

ANALES
DEL
INSTITUTO DE GEOLOGIA

TOMO V

LAS POSIBILIDADES PETROLIFERAS
EN LA COSTA OCCIDENTAL DE LA BAJA CALIFORNIA
ENTRE LOS
PARALELOS 30° Y 32° DE LATITUD NORTE

LAS POSIBILIDADES PETROLIFERAS EN LA COSTA
OCCIDENTAL DE LA BAJA CALIFORNIA,
ENTRE LOS PARALELOS 30° Y 32°
DE LATITUD NORTE

Por los Ings. Manuel Santillán y Tomás Barrera.

INTRODUCCION

A petición del señor General Abelardo L. Rodríguez, Gobernador del Distrito Norte de la Baja California, fuimos comisionados (1) para explorar los terrenos amparados por la concesión petrolera "Santa Ana Almada-Alarcón", a fin de investigar sus posibilidades petrolíferas, motivo del presente estudio.

Esta concesión está limitada: al N., por el paralelo 32° de Lat. N.; al S., por el paralelo 30° de Lat. N.; al E., por el parte-aguas entre las vertientes del Golfo de California y del Océano Pacífico; y al W., por la costa del Océano Pacífico.

Dada la índole especial de este trabajo, se procuró eliminar desde un principio aquellas comarcas que, por su naturaleza geológica, no presentaran ninguna expectativa, para lo que se hizo una expedición preliminar, de carácter general, con la que se pudieron limitar las zonas ocupadas por rocas ígneas o metamórficas, que, como se indicará después, no ofrecen posibilidades petrolíferas, separándolas de las zonas ocupadas por formaciones sedimentarias capaces de contener yacimientos petrolíferos y que, por lo tanto, merecían un estudio más detenido.

Antes de proceder al estudio de estas últimas formaciones, se consideró conveniente hacer una expedición por las regiones petrolíferas de California, E. U. A., para adquirir datos acerca de las condiciones de origen y acumulación del petróleo en aquellas regiones y poder establecer comparaciones, en el caso de que las formaciones sedimentarias de la Baja California tuvieran analogías con las correspondientes del territorio americano.

(1).—Por el Ing. Villarelo, que era a la sazón Director del Instituto.

Debido al carácter de esta publicación, se expondrán de una manera sucinta las observaciones hechas en el terreno y se anotarán únicamente los datos que han sido considerados como necesarios para apoyar nuestras conclusiones, agregando sólo un pequeño plano de la región de que se trata, que corresponde a una parte de la Carta Geológica de la Baja California, facilitando de este modo al lector, la mejor comprensión del texto, y dejando para el estudio definitivo, que se publicará posteriormente, la tarea de describir todos los demás datos de carácter técnico, así como ilustrar, con planos y cortes geológicos, los fenómenos principales, ayudando de este modo a completar o aclarar las ideas generales aquí expuestas.

ZONA ESTUDIADA

Quedó circunscrita a una faja costera situada en la porción septentrional del Distrito Norte de la Península de la Baja California, con una longitud aproximada de 200 KM. y una anchura media de 10 KM., principiando desde unos 15 KM. al N. de la población de Ensenada, hasta unos 10 KM. al S. de la población de Rosario. Entre el límite septentrional de esta zona y la frontera internacional, media una distancia aproximada de 309 KM.

VIAS DE COMUNICACION

Son las siguientes:

Un camino carretero que la atraviesa longitudinalmente y que forma parte de la carretera principal, abierta para ligar las poblaciones del Distrito Sur con las del Distrito Norte. Actualmente, el tramo de este camino entre las poblaciones de Tijuana y Ensenada, es bastante bueno, pues tiene una anchura suficiente para el paso de dos vehículos; y aun cuando está construido en tierra, las reparaciones constantes que se hacen en él facilitan grandemente el tráfico. El Gobierno del Distrito Norte tiene la intención de pavimentar todo este tramo con asfalto, por lo que es posible que dentro de poco tiempo se cuente con una magnífica vía de comunicación entre las poblaciones de Tijuana y Ensenada, que por la hermosura de sus paisajes, atraerá sin duda la atención de los turistas, contribuyendo de una manera muy eficaz al engrandecimiento de aquella región.

Además de este camino principal, existen caminos vecinales que, partiendo de éste, atraviesan la zona transversalmente y se dirigen unos a distintos puntos del centro de la península y otros descienden a la costa, hasta llegar a los pequeños embarcaderos o a los campos de pescadores.

FISIOGRAFIA

Desde el punto de vista fisiográfico, la vertiente occidental de la península, en la porción explorada, puede considerarse dividida en cuatro zonas longitudinales: 1a. La zona montañosa, constituida por las partes altas de las sierras de Juárez y San Pedro Mártir; 2a. La de las mesetas altas, situadas entre los contrafuertes occidentales de las sierras antes mencionadas; 3a. Las mesas y las terrazas vecinas a la costa; y 4a. Las planicies costeras.

La zona montañosa forma el eje de la península, constituyendo un espinazo de fuerte relieve en cuyos flancos se han desarrollado otras formas fisiográficas. Está caracterizada por una altiplanicie longitudinal que sigue la dirección general de la península, y que alcanza su mayor elevación en la sierra de San Pedro Mártir. Su carácter plano y poco inclinado, favorece la formación de pequeñas lagunas y vasos naturales, de los que algunos conservan el agua aun durante la época de secas. Hacia el este, la altiplanicie termina bruscamente en un gran escalón, al pie del cual se inicia la región desértica, que pertenece a la vertiente del Golfo de California.

Hacia el oeste, un descenso más suave que el anterior, liga la porción de la altiplanicie con la de las altas mesetas, que probablemente son antiguas cuencas de erosión, poco rellenadas con material desgastado de las porciones más elevadas de las sierras. Entre estas mesetas, pueden mencionarse las que reciben los nombres de "El Valle de la Trinidad" y los "Llanos de Buenos Aires", cerca de la ex-misión de San Fernando, que tienen una altura sobre el nivel del mar de cerca de 500 metros siendo su longitud de este a oeste no muy exagerada respecto de su anchura.

Las mesas cercanas a la costa se observan claramente al norte de Ensenada y en las inmediaciones del pueblo de Rosario, en donde alcanzan su mayor desarrollo. Tienen una altura media de 300 metros sobre el nivel del mar y se inician en donde terminan las últimas estribaciones de la porción montañosa, para continuar forman-

do llanuras de bordes irregulares, hasta llegar cerca de la costa. Estas mesas han sido desgastadas por la erosión, siguiendo generalmente las cuencas de los principales ríos o de sus afluentes. El desgaste erosivo ha sido favorecido por la naturaleza fácilmente deleznable de las rocas que las forman, dando origen a cañadas que siguen en algunos casos líneas estructurales y cuyas márgenes, en extremo desgarradas, muestran numerosas cuchillas o filos dirigidos en distintas direcciones y que terminan en la parte superior por un pequeño cantil.

En ocasiones, el trabajo de desgaste se ha combinado en tal forma, que se han separado del núcleo principal del terreno porciones más o menos extensas, que han originado cerros aislados, con la característica principal de tener una superficie plana en su cumbre.

Las terrazas costeras aparecen de modo claro y bien definido desde el sur de la Punta San Ramón, hasta poco más al sur de la cañada de Valladolid, que se encuentra situada a unos 20 KM. al N. del pueblo de Rosario. Estas terrazas forman una unidad topográfica continua entre los dos puntos mencionados y están caracterizadas por un cantil de unos dos metros de altura, que marca la posición de un antiguo litoral y que pasa muy cerca de la línea de la costa actual en la porción sur, y se aleja hasta unos 6 KM. en la porción norte, correspondiente al valle de San Quintín. Contrariamente a lo que se observa en los taludes de las mesas, las terrazas muestran pocas desgarraduras en sus perfiles, debido a la poca intensidad del desgaste erosivo operado en ellas; y sólo se hace notable la presencia, en su parte superior, de una cornisa de material compacto que se sostiene con paredes verticales, apoyándose sobre material más deleznable de taludes inclinados.

Las planicies a que se hizo referencia al enumerar las distintas formas fisiográficas de la península, se observan, de preferencia, en las comarcas de Santo Domingo y San Quintín, en donde penetran hasta unos 6 KM. de la línea de la costa. Al sur de esta zona, la planicie costera se angosta, quedando reducida a una faja de unos 600 M. en la comarca de El Socorro; y otro tanto sucede hacia el norte, entre las puntas de Camalú y Colnett, tramo en donde la anchura de la planicie no excede de unos 200 metros.

El valle de San Quintín es, por su extensión, el más importante de la comarca estudiada y puede figurar entre los principales valles de la costa occidental de la península. Tiene una longitud aproximada

de 40 KM., una anchura media de 6 KM., y posee una bahía natural, en donde pueden anclar embarcaciones de poco calado. La naturaleza y la horizontalidad de sus suelos parecen ser muy favorables para la agricultura; pero esta industria no ha podido desarrollarse debido a la falta de corrientes de agua superficiales que puedan usarse en obras de irrigación. Sin embargo, puede asegurarse que una vez resuelto este problema, el valle de San Quintín tendrá un desarrollo agrícola de gran importancia y constituirá uno de los lugares más prósperos de la península.

HIDROGRAFIA

Las corrientes de agua superficiales que se encuentran dentro de esta zona, así como casi todas las de la vertiente del Pacífico en esta península, tienen un carácter peculiar, de acuerdo con la naturaleza topográfica del terreno y las condiciones físicas de las rocas que atraviesan, pues en la primera parte de su curso, los distintos arroyos son de carácter torrencial, debido a las fuertes pendientes de la zona montañosa granítica y sedimentaria metamorfizada; en su parte media, que corresponde generalmente a la zona de los valles elevados y en donde empiezan a aparecer las rocas sedimentarias metamorfizadas, los ríos formados son de suave pendiente y muchos de ellos tienen un gasto permanente, aun cuando a veces sea escaso; en su parte final, que está dentro de las comarcas designadas como mesetas, terrazas y planicies costeras, constituidas principalmente por areniscas y conglomerados, los ríos son caudalosos durante la época de lluvias y en el resto del año una gran mayoría de ellos mantienen cursos subterráneos, que por lo general son de poca profundidad.

Casi todos estos ríos siguen una dirección aproximada de este a oeste, tienen un desarrollo medio de 50 KM. y su curso es, en general, recto, especialmente cerca de su desembocadura. En los lugares donde forman valles más o menos anchos, han venido construyéndose especialmente los pocos centros poblados que existen, cuyos habitantes se dedican a la agricultura.

