencionado (2), en San Quintín, como a 300 kilómetros de San Diego, California, la precipitación total anual, para los años de 1907-1911, fué solamente de 130 mm.

## VIAS DE COMUNICACION

Debido a la condición climatérica árida y desértica dominante en la región, ésta se encuentra escasamente poblada y, por consiguiente, no existe la necesidad económica de construir buenos caminos; en realidad, los caminos y las veredas son de tipos muy primitivos. Una gran extensión de la planicie de la costa del Golfo tiene rasgos topográficos muy favorables a la construcción de caminos sin costo considerable, porque las pendientes son suaves y no hay desarrollo de vegetación, excepto a lo largo de la base de la cordillera, en la que las veredas son de fuerte pendiente. La mayor parte de estos caminos y veredas en esta zona, siguen los cauces secos de los ríos; pe-

(1).—Ein Beitrag Zur Kolonisationfrage des Westens von Nordamerika. Mitt. Aarg. Nat. Ges., pp. 116.—1919.

(2).—Op. Cit. pp. 117.

ro esto se debe a que la mayoría de los ranchos están situados en terrazas o llanuras de aniego a lo largo de los arroyos en donde se puede contar con agua.

Además, la gruesa corriente de lava que cubrió una gran zona en la planicie de la costa, hace el paso prácticamente imposible, sobre todo en las cuevas empinadas por donde los ríos se abrieron paso entre las lavas.

Hay algunos caminos relativamente buenos, como por ejemplo, entre Mulegé y Santa Rosalía, lugar en que hay una importante mina de cobre y en donde la compañía minera que la trabaja, explota además los ranchos fruteros y el ganado mayor en ambos lados de la cordillera, manteniendo siempre buenas las veredas que acortan la comunicación entre los ranchos. También en la región del Cabo, al sur de La Paz, hay caminos transitados frecuentemente y que comunican esta ciudad con los campos mineros del Triunfo, San Antonio y Todos Santos, en la costa del Pacífico. Hay varios otros caminos cortos, construídos de tiempo en tiempo por la compañía minera, pero ninguno de ellos se conserva en buen estado. Actualmente, las minas del Triunfo y de San Antonio tienen suspendidos sus trabajos y casi todos los caminos están en muy malas condiciones.

### FISIOGRAFIA

La Baja California es una angosta península, de 1,600 kilómetros de longitud, que en su parte más angosta, entre La Paz y la costa del Pacífico, tiene unos 47 kilómetros, y cuya parte más ancha, entre Punta Eugenia y el Golfo de California, paralelos 27°-28° de latitud norte, alcanza más de 112 kilómetros. Consiste en una serie interrumpida de montañas, especialmente en el Distrito Norte, de aproximadamente 1,000 a 2,500 metros de altura. En el Distrito Sur, la cordillera principal generalmente se dirige a la costa del Golfo de California, variando su altura entre 700 y 2,000 metros; el flanco occidental, o del Pacífico, es de pendiente más suave en comparación con la del flanco oriental, o sea el del Golfo. El lado del Pacífico se compone de planicies muy áridas y desiertas.

*Modelado.*—La planicie de la costa del Pacífico se caracteriza, en general, por su relieve joven, a pesar de haber sido cruzado profundamente por las corrientes de los valles. La mayor parte del terreno superior aun no está modelado, pero hacia el oriente, en la

zona montañosa, el modelado ha continuado hasta alcanzar su temprana madurez, de modo que la apariencia general de la topografía es más bien rugosa. El relieve de una porción de la cordillera del lado del Golfo puede decirse que ha alcanzado su plena madurez, indicando formas muy rugosas.

El estado joven actual del modelado en la zona de la costa del Pacífico, se debe, probablemente, en gran parte, a la extensa corriente lávica protectora que cubre una gran superficie en lechos horizontales, lo mismo que a las condiciones climáticas áridas dominantes.

La llanura de la Magdalena, que limita la bahía de su nombre, empieza un poco al norte de Arroyo Seco, latitud 24° N., y continúa por el terreno bajo del Pacífico hasta el arroyo de La Purísima; su longitud es de más de 380 kilómetros de sur a norte. Dentro de esta zona, que gradualmente se estrecha en ambas direcciones, la mayor parte del terreno está libre de cerros, con excepción de unos cuantos médanos, especialmente en la parte norte de la faja.

Desde Plátano hasta el arroyo de Santo Domingo, entre los 25°-26° de Lat. N., por San Luis, Frijol, Atores, Romerillal y Matancitas, el terreno es ancho, bajo, casi horizontal, sin desarrollo considerable de vegetación, excepto algunos tipos de cactus y mezquites. Toda esta área está en un período joven de desarrollo.

Según el señor Gálvez (1), las alturas de diferentes localidades son las siguientes:

Llanuras de Hiray.	- 20 metros sobre el nivel del mar.
La Pitahaya . . . .	70 " " " " " "
San Luis. . . . .	140 " " " " " "
El Plátano. . . . .	160 " " " " " "
San Hilario. . . . .	125 " " " " " "
Guadalupe. . . . .	150 " " " " " "

La llanura de la Magdalena es una fértil tierra baja, pero debido a la falta de agua, no hay crecimiento notable de vegetación, excepto plantas desérticas, como cactus trepador (*Lemaireo cereus*), cardones y choyas; sin embargo, hay considerable desarrollo de mezquites y sauces en el fondo de los arroyos.

La principal playa de la Bahía Magdalena es muy baja, casi al nivel del mar, y se extiende como unos 40 kilómetros de este a oeste;

(1).—Hidrología de la Bahía Magdalena.

se inunda en tiempo de lluvias y el suelo es de naturaleza muy alcalina. Muchos lugares de las llamadas playas se han desarrollado en una ancha depresión, pero la mayor parte de la llanura de la Magdalena es un desierto arenoso y abierto.

En la parte norte del Distrito Sur, 26°-27° de Lat. N., la tierra baja costera es muy angosta y tiene una anchura media de 10 kilómetros. Desde el arroyo de San Raymundo, y desde San José de Gracia hacia Cadejé, hay una altiplanicie que se levanta bruscamente cerca de la playa con muchos cortes profundos y arroyos secos, algunos con profundidades de 200 a 300 metros.

La cordillera de la península empieza casi en la playa del Golfo y no hay planicies extensas costeras, excepto a lo largo de los valles fluviales, en donde una corta extensión encontró planicie de aniego, terrazas de río construídas por los materiales derivados directamente del área de la montaña.

*Levantamiento del suelo en la costa del Pacífico.*—Hay muchas pruebas del levantamiento del suelo en la costa del Pacífico, como son: el desarrollo de la línea litoral, las corrientes socavadas, algunos fósiles recientes encontrados en la superficie de la altiplanicie de la región interior y una serie de médanos paralelos que se originaron probablemente frente a los cordones litorales.

Según Ernesto Wittich (1), se encuentran depósitos de conchas marinas modernas en muchos lugares de la región, cuyas alturas son de más de 1,050 metros. Entre estos fósiles se halla una *Venus sp.* reciente cerca de La Presa, como a 70 kilómetros de la actual línea litoral, por lo que se infiere que el levantamiento del suelo ha sido muy activo recientemente, siendo probable que aún continúe en esta región de la Península.

*Líneas litorales.*—Las líneas litorales de ambos lados de la península presentan un contraste muy marcado. En el litoral del Pacífico, el contorno está prematuramente estrangulado por pantanos de marea a lo largo de la costa, especialmente la dirección N. E., desde la Bahía Magdalena hasta el Estero de San Ignacio; y el mar, poco profundo, se extiende a más de 40 kilómetros de la actual línea litoral. Los cortes escarpados son relativamente débiles, excepto una pequeña sección en el S. de la península, en donde hay una ligera indicación de que el oleaje cortó la playa y formó acantilados;

---

(1).—“La Emersión Moderna de la Costa Occidental de la Baja California”. Memorias de la Soc. C. Antonio Alzate. Vol. XXXV, pp. 121-144.



pero en general, en toda la costa occidental, el contorno es sencillo, con muy poca irregularidad en la línea litoral, indicando que el mar descansa sobre un fondo emergente distribuido uniformemente sobre depósitos sedimentarios. En cambio, en el lado del Golfo, el contorno es elevado, la línea litoral es muy irregular y una serie de islotes remanentes quedan escarpados.

*Corrientes socavadas.*—Uno de los rasgos más salientes en la planicie costera y en la altiplanicie, es la profundidad de los cursos de agua. En vista de las condiciones climatéricas áridas dominantes en la región y teniendo en cuenta la gran corriente de lava, no es probable que las aguas hayan cortado a más de 200 ó 300 metros de profundidad en lechos casi horizontales, sin la ayuda de un levantamiento rápido de la región. Este levantamiento de la Península del lado del Pacífico ha sido tan general, rápido y uniformemente distribuido, que la formación de "arenisca de la mesa", en una gran superficie no muestra indicación de pliegues.

*Cordones litorales.*—Hay muchos cordones litorales paralelos a la costa del Pacífico, desarrollados frente a la playa, que no se comunican con tierra firme; están formados por la acción del oleaje sobre el fondo del mar, especialmente en una región en la que la marea es débil.

Un hecho interesante de estos cordones de la costa de la península, se observa en donde los taludes submarinos varían a lo largo de la playa, pues entonces en una región se desarrollan los cordones, mientras que en la otra no hay indicación de su formación, sino acantilados marítimos formados en una región vecina; por ejemplo, al S. de la Bahía Magdalena, a lo largo de la costa, no existen indicios de desarrollo de cordones litorales, mientras que en dirección al N., siguiendo la costa, hay cordones largos y también esteros. A medida que la tierra se levanta, estos cordones submarinos levantados sobre el agua, forman islas arenosas paralelas a la costa.

Estos desarrollos litorales son muy notables en la costa del Atlántico en el Estado de New Jersey y en la costa del Golfo de México en el Estado de Veracruz.

Cordones recientes que avanzaron o están avanzando en dirección hacia el mar, forman líneas convergentes de pantanos a lo largo de la costa, en la región donde la emergencia del suelo ha sido o aún permanece activa.

*Médanos.*—Hay médanos en varios sitios de la costa del Pacífico: los más desarrollados están cerca de Médano Blanco, como a 12 kilómetros de Santo Domingo, aproximadamente 25°31' de Lat. N.; los de la playa en la costa del Pacífico se presentan en series paralelas, cuya altura varía de 30 a 40 M. con las mareas y marejadas; y un poco al norte de Santo Domingo, son de tamaño considerable, distribuidos generalmente en prominencias paralelas a 7 y 8 kilómetros de la playa, habiéndose encontrado, en varios lugares, muchos moluscos marinos recientes.

El origen de estos grandes espinazos paralelos en esta región es muy interesante, tanto por su forma y tamaño como por su distancia al litoral actual; sin embargo, es probable que se originaron como cordones recientes que se formaron en el fondo del mar y que emergieron porque el suelo se ha levantado gradualmente y el mar ha retrocedido.

