

2

T151

UNIVERSIDAD DE SONORA

Escuela de Ingeniería, Departamento de Geología

GEOLOGIA DEL AREA DE ARIZPE SONORA CENTRO-SEPTENTRIONAL



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

T E S I S

Que para obtener el Título

de GEOLOGO presenta:

Carlos Manuel González León



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
ESCUELA DE INGENIERIA
BIBLIOTECA

Hermosillo, Sonora, México.

Marzo de 1978

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

~~T9B~~
~~73~~

~~See 194~~

QE203. A759
G65

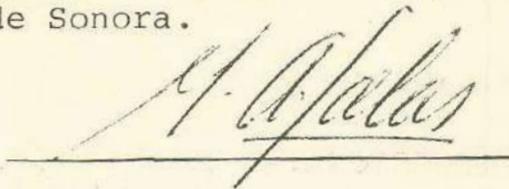
RIS T1010

~~Reg. 151
exem 1~~

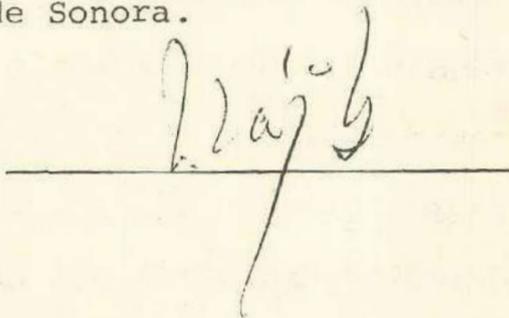
**Director Depto.
de Geología**

BIBLIOTECA DEPTO.
de Geología

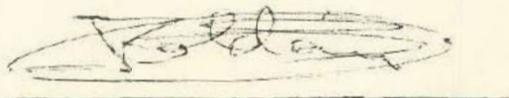
El que suscribe certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.



El que suscribe certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.

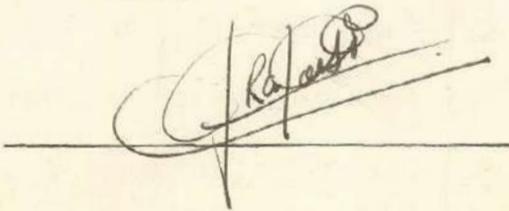


El que suscribe certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.



Jaime Rodríguez Quintana

El que suscribe certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.





EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
ESCUELA DE INGENIERIA
BIBLIOTECA

C O N T E N I D O

Página

RESUMEN

I.	INTRODUCCION	1
II.	GENERALIDADES	2
	A) Localización	2
	B) Vias de Comunicación	2
	C) Clima y Vegetación	2
	D) Método de Trabajo	3
III.	FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA	5
	A) Fisiografía	5
	B) Geomorfología	6
IV.	DESCRIPCION GEOLOGICA DEL AREA	7
	A) Generalidades	7
	B) Las Secuencias Sedimentarias del Cretácico Inferior	8
	1.- El Grupo Ceja	8
	2.- El Grupo Azulitos	16
	3.- Sedimentología y Edad del Grupo Ceja . .	21
	4.- Sedimentología y Edad del Grupo Azulitos	23
	5.- Correlación de las Facies Sedimentarias	25
	C) El Conglomerado Aguila	26
	D) Rocas Igneas	28
	1.- Rocas Igneas Intrusivas	28
	2.- Rocas Volcánicas	31
	E) Formación Báucarit	38
V.	TECTONICA	41

	Página
VI. GEOLOGIA HISTORICA	47
VII. GEOLOGIA ECONOMICA	53
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
APENDICE I	58
APENDICE II	63
BIBLIOGRAFIA	65

**Biblioteca Depto.
de Geologia**



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
ESCUELA DE INGENIERIA
BIBLIOTECA

RESUMEN

En el área estudiada una secuencia sedimentaria de edad Cretácico Inferior (Aptiano-Albiano) de un espesor aproximado de 2000 m. se ha dividido en dos grupos: El Grupo Ceja y el Grupo Azulitos. Dichos grupos presentan litología y fauna muy similares por lo que se les ha considerado como equivalentes que representan un cambio de facies dentro de una misma cuenca de sedimentación (la prolongación de la Cuenca Chihuahuense en Sonora septentrional), y por lo que también se les ha considerado como equivalente al Grupo Bisbee y al Grupo Chihuahuense.

El Grupo Ceja se dividió en tres formaciones: la Formación Temporales; la Formación El Macho y la Formación Mesa Quemada. La primera está constituida por areniscas feldespáticas, lutitas y estratos de calizas con ostreas, y se interpreta como formada en ambientes deltáicos y costeros poco profundos, que representan a un mar transgresivo que empezó a invadir los terrenos de esos tiempos. La Formación El Macho está constituida por aproximadamente 70 m. de estratos gruesos de calizas micríticas con fauna de foraminíferos, y se interpreta como sedimentos formados en un mar más profundo que aquel en que se depositaron las Formaciones Temporales y Mesa Quemada, pudiendo representar estos, los depósitos constituidos durante la máxima transgresión de ese mar. La Formación Mesa Quemada está constituida por sedimentos terrígenos, areniscas y lutitas que se interpretan como formados durante-

la regresión del mar ya mencionado.

El Grupo Azulitos está compuesto por las Formaciones Nogalar y Sahuaro que se consideran como equivalentes a las Formaciones Temporales y El Macho respectivamente, siendo los sedimentos del Grupo Azulitos facies más terrígenas que las del Grupo Ceja, por lo que se les considera como depósitos más marginales dentro de la misma cuenca de sedimentación. Estos sedimentos fueron afectados por una fuerte fase de deformación post-Albiano, que plegó a ambos grupos y superpuesto tectónicamente al Grupo Azulitos sobre el Grupo Ceja y que indica una compresión tectónica en una dirección SW-NE.

Discordante sobre las rocas sedimentarias del Cretácico Inferior se presenta un conglomerado que podría ser el equivalente de la base del Grupo Cabullona de edad Cretácico Superior. Este conglomerado no fue afectado por la fase de deformación anterior. Intrusionado a las rocas anteriores, se presenta un cuerpo ígneo de composición granodiorítica, que ocasionó mialización en la Formación El Macho a lo largo de sus contactos.

Se conocen en el área tres períodos de volcanismo: un primer período de volcanismo andesítico representado por la Formación Alcaparros; un segundo período de volcanismo ignimbítico representado por la Formación Jarillas y un último período de volcanismo basáltico. Los dos primeros eventos presentan una fuerte alteración hidrotermal y cada uno de estos son discordantes entre sí.

Afectando a estos eventos volcánicos, ocurren tres fases de deformación en extensión y una fase de deformación en domos. La Formación Alcaparros fue afectada por la deformación en domos y posteriormente fue afectada por el primer período de fallamiento normal, que presenta estructuras con rumbo NW-SE. Una segunda fase de fallamiento normal ocurrió posterior a el período de volcanismo ignimbrítico, la cual fue seguida por una tercer y última fase de fallamiento normal que afectó a el volcanismo basáltico y a la Formación Báucarit.

Un enjambre de diques de composición andesítica y andesita basáltica, intrusionó a las rocas del área, a excepción de los derrames basálticos y Formación Báucarit, con rumbo NW-SE.

El depósito de la Formación Báucarit es de los últimos eventos que ocurrieron. Esta se presenta concordante sobre los derrames basálticos, extendiéndose por todo el Valle de Arizpe.

I.- INTRODUCCION

A).- Objetivo del trabajo.

El objetivo de este trabajo, es el de proporcionar un estudio geológico detallado de una de las terminaciones hacia el sureste en Sonora Centro Septentrional, de la secuencia sedimentaria del Cretácico Inferior que aflora en las estribaciones del lado SW de la Sierra Azul, localizada a 25 kms. al noroeste de el área de Arizpe. Se pretende también, dar una interpretación de las fases tectónicas que afectaron a las rocas de esta área.

Se intenta dar una descripción de las características litológicas de las rocas volcánicas y plutónicas y de sus posiciones relativas que ocupan en el tiempo y en el espacio.

Se pretenden además, que con este trabajo se contribuya en algo a la mejor comprensión y conocimiento de la geología sonorenses, en una área donde pocos trabajos geológicos se han realizado.

B). Colaboración.

Para elaboración de este trabajo, contribuyeron muchas personas a las que debo mi agradecimiento. En especial quiero expresar mi gratitud, a los Ingenieros Diego Córdoba Méndez y Jesús Nájera Garza por haberme dado la oportunidad de desarrollar este trabajo en el Instituto de Geología de la UNAM, al Dr. Claude Rangin por su gran apoyo y orientación que me ha brindado al dirigirme este trabajo, a el Ing. Jaime Roldán Q. al Dr. Guillermo A. Salas, y al Dr. Ariel Echávarri P. que me

apoyaron en innumerables ocasiones. Mi agradecimiento también, para la Dra. Gloria Alencaster de Félix y la Biol. Ma. Magdalena R. de Castillo quienes determinaron la fauna del área en el departamento de Paleontología de el Instituto de Geología de la UNAM. A todas las personas que colaboran en la Oficina Regional del Noroeste del Instituto de Geología por su compañerismo y en especial a Julia Campista y Matha Córdoba quienes mecanografiaron el texto.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA

BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

II.- GENERALIDADES

A).- Localización del área.

