

TESIS PROFESIONAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS

GEOLOGIA

Geología

1943

LORENZO TORRES IZABAL

TG9 0009



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A MI MADRE.

A MI ESCUELA.

INDICE:

Introducción	11
Condiciones Físicas	15
Drenaje	16
Estratigrafía	19
Cuadro Geológico	21
Era Paleozoica	22
Precámbrico	22
Cámbrico	23
Mississippico	27
Pérmico	27
Mesozoico	28
Triásico	29
Jurásico	31
Cretácico	33
Cenozoico	39
Rocas Igneas	43
Geología Estructural	45
Columna Geológica	48

TESIS

Apuntes para la Geología del Norte de Sonora.

INTRODUCCION

En este estudio, se hará la descripción de la región, desde un punto de vista puramente geológico, sin tratar la parte relacionada con los depósitos minerales y las posibilidades petrolíferas de la región.

El área estudiada tiene por límites: al Norte, los Estados Unidos de Norte América, al Oeste, el Golfo de California, al Este la Sierra Madre Occidental y se prolonga hacia el Sur de la frontera internacional por 100 kilómetros a la altura del Pueblo de Santa Ana.

Esta región se encuentra muy poco poblada y esta falta de población se nota más en la porción Noroeste, donde el carácter desértico se acentúa al máximo haciendo las condiciones de vida sumamente difíciles por la falta de agua y lo extremo del clima.

A medida que nos alejamos de la costa, las condiciones de desierto cambian a semidesérticas, dando lugar a una mayor actividad, siendo una de las principales la ganadería.

Tanto en la región desértica como en la parte montañosa existen minerales de grande importancia, como son los de Cananea, El Tigre y Antimonio.

En la parte desértica, el oro de placer es bus-

cado afanosamente y nunce se ha podido explotar en grande escala debido a la falta de agua. Los gambusinos lo extraen usando unas máquinas con fuelles que separan las arenas del oro por medio de aire.

El tungsteno y el antimonio también se explotan en esta región.

Las vías de comunicación principales, son el Ferrocarril Sud Pacífico y la carretera internacional que principia en Nogales y se prolonga hacia el Sur. Estas dos vías que corren paralelas tienen una dirección Norte Sur y atraviesan por la parte central de la región explorada.

Están en construcción dos vías más que serán de gran importancia al Estado de Sonora. Estas son: el Ferrocarril de Fuentes Brotantes que atraviesa el Desierto de Altar y entroncará con el Sud Pacífico en las proximidades de Santa Ana y que pondrá en comunicación a la Baja California con el resto del país.

La carretera Sonoyta Punta Peñasco, atravesará el desierto en dirección normal a la del Ferrocarril y dará salida a los productos de la pesca que es tan abundante en el Golfo de California.

Además de estas vías principales, existen numerosos caminos vecinales, que en la parte de las llanuras, permiten el fácil tránsito de automóviles y la comunicación entre los pequeños poblados y rancherías. Fueron estos caminos los que se recorrieron para hacer el estudio, permitiendo éstos en la mayoría de los casos, la llegada a los afloramientos que en la región desértica se encuentran separados por distancias considerables.

En la parte montañosa, los caminos son más es-

casos y más malos, cosa que impide hacer el trabajo con la misma rapidez que en la llanura.

El levantamiento geológico se hizo, principalmente, en automóvil, hasta llegar a los afloramientos, haciendo los recorridos de éstos a pie, tomando secciones a pasos y con brújula Brunton. Cuando se creyó conveniente, la sección se midió con cinta.

Todo el levantamiento se hizo apoyándose en el plano del Estado de Sonora editado por la Secretaría de Agricultura y Fomento, marcando sobre éste las anotaciones geológicas, lo mismo que los accidentes topográficos que no estaban marcados o que merecían una rectificación.

La clasificación de los fósiles que se colectaron se hizo en la Universidad de Arizona, en compañía del Dr. A. A. Stoyanow, autoridad en la materia, siendo esto una garantía a la exactitud de la clasificación.

Se presentan fotografías de los fósiles del Período Cámbrico, descubiertos por primera vez en la República Mexicana.

NOTA: No se presentan los planos y perfiles en esta tesis, por haberse hecho este estudio con un fin comercial y se consideran estos datos como confidenciales.

CONDICIONES FISICAS

Podemos dividir el área en dos provincias fisiográficas completamente distintas, separadas por una línea que tiene más o menos dirección Norte Sur y que lo divide en dos partes casi del mismo tamaño.

La porción Oeste, que llamaremos desértica, está constituida por una serie de planicies que están interrumpidas por sierras que tienen una dirección general Noroeste, Sureste, dando lugar a que los valles tengan siempre su mayor extensión en esta dirección, con algunas interrupciones como excepción.

En el extremo Noroeste de esta provincia desértica, se encuentra la parte del Desierto de Altar que está constituida por médanos, que, a causa de los vientos dominantes del Noroeste, han avanzado tierra adentro bastantes kilómetros, cuando no han encontrado ningún obstáculo que les sirva de barrera. En los casos en que alguna sierra corre paralela y cercana al mar, las arenas de los médanos, empujadas por el viento, cubren las faldas de los cerros, como sucede en la Bahía de San Jorge donde se encuentran cubriendo con un espesor de más de 70 metros la Sierra del Picú cercana al mar.

En esta región arenosa, los afloramientos son sumamente escasos, haciendo muy difícil el estudio y la correlación de las rocas que aparecen.

En la región desértica que tiene las montañas y valles, éstos se encuentran rellenos por los materiales finos de acarreo que cubren por completo

las rocas sobre las que descansan. Como los ríos no tienen cauces profundos, no existen lugares en los valles donde queden expuestas las rocas del fondo, por lo cual, el estudio se hizo en las diferentes Sierras, que por ser muy viejas muestran una erosión muy avanzada que ha destruído la mayor parte de las estructuras originales, haciendo que el estudio de la tectónica se dificulte.

En esta provincia, los afloramientos están **constituídos principalmente, por rocas sedimentarias** muy antiguas, rocas plutónicas ácidas y, en muy pequeña escala, rocas ígneas efusivas y rocas sedimentarias más jóvenes.