Entre los principales ríos de la región, se pueden mencionar los siguientes: Sto. Tomás, San Vicente, San Antonio del Mar, San Telmo, Sto. Domingo y el de Rosario, que llevan los nombres de los principales ranchos o congregaciones por donde atraviesan.

GEOLOGIA GENERAL

213

La distribución de las formaciones geológicas guarda íntima relación con las distintas unidades fisiográficas descritas anteriormente. Así, en la zona montañosa dominan las rocas graníticas, entre las que se pueden citar el granito de hornblenda, de color gris, con intrusiones de pegmatita y de aplita, y rocas dioríticas de color gris oscuro o verdosas. En las mesetas altas, las mismas rocas graníticas son las que constituyen su fondo y están cubiertas, unas veces, por conglomerados calizos y tobas calizas, y otras, por depósitos arcillosos recientes que rellenan las depresiones del terreno, formando cuencas interiores más o menos planas, en las que sobresalen, a veces, masas desgastadas de la roca granítica.

En el costado occidental del macizo granítico, y apoyándose en él, viene una serie de rocas sedimentarias constituidas principalmente por pizarras de colores verde oscuro, gris oscuro y amarillo, calizas, cuarcitas, areniscas y conglomerados, que alternan con corrientes o intrusiones de rocas ígneas, entre las que figuran de preferencia las andesitas y las dioritas con sus tobas y brechas respectivas. Esta serie de rocas sedimentarias muestra claramente fenómenos de metamorfismo regional y local, a los que se debe la transformación casi completa de varios miembros de la serie en pizarras silicificadas, cuarcitas y calizas metamórficas. Este grupo de rocas sedimentarias e ígneas intercaladas, forma un conjunto petrográfico complejo que se distingue fácilmente en el terreno, tanto por sus formas topográficas de fuerte pendiente, como por un color rojo púrpura, dominante en las porciones constituidas por ese material, así como por la compacidad de las distintas rocas. Las características descritas, parecen tener una relación íntima con fenómenos de circulación de soluciones ferruginosas y silicosas, posteriores a la época en que tuvo lugar la acción metamórfica.

Apoyándose en la serie sedimentaria metamorfozada, aparece otra serie de rocas sedimentarias, constituida principalmente por areniscas, arcillosas o nó, arcillas y conglomerados, que en su conjunto forman las mesas y terrazas costeras.

Entre las areniscas hay distintas clases: unas son de color gris o gris verdoso y de grano medio o fino, con cemento calcáreo y cantidades más o menos grandes de clorita y epidota; otras son de color amarillo, de grano grueso o medio, con bastante mica más o menos

alterada en óxidos de fierro que le dan los distintos grados de coloración; y por último, hay unas de color rojo, compactas, en las que resaltan granos de cuarzo, feldspatos y minerales ferromagnesianos sumamente alterados a óxidos de fierro. La mayor o menor cantidad de material arcilloso que se encuentra cementando los granos de arena, ha hecho que se establezca la clasificación de areniscas arcillosas y arcillas arenosas; pero estas clases de rocas no difieren de las anteriormente descritas en su composición mineralógica.

Las arcillas propiamente dichas son bastante escasas y comúnmente se observan de un color gris verdoso o negro y también amarillas; se presentan en capas delgadas intercaladas en las areniscas.

Entre los conglomerados se distinguen varios tipos: unos son bastante compactos y están formados por fragmentos de rocas ígneas y metamórficas principalmente, tienen tamaños medios bastante uniformes y por lo general fluctúan entre 3 y 8 cm. Casi siempre los guijarros del conglomerado vienen cementados por areniscas de grano medio, en las que se muestra visiblemente la presencia de la epidota. Otros son de menor compacidad y sus fragmentos muestran una amplia variación en tamaños, apareciendo guijarros que alcanzan a veces diámetros hasta de 30 cm. El material más abundante de que están constituidos, proviene, principalmente, de rocas ígneas, entre las que figuran abundantemente andesitas, dioritas y granitos, sin que se hagan perceptibles por su abundancia los fragmentos de rocas metamórficas. A este grupo de conglomerados pueden referirse los de color blanco y los de color pardo, cuya distinción se debe al color dominante del material que sirve como cementante.

Por último, en las planicies costeras solamente se encuentran suelos arcillosos, areniscas no consolidadas y aglomerados. Los primeros se observan de preferencia en el valle de San Quintín y las segundas al sur de El Socorro. En algunos tramos de esta porción superficial, y aprovechando algunas desigualdades del terreno producidas por la erosión, se han formado médanos, de más o menos importancia, que se encuentran cerca de la desembocadura de los principales ríos y entre los que pueden mencionarse los siguientes: el del río de Santa Cruz, el del río de Santo Domingo y los de San Quintín y El Socorro.

De acuerdo con los párrafos anteriores, se puede concluir que dentro de la región estudiada aparecen rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, distribuidas en forma de zonas longitudinales que tie-

nen contornos más o menos irregulares, pero que guardan la orientación general de la Península. Así, partiendo de la parte más elevada hacia la costa, o sea del este al oeste, se presenta, primero, la zona de las rocas graníticas, cuyo borde occidental puede limitarse por una línea que se alejara unos 10 KM. de la costa en la porción de Ensenada, y unos 40 KM. al este de Rosario, siguiendo una trayectoria más o menos recta, pero que se aleja de la costa a medida que se camina hacia el sur.

Después de esta línea limítrofe, aparece la zona de rocas sedimentarias metamorizadas, cuyo borde occidental está definido por una línea sinuosa que coincide toscamente con el litoral en la parte comprendida entre la bahía de Ensenada y la desembocadura del río de Santo Tomás; de allí, hacia el sur, se aleja paulatinamente de la costa, en forma ondulada, dejando hacia el mar entrantes de cierta importancia, como son los de San Isidro, Camalú y Sto. Domingo, y continúa de allí en adelante en forma menos sinuosa hasta la altura de Rosario, en donde está alejada de la costa unos 32 KM. Apoyándose sobre la zona de rocas sedimentarias metamorizadas, y casi de manera continua, se observa, desde el norte de Ensenada hasta más al sur de Rosario, una zona de rocas sedimentarias consolidadas, cuya anchura máxima alcanza 33 KM. al este de Rosario y que se reduce hacia el norte hasta desaparecer por completo al N. de San Isidro, afectando la forma general de una gran cuña.

El límite occidental de esta serie de rocas sedimentarias, en la mayor parte de la zona explorada, avanza hasta llegar al litoral de la costa. En algunas partes forma el borde de las mesas costeras, como sucede en la bahía del Gallo, cerca de Rosario, y en la porción designada como Cuesta del Carmen, al norte de Ensenada. En otros lugares constituye el límite de las terrazas costeras, como sucede entre San Quintín y El Socorro.

Este borde occidental de las mesas corresponde al antiguo litoral, el que tiene un contorno ondulado e irregular, permaneciendo a veces más o menos paralelo a la costa actual o bien teniendo una forma lenticular. En las partes donde este contorno se aleja de la costa, la planicie costera intermedia se halla cubierta por suelos arcillosos, como en el valle de San Quintín, o bien por areniscas no consolidadas, como se observa principalmente al sur de El Socorro.

ESTRATIGRAFIA

Habiendo dado ya una idea general de las rocas que cubren la región, de sus caracteres físicos y de su distribución, procuraremos ahora describir el proceso evolutivo a que han estado sujetas las distintas formaciones geológicas para llegar a adquirir su naturaleza y posiciones actuales.

De entre las rocas sedimentarias, que son de las que nos ocuparemos preferentemente, son las areniscas y los conglomerados los que tienen mayor importancia, tanto por su espesor total como por la extensión superficial que ocupan. Estas rocas se hallan formando capas de espesores variables, alternando unas con otras y dando lugar a series de depósito de distinta naturaleza y edad.

FORMACION ALISITOS. (Cretácico inferior).—La serie sedimentaria más antigua pertenece al Cretácico inferior y está constituida principalmente por pizarras y areniscas metamorizadas. Estas rocas se encuentran formando capas de 5 a 10 cm. de grueso y se agrupan en bancos hasta de 3 metros de potencia, llegando a constituir una formación sedimentaria cuyo espesor máximo es de 200 M. aproximadamente.

Los planos de estratificación de las diferentes capas están bien definidos; las rocas generalmente se encuentran muy trastornadas respecto a su posición original, con rumbos y echados variables, siendo el rumbo dominante de unos 30° NW-SE. y echado medio de 20° al SW. Su echado es más pronunciado cerca del macizo granítico, pero disminuye hacia el oeste, dando lugar a que estas rocas sirvan de base a series sedimentarias posteriores.

A pesar de la ausencia casi absoluta de fósiles que se notó en esta formación y que depende, sin duda, del alto grado de metamorfismo a que ha estado sujeta, se encontró una zona vecina al rancho de Alisitos y otra en la barranca de La Cueva, en donde rocas pertenecientes a esta serie encierran las siguientes especies fosilíferas: *Amberleya dilleri* (Stanton); *Ostrea n. sp.*; *Pecten n. sp.*; *Turritella n. sp.*; *Hippurtes n. sp.*; *Crassatella n. sp.*; *Pitaria n. sp.*; *Hysipleura? Occidentalis* (Stanton).

Todos los fósiles que colectamos en esta exploración fueron bondadosamente clasificados por el Dr. B. L. Clark, profesor de la Universidad de California, E. U. A.

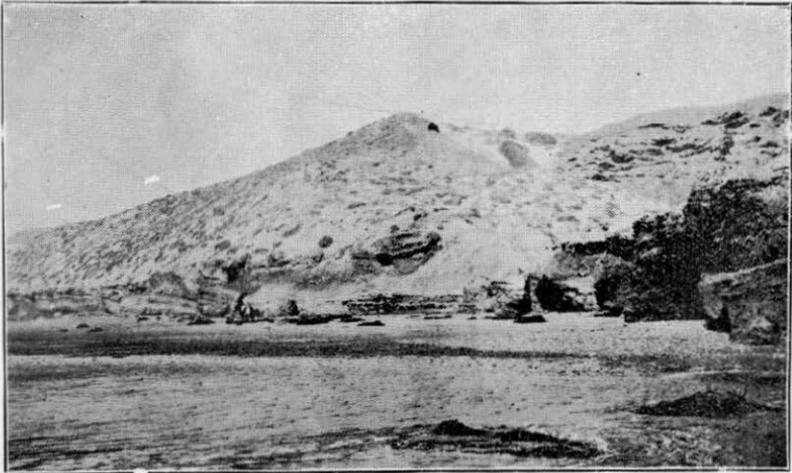
Estos fósiles fueron clasificados como de la formación Paskenta, que corresponde a la parte superior del Cretácico inferior, o quizá a la parte inferior del Cretácico medio de nuestro país.