El área de estudio está limitada por los paralelos $30^{\circ} - 20'$ y $30^{\circ}30'$ de latitud norte y por los meridianos $110^{\circ}10'$ y $110^{\circ}20'$ de longitud oeste, cubriendo una área de aproximadamente 290 kms^2 (Figura 1). Se encuentra localizada en la HOJA ARIZPE-H12B73 editada por la DETENAL, cubriendo aproximadamente la cuarta parte superior izquierda del área de dicha hoja.

B).- Vías de Comunicación.

El poblado de Arizpe se comunica a la Ciudad de Hermosillo Sonora por una carretera pavimentada que sigue el curso del Río Sonora, pasando por los pueblos de Ures, Mazocahui, Baviácora y Banámichi. También se puede comunicar en avioneta ya que el poblado cuenta con una pista de aterrizaje de terracería.

La comunicación desde Arizpe a el área se hace por caminos de terracería que son transitables solamente en los períodos en que no existen lluvias. Estos caminos comunican pobremente el área y son principalmente dos: uno que lleva a la parte oriental y norte y que llega hasta el Rancho Mesa Quemada y otro que lleva a los ranchos El Testerazo y el Rancho El Derrepente por la parte central del área.

C).- Clima y Vegetación.

El clima de esta región es extremoso, variando de caluroso en verano con temperaturas que alcanzan los $35^{\circ}\text{C}.$, a frío en invierno presentándose comunmente temperaturas más bajas -

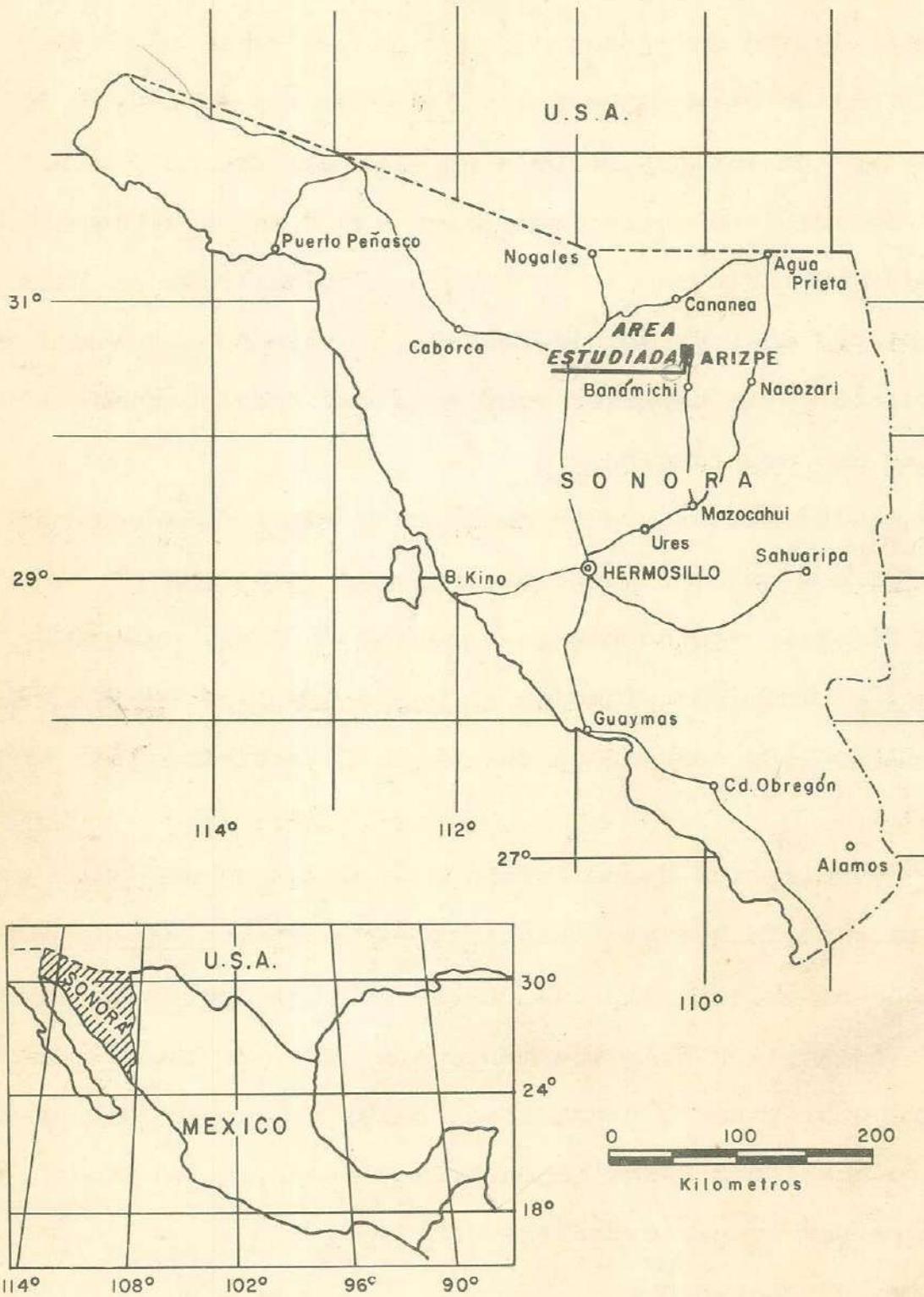


Fig. 1. - PLANO DE LOCALIZACION DEL AREA DE ARIZPE, SONORA.

de 0°C.

Las precipitaciones pluviales más altas se presentan en los meses de Mayo a Octubre con una precipitación media de 321.29 mm. y durante los meses de Noviembre a Abril se presenta una precipitación media de 111.48 mm., siendo la precipitación anual media 432.77 mm., según los datos registrados en la estación pluviométrica de Bacoachi, Sonora y publicados en la Revista "Climas" del Instituto de Geografía de la UNAM (1977).

La flora de la región es típica de estos climas presentándose principalmente la vegetación siguiente:

Bellota (Quercus robur), Pino (Pinus sp.), Encino (Quercus crassifolia), Mezquite (Prosopis juliflora), Ocotillo (Fouquiera spelndevis), Zotol (Dasyilirion sp.), Palo verde (Cercidium microphyllum), Maguey (Agave lophantha Sch.), Lechuguilla (Agave funkiana), ^{Fuval} Uña de gato (Acacia greggy), Choya (Opuntia cholla), y Phitahaya dulce (Lemaire o Cereus thurberi).

Las tres primeras se presentan en los lugares altos y las demás se encuentran en las partes bajas.

D).- Método de trabajo.

Para la elaboración de este trabajo se efectuaron las siguientes etapas de desarrollo:

Primera.- Recopilación y lectura de trabajos que se refieren a las áreas vecinas y en general a la geología del norte de Sonora. Segunda, fotointerpretación. Se marcaron sobre las --

fotografías aéreas el drenaje, caminos y todos los rasgos -
estructurales identificables como fallas, rumbos y echados,
pliegues, etc. También se diferenciaron las unidades litoló-
gicas observables en fotos de escala 1:50000. Para efectos -
de trabajo de campo se utilizaron dos fotos aéreas de escala
aproximada 1:25000. Tercera, se efectuó un trabajo de campo
de dos meses y medio en el que se delimitaron las unidades -
litológicas sobre las fotografías aéreas y sobre las HOJA --
ARIZPE de la DETENAL (escala 1:50000). También durante el pe-
ríodo de tiempo se hizo el levantamiento de algunas seccio--
nes geológicas y se recolectaron varias muestras de fósiles-
y de rocas representativas de las diferentes unidades litoló-
gicas. Cuarta, se procedió durante esta etapa a el estudio,-
evaluación, e interpretación de los datos obtenidos durante
el período de trabajo de campo y se efectuó el estudio petro-
gráfico para la clasificación de las muestras de roca. Para-
las rocas ígneas se utilizó la clasificación de Williams ---
Turner y Gilbert (1968), y la clasificación de Folk (1969) -
para las rocas sedimentarias. Para expresar el espesor de --
los estratos sedimentarios se usó la clasificación de Petti-
john (1949).

✓

III.- F I S I O G R A F I A Y G E O M O R F O L O G I A

A).- Fisiografía

Fisiográficamente el área está comprendida dentro de la Subprovincia de Sierras y Valles Alargados de la Provincia - Fisiografía de la Sierra Madre Occidental según la clasificación de Raisz (1959). La Subprovincia de Sierras y Valles Paralelos está caracterizada por un conjunto de bloques fallados normalmente, de tal manera que producen una alternancia-- de bloques levantados y hundidos que tienen una dirección NW-SE. Los bloques hundidos están rellenos por conglomerados - que tienen intercalaciones de derrames basálticos y que en -- conjunto constituyen la Formación Báucarit.