#### HIDROGRAFIA

El sistema de drenaje del sur de la Baja California está enteramente controlado por la cordillera dominante, la cual se eleva a una altura de 1,700 a 2,000 metros cerca del lado del Golfo. Su perfil general es el de un bloque orográfico muy erosionado que tiene declive suave del lado del Pacífico y precipicios muy escarpados del lado del Golfo. Por consecuencia, el sistema de drenaje está dividido en dos partes: una, desagua directamente en el Golfo, al E., por corrientes cortas; y la otra, desagua en el Pacífico por series sedimentarias, inclinadas suavemente hacia el W. Las aguas de los ríos y corrientes anchas, pero de empinados bancos, fluyen solamente a corta distancia de las montañas y son rápidamente absorbidas por la tierra arenosa, ávida de agua. En todas las líneas de costa que se extienden en ambos lados de la Península y en las numerosas corrientes cortas, no hay aguas permanentes que alcancen la playa, excepto después de una estación de abundantes lluvias torrenciales, pues entonces se verifica una corriente rápida hacia el mar; pero después de varias estaciones secas consecutivas, estos pequeños arroyos y aun los pozos, se secan debido al calor tropical del desierto.

*Arroyo de La Purísima.*—Esta es la única corriente permanente que llega a la costa del Pacífico. Tiene su origen en Ojo de Agua, a 22

kilómetros de la Villa de la Purísima, irrigando muchos pequeños ranchos situados en terrazas de río y planicies de aniego a lo largo del arroyo, tales como La Purísima, San Isidro, Huerta Vieja, etc., en donde se producen en abundancia la naranja, la caña de azúcar y el dátil. Precisamente abajo de La Purísima, la anchura del valle varía entre 800 y 1,500 metros; el arroyo ha rebajado las altiplanicies cubiertas de lava en más de 200 a 300 metros y el agua permanente de este arroyo se debe probablemente a la presencia de esquistos impermeables. Todos los arroyos que corren hacia el N. están socavados más profundamente que los que corren hacia el S.

*Arroyo de Comondú.*—Es éste uno de los cursos de agua más angostos, pero profundamente socavados. Nace a corta distancia de la Villa de San José y corre a través de una gruesa corriente de lava. En Comondú, el río corta más de 200 M. y forma uno de los valles de río más torrenciales. En el área montañosa, cerca de Comondú, es en donde hay cursos de agua permanentes que riegan alguna extensión, pero hacia la costa del Pacífico no hay indicación alguna de que se encuentren.

*Arroyo de Matancitas.*—Este es el arroyo más largo y más ancho en el Distrito Sur y una de las planicies aluviales mejor desarrolladas. Debido a que no hay corriente de agua permanente, el valle del río está desprovisto de vegetación.

*Corrientes del lado del Golfo.*—Las corrientes del lado del Golfo son muy cortas, rápidas y de contornos muy irregulares; la cordillera de la Península se encuentra a unos cuantos kilómetros de la playa del Golfo y en muchos sitios se levanta bruscamente desde la playa, por lo que resultan las corrientes con fuertes pendientes.

El arroyo de Loreto, que empieza cerca de Parras, en el lado oriental del gran acantilado, desemboca en el Golfo en el poblado de Loreto; tiene solamente unos cuantos kilómetros de longitud, sin ninguna indicación de agua cerca de la población; pero según los vecinos, durante los días de tormenta el pueblo ha sido inundado a menudo por un torrente y muchas casas han sido arrastradas por el agua hasta el Golfo. En los arroyos de Mulegé, Santa Rosalía y San Bruno, prevalecen condiciones semejantes.

## GEOLOGIA DESCRIPTIVA

Los estudios geológicos en el Distrito Sur de la Baja California no son fáciles de hacer, debido en parte a que la región está muy despoblada y a que faltan, por lo mismo, medios modernos de comunicación. Además, las condiciones climatéricas áridas y la falta de agua hacen difíciles los viajes y, en consecuencia, el estudio geológico de la región no se ha podido hacer en detalle. Sin embargo, debido a las condiciones climatéricas mencionadas, esta zona se halla enteramente desprovista de suelo residual o de vegetación tropical densa, lo que permite observar fácilmente las formaciones geológicas.

Petrográficamente, el Distrito Sur de la Baja California puede dividirse en los cuatro grupos siguientes:

1.—Sur de La Paz, por El Triunfo, Miraflores y Todos Santos al W., constituido por granito (?) y sienita (?).

2.—Norte de La Paz, la gran área del flanco occidental de la cordillera, por la llanura de la Magdalena al Estero de San Ignacio, constituida por series de rocas sedimentarias bien desarrolladas y corrientes de lava post-terciarias.

3.—Flanco oriental de la cordillera, vertiente del Golfo, formado por una serie de rocas cristalinas, lo mismo que rocas eruptivas del tipo de brecha volcánica, variando desde la diorita cuarcífera a la andesita, diorita hornbléndica y basalto.

4.—La Magdalena e Isla de Cedros, en donde se encuentran rocas ígneas básicas, lo mismo que esquistos altamente metamorizados.

1.—*Sur de La Paz*.—La región del Cabo está en su mayor parte formada por granito y sienita como a medio kilómetro de la población minera, conocida comúnmente como Mina del Triunfo, en la que se encuentran cambios geológicos.

Aquí se halla la mica-pizarra por primera vez y forma una faja de varios kilómetros de anchura, extendiéndose desde Todos Santos, en la costa S. E. del Pacífico, al Triunfo, hacia el N. W.

En la región del Cabo se encuentran muy pocas rocas sedimentarias y éstas ocupan pequeñas extensiones en valles esparcidos. Estas rocas son de edad geológica relativamente reciente. En unos tres kilómetros, desde Santiago a lo largo de la costa, se encuentran al-

gunas rocas sedimentarias, conteniendo en abundancia *Ostreas* que son probablemente de la misma edad que la arenisca del Eoceno, en la planicie de la costa del Pacífico.

2.—*Norte de la Paz*.—Una faja estrecha, desde La Paz, en el lado del Golfo, hasta Arroyo Seco, en el Océano Pacífico, limitó el granito intrusivo del Cabo. Hacia el N. de esta faja, el aspecto general de la región cambia tanto topográfica como geológicamente. El granito intrusivo que predomina al S. de La Paz, desaparece enteramente y depósitos de arenisca calcárea casi horizontales forman una mesa aplanada en la cúspide, que gradualmente va inclinándose hacia el Pacífico.

Las rocas en la llanura de la costa del Pacífico son, en su mayoría, de origen sedimentario y están cubiertas por corrientes de lava ácida y básica, que ocupan una gran superficie de terreno.

En su mayor parte, esas rocas son areniscas, areniscas calcáreas, calizas y pizarras; y en las tierras bajas costeras se encuentran: grava, arena y limo como productos derivados de las rocas sedimentarias más antiguas y de las rocas eruptivas de la cordillera.

Estas rocas sedimentarias proporcionan una reseña de la historia geológica desde el principio del Terciario hasta la actualidad. Las características litológicas, composiciones minerales y relación de las capas, dan alguna indicación de las condiciones bajo las cuales se depositaron y de su probable litogénesis; y los fósiles en los estratos indican si las aguas en las que vivieron eran profundas o superficiales, frías o calientes, lodosas o claras.

Las arenas recogidas en la costa del Pacífico, en la región del Cabo, son muy silicosas, contienen tanto cuarzo como ortoclasa, con abundante magnetita y granos de cuarzo bien pulidos que indican que se derivaron directamente de las rocas graníticas cristalinas de la región, y que se redistribuyeron por la acción de las olas sobre la costa.

Estas arenas muy silicosas fueron arrastradas más allá de la región del Cabo, a lo largo de la costa del Pacífico, donde son, como las arenas de la costa de la Bahía Magdalena, más bien lodosas y de un grano mucho más fino y compuestas de feldespato, menos cuarzo, con algunos fragmentos de basalto sin granos magnetíticos, indicando que se derivaron de rocas sedimentarias preexistentes o de materiales volcánicos eruptivos de la zona montañosa.

En general, las características litológicas de la región muestran que durante su depósito, el suelo permaneció más bien alto, probable-

mente a lo largo del lado occidental de la montaña actual. La facies de arena del lado occidental del área de la Mesa, indica que las corrientes fueron rápidas, capaces de arrastrar granos gruesos y materiales pesados hacia el mar; y la heterogeneidad en el tamaño de los granos indica las condiciones climáticas variables que prevalecieron durante su depósito.

3.—*Flanco oriental de la cordillera.*—Los rasgos topográficos, así como los geológicos, en el lado oriental de la cordillera, son marcadamente diferentes de los del lado occidental. La cordillera de la península, que alcanza alturas de 1,000 y 2,000 y más metros, se levanta a unos cuantos kilómetros del litoral del Golfo, por lo que la sedimentación es poco extensa. Estas rocas sedimentarias son en su mayor parte depósitos aluviales, tales como abanicos aluviales, terrazas de río y planicies de aniego con estructura en lechos intercalados, cuyos materiales fueron proporcionados evidentemente de la actual montaña piroclástica, con excepción de una arenisca de origen marino que se encuentra, en unos cuantos lugares, ocupando pequeñas extensiones. En general, del lado del Golfo no hay verdadera arenisca, lo que se debe, principalmente, a la escasez de rocas ácidas intrusivas, como el granito y la sienita, que se encuentran en la zona montañosa de la región del Cabo.

Las rocas ígneas se presentan en la península del lado del Golfo y son en su mayor parte andesitas, dioritas de hornblenda y basalto que contienen muy poco cuarzo; y, por consiguiente, los sedimentos que se derivaron de estas rocas son muy pobres en cuarzo y sus elementos son más bien angulosos que arredondados, debido al corto trayecto recorrido desde el lugar de su origen hasta la zona de su depósito.

La cordillera de la península, o Sierra de la Giganta, está constituida en su mayor parte por aglomerados y conglomerados, con algunos diques intrusivos. Estos aglomerados y conglomerados están muy poco cementados y por lo mismo han sido fuertemente erosionados, de modo que el modelado de la cordillera es en extremo irregular.

Formados por fragmentos de rocas ígneas, tales como andesita, diorita y por finos granos de cenizas volcánicas, estos aglomerados y conglomerados se inclinan suavemente hacia el lado del Pacífico, formando un acantilado del lado del Golfo. Es posible que esto último sea debido a una falla.

4.—*Islas de la Magdalena y de Santa Margarita*.—Estas islas se levantan a unos 600 metros de altura; son áridas, de origen volcánico y han sido fuertemente erosionadas o en parte sumergidas.