FORMACION ROSARIO. (Cretácico superior).—Sobre la "Formación Alisitos", y en discordancia angular con ella, aparece la serie sedimentaria que hemos llamado "Formación Rosario", porque en los alrededores del pueblo del mismo nombre es donde ha alcanzado su mayor espesor y desarrollo. De acuerdo con la fauna fosilífera colectada, pertenece al Cretácico superior.

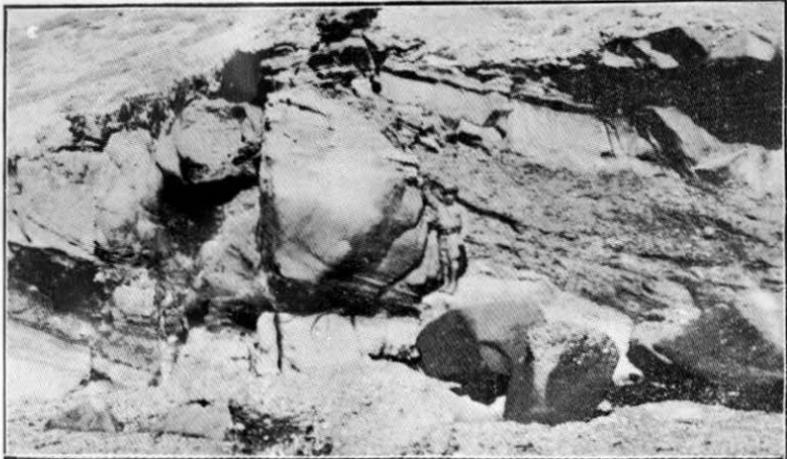
Las rocas que caracterizan esta formación, son principalmente del tipo de areniscas y conglomerados compactos, a las que vienen asociadas, en pequeña proporción, rocas del tipo de areniscas arcillosas y arcillas arenosas. Todas ellas son concordantes y a veces tienen forma lenticular, acuñándose unas con otras; y generalmente están en posición horizontal.

Esta serie puede subdividirse en tres horizontes que se diferencian principalmente por su constitución petrográfica y cuyas características esenciales son las siguientes: El horizonte inferior lo forma un grupo de areniscas de color rojo, compactas y de grano fino, en las que abundan feldespatos, cuarzo y elementos ferromagnesianos, transformados en epidota o bien alterados a óxido de hierro. A la abundancia de este último mineral se debe el color rojo dominante en la roca. A veces aumenta la proporción de material arcilloso, al grado de que se ven delgadas capas interstratificadas de verdaderas arcillas y en otros casos aumenta el tamaño de los granos de arena hasta constituir conglomerados de poca importancia. Donde se observa mejor esta zona sedimentaria es en la porción costera, desde la bocana de Rosario hasta Punta Abajo, en un tramo como de seis kilómetros de largo; allí, los lechos aparecen ligeramente plegados, formando un anticlinal roto que sobresale una distancia aproximada de 90 M. sobre el nivel del mar. (Fots. 1 y 2).

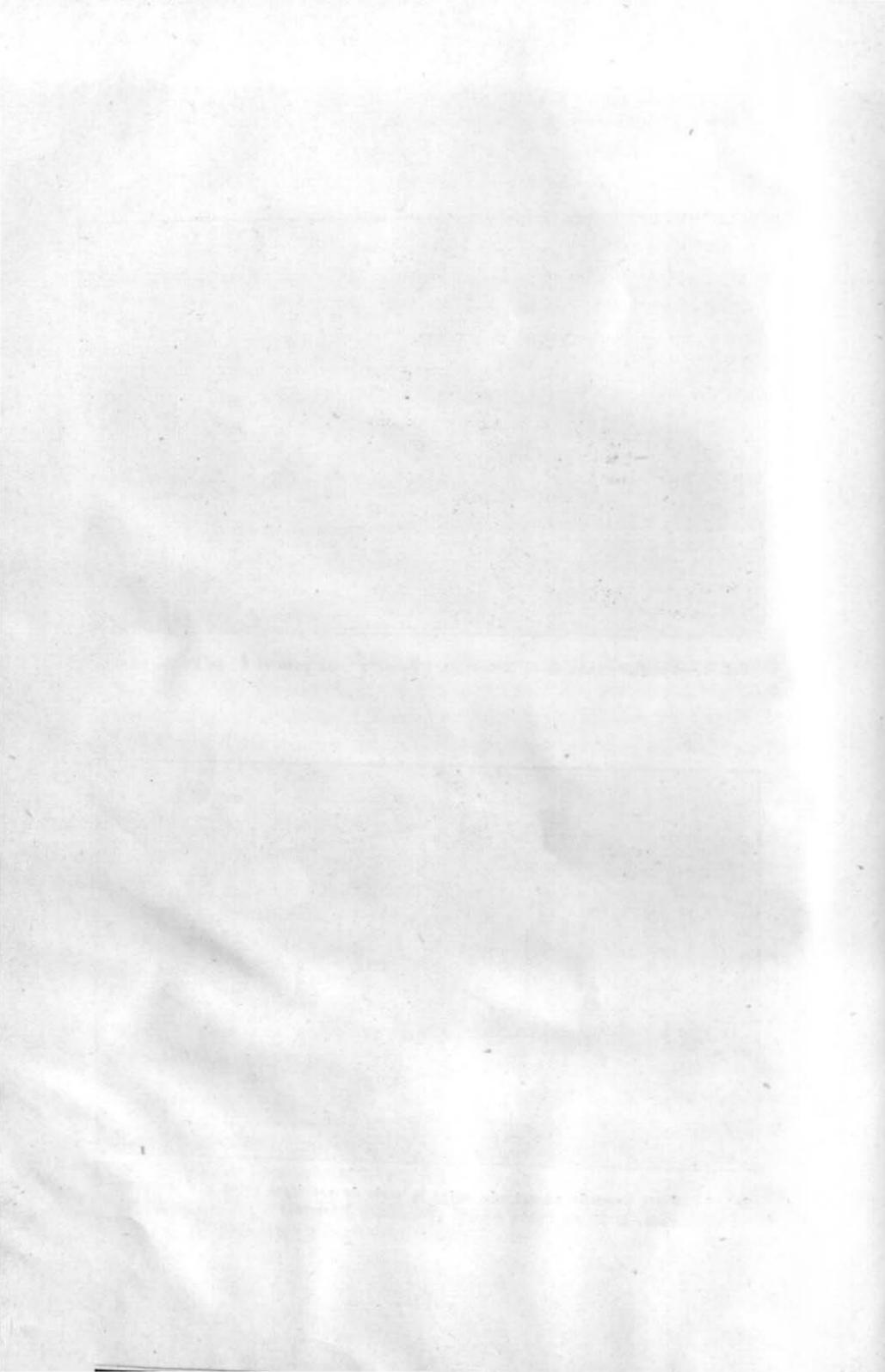
Sobre los lechos rojos, y en concordancia con ellos, aparece la zona intermedia de areniscas verdes y grises, que presentan el mismo grado de compacidad que las rojas, así como mucha semejanza en el tamaño y naturaleza de los granos que las componen. Debido a condiciones desiguales en los procesos de alteración de los minerales ferromagnesianos, así como a la presencia de materias carbonosas de origen vegetal encontradas en pequeña cantidad entre los sedimentos, estas rocas tienen un color marcadamente distinto del de la zona in-



Fot. 1.—Conglomerado de la formación "Rosario", un poco al N. de Punta Abajo.



Fot. 2.—Falla pequeña encontrada entre la serie de areniscas rojas y el conglomerado, al N. de Punta Abajo. (Formación Rosario).



ferior. Es peculiar en este horizonte la presencia de lechos delgados de una pizarra gris oscura compuesta casi exclusivamente de materia carbonosa de origen vegetal, substancia que a veces se encuentra también dentro de la arenisca, rellenando pequeños espacios vacíos. También es común la presencia de nódulos de forma esférica o lenticular, formados por la misma arenisca, que con frecuencia se ven alineados según alguno de los planos de estratificación y espaciados a distancias que varían de 1 a 5 metros (Fot. 3); con frecuencia se encuentran núcleos fosilíferos dentro de esas masas nodulares de areniscas. Tanto en este horizonte, como en el de areniscas rojas, se observa que la estratificación es algo confusa, siendo difícil a veces identificar los planos de estratificación. Estos están espaciados a distancias que varían de 1 a 5 metros, indicando con esto que el depósito se verificó con largos y continuados intervalos de tiempo. Otro accidente, común a los dos horizontes descritos, es la presencia de fracturas y fallas de poca dislocación que los atraviesan a menudo y cuyo rumbo general varía de 65° NE. a 60° NW.

El horizonte superior se distingue por la presencia de areniscas de color amarillo y de grano fino, en las que abunda, perceptiblemente, la mica biotita, en asociación con los feldespatos y el cuarzo constitutivos de las rocas. La alteración de la mica a óxidos hidratados de fierro, ha dado origen a la coloración dominante en la masa de la roca. Además, es de hacerse notar, como una de las características de este horizonte, la presencia de xilolita (madera silicificada) y de venillas de yeso abundantes, las que parecen ser peculiares a este horizonte y al anterior. (Fots. 4, 5 y 6).

Entre el horizonte inferior y el intermedio, y entre este último y el superior, se encuentran a menudo zonas constituidas por conglomerados compactos, compuestos por fragmentos de tamaño mediano bastante uniforme. Estos conglomerados, aun cuando son frecuentes en toda la región estudiada, no constituyen un horizonte, pues aparecen más bien en tramos locales, con forma lenticular, y adquieren potencias hasta de 12 metros para adelgazarse después y aun desaparecer. Un cuerpo de conglomerado importante es el situado al sur de Rosario, en la extremidad de Punta Abajo. Allí se le encuentra apoyándose sobre el horizonte inferior de areniscas rojas y en discordancia con ellas, y alternando, en fajas de unos 2 M. de potencia, con unas areniscas amarillas y muy compactas. Es de hacerse notar la presencia de unas pizarras negras arcillosas que fueron encontra-

das inmediatamente abajo de la capa superior de conglomerado, las que mostraban un intenso plegamiento debido a desalojamientos y presiones locales, probablemente originadas por los dislocamientos que tuvieron lugar en la masa del conglomerado. En cuanto a su carácter petrográfico, este conglomerado se distingue por la abundancia, entre los guijarros, de rocas verdes metamórficas y pizarras negras endurecidas, así como gnéiss y esquistos en menor proporción y rocas graníticas y andesíticas tan abundantes como las primeras. Estos guijarros se encuentran siempre bastante arredondados y muy cercanos unos de otros, siendo su material cementante areniscas de una composición análoga y de tamaño mediano. (Fot. 7).