La provincia del Este, que llamaremos montañosa, está formada por las estribaciones del flanco Oeste de la Sierra Madre Occidental y presenta una fisiografía completamente distinta a la provincia descrita anteriormente. Esta, con su carácter montañoso, está formada por numerosas sierras pequeñas interrumpidas y dislocadas con estrechos valles que las separan y que muestran un ciclo de erosión en etapa de juventud. Lo que se puede notar aquí, es que la dirección dominante de los accidentes geológicos es también Norte Oeste-Sur Este.

Esta provincia está constituída por rocas sedimentarias que han sido cubiertas posteriormente por enormes derrames de lavas que cubren la mayor parte de esta provincia. Únicamente en algunos lugares, la erosión ha vuelto a exponer a las rocas sedimentarias.

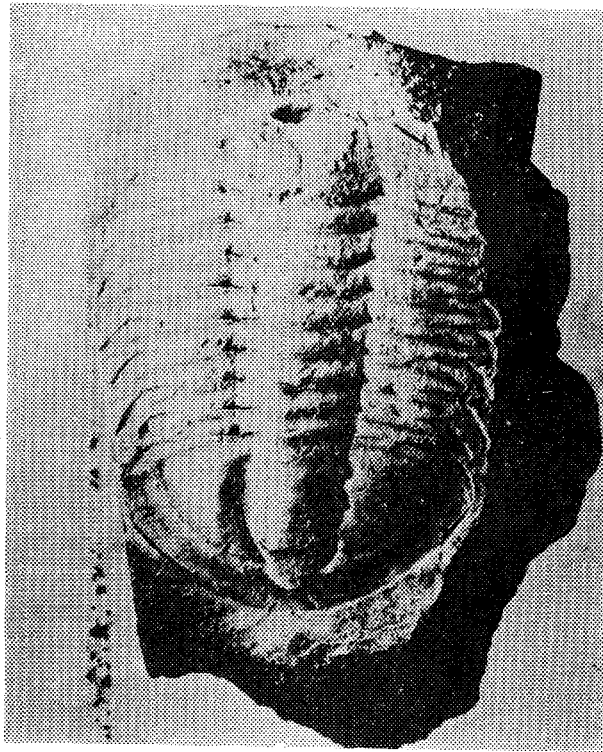
DRENAJE.—La provincia desértica se encuentra drenada por numerosos arroyos de escasa profundidad que permanecen secos la mayor parte del tiempo, a excepción de la temporada en que llega a caer uno que otro aguacero, que en estas regio-

nes son de gran intensidad y de corta duración, dando lugar a corrientes en forma de láminas que hacen cambiar el curso de los arroyos pequeños.

Todo este drenaje secundario aporta su caudal a arroyos mayores que forman un sistema de drenaje dendrítico, que va al río Magdalena, el cual en muy contadas ocasiones llega con agua al mar, pues las aguas se evaporan y se filtran en el terreno mucho antes de llegar a la costa.

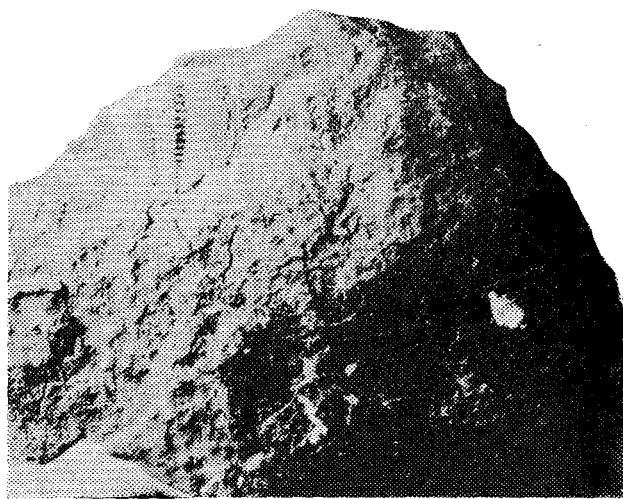
En la provincia montañosa, el drenaje está formado por arroyos y barrancas de fuerte pendiente, que cortan profundamente en las laderas de las montañas. Es un drenaje consecuente que sigue la línea de máxima pendiente teniendo, por lo tanto, una dirección general al Oeste en la parte montañosa y luego cambiar al Suroeste cuando llega al valle.

TRILOBITAS CAMBRICAS
MEXICANAS



GLOSSOPLEURA GOMEZI.

TRILOBITAS CAMBRICAS
MEXICANAS



ALOKISTOKARE TORRESI.

ESTRATIGRAFIA

La estratigrafía en el Estado de Sonora no ha sido estudiada de una manera profunda ni sistemática. Los datos aportados por ingenieros mineros, de los distintos minerales que se han trabajado por bastante tiempo, son con los que se contaron para establecer en un principio las bases de la estratigrafía. Posteriormente, algunos geólogos americanos han realizado exploraciones y estudios más bien locales para completar los datos de la geología de los Estados Americanos que colindan con el Territorio Nacional.

El Maestro José G. Aguilera en su bosquejo, hace una descripción exacta, pero muy general de la geología del Estado de Sonora.

Dumble, en sus notas sobre la Geología de Sonora (1900) menciona fósiles Paleozoicos que atribuyó al Silúrico, pero no se ha podido comprobar hasta la fecha la existencia de este período.

Al hacer el presente estudio, se pudo comprobar la existencia de la Era Paleozoica al encontrarse fósiles índices del Cámbrico y fósiles de edad Permo-Carbónica en el Distrito de Altar, quedando de esta manera bien definidos estos períodos del Paleozoico en el Estado de Sonora.

Se considera muy afortunado el hallazgo de trilobitas Cámbricas, pues las rocas se encuentran sumamente metamorfizadas y erosionadas, dificultando la localización de áreas fosilíferas y la estratigrafía en general.

En el Distrito de Altar, descansando sobre es-

quistos Precámbricos que afloran en las proximidades del Pueblo de Altar, encontramos las formaciones Paleozoicas constituídas principalmente por calizas oscuras que se presentan en bancos gruesos y forman las serranías que quedan como vestigios de grandes estructuras, en las que la erosión ha hecho un trabajo intenso.

Como rocas subordinadas y, en orden de importancia podemos mencionar a las cuarcitas claras que en algunas partes, como en la Jojoba se presentan con estratos hasta de 50 mts. de espesor y le siguen en orden decreciente las pizarras, las lutitas y las areniscas.