La hidrografía está expresada por arroyos que fluyen hacia el SE y que drenan el área siguiendo una dirección NW-SE igual a la orientación que presentan las principales estructuras geomorfológicas. Los principales arroyos que drenan el área son: Alcaparros y Monserrat que desembocan en el Arroyo Piedra de Lumbre, los Arroyos Mesa Quemada, El Derrepente, --- Las Rastritas, y El Testerazo que se unen para formar otro arroyo llamado Agua Caliente que desemboca en el Río Sonora. - Estos arroyos forman una red dendrítica y presentan cauces angostos y pendientes fuertes.

El Río Sonora es uno de los principales del Estado. Al - nivel del pueblo de Arizpe éste recibe los afluentes del Arroyo Bacanuchi que en esta área se conoce como Arroyo Piedra de Lumbre. El Río Sonora fluye desde aquí hasta el poblado de --

Mazocahui en una dirección aproximada de N - S y en este último punto cambia de rumbo para fluir hacia el suroeste y finalmente desembocar a la presa Abelardo L. Rodríguez en Hermosillo.

B).- Geomorfología

Las principales unidades orográficas, con una altura de 1700 metros a lo máximo, son las mesetas de basalto que se encuentran en la parte sur del área. En la parte centro y occidental del área se encuentran sierras con alturas entre --- 1400 y 1600 metros, alargadas, con una dirección que varía de NNW-SSE a NW-SE. Ejemplo de estas son la Sierra los Azulitos, Cordón de Enmedio y Cerro La Ceja que están formadas por las secuencias sedimentarias que afloran en el área. Con una altura entre 1200 y 1400 metros se encuentran los principales cerros que componen las rocas volcánicas del área y que bordean a los afloramientos de rocas sedimentarias por el norte, sur y oriente. Los valles, con afloramientos de la Formación Báucarit y depósitos aluviales recientes se presentan en la parte sureste del área con una elevación entre 820 y 1000 metros sobre el nivel del mar. La topografía general de la región indica que el área se encuentra en la etapa de madurez dentro del ciclo de la erosión fluvial.



IV.- DESCRIPCION GEOLOGICA DEL AREA

A).- Generalidades.

Las rocas de edad más antigua corresponden a las secuencias sedimentarias, que, basándose en la datación de los fósiles que contienen, proporcionan una edad Cretácico Inferior. Estas rocas que constituyen el basamento están representadas por facies detríticas de lutitas, areniscas y calizas fosilíferas, y afloran en la parte noroccidental del área cubriendo aproximadamente un tercio de la misma. Un conglomerado más joven aflora en una pequeña área y se compone de fragmentos de rocas sedimentarias. Este es más antiguo que el plutonismo y el volcanismo que afectó a la zona de estudio. Se reconoció, también un evento de plutonismo ácido que afectó a las rocas sedimentarias más antiguas, cortándolas e intrusiónándolas en forma de diques.

Falladas o discordantes contra todas las rocas anteriores aflora un potente espesor de rocas volcánicas en forma de cuerpos tabulares de composición andesítica y riolítica y cortando a éstas se presenta un conjunto de diques de composición andesítica con rumbo NW - SE. Los derrames volcánicos presentan una alteración hidrotermal bastante fuerte. Discordante con todo lo anterior ocurren grandes derrames de lava basáltica que forman mesetas de poco buzamiento en la parte sur del área.

Concordantes con estos derrames basálticos se encuentran los conglomerados bien consolidados pertenecientes a la For-

mación Báucarit, que comunmente contienen derrames de lava - intercalados. Finalmente y cubriendo en parte a la Formación Báucarit se encuentran los depósitos aluviales más recientes (Figura 2).

B).- Las Secuencias Sedimentarias del Cretácico Inferior.

1.- El Grupo Ceja.

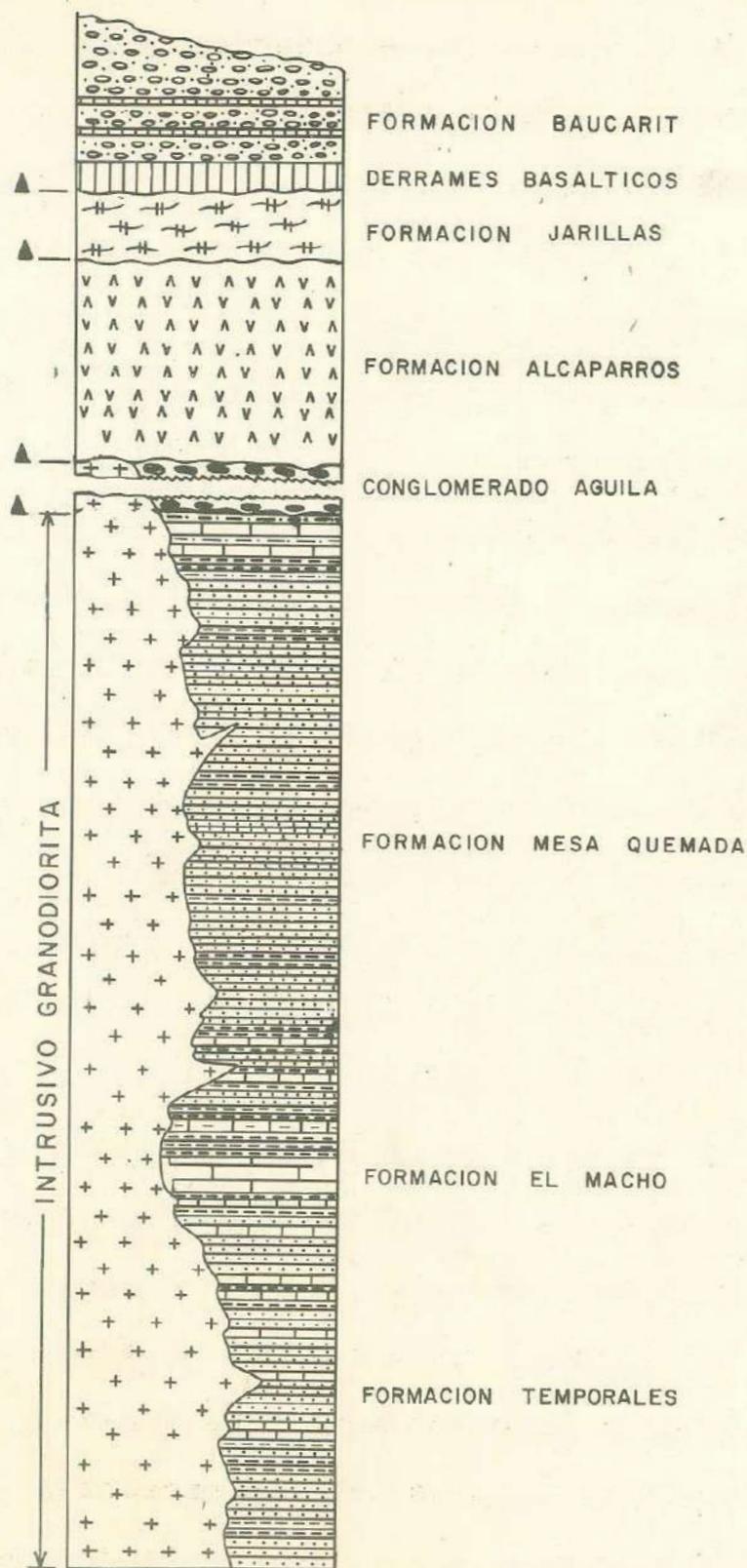
Este grupo se ha dividido en tres formaciones las cuales de inferior a superior son: Formación Temporales, Formación - El Macho y Formación Mesa Quemada.

A continuación se describen en detalle cada una de ellas.

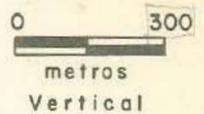
Formación Temporales.

Distribución. Esta formación aflora en la parte noroccidental del área, en el flanco oriental del sinclinal que forma el Ce rro de La Ceja y en el corazón del anticlinal que forma este mismo cerro. Un poco más hacia el sureste también aflora donde se encuentra separado del afloramiento de La Ceja por un - cuerpo intrusivo granodiorítico. El rumbo general de sus capas de NW60SE.

Litología y Espesor. La base de esta formación no aflora en - el área y por lo mismo no se conoce la base del Grupo Ceja. Los primeros 280 m. están formados por una secuencia de areniscas y lutitas más o menos en igual proporción; ocasionalmente se presentan delgadas capas de microconglomerados. Las areniscas y lutitas se encuentran en depósitos bastante gruesos, en posición alternante y generalmente con mala estratificación. Las areniscas son de grano medio a fino, de color ca



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRADUA
ESCUELA DE INGENIERIA
BIBLIOTECA



▲ Discordancia

Fig. 2.- COLUMNA GEOLOGICA GENERAL DEL AREA DE ARIZPE, SONORA.

fé-rojo, en capas de espesor muy variable pero no mayores de 20 cms. En la base de la secuencia se observan unas capas de caliza de unos 30 cms. de espesor intercalados con capas de areniscas margosas. Las calizas son de color gris claro y -- presentan recristalización, tal vez debido a que se encuen-- tran cerca del contacto falla con las rocas volcánicas. Resultado de estudios al microscopio petrográfico de tres ejemplares se muestran en el Apéndice 1.