Estas islas del Pacífico se componen de una roca ígnea muy básica y de rocas metamórficas, tales como esquisto de hornblenda y probablemente alguna anfibolita, en su mayor parte confinada a la base de los montes. Más allá de San Lucas, al N., se eleva la sierra de Santa Clara en la costa del Pacífico, desde Punta Abrojo al Cabo de San Eugenio y termina en la isla de Cedros, mostrando un carácter litológico similar; de modo que es probable que haya existido una larga cordillera, una gran parte de la cual fué erosionada o se sumergió, quedando en la actualidad una pequeña elevación aislada cerca de la costa.

## ESTRATIGRAFIA

### SERIE SEDIMENTARIA TERCIARIA

*Eoceno*.—Según el Dr. N. H. Darton (1), las rocas sedimentarias más antiguas que se conocen en esta área son pizarras grises y arenisca del Eoceno. Esta arenisca aflora en la boca del San Vicente, 31°30' Lat N., hacia el sur de Cabo Canoa, en el paralelo 29°25' N. En esta área, la arenisca agrisada tiene de 8 a 10 kilómetros de ancho, pero gradualmente se ensancha a casi 20 kilómetros cerca de los 30° de Lat. N. Se apoya en las capas del Chico (Cretácico superior), de la cordillera costera de California, pero al E. descansa sobre las rocas metamórficas anteriores a las capas del Chico y termina el afloramiento al N. y al S. En toda esa extensión, los estratos se inclinan ligeramente al W. y los plegamientos locales son ligeros y escasos.

El mismo Dr. Darton, recogió los siguientes fósiles en varios lugares de las capas eocénicas, como a un kilómetro al S. de la boca del arroyo de San Antonio, en el litoral del Océano Pacífico:

*Cylichna* sp.

*Turritella* n. sp.

*T. uvasana* Conrad.

*Leda* sp.

*Amauropsis* sp.

*Cucullaca matthewsoni* Gabb?

(1).—Geologic Reconnaissance in Baja California. The Journal of Geology, Vol. XIX, p. 728.

*Cardium cf.*  
*Cardium breweri* Gabb.  
*Semele sp.*  
*Tellina sp.?*

Según este autor, las capas de arenisca gris que afloran en el arroyo de Colorado, rancho San Hilario y Guadalupe, son probablemente del Eoceno. Estas capas de arenisca afloran también en el fondo del Arroyo Salado, como a 11 KM. de la Bahía Magdalena. En esta extensión, la roca es arenisca agrisada sin fósiles; y como a 9 KM. del rancho de La Salada, en un rancho inmediato llamado El Sauce, aparecen capas de arenisca muy plegadas, cuya edad no pude determinar con exactitud.

*Mioceno.*—A lo largo de los arroyos de La Purísima y de San Gregorio, 26°27' de Lat. N., y 120° de Long. W., encontré en varios lugares afloramientos pequeños de estratos muy semejantes a la formación de Monterrey, de la parte S. de California, E. U. A.

El primer afloramiento de las capas de Monterrey, se encuentra a lo largo del arroyo de La Purísima, como a 4 KM. del Estero de San Gregorio, aflorando también como a 2 KM. de la desembocadura de un arroyo en el rancho llamado del Burro, como a 19 KM. al SW. de la Villa de La Purísima y a unos cuantos KM. del rancho mencionado, en donde están plegadas y cubiertas por la arenisca amarilla; y, por último, afloran cerca de Purísima Vieja, como a 25 KM. al NW. de La Purísima.

Darton (1) afirma que las capas de Monterrey se encuentran en las márgenes del arroyo de San Raimundo, como a 46 KM. de Purísima Vieja, y también al W. de San Hilario.

Estas capas, de color gris a pardo amarillento, se componen de arcilla apizarrada y arenisca de grano muy fino, con intercalación de capas delgadas bituminosas.

Bajo el microscopio, la pizarra de Monterrey se compone de granos finos de cuarzo y poco feldespato, con carbonato de cal y organismos diminutos y contiene gran cantidad de materias bituminosas en capas delgadas, lo cual produce el tinte oscuro de la roca.

Las areniscas de grano fino y las arcillas arenosas que afloran a lo largo de los arroyos de La Purísima y de San Raimundo, están

---

(1).—Op. cit., p. 731.



acompañadas de una pizarra muy bituminosa, de una capa delgada de tierra con diatomeas y de una pizarra caliza muy compacta. Esto parece indicar que se depositaron lejos de la margen continental; pero es algo difícil interpretar el modo de depósito de la pizarra muy bituminosa intercalada en la caliza blanca compacta. Esta intercalación parece ser indicio de que el depósito de estos sedimentos no se verificó de manera continua lejos de la margen continental, sino que, durante el depósito de la capa de Monterrey, hubo alguna variación en las líneas de costa, a consecuencia de una oscilación vertical de la región. Así, la facies pizarreña muy bituminosa demuestra que su depósito probablemente se verificó localmente en algún sitio encerrado, con abundante vegetación, en aguas poco profundas y cerca de terrenos, en aquel tiempo relativamente bajos, que no permitieron el abastecimiento de materias no-detríticas. La presencia de tierra con diatomeas inter-estratificadas y algunos corales encontrados en diferentes capas de Monterrey, parecen indicar que hubo algunos cambios en el clima o en las corrientes marinas durante su depósito.

El material no-detrítico que constituye algunas de estas capas, es improbable que provenga de la superficie de la montaña actual, la que se compone de brecha volcánica poco cementada, con algunos diques intrusivos. Esta roca se desintegra fácilmente y, por otra parte, el actual afloramiento de las capas de Monterrey ocupa unos cuantos kilómetros en la zona elevada de la montaña. Por lo mismo, la arenisca de grano fino y la pizarra de la actual superficie de la cordillera no pudieron proporcionar material para formar capas de arenisca de grano grueso o de conglomerado, sino que debe haber habido algunas otras rocas, de las cuales se derivaron los sedimentos mencionados. La única manera posible de interpretar la litogénesis de las capas de Monterrey, es aceptar que hubo alguna extensión de terreno que ocupaba entonces lo que hoy es el Golfo de California. En la geografía actual no hay indicación de un terreno que pudiera ser el origen probable de los materiales que constituyen las capas de Monterrey, pues el actual aspecto topográfico es debido a la acción volcánica, en virtud de la cual se formó la actual Sierra de la Giganta posteriormente al depósito de las capas.

El espesor de las capas de Monterrey resultó ser de 200 metros a lo largo del arroyo de La Purísima, como a 4 KM. de Casa Vieja, en donde se hizo una perforación hará unos doce años; pero a lo

largo del arroyo de San Gregorio, cerca del rancho del Burro, no es mayor de 80 metros.

Su edad se determinó por sus caracteres litológicos y paleontológicos que son muy semejantes a esas capas de la parte sur de la Baja California, las cuales pertenecen al Mioceno medio. Los siguientes fósiles fueron colectados por el Dr. Darton (1), como a 4 KM. de la desembocadura del arroyo de La Purísima: *Scutella Andersoni*, *Chrysodonus sp.*, *Turritella sp.*, *T. Margaritana* (Normand), *Vermetus sp.*, *Leda sp.*, *Arca cf.*, *Arca medioimpressa* (Clark), *Pecten cf.*, *Pecten crassicardo* (Conrad), *Crassitellites* (*Crassinella*) *sp.*, *Cardium sp. nov.*, *Chione sp.*, *Cytherea sp.*, *Mecoma sp.*, *Solen sp.*, corales y bryozoos.

Los siguientes fósiles los colecté como a 2 KM. de la desembocadura del arroyo de La Purísima:

*Scutella sp.*, *Turritella sp.*, *Arca sp.*, *Pecten crassicardo* (Conrad), *Cardium sp.*, *Chione sp.*

Algunos de los fósiles mencionados son semejantes a los de las capas Monterrey de la Sierra Costera (Coast Range), de Alta California.

Las capas amarillas, así llamadas por Darton, a causa del carácter físico de la roca que es de origen marino, están constituidas principalmente por arenisca terrosa de grano suave, arenisca y arena arcillosa de color amarillo de paja.

En algunas partes de la formación, las areniscas incluyen algunos granos de rocas ígneas con muchos lugares fosilíferos.

La formación amarilla es una de las areniscas más ampliamente distribuida en la planicie costera del Pacífico, con rumbo noroeste, desde el arroyo de La Purísima hasta San Ignacio.

En el cauce del arroyo de La Purísima, las capas amarillas afloran como a 7 KM. de La Purísima, cerca del Paso de Concha y desaparecen gradualmente hacia el oriente. Afloran también en el arroyo cerca de Patrocinio hacia la costa del Pacífico, con un espesor como de 150 metros y hacia el N., cerca del rancho de Jesús María, en el fondo del arroyo. Hacia la costa del Pacífico forman un acantilado con una gruesa corriente de lava.

En el arroyo de San Gregorio, descansan sobre la pizarra de Monterrey y están cubiertas por la arenisca de la mesa.

---

(1).—Op. cit., p. 733.

Las capas amarillas descansan en discordancia sobre la superficie erosionada de las de Monterrey. Esta relación estratigráfica puede verse mejor en el arroyo de La Purísima y también en el de Purísima Vieja.

Cerca de Casa Vieja, como a 9 KM. de la Villa de La Purísima, las capas amarillas casi desaparecen y los conglomerados gruesos descansan directamente sobre las de Monterrey.

En el arroyo de San Gregorio, como a 12 KM. de la desembocadura del río, las capas amarillas descansan directamente sobre las de Monterrey, sin el conglomerado de la base. Como a 2 KM. arriba de la población de La Purísima, en un rancho llamado San Isidro, las segundas afloran en el fondo del arroyo, cubiertas por grueso conglomerado diluvial.

La mayor parte de la superficie plana del Distrito Sur de la Baja California está constituida por una gruesa formación de rocas sedimentarias détriticas suavemente inclinadas hacia el W. y que Gabb llamó la "Arenisca de la Mesa". Estas capas gruesas de arenisca de color gris a pardo, tienen más de 150 metros de espesor entre Comondú y La Purísima y gradualmente pasan a ser conglomerados hacia el E. En el área hacia el N., desde Comondú hasta San Ignacio, a través de La Purísima, Cadejé, San José de Gracia y Patrocinio, la arenisca de la mesa está cubierta por una corriente de lava que se extiende a lo largo de la vertiente del Pacífico.

Estas capas de areniscas afloran por todas partes hacia el N. de Comondú, donde los valles de muchos ríos cortan la Mesa, formando los muros acantilados de muchos arroyos, cortes que tienen más de 300 metros de profundidad. En muchos lugares al N. del valle de La Purísima, la zona de la Mesa se levanta a una distancia corta de la playa.

El espesor mayor observado en esta zona, es como de 150 metros a lo largo del arroyo de Jesús María, 26°51' de Lat. N., hacia el Pacífico y va disminuyendo gradualmente. Hacia el E., las capas se transforman en brecha volcánica gruesa y tobas, que constituyen el espinazo de la península.

En el valle angosto del arroyo de Comondú, cerca de la villa de San Miguel, los muros escarpados de arenisca de la mesa tienen más de 200 metros de profundidad.