En la región Noreste, en el Distrito de Arizpe, se encuentran también expuestas las rocas Precámbricas, pero en áreas reducidas, en los alrededores de Cabullona y de la Sierra de Cananea, pues la mayor parte de esta área se encuentra cubierta por rocas Cretáceas y derrames de lavas Cenozoicas.

El Paleozoico superior aparece en la parte desértica en las cercanías de Antimonio en donde está en contacto directo con formaciones Mesozoicas, y en la región Noroeste en el mineral de "El Tigre".

Las formaciones Mesozoicas, se presentan en la región de Altar en forma de dos estructuras anticlinales aisladas que descansan sobre el Paleozoico Superior.

En la región Noreste, en el Distrito de Arizpe, se presentan en una área más extensa y se encuentran cubiertas por derrames de lavas Cenozoicas.

Los depósitos Cenozoicos y recientes son de tipo continental y cubren áreas reducidas a lo largo de los valles sin tener grandes espesores. Como excepción de estos depósitos podemos mencionar las

arenas y areniscas que se presentan en la Costa en Bahía de San Jorge y Punta Peñasco que son recientes y que forman una faja sin importancia a lo largo de la costa, pues no existe llanura costera.

Del estudio de las rocas sedimentarias y su secuencia se hizo la siguiente división:

I.—ERA PALEOZOICA.

- | | |
|----------------------------|------------------------|
| 1).—Período Precámbrico. | a).—Formación Altar. |
| 2).—Período Cámbrico. | a).—Formación Caborca. |
| | b).—Formación Arrojos. |
| | c).—Formación Cananea. |
| 3).—Período Mississippico. | a).—Formación Bízani. |
| 4).—Período Pérmico. | a).—Formación Monos. |
| | b).—Formación Tigre. |

II.—ERA MESOZOICA.

- | | |
|------------------------|-----------------------------------|
| 5).—Período Triásico. | a).—Formación Antimonio. |
| 6).—Período Jurásico. | a).—Formación Santa Rosa. |
| 7).—Período Cretácico. | a).—Formaciones del Nor-
este. |

III.—ERA CENOZOICA,

- | |
|---------------------------|
| a).—Formación Tubutama. |
| b).—Formación Trincheras. |
| c).—Formación Nogales. |
| d).—Formación Baucari. |

I.—ERA PALEOZOICA.

1). PRECAMBRICO.

α).—Formación Altar.

Las formaciones Precámbricas están constituidas principalmente por esquistos que tienen un espesor considerable, pues pasa de 2500 metros y se extienden en una longitud considerable con un rumbo Noroeste constante. Aparecen en la sierra de la Basura y sigue en los cerros de Matadero, Alamo, Zoquete, Chanate, Cuchilla, Carnero, Altar y Los Molinos.

Aparece también en Oquitoα, Tinaja y Ocuca en forma aislada, en la sierra de Santa Teresa.

Los estratos que varían en espesor desde 0.5 metros a 3 metros están constituidos por mica esquistos, de color claro con abundancia de muscovita, esquistos verdes muy alterados, pizarras rojizas, conglomerados y areniscas.

Los esquistos verdes que afloran en las cercanías de Altar, muestran un intenso metamorfismo y una alteración avanzada dando caolinas. Están atravesados por diques de pegmatita que se encuentran dislocados muy frecuentemente, lo que demuestra movimientos posteriores a la aparición de éstos. Estas rocas son quizá las más antiguas de las expuestas en la región.

Sobre estas, sin poder colocarlas en una secuencia segura, aparecen los esquistos de Santa Teresa, las pizarras de La Tinaja y los conglomerados de Los Molinos. Estos conglomerados están constituidos por cantos rodados de color gris de 5 a 10 centímetros de diámetro que se orientaron según su mayor dimensión, en planos normales a los esfuerzos de compresión. El cementante, es una

arena morada, fina, de difícil desintegración; la estratificación no es muy clara, pero se pudo apreciar en las partes en que esta roca adquiere preponderancia, viéndose que el rumbo de los estratos era Noroeste.

Las pizarras rojizas del Chanate muestran un metamorfismo menor por la competencia que tuvieron para absorber los esfuerzos a que fueron sometidas.

Las areniscas aparecen siempre como estratos subordinados de las pizarras, reduciéndose a veces a simples lentes de pequeña extensión.

En diferentes partes de estas formaciones, aparecen intrusiones que se manifiestan en forma de pequeños cerros que se destacan por su mayor resistencia a la erosión.

En algunas ocasiones esas intrusiones modifican el rumbo general de los estratos, como sucede en El Chanate donde hay una andesita morada.

En las cercanías de Atil, aparecen pequeños derrames de rocas basálticas que forman aglomerados, y en los cerros de Trincheras aparecen derrames de basaltos andesíticos.

Independiente de estas rocas ígneas efusivas, en áreas muy pequeñas aparecen granitos de los que pueden haber diferenciado los diques pegmáticos que son frecuentes en la formación Altar.

Aunque no se encontró manifestación alguna de fósiles en toda la formación, el hecho de que sobre éstas descansen directamente las rocas del Cámbrico Inferior bien determinadas, nos hace colocar a estas formaciones en el Precámbrico.

2).—CAMBRICO.

a).—Formación Caborca.

En esta formación encontramos las primeras manifestaciones de fósiles en formas de algas, que se presentan en las calizas negras del Cerro de La Gamuza, formando círculos concéntricos que disminuyen a veces, conforme descienden para mostrar en un corte transversal una sección cónica o cuando son del mismo diámetro forman secciones cilíndricas.

Estudiadas en el laboratorio y, después de consultar diferentes autores, se llegó a la conclusión de que estas algas aparecen en formaciones del Cámbrico Inferior, siendo una de las primeras manifestaciones de vida que se registra en las rocas.

La forma característica en que se presentan formando conos o cilindros, se le atribuye a que estas algas formaban colonias creciendo una encima de otra a semejanza de los corales.

La localización de trilobitas del Cámbrico Medio sobre la formación Caborca, justifica la colocación de ésta en el Cámbrico Inferior.