Las lutitas que se encuentran en alternancia con las areniscas varían comunmente a lutitas arenosas y algunas veces a lutitas calcáreas. Se presentan en forma de estratos muy - delgados, de laminaciones, pero también es común que no presenten estratificación. Son de color gris obscuro a negro y se intemperizan a café-rojo y café-verde.

La secuencia de areniscas y lutitas pasa gradualmente hacia arriba a una secuencia en la que dominan las calizas fosilíferas con intercalaciones alternantes de areniscas. Las calizas que aparecen en la parte media de la Formación Temporales constituyen casi en su totalidad biohermas de ostreas. - Presentan una textura afanocristalina y se encuentran en estratos que varían de delgados a gruesos, con un color azul -- claro a gris azul en superficie intemperizada y negro a gris obscuro en superficie fresca. Estas calizas presentan intercalaciones de areniscas margosas que a veces contienen lentes con abundantes ostreas.

Las areniscas son de grano fino, intemperizan a un color

crema a café-amarillo y son de color gris claro en superficie fresca. Presentan generalmente estratificación delgada y ocasionalmente cruzada.

Las calizas con pelecípodos gradúan hacia arriba a calizas que contienen escasos macrofósiles, con areniscas de grano fino intercaladas. Algunas capas presentan recristalización y abundantes vetillas de calcita. En ejemplares de mano presentan lentes de areniscas. Se intemperizan a un color que varía de azul claro a azul gris y en superficie fresca presentan un color gris oscuro.

Intercaladas con estas calizas pobres en macrofósiles, se observaron areniscas de grano fino, que gradualmente pasan hacia arriba a areniscas margosas de grano fino de color café rojo. Presentan estratificación delgada bien definida aunque en los últimos metros de la formación la estratificación es muy mala y la roca es muy friable. Contienen una fauna escasa de equinodermos, corales y ostreas de tamaño pequeño muy diferente a la que se encuentra en los niveles más inferiores.

La secuencia pasa concordante y gradualmente a la Formación El Macho. La petrografía de tres muestras se describe en el Apéndice 1.

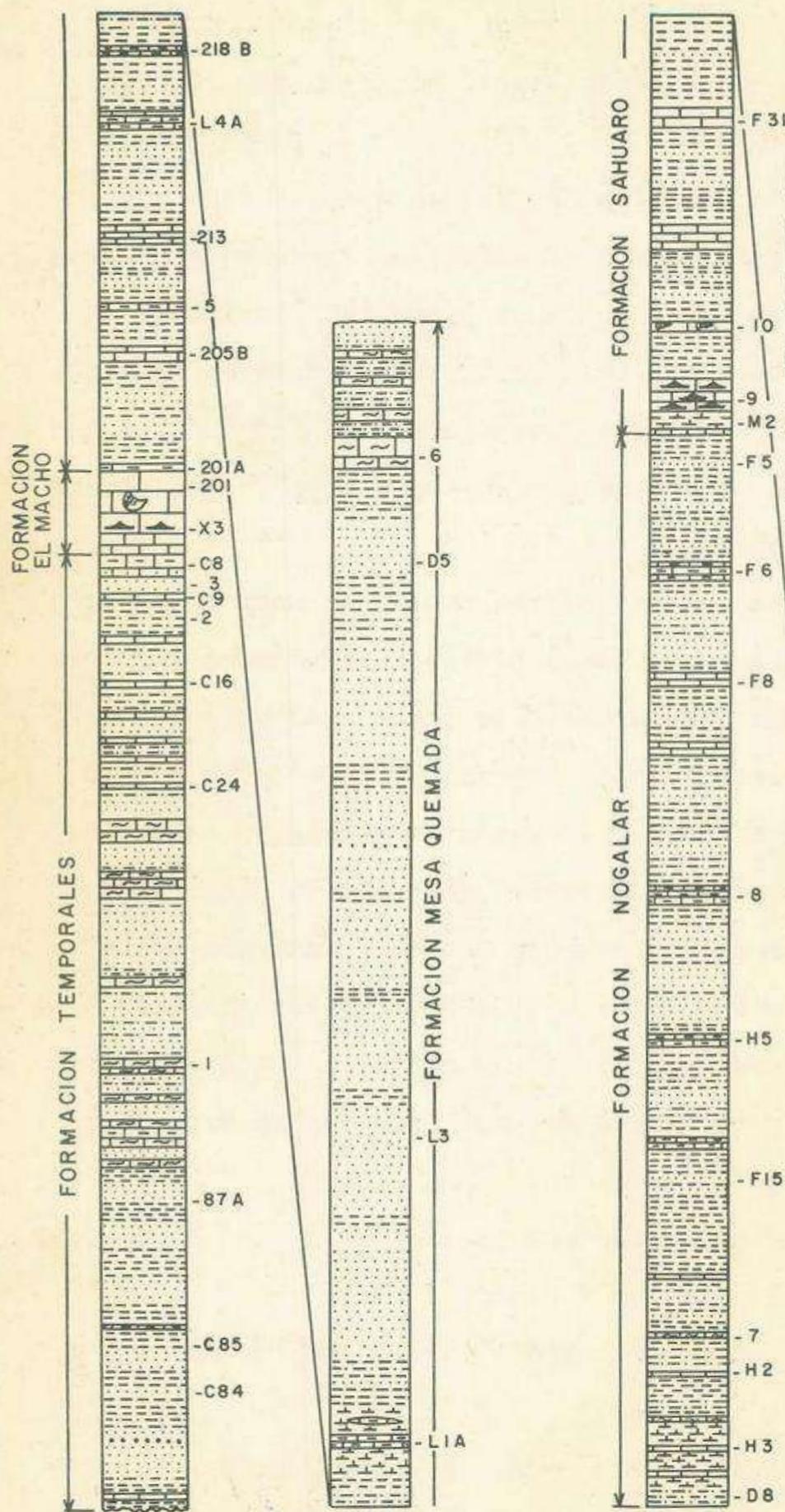
Estudios paleontológicos en esta formación indicaron las especies y edades siguientes (Figura 3):

(1) Exogyra latissima aguila (Brongniart), proporcionó una edad Aptiano-Albiano temprano.

(2) Grypahaea mucronata Gabb que se considera una especie in-

LEYENDA

-  CALIZAS
-  CALIZAS MARGOSAS
-  CALIZAS CON OSTREAS
-  CALIZAS CON ORBITOLINAS
-  CALIZAS CON RUDISTAS
-  CALIZAS ARENOSAS
-  ARENISCAS
-  MICROCONGLOMERADOS
-  LUTITAS
-  LUTITAS CALCAREAS



GRUPO CEJA GRUPO AZULITOS

Fig. 3 -- COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL AREA DE ARIZPE, SON. QUE MUESTRA LA LOCALIZACION DE LAS MUESTRAS DE ROCA DESCRITAS Y LA DE LOS FOSILES FECHADOS.

dice del Albiano, (Ambos determinados por la Dra. Gloria -- Alencaster de Félix, Comunicación personal),

(3) Myriophyllia sp., Montlivalentia sp., y Cyathophora sp., -- con un rango que varía del Triásico medio al Cretácico (Biol. Ma. Magdalena R. de Castillo, Comunicación personal)

Relaciones Estratigráficas. En el área de estudio aflora solamente una parte de la formación, ya que su base está oculta por el fallamiento normal que presenta con las rocas volcánicas. El contacto superior de la Formación Temporales es concordante y transicional con la Formación El Macho.

Formación El Macho.

Distribución. Esta formación se encuentra muy bien expuesta a la cima del Cerro La Ceja, donde forman una anticlinal y un sinclinal. Su afloramiento constituye acantilados en la cima de estos cerros. Las capas siguen un rumbo NW 60°SE aproximadamente, y hacia el noroeste desaparecen debajo de aluviones y por el fallamiento normal que sufren con las volcánicas (Foto 1). Hacia el sureste la Formación está cortada por el cuerpo intrusivo que forma el Cerro El Pedregal y el Cerro San Guino, pero reaparece a 1.5 kms en el Cerro La Cubana por el lado oriental, y en el Cerro El Caloso por el lado occidental, formando aquí una anticlinal de buzamiento -- muy débil. En el centro de este anticlinal la Formación Temporales se encuentra intrusionada por el mismo cuerpo anterior. Un poco más al sur, estos afloramientos están cubiertos por rocas volcánicas ignimbríticas .



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA

BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

Litología y Espesor.