La determinación de la edad de la formación Rosario a que nos hemos referido, pudo hacerse fácilmente, en vista de la cantidad abundante de fósiles encontrada en ella. Los horizontes fosilíferos principales se encontraron en los conglomerados de Punta Abajo y de la barranca de Rosario, siendo las especies más abundantes las siguientes: *Turritella Chicoensis* Gabb.; *Glycimeris veatchii* Gabb.; *Voluthilites* sp.; *Trigonia leana* Gabb.; *Ostreas* n. sp.; *Baculites*; *Inoceramus* n. sp.; *Pitaria* n. sp.; *Inoceramus whitnegi*; *Opis* n. sp.; *Mytilus* sp.; *Trigonia evansani* Gabb. Además, dentro de las areniscas de los horizontes intermedio y superior, se encontraron las especies siguientes: *Inoceramus whitnegi* Gabb.; *Anchura* n. sp.; *Nucula* cf.; *Truncata* Gabb.; *Arca* n. sp.; *Baculites* cf.; *Fairbanksu* Andersson; *Dentalium* n. sp.; *Pitaria* n. sp.; *Ostrea parasitica* Gabb.; *Lima* sp.; *Schloenbachia* sp.; *Spondylus* n. sp.; *Mytilus pauperculus* Gabb.; *Linthea?* n. sp.; *Voluthilites*; *Pholadomya* parecida a *Brewerii* Gabb.; *Perrisites* n. sp.; *Calliostoma* n. sp. Las localidades principales de donde se colectaron estos fósiles son: región al N. y cerca de San Isidro; barranca del Carmen (al N. de Ensenada); camino del río de Sto. Tomás a la bahía de Soledad; y Rancho de San Antonio del Mar. Esta fauna fosilífera corresponde a la encontrada en la Alta California y que caracteriza la formación Chico de la costa del Pacífico, perteneciente al Cretácico superior.

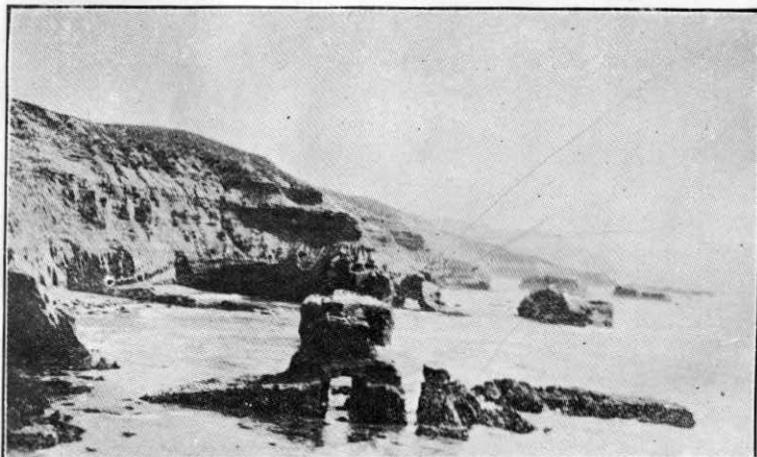
FORMACION SEPULTURA. (Eoceno inferior).—Descansando directamente sobre la formación Rosario, y en concordancia con ella, se observa en varios lugares una serie de rocas sedimentarias, que hemos llamado "Formación Sepultura", porque en la porción de terreno donde se encuentra este cerro, es donde esa formación está mejor caracterizada. Las rocas que la constituyen son principalmente



Fot. 3.—Formación Rosario, al N. de la boca de la barranca del Atorón. Pueden observarse claramente, algunos nódulos arenosos.



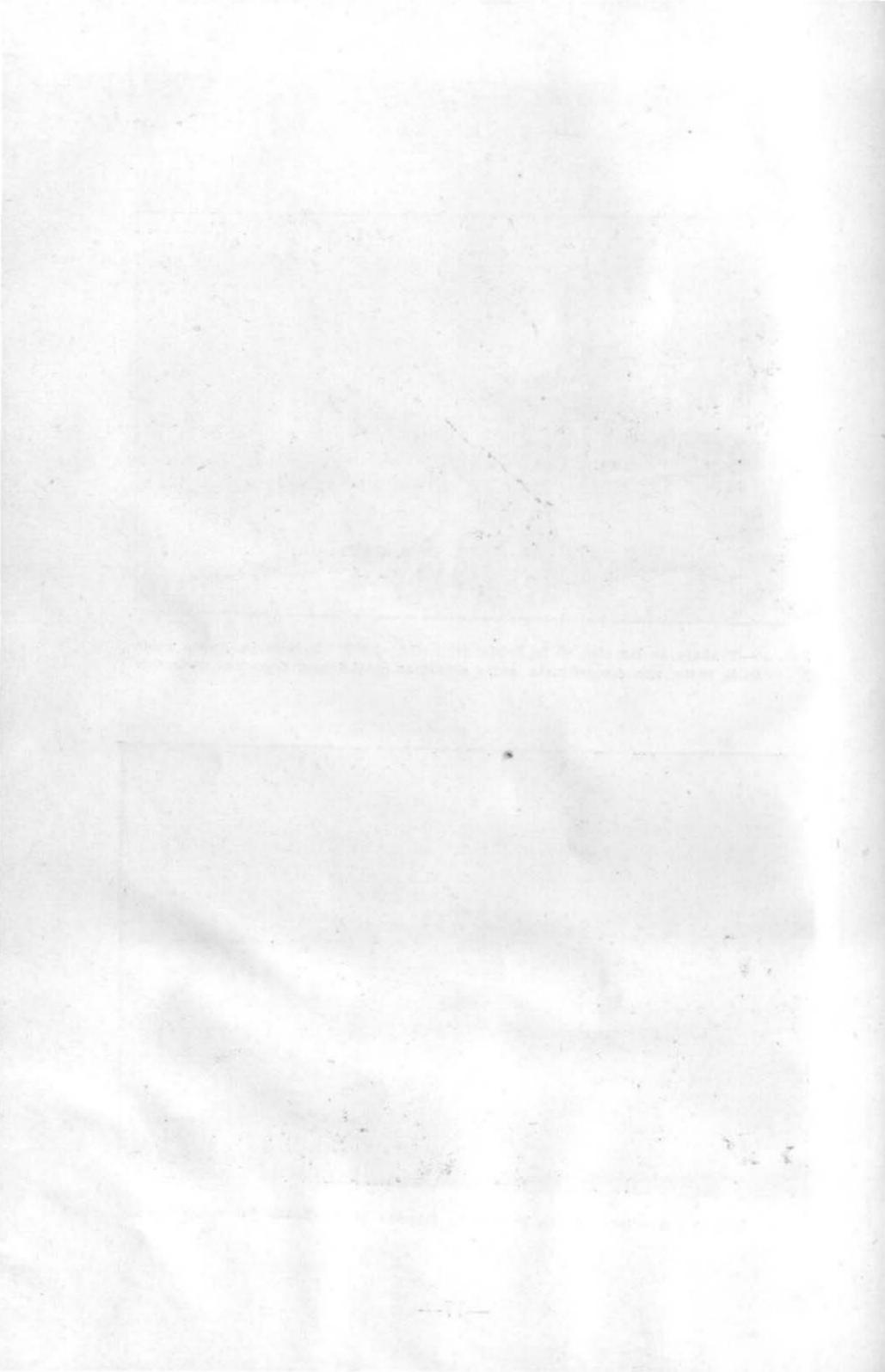
Fot. 4.—Trabajo de las olas en la Formación Rosario. Borde N. de la barranca del Atorón.



Fot. 5.—Trabajo de las olas en la Bahía del Gallo, al NW. de Rosario. Puede verse en la costa, una discordancia entre areniscas cretácicas y depósitos recientes.



Fot. 6.—Areniscas de la Formación Rosario en la Bahía del Gallo.



areniscas de colores gris, verde, rojo y amarillo, alternando con capas de conglomerado de tamaño medio uniforme y también con margas calizas. Algunas veces aparecen, intercaladas en las capas de arenisca, capas de arcillas compactas amarillentas. (Fots. 8 y 9).

Las areniscas de esta serie son muy parecidas a las de la formación Rosario, pues son generalmente graníticas y los elementos constitutivos esenciales son cuarzo, feldespatos y minerales ferromagnesianos (principalmente mica y epidota) comúnmente alterados. Hay lugares donde la semejanza de las areniscas entre las formaciones Rosario y Sepultura, así como el paralelismo de los planos de estratificación es tan grande, que no es fácil distinguir los límites de cada serie. En la arenisca gris se encuentran con frecuencia nódulos lenticulares de arenisca muy compacta, algunas veces con fósiles y también con pedacitos de materia carbonosa. Este tipo de arenisca pudimos observarlo en la costa al norte de Punta Colnett; pero no aparece en el cerro de la Sepultura, situado a unos 30 KM. al E. de Rosario. En cambio, las areniscas verdes y amarillas se observan cerca de San Isidro y en el cerro de la Sepultura; y las areniscas rojas son más abundantes al E. de San Quintín (en la cañada de Santa María) y en la parte norte de la Punta Colnett.

Los conglomerados no son tan compactos como los de la formación Rosario pero sí llegan a adquirir espesores considerables, como acontece en Punta Colnett. Las rocas principales de que están constituidas son: metamórficas, andesíticas, graníticas en menor proporción, cementadas por areniscas de grano grueso. Dentro de estos conglomerados es frecuente también observar el color rojizo y en ellos encontramos algunos fósiles.

Las capas de marga caliza no son abundantes ni de gran espesor; solamente pudimos observarlas en el cerro de la Sepultura, con un espesor aproximado de unos 2 metros. Esta capa se presenta bastante compacta y también contiene fósiles, aunque no fácilmente determinables por estar muy quebrados.

Esta serie sedimentaria, a juzgar por los lugares donde se ha encontrado, cubrió una porción extensa que se aleja bastante de la costa actual en varios lugares y que comprende, desde San Isidro hacia el norte, hasta el paralelo 30° y probablemente continúa al sur de esta línea. Pero el espesor que manifiesta arriba de la formación Rosario no es de consideración en ninguno de los lugares donde aflo-

ra, pues en San Isidro tiene, cuando más, 40 M.; al E. de San Quintín tiene aproximadamente el mismo espesor y en el cerro de la Sepultura alcanza probablemente unos 20 M.