Las rocas que constituyen esta formación aparecen a lo largo de los afloramientos que constituyen las sierras conocidas con los nombres de Prieto, Boludo, San Francisco, Chino, Rajón, Divisadero, Lista Blanca, Gamuza, Arpa, Aquituni, Berruga, Calaveras, Jojoba y la Sierra del Viejo.

La roca predominante, es una caliza negra que se presenta en bancos gruesos hasta de 3 metros que, al ser golpeadas tienen un olor fétido, debido a la cantidad de materia orgánica que contienen. Estas calizas descansan sobre estratos delgados de 10 a 30 centímetros de calizas impuras de distintos colores, que alternan con pizarras oscuras y rojas. En algunos lugares, como en Calaveras, existen

además algunos estratos de cuarcitas claras de grano medio.

En la sierra de La Jojoba se encuentran unos estratos muy grandes de cuarcita, interestratificados con las calizas impuras; son de color claro y de grano medio y fino.

La formación Caborca alcanza su mayor espesor en la Sierra del Viejo, donde pasa de 650 metros. En la Gamuza tiene 500 metros, lo mismo que en La Jojoba y Calaveras.

El maestro José G. Aguilera consideró, por pura analogía litológica con las formaciones de Arizona, como Cámbrico, a los estratos de cuarcitas y calizas que están sobre los granitos de la Sierra de Cananea, que Ransome comparó posteriormente con la cuarcita Bolsa y la caliza Abrigo, de Arizona. No ha sido comprobado esto paleontológicamente.

b).—Formación Arrojós.

La formación aparece representada en los Cerros de los Arrojós, que están constituídos por calizas oscuras cristalinas no muy bien estratificadas y que tienen en el afloramiento 150 metros de espesor, quedando cubierta por los depósitos de los valles que impiden un estudio más completo de toda esta importante formación. En la parte superior de estas calizas se nota un cambio de sedimentación, apareciendo una serie delgada de calizas más claras de 20 metros de espesor, sobre la que hay un estrato de pizarras de color verde gris en las que se encontraron triolobitas.

Los ejemplares fueron estudiados en la Universidad de Arizona con la ayuda del profesor A. A. Stoyanow, quien pudo clasificar las siguientes:

Glossopleura Productæ (Hall y Whitfield) Reusser S. M. C. vol. 93, Núm. 5 p. 31:—**Dolichometopus**

Productus (Hall y Whitfield), Walcott, S. M. C. vol. 64, Núm. 5, p. 53.—Además, encontró dos especies nuevas que clasificó como **Glossopleura Gomesi** y **Alokistokare Torresi** y **Anoria**.

Estas especies permiten hacer una correlación con la formación Bright Angel del Gran Cañón, y, de esta manera, establecer de una manera segura y definitiva el Cámbrico Medio en la República Mexicana.

c).—Formación Cananea.

En la Sierra de Cananea se encuentra gran variedad de rocas, en las que dominan las ígneas representadas por riolitas, andesitas, dioritas, pórfidos, graníticos y tobas de edad difícil de determinar, pues las rocas sedimentarias que se presentan, carecen de fósiles, habiéndoseles atribuido esta edad únicamente por analogía litológica, con las formaciones americanas ya determinadas.

Es de creerse que los derrames de lavas e intrusiones, fueron muy posteriores al Paleozoico y que los sedimentos que restan son remanentes de un gran depósito erosionado.

Cuarcita Capote.—Esta cuarcia, descansa directamente sobre los granitos de la Sierra de Cananea, es blanca y de grano fino y aflora en el Pico Kirk.

Caliza de puertecitos.—Caliza negra de grano muy fino, forma estratos medianos con abundancia de pedernal en la base en donde también se encuentra marmorizada. En partes del metamorfismo ígneo es grande, encontrándose granates.

Como se dijo anteriormente, estas rocas carecen de fósiles y su colocación es únicamente por analogía litológica.

3).—MISSISSIPPICO.

Del Cámbrico, saltamos bruscamente al Carbónico, pues no se encontraron rocas que representaran al Silúrico o Devónico. De existir alguno de éstos, seguramente se encuentra oculto por los depósitos de los valles que cubren, en gran parte, a las formaciones Cámbricas.

α).—Formación Bizani.

Al Oeste de Caborca, existen unos afloramientos de calizas formados por una serie de Cerros aislados, separados por los depósitos del valle, en los que abundan los fósiles de edad Mississippica. La roca que los contiene, es una caliza oscura que se presenta en grandes bancos y que al ser erosionada, deja al descubierto los fósiles que están constituidos por caliza cristalina de dureza mayor. Los fósiles que más abundan, son los corales y los tallos de crinoides. Se clasifican las siguientes especies: **Syringopora**, **Lonsdaleia floriformis**, **Rynconella** y un coral grande que alcanza un tamaño de 7 centímetros y que aún no ha sido clasificado. Como se tiene la seguridad de que no existe la **Fausulina** que es fósil índice del Pensilvánico, y las especies encontradas son las mismas que aparecen en la Escabrosa Limestone, colocamos a estas formaciones en el Mississippico.

4).—PERMICO.

α).—Formación Monos.

Cerca del pueblo de Antimonio, existen unos cerros pequeños formados por rocas calizas oscuras cristalinas, de color gris oscuro, plegadas, que descansan sobre lutitas, pizarras y calizas, con algunas intrusiones en forma de sills. El espesor de las calizas fosilíferas es de 200 metros, y, en esta sección, se encontraron fósiles bastantes bien preservados y que se clasificaron en la forma siguien-

te: **Spiriferina pulchra**, **Pugnax pingüis**, **Escuamularia** y **Productus**. En las capas inferiores no se encontraron fósiles y las que se encontraron sobre las fosilíferas, son completamente distintas, con fósiles Triásico.

La localización del Triásico sobre la formación Monos, confirma la edad Pérmica de ésta, además de los fósiles.

Formación Tigre.

En la Provincia montañosa encontramos estratos con un espesor de 1500 metros constituídos principalmente por calizas con nódulos de pedernal en las que hay interstratificadas lutitas grises y oscuras muy compactas que forman en conjunto una estructura anticlinal. En todas estas rocas se encuentran braquiópodos y fusulinas que clasificadas por Dumbor y Cooper en 1939 resultaron pertenecer al Pérmico, muy semejante a la formación de Leonard de E. U.