La formación El Macho está constituida por calizas de es tratificación gruesa, con textura afanocrystalina y abundante microfauna. Varian en color gris claro a azul claro en superficie intemperizada y presentan color gris obscuro en superficie fresca. Contienen abundantes macrofósiles como rudistas, orbitolinas, corales, gasteropodos, algas y escasos fragmentos de pelecípodos. Ocasionalmente se observan lentes de pedernal.

Características importantes de esta formación son (1) -- que la fauna fósil que contiene está concentrada en la mitad inferior de la misma siendo su mitad superior pobre en fósiles, (2) que es muy reactiva el ácido clorhídrico y al golpearla con el martillo despide un olor fétido, (3) que algunas partes de estas calizas se encuentran algo recristalizadas y presentan vetillas de óxidos de fierro y de calcita, y (4) que la mineralización en el área se encuentra en estas calizas donde están en contacto con el cuerpo intrusivo granodiorítico que se describe más adelante.

Cuatro muestras de la mitad inferior de esta formación -- que fueron estudiadas al microscopio petrográfico se describen en el Apéndice 1 (ver también Figura 3).

Por estudios paleontológicos de la principal fauna de es ta formación se determinó la especie *O. (Mesorbitolina). gr. texana* ROEMER, la cual proporcionó una edad Aptiano tardio Al biano temprano y fue determinada por el Dr. J. Moullade (Nice,

Francia).

El espesor promedio de esta formación es de aproximadamente 70 m. En el Cerro La Ceja, la Formación El Macho se encuentra sobre la Formación Temporales concordante y transicional. El límite de esta formación, con la Formación Temporales subyacente se ha colocado así: El límite inferior donde empieza la primera capa de espesor potente de caliza, y el límite superior donde terminan estos estratos potentes de caliza.

Formación Mesa Quemada.

Distribución. Esta formación aflora en la esquina noroccidental del área con un rumbo aproximado de NW 50 SE. En la porción norte de su afloramiento se encuentra fallada normalmente contra las rocas volcánicas. Por la parte sur, en el Cerro La Ceja se encuentra formando el centro del sinclinal que existe aquí, también se encuentra cortada por el cuerpo intrusivo del Cerro El Pedregoso. Al norte del Rancho El Derrepente se encuentra fallada contra las rocas volcánicas y en la parte sur del Cordón De Enmedio se encuentra cubierta en discordancia por el Conglomerado Aguila que será definido y descrito más adelante. En la cima del Cordón De Enmedio esta formación desaparece debajo del Grupo Azulitos que la cabalga, debido a esta cabalgadura no se conoce en esta área la parte superior de la formación. También aflora en el Cerro La Cubana en donde se encuentra sobre la Formación El Macho. Esta formación toma el nombre de Mesa Quemada por el rancho de

ese mismo nombre que se encuentra sobre ella.

Litología y Espesor. Los primeros 500 m. de la Formación Mesa Quemada están constituidos por lutitas calcáreas, capas delgadas de calizas y calizas arcillosas que contienen abundantes lentes con ostreas (figura 3). Las lutitas son de color vino y café amarillento, presentan fisibilidad, y alternancias de capas muy delgadas de areniscas de grano muy fino. Las lutitas calcáreas presentan muy mala estratificación, y son muy friables. Las calizas son de color gris obscuro en superficie fresca, con muy buena estratificación delgada, de textura afanocristalina y algunas capas presentan abundantes restos fósiles de pelecípodos principalmente. Presentan vetillas de calcita y algunas capas se encuentran recristalizadas. Las calizas arcillosas también contienen abundantes lentes de ostreas.

Algunas muestras de estas calizas recogidas en esta parte inferior de la formación, y que fueron estudiadas al microscopio petrográfico, son descritas en el Apéndice 1 (figura 3).

La parte superior de la Formación Mesa Quemada se encuentra dominada por las areniscas, a excepción de últimos 120 m. que están constituidos por lutitas arenosas con intercalaciones de capas de espesor potente de caliza que contiene abundante macrofauna de pelecípodos principalmente ostreas, inoceramus y pecten. Los cambios litológicos son graduales y nunca drásticos.

Las areniscas son de grano fino a medio, y presentan -- buena estratificación en capas de espesor que varían de delgadas a potentes. Se intemperizan dando un color café rojizo. Algunas capas presentan estratificación cruzada y estratificación gradual. Presentan además intercalaciones de lutitas de color negro con buena estratificación, en capas que varían de muy delgadas a laminares. Estas lutitas progresivamente pasan a ser dominantes hacia arriba de la formación. En lugares cercanos el Rancho Mesa Quemada esta formación contiene abundantes fragmentos de madera petrificada.

También se encontraron capas delgadas de microconglomerados que contienen fragmentos de rocas volcánicas alteradas, principalmente andesitas y fragmentos de caliza y arenisca.

Las determinaciones paleontológicas de la macrofauna encontrada en esta formación dieron las especies y edades siguientes: Ostrea crenulimargo Roemer (5, figura 3), que representa al Albiano Temprano y Medio de los Grupos Trinity y Fredericksburg de Texas, y Exogyra quitmanensis Cragin. (6, figura 3) del Aptiano Tardío - Albiano Temprano, (Alencaster de Félix, comun. pers.)

Relaciones Estratigráficas. Esta formación, con un espesor aproximado de 1300 m. constituye la parte superior del Grupo Ceja. Su contacto inferior es concordante y transicional con la Formación El Macho, y su cima no se conoce, ya que se encuentra oculta debido al cabalgamiento que sufrió por las rocas del Grupo Azulitos.

2.- El Grupo Azulitos.

Este grupo se ha dividido en dos formaciones, las cuales de inferior a superior son: Formación Nogalar y Formación Sahuaro.

Formación Nogalar.

Distribución. Esta formación aflora en la esquina noroccidental del área, con un rumbo aproximado de NE 20 SW , y un echado variable hacia el SE. Aflora entre el Cordón De Enmedio y el pie de la Sierra Los Azulitos. Por el lado norte, esta formación está fallada contra las rocas volcánicas y por el lado sur, está cubierta por las mismas y por aluviones.

Litología y Espesor. Los primeros 190 m. están compuestos por lutitas calcáreas y arenosas que contienen algunas capas de calizas las cuales en su mayoría están completamente constituídas de ostreas (fig. 3). Las lutitas presentan un color café amarillento, tienen muy mala estratificación, y son muy friables. Contienen también capas delgadas interestratificadas de areniscas que son más resistentes a la erosión y que sobresalen topográficamente. Muestras de areniscas recogidas en esta parte de la sección (figura 3), se clasificaron como se indica en el Apéndice 1.

Los estratos de calizas con ostreas son de un espesor potente en la parte inferior del afloramiento y se van haciendo cada vez más delgados y menos abundantes hacia arriba de la sección para finalmente desaparecer. Las calizas son de un color gris oscuro intemperizadas y negras en superficie fres-

ca, presentan una textura afanocristalina y algunas capas de estas calizas son arenosas y contienen abundantes fragmentos de fósiles. Dos muestras de calizas correspondientes a este nivel (figura 3), y que se estudiaron al microscopio petrográfico se describen en el Apéndice 1.

Hacia arriba de la secuencia descrita anteriormente, aparecen capas interestratificadas de lutitas, areniscas y calizas, siendo las dos primeras las más abundantes. Las lutitas presentan una fisibilidad bien marcada y son de color azul claro, que varía hacia café en las capas más jóvenes. Presentan buena estratificación delgada y también ocurren en laminaciones.

Las calizas que se encuentran en esta secuencia ocurren en capas de espesor delgado con buena estratificación, son en su mayoría arcillosas y en ejemplares de mano presentan textura cristalina fina, con un color azul claro de intemperismo y negro en superficie fresca. Tanto el color como su abundante fauna de equinodermos son características de estas.

Las areniscas son más abundantes hacia la parte superior de la formación y se presentan aproximadamente en igual abundancia con las lutitas. Son de un color café rojo de intemperismo, de grano fino a grueso y se presentan con buena estratificación en capas delgadas. En la parte superior de la formación estas areniscas están intercaladas con lutitas de color negro y ocasionalmente contienen capas de calizas arenosas de un espesor potente, pero son muy escasas. Estas últi-

mas son de color café rojizo de intemperismo y de color café obscuro en superficie fresca, que son muy resistentes a la erosión y contienen abundantes fragmentos de microfósiles, tal vez pelecípodos. Una muestra de estas areniscas (figura 3), estudiada al microscopio petrográfico se describe en el Apéndice 1.

Los estudios paleontológicos de la macrofauna de la Formación Nogalar revelaron las siguientes especies y edades:

Exogyra quitmanensis Cragin, (7, figura 3), de edad Aptiano Tardío - Albiano Temprano, (Dra. Gloria Alencaster de Félix, comun. personal).

Hemiaster calvini Clark (8, figura 3), de edad Albiano - Cenomaniano, (Dra. Estela Buitron, comun. pers.).