En un espesor como de 150 a 200 metros, la arenisca gris y el conglomerado, con algún aglomerado pardo intercalado y la arenis-

ca de grano compacto, están constituidos por granos generalmente gruesos de feldespato, por minerales magnesianos y cuarzo con cenizas finas volcánicas. La forma angulosa de los granos, aún en la facies fina de estas capas, es debida, probablemente, a que el transporte de los materiales constitutivos tuvo lugar en un trayecto relativamente corto, que no permitió que los granos se arredondaran al ser transportados por el agua.

En una superficie extensa de la vertiente costera del Pacífico, la arenisca de la mesa, cubre las capas de arenisca calcárea amarilla sin discordancia considerable, y está cortada profundamente por arroyos secos.

A lo largo de los arroyos de La Purísima y de San Ignacio, la arenisca de la mesa y capas amarillas subyacentes muestran discordancias locales.

Como a 9 KM. de la villa de La Purísima, las capas amarillas plegadas están cubiertas por capas horizontales de la arenisca de la mesa; pero más lejos, hacia el W., se hallan perfectamente concordantes unas con otras. En dirección hacia el N. del arroyo de La Purísima, tampoco hay discordancia entre estos estratos.

Debido a la pequeña discordancia entre los estratos amarillos y la arenisca de la mesa y a la diferencia en el carácter litológico, puede decirse que ésta pertenece probablemente al Mioceno superior.

*Plioceno y Post-Plioceno.*—Las rocas del Plioceno y del Post-Plioceno de la planicie costera del Pacífico, se encuentran, generalmente, a lo largo de la costa en el límite inferior de la arenisca de la mesa. Son rocas derivadas en su mayoría de las formaciones pre-existentes durante el período de levantamiento general de la vertiente occidental de la península.

A lo largo de la costa del Pacífico, desde Arroyo Seco a La Salada, por alguna distancia se ve un cantil, cortado por el oleaje, de más de 25 a 30 metros de altura, compuesto de una arenisca muy arcillosa con fósiles abundantes y que descansa sobre arenisca de grano fino. Después de las anchas tierras bajas de Magdalena, aparece una arenisca arcillosa semejante, que se extiende desde 2 KM. al N. de Santo Domingo, hacia el N., por en medio de la región elevada de Médano Blanco hasta Pozo Grande y San Andresito.

*Relación con la formación más antigua.*—En la costa, entre los 24°-25° de Lat. N., los sedimentos pliocénicos descansan en discor-

dancia sobre una arenisca de grano fino; la parte baja de esta capa (arenisca pliocénica), se extiende a inmediaciones de La Salada y descansa en discordancia sobre una arenisca agrisada de grano fino cuya edad, según Darton, se considera como eocénica probable.

En Pozo Grande, 25°47' de Lat. N., esta arenisca arcillosa descansa sobre arenisca más bien de grano grueso que se cambia gradualmente en una arenisca terrosa hacia el E., la cual contiene abundantes fósiles, algunos de los cuales no han sido determinados, y otros, los siguientes:

*Venus sp.*, *Turritella n. sp.*, *Bryozoa Balanus sp.* Como a 1 KM. del rancho de La Salada, se encontraron los siguientes fósiles:

*Balanus sp.*, *Conus sp.*, *Tellina sp.*, *Natica sp.*, *Arca*, *Oliva*, *Cancellaria sp.*, dientes de tiburón, *Turritella sp.*

Como a 7 KM. de Arroyo Seco, hacia Conejo, a los 24°5' de Lat. N., en un acantilado cortado por el oleaje a lo largo de la costa, se encontró *Mellita sp.*, con otros abundantes fósiles pequeños, los cuales estaban contenidos en caliza conchífera.

#### SERIE SEDIMENTARIA CUATERNARIA

El área más extensa de sedimentos cuaternarios, está en la planicie baja de Magdalena, entre La Salada y Santo Domingo. Consiste en sedimentos marinos y fluviales. Prácticamente por todas partes debajo de los depósitos aluviales se encuentran sedimentos cuaternarios. Estas buenas tierras arcillosas cubren la parte superior de la planicie baja de La Magdalena y se extienden pegadas al pie del frente escarpado de la Mesa.

Muchos lugares en la planicie baja de La Magdalena, están cubiertos por limo fino lacustre o depósitos de playa y algunos moluscos de agua dulce. Durante la estación de lluvias se forman lagos que probablemente inundan una gran extensión.

En la parte N. del Distrito, del arroyo de La Purísima al Estero de San Ignacio, los depósitos cuaternarios están confinados a una zona estrecha de la costa. Consisten, en su mayor parte, en arena y cascajo en la base del acantilado de la arenisca de la mesa, el cual fué cortado por el oleaje y se formó cuando el lado occidental de la península era mucho más bajo de lo que es ahora. Estos depósitos de arena y de cascajo cuaternarios, naturalmente se incluyen en los de la playa del litoral.

## DEPOSITOS RECIENTES

Los depósitos recientes ocupan grandes superficies y los constituyen guijarros, grava, arena y limo fino de terrazas de río y planicies de aniego a lo largo de los arroyos en el lado occidental de la península. Son, en su mayoría, materiales arrastrados por el agua desde el nacimiento de los ríos, en la formación marina preexistente, de la cual los materiales se han redistribuido a lo largo de los valles de los mismos ríos.

Las planicies de aniego en esta roca son las de los arroyos de La Soledad y Santo Domingo. Una gran extensión a lo largo de esos arroyos está totalmente cubierta por arenas arrastradas por el río. Este depósito está constituido por arenas de grano grueso, guijarros y limo de grano fino; son heterogéneas en composición, algunas son arenas basálticas oscuras y granos de cuarzo bien pulidos con pequeños fragmentos de conchas marinas en lechos alternantes.

*Abanicos fluviales.*—Siguiendo el curso del río, desde su nacimiento hasta su desembocadura, se encuentran depósitos clásticos cuyos caracteres litológicos y espesor varían, debido a varios factores dominantes, tales como los rasgos topográficos de la región, tipo de la corriente, especies de rocas con las cuales el río ha operado y las condiciones dominantes de la región. Los abanicos aluviales en el lado occidental son insignificantes y no merecen la pena de mencionarse.

*Abanico aluvial en la costa del Golfo.*—Las condiciones topográficas del lado del Golfo, son mucho más favorables para el desarrollo de los abanicos fluviales que las del lado del Pacífico. La cordillera de la península se eleva a más de 1,000 metros, con cantiles escarpados y está compuesta de conglomerados y de aglomerados fácilmente erosionables; y, por consiguiente, cada corriente del lado del Golfo es corta y de naturaleza muy rápida, de manera que las corrientes cargadas de azolve pasan por los acantilados escarpados acarreamo mucho material hacia abajo.

La población de Loreto, en la costa del Golfo, está construida en el abanico aluvial del arroyo del mismo nombre, el cual se levanta desde el acantilado de la Sierra de la Giganta hasta 9 KM. al N. de la boca del río, sin vegetación protectora, excepto la del tipo árido como son las cactáceas. Eventualmente, las lluvias torrenciales de corta duración acarreamo materiales de granos muy gruesos hasta cerca del pie de la sierra y aún hasta la población de Loreto. En muchos lugares a lo largo del arroyo, se han depositado grandes pedruzcos

y guijarros con arena, acarreados por crecientes torrenciales, habiéndose formado lechos alternados.

Según los vecinos de la población, durante 3 años consecutivos ha prevalecido la sequía; pero una que otra vez han caído fuertes tormentas, habiéndose llevado parte de la población los torrentes que la han inundado.

La planicie de aniego del río, a lo largo del arroyo de Mulegé, se ha desarrollado en una gran extensión.

### ESTRUCTURA

La estructura dominante de la región, está expresada por un gran bloque orogénico largo, de rumbo medio N. W.-S. E., paralelo en lo general al Golfo de California. El perfil, la forma y la estructura de este gran bloque está indicado en el mapa anexo.

Al noreste de la cordillera, en la vertiente del Golfo, la Sierra de la Giganta se ha formado un terrible precipicio acantilado, surcado por profundas cañadas. La parte principal de este acantilado está en la parte alta de la montaña que está constituida por brecha volcánica, en tanto que en la base de la vertiente hay algo de diorita, montañas de andesita, incluyendo series de diques y también areniscas en lechos alternantes.

En muchos sitios en el lado del Golfo, la parte alta de estos lechos está fuertemente inclinada contra las rocas ígneas, y algunas de las rocas piroclásticas están distribuidas irregularmente en el lado del Golfo de California. Por ejemplo, en la isla del Espíritu Santo hay lechos de brecha volcánica fuertemente inclinados contra la roca ígnea (véanse las secciones transversales). En la vertiente del Golfo de la Sierra de la Giganta, desde María hasta Mulegé, hay rocas piroclásticas que también se inclinan fuertemente contra la roca andesítica y esto sugiere la idea de que existe una gran falla en la base del acantilado en el lado oriental de la Giganta.

*Plegamientos.*—La arenisca de Monterrey, y las capas superiores amarillas a lo largo del arroyo de La Purísima, han sido plegadas y forman un pequeño anticlinal con su correspondiente sinclinal, teniendo en algunos lugares un echado de más de 30 grados.

Como a 7 KM. de la desembocadura del arroyo de San Gregorio, las capas de Monterrey, fuertemente plegadas, cubren las capas amarillas y entre éstas y las de arenisca de la mesa hay discordancia. En la extensión total de la planicie costera del Pacífico, no se ven estructuras considerables.

Puede verse una discordancia local entre los lechos amarillos arriba de la arenisca de la mesa, a lo largo del arroyo de La Purísima y del de San Gregorio, pero es solamente una fisonomía local. En una gran extensión hacia el norte de La Purísima no hay indicación de discordancia en las capas inferiores.

## ROCAS IGNEAS

En el Distrito Sur de la Baja California, las rocas ígneas intrusivas más abundantes se encuentran en la región del Cabo y en el lado oriental de la cordillera. Esta área está constituida por granitos intrusivos en la primera y por rocas más básicas, diorita y andesita, del lado oriental de la cordillera. El carácter geológico de estos extensos macizos ígneos de ambas regiones de la península, no lo pude determinar en mi corto reconocimiento. La roca ígnea de la región del sur de La Paz, lo mismo que la del lado del Golfo, forman los espinazos más escarpados y arrugados y las cumbres más elevadas. En él se hallan series de diques de diorita y andesita en la roca piroclásica y la topografía es muy irregular.

*Pórfido diorítico de hornblenda.*—Este pórfido parece ser la roca ígnea más extensamente distribuida en el lado oriental de la península y constituye el cerro de Gigameca, que probablemente es el pico más alto de este Distrito Sur.