II.—MESOZOICO.

En la parte Este del Estado de Sonora las formaciones Mesozoicas aparecen en dos regiones distintas.

En la parte desértica, en el Distrito de Altar, encontramos los dos períodos inferiores de esta Era, representados por dos estructuras anticlinales aisladas y de escasa extensión, descansando sobre las formaciones Paleozoicas de Altar. En Antimonio tenemos representado al Triásico y en Santa Rosa y Cajón de Amarillas al Jurásico.

En la región montañosa aparecen formaciones tituados, principalmente, por rocas sedimentarias Cretácicas en la línea Internacional y se prolongan hacia el Sur en una extensión considerable en contraste con las formaciones del desierto de muy escasa extensión.

TRIASICO

Al Sur del mineral de Antimonio, se encuentra la sierra del Alamo que está formada por una estructura anticlinal cuyo eje tiene una dirección Noroeste-Sureste, con el flanco oriental con una pendiente más suave que el occidental, formando una estructura asimétrica.

En la parte Norte de la Sierra se hizo una sección partiendo de la caliza Monos del Permo-Carbónico, sobre la que descansa discordante, y se encontró la siguiente secuencia de rocas:

- (1) 200 Lutitas y areniscas rojizas predominando las lutitas.
- (2) 30 Lutitas y pizarras rojas con areniscas interestratificadas que contienen fósiles (**Arcistida, Auloceras** y huesos de vertebrados que no pudieron identificarse).
- (3) 350 Lutitas cafés y calizas que contienen **Monotis, Pecten** y **Lima**. Los estratos superiores están formados por valvas de braquiópodos despedazadas y bien cementadas.
- (4) 400 Areniscas grises con calizas en la parte superior cuarcitas blancas con lutitas.
- (5) 200 Areniscas grises.

Los últimos 700 metros forman lo que es propiamente la sierra del Alamo, son atravesados por una intrusión de rocas ácidas en el flanco occidental; esta intrusión también aparece en el extremo Sur de dicha sierra. Estos sedimentos contienen fósiles muy semejantes a los del Triásico de Zacatecas, descritos por el doctor Carlos Burckhardt y se conocen también en California y no contienen petróleo.

JURASICO

A 60 kilómetros al Sur de Altar se encuentra la sierra de Santa Rosa, y, contigua a ésta, la sierra conocida con el nombre de Cajón de Amarillas.

La sierra de Santa Rosa forma una estructura anticlinal cuyo eje tiene un rumbo Noreste-Sureste y bucea hacia el Sureste. En la sierra de Cajón de Amarillas, únicamente encontramos la formación sedimentaria en un flanco y, en parte, se encuentra cubierta por un conglomerado y areniscas más recientes. Quizás del Cenozoico.

Las rocas Jurásicas descansan en discordancia con las calizas y cuarcitas Paleozoicas de las series Gamuza que afloran en la proximidad en los cerros de Llano Verde.

En algunos sitios encontramos intrusiones graníticas entre las Eras Paleozoicas y Mesozoicas como se ve en Cerro Colorado y en el Cajón de Amarillas.

Siguiendo un camino que va a la mina de Santa Rosa y que atraviesa toda la estructura, se hizo la siguiente sección:

Como base existen esquistos micáceos muy metamorfizados, cuyo espesor no se pudo apreciar.

Mts.

- (1) 200 Calizas arcillosas, bien estratificadas en bancos delgados de 20 a 30 cms. de espesor.
- (2) 300 Calizas con areniscas interestratificadas.
- (3) 600 Areniscas, lutitas y calizas amarillas que contienen fósiles **Arietites, Belemnites, Trigonía, Lima, Pecten y Pentacrinus.**
- (4) 200 Areniscas suaves que no contienen fósiles.

CRETACICO

Encontramos las formaciones más recientes de la Era Mesozoica, a lo largo de la Frontera Internacional, entre Naco y Agua Prieta. Estas formaciones se extienden y se ensanchan hacia el Norte y hacia el Sur, y han sido estudiadas en el lado Americano y se encuentran descritas en el folio de Bisbae de la American Geological Survey.

Antes de entrar a estudiar las formaciones en el lado Mexicano, se hizo un recorrido por el territorio Americano en compañía del doctor Stoyanow de la Universidad de Arizona, quien se encuentra muy familiarizado con la geología de la región, e hizo una descripción detallada de las rocas y sus fósiles.

Con los conocimientos adquiridos en el recorrido anterior, se pasó al lado Mexicano donde se pudo observar la continuación de las formaciones con las variaciones que sufren y que serán descritas en este informe.

A continuación damos las divisiones del folio Bisbee.

De abajo hacia arriba.

Mts.

(1) 25 a 500 Conglomerado Glance.

Conglomerado bien estratificado con cantos de 6 a 8 cms. de origen local. Este material se deriva de las rocas sobre las que descansa, que son de edad Mississippica. Hacia el Norte en donde está en contacto con el esquisto Pinal, los cantos son de mica esquisto. El espesor varía de 25 a 500 metros y rellena las partes erosionadas de la caliza Naco.

- (2) 500 Series Morita.
Esta serie consta de estratos de lutitas rojas alternados con arcillas, a veces calcáreas con lentes de caliza, con areniscas y estratos de calizas impuras. Hay una transición de las capas arenaseas a la caliza Mural. El espesor de cada uno de los estratos no pasa de un metro y carecen de fósiles.
- (3) 200 El miembro superior de esta serie, es una caliza gris clara en bancos gruesos que forman acantilados. Abajo de ésta, se encuentra una caliza arenosa y, al final, existen 100 metros de caliza gris verde en bancos delgados con abundancia de moluscos, entre los que se clasificaron Ostres, *Astrocaenia*, **Cyprina**, **Pecten stantoni**, **Orbitelina texana**, **Lunatia**, **Trigonia** y **Terebratula**.
- (4) 550 Series Cintura.
Consisten de areniscas y lutitas rojizas; en la base las areniscas son cuarcitas y de grano fino. Las lutitas tienen concreciones y, en parte, son apizarradas y con lentes de caliza impura. Los principales fósiles encontrados fueron: **Turritela**, **Nautilus**, **Alectryonia**, **Terebratula** y **Corales (Astrocaenia)**.