La fauna fosilífera que sirvió para la determinación de la edad de esta serie sedimentaria es bastante abundante, aunque no muy variada. Pudimos localizarla en los puntos ya mencionados de San Isidro, costa de Punta Colnett y cerro de la Sepultura, donde encontramos las siguientes especies fosilíferas: *Turritella pachecoensis* Stanton; *Retipirula crassitesta* Gabb; *Turritella martinezensis* Gabb; *Hercoglossa n. sp.*; *Brachiospingus sp.*; *Nática cf. pinonensis* Dickerson; *Turritella infragranulata* Gabb, *Polinices hornii* Gabb; *Amauropsis martinezensis* Gabb; *Macrocallista cf. stantoni*; *Glycimeris sp.*; *Venericardia venturaensis*; *Cucullea matthæe sonii* Gabb; *Tellina undilifera* Gabb.

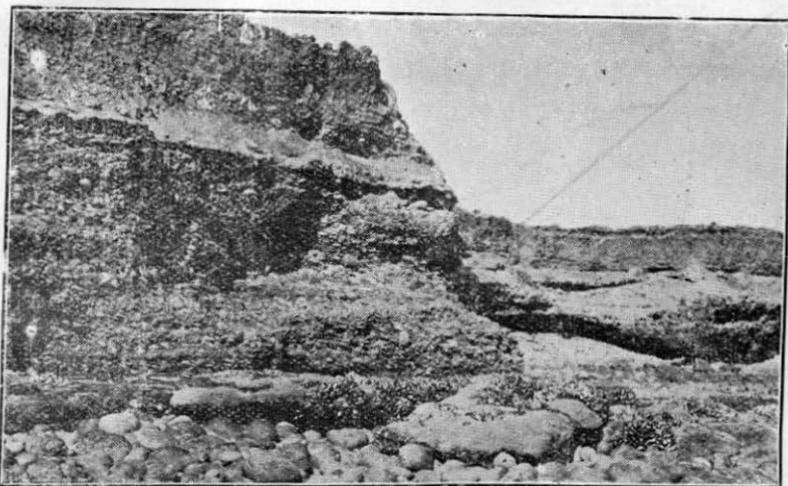
Esta fauna fósil corresponde a la de la formación Martínez (Eoceno inferior) de la Alta California, E. U. A.

CANTIL COSTERO. (*Plioceno medio y superior*).—Hemos adoptado el nombre de Cantil Costero para designar la formación geológica que aparece en forma de cornisa compacta en la parte superior de las mesas y terrazas costeras, especialmente desde San Ramón hasta Rosario.

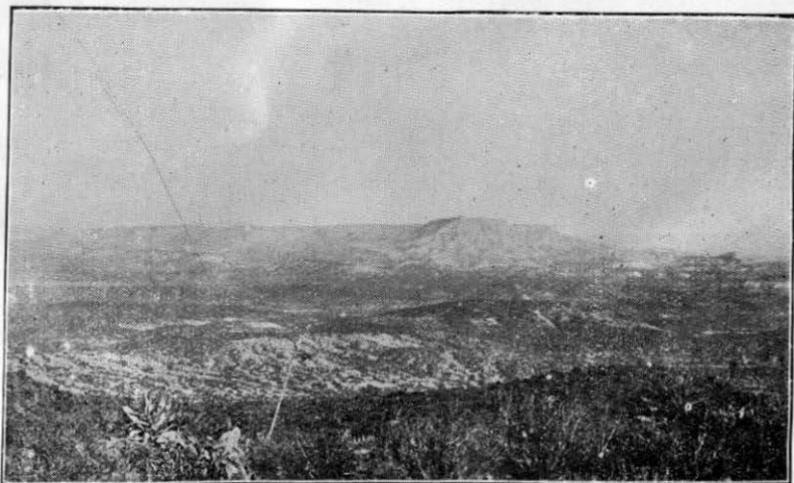
Esta formación se distingue fácilmente en el terreno por la naturaleza de las capas de que está compuesta, pues dominan en ella los conglomerados de tamaño medio y chico, cementados por areniscas blancas cuarzosas que le imprimen su color a la masa general de la roca. Algunos de estos conglomerados contienen en su masa gran cantidad de pedazos de fósiles muy endurecidos, de tal manera que es difícil sacar especies fosilíferas que puedan identificarse.

En los guijarros de los conglomerados se encuentran fragmentos de las clases de rocas antes mencionadas, especialmente las ígneas y metamórficas, y están bastante arredondados y lisos, indicando con esto que han sido transportados a grandes distancias y sujetos a fuerte desgaste.

Las capas no llegan a tener grandes espesores, pues en conjunto suelen alcanzar una potencia total de unos tres metros aproximadamente. Por lo general, se las observa descansando en estratificación discordante sobre las capas de arenisca de la formación Rosario, como acontece al sur de la cañada del Socorro y al norte de El Rosario; o bien reposan concordantemente sobre la formación Sepultura, como acontece en las terrazas al este de San Quintín.



Fot. 7.—Conglomerado de la formación "Rosario", al N. de Punta Camalú.



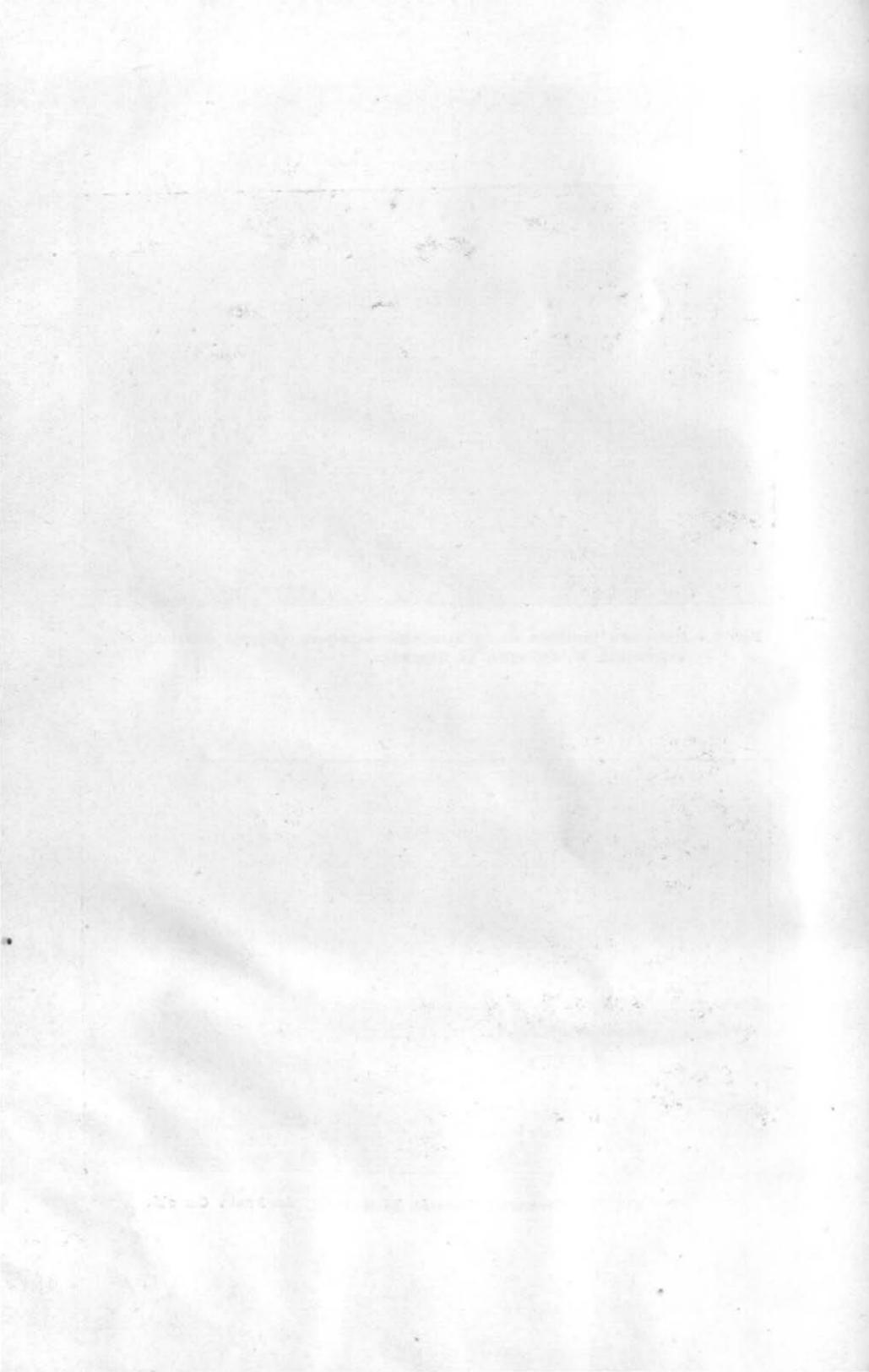
Fot. 8.—Mesa de La Sepultura.