El pórfido diorítico de hornblenda, del lado oriental de la península, es ligeramente agrisado. En superficie recientemente fracturada, los fenocristales de hornblenda aparecen más claros en una masa granular ligeramente gris; la pasta, aun bajo una lente, aparece con cristales de feldespato, ortoclasa y plagioclasa, hornblenda y magnetita.

Bajo el microscopio, la roca en general muestra una mediana textura granular, los fenocristales ocupan como la mitad de la roca, variando desde 20 mm. en su mayor dimensión, hasta formar microlitas un poco mayores que los cristales de la masa.

*Diorita cuarcífera.*—En la vertiente occidental de la cordillera, las verdaderas rocas granitoides holocristalinas son menos abundantes que su equivalente porfirítico. Como a 12 KM. del pueblo de Loreto, aparece cerca de El Sauce una intrusión de esta variedad. En general, la roca es de textura muy maciza y granitoide; su color es común-



mente agrisado, con tinte rojo local, debido a oxidación de minerales ferromagnesianos, y al microscopio muestra una alta proporción de cristales verdes de hornblenda, mica y feldespato plagioclasa. Bajo el microscopio, los principales feldespatos son la andesina y la oligoclasa, y se encuentra cuarzo con algo de mica; los minerales accesorios son magnetita, augita y apatita. El feldespato de esta roca ocupa más del 50% y el cuarzo como el 35%, mientras que el 15% restante del mineral es hornblenda, mica y feldespato descompuesto en caolín.

*Pórfido gabbro conteniendo olivino.*—Las rocas basálticas de la región son de grano fino, macizas, con grandes fenocristales; están compuestas de una mezcla desigual de mineral claro y oscuro altamente intemperizado, de suerte que el color general de la roca es rojo oscuro, debido a la oxidación por intemperismo de los minerales ferromagnesianos.

*Pórfido andesítico de hornblenda.*—En el pórfido andesítico de esta región, los minerales oscuros son principalmente la hornblenda y la augita, predominando la primera; su color es rosado o verdoso, según el grado de alteración; comúnmente es gris en la fractura reciente, teniendo la roca una apariencia manchada. A la simple vista, en ejemplares de mano, estos colores parecen estar confinados a una masa granular fina, en la que hay esparcidos fenocristales de feldespato, hornblenda y sin mica alguna, y parece ser que los cristales de feldespato predominan.

En lámina delgada, bajo el microscopio, la roca está compuesta de granos medianos, es de textura porfírica y el espacio que ocupan los fenocristales es casi igual al de la pasta de la roca. En su mayor parte, los fenocristales, especialmente de los minerales más oscuros, indican una colocación más o menos paralela de estructura fluidal y están poco alterados por intemperismo, siendo holocristalina la masa de la roca. Los grandes fenocristales son de labradorita y hornblenda y los pequeños cristales de la masa de la roca son de andesina. Los fenocristales oscuros de hornblenda ocurren comúnmente en prismas alargados, de color pardo verdoso, fuerte pleocroísmo y como 20 grados de ángulo de extinción, lo que la distingue de la augita.

*Andesita.*—El dique andesítico de cerca de Chiva, como a 7 KM. al noreste de Ventana, es una roca oscura de color gris, de grano fino; los fenocristales aparecen fuera de la pasta de la roca y le dan

a ésta una apariencia mas bien porfirítica. De estos fenocristales, los predominantes son de feldespato blanco y de hornblenda.

En láminas delgadas, bajo el microscopio, muestra estructura fluidal típica, cristales dominantes de andesina, feldespato y hornblenda; la augita generalmente está orientada en dirección semejante al contorno de los grandes fenocristales. La masa de la roca está compuesta de granos finos de andesina, hornblenda, augita, con granos diminutos de magnetita.

*Rocas de serpentina.*—En la isla de la Magdalena se halla una roca intrusiva básica altamente intemperizada. Es serpentina muy fibrosa de color verdoso, asociada con la magnetita.

Bajo el microscopio se observa que los minerales ferromagnesianos están enteramente transformados en serpentina y magnetita.

*Rocas piroclásticas.*—El área de la cordillera de la Giganta está constituida en su mayor parte por grandes masas de brechas volcánicas del tipo eruptivo, con estructura en lechos irregulares; consiste en fragmentos altamente agulares heterogéneos con cenizas volcánicas finas, y los pequeños fragmentos son de diorita, andesita, basalto, etc.

*Corriente de lava.*—Una gran parte de la superficie de la vertiente hacia el Pacífico está cubierta por corrientes de lava, tanto ácida como básica. En la altiplanicie al sur de La Paz, puede observarse una extensa corriente de lava que la cubre.

En dirección hacia el sur, desde San Luis, como a 25° de Lat. N., la lava es más bien de naturaleza ácida; por supuesto, varía de aspecto, aunque incluye masas locales más básicas y oscuras de tramo en tramo, pero en realidad es una lava ácida riolítica.

Esta roca, cuando no está alterada, es compacta, ligeramente gris, de estructura y fractura vítreas. Bajo el microscopio es más bien porfirítica con fenocristales de cuarzo y pequeñas cantidades de piroxena en una masa amorfa, que es enteramente vítrea, de estructura perlítica y con cuarzo secundario en las cavidades.

La corriente de lava riolítica me parece que se extiende hacia el sur desde el rancho de San Luis, sobre la superficie erosionada de arenisca y conglomerado. En muchos sitios esta corriente de lava riolítica llega a los valles cubiertos por arenisca y depósitos aluviales. A lo largo del arroyo de San Andrés, hacia el este, cerca de La Prensa, esta corriente de lava descansa sobre la superficie erosionada de la llamada "arenisca de la mesa".

Petrográficamente, la lava aparece maciza, mostrando apenas una débil estructura fluidal y en muchos lugares presenta estructuras columnares típicas, por lo general en ángulos rectos con la superficie de la corriente. La superficie alterada por intemperismo de la corriente lávica, es generalmente de color rojo, el cual se debe a la oxidación de la gran cantidad de hierro que contiene; pero la parte inalterada es de color muy oscuro y al golpearse con el martillo suena como lingote de hierro.

El examen microscópico de la roca menos descompuesta, indica que la pasta se compone de un agregado cristalino de feldespato calcisódico con minerales ferromagnesianos; los fenocristales son principalmente augita y tremolita. La orientación general de los minerales cristalinos indican su fluidez general durante la efusión.

*Edad de la corriente de lava.*—La edad exacta de la corriente de lava riolítica no la pude determinar en mi corto reconocimiento geológico de la región; sin embargo, es probable que sea post-miocénica, pues está sobrepuesta a la arenisca de la mesa, que fué erosionada antes de la emisión de esa lava.

Una gran extensión de la vertiente del Pacífico, especialmente de la región de la Mesa, en dirección al N., desde el paralelo 25° de Lat., está cubierta por la corriente de lava básica, la que por lo general descansa sobre la arenisca de la mesa. La mayor extensión cubierta por la corriente de lava es la superficie de la planicie entre Comondú y San Ignacio, variando el espesor de esa corriente entre 20 y 30 metros; descansa sobre distintas facies del conglomerado superior de la Mesa. Hacia el oeste, cerca de la costa del Pacífico, se encuentra sobre los lechos de arenisca amarilla.

Entre Comondú y La Purísima, hay una gruesa corriente de lava de más de 40 metros de grueso y volcanes recientes en número de 12 ó 13 pueden verse en diversos lugares. Algunos de éstos arrojaron gran cantidad de lava sobre la planicie. Hacia el N., desde La Purísima hasta el Estero de San Ignacio, esta lava recorrió grandes extensiones hacia el litoral del Pacífico, cerca del rancho de Cadejé y San José de Gracia; llega casi hasta la playa, en donde bruscamente termina en acantilado escarpado.

A lo largo de los arroyos de La Purísima, San Gregorio, San José de Gracia y Patrocinio, descansa la corriente sobre la superficie no erosionada de la arenisca de la mesa; sin embargo, en algunos luga-

res cerca de la superficie de la montaña, llegó hasta el fondo de los arroyos, como sucedió un poco arriba de la población de San Miguel, generalmente llamada Comondú, en donde se hallan gruesas masas de lava en el fondo del arroyo. En la mayor parte de la superficie de la Mesa no hay indicación de corriente de lava dentro de los valles profundamente cortados, ni en el flanco de los cañones.

En una gran extensión de la planicie de la vertiente occidental, esta corriente de lava descansa sobre la superficie no erosionada de la arenisca de la Mesa, y no hay indicación de corriente en los valles de los ríos, de modo que es racional suponer que la efusión de lava comenzó antes del levantamiento notable de la planicie costera. Probablemente los terrenos eran bajos en tiempo de la emisión de la lava o estaban en su período joven de modelado. En algunos lugares de la parte norte del Distrito, no hay duda que afluyó la lava hasta el Pacífico, y en esta zona, en dondequiera que la lava cubre a la Mesa, forma un acantilado escarpado que se levanta bruscamente de la costa baja. En la parte central de la planicie, en donde no hay corriente de lava hacia la costa, el terreno se inclina gradualmente hacia las tierras bajas costeras. Se inició el ciclo de erosión después de la efusión de lava y de la rápida emergencia del terreno y se formó un valle profundo.

### GEOLOGIA HISTORICA

Los sucesos más antiguos registrados en la historia geológica de la región, datan de principios de la Era Terciaria. Sin embargo, según los doctores Darton (1) y Merrill (2), una gran extensión de las partes central y norte de la península, descansan sobre rocas cretácicas; pero en la mitad sur no hay afloramiento visible de esta roca, de suerte que discutiré su historia desde principios de la Era Terciaria hasta la fecha.

Durante esa Era, la superficie entera de la llanura costera del Pacífico parece haber estado sumergida bajo el agua en un mar epi-continental, excepto en una pequeña extensión que muestra algún levantamiento y hundimiento local en pequeño grado. El afloramiento de la formación terciaria en la vertiente occidental, indica

(1).—Op. Cit., p. 728.

(2).—Emmons, S. F. and Merrill, G. P., *Geological Sketch of Lower California*. Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 5, 1894, pp. 489-514.

en su mayor parte depósitos detríticos, con excepción de las pizarras de Monterrey que afloran a lo largo del arroyo de La Purísima, las que pueden haberse depositado lejos de la margen continental por ser de grano fino; pero las faunas presentes en esas rocas son, en su mayoría, especies de mar poco profundo; de modo que es probable que durante la época Monterrey, la tierra era baja y en consecuencia permitió el depósito de materiales finos en un mar epicontinental.

Un afloramiento de arenisca en San Hilario y en Guadalupe, al oeste de La Paz, según el Dr. Darton, puede ser del Eoceno. Esta arenisca está muy trastornada y presenta una zona de denudación a lo largo de Arroyo Salado, cerca de un rancho llamado El Sauce, en donde hay un afloramiento de más de 600 metros, según el mismo autor (1). Así es que después de la sedimentación en el Eoceno, emergió ésta en la parte norte y en el Distrito Sur de la península, antes de que el mar de Monterrey fuera invadido. Según esto, es posible que en el subsuelo de una gran extensión de la vertiente oriental del Distrito Sur, exista la formación eocénica cubierta por rocas terciarias posteriores no erosionadas lo suficiente para dejar ver la formación eocénica subyacente.