Entre San Pedro y Naco se encuentra una serie de lomeríos formados por depósitos del Cretácico Inferior que descansan sobre la caliza Naco de edad Mississippica. Estas formaciones se prolongan hacia el Sur y se exponen claramente en la

sierra de Teras cerca del mineral de "El Tigre" en el Cañón de Santa Rosa.

A la entrada de este Cañón se obtuvo la siguiente sección:

Sobre la caliza Paleozoica y, rellenando las irregularidades de ésta, se encuentran:

Mts.

- (1) 15 Areniscas y conglomerados cuarzosos de color gris.
- (2) 100 Calizas en bancos medianos y delgados con fósiles de lamelibranquios del conservados.
- (3) 90 Lutitas amarillas arenosas y areniscas calcáreas con pedernal y fragmentos de **Ostreas (Exogyra)**.
- (4) 180 Lutitas amarillas y grises en la base y de color gris oscuro en la parte superior con lentes de caliza. Contienen los siguientes fósiles: **Parahoplites, Plicatula, Exogyra, Cheloniceras** y **Baudonticerias**.
- (5) 30 Areniscas grises interestratificadas con calizas grises en bancos gruesos medianos.
- (6) 25 Calizas grises en bancos medianos con un estrato de arenisca amarilla fina en medio.
- (7) 30 Arenisca amarilla de grano mediano.
- (8) 60 Areniscas amarillas y lutitas, predominando las areniscas y calizas modulares con numerosos fósiles: **Buccinopsis, Pholodamya, Corales** y fragmentos de **Equinoideos**.
- (9) 300 Calizas grises en bancos gruesos con estratos modulares conteniendo numerosas **Ostraeas**.

- (10) 60 Lutitas gris obscuro.
- (11) 60 Areniscas alternando con calizas grises y lutitas gris obscuro y areniscas de grano grueso.
- (12) 10 Calizas y lutitas interestratificadas con **Ostrea** y **Exogyra**.
- (13) 40 Caliza gris en bancos gruesos en Ostrea.

En total, el espesor de la formación pasa de los 1000 metros.

La fauna muestra que toda esta serie de rocas pertenece al Cretácico Inferior. Según la escala de tiempo Europea, corresponde a fines del Aptiano o principios del Albiano. Según la división Americana toda la serie pertenece al Cománchico y es muy semejante a la Formación Trinidad del Sureste de los Estados Unidos.

Las características litológicas, muestran depósitos costeros de un mar en probable transgresión. El conglomerado basal que llena las irregularidades de la caliza Paleozoica demuestra que ésta no había llegado a la neiplanación.

A medida que nos alejamos hacia el Sur se nota un aumento en el grano de la roca y en el espesor de las formaciones. El conglomerado Glance que en Arizona tiene un espesor que va de 0 a 300 metros, en la parte Norte de la Sierra de los Ajos alcanza 1500 metros. La formación Morita que en Arizona tiene 600 metros, en la sierra de San José, alcanza 800 metros.

Las formaciones tienen las mismas características que en Arizona, con la diferencia de que en la sierra de los Ajos aparecen en la parte superior de la formación Morita unos lechos de carbón.

Estratos semejantes a los que se observan en la sierra de Santa Cruz al hacer el recorrido en Ari-

zona y que se atribuyen al grupo Bisbee, se encuentran aflorando en el camino que une a Naco con Cananea.

La caliza Mural que aparece en la frontera, aflora hacia el Este en el Cerro de Cabullona y forma todo el flanco Sur de la sierra de San José. Esta caliza aumenta considerablemente en espesor en relación a Arizona y se encuentra cubierta por areniscas y forman la base de la Formación Cintura.

Como se dijo anteriormente, estas formaciones equivalentes a la edad Trinidad —y que ratificado esto— por los fósiles encontrados por el Dr. Stoyanow abajo de la caliza Mural que son precisamente de esta edad.

CENOZOICO

RECIENTE.—En la costa encontramos grandes extensiones cubiertas por médanos, que debido a los vientos dominantes del Noroeste, han avanzado muchos kilómetros tierra adentro, cuando no han encontrado obstáculos que lo impidan, formando la parte arenosa del desierto. En las partes donde se levantan montañas muy cerca de la costa, las arenas han escalado los flancos de éstas, llegando a alturas de 80 metros sobre el nivel del mar.

Gravas, arenas y conglomerados, aparecen como depósitos diluviales, superpuestos en muchas ocasiones marcando diferentes épocas de depósito y que coinciden con grandes precipitaciones que a lo largo tienen lugar en las regiones desérticas.

Los valles se encuentran formados por arcillas, arenas y limos en los que un drenaje dendrítico formado por pequeños arroyos de escasa profundidad, que cambian constantemente de curso en cada época de lluvias, forman pequeñas barrancas.

En algunos sitios se encuentran depósitos finos endurecidos, extensiones sin vegetación alguna a las que se da el nombre de playas, que muestran que en esos lugares existían depósitos de agua que, al cambiar las condiciones de clima, se secaron.

Estos depósitos rellenan los valles que existen entre las sierras de la Provincia Desértica.

El cenozoico de Sonora está caracterizado, principalmente, por una gran actividad ígnea, como lo demuestran las extensas áreas que aparecen cubiertas por grandes derrames de lavas que varían desde ácidas a básicas y que comienzan en el Norte de California presentándose esporádicamente en el Cerro del Pinacate, constituido por basaltos. Hacia el Norte de la Provincia Desértica, encontramos

basaltos andesíticos en los Cerros de Trincheras, riolitas en las cercanías del pueblo de Altar, en los Cerros de Los Apaches.

En la provincia montañosa forman la mayor parte del flanco occidental de la Sierra Madre Occidental con espesores muy considerables formados por derrames sucesivos de riolitas, andesitas y basaltos con tabas y brechas que los separan.

En la Provincia Desértica el Cenozoico está constituido por depósitos continentales, no existiendo ninguna huella de sedimentos marinos.

Aunque carecen de fósiles, se les atribuye esa edad que hizo un reconocimiento de esta región en edad, por estar sobre rocas Cretácicas y tener encima depósitos recientes, según la opinión de Dumble el año de 1900.

