

EXPLORACION GEOLOGICA EN LA REGION DE LA PURISIMA

POR EL SR. DR. ANTONIO PASTOR GIRAUD

Esta exploración fué realizada en compañía del señor Enrique Díaz Lozano, quien fué un eficiente colaborador de campo, por lo cual le he quedado sumamente agradecido.

Este informe tiene el carácter de preliminar; pero a la vez debe considerársele como resumen del trabajo definitivo. El estudio microscópico de las rocas, el examen de fósiles y las consideraciones estructurales podrán modificarlo posteriormente en el detalle, pero no en su generalidad.

Comprendiendo que a la vez que urgencia, lo que se necesita es sencillez y veracidad, me concreto a exponer lo observado sobre el terreno, así como interpretar los hechos, dejando para el estudio final la narración minuciosa y detallada.

I

ITINERARIO

Lo principal era obtener cortes geológicos tanto transversales como longitudinales de la Península. El conocimiento de la región recorrida era nulo y como la extensión era muy grande, había necesidad de recurrir a itinerarios geológicos que sirviesen de verdaderos *cortes*. El itinerario total puede dividirse en tres partes: (véase Lám. I).

1.—LORETO, COMONDU, LA PURISIMA, SAN GREGORIO (paso por alto lugares intermedios y desvíos secundarios). *Corte transversal de la Península*. (Lám. II.—A-B.)

2.—SAN GREGORIO, SAN JUANICO, CADEJE, SAN JOSE DE GRACIA.—*Corte a lo largo de la costa*. (Lám. II.—C-D.)

3.—SAN JOSE DE GRACIA, EL RAIZUDO, SAN MIGUEL, GUADALUPE, LAS CRUCES, SANTA ROSALIA.—*Corte transversal de la Península*. (Lám. II.—E-F.)

A la región recorrida se le asignó el número 400 y a partir de dicho número se fueron recogiendo ejemplares por orden progresivo hasta el 463, que fijan la localidad de donde procede cada ejemplar. (Lám. I). La falta de medios de comunicación, la necesidad de llevar el material a lomo de mula, el depender de los aguajes, la escasez de alimentos y pasturas, etc., nos obligó a ser parcós en el muestreo y a la postre a prescindir de tomar más ejemplares, ya que el peso del material acumulado hacía imposible su transporte. Lo anteriormente asentado, así como la urgencia del problema, nos hizo recoger muestras que no podían ajustarse al modelo señalado en el programa.

II

GEOGRAFIA DE LA REGION

Para su más fácil descripción podremos dividirla en tres subregiones.

1.—SUBREGION DEL GOLFO

Dicha subregión abarca una faja relativamente muy estrecha—generalmente no mayor de 25 kilómetros—que comprende la zona del litoral y los lomeríos que como estribaciones se desprenden de la sierra. Debido a la poca

anchura de dicha zona los arroyos son más torrenciales y el talweg de los valles tiene una pendiente mayor que los arroyos correspondientes a la subregión del Pacífico. Las cuencas fluviales están bien limitadas; los parte-aguas pasan por las aristas de las lomas, y, relativamente, existen multitud de afluentes. En estas zonas la agricultura no ha podido prosperar tanto como en la otra subregión, y es porque la precipitación atmosférica efectuada sobre la Sierra es mayor hacia la vertiente del Pacífico que hacia la del Golfo. Además, debido a la estructura del terreno y al material que lo forma, en la subregión del Pacífico las aguas subterráneas están más regularizadas y los ojos de agua son más permanentes.

2.—SUBREGION DEL PACIFICO

Está constituida por una ancha altiplanicie que progresivamente disminuye de pendiente y viene a morir en las dunas y arenas de la playa. El promedio de la anchura en esta subregión es de 50 a 75 kilómetros, es decir, dos o tres veces mayor que la subregión del Golfo. Los valles son transversales, consecuentes, relativamente anchos y con pocos afluentes. Dichos valles dividen a la mencionada altiplanicie en mesas de gran extensión, áridas por naturaleza y de tan escasa vegetación que el nombre de verdaderos desiertos sería el apropiado. Los parte-aguas secundarios son por tanto imprecisos y geográficamente imperceptibles. Aunque la pendiente de la Sierra al Pacífico es casi uniforme, sin embargo, viniendo de aquélla para ésta, y paralelamente orientadas a la Sierra y a la costa, existen distintas zonas de mesas que se levantan a diferentes alturas y que son en número de tres, una a 400 metros, otra a 275 y otra a 120, ya próxima a la costa. En los valles existen terrazas aluviales a diversos niveles.

Los valles en general, pero no sin excepciones, son verdaderos oasis, donde la agricultura ha podido florecer. Los ojos de agua son, si no numerosos, abundantes y permanentes y el estudio científico hidrológico aumentaría el volumen del líquido disponible para irrigación y con ello la extensión de los terrenos de labranza.

Una peculiaridad sumamente característica de esa subregión es la zona de volcancitos que, paralela a la costa y como a la distancia de un tercio de la anchura total de la altiplanicie, se levantan sobre ella. Dichos volcanes son relativamente modernos y aunque los agentes denudativos han deformado muchos de ellos, algunos, sin embargo, conservaron su estructura original. (Lám. II).

La faja de dunas es también característica de esta subregión, en la cual las pendientes del litoral son suaves. Los esteros abundan y una variedad inmensa de playas como barras, *sand-hooks*, *spits*, *head-beaches*, etc., están representadas. Todo esto es digno de tenerse en cuenta al hacer un dictamen sobre petróleo.

3.—SUBREGION DE LA SIERRA

Dicha subregión es más bien hipotética, ya que sería imposible fijar los límites que la separan de la subregión del Golfo por una parte, y de la subregión del Pacífico por otra. A lo largo de ella existe el parte-aguas y arbitrariamente a uno y otro lado de él se le pueden asignar fajas de 10 a 15 kilómetros de anchura. Es decir, que la anchura total de la subregión susodicha sería de 20 a 30 kilómetros. La precipitación atmosférica es relativamente grande, rarísimo es el año que no llueve, las pasturas son abundantes y las cañadas mantienen una escasa pero permanente población que vive en su totalidad de la ganadería. La agricultura casi no existe. Como la roca predominante, es decir, el macizo de la sierra, es diorítico, como ahí se encuentran las cabezas de los arroyos y como la estructura no se presta para el almacenamiento de aguas subterráneas, después de las lluvias anuales, la población carece de agua

y sucede a veces que el ganado muere al pie de los agujajes. Las obras de captación subterránea en esta subregión, es, a mi entender, un problema, si no imposible, a lo menos sumamente difícil.

RELIEVE Y MEDIOS DE COMUNICACION

El relieve de las subregiones del Golfo y de la Sierra es rugoso en general; el de la subregión del Pacífico no lo es tanto, si se compara superficialmente con las anteriores comarcas; pero si se tiene en cuenta que la altiplanicie queda subdividida en multitud de mesas por los ríos y arroyos que la cortan, y que el paso de una a otra mesa obliga a descender de 150 a 250 metros para llegar al fondo de los valles, y remontar de nuevo la misma altura para llegar a la otra mesa, el relieve efectivo, en lo que respecta a los medios de transporte, es tan grande como en las otras dos subregiones.

Actualmente todo el transporte se hace por los arroyos y las mesas a lo largo de senderos—entre muchos lugares—más que inciertos. Las pendientes son excepcionalmente grandes. En caminos de cierta importancia, como el de La Purísima a Comondú y de este lugar a Loreto, se ve el viajero forzado a atravesar mesas que a la menor lluvia se vuelven atascaderos. Otros muchos ejemplos podíamos citar. En el caso de explotación petrolera, habría que gastar una gran suma para establecer buenas líneas de comunicaciones. Con respecto a comunicaciones marítimas, el caso no es tan grave: existen multitud de puertos y bahías naturales, y muchos de los esteros, con algo de draga, podrían adaptarse eficientemente para el fin de la explotación.

CONDICIONES FISICAS, AGUA POTABLE Y AGUA PARA PERFORACIONES

El clima de la región es esencialmente el de la zona de los desiertos tropicales. La temperatura en verano es sumamente elevada; en algunos días de los meses de verano el termómetro llega a marcar 40 grados o más, a la sombra. Del lado del Pacífico la temperatura es siempre mucho más fresca que del lado del Golfo. En invierno, el frío, al decir de los habitantes, llega a ser algo mortificante. Con respecto al calor de la región, tenemos que añadir que, aunque elevado, es soportable, pues dicho calor es seco. Jamás hemos sentido calor húmedo.

En lo general el agua es poco abundante. Actualmente existen agujajes naturales a larga distancia unos de otros, generalmente en el fondo de las cañadas y ahí donde las rocas efusivas volcánicas han sido cortadas por los arroyos y dejan al descubierto las tobas o arenas sedimentarias. Cerca de las costas el agua es un poco salina. Con perforaciones hechas discretamente y a alguna profundidad, podría sacarse no sólo agua potable, sino la necesaria para las perforaciones.

III

GEOLOGIA GENERAL

Distribución geográfica de las rocas

ROCAS IGNEAS

A.—*Plutónicas*.—Las rocas plutónicas afloran en la subregión de la Sierra. (Lám. II). Fueron encontradas alrededor del pilón de Las Parras, en el camino que va de Loreto a Comondú (corte A-B), y en los alrededores del rancho de Guadalupe, en el camino que va de San Miguel a Santa Rosa.

lía (corte E-F). La roca es una diorita o grano-diorita de estructura granitoide y color blanco. Forma el macizo de la Sierra y su anchura aproximada de afloramiento es de 15 a 25 kilómetros. El eje de afloramiento es de NW. a SE., es decir, paralelo a las líneas de costas y a lo largo de la Península. Se comprende que dicha roca plutónica no es sino la representante de los macizos graníticos del Norte y Sur de la Península, con los cuales puede muy bien, geográficamente, correlacionarse. Dicho macizo diorítico constituye, por decirlo así, el espinazo físico-geológico peninsular. El parte-aguas peninsular se encuentra colocado a todo lo largo de dicho macizo, y por tanto, es natural que sea en él donde se hallen las mayores alturas (1,000 metros para arriba).

B.—*Volcánicas*.—Las erupciones volcánicas, como veremos posteriormente, han sido numerosas y variadas, de aquí que hallemos diferentes tipos de rocas efusivas. Sin embargo, el caso no sólo no es complicado, sino verdaderamente sencillo y fácil en su generalidad.

1.—*Basaltos*.—Del lado Oeste, es decir, en la subregión del Pacífico, se encuentran puramente basaltos con exclusión completa de cualquiera otra roca efusiva. (Lám. II.) Habiéndose verificado varias emisiones, es claro que habrá diferentes variedades de basalto; los hay porosos, compactos, con mucho o poco olivino, de color negro variable e indiscutiblemente constituido por diferentes proporciones de plagioclasas. Todo esto será el tema de un estudio microscópico futuro.