Después del depósito y emergencia de la arenisca eocénica y antes de sumergirse el mar de Monterrey, hubo un intervalo entre los depósitos de la arenisca eocénica y de la pizarra arenosa de Monterrey, durante el cual parece no haber habido sedimentación en esta zona, pero es posible que en alguna extensión se puedan descubrir algunos sedimentos oligocénicos. El Dr. Heim (2), menciona algunas rocas oligocénicas cerca del pueblo de La Purísima, pero en esta región la formación más antigua conocida parece ser la pizarra de Monterrey de edad miocénica. La inmersión Monterrey fué muy extensa y el depósito de sedimentos no detríticos lejos de la margen continental, fué bajo. Por oscilación vertical, se formaron pizarras calizas carbonosas, algunos lechos de areniscas calcáreas y se depositaron capas delgadas de pizarras muy bituminosas.

La fauna actual en las capas de Monterrey, es un tanto peculiar por la presencia de fauna de agua fría, como diatomeas, y de fauna de agua clara y caliente, como el coral. ¿Indica ésto algún cambio en el clima y en las corrientes del océano durante la época Monterey?

(1).—Darton, N. H., Op. Cit., p. 729.

(2).—Heim, R., Notes on the Tertiary of Southern Lower California. The Geologic Magazine, Vol. LIX, No. 702.

Después de la emergencia de esas capas Monterrey y de su ligero plegamiento local y erosión, y antes de que se verificara el depósito del material detrítico que se depositó en el mar epicontinental, tuvieron lugar grandes actividades ígneas a lo largo de la actual cordillera que proporcionaron abundante material detrítico al fondo del mar. Las capas amarillas actuales y la arenisca de la mesa se derivan en gran parte probablemente de estos materiales.

Después del depósito de los sedimentos posteriores a los de Monterrey, o sea de las capas de arenisca de la mesa, en el fondo progresivamente descendente del mar epicontinental, la vertiente occidental de la Península se levantó gradualmente sin trastorno; y probablemente mucho tiempo antes de que el levantamiento llegara a la elevación actual, una gran superficie permaneció como erosionada. Entonces empezó una gran emisión de lava a lo largo de la planicie de la costa, y algo de la lava indudablemente alcanzó al mar poco profundo. El escalón en que termina la mesa empinada actual cubierta de lava a lo largo de la costa del Pacífico, es la línea hasta donde la lava alcanzó tierra baja, y esta gruesa corriente protegió de la erosión a la formación inmediata inferior y formó el acantilado muy pronunciado paralelo a toda la costa. Después del depósito de las capas de arenisca de la mesa y de la formación de la corriente de lava, comenzó la elevación de esta porción de la península, pero tan gradualmente, siguiendo la vertical, que las capas de arenisca en una gran extensión quedaron casi horizontales, y no hay indicios de plegamiento en ninguna parte de la planicie de la costa del Pacífico.

## GEOLOGIA ECONOMICA

Desde mediados del siglo pasado, y tal vez desde 1535, muchos españoles, americanos y franceses han recorrido la península en busca de minerales y también con fines agrícolas. Sin embargo, muy pocas empresas mineras y en pequeña escala se han establecido hasta hoy en esa región. Se han encontrado muchos criaderos minerales de hierro, cobre, plata, oro y también de sal y yeso; pero no obstante esto, la minería en el Distrito Sur es desconsoladora por varias causas.

Una de las dificultades principales, es la falta de fuerza motriz barata, pues el carbón y el petróleo tienen que transportarse de distancias considerables y los sistemas de transporte son de los más primi-

tivos. La fuerza motriz hidráulica falta absolutamente en toda la región. En tales circunstancias, los metales no pueden ser tratados en la localidad y de aquí resulta que solamente metales de alta ley pueden ser beneficiados o exportados. Se necesitaría, por lo tanto, la construcción de ferrocarriles y obras en los puertos para su fácil transporte.

El carácter físico de la península es otro factor desconsolador, puesto que su cordillera es en extremo accidentada, de modo que la construcción de ferrocarriles en esta zona es prácticamente imposible.

Por lo que respecta a establecimientos agrícolas, es igualmente desconsolador a causa del clima: la extensión total de la planicie costera de la parte sur de la Baja California es árida, de suerte que las empresas agrícolas de importancia en esta comarca son probablemente impracticables.

## SUELOS

El suelo en esta región está íntimamente relacionado con la formación subyacente, aunque hay muy pocos restos de productos de descomposición y de desintegración. Debido a la condición desértica de aridez, no hay terrenos con humus, excepto en aquellos lugares en donde se han formado como depósitos aluviales en los valles de los arroyos secos.

Hay dos procesos de formación del suelo:

1º—Los físicos.

2º—Los químicos.

El proceso físico de formación del suelo es debido a lo siguiente: efecto del frío y del calor que fractura las rocas; agua congelada en las rocas, (acción glacial); acción del agua corriente; acción de las olas sobre la playa del mar; acción de los vientos; y tipo eruptivo de las actividades volcánicas.

El proceso químico de formación del suelo es la descomposición química de la roca debida a la acción de la atmósfera, la cual contiene, por término medio, 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno, 0.03% de amoníaco y 1-4 por mil de vapor de agua, el cual varía según el clima y la condición fisiográfica de la región.

En general, el proceso físico de desintegración de las rocas es más activo en la región árida y seca, como en el Valle Imperial, en

la parte sur de Alta California, Sonora y Baja California, mientras que la acción química de descomposición de las rocas es más activa en la zona de terreno húmedo, como aquella en que se encuentran los estados de Veracruz y Tabasco.

En el Distrito Sur de la Baja California, debido a sus condiciones climatéricas dominantes, el proceso de formación del suelo se debe principalmente a agentes físicos.

*Suelos residuales.*—Los terrenos residuales o sedimentarios son escasos en esta región, especialmente en la altiplanicie; comúnmente la formación primitiva yace solamente a unos cuantos decímetros o menos. Bajo el clima árido desértico, no hay vestigio de materia orgánica en los terrenos, y naturalmente el color del suelo está íntimamente relacionado con la formación subyacente, siendo generalmente amarillento.

*Suelos aluviales.*—Los suelos de aluvión en el Distrito, son los más importantes; la mayoría de los ranchos pequeños de las planicies de la costa están situados en los depósitos de aluvión a lo largo de los arroyos secos o en el fondo de éstos.

En la región de la cordillera y en la zona situada a lo largo de la base de las montañas, se componen de depósitos gruesos de río, mientras que en los terrenos aluviales son el resultado del transporte de materiales a lo largo del curso de las corrientes; materiales que derivan de las formaciones de rocas ígneas. En el Distrito Sur de la Baja California, las formaciones marinas son recientes y menos consolidadas, y la región de la cordillera está compuesta de rocas piroclásticas no consolidadas, comparativamente recientes, que se elevan a más de 2,000 metros de altura; y siendo la península misma una faja árida muy larga y angosta, los arroyos, bajo estas condiciones geológicas y topográficas, son cortos y rápidos, de manera que en las partes altas de los valles son muy inclinados y las velocidades de las corrientes son rápidas. De modo que la mayoría de los arroyos en la zona de la cordillera están cubiertos por pedruscos y arena de grano grueso, y como el poder de acarreo de estos arroyos ha sido y es muy grande, comparado con el de los ríos en un gran continente, los terrenos aluviales a lo largo de los arroyos, aún en la región más baja de la costa, son en su mayoría de arena de grano grueso, no habiendo en ellos cantidad apreciable de arcilla.

*Naturaleza de los terrenos.*—Existe la creencia de que, por lo general, las tierras en regiones áridas son de mala calidad, pero esta



idea carece de fundamento científico, y hay razones poderosas para suponer que la tierra es más fértil, potencialmente, en lugares áridos, que en húmedos.

La explicación de esto es que como la precipitación en las regiones áridas, como en el Distrito Sur de la Baja California, es insuficiente, de modo que las sales minerales importantes para la vida de las plantas, tales como los fosfatos y las sales de potasa que se forman por la intemperización progresiva, se conservan en el suelo, mientras que en las regiones húmedas, como en la costa del Golfo de México, en donde la precipitación es abundante, las sales minerales contenidas en el suelo son lixiviadas y pasan en solución muy diluída por los cursos de agua hasta el mar, resultando que sólo una pequeña porción de esas sales es retenida en el suelo y utilizada por las plantas.

En la Baja California, por ejemplo en La Purísima, Comondú, San José, Purísima Vieja y Patrocinio, se observa un desarrollo abundante de caña de azúcar, maíz, naranja y uva, en los lugares donde se dispone de agua para irrigación. El Distrito Sur de la Baja California está enteramente desprovisto de cultivo a causa de la escasez de agua y no debido a la calidad del terreno.

## AGUA

Una gran extensión de la vertiente del Pacífico tiene lluvia anual menor de 2 pulgadas, o sean 50 mm., aun cuando no existen datos que merezcan fé con respecto a la precipitación en esta comarca. Sin embargo, según me dijeron los vecinos, durante los años de 1920-1921, no llovió en la planicie costera ni tampoco en la región montañosa; la precipitación total anual probablemente no es mayor de 100 mm.

El viento reinante sopla de marzo a octubre en dirección noroeste, y durante este tiempo hay buen cielo y no caen lluvias para nada. De noviembre a febrero, los vientos varían de sureste a suroeste, con lluvias eventuales de invierno.

En la vertiente de la cordillera hacia el Golfo, llueve más irregularmente que en la región de la costa del Pacífico. En la primavera y en el verano prevalecen los vientos del noroeste y en el invierno las rachas del suroeste.

La extensión de los flancos hacia el Pacífico están desnudos de vegetación, siendo la formación de las capas superficiales de arena

muy porosa, de manera que el agua de la lluvia es absorbida por las capas ávidas de agua, siendo, además, las crecientes muy rápidas, debido a la falta de vegetación. Como resultado de estas condiciones, casi ninguno de los arroyos de la comarca tiene aguas permanentes, pues toda el agua se escurre hacia la playa. Debido a la naturaleza arenosa de las capas, la construcción de presas adecuadas es una empresa muy difícil; la evaporación, debido a la aridez del clima, es muy grande, así como la horizontalidad de las capas hacen que no se piense en practicar pozos brotantes.

*Pozos.*—Han sido abiertos en varios lugares en los arroyos, tanto en la parte plana como en los barrancos. Los pozos en el plan han tenido éxito uniforme, aunque producen muy poca cantidad de agua: apenas la necesaria para usos domésticos, abrevadero de ganado y excepcionalmente para regar jardines alrededor de las casas.

El proyecto de abrir pozos en la gran extensión de la tierra baja de la Magdalena, casi se ha abandonado.