La mayor acumulación de estos depósitos se encuentran entre Tubutama y Sásabe, en el valle que va de Norte a Sur y pasa por Saric y La Reforma y que tiene por límites: al Oriente, las Sierras de al. Aurora, Guaicomea y Nogales y al Oeste la Sierra de Carrizal. Estos depósitos están constituidos, principalmente, por conglomerados rojos y areniscas y margas de poco espesor.

Entre Magdalena y Santa Ana existen depósitos lacustres que forman terrazas en que la estratificación es clara en la parte Oriental hacia la Sierra en donde formaban una playa del lago.

El camino en el tramo de Santa Ana a Magdalena, corre sobre terrazas disectadas lacustres formadas por conglomerados con abundante arena como cementante.

Para la división del Cenozoico, se seguirá la hecha por Dumble que comprende las siguientes formaciones:

a).—Formación Tubutama.

b).—Formación Trincheras.

a).—Formación Nogales.

d).—Formación Baucari.

a).—Formación Tubutama.

Descansa directamente sobre las formaciones Paleozoicas de Altar, y se extiende desde el Pueblo de Atil hacia el Norte, hasta los EE. UU. Está constituida por conglomerados rojos, cuyos cantos con un diámetro de 3 a 10 centímetros representan a los esquistos y granitos Paleozoicos vecinos.

Están suavemente plegados, no contienen fósiles y no se encontró actividad ígnea posterior al depósito.

En estados Unidos esta formación descansa sobre rocas Cretácicas y están cubiertas por depósitos del Pleistoceno, por lo tanto, aunque no contenga fósiles, la podemos colocar con certeza en el Cenozoico.

b).—Formación Trincheras.

Está constituida por areniscas y conglomerados que alternan con derrames andesíticos. Se presentan claramente en los cerros de Trincheras y en las cercanías de Ymuris.

c).—Formación Nogales.

Las rocas de esta formación alcanzan un espesor de 700 metros aproximadamente y está caracterizada por la gran actividad ígnea. Las corrientes de riolitas alternan con aglomerados y areniscas que están plegadas suavemente, siguiendo un rumbo general Noroeste y alcanzando su mayor espesor hacia Naco.

d).—Formación Baucari.

Alcanza un espesor de 500 metros y tiene un

carácter lacustre. Las rocas, muy bien estratificadas con espesores de 5 a 20 centímetros, muestran variados colores que van del amarillo al rojo, son areniscas, margas y conglomerados finos. Estos sedimentos se presentan en áreas muy reducidas entre Pilares de Teras y Nacozari.

Como se dijo anteriormente, estos depósitos carecen de fósiles y se colocan en el Cenozoico, por la forma en que aparecen depósitos semejantes en Arizona donde ha sido posible su correlación.

ROCAS IGNEAS

Las rocas ígneas que afloran a lo largo de la zona estudiada sólo se examinaron muy someramente y desde el punto de vista de sus relaciones con las rocas sedimentarias; pero no con el detalle necesario para hacer una descripción petrográfica; por lo tanto, nos concretaremos a enumerarlas brevemente.

En el extremo Oeste que comprende la región desértica, aparece una gran masa de granitos que forman el núcleo principal de la sierra desde Sonoita hasta Sásabe. Estos granitos exhiben una falsa estratificación y se caracterizan por sus fenocristales de ortoclasa que alcanzan tamaños de diez centímetros y demuestran la gran profundidad a que se solidificó el magma.

Existen también granitos intrusivos de un color más claro y grano fino con gran superabundancia de biotita en las sierras Picú, Chino, Rajón y Jojoba, encontrándose frecuentemente lugares en donde los granitos pasan gradualmente a riolitas. Granitos semejantes aparecen también entre las Formaciones Paleozoicas en Cerro Colorado y Cananea y entre las Mesozoicas del Cajón de Amarillas.

Las pegmatitas de cuarzo y mica son abundantes en la región central del Distrito de Altar donde se presentan tanto en la forma de diques como de "sills" atravesando los esquistos y pizarras de la Formación Altar, los conglomerados de Tubutama en la Aurora y como diferenciaciones netamente locales de los granitos del Carrizal.

Afloramientos esporádicos de rocas efusivas: riolitas, andesitas y basaltos aparecen raras veces en la región desértica pero forman, en cambio, el macizo de la sierra Madre Occidental. Debe hacer-

se notar que en ningún sitio se encontraron aparatos volcánicos, que si ellos existieron fueron destruidos totalmente por la erosión; pero que muy probablemente todas las rocas efusivas derramaron por grietas a través de los granitos y rocas sedimentarias Paleozoicas cuando los fenómenos de plegamiento alcanzaron su mayor intensidad.

Los más importantes ejemplos de estas manifestaciones esporádicas están expuestos en la sierra del Pinacate al Noroeste del Desierto de Altar, donde se encuentra basaltos y taquilas. En los cerros de Trincheras donde aparecen aglomerados y cenizas y en los Apaches y la Hormiga donde alternan las riolitas con las andesitas y basaltos andesíticos.

Toda la región Noreste del Estado de Sonora está cubierta por rocas efusivas cuyo espesor excede a mil metros y tanto por las observaciones efectuadas, como por los datos obtenidos en las minas, se encuentran representados los tipos: riolita, andesita, diorita, sienita, gabros, diabasas y basaltos correspondientes. Estos derrames se encuentran y forman casi siempre estratos horizontales o con ligeras inclinaciones, parecen producidos durante el Cenozoico y contienen los criaderos minerales de carácter primario que se explotan actualmente.

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Los esfuerzos que originaron los plegamientos de la región de Altar y que formaron las estructuras que actualmente se encuentran muy erosionadas e incompletas, tuvieron una dirección Noreste-Suroeste; probablemente la fuerza se aplicó del lado del Continente teniendo la resistencia hacia el Océano Pacífico. Es de hacer constar que este esfuerzo fué uniforme y continuo, pues se manifiesta en las formaciones más antiguas y se continúa hasta las más recientes, siendo la característica notable y principal de todas las estructuras de la región el rumbo Noroeste-Sureste.

De las estructuras formadas por rocas Paleozoicas de la región desértica, únicamente quedan partes aisladas de ellas, muy difíciles de correlacionar por su falta de fósiles y las grandes distancias que separan unas de otras, formando valles que se encuentran rellenos por depósitos finos posteriores que cubren por completo a las rocas.