2.—*Andesitas*.—Por el contrario, del lado E., es decir, del lado de la subregión del Golfo, la roca efusiva está constituida por andesitas y traquitas. (Lám. II—zona roja.) Tenemos que hacer notar que cerca del rancho de Las Cruces se encuentran emisiones de rocas basálticas (a lo menos, está fué nuestra determinación de campo). Hay que añadir que según persona autorizada, como lo es el señor inspector de minas, ingeniero Marcelo Peña, al Norte de Santa Rosalía se presentan derrames rhyolíticos. No es de dudarse tal aserto, pues en los alrededores de La Paz e isla del Espíritu Santo, las corrientes rhyolíticas son las únicas rocas volcánicas.

La isla del Carmen, así como las costas de Agua Verde, lugar situado entre Loreto y La Paz, están formadas por andesitas.

Quizá se presenten excepciones al caso general; pero el predominante es el de encontrar basaltos del lado del Pacífico y andesitas y rhyolitas del lado del Golfo.

ROCAS SEDIMENTARIAS

Las capas sedimentarias no afloran sino cerca de las costas. (Lám. II—zona marítima.) La faja sedimentaria costera del Golfo es mucho más estrecha que la del Pacífico. La anchura es variable como se puede ver en la lámina.

Concretándonos a la faja del Pacífico, podemos decir por ahora que las rocas sedimentarias aparecen en sucesión en el fondo de las cañadas y los valles. En La Purísima, Casas Viejas, La Ventana, Las Lisas, El Conejo, San Gregorio, Mezquital, San Juanico, Mesa de San Juanico a Cadejé, San José de Gracia, etc. (Figs. 5, 9, 12 y 15) afloran calizas fosilíferas intercaladas, ya entre las margas, ya entre las arenas, ya alternando con unas y otras. Los bancos fosilíferos son varios a distintos niveles.

Muy cerca de las costas, en esteros azolvados, como es el del Mezquital (Figs. 6, 7 y 8) se hallan arenas yesíferas descansando en discordancia sobre la estratificación regular. En San Juanico estratos de arenas fosilíferas modernas—conteniendo el género *Nática* en gran abundancia—descansan en discordancia sobre bancos calizos más profundos y se apoyan sobre rocas volcánicas en las cabezas. (Figs. 10 y 11.)

Tobas volcánicas estratificadas y arenas y margas sedimentarias ocurren en casi todos los valles debajo de las corrientes basálticas, siempre que los taludes de ladera no las hayan cubierto. (Figs. 2, 17, 18 y 19.)

ROCAS METAMORFICAS

Debido a levantamientos, plegamientos y compresiones dinámicas así como a empujes de masas magmáticas efusivas, una estrecha faja de rocas metamórficas se presenta del lado del Golfo y en contacto directo con el macizo diorítico. En la zona de Loreto ha habido plegamientos posteriores—en parte al menos—al derrame andesítico. En la zona de Santa Rosalía masas inmensas de conglomerados han sido comprimidos, levantados y plegados.

Tanto los derrames basálticos como los andesíticos han producido ligeras metamorfosis en las capas sedimentarias inferiores. Pero la acción metamórfica (no vista por nosotros) debe haber sido sumamente intensa ahí donde el magma ascendente cortó la sucesión de lechos estratificados.

CONTACTOS

Se ha dicho que el estudio de los contactos es la parte más difícil de la geología. Era imposible en el corto tiempo disponible dedicarse al examen minucioso de ellos. Varios contactos, sin embargo, pudieron observarse: el de los basaltos y las capas estratificadas inferiores—por un lado—, y el de las rocas efusivas andesíticas con la rhyolita abajo, por otro lado.

El contacto del basalto con las capas estratificadas puede verse en muchos lugares; pero sobre todo, hay tres bastante típicos y característicos. A dos kilómetros al Sur de La Misión de San Javier, se encuentra una vinatería. (Lám. I). Al lado Oeste del arroyo sube desde el fondo del valle hasta la mesa de San Alejo —aquí conocida también con el nombre de Mesa del Tío Pancho— un sendero por donde bajan los magueyes de los cuales se extrae el tequila. La falda del cerro está cubierta por un talud basáltico que se proyecta hacia el Este, estrechando el fondo del valle en aquel lugar. Recibe el nombre de Segundo Paso. La altura del fondo del valle es de 400 metros. La mesa está a la altura de 640 metros. El contacto se presenta a 610 metros de elevación, levantándose a pico la ceja de la corriente basáltica. La acción metamórfica producida por el contacto es sumamente notable; ahí recogimos pedazos de calcedonia. El basalto arriba es compacto; pero en el contacto es poroso, de la variedad conocida con el nombre de tezontle. Las tobas o arenas inferiores se encuentran tostadas. (Fig. 2).

En el mismo arroyo, entre Presa Vieja y Santo Domingo, en un lugar llamado Los Cantiles y del lado Sur del valle, se encuentra otro contacto. El diagrama número 3 da una idea de cómo aparece dicho contacto. Las arenas inferiores han cambiado de color y han sufrido la acción intensa del calor magmático.

Los contactos entre el basalto y las capas sedimentarias tienen doble importancia, puesto que las corrientes se encuentran sobre lechos estratificados en discordancia. (Figs. 18 y 19).

En el arroyo de Cadejé (Fig. 16), capas de arenas sedimentarias descansan en discordancia sobre basaltos de estructura columnar.

Contactos entre corrientes de basaltos podrían estudiarse en Comondú, donde basaltos de estructura columnar se hallan coronados por corrientes de basalto compacto.

En La Purísima parece haber una discordancia entre capas estratificadas.

Por último, en la figura 22 hemos tratado de representar otro contacto. La capa "a" está formada por la roca plutónica de textura granitoide. Sobre ella descansan en discordancia capas estratificadas de arenas "b," sobre las cuales se derramaron las corrientes volcánicas "c." Un estudio detallado de los contactos no sólo proporcionaría datos importantes, sino que esclarecería la geología estructural detallada de la región en estudio.

IV

GEOLOGIA FISICA Y ESTRUCTURAL

(Ténganse a la vista la Lam. I. y los cortes geológicos)

MACIZO DIORITICO

La zona señalada en la lámina, representa el afloramiento del macizo diorítico. Los cortes A-B y E-F dan una idea de dicho macizo en sección vertical.

Es fácil comprender que esta roca plutónica es la más antigua, pues que sobre ella descansan, no sólo las capas sedimentarias, sino las corrientes efusivas modernas. La acción denudativa de los agentes atmosféricos produce tipos montañosos en forma de doma. Las alturas máximas se encuentran, por supuesto, en el macizo diorítico, el cual constituye la forma más sobresaliente del relieve de la Península.

MESAS BASALTICAS

Inmensas erupciones de basaltos derramaron en no lejana época sobre planicies levantadas y denudadas. El derrame efusivo se produjo del lado W. del macizo diorítico y corrió sobre sus flancos y la planicie antes dicha hasta llegar muy cerca de la costa del Pacífico. El espesor de la corriente es mayor cerca del block diorítico (figura 1), y se adelgaza a medida que se aproxima uno al W. El derrame de la corriente no fué a través de focos o centros de emisión, sino más bien a través de una grieta paralela al macizo diorítico, recordando en este sentido el tipo efusivo islándico. El aspecto de aquella planicie negra basáltica debía ser—aún lo es—imponente. La acción del intemperismo combinándose a la acción destructora de los ríos dividió la altiplanicie en mesas más o menos grandes. Como los ríos todos son transversales y consecuentes, dichas mesas están generalmente orientadas en el sentido de su mayor inclinación, es decir, de Este a Oeste.

El proceso denudativo está gráficamente representado en la figura 4; en A, la corriente basáltica se encuentra poco desgastada. Como ejemplo podemos señalar la mesa del Vigía, entre Kiñí y Comondú.

En la mesa de La Vuelta, entre Palmarito y Kiñí (Fig. B), la corriente basáltica ha sido levantada en parte. Debido a la escasa precipitación atmosférica, la acción del intemperismo ha sido la predominante. En época de lluvia, debido al surco incierto de los arroyos, dichas mesas constituyen peligrosos atascaderos.

Por último, en la figura C, tenemos una representación del tipo actualmente predominante. La corriente basáltica ha sido no sólo levantada, sino que las capas estratificadas inferiores han sido cortadas por la acción de los arroyos. Muchos ejemplos podrían citarse; pero bastará con el del valle de San Javier. La corriente basáltica forma cejas acantiladas a uno y otro lado del valle. En la base de esas cejas acantiladas se encuentran los contactos. A uno y otro lado del valle, en las laderas, se apoyan inmensos taludes, algunos de los cuales están muy próximos a su ángulo de reposo crítico. Están formados por brechas basálticas que cubren generalmente el contacto.

Arriba de las mesas la nivelación es casi perfecta, pero a medida que se aproxima uno hacia la sierra, la superficie se hace más y más irregular.

ESTRATIGRAFIA

Las corrientes basálticas se apoyan, como hemos dicho anteriormente, sobre capas estratificadas. En el poco tiempo de que dispusimos no nos fué posible estudiar sino algunos lugares con algún detalle. En el arroyo de La

Purísima pudimos hacer un corte de cerca de 250 metros. En el arroyo de San Gregorio, se estudió una sucesión estratigráfica en Las Lisas, Las Destiladeras, El Conejo y rancho de San Gregorio. Varios cortes secundarios se hicieron en San José de Gracia, Cadejé, San Juanico, Arroyo de San Javier, etc., etc.

Hemos dicho que cerca del macizo diorítico la corriente basáltica es sumamente espesa (Fig. 1). Por supuesto, no nos fué posible determinar el espesor de la corriente.

En la Misión de San Javier y a todo lo largo del arroyo del mismo nombre, pudimos observar los contactos de basalto con las rocas estratificadas inferiores, así como la sucesión inmediata de dichos estratos (Figs. 2 y 3). Inmediatamente abajo del basalto, existen lechos sedimentados de tobas y arenas. Una exploración minuciosa del arroyo de San Javier, desde su nacimiento hasta el mar, nos daría una sucesión estratigráfica completa. Igual observación es aplicada a todos los otros arroyos importantes de la región, como La Purísima, San Gregorio, Cadejé, San Miguel y San José de Gracia.

En el Parrón —camino a Palmerito—, Pozo de los Frailes y Valle de Kiñi, los lechos de tobas y arenas pudieron estudiarse de nuevo (Fig. 4 B).

En Comondú, corrientes superpuestas de basalto fueron observadas (corte geológico C-D). Falta de tiempo nos privó de estudiar el asunto en detalles.

La región de La Purísima nos ofreció la oportunidad de estudiar las capas sedimentarias más minuciosamente. Recogimos fósiles y muestras en todos los lechos. La figura 5 muestra el corte transversal del valle y la figura de la Lám. V., el espesor de los estratos y su descripción detallada. Los números colocados sobre la margen derecha, representan los niveles en metros sobre el nivel del mar, del afloramiento respectivo de los estratos sobre el corte. No es necesario entrar en la parte explicativa del diagrama y del corte; bástenos hacer notar que los estratos de caliza fosilífera se encuentran coronados por 200 metros aproximadamente de capas sedimentarias. Este dato es sumamente significativo si se recuerda el corte de San Javier (Fig. 2) y se trata de determinar la altura aproximada de dichas capas calizas en aquel sitio. No está fuera de lugar añadir que en Casas Viejas, punto situado a tres leguas al W. de La Purísima, se hizo una perforación que llegó aproximadamente a 570 metros (1,700 pies) más abajo de la capa fosilífera sin encontrar el petróleo. Una perforación en San Javier nos llevaría después de 1,000 metros a alcanzar el mismo nivel estratigráfico de Casas Viejas. Ya volveremos a tocar este asunto más adelante.