En dirección al norte, desde el arroyo de Comondú, no hay agua subterránea en donde la altiplanicie se extiende casi hasta la playa y todos los ranchos están situados en planicies de aniego o terrazas de río, en donde el agua se obtiene fácilmente de pozos poco profundos, comúnmente a menos de siete metros en algunas localidades. De hecho, hay agua disponible, a poca profundidad, en todos los arroyos de la planicie costera.

Las aguas subterráneas de la costa del Golfo, son comúnmente poco profundas. En la villa de Loreto, de los pozos perforados en amplios depósitos de aluvión, se obtiene el agua para usos domésticos, pero generalmente es salada.

Entre Mulegé y Santa Rosalía, la Cía. Minera del Boleo perforó un pozo llamado "Pozo de la Compañía", a unos 9 Km. de la población de Mulegé, siendo su profundidad, según informes, de 23 metros, y extrayéndose el agua por medio de un molino de viento, sacándose en considerable cantidad para el ganado.

Las profundidades de los pozos en la llanura de la Magdalena, obtenidos durante mi viaje, son las siguientes:

Elicia. . . . .	17 metros.
Velázquez . . . . .	20 „
Romerillal. . . . .	18 „
San José. . . . .	18 „
Buenos Aires. . . . .	17 „

Agua León. . . . .	17 metros.
Médano Blanco. . . . .	18 „

Las profundidades de los pozos, obtenidas por el Ing. Vicente Gálvez (1), son las siguientes:

POZOS	ELEV. S.M.	PROFUNDIDAD
La Pitahaya . . . . .	.70.00.	30.00
Achemes . . . . .	.190.00.	3.00
Bebelemas . . . . .	.190.00.	4.00
Velázquez. . . . .	.50.00.	20.00
Lagunita . . . . .	.50.00.	20.00
Palo Bola. . . . .	.40.00.	20.00
La Laguna. . . . .	.40.00.	20.00
Los Tulares. . . . .	.30.00.	14.00
Cervatillo. . . . .	.45.00.	18.00
El Juncal. . . . .	.40.00.	14.00
Arpillera. . . . .	.35.00.	20.00
El Coyote. . . . .	.45.00.	25.00

#### CRIADEROS MINERALES

Varios criaderos minerales se encuentran en este Distrito de la península y muchas empresas americanas acometieron con entusiasmo los trabajos mineros; sin embargo, pocos prospectos se han desarrollado hasta el extremo de llegar a ser una buena mina productiva, con excepción de El Boleo, en Santa Rosalía, lugar que está situado en la costa del Golfo, entre los paralelos 27°-28° de latitud N., y que es una de las principales minas de cobre del mundo. Durante la guerra mundial, según informes, mantuvo una población de 6,000 habitantes. El Mineral de plata más grande en el Distrito es El Triunfo y San Antonio, situado en la región del Cabo, al sur de La Paz, operado por una compañía americana que en un tiempo desarrolló en regular escala ese campo minero, pero que debido a la depresión de la minería en toda la República, suspendió sus trabajos. Era rumor general durante mi viaje, que era probable que El Boleo controlara las minas del Triunfo y San Antonio.

*Mina de cobre de Santa Rosalía.*—La mina de cobre de Santa Rosalía ocupa un puesto importante por producir gran cantidad de este metal.

(1).—Hidrología de la Bahía Magdalena.

El campo minero está situado en la costa del Golfo, en la parte central de la península. Se halla como a 40 KM. de la villa de Mulegé, pequeño puerto de mar; se encuentra en la formación sedimentaria limitada al oeste por la prolongación N. de la Sierra de la Giganta, que, como he dicho, es una elevada sierra rugosa que se inclina hacia el NW. Su vertiente oriental o lado del Golfo descendiendo bruscamente 1,200 metros por un frente semejante a un muro, y después de una serie de pequeñas colinas se llega hasta una planicie ligeramente descendente rumbo a Santa Rosalía.

El clima en esta comarca es extremadamente cálido y seco; es un desierto casi desprovisto de vegetación e incapaz de producir ni yerba para los rebaños, con excepción de una pequeña área limitada, paralela a los arroyos. Las lluvias son muy escasas, como lo son a lo largo de la costa; su altura media anual, durante los últimos siete años, fué solamente de 41.5 mm. La provisión de agua para usos domésticos y para la fundición, se obtiene de una presa situada en la planicie del Yaqui, a cosa de 9 KM., conduciéndose por tubería desde la población de Santa Agueda, en donde se bombea, como a 13 KM. al W. de Santa Rosalía.

Las minas están situadas en tres distintos arroyos secos: los de Providencia, Purgatorio y Soledad, a una distancia como de 90 KM. de la planta, la cual está ubicada en la población de Santa Rosalía, en la desembocadura del arroyo de la llamada Mesa Francesa, llamada así por ser la residencia de la población francesa.

Estas minas se encuentran en la formación sedimentaria de arenisca amarillenta no consolidada, inclinada hacia el lado de la costa de 8° a 16°, y las capas de minerales descansan sobre un estrato extenso de conglomerado miocénico (1). En los criaderos minerales se encuentran: boleita, oxicloriguro de cobre, plata y plomo  $9\text{PbCl}_2 \cdot 8\text{CuO}_3 \cdot \text{AgCl} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ; fosgenita, clorocarbonato de plomo; cumengetita, un oxicloriguro de cobre y plomo ( $4\text{PbCl}_2 \cdot 3\text{CuO}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), un carbonato de cobalto y óxidos y carbonatos de cobre, tales como malaquita, cuprita y azurita íntimamente asociadas con yeso y depósitos de azufre. Todos estos minerales se hallan en lechos de tobas descompuestas que los mineros llaman jaboncillo. Hay tres capas cupríferas: la superior, con un espesor de 1 M. en promedio; la media, de  $2\frac{1}{3}$  M. de espesor; y la inferior, que varía entre 1 y 3 M. de espesor. La capa

---

(1).— Weed, W. H.—The Mines Hand-Book and Copper Hand-book, Vol. XIV, pp. 1667.—1920.

media tiene óxido y carbonato de cobalto y mineral de plomo en concreciones oolíticas; la capa más baja, cerca del nivel del agua, tiene sulfuros, lo mismo que óxidos y carbonatos. La textura de los minerales de El Boleo es comúnmente de grano fino con cristales radiados de malaquita y azurita con asociación de yeso y de calcita.

Es cuestión difícil la exploración satisfactoria de estos criaderos cupríferos, dada su rara formación mineral, para poder llegar a la conclusión de su génesis, si son singenéticos o epigenéticos. No hay acción ígnea asociada a estos criaderos, ni son de contacto, siendo su origen enteramente sedimentario y habiéndose formado a baja temperatura; su asociación con el yeso indica como probable su origen singenético.

Las minas se comunican entre sí por una línea particular de ferrocarril, de 30 KM. Desde las minas, la Compañía proporciona energía eléctrica para máquinas de tracción y también para el sistema de alumbrado.

Durante la guerra mundial, la demanda de cobre fué muy grande y su precio extremadamente alto originó que la minería de este metal fuese una de las empresas más productoras en el mundo entero. La Compañía produjo, durante el año de 1914, 324,000 toneladas de mineral, rindiendo 3.53% de cobre, o sea 11,480 toneladas de cobre; en 1915, 317,000 toneladas de minerales proporcionaron un 3.62%, o sean 11,450 toneladas de cobre; en 1916, 290,000 toneladas de minerales, con un 3.79%, dieron 11,000 toneladas de cobre. La producción, en los años de 1918-1919, dieron un promedio de 1,673,771 libras de cobre por mes de minerales que promediaban un contenido de cobre de 3.49%. No obstante la depresión mineral general, México produjo 50,663 toneladas de cobre en 1920, y 60,491 toneladas en 1919 (1).

La mina de cobre de El Boleo produce unas 3,500 toneladas de cobre y en 1921 dió más de una tercera parte de la producción total de la República.

*Depósitos de magnesita de la isla de la Magdalena.*—La isla de la Magdalena es larga, angosta e irregular, de más de 79 KM. de longitud con una anchura que varía entre 1 y 7 KM. Esta isla árida y

(1).—Weed, W. H.—Loc. cit.

desértica está constituida por rocas ígneas basálticas, cuya edad es desconocida y que se hallan muy alteradas. La parte N. W. de la isla está unida por un estero a Punta Lozano.

La magnesita en la isla no se encuentra en grandes cantidades; ocurre en depósitos superficiales, en pequeñas vetas y en cavidades de rocas fracturadas, como se observa en la mina que se halla como a 3 KM. de la población de Magdalena, y que tuve oportunidad de visitar.

La magnesita la recogen los naturales y es transportada al puerto de Magdalena para su exportación a los Estados Unidos en estado crudo. Una compañía americana, la "International Magnesite Co." de San Diego, Calif., ha estado explotando estos depósitos durante varios años, pero debido a la escasez de agua y a que la magnesita se encuentra en vetas angostas, repartidas en grandes extensiones, la colecta de este mineral es algo dispendiosa, razón por la que, en la actualidad, el trabajo ha sido suspendido. La magnesita en estas localidades es comúnmente dura, blanca compacta, con aspecto de porcelana y quebradura concoide.

*Origen de la magnesita.* — La magnesita, en su mayor parte, se formó por descomposición química de los minerales que forman la serpentina, tales como el olivino  $(MgFe)_2 SiO_4$ , la enstatita  $(MgSiO_3)$ , la diopsida  $(MgCa) SiO_3$ , la tremolita  $(CaMg_3 (SiO_3)_2)$  y de la serpentina misma. En muchos casos, la magnesita se formó en resquebrajaduras y cavidades de los cristales de olivino, lo que indica su derivación directamente de ese mineral; pero en la mayoría de los casos, la magnesita se halla en la serpentina, lo que prueba que probablemente se deriva de ella.

En todo caso, el carbonato de magnesio se ha formado por la simple hidratación de los minerales que contienen magnesio con auxilio del bióxido de carbono contenido en el agua circulante. Los depósitos de magnesita en la isla de la Magdalena están asociados íntimamente con la serpentina y la misma roca de la isla es muy básica, de suerte que es natural que la serpentina se derivara de los minerales de la roca ígnea que contienen magnesio y la intemperización subsecuente con el auxilio de bióxido de carbono en el agua, transforma la magnesita de la serpentina en carbonato de magnesio que se deposita en cavidades y fracturas.

Bajo el microscopio, la roca que se asocia íntimamente con la serpentina es muy básica: se compone totalmente de minerales ferromagnesianos que están muy alterados y no hay indicación de cuarzo o de feldespato.

No hay indicación de olivino en la roca; sin embargo, es probable que algo se encuentre presente, pero que debido a un período de intemperización se cambió completamente en serpentina.