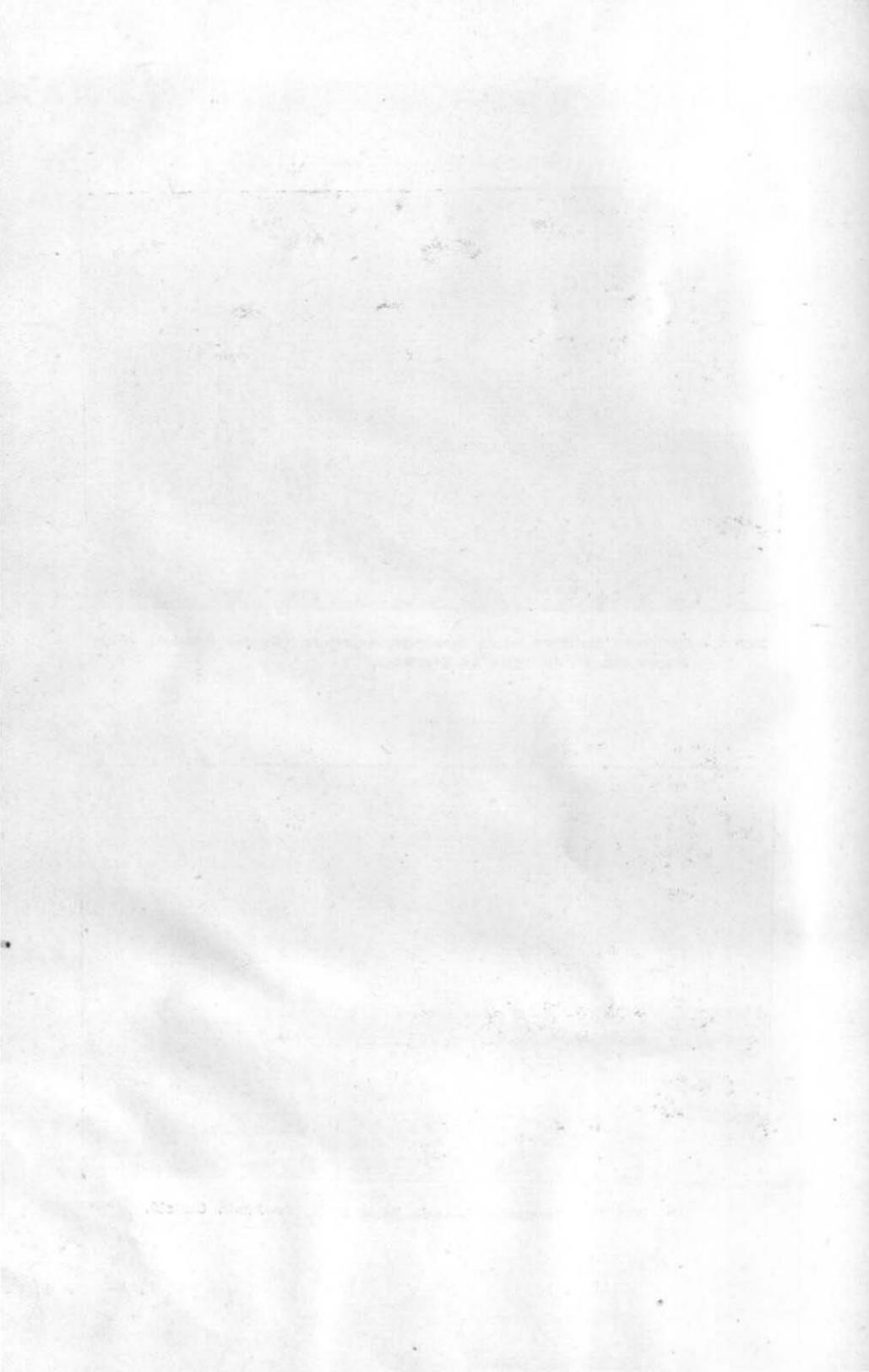


Fot. 9.—Horizonte fosilífero de la formación Sepultura (Eoceno inferior) en la extremidad W. del cerro La Sepultura.



Fot 10.—Formación Rocario hacia el N. de Punta Camalú.





Es una formación abundante en fósiles, especialmente cerca del plano de estratificación que la separa de las formaciones más antiguas, pero no es fácil obtener especies bien definidas por la razón anteriormente expuesta. Sin embargo, tuvimos oportunidad de encontrar, en las mesas situadas al N. de la población de Rosario, en las terrazas al E. de San Quintín y entre Colnett y San Isidro, los siguientes fósiles: *Pholadidea* sp.; *Trophon* sp.; *Arca*, sp.; *Dendraster* cf. *ashleyi* Kew; *Dendraster ashleyi*, Arnold; *Polinices* sp.; *Turritella vanzlecki* Arnold; *Alectrion californica* var.; *Phacoides* sp.; *Pecten circularis* Conrad var.; *Pecten ethegoini* Anderson; *Diente de tiburón*; *Acanthina n. sp.*; *Dientes de liza*; *Ostrea vespertina* Conrad; *Phacoides* sp.

Aun cuando petrográficamente esta formación no es semejante a la de San Fernando, de los campos petrolíferos de California, la fauna encontrada permite referirla a ella y por esto ha sido considerada como del Plioceno medio y superior.

PLEISTOCENO.—Arriba de los sedimentos pliocenos que hemos enumerado y en estratificación concordante con ellos aparece, formando parte del mismo cantil costero, otra serie de conglomerados, que por la fauna fósil encontrada en ella corresponde al Pleistoceno. Estos conglomerados tienen los mismos caracteres litológicos que los del Plioceno y no es fácil distinguirlos si no es por los fósiles que contienen, pues la naturaleza de las rocas que los forman, la compacidad de éstos, el tamaño de los guijarros y el espesor de las capas es aproximadamente el mismo. Además, dada la posición topográfica de estos conglomerados, su distribución en el terreno explorado es la misma que indicamos para las capas pliocénicas.

Los fósiles que sirvieron para determinar la edad de esta formación, fueron encontrados en las mesas al N. de Rosario y en las terrazas que están entre Socorro y San Quintín, y son los siguientes: *Pododesmus macrochismus* Deshayes; *Paphia staminea* Conrad; *Phacoides californica* Conrad; *Mytilus californianus* Conrad; *Vermetus squamigerus*; *Balanus tintinabulum*; *Macomanasuta* Conrad; *Tivela stultorum* Conrad; *Hinnites giganteus* Gray; *Dendraster Diegoensis* Kew; *Conus californicus* Hinds; *Olivella buplicata* Conrad; *Cryptochiton* sp.; *Diadora aspira* Escholtz; *Lottia gigantea* Gray; *Tegula gallina* Forbes; *Epiphragmaphora* sp.; *Haliotis crackerodii* Leach;

Acanthina lugubris Sowerby; *Septifer bifurcatus* Conrad; *Fissurella Volcano* Reeve; *Zirphaea* sp.; *Cryptoconus carpenteriana* Gabb; *Bursa californica* Gabb; *Mitridae*; *Tegula montereyi* Keener.

Debemos hacer notar que algunos de estos fósiles fueron encontrados a larga distancia de la costa actual, como los que proceden de la zona del Aguajito, que está a más de 30 KM. al E. de Rosario y a unos 440 M. de altura sobre el nivel del mar.

Por la fauna fósil colectada, puede considerarse que esta formación corresponde a la de San Pedro de California, E. U. A., la que ha sido considerada como del Pleistoceno.

RECIENTE.—Las formaciones que corresponden a esta serie no tienen un tipo especial ni una distribución regional característica para que podamos designarlas, como a las otras, con algún nombre. Sin embargo, tienen alguna importancia por lo que respecta a la extensión que cubren, aunque su espesor raras veces es de alguna consideración.

Dentro de esta clase de formaciones, consideramos: los suelos arcillosos que cubren el extenso valle de San Quintín y otros valles de menor importancia; los conglomerados que aparecen de preferencia en donde hay un cambio brusco de pendiente, al pasar de la zona montañosa a la parte plana de las mesas y terrazas costeras; y las capas de arena que forman los médanos en varios lugares de la costa. De estas formaciones, la más importante es la de los conglomerados de color blanco, que están constituidos por guijarros de tamaños muy variables (hasta de 0.50 M.), entre los que figuran rocas graníticas, andesíticas, areniscas compactas, tobas y conglomerados andesíticos. Hay que hacer notar en ellos que no son compactos como los descritos en algunos párrafos anteriores, y que en sus fragmentos constitutivos se nota mayor grado de desintegración. El espesor total de estas capas de conglomerados es variable, llegando a alcanzar en algunos lugares, como en la barranca del Cardonal, un espesor mayor de 150 M.

TECTONICA

De entre las series sedimentarias que hemos descrito hasta aquí, solamente las formaciones que corresponden al Cretácico son las que revelan fenómenos estructurales de alguna consideración. En efecto, en las rocas sedimentarias metamorfozadas, que corresponden al Cretácico inferior y probablemente también al Cretácico medio, se obser-

van pliegues generalmente monoclinales, cuyos rumbos dominantes son 10° N. E. y 70° N. E., con echados que varían de 10° a 30° hacia el N. W. y hacia el S. E. respectivamente. Los esfuerzos que actuaron sobre estas rocas fueron tan intensos que no solamente produjeron en ellas estos pliegues simples, sino que dentro de ellos se formaron pliegues menores, complejos, que sirvieron para quebrantar completamente las rocas. Las rocas sedimentarias no metamorfozadas, que corresponden al Cretácico superior, están menos trastornadas en su posición que las anteriores, pues sólo presentan una inclinación general de 5° hacia el S., con rumbo medio de 50° N. W. y dentro de esa inclinación solamente pudimos identificar dos pliegues anticlinales, situados: uno al sur de la desembocadura del río Rosario y el otro en la Punta Camalú; este último se observa claramente en la costa y también a unos 2 KM. tierra adentro.

El anticlinal de Rosario es bastante amplio, su eje está localizado a un kilómetro aproximadamente de la bocana de Rosario y tiene un rumbo aproximado NW-SE., cercano a la línea E-W., aunque no nos fué posible determinarlo con exactitud. Es simétrico y el echado medio de los aleros es de unos 10° . En el alero norte, las areniscas rojas son las que forman la base y están cubiertas por areniscas verdes, principalmente, las que a su vez vienen a quedar cubiertas por la serie de areniscas amarillas yesíferas; en cambio, en el alero sur, las mismas areniscas de los dos miembros inferiores están cubiertas por conglomerado compacto del Cretácico superior.

El anticlinal de Camalú es de menor importancia que el anterior; su eje viene a quedar situado aproximadamente en la parte sur de la Punta Camalú, en donde se observan sus dos flancos con rumbo de 30° N. E., y echados de 14° al S. y 10° al N., respectivamente. Aun cuando las rocas que lo constituyen son las areniscas verdes del Cretácico superior, no mantienen éstas la misma regularidad en su echado como en Rosario, sino que, por el contrario, se observan plegamientos secundarios de cierta importancia dentro de la inclinación general de los aleros del anticlinal. (Fots. 10 y 11).

Fuera de los dos anticlinales descritos, no hay otra estructura en toda la región que merezca ser mencionada, antes por el contrario, se observan las rocas de las formaciones terciarias dispuestas en lechos horizontales concordantes, sin que se note ninguna irregularidad en la estratificación. Es importante, desde el punto de vista económico, como lo haremos notar más adelante, indicar el hecho de

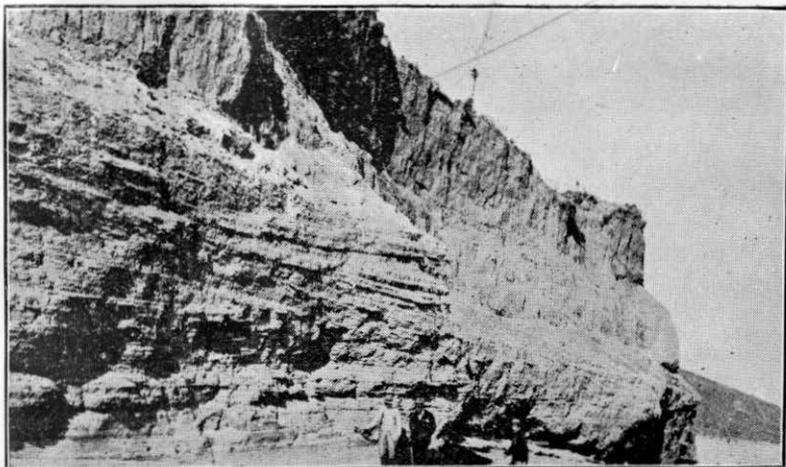
que las formaciones terciarias, incluyendo aún la del Eoceno inferior, se hallan totalmente expuestas en el terreno, apoyándose sobre el Cretácico superior, que en estos casos generalmente sobresale de 10 a 30 metros arriba del nivel del mar. Los espesores medios encontrados en las distintas formaciones terciarias, son los siguientes: de 10 a 40 metros para las formaciones eocénicas; de 1 a 5 metros para las formaciones pliocénicas; y de 1 a 10 metros para las formaciones pleistocénicas.