Relaciones Estratigráficas. Esta formación, con un espesor máximo de 880 m. , corresponde a la parte inferior del Grupo Azulitos, pero su base no se conoce ya que cabalga al Grupo Ceja. Pasa hacia arriba concordante y gradualmente a la Formación Sahuaro. El límite entre las dos formaciones se estableció al nivel donde las lutitas de color negro pasan a lutias calcáreas de color gris claro.

Sin embargo, en el área, el grupo presenta una polarización, esta inversión hace parecer que la Formación Nogalar descansa concordante sobre la Formación Sahuaro, lo cual es contrario a lo que en realidad ocurre. Que en realidad ocurre lo contrario, o sea que la Formación Nogalar se encuentra debajo de la Formación Sahuaro, se comprobó en una visita efec-

tuada al Rancho San Antonio a unos 7 km. al noroeste de esta área, en donde se observó esta misma secuencia que no estaba plegada ni fallada; solamente presenta aquí un buzamiento -- contrario al que presenta en el área estudiada. En dicho lugar se pudo observar que las capas de calizas que componen parte de la Formación Sahuaro, pasaban gradualmente a colocarse de un echado hacia el NE que presentan en la Sierra Los Azulitos a un echado hacia el SW observado en esta parte visitada. Lo anterior sucedió igualmente para la Formación Nogalar. También, aquí, se pudo observar una secuencia correcta de los estratos por medio de la estratificación gradual y la estratificación cruzada que presentan las capas de arenisca. Del mismo modo, se pudo observar en esta área, que sobre la Formación Sahuaro descansa concordante una secuencia sedimentaria detrítica de espesor considerable, constituida por lutitas y areniscas rojas.

Formación Sahuaro.

Distribución. Esta formación se encuentra en la esquina noroccidental del área estudiada con un rumbo NNE - SSW, y se nombró así, ya que en la parte sur de su afloramiento está cortada por el Arroyo Sahuaro. La Formación Sahuaro desaparece hacia el sur debajo de las rocas volcánicas.

Litología y Espesor. Esta formación está constituida por una potente alternancia de lutitas y areniscas en capas delgadas, con calizas de estratificación gruesa. Su base comienza con una secuencia terrígena de lutitas y lutitas calcáreas, con

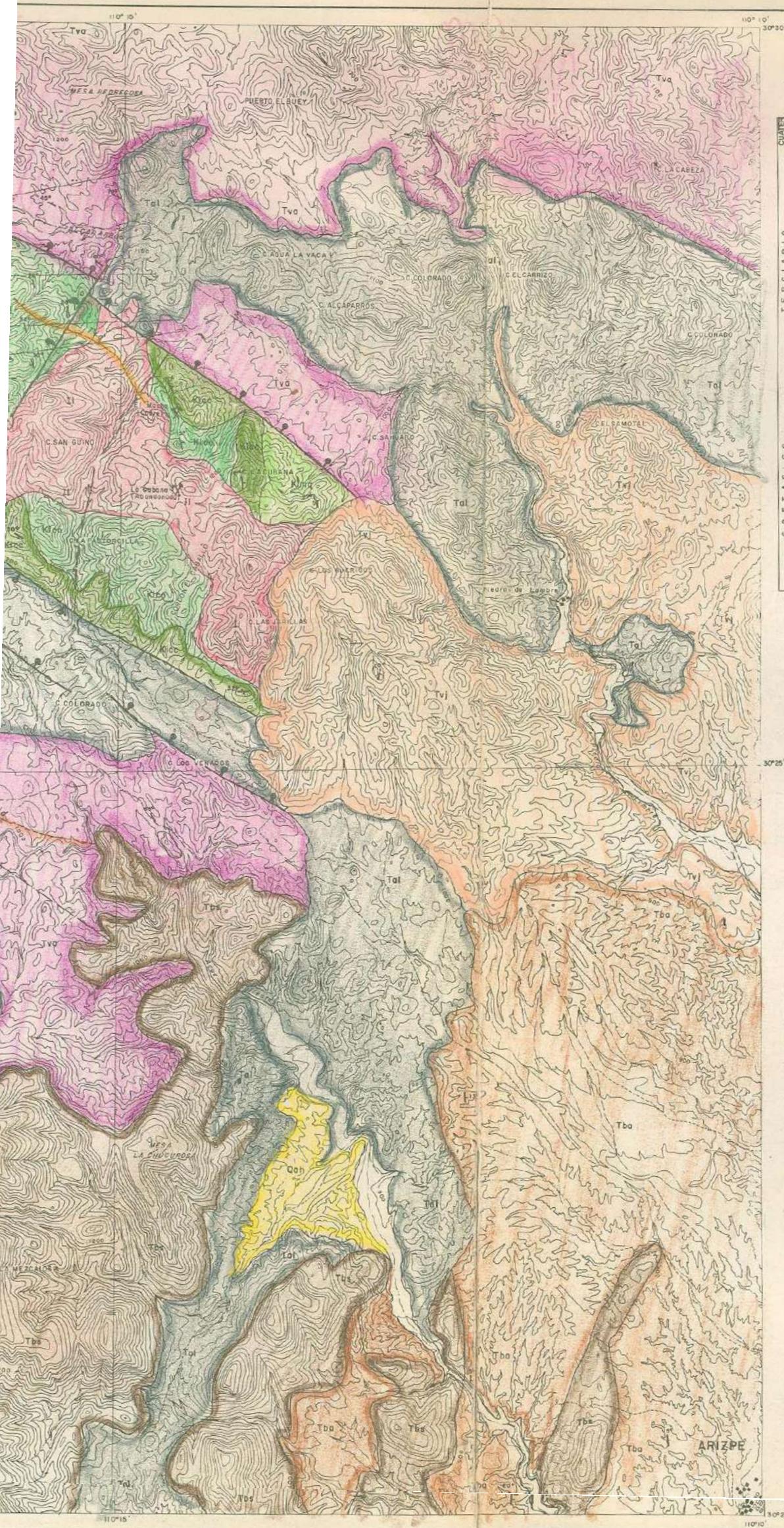
intercalaciones delgadas de areniscas carbonatadas que contienen abundantes restos de pelecípodos y corales mal conservados. Las lutitas se encuentran en capas muy delgadas, presentando un color que varía de verde a café y a gris, y con muy buena estratificación.

Las areniscas son de grano fino cementadas por carbonatos, son de un color café verde en superficie intemperizada y de color gris en superficie fresca. Presentan también una buena estratificación en capas que varían de espesor muy delgado a delgado.

Arriba de estas secuencias se observó un afloramiento de unos 35 m. de capas de espesor potente de calizas. Estas son de textura afanocristalina, presentan un color gris de intemperismo y gris oscuro en superficie fresca. Algunos de estos estratos presentan bastante recristalización. Esta secuencia arcillo-arenosa y calcárea se repite rítmicamente -- hacia arriba de la formación, y solamente varía la proporción relativa de las partes.

Las calizas de la base de la Formación Sahuaro presentan abundante fauna fósil siendo esta muy escasa hacia su parte superior. La fauna encontrada aquí consiste principalmente de rudistas, orbitolinas, corales mal conservados, ostreas y restos de otros pelecípodos. Cuatro muestras de estas calizas (figura 3) estudiadas al microscopio petrográfico se describen en el Apéndice 1.

Las determinaciones paleontológicas de la fauna encontra



LEYENDA

- | | |
|--|---|
| <p>CUATERNARIO</p> <p>Mioceno (?)</p> <p>TERCIARIO</p> <p>Oligoceno - Esceno (?)</p> <p>CRETACICO</p> <p>Cretacico Superior (Palaeoceno)</p> <p>Apilanes-Albano</p> | <p>Qd ALUVIONES CUATERNARIOS.
(Graves, arenas y limas mal consolidados)</p> <p>Discordancia</p> <p>Tbo FORMACION BAUCARIT
(Conglomerado mal clasificado, bien consolidado, constituido por clastos siliceos, arenas, granodioritas, grescosos, calizas y gravillas, cementados por arena)</p> <p>Tbs DERRAMES BASALTICOS.</p> <p>Discordancia</p> <p>Tid DIQUES.
(Infiltraciones de composicion andesitica y andesito basaltica)</p> <p>Tvj FORMACION JARILLA.
(A la base presenta tobas rutilicas, y hacia arriba tobas de color rojo)</p> <p>Discordancia</p> <p>Tvi FORMACION ALCAPARROS.
(Rocas volcanicas de composicion andesitica con intercalaciones riliticas y conglomerados volcanicos)</p> <p>Discordancia</p> <p>II GRANODIORITA</p> <p>Kso CONGLOMERADO AGUILA
(Conglomerado constituido por fragmentos de calizas y areniscas, enlazados por matrices arcillosas, rudistas y ostracos)</p> <p>Discordancia</p> <p>Kimq FORMACION MESA QUEMADA.
(Areniscas, lutitas y calizas con un espesor de 1300m)</p> <p>Kicq FORMACION EL MACHO.
(Capas potentes de calizas con un espesor de 70m)</p> <p>Kico FORMACION TEMPORALES
(Areniscas, lutitas y calizas con un espesor de 800m).</p> <p>Kivg FORMACION VIGOROSA
(Areniscas ricas con inclusiones de granito)</p> <p>Kivn FORMACION NUBIA
(Areniscas ricas)</p> |
|--|---|