Debajo de las calizas fosilíferas siguen arenas y margas estudiadas en La Ventana, Casas Viejas, y Pozo de Los Tepetates. Dichas margas y arenas han sufrido una acción intensa de plegamiento. Domas, anticlinales, sinclinales y otras formas, aparecen aflorando en el fondo del valle. Precisamente el pozo de Casas Viejas se hizo sobre un pequeño anticlinal algo irregular. Las margas han sufrido una acción dinamo-metamórfica (pudiera ser que fuese una acción de contacto intrusivo, pero lo dudamos).

En el arroyo de San Gregorio, en Las Lisas, Las Destiladeras y El Conejo (Figs. 12, 13, 14 y 15) una nueva oportunidad se nos presentó para hacer un estudio en detalle. La capa superior de caliza fosilífera —determinación de campo— parece ser la misma que aflora en el cerro de La Presa en La Purísima. Pudiera ser, y existen razones de peso, que todo el corte de El Conejo no fuese sino la representación local de las calizas fosilíferas de La Purísima.

En el estero de San Gregorio, cerca de la playa y debajo de las dunas o médanos afloran las calizas fosilíferas (Figs. 12, 13 y 14).

En el valle del Mezquital y su estero, así como a lo largo de la playa que conduce a San Juanico, vuelven a presentarse las calizas fosilíferas (Figs. 6, 7, 8, 9, 10 y 11).

No cabe duda que debido a oscilaciones de la costa peninsular, masas

sedimentarias recientes han sido depositadas en discordancia sobre los sedimentos estratificados normales inferiores. En San Gregorio pueden verse arenas fosilíferas modernas formando los médanos (Figs. 12 y 13). En el estero del Mezquitil han sido las capas yesíferas las depositadas (Figs. 6, 7 y 8). En San Juanico, arenas fosilíferas conteniendo gran cantidad del género *Nática* han sido superpuestas sobre los flancos de la corriente basáltica y arriba de las rocas estratificadas inferiores.

En todo el trayecto que media entre San Juanico y Cadejé, margas, caliza fosilífera y arenas fueron vistas. Debido a la falta de aguajes y pasturas, nos fué de todo punto imposible quedarnos sobre esta comarca. En este sitio anduvimos perdidos un día entero, y por poco tenemos que lamentar una desgracia, debido a la falta de mapas y a la incompetencia del guía.

En Cadejé (Fig. 16), observamos una corriente basáltica de estructura columnar coronada por bancos de arenas estratificadas en superposición discordante. Nos dijeron que arroyo arriba aparecen calizas fosilíferas en el fondo del valle.

Vuelven a presentarse capas sedimentarias en todos los cortes de los arroyos entre Cadejé y San José de Gracia, como por ejemplo en el arroyo de San Miguel (Fig. 20).

Poco antes de llegar a la entrada del cañón de Las Vacas, y ya sobre el arroyo que lo une con San José de Gracia, calizas fosilíferas superpuestas sobre arena aparecen en testigos a 100 metros de altura sobre el nivel del mar. En San José de Gracia (Fig. 17), 75 a 80 metros de margas y arenas siguen a los basaltos. Las calizas fosilíferas citadas en el párrafo anterior quedan, por tanto, mucho más abajo: como 80 metros más abajo del nivel del arroyo.

Por último, en el arroyo de Las Vacas (Figs. 18 y 19) y a lo largo del arroyo de San Miguel, cauce arriba hasta el rancho de Los Angeles y el mismo San Miguel, vuelven a aparecer capas de tobas y arenas coronadas por basaltos, es decir, vuelve a repetirse la misma estructura que en San Javier.

ERUPCIONES VOLCANICAS

Aparte de la emisión de la corriente basáltica que forma las mesas, y de las emisiones andesíticas de la subregión del Golfo, han ocurrido emisiones volcánicas posteriores.

Ya al tratar de la geografía de la subregión del Pacífico, dijimos que una característica de dicha subregión era la faja de volcancitos modernos que existe entre la costa y la sierra (Lám. II y cortes geológicos).

Dichos volcanes son bastante numerosos, se levantan sobre la pendiente suave de la altiplanicie, es decir, sobre las mesas más o menos niveladas, a una altura máxima de 750 metros. Algunos como el pico de San Raymundo, se levantan relativamente poco sobre la altiplanicie; dicho pico se eleva a 260 metros, y teniendo la mesa sobre la que se apoya, una altura de 120 metros; la altura del volcán es sólo de 140 metros. Visto desde lejos, aparece este pico solitario como un gigante que se divisa desde larga distancia. Por el contrario, volcanes como El Pabellón, El Zorrillo, El Tezontle, Jesús del Monte, San Javier, etc., alcanzan alturas mayores, debido a que están colocados más hacia el interior sobre mesas más elevadas.

Muchos de dichos volcanes se encuentran destruidos y sólo queda de ellos las corrientes, otros se hallan en estado de semidestrucción, y los menos conservan aún su originalidad primitiva.

En aquellos lugares en donde se encuentran agrupados, sus corrientes respectivas llegan no sólo a ponerse en contacto unas con otras, sino a superponerse; ejemplo: el distrito de Comondú.

Las emisiones, en su generalidad, fueron bastante fluidales. Corrientes basálticas derramaron sobre los flancos de sus cráteres cubriendo partes

más o menos grandes. Debido a la pendiente primitiva del terreno, las corrientes son más numerosas hacia el W.

Pero, además del tipo volcánico de corrientes, hubo el explosivo. Grandes acumulaciones de lapilli y escoria, se encontraron en distintos lugares, recogándose bombas volcánicas. Entre Comondú y el cerro de El Pabellón, se localizó un cráter de tipo explosivo. El cerro de El Tezontle es también explosivo, y sus faldas, de más de 150 metros de altura, se encuentran cubiertas de lapilli.

INTRUSIONES

Junto a las emisiones volcánicas nos encontramos verdaderas intrusiones. Citaremos, entre otras, las siguientes: los basaltos columnares de Comondú. Dichos basaltos se encuentran coronados por corrientes compactas que aparecen ser más de una.

En el arroyo de San Miguel vimos también mantos basálticos, intercalados entre rocas sedimentarias. Condiciones imposibles de aguajes y alimentos nos privaron de acampar en aquel lugar.

No queremos olvidar los basaltos de Cadejé. La estructura columnar de la masa es perpendicular a los lechos estratificados de arriba. Nosotros examinamos el contacto y consideramos que eran corrientes sobre las cuales se depositaron los sedimentos. Dichos sedimentos tienen echados variados y parece como que se ajustaron a las sinuosidades del terreno. No tenemos inconveniente en confesar que quizá un estudio más minucioso decidiese que tal roca era una intrusión basáltica. Sin embargo, como digo antes, creemos que sean corrientes superpuestas después por los sedimentos (Fig. 16).

LEVANTAMIENTOS, HUNDIMIENTOS Y OSCILACIONES DE LAS COSTAS

El tipo de costas de la subregión del Pacífico, es de levantamientos. La pendiente suave de la planicie costera y de la zona del litoral, es signo evidente de elevación reciente. Ligeras oscilaciones han ocurrido en épocas modernas. El rellenamiento de algunos esteros se sigue verificando actualmente.

En algunos sitios como valle y estero del Mezquital (Figs. 6, 7, 8 y 9), capas de arenas yesíferas reposan en discordancia sobre lechos estratificados inferiores. En San Juanico (Figs. 10 y 11), arenas calizas muy modernas reposan, igualmente en discordancia, sobre capas sedimentarias inferiores.

El movimiento predominante ha sido el positivo, es decir, el de elevación de la costa del Pacífico (me refiero a la región estudiada). La prueba más concluyente la ofrecen las terrazas aluviales, que, a diferentes niveles, aparecen sobre los cauces de los ríos (Figs. 16 y 20). Por el arroyo de San Miguel, a cinco leguas de la costa, hemos contado hasta tres terrazas sucesivas. En diversos lugares, masas de conglomerado se hallan a diferentes niveles. Dichos conglomerados son basálticos e indican los niveles sucesivos de erosión aluvial.

Por último, depósitos de tripolli en La Ventana, Las Lisas, Las Destiladeras, etc., se encuentran como embarraduras sobre los acantilados. Dichos depósitos—no se sabe si marinos o de agua dulce—, se encuentran levantados sobre el nivel del fondo de los arroyos. En Las Lisas fué hallado por el señor Díaz Lozano, en dicho tripolli, una aleta caudal de un pez.

La subregión del Golfo ha sufrido un levantamiento progresivo, con rupturas intensas subsecuentes. Ya hablaremos sobre este asunto al tratar de las fallas. Cuevas marinas han sido localizadas en la región de Loreto y en la Isla del Carmen. El Distrito minero de Santa Rosalía tuvo por origen algunas azolvadas, con levantamiento superior reciente.

PLEGAMIENTOS

Debido al levantamiento progresivo de la Península en general y de las ascensiones magmáticas en parte, es lo cierto que las capas sedimentarias han sufrido plegamientos de consideración en algunos lugares bastante intensos.

En otra parte de nuestro informe hicimos referencia a la región de La Purísima. Dijimos que aquí las capas se encuentran plegadas formando domas, anticlinales y sinclinales, etc. de consideración. Añadimos que, en dicha comarca, parece existir una discordancia entre las mismas capas estratificadas, e insistimos, además, sobre el plegamiento intenso de las margas que vienen debajo de las calizas fosilíferas.

En todos los arroyos como en San Gregorio, La Purísima, Cadejé, San Miguel, etc., las capas superiores se encuentran más o menos inclinadas con echado al W., es decir, hacia el Pacífico.

En San José de Gracia y Las Vacas (Figs. 17, 18 y 19) las tobas y arenas se encuentran plegadas.

En todo nuestro estudio acerca de capas sedimentarias, no hemos encontrado sino echados variables, a poca distancia unos de otros. Sobre dichos plegados han corrido las emisiones de basalto.

En la subregión del Golfo hemos hallado intensos plegamientos en el contacto de las zonas andesítica con la diorítica. En Santa Rosalía masas inmensas de conglomerados y brechas, han sido comprimidas, levantadas, plegadas y volteadas.

TEMBLORES DE TIERRA

Fué altamente significativo—y esto es prueba de los resultados satisfactorios que se derivan de una buena inferencia—, que a poco de llegar a la región de Loreto, concluyésemos que era el tipo de la región sísmica.