*Uso de la magnesita.*—La magnesita o carbonato de magnesio tiene muchas aplicaciones, como son las siguientes: generación de COgas<sub>2</sub>, fabricación de crisoles y de ladrillos refractarios para fundición, manufactura de papel y empaaduras de tubos de vapor, fabricación de cemento, pinturas y artículos de tocador, etc.

Cuando se calienta la magnesita fuertemente, desprende bióxido de carbono en mayor proporción que el carbonato de cal o piedra de cal (caliza). Otra ventaja de la magnesita para este objeto es que la magnesia que queda como residuo de la calcinación es de mucho mayor valor que la cal, y el calor que se requiere para que se desprenda el bióxido de carbono de la magnesita es mucho menor del que se requiere con el carbonato de cal.

La magnesita calcinada se ha empleado para hacer ladrillo refractario porque resiste temperaturas excesivamente altas, de modo que se usa mucho para revestir hornos de fundición de acero. Además, resiste en alto grado la corrosión de las escorias básicas y de la mayoría de los metales fundidos.

*Producción de la magnesita en México.*—La producción de la magnesita en la isla de la Magdalena era como de 30 toneladas diarias.

La magnesita calcinada se vendió en la costa del Atlántico en 1922, a 22.00 dólares por tonelada. En diciembre del mismo año, el precio se había elevado a 43 dólares por tonelada y en Baltimore, Maryland, el precio actual de la magnesita de California es como de 15 dólares por tonelada.

*Depósitos de sal marina y de yeso.*—En una región árida, como es la Baja California, el depósito de yeso y de sal marina es común.

Por regla general, estos depósitos son productos de condiciones físicas semejantes de precipitación del agua del mar, aunque juntos no se encuentran en muchos casos.

La isla del Carmen está situada como a 180 KM. hacia el N. W. de la costa del Golfo de California, y a 10 KM. de la playa de la población de Loreto. Esta es una isla larga, estrecha, excepto en el extremo norte, y es enteramente de origen volcánico con un perfil muy irregular. Tiene cerca de 25 KM. de largo, inclinándose en dirección N. NE. a S. SW., y su anchura varía de 8 KM. en la parte norte, que es la más ancha, hasta menos de 3 KM. en la porción del sur. En la parte central de la isla se levanta una serie de picachos cuyas alturas varían desde 150 metros hasta más de 450 metros y están colocados paralelamente a la dirección de la isla en toda su longitud. El litoral de la isla es muy escarpado, especialmente en la parte S. El clima es en extremo árido y caluroso, y la provisión de agua es muy escasa. La parte oriental de la isla forma una punta llamada "Punta Perico", de la cual la costa da vuelta hacia el N. W. por cosa de 5 KM.; después da vuelta hacia el W. y luego se dirige hacia el S., formando una bahía llamada "Salina". En la cabeza de la bahía hay un terreno estrecho formado por material acarreado de ambas laderas de la montaña y que forma una depresión. "El Charco Salado", en la cabeza más próxima de la bahía de Salinas, está separado por una playa arenosa de no más de medio KM. de ancho y la superficie plana se conserva constantemente húmeda debido al agua salada que se filtra y se conserva allí. Este charco o depresión no tiene más de 3 KM. de largo y un poco más de 2 KM. de ancho, es muy poco profundo y salado. Un rasgo importante del "Charco" es el de que el agua salada, según informes, sube y baja según lo verifica la marea en el Golfo, aun cuando la bahía de Salinas y "El Charco Salado" están separados entre sí por una estrecha playa arenosa. El agua salada del "Charco", así como la que se introduce de la bahía de Salinas, se evapora rápidamente por el sol tropical y la sal se deposita a lo largo de la playa del "Charco", formando una salina. Este proceso, que se repite todos los días, ocasiona que la sal en ese lugar parezca inagotable. (Véase el mapa).

Durante la exploración que hice, oí hablar de los depósitos de yeso, pero desgraciadamente no pude visitarlos.



## PETROLEO

Los geólogos y los químicos no pudieron resolver al principio el problema relativo al origen y el proceso de acumulación del petróleo en el subsuelo; pero ahora la geología, mediante su rápido progreso, ha podido resolver que toda acumulación subterránea de petróleo de valor comercial, se encuentra en capas sedimentarias, y tanto los geólogos como varios químicos opinan que el petróleo es de origen orgánico derivado de tipos inferiores de la fauna y flora marítimas, o posiblemente de ambos. Actualmente, la investigación detallada de la estratigrafía, estructura, paleografía y naturaleza de los sedimentos permiten descubrir los receptáculos petrolíferos subterráneos y abrir nuevos campos petroleros.

Desde hace muchos años se ha hablado acerca de la posibilidad de encontrar petróleo en la Baja California, especialmente en la costa del Pacífico. Según los nativos, hace algún tiempo que existe una acumulación considerable de asfalto en la roca ígnea de Punta Gasparino, como a 70 KM. al S. de Todos Santos, en el lado del Pacífico. Este depósito ha atraído la atención de los vecinos de la localidad y muchos petroleros han visitado esa comarca, aunque es completamente improbable que exista petróleo en cantidades comerciales en rocas graníticas intrusivas, como son las de esa región. La presencia del asfalto en esta localidad, probablemente se debe a que ha emigrado de otros lugares.

Como a 3 KM. de un rancho llamado San Andresito, cerca de la desembocadura del arroyo de Comondú, se encuentra asfalto emigrado probablemente de las playas arenosas, el cual atrajo mucho la atención de los nativos, lo mismo que de los viajeros. Yo exploré todo el arroyo hasta Comondú, pero no encontré signo o manifestación alguna de petróleo, ni encontré afloramiento alguno de capa bituminosa en esta localidad.

La única formación petrolera probable en la planicie de la costa del Pacífico, es la llamada pizarra de Monterrey, la cual, tanto litológica como paleontológicamente, es muy semejante a la pizarra de Monterrey de las cordilleras central y costera de la Alta California. El principal afloramiento a lo largo del arroyo de La Purísima está constituido por arenisca de grano fino con intercalaciones de pizarra carbonosa y capas muy delgadas de pizarra bituminosa. Según el

Dr. Darton (1), el afloramiento más al sur del arroyo, como a 3 KM. de distancia de la pleamar, contiene mucha tierra fina diatomácea, arenisca amarilla de grano fino y una pizarra compacta, con escamas de pescado, inclinada al SW. En Ventana, según el Dr. Heim (2), se observan ondulaciones en anticlinales y sinclinales con inclinación hasta de 45° o más, siendo el eje de este plegamiento de rumbo N.-NE. Un corte en Ventanas es el siguiente:

- 1.—Arcilla apizarrada silizosa de color amarillo a blanco, conteniendo una capa de 30 cm. de grueso de arenisca parda.
- 2.—Pizarra silizosa blanca, bien estratificada, de medio metro de espesor.
- 3.—Una capa maciza de yeso de 1½ metro.
- 4.—Una capa que contiene foraminíferas.
- 5.—Capas macizas de pizarra silicosa amarilla.

Para la acumulación del petróleo, la estructura de la formación se considera como esencial en los campos petrolíferos importantes, pues hay alguna relación entre ella y la migración y separación por gravedad del agua, petróleo y gas. Por consiguiente, el explorador petrolero lo que busca y estudia minuciosamente es la estructura.

El estudio detallado de la estructura y de la extensión que ocupa la formación de Monterrey me fué imposible hacerlo en esta zona por lo limitado del tiempo dedicado a este reconocimiento. Es posible que esta formación sea extensa, pues debido a los sedimentos horizontales que la cubren, no se pueden ver las formaciones subyacentes excepto en una extensión pequeña en la que el río corta profundamente toda esa formación.

La estructura de las capas de Monterrey que afloran en varios lugares en el arroyo de La Purísima, presenta un plegamiento muy agudo un poco abajo de Casa Vieja, como a 9 KM. de la villa de La Purísima. Los estratos están inclinados con un echado de más de 21° y como a 5 KM. de Casa Vieja, este echado es de más de 30°, generalmente hacia el NE. La extensión hacia el este no pude determinarla, siendo el último afloramiento que observé el que está a cosa de 5 KM. de La Purísima y no pude estimar qué espesor tiene la

---

(1).—Op. cit. p. 732.

(2).—Op. cit. p. 538.

formación, debido a que la mayor parte está cubierta por aluvión; pero su afloramiento en el arroyo probablemente no es menor de 150 metros.

Hace algún tiempo se hizo un taladro a unos 9 KM. del pueblo de La Purísima, en el fondo del arroyo, en el afloramiento Monterrey, y la persona encargada de hacer la perforación me dijo que se perforaron como 390 metros; que hasta esta profundidad no hubo señales de petróleo, pero que se encontró una gran cantidad de agua salada que los obligó a suspender el trabajo. Según el Dr. Hartmann (1), esta agua tenía una temperatura de 34° C. y su contenido en NaCl era de 4 por mil.

El estudio de la estructura de los afloramientos de las capas de Monterrey a lo largo del arroyo de La Purísima, despertó en mí gran interés, porque esta formación ha dado origen aparentemente a una gran cantidad de petróleo en los campos de la Alta California. Sin embargo, en la región de La Purísima, las capas de Monterrey sólo en algunas partes se hallan localmente plegadas, y es muy dudosa la existencia de una estructura extensa formada por los movimientos tectónicos u orogénicos que hayan permitido la acumulación en el subsuelo de grandes cantidades de petróleo.

### CONCLUSIONES

Como el objeto principal de la exploración que hice en el Distrito Sur de la Baja California fué el estudio de sus posibilidades como región petrolífera, formulo al efecto las conclusiones siguientes:

1.—No existen manifestaciones de petróleo ni de gas en la región estudiada.

2.—La extensión de la pizarra bituminosa de Monterrey (la que es posible sea una formación petrolífera) es muy limitada, al menos por lo que se refiere a su afloramiento.

3.—Una perforación hecha en la pizarra de Monterrey en Casa Vieja, como a 9 KM. del pueblo de La Purísima, sólo produjo agua salada y no dió indicaciones de petróleo a la profundidad de casi 700 M., según informes de un vecino, quien se ha ocupado seriamente en ese trabajo.

(1).—Op. cit.

4.—La gran actividad volcánica en el Terciario afectó la acumulación de petróleo en el subsuelo y aún el aceite acumulado puede haber sido destruido.

5.—La arenisca que cubre a la pizarra bituminosa de Monterrey es horizontal y en grandes extensiones está cubierta por corrientes de lavas terciarias y post-terciarias, todo lo cual hace difícil localizar una estructura favorable.

6.—Las capas de Monterrey sólo en algunas partes se hallan localmente plegadas, pero es muy dudosa la existencia de una estructura extensa que haya permitido la acumulación en el subsuelo de grandes cantidades de petróleo.

7.—En vista de todo lo anterior, no es posible garantizar la existencia de acumulaciones de petróleo de valor comercial en el subsuelo de la región estudiada en el Distrito Sur de la Baja California.

31 de marzo de 1922.