En la región desértica existen dos estructuras anticlinales muy claras y bien formadas, constituidas por rocas Mesozoicas que descansan directamente sobre las rocas paleozoicas.

Después de un estudio cuidadoso de los rumbos y echados de las diversas formaciones en sus afloramientos, con los datos obtenidos, se pudieron condensar en la descripción de las estructuras siguientes:

Anticlinal del Alamo.—Este anticlinal está formado por los Cerros de Los Monos; Antimonio y del Alamo. Se encuentra situado a treinta y cinco kilómetros al Oeste de Caborca. La parte central del anticlinal se encuentra completo, no así los flancos, que han sido destruidos por la erosión. Los estratos

superiores se presentan casi horizontales y están constituidos por lutitas y areniscas que van tomando una inclinación gradual para formar los flancos del anticlinal que, como se dijo anteriormente, se encuentran muy erosionados. En la parte Sur, existe un enorme afloramiento de rocas ígneas, constituido por granitos y riolitas que substituyen por completo a las rocas sedimentarias en esta parte. En la parte Norte, quedan las manifestaciones de este anticlinal en los Cerros de los Monos, cuyos estratos forman la parte inferior del flanco oriental que se pierde en los depósitos del valle de Caborca. El flanco oeste más completo está constituido por lutitas y cuarcitas que se pierden cubiertas por los médanos del Desierto.

Quizá, el anticlinal del Alamo se continúa hacia el Sureste en la Sierra del Viejo, en cuyo caso esta Sierra formaría parte del flanco occidental; pero la gran distancia que separa esta Sierra de la Sierra del Alamo no nos permite afirmar que esto pueda ser cierto, sin embargo, el grupo de los Arroyos que está al Noreste del Valle se podría considerar como formando parte de la porción central que hubiera sido desalojada al ceder a los esfuerzos que formaron la estructura. Las grandes masas ígneas que cortan el extremo sur de la Sierra del Viejo y se prolongan formando un macizo hasta la Sierra de la Jojoba nos dificulta mucho más la interpretación de la estructura.

Anticlinal Pitiquito Calaveras.—Este anticlinal cuya cresta ha desaparecido debido a la erosión prolongada, está representado por dos flancos, el oeste constituido por los estratos de la cordillera Caborca, Lista Blanca, Gamuza, Arpa, Aquituni, Berrega, Calaveras y el flanco este por las sierras de Pitiquito, Ojo de Agua, Burros, Salado, Rajón, Chino y Bámori. El flanco poniente de este anticlinal

pudo correlacionarse con mayor seguridad, debido a su continuidad, a su buena estratificación en la parte Pitiquito-Ojo de Agua, pues la parte formada por la Sierra del Rajón está sumamente fracturada y movida por numerosas intrusiones.

De las consideraciones anteriores, podemos suponer al Valle de Caborca como un sinclinal muy amplio rellenado por materiales finos acarreados de los flancos de los dos anticlinales desaparecidos. La profundidad del acarreo no se conoce ni se pudo determinar, únicamente por medios indirectos de exploración sería posible conocer el espesor de este relleno.

Contrastando con la provincia desértica de Altar, las rocas sedimentarias Mesozoicas de la provincia montañosa, se encuentran intensamente plegadas y afalladas, y los enormes derrames de lavas Cenozoicas nos ocultan la mayor parte de éstas haciendo imposible la determinación de estructuras.

Se puede considerar que todos los sistemas de montañas posteriores al Mesozoico tuvieron su origen en fallas normales, las que posteriormente fueron cubiertas por las lavas. Como consecuencia de estas fallas tenemos el flanco poniente de la Sierra, constituidos por acantilados grandes, mientras que los flancos orientales tienen laderas suaves.

Los plegamientos y afallamientos que tuvieron lugar en esta región, según Dumble, se efectuaron durante la Revolución Laramide antes de que se iniciara la gran actividad volcánica del Cenozoico. Prueba de esto, es el hecho de que todas las corrientes de lava descansan sobre los pliegues y rellenan las superficies erosionadas de las rocas sedimentarias.

PROVINCIA DESERTICA				PROVINCIA MONTAÑOSA				
GRUPO	SISTEMA	FORMACION	ESP. M.	DESCRIPCION	FORMACION	ESP. M.	DESCRIPCION	
CENOZOICO		TUBUTAMA	250	Conglomerados rojos sin fósiles.				
					BAUCARI	500	Areniscas, margas y conglomerados lacustres	
					NOGALES	700	Lavas, Tobs, conglomerados y areniscas. Sin fósiles.	
					TRINCRERAS	800	Conglomerados, areniscas y lavas. Sin fósiles.	
ESOZOICO	CRETACICO	A U S E N T E			SERIES CINTURA		FOLIO BISBEE	
					SERIES MORITA			
	JURASICO	STA. ROSA	1500	Calizas, pizarras y lutitas con Arietites, Aspidoceras, Peltoceras y Belemnites.	CONGLOMERADO GLACE		?	
	TRIASICO	ANTIMONIO	900	Lutitas, areniscas, cuarcitas y calizas con Myophoria, Cardita, Trachyceras y huesos de vertebrados.			?	
PALEOZOICO	PERMICO	MONOS	120	Calizas, Pizarras y lutitas con Crinoideos, Spiriferina pulchra, Pugnax pinguis, Squamularia y Productus.	TIGRE		Calizas y lutitas con abundantes Fusulinas, Camerophoria, Spiriferina, Productus y Briozoarios.	
	MISSISSIPPICO	BIZANI	?	Calizas fértidas con Crinoideos, Siringopora, Lonsdaleia floriformis y Braquiopodos,			?	
	CAMBRICO	ARROJOS (Medio)	270	Calizas y pizarras con Glossopleura Gomezi, Alolistokare Torresi y Anoria sp.	CANANEA	?	?	Cuarcitas y calizas sin fósiles.
		CABORCA (Inferior)	700 a 1000	Calizas, cuarcitas y pizarras con impresiones de algas.				
	PRECAMBRICO	ALTAR	300	Pizarras lutitas, esquistos y conglomerados sin vestigios de vida orgánica.				
	A R Q U E O Z O I C O				G R A N I T O			
				G R A N I T O				