El fenómeno de fallamiento se manifiesta solamente en las formaciones cretácicas, las que con frecuencia se encuentran atravesadas por numerosas fracturas de rumbos y echados variables, que muestran dislocaciones de poca importancia y cuyo desalojamiento vertical no excede en la mayoría de los casos de unos dos metros. Pueden citarse solamente como fallas importantes, aquellas que han influido de una manera efectiva en la configuración actual del terreno, dando lugar a la formación de algunos de los cañones principales, como son las encontradas en la barranca del Atorón, que tiene un rumbo de 70° N. W.; la falla de Rosario que ha influido en la orientación general de la cañada, especialmente cerca de su desembocadura, y las de San Fernando y el Aguajito, cuyo rumbo coincide con la dirección general de las barrancas de los mismos nombres. (Fot. 12).

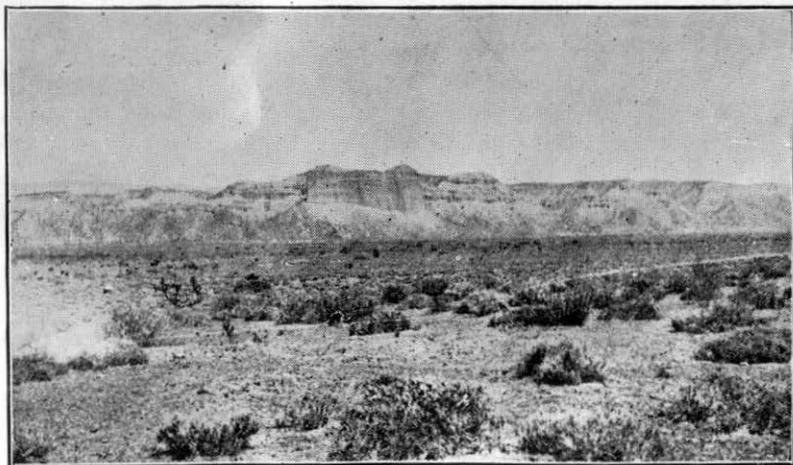
PETROLEO

Desde hace varios años, la península de la Baja California ha llamado la atención por lo que respecta a sus posibilidades petrolíferas, y ya varias compañías o empresas particulares más o menos importantes, se han ocupado en hacer estudios geológicos y aun en perforar en algunos lugares. Nosotros nos referiremos únicamente a la porción territorial descrita al principio de este estudio y sólo citaremos aquellas observaciones que hayan sido hechas en otros puntos y que sirvan para corroborar algunas de nuestras conclusiones.

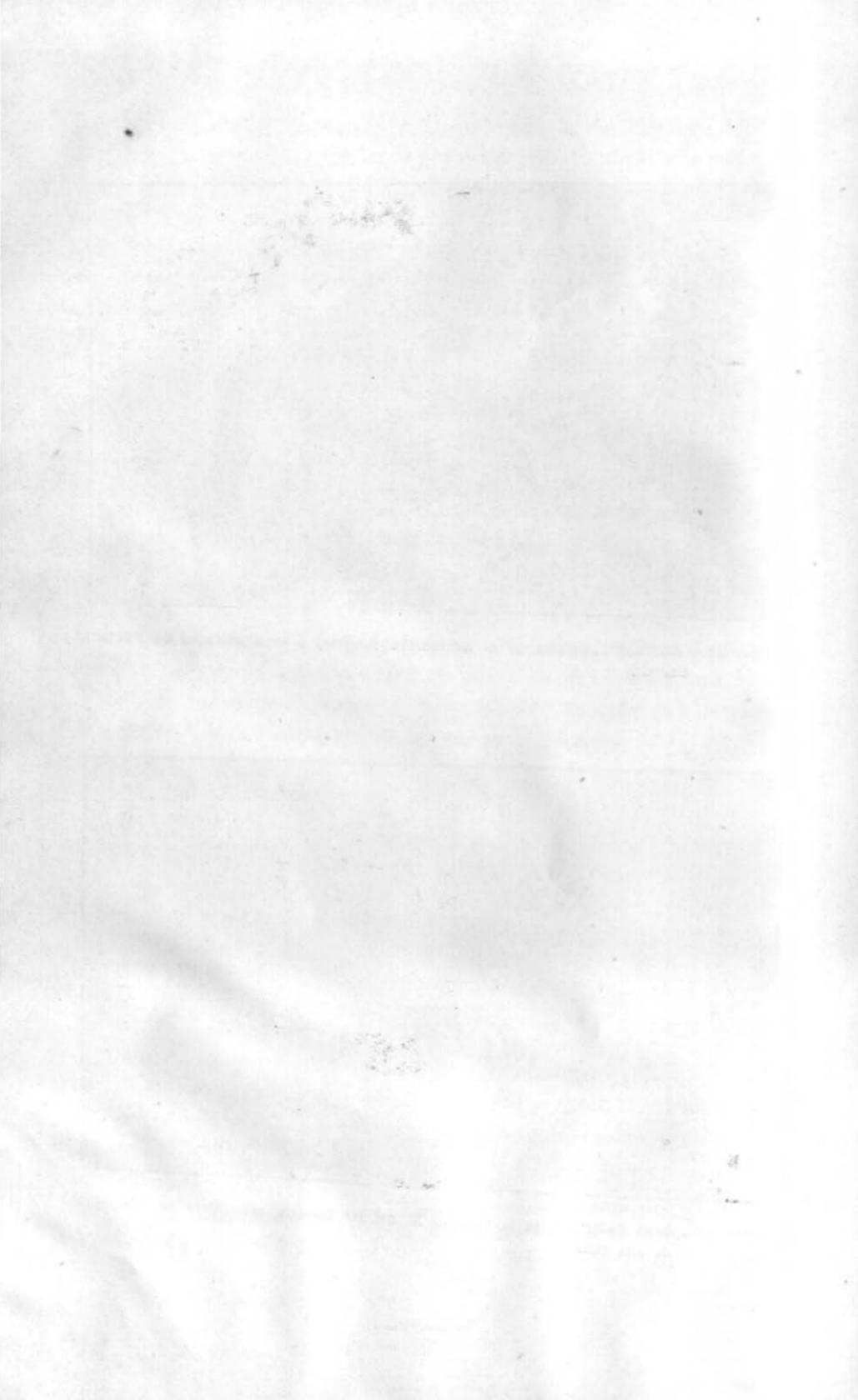
El interés mostrado por la exploración petrolífera proviene, probablemente, no sólo del hecho de que se encuentran manchas más o menos grandes de petróleo crudo en ambas costas de la Península, sino de la idea, al parecer justificada, de que, siendo esta península la continuación geográfica de la Alta California, había de contar con las mismas condiciones geológicas que favorecieran la formación de depósitos petrolíferos análogos en importancia a los encontrados en aquella comarca.



Fot. 11.—Ala del anticlinal de la Formación Rosario, a inmediaciones de Punta Camalú.



Fot. 12.—'El Castillo' en la margen N. del rio Rosario, mostrando los efectos de una falla.



Al tratar el asunto concreto de las posibilidades petrolíferas que presenta la zona estudiada, vamos a procurar ir analizando, uno a uno, los factores esenciales que contribuyen al origen y acumulación del petróleo, ocupándonos en los principios generales que los rigen.

En los últimos años, geólogos experimentados en los depósitos petrolíferos de California han reconocido cuatro condiciones esenciales para la acumulación del petróleo:

- 1^a—Que en la comarca en estudio existan formaciones geológicas capaces de originar el petróleo;
- 2^a—Que en el contacto o vecindad de la formación originaria existan capas porosas, en las que pueda almacenarse el petróleo formado;
- 3^a—Que las capas porosas afecten formas estructurales que permitan la retención y acumulación del petróleo; y
- 4^a—Que circule agua en las capas porosas, que acarree el petróleo a lugares favorables para su acumulación.

En resumen, las condiciones expuestas se refieren al origen, transporte, retención y acumulación del petróleo; puntos que una vez analizados debidamente, son definitivos al dar el fallo sobre la posibilidad o no posibilidad de encontrar yacimientos petrolíferos en una comarca.

Para estudiar la primera condición expuesta, hay que tomar en cuenta las diversas teorías respecto al origen del petróleo. La más generalmente aceptada en California es la de que el petróleo se ha derivado de las diatomeas y foraminíferas, organismos microscópicos que existieron en los mares terciarios en enormes cantidades y cuya materia orgánica, encerrada en sus delicados esqueletos, proporcionó, al morir estos organismos y acumularse en el fondo de los mares, la materia prima para la formación del petróleo.

Otros autores no aceptan como única la teoría de las diatomeas para explicar el origen del petróleo, asegurando que hay formaciones productoras de esta substancia que no contienen esqueletos de diatomeas y que, por otra parte, hay otras formas de vida que pueden contribuir con su material orgánico a la formación del petróleo.

Sea una u otra la teoría que se acepte, la idea fundamental es que deben existir capas sedimentarias que hayan almacenado gran cantidad de materia orgánica que, al descomponerse bajo condiciones especiales, pueda dar origen al petróleo.

Una vez establecido esto, analizaremos si existen en algunas de las formaciones geológicas descritas, rocas capaces de haber originado el petróleo, empezando desde las más antiguas.

Los granitos, que forman el basamento de la serie sedimentaria, debido a su carácter de rocas ígneas, no son capaces de originar el petróleo ni aun de contenerlo en cantidades comerciales.

La serie sedimentaria del Cretácico inferior, que se apoya sobre los granitos, está formada por rocas del tipo de areniscas, pizarras silicificadas, cuarcitas, conglomerados y algo de calizas; ha sufrido intensos procesos de metamorfismo dinámico, ha sido atravesada en numerosos puntos por intrusiones de rocas ígneas intermedias o básicas y aun se ha verificado en ella la circulación de aguas mineralizantes que han dado origen a algunos criaderos de fierro o cobre.

En estas condiciones, la serie sedimentaria no puede considerarse capaz de dar origen al petróleo, puesto que las rocas que la constituyen sólo contienen pequeñas cantidades de materia orgánica, en puntos aislados. Tampoco esta serie puede haber retenido el petróleo, por las intensas acciones metamórficas a que ha estado sujeta.