SIMBOLOS GEOLOGICOS

- ECHADO
- ECHADO VERTICAL
- ANTICLINAL (Eje)
- SINCLINAL (Eje)
- CABALGADURA
- FALLA INVERSA
- FALLA NORMAL
- FRACTURA
- CONTACTO GEOLOGICO
- DIQUE
- LINEA DE SECCION (Ver plano 2)
- MINA

SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

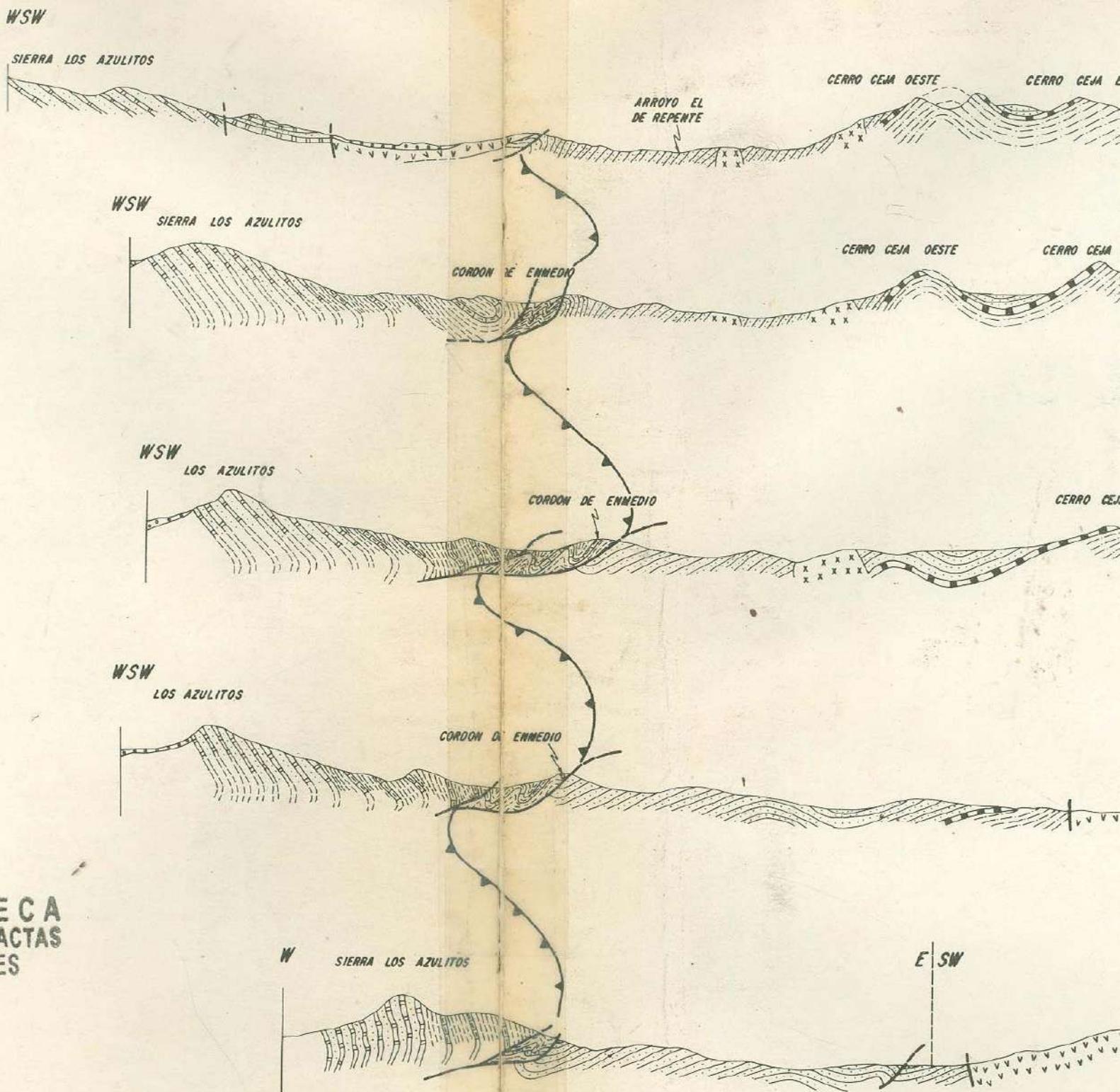
- POBLACION
- RANCHO
- BRECHA
- ARROYO
- CURVAS DE NIVEL



ESCALA 1:24,000

UNIVERSIDAD DE
DEPARTAMENTO DE
MAPA GEOLOGICO DE
DE ARIZPE, SONORA
ESTADO DE SONORA
TESIS PROFESIONAL
PLANO I
Carlos Manuel Gonzales

SECCIONES TECTONICAS DE LA ZONA SEDIMENTARIA DE ARIZPE, SONORA.



EXPLICACION

- | | | | |
|---|------------------------|---|--------------------|
|  | ALUVIONES CUATERNARIOS | | |
| GRUPO CEJA | | GRUPO AZULITOS | |
|  | FORMACION MESA QUEMADA |  | FORMACION SANUARO |
|  | FORMACION EL MACHO |  | FORMACION NOGALAR |
|  | FORMACION TEMPORALES | | |
|  | FORMACION ALCAPARROS |  | CUERPOS INTRUSIVOS |

 CABALGADURA
 FALLA
 ESCALA VERTICAL 1:25,000
 ESCALA HORIZONTAL 1:25,000

da en estos niveles estratigráficos dieron las especies y edades siguientes:

Orbitolina texana (Roemer), (9, figura 3) y Toucasia texana - (Roemer) y Coalcomana ramosa (Boehm), (10, figura 3) del Albiano Temprano, (Alencaster de Félix, comun. pers.).

Relaciones Estratigráficas. Esta formación constituye la parte superior del Grupo Azulitos donde se encuentra concordante y transicional sobre la Formación Nogalar, y tiene un espesor de 520 m. Hacia arriba pasa concordante y gradualmente a una secuencia terrígena gruesa de lutitas y areniscas rojas que no afloran en esta área sino un poco más al noroeste.

3.- Sedimentología y Edad del Grupo Ceja.

La Formación Temporales corresponde a facies de planicies costeras o deltáicas de un mar abierto que presentaba avances y regresiones cíclicas, pero que en general fue transgresivo durante el Aptiano Superior o Albiano Inferior. Los avances y regresiones están indicados por la alternancia de areniscas y lutitas con capas de microconglomerados y por las intercalaciones de biohermos de ostreas, que indican facies costeras poco profundas. La transgresión general está indicada por el paso gradual de esta sedimentación detrítica a facies de sedimentación más puras como las de la Formación El Macho. El análisis de los componentes de las areniscas de esta formación ha indicado un grado de poca madurez textural (mala clasificación y pobre retrabajamiento de los granos) e indica un transporte rápido y/o una fuente cercana y una cuenca

de depósito de rápida subsidencia. La abundancia de feldespatos bastante alterados y de fragmentos de roca volcánica también alterados, indica una fuente continental de naturaleza volcánica. Tal vez esta área fuente la constituyen las conocidas secuencias volcano-sedimentarias del Jurásico que aflora más al oeste en el área de Cucurpe (Rangin, 1977). El cuarzo que presenta extinción ondulante y que ha sido encontrado en las muestras de esta formación, indica posiblemente una fuente continental de plutonismo deformado y de metamorfismo, que pudo haber sido el plutonismo y metamorfismo pre-Cretácico - que se conoce en Sonora.

La Formación El Macho corresponde a facies marinas, de ambientes neríticos de mar abierto, con aguas bien oxigenadas y poco profundas, como queda demostrado por la abundante fauna de foraminíferos y rudistas y la composición de lodo micrítico de que están constituidas sus rocas. Estos depósitos representan las facies marinas de máxima transgresión, o sea - que a estos niveles el mar parece haber alcanzado su máxima penetración en el continente, ya que la Formación Mesa Quemada que sobreyace a estos depósitos representa facies de regresión.

Los depósitos de la Formación Mesa Quemada representan facies marinas que han graduado desde ambientes neríticos poco profundos a ambientes deltáicos y costeros. Las facies neríticas poco profundas, están representadas por los primeros 500 m. de sedimentos arcillosos y calcáreos. Las calizas de -

estos niveles presentan fragmentos orgánicos redondeados, abundantes oolitos y matriz espatítica, lo cual indica un ambiente de alta energía que permitió el transporte, retrabajamiento y clasificación de los granos. Las facies deltáicas y costeras están representadas por la potente secuencia de areniscas con intercalaciones de lutita, que forma la mayor parte de la formación, y por las biolitas de pelecípodos que se encuentran a la cima. Los sedimentos terrígenos son ricos en cuarzo, feldespatos, y fragmentos de rocas volcánicas alteradas que indican una reactivación de las áreas de origen, -- que deben ser las mismas que para las secuencias detríticas de la Formación Temporales, ya que están constituidas de los mismos minerales con las mismas características.

El rango cronológico para el Grupo Ceja es Aptiano Superior al Albiano Medio, de acuerdo a estudios paleontológicos y corroborado por las correlaciones litológicas con otros afloramientos de Sonora y Arizona.

4.- Sedimentología y Edad del Grupo Azulitos.

La sedimentación de la Formación Nogalar representa facies deltáicas y costeras con débiles transgresiones y regresiones cíclicas como se indica por la fauna de pelecípodos y las intercalaciones de capas delgadas de calizas arcillosas en la secuencia detrítica. Fue este también un ambiente de aguas agitadas de alta energía, como se demuestra por los componentes aloquímicos redondeados que contienen las calizas. La aportación detrítica a estos ambientes de depósito fue ri-

ca en cuarzo, feldespatos, fragmentos de rocas, y arcillas. - La relación de plagioclasas sódicas a feldespatos potásicos - es muy grande, y estas plagioclasas se presentan en granos an gulares y algo alteradas a calcita y sericita. La calcita es posiblemente secundaria ya que invade tanto a los granos como a la matriz.

Por la poca alteración y poco redondeamiento de los granos, probablemente estos sedimentos tuvieron un transporte - rápido, desde el área fuente hasta los ambientes de depósito, en climas a lo máximo templados. las zonas de origen de estos detritos, tal vez fueron las secuencias volcano-sedimentarias de edad Jurásico y las rocas plutónicas y metamórficas pre - Cretácicas que se conocen en Sonora, al occidente de esta zona de estudio.

La Formación Sahuaro fue depositada en un período en que el mar logró una mayor transgresión dentro de los continentes que aquella lograda durante la depositación de la Formación - Nogalar. Esta formación representa facies neríticas poco profundas con movimientos cíclicos de transgresiones y regresiones, como se demuestra por los potentes espesores de calizas con foraminíferos, alternadas con sedimentos detríticos de lu titas calcáreas y areniscas. Estratigráficamente hacia arriba se pasa a facies de regresión, porque la Formación Sahuaro pa sa concordante y gradualmente a una potente secuencia de luti tas y areniscas rojas.

La edad para el Grupo Azulitos, queda comprendida entre

el Aptiano Tardío y el Albiano Temprano, de acuerdo a las determinaciones paleontológicas.

5.- Correlación de las Facies Sedimentarias.

La división de las secuencias sedimentarias del Cretácico Inferior (Aptiano-Albiano) en dos grupos que son equivalentes, se ha hecho en base a los argumentos e interpretaciones siguientes; (1) El Grupo Ceja presenta una litología y fauna que permite que sus Formaciones Temporales y El Macho sea correlacionables con las Formaciones Nogalar y Sahuaro (del Grupo Azulitos) respectivamente, aunque la litología del Grupo Azulitos corresponde a facies más terrígenas. (2) En base a las determinaciones paleontológicas de cada grupo, las formaciones correlacionables han dado una edad Aptiano Tardío - Albiano Temprano. (3) Ambos grupos presentan deformación producida por esfuerzos de compresión. En el Grupo Ceja se expresa en anticlinales y sinclinales abiertos. En el Grupo Azulitos se expresa en plegamiento muy cerrado. Además, se observa claramente que el Grupo Azulitos cabalga hacia el noroeste al Grupo Ceja con una secuencia invertida de la sección y (4) de las observaciones anteriores, se concluye que ambos grupos representan sedimentación ocurrida en una misma cuenca de depósitos, constituyendo el Grupo Azulitos facies más marginales que el Grupo Ceja, y que debido a movimientos producidos por esfuerzos tectónicos el Grupo Azulitos ha sido acercado y superpuesto al Grupo Ceja.

A escala regional, estos grupos se pueden correlacionar



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA

BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

con el Grupo Bisbee (Ransome, 1904), que aflora en Sonora en el borde de la Cuenca de Cabullona (Taliaferro, 1933; Rangin, 1977) y con facies similares que se encuentran al poniente -- del área en la Sierra Azul y Cucurpe (Rangin, 1977), y en Santa Ana (Salas 1968). Así, las Formaciones Temporales y Noga--lar, se pueden correlacionar con la parte superior de la Formación Morita y con la Formación Lowell del Grupo Bisbee; las Formaciones El Macho y Sahuaro, se correlacionan con la Formación Mural; y la Formación Mesa Quemada y las areniscas rojas del Rancho San Antonio, con la Formación Cintura del mismo Grupo Bisbee, como este aflora en la sección de Agua Prieta Sonora, (figura 4; Rangin y Córdoba, 1977).

C).- El Conglomerado Aguila.

Distribución. Este conglomerado aflora en la esquina noroccidental del área, en la parte sur del Cordón De Enmedio. Su afloramiento es muy pequeño y solamente se observa donde está cortado por el Arroyo El Aguila.

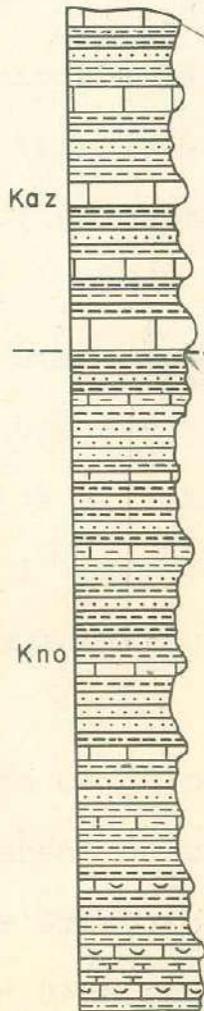
Litología y Espesor. Los fragmentos de roca que constituyen este conglomerado, presentan un tamaño promedio de guijarros pequeños (64-128 mm de diámetro) según la clasificación de - Wentworth (citado por Folk, 1969), y están pobremente cementados por granos del tamaño de arena aunque presenta muy buena compactación. Presenta además una clasificación pobre y - los fragmentos están poco redondeados, y compuestos en su totalidad de calizas y areniscas principalmente. Es muy común - que estos fragmentos contengan abundantes fósiles tales como

LEYENDA

- Kaz - FORMACION SAHUARO
- Kno - FORMACION NOGALAR
- Kmq - FORMACION MESA QUEMADA
- Kcc - FORMACION EL MACHO
- Kco - FORMACION TEMPORALES
- Kc - FORMACION CINTURA ✓
- Km - CALIZA MURAL
- Klo - FORMACION LOWELL
- Kmo - FORMACION MORITA
- Kg - CONGLOMERADO GLANCE

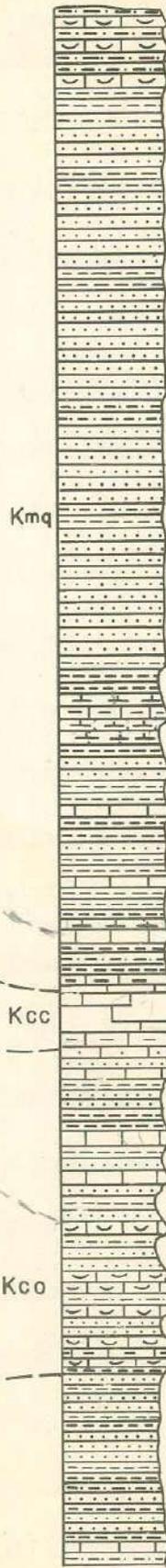


SIERRA LOS AZULITOS



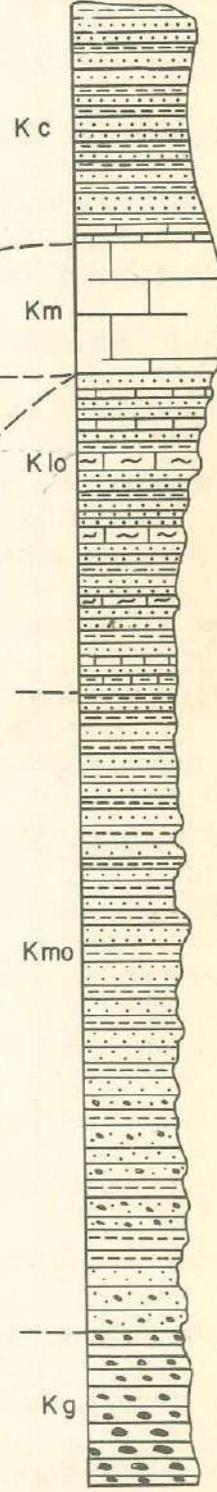
GRUPO AZULITOS

CERRO LA CEJA



GRUPO CEJA

S. ANIBACACHI
 (Según Rangin