Nuestra conclusión se basa en que, primero, la zona costera es sumamente estrecha; segundo, los acantilados de la sierra son enormes y extensísimos, lo cual trae a la mente la idea de una falla; tercero, las islas del Carmen y Coronado, están separadas de la costa peninsular por profundidad relativamente grande; cuarto, existen puertos naturales formados por inmersión, y más tarde: quinto, los kaernbutts y kernuts de la isla del Carmen, y sexto, la zona metamórfica cerca de la sierra. Tuvimos después la satisfacción de saber, por boca del señor Larrinaga, y otras personas, que un temblor poderoso, ocurrido en 1878, destruyó completamente la población de Loreto, ciudad de Las Palmas y antigua capital de Distrito. El temblor comenzó el lunes 22 de abril de aquel año y repitió el 23, 24 y 25. El máximo de intensidad ocurrió el 25, día en que cayó la torre de la iglesia de La Misión. La destrucción fué casi completa, sólo cuatro casas quedaron en pie. Las pérdidas de vidas fueron, por fortuna, poco numerosas: hubo solamente dos desgracias que lamentar.

Desde entonces acá, no han ocurrido sino ligeros movimientos. En la isla del Carmen nos fué dicho que ahí también sienten, de vez en cuando, temblores. El señor Pagés, encargado segundo de las salinas, nos dijo que hace tres años, así como en mayo pasado, hubo temblores bastante fuertes. Asegura que este último fué acompañado de ruidos subterráneos.

Del otro lado del parte-aguas, es decir, por Rancho Viejo, San Javier, etc., los movimientos sísmicos no han sido notados; pero en La Purísima se han sentido ligeras vibraciones.

FALLAS

Muy poco tenemos que decir acerca de fallas, pero haremos notar los siguientes hechos: es indiscutible que varias fallas importantes deben haber

ocurrido del lado de la subregión del Golfo. Las fallas no son sino consecuencias necesarias de levantamientos y plegamientos. Los temblores de tierra no son sino un corolario de las dislocaciones.

A mi entender, considero que —aparte de pequeños movimientos—, hay dos fallas grandes en la región de Loreto. Una línea de falla siguiendo el contacto, o muy cerca del macizo diorítico; la otra línea de falla, paralela a la costa. En la región de Santa Rosalía también existen fallas, más o menos grandes, del tipo normal.

Con respecto a la subregión del Golfo, nada podemos decir en concreto; sin embargo, habría que investigar más minuciosamente los frentes de las cejas acantiladas basálticas, que se encuentran del lado W. de las masas: una a 275 metros, y la otra a 400 metros de altura. No sería nada difícil que fueran rupturas de la altiplanicie. La zona de volcancitos, más o menos paralela a la costa y a la sierra, está formada, a mi entender, por derrames efusivos volcánicos, siguiendo una línea de débil resistencia.

V

GEOLOGIA HISTORICA

Con objeto de resumir todo lo dicho anteriormente, y como introducción al capítulo de "HORIZONTES GEOLOGICOS PETROLIFEROS," damos a continuación el siguiente bosquejo histórico: (véanse cortes A-B, C-D y E-F; además, Fig. 21).

Ante todo, hay que advertir que los tres cortes geológicos que acompañan el informe, son generales. Las alturas fueron tomadas con barómetro y las distancias horizontales son las dadas por el mapa. Como el mapa tiene una escala de 1:800,000, las distancias no son sino aproximadas. La escala vertical está aumentada 10 veces, con objeto de hacer resaltar más los perfiles. De una manera algo rápida vamos a tratar de explicar los acontecimientos:

1.—Según todas las probabilidades, la Península de la Baja California, surgió del seno de las aguas, como tierra de origen granítico.

2.—Erosiones posteriores dividieron esta tierra en islas separadas por estrechos más o menos grandes.

3.—Masas sedimentarias fueron depositadas a uno y otro flanco de dicho macizo. La edad de los depósitos más antiguos data de la época cretácica. Pudiera ser que existiesen aún sedimentos más viejos.

4.—Hubo levantamiento progresivo que todavía dura y que ha producido plegamientos, fallas, etc.

5.—Derrames basálticos enormes a través de una grieta del lado del Pacífico, y andesíticos, traquíticos y rhyolíticos del lado del Golfo. Los primeros son probablemente posteriores a los segundos, los cuales parecen datar de la época pliocena.

6.—Levantamientos: formación de una línea de débil resistencia, ya por falla, ya por ascensión de la roca magnética comprimida, y emisiones de corrientes de basalto a través de focos volcánicos. Además, ruptura del terreno, con separación de la Península de las Islas del Carmen y Coronado.

VI

MANIFESTACIONES SUPERFICIALES DEL PETROLEO

Muy pocas y aisladas son las manifestaciones superficiales del petróleo en la región recorrida. A continuación exponemos las observadas en el terreno.

CHAPOPOTE EN LAS COSTAS

Innumerables veces han sido recogidas muestras de chapopote en las arenas de las playas de casi todo el litoral del Pacífico. En San Gregorio y a todo lo largo de la bahía de San Juanico, no nos fué posible observar ninguna manifestación del petróleo oxidado. En El Conejo, Mezquital y San Juanico mismo, contrariamente a lo asentado por testigos oculares, no vimos ni aun siquiera pedazos de dicha substancia. Nosotros achacamos el fracaso a una tormenta acaecida poco antes de visitar aquellos lugares. Admitiendo—como admitimos de lleno— la existencia de chapopote en las costas, no le damos sino la importancia relativa que tiene. Dicho chapopote, varado o no, es la muestra palpable de los carburos oxidados procedentes de yacimientos petrolíferos. En San José de Gracia nos aseguraron la existencia de grandes acumulaciones de dicha materia en la costa. Por falta de medios pecuniarios nos fué imposible visitar dichos lugares.

De todos los lugares de la costa del Pacífico, donde se dice hay manifestaciones de petróleo, sólo el de la isla del Carmen nos fué posible visitar. Ahí nos dijeron que varios geólogos extranjeros y nacionales habían estado antes. Debido a la amabilidad del gerente de la negociación, Mr. Milhe, que puso a nuestra disposición un bote de gasolina, pudimos transportarnos rápidamente al lugar conocido con el nombre de El Alquitrán, cerca de Punta Baja, extremo Sur de la isla (véase Lám. I y corte A-B).

La formación en aquel punto consiste de una corriente andesítica, sobre la cual se encuentran superpuestas arenas fosilíferas estratificadas. Entre una y otra formación, se halla intercalado un conglomerado en discordancia. La corriente andesítica se encuentra tan baja que, en la alta marea, queda casi cubierta por las aguas. La roca ígnea, que queda en la zona comprendida entre los límites de la baja y alta marea, se ve agrietada. A través de las grietas, según dicen, sale el petróleo; añaden que cerca del contacto es mucho más abundante. En la época de nuestra visita nada de esto pudimos observar, aunque bien pudiera ser cierto que el derrumbe que vimos —y que nos aseguraron fué debido a un temblor— hubiese tapado el venero (así lo llaman). Nosotros recogimos muestras de chapopote incluido en la arena fosilífera; muestras que recuerdan las encontradas por El Pescadero, Bahía Magdalena, etc.

CHAPOPOTE EN EL INTERIOR DE LA PENINSULA

En el rancho de Santo Domingo, sobre el arroyo del mismo nombre, visitamos unas cuevas en donde, se decía, había chapopote.

El rancho de Santo Domingo se halla a una altura de 260 metros sobre el nivel del mar. Las cuevas susodichas se encuentran en el cerro Atravesado, distando 10 minutos de aquel rancho. La parte superior del cerro—que no es sino una mesa—, está cubierta por la corriente basáltica, la cual forma la conocida ceja acantilada. La corriente en este lugar, no forma las columnas irregulares vistas generalmente en otros sitios, sino que se encuentra como plegada o movida.

El espesor de la corriente es de 30 metros. Dicha corriente descansa sobre tobas y arenas. Las cuevas se encuentran en la base de la corriente, cerca del contacto. La altura es de 360 metros. La materia que se supone hidrocarburada aparece entre las lajas basálticas, en una grieta en que la dirección y echado es N. 80° E. y N. 38° W. respectivamente. Se recogieron muestras de dicha sustancia, de aspecto asfáltico, las cuales deben ser analizadas a la mayor brevedad posible.

Podemos citar otros dos casos de aparición de alquitrán, nombre que dan los rancheros al chapopote. Del rancho de Las Tunas, ubicado en la sierra de nombre María y sobre el camino que va de La Purísima a Mulegé, provienen unas muestras regaladas por la señora de don Pedro Peralta, de La Purísima.

El señor Manuel Romero nos afirmó que en San Pablo, cerca de Trinidad y ya en la sierra, aparece el alquitrán. Ninguna de las dos localidades pudieron visitarse por encontrarse sumamente alejadas de nuestro itinerario. Los habitantes emplean el *alquitrán* como remedio contra los dolores de cabeza.

PETROLEO LIQUIDO

En nuestra visita a Las Vacas, cañón paralelo al valle de San José de Gracia (Figs. 18 y 19), y como a medio kilómetro del rancho del señor Gil Murillo, sobre el fondo del valle y cauce arriba, nos mostró la señora su hija, el lugar donde se encuentra el ojo de agua. Nos dijo que en aquellos lugares las aguas salen cubiertas de una nata de petróleo. Nosotros no vimos sino vestigios muy dudosos. Pero nos dijeron—y a nosotros no nos consta—, que poco antes, lluvias muy fuertes habían arrastrado aquella nata. Como era imposible permanecer ahí por mucho tiempo, no pudimos cerciorarnos de la autenticidad de tal aserto; sin embargo, se veían flotar películas de grasa en los caños de riego. Hacemos constar que son varios los geólogos y gambusinos extranjeros que han ido por ahí.

MARGAS CARBONOSAS

En distintos lugares de la región, las margas presentan huellas de materia carbonosa. Ejemplo: San José de Gracia, Las Vacas, La Purísima, etc., algunas de ellas conteniendo restos marinos, como dientes de tiburón.

PERFORACIONES

La única perforación —por desgracia infructuosa—, hecha hasta ahora, es la de Casas Viejas. Dicho punto está situado a tres leguas al W. de La Purísima, sobre el arroyo del mismo nombre y a seis leguas de la costa. La perforación fué hecha hace 16 ó 17 años por ingenieros americanos, pero la compañía era mexicana—el señor Martínez, dueño principal de la Naviera del Pacífico, era uno de los socios más prominentes—. La perforación alcanzó la profundidad de 1,700 a 1,800 pies—570 a 600 metros—. A dos o tres metros comenzó a salir agua; pero atravesaron varias capas acuíferas antes de llegar al lecho actual de donde sale el agua. El pozo tiene en la boca un diámetro de 16 a 18 pulgadas; por ahí sale un chorro de agua a la temperatura de unos veinticinco grados; como se ve, es agua termal; también es un poquito sulfurosa y bastante salobre. Actualmente tiene un uso esencialmente medicinal.

Al llegar a la profundidad antes dicha, se les rompió la barrena; dicen que trabajaron durante algún tiempo tratando de sacarla, y que, por último, decidieron irse a California para traer útiles de pesca. No volvieron más. Cuentan que llegaron a ver aceite sobre las aguas. Los vecinos se han encargado de llevarse poco a poco la torre de madera; el tiempo los ha ayudado enmoheciendo y destruyendo la maquinaria y los tubos.

VII

HORIZONTES GEOLOGICOS PETROLIFEROS

Después de lo asentado en las páginas anteriores, réstanos considerar las probabilidades que ofrece la región recorrida para el almacenamiento de depósitos subterráneos petrolíferos, y, lo que es más importante aún: localizar la zona donde existen las mayores probabilidades de encontrar estos depósitos.

DISCUSION DE LA ZONA PROBABLE

En nuestra opinión la subregión del Pacífico ofrece mayores garantías de éxito que la subregión del Golfo. Nuestras razones son las siguientes:

primera, en la subregión del Golfo son escasos los depósitos sedimentarios; segunda, el inmenso material volcánico andesítico llega hasta las orillas de las costas, y tercera, se han producido movimientos verticales enormes, producto de la intensidad mayor debida al levantamiento de la Península. Si hay petróleo, éste debe encontrarse a profundidades exageradas o en el fondo de las aguas, en condiciones difíciles de extracción.

Admitiendo, pues, que la subregión del Pacífico es la más aceptable, trataremos de localizar cuál es la zona más apropiada para la explotación.

Es indiscutible que debe rechazarse de plano el macizo diorítico, más bien todo lo que nosotros llamamos subregión de la Sierra.

No debe intentarse perforación alguna que tenga que cortar la corriente basáltica de la altiplanicie. Ya dijimos, en la página 99 la profundidad a que tenía que perforarse para llegar al mismo nivel estratigráfico alcanzado por las capas más inferiores del pozo de Casas Viejas. Existen grandes probabilidades de que hay petróleo debajo de las corrientes basálticas, pero se encuentra a tanta profundidad, que su extracción comercial es imposible.

Es necesario recordar que las eyecciones volcánicas basálticas a través de focos, provenientes de una batolita común (Fig. 21), han debido ser causa de la formación de una especie de cortina impermeable constituida por los cuellos volcánicos, intrusiones, diques, y en general, por la elevación de la roca magmática efusiva. De aquí que la zona que debe explorarse para localizar pozos es la faja de sedimentos costeros. Es decir, una zona que varía entre 20 y 30 kilómetros de anchura. La zona en el litoral debe estudiarse detenidamente, con objeto de determinar adónde pueden hacerse algunos sondeos preliminares.

Perforaciones submarinas no deben intentarse de ningún modo, a excepción de las que pueden hacerse pegadas a las costas o dentro de los esteros. La razón es obvia: siendo el echado general de las capas hacia el W., es claro que aumenta uno la distancia estratigráfica a la capa petrolífera con el espesor de la capa de agua marina.

Ya fijada la zona probable de yacimientos petrolíferos explotables, restanos concluir que hay varias localidades en donde antes que en otra parte, deben intentarse las perforaciones. Pero la localización de pozos sería materia de otro estudio.

LINEA DE COSTAS

Esteros, bahías, etc.—Si echamos una ojeada al mapa de la zona del litoral del Pacífico de la Baja California, veremos que, como dijimos en otra parte, es la característica de costas levantadas. Ese levantamiento de la Península, por lo que a nuestra región se refiere, ha sido gradual, y en general, lento. Ha habido sus paroxismos de plegamientos en la parte del Golfo, pero del lado del Pacífico nunca este plegamiento fué muy grande. De aquí se deriva que en toda la época terciaria al menos, una línea similar de costas debe haber existido. Abundan las margas, arenas y arcillas; son menos las calizas. Ahora bien, nosotros sabemos que los esteros, lagunas cerradas, etc., son los tipos geológico-físicos marinos más apropiados para la formación de los aceites minerales.

Recordaremos que ha habido varias oscilaciones; que las desembocaduras de los arroyos han sido azolvadas; que las aguas han vuelto a entrar en algunos de ellos, y que sobre los elementos estratigráficos normales, han sido superpuestos, ya capas marinas en discordancia, ya depósitos de yeso y sal. La abundancia de salinas y la presencia de grandes acumulaciones de yeso, indican no sólo un clima muy similar al presente en aquella época, sino también condiciones geográficas muy semejantes a las actuales.

PARALELISMO DE LA COSTA A LA CADENA DE MONTAÑAS

Otro de los factores favorables en nuestra región es el notable paralelismo que existe entre la costa y la sierra. Para darse cuenta perfecta de este asunto, hay que recordar lo que hemos dicho en el capítulo de Geología Estructural. Pero es más útil penetrarnos de lo que este factor significa: la duración de condiciones favorables. Y no sólo el macizo diorítico, sino que también los alineamientos principales estructurales, como fallas y efusiones volcánicas posteriores, han sido paralelos a la costa.

CLASE DE ROCA

Es indiscutible que, en general, en todas las clases de rocas ígneas no hay que esperar acumulaciones de aceite; sólo en rocas sedimentarias deben buscarse tales acumulaciones. Las rocas ígneas, en particular las efusivas, pueden servir como cubiertas o cortinas impermeables, debajo y al lado de las cuales se puede acuntular el petróleo. En nuestra región las rocas existentes son las apropiadas.

EDAD DE LOS TERRENOS

La mayoría de los receptáculos petrolíferos del mundo, se encuentran en depósitos terciarios. Los descubiertos hasta ahora en nuestro país, se encuentran en terrenos cretácicos y terciarios. En nuestra región la edad de los terrenos es, pues, enteramente favorable, ya que las capas sedimentarias datan de aquellas épocas.

NATURALEZA DE LOS LECHOS

Sabemos muy bien que no toda clase de rocas sedimentarias son las apropiadas para servir de receptáculo subterráneo. Las condiciones ideales son areniscas porosas intercaladas entre capas impermeables; generalmente arcillas. En la región recorrida, las arenas y las margas parecen encontrarse repetidas veces a distintos niveles. Recordaremos que en esta región las corrientes basálticas se encuentran en la superficie, y los mantos intrusivos abajo, y que tales formaciones pueden suplir eficientemente a las arcillas. La porosidad de la roca, tamaño del grano de las arenas, capacidad acumulativa, etc., son factores sobre los cuales aún no se puede decir nada. Tenemos suspenso, en estudio, el examen microscópico de las muestras recogidas; pero, por supuesto, habrá que examinar rocas más profundas.

ESTRUCTURA DE LOS LECHOS

Lechos estratificados horizontales o casi horizontales, así como inclinaciones exageradas y formas estructurales inapropiadas, no sirven para receptáculos petrolíferos. Son, igualmente, desfavorables los grandes afallamientos, así como los plegamientos intensos, las zonas metamórficas, etc.

En nuestra región un levantamiento lento y un plegamiento apropiado, ha dado lugar a la formación de domas, anticlinales y sinclinales, perfectamente de acuerdo con las condiciones necesarias para la acumulación subterránea de depósitos petrolíferos.

RESUMIENDO

La exploración geológica de la región de La Purísima, ofrece —por lo que a acumulaciones petrolíferas se refiere—, las siguientes favorables condiciones:

- 1.—Clase de roca apropiada.
- 2.—Edad conveniente.
- 3.—Composición adecuada de los estratos.
- 4.—Estructura de los mismos, adecuada.
- 5.—Condiciones de estuario.
- 6.—Presencia de yeso, sal, chapopote.

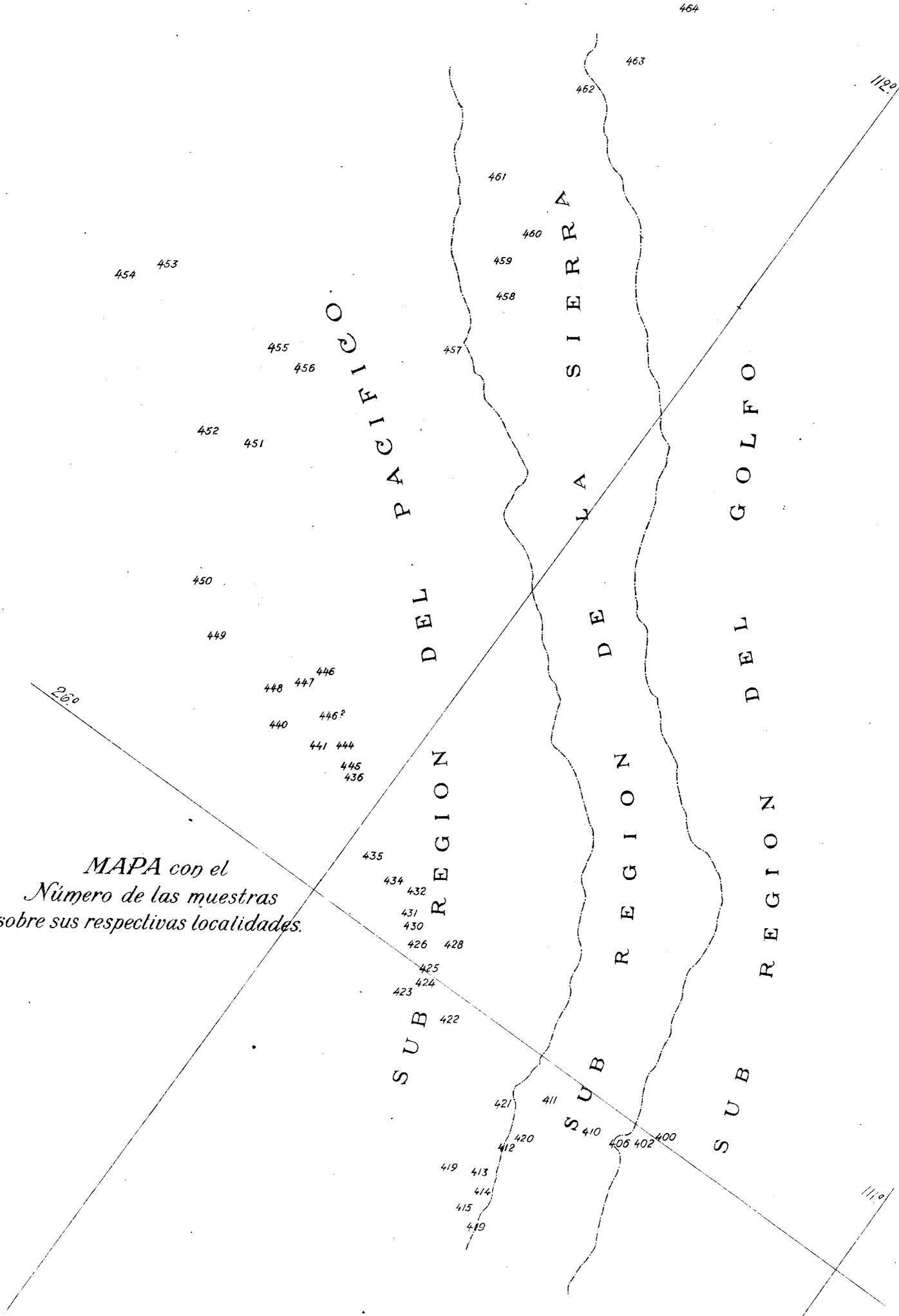
Me permito recomendar a la superioridad que, en mi opinión, el estudio de exploración detallado de la región recorrida, así como la exploración general de otras regiones de la Península, debía proseguirse.

La Paz, Baja California, octubre 12 de 1919.

Antonio Pastor Giraud.

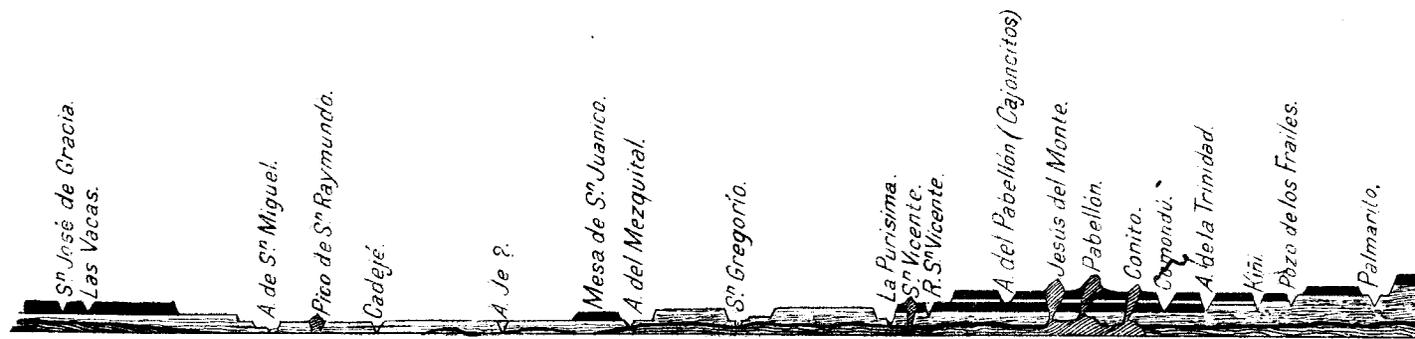


*MAPA con el
Número de las muestras
sobre sus respectivas localidades.*



INSTITUTO GEOLÓGICO DE MÉXICO.

CORTE GEOLOGICO EN LA DIRECCION "C.D."

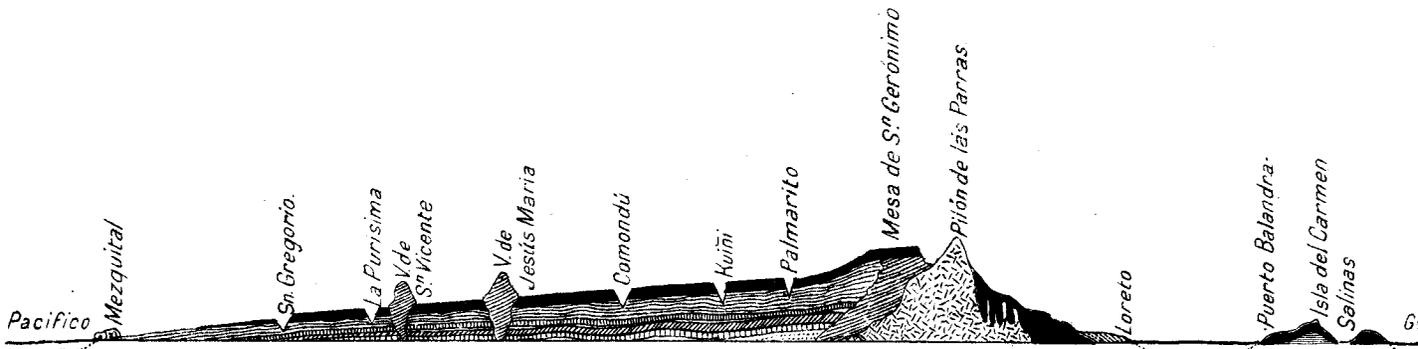


- Corrientes Volcanicas
- Arenas y Tobs
- Calizás
- Margas Metamorfoseadas }
por compresión. }
- Cráteres y cuellos volcanicos

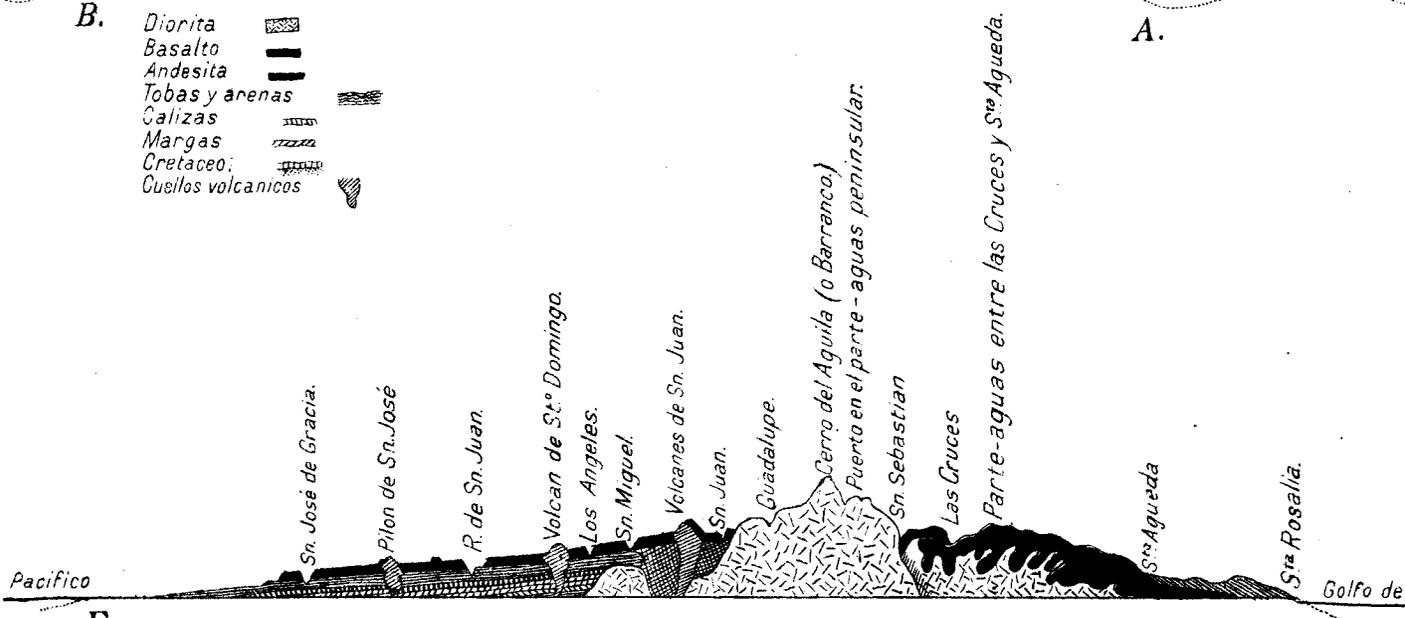
Escala horizontal = $\frac{1}{800,000}$

Escala vertical = 10 veces mas gran

Escala hori



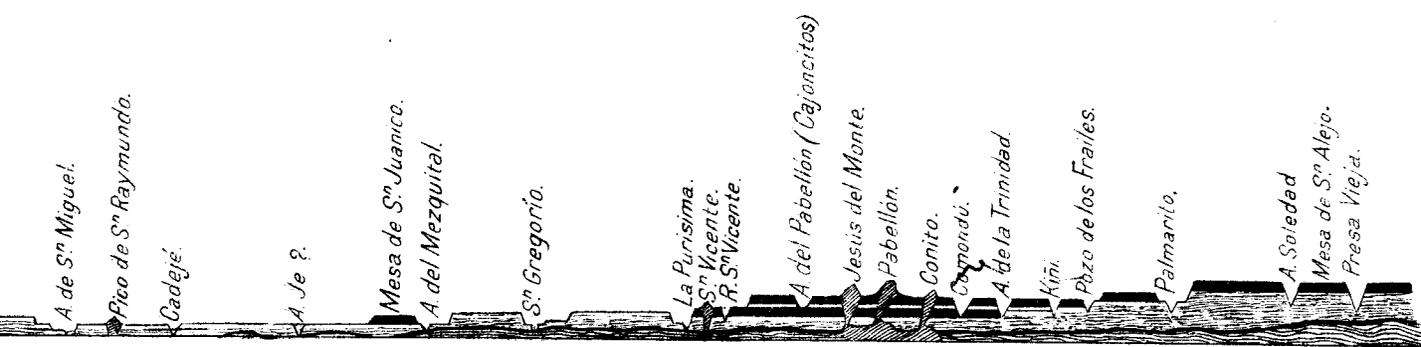
- B.
- Diorita
 - Basalto
 - Andesita
 - Tobs y arenas
 - Calizas
 - Margas
 - Cretaceo;
 - Cuellos volcanicos



Simbolos y escala igual al corte superior

INSTITUTO GEOLÓGICO DE MÉXICO.

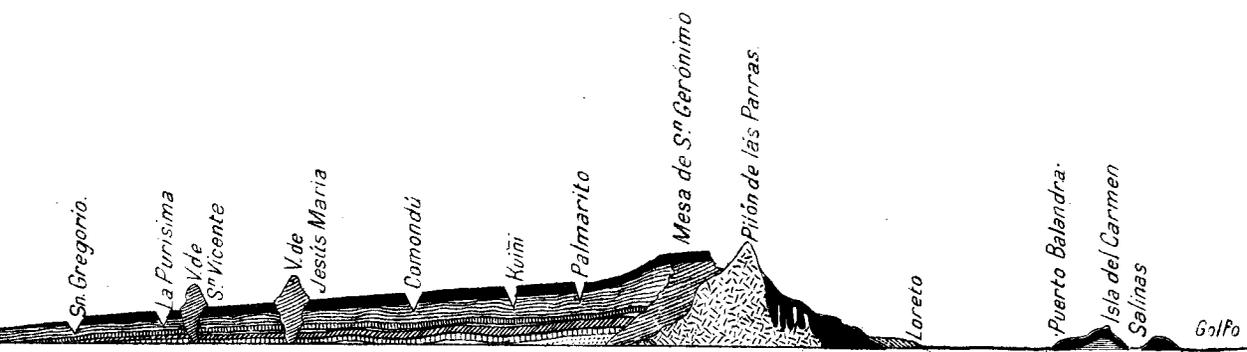
CORTE GEOLOGICO EN LA DIRECCION "C.D"



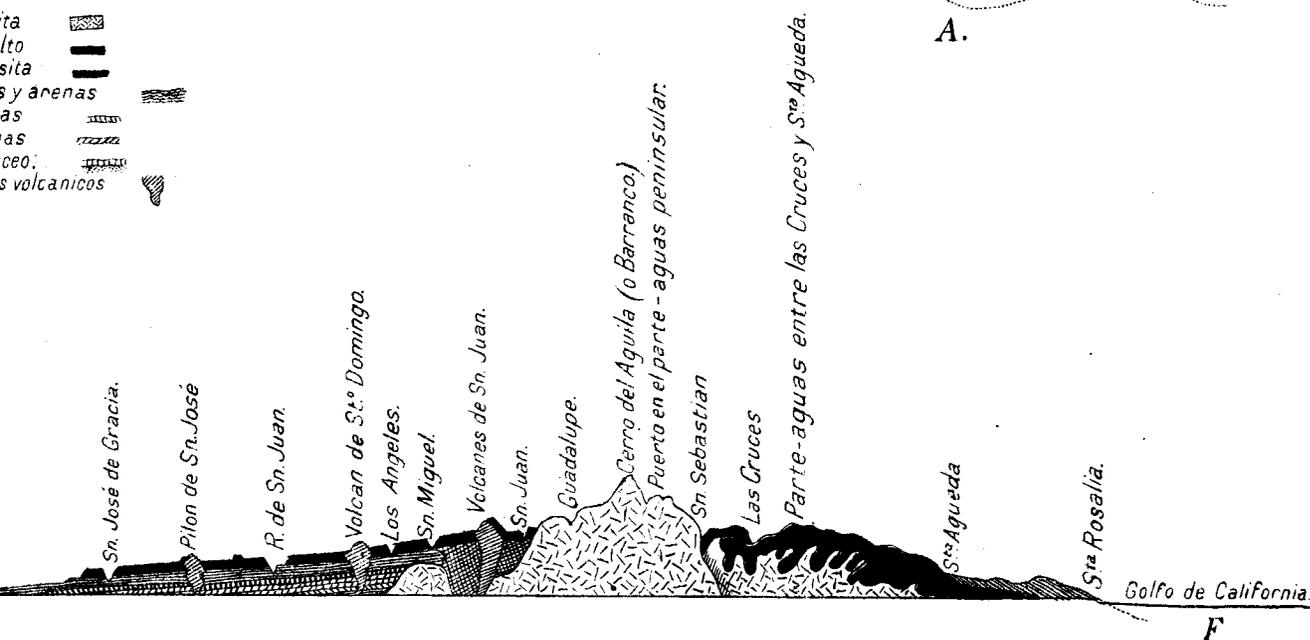
- Corrientes Volcanicas
- Arenas y Tobas
- Calizas
- Margas Metamorfoseadas
por compresión.
- Cráteres y cuellos volcanicos

Escala horizontal = $\frac{1}{800,000}$

Escala vertical = 10 veces mas grande que la Escala horizontal



- ta
- lto
- sita
- s y arenas
- as
- as
- ceo.
- s volcanicos



los y escala igual al corte superior

2108(3)

Fig. núm. 1

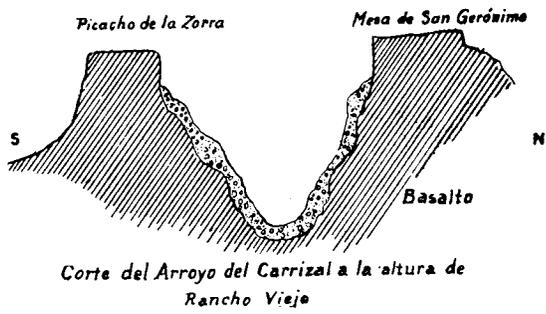
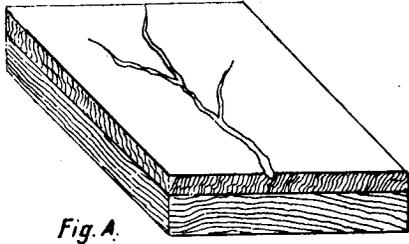
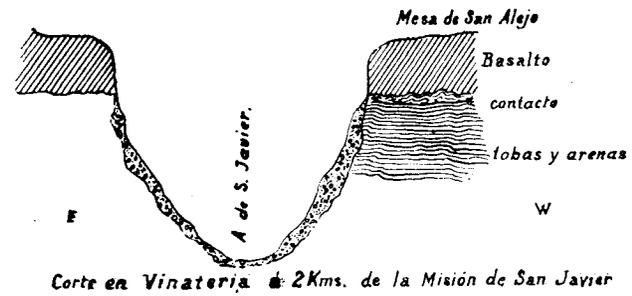
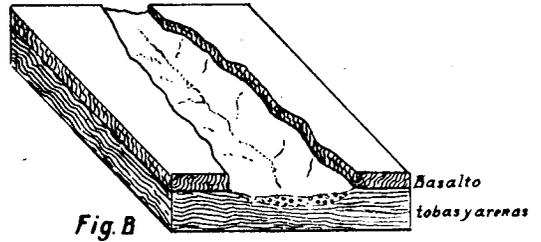


Fig. núm. 2



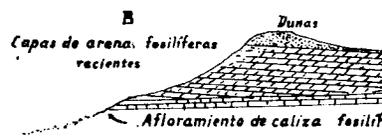
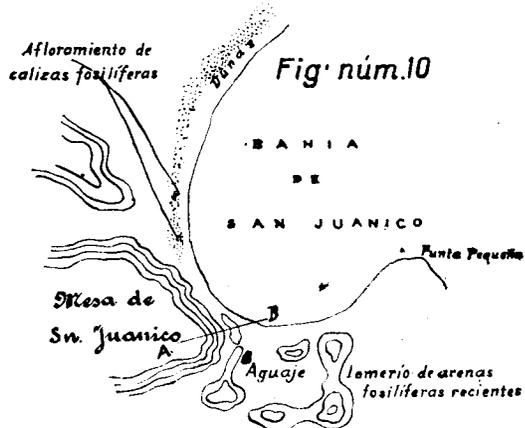
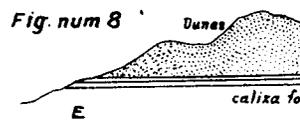
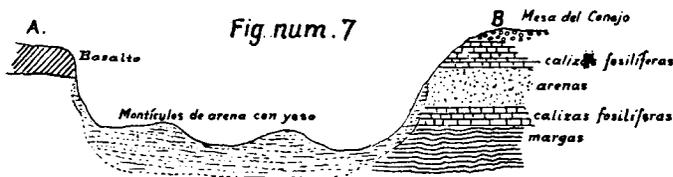
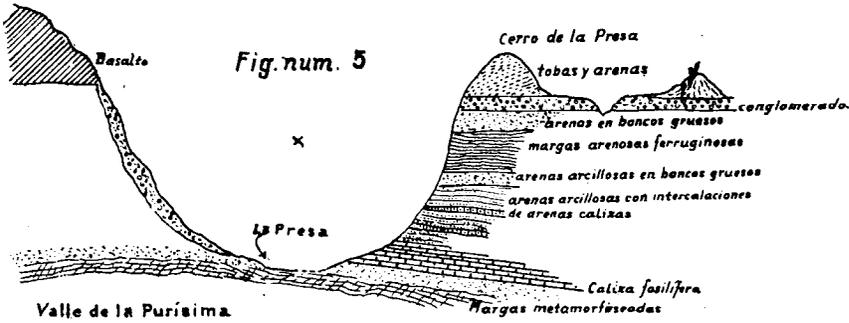
Condiciones primitivas de erosión (ejemplo, Mesa del Vigía)



Mesa de la Vuelta (entre Palmerito y Kiñi)

Fig. núm. 4.

Cerro del volcán de San Vicente



m. 1

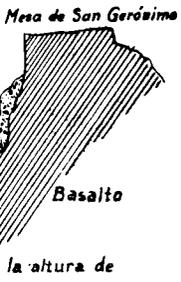


Fig. núm. 2

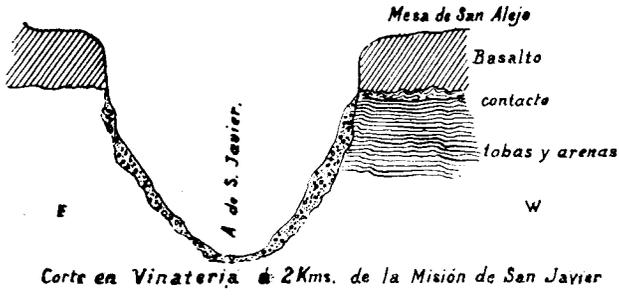


Fig. núm. 3

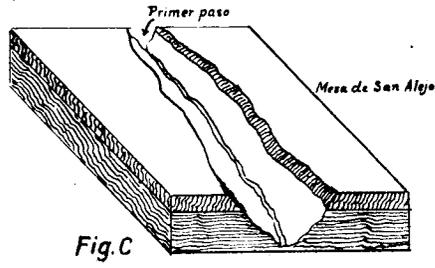
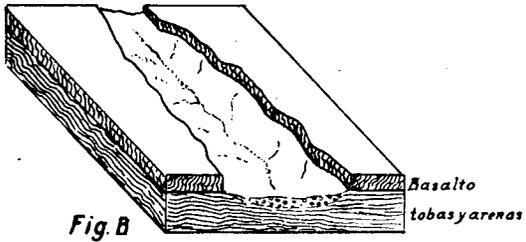
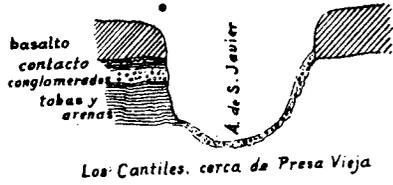


Fig. núm. 4.

um. 5

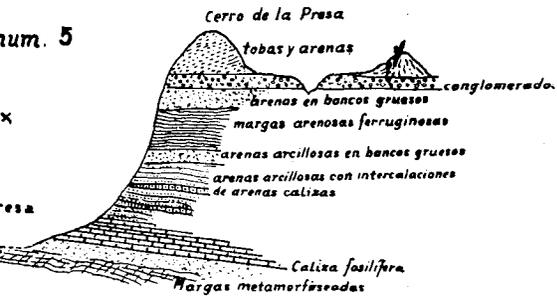
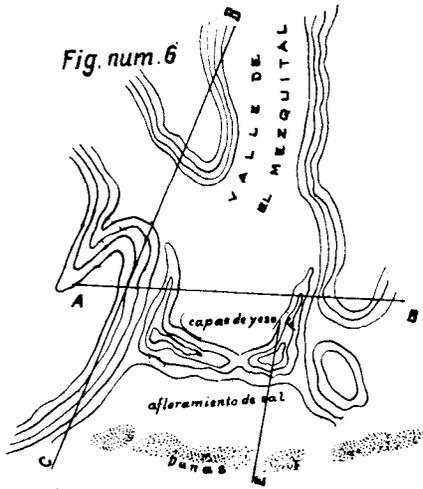


Fig. num. 6



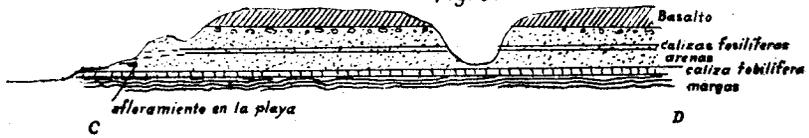
7



Fig. num 8



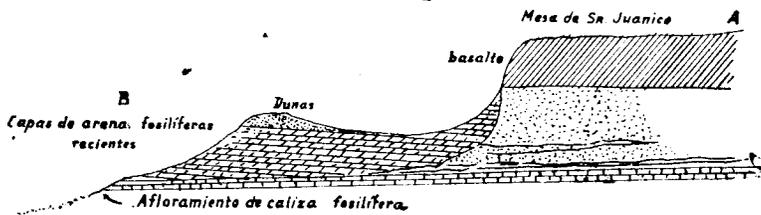
Fig. 9.

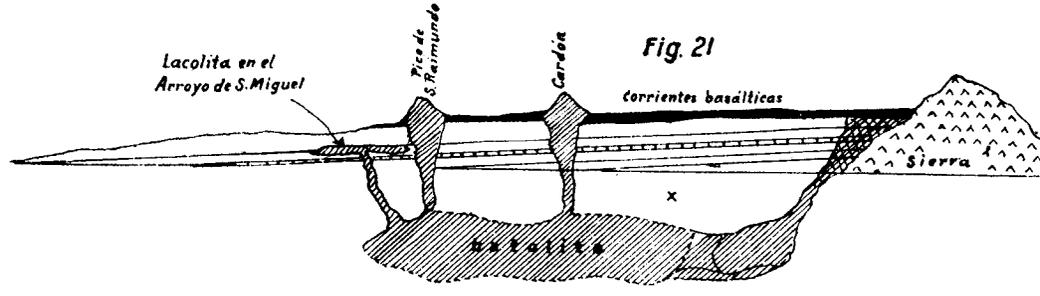
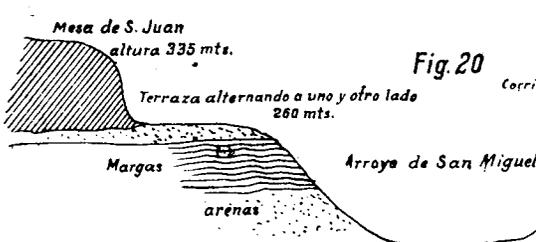
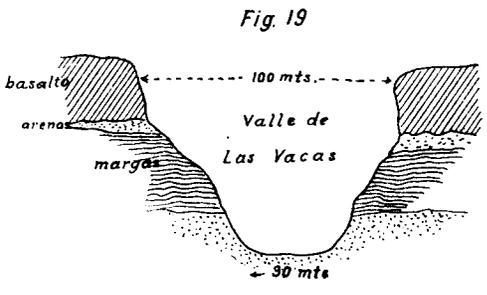
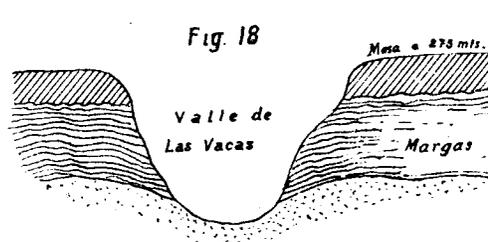
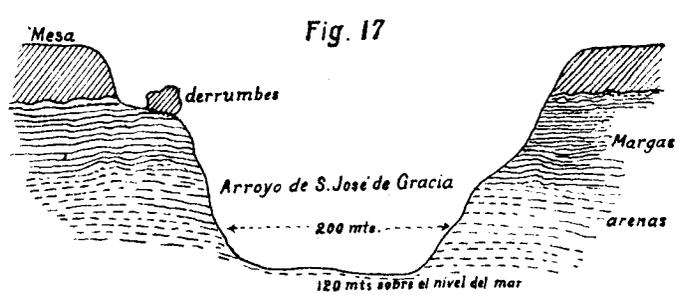
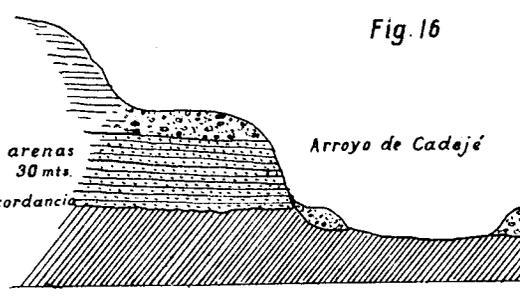
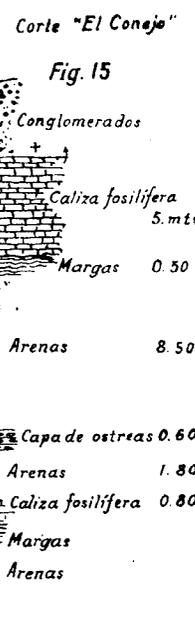
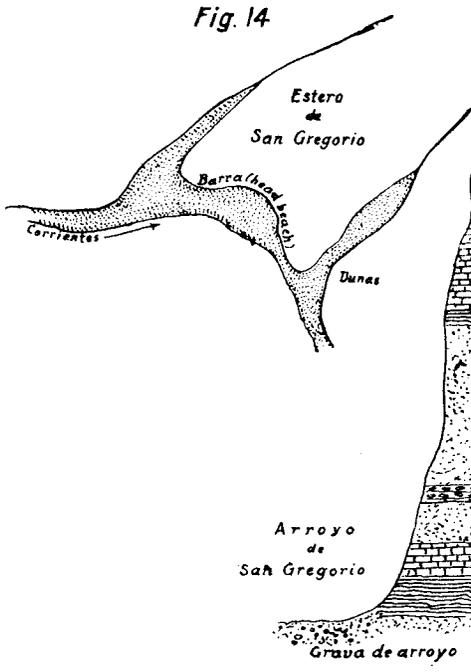
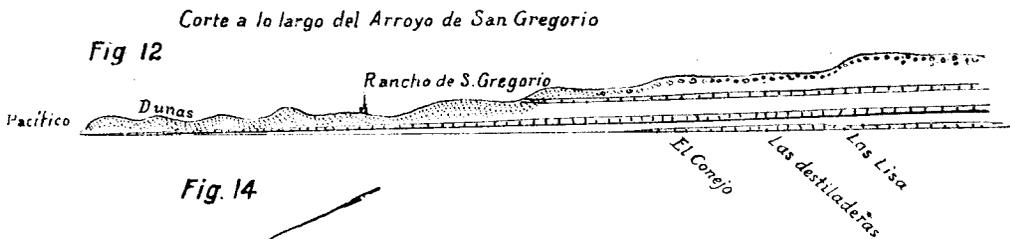


núm. 10



Fig. núm. 11





el Arroyo de San Gregorio

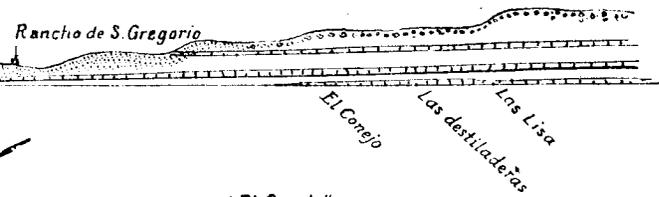
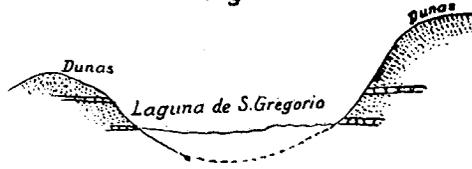


Fig. 13



Corte "El Conejo"

Fig. 15

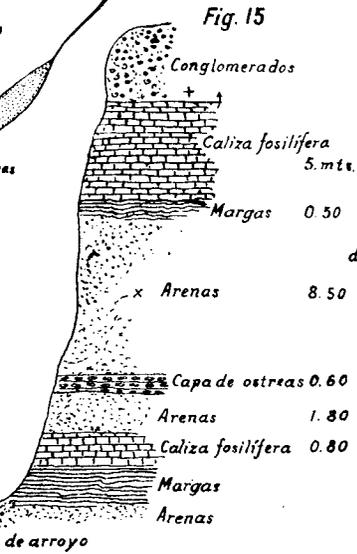
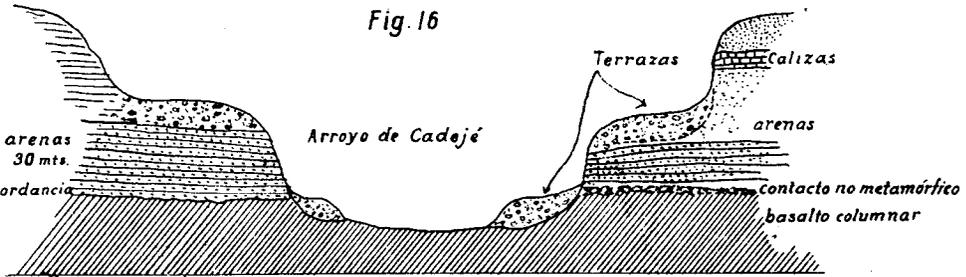


Fig. 16



17

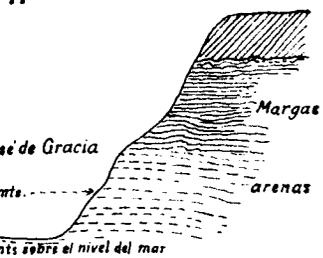


Fig. 18

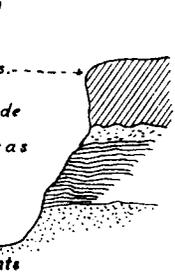
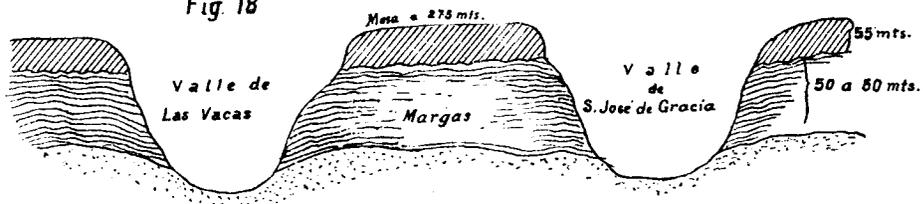


Fig. 20

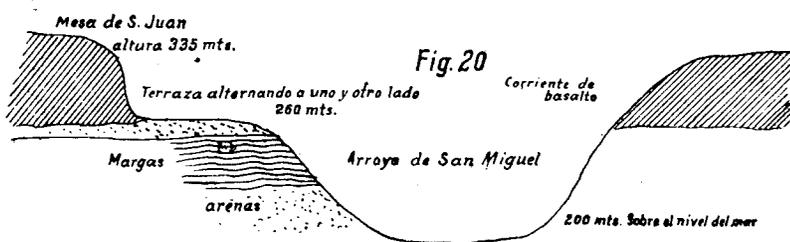


Fig. 21

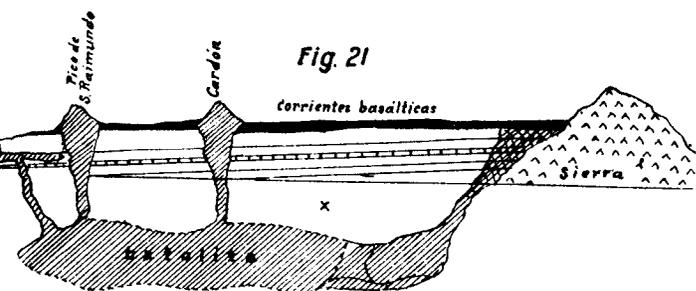


Fig. 22



Lám. V.

Sección del cerro de La Presa, región de La Purísima.