Pasando ahora a la serie del Cretácico superior, se nota que dominan en ella las areniscas de color rojo, verde y amarillo, alternando con bancos gruesos de conglomerado.

Las areniscas de color rojo, que forman la parte inferior de esta serie, se derivaron, en gran parte, de las rocas ígneas y sedimentarias metamorfozadas del Cretácico inferior. Su color dominante se debe a una abundante cantidad de óxido de fierro, derivado también de la serie del Cretácico inferior, al desintegrarse las rocas que lo constituyen. Esta serie de areniscas rojas no contiene material orgánico de ningún género, pues de haber existido, habría efectuado seguramente reducciones en el óxido de fierro, haciendo cambiar la coloración general de la roca.

Las areniscas verdes, que forman la parte media de la serie, contienen, como ya se dijo, fragmentos carbonosos; pero esta materia orgánica se ha derivado de pequeños trozos de vegetales muy diseminados entre los granos de areniscas que quedaron aprisionados de un modo irregular. Y no puede, por lo tanto, considerarse como una fuente posible del origen del petróleo.

Las areniscas amarillas de la parte superior del Cretácico superior, muestran gran cantidad de láminas de mica y granos de cuarzo, así como abundantes laminillas y cristalizaciones de yeso, y, por lo

mismo, además de que su origen se atribuye, con toda probabilidad, a la desintegración de rocas ígneas, incapaces de producir petróleo, la presencia del yeso en su masa demuestra la existencia de condiciones climatéricas desérticas durante su formación. Deben, pues, considerarse también, como rocas inadecuadas para originar el petróleo.

En cuanto a las rocas del Eoceno, la circunstancia de encontrarlas concordantes con la serie del Cretácico superior, indica que no hubo ningún lapso importante de tiempo entre su depósito y el de las formaciones inferiores, y que las condiciones climatéricas reinantes debieron haberse conservado muy semejantes. Este hecho está comprobado por la semejanza litológica que muestran unas y otras. Si a lo anterior se agrega el hecho de que las formaciones eocénicas muestran pequeños espesores y están expuestas desde su base, no puede dudarse que el Eoceno, en la porción estudiada, nunca estuvo sepultado a grandes profundidades y que, por lo tanto, no pudo estar en condiciones favorables para producir transformaciones de las materias orgánicas, en el remoto caso de que éstas hubieran existido.

La ausencia de rocas del Mioceno en la zona explorada, es otro factor digno de consideración, puesto que esta serie es la más importante en la Alta California como productora de petróleo. Es evidente, por lo mismo, que al faltar esta serie en la comarca estudiada, se han perdido muchas probabilidades de encontrar formaciones geológicas favorables para la existencia del petróleo.

Respecto a las capas sedimentarias del Plioceno y Pleistoceno, no son dignas de tomarse en cuenta, por estar situadas en la superficie del terreno y estar constituídas por arenas y conglomerados cementados por material calcáreo; teniendo, además, pequeños espesores que no pasan de cinco metros.

Atendiendo a las condiciones segunda y tercera, debemos decir que, en nuestro concepto, sí existen suficientes capas porosas que podrían haber almacenado petróleo, siempre que hubieran concurrido otras circunstancias favorables; pero el hecho de no haber encontrado capas o estratos intermedios de rocas impermeables dentro de las gruesas capas constituídas casi exclusivamente por areniscas, y de que la serie sedimentaria afecte en toda la zona, posiciones casi horizontales, con excepción del anticlinal de Rosario, que es muy abierto, y el de Punta Camalú, que es de poca importancia, nos autoriza a considerar esta serie como incapaz de almacenar petróleo.

A los argumentos anteriormente expuestos, hay que agregar uno más, que en nuestro concepto es de gran significación. Las series sedimentarias que hemos estudiado, no son sino un depósito marginal de la cuenca oceánica, formado a poca profundidad y que ha sufrido procesos intensos de desgaste erosivo durante los levantamientos alternativos de la porción occidental de la península. Es imposible que en estas condiciones haya habido facilidades para la formación y acumulación del petróleo.

Si no existen capas que almacenen gran cantidad de materia orgánica de la cual pueda derivarse el petróleo, ni tampoco se encuentran formaciones capaces de almacenarlo, con todo fundamento puede negarse la posibilidad de encontrar yacimientos de petróleo en la zona estudiada.

Queda sólo por dilucidar un punto que parece ir en contra de los argumentos expuestos. Este se refiere a las manchas de petróleo crudo encontradas en la costa y en casi toda la longitud de la zona explorada. Se hallan bajo la forma de gotas o fragmentos irregulares de dimensiones muy variadas, que con frecuencia se adhieren a las rocas, dentro de la zona marcada por los niveles de alta y baja marea, o quedan diseminados en las playas arenosas durante las bajas mareas; en otras ocasiones se ven cintas o bandas más o menos largas introducidas en las grietas de las rocas barridas por las olas, simulando exhudaciones provenientes de las rocas mismas.

Estas manchas parecen acumularse de preferencia en algunos lugares, que durante nuestra visita fueron los siguientes:

- a.—En las areniscas del Cretácico superior y en los cantos rodados de la costa norte de Punta Banda.
- b.—En los conglomerados compactos del Cretácico superior, 2 KM. al sur de San Isidro.
- c.—En arenas de la playa, al sur de la desembocadura del río de San Antonio del Mar.
- d.—En los derrames de lavas basálticas, en el puerto de San Quintín.
- e.—En las areniscas verdes del Cretácico superior, así como en la bahía del Gallo, en fragmentos de madera arrojados por las olas.

Se ve, por lo anterior, que estas aparentes manifestaciones no tienen preferencia por una definida clase de roca y tan es así, que lo mismo se hallan en rocas ígneas que en rocas sedimentarias. Además, al excavar la roca en los lugares donde se las encuentra adheridas a ella, no se ve la continuación de algún conducto por donde hubiera podido salir la substancia bituminosa, en el caso de que hubiera provenido de la roca misma.

Es indudable, por lo tanto, que este material bituminoso ha sido arrojado por las olas, depositado en las rocas durante las bajas mareas, y adherido a ellas por un proceso de semifusión ocasionado por el calor solar.

Tratando de investigar el origen de este petróleo, tomamos en cuenta los siguientes factores, que a nuestro juicio pueden servir para dar una explicación bastante satisfactoria de este punto.

- 1.—La presencia de grandes fallas submarinas más o menos cercanas a la costa, cuya existencia se presume por los accidentes geológicos encontrados.
- 2.—La posibilidad de que las fallas hayan hecho descender a diferentes profundidades formaciones de carácter petrolífero y que estén facilitando actualmente la circulación lenta y continua de pequeñas cantidades de petróleo crudo, que es arrojado por el oleaje a las costas de la península.
- 3.—La constancia en el depósito de las manchas de petróleo a lo largo de casi toda la costa, especialmente en determinados lugares.

Estos factores nos indujeron a considerar este petróleo como de origen submarino, descartando la idea de que pudiera provenir de los barcos que transitan cerca de la costa, en vista de que el tráfico marino es poco intenso; de que dentro del limitado número de barcos que transitan por estos lugares, son muy pocos los que pudieran llevar petróleo crudo y que la pequeña cantidad de esta substancia que pudieran tirar al mar durante su paso por la zona, no está en proporción con la cantidad de petróleo que es arrojado, año tras año, a las costas de la península.

A fin de adquirir mayores datos a este respecto, se enviaron varias muestras del petróleo colectado en la costa, al laboratorio de análisis de los señores Smith Emery Co., de Los Angeles, Cal., quienes

dictaminaron que "El carácter del petróleo representado por esas muestras es tal, que en su opinión proviene de un depósito natural o "chapotera", con lo cual parece quedar corroborada nuestra idea de que las manchas observadas son manifestaciones de depósitos petrolíferos submarinos y que no tienen, por lo tanto, ningún valor en relación con las formaciones geológicas emergidas.

Por último, es importante hacer notar, por vía de información, que en las tres perforaciones situadas entre Ensenada y el puerto de Santa Catarina (situado al sur de Rosario), no se ha encontrado ningún depósito petrolífero de importancia comercial, no obstante que con estas perforaciones se ha explorado todo el Cretácico superior y que uno de los pozos ha llegado al Cretácico inferior y otro hasta el macizo granítico, alcanzando profundidades cercanas a los mil metros, según tenemos noticias.

Resumiendo lo expuesto en esta parte de nuestro informe, puede decirse lo siguiente:

- 1°—En ningún lugar, dentro de la región explorada, pudimos encontrar manifestación alguna de petróleo (chapoteras);
- 2°—No existen, dentro de ninguna de las series de rocas sedimentarias que aparecen en el terreno, pizarras diatomíferas ni otras rocas con materia orgánica abundante que pudieran haber dado origen al petróleo;
- 3°—El espesor total de las formaciones sedimentarias, así como su anchura dentro de la zona, son insuficientes para permitir la formación del petróleo, aun cuando concurrieran otras circunstancias favorables;
- 4°—Las rocas que corresponden al Cretácico superior, son las más potentes y extendidas en la región, pero dentro de ellas no se encontraron ningunos indicios que hicieran presumir la existencia del petróleo. Además, es bien sabido que este período ha producido cantidades relativamente pequeñas de petróleo en la Alta California. (parte norte de Coalinga);
- 5°—Tanto las formaciones geológicas que se encuentran arriba del Cretácico superior (Terciario y Cuaternario), como las que se encuentran abajo, (Cretácico inferior y macizo granítico), no ofrecen tampoco ningunas posibilidades

petrolíferas, por las razones expuestas en párrafos anteriores;

- 6°—Dentro de la columna geológica que aparece en esta región, no logramos encontrar ningunas capas que correspondieran al Mioceno; siendo éste el período durante el cual se formaron las capas diatomíferas más potentes y en el que existen los yacimientos petrolíferos de mayor importancia en las ya citadas regiones de la Alta California; y
- 7°—Toda la serie sedimentaria que pudiera considerarse como favorable para la acumulación del petróleo se encuentra enteramente descubierta y desprovista de capas impermeables potentes, de manera que dicha acumulación no podría realizarse, aunque concurrieran otras condiciones favorables.

CONCLUSION PRACTICA

Las ideas y consideraciones expuestas en este informe conducen a la conclusión práctica siguiente:

Los terrenos amparados por la concesión "Santa Ana Almada-Alarcón", cuyos límites quedaron definidos al principio de este estudio, no ofrecen ningunas posibilidades petrolíferas, puesto que los datos obtenidos no permiten asegurar la existencia del petróleo en el subsuelo de dichos terrenos y ni siquiera justifican la exploración de ellos.

México, D. F., 24 de septiembre de 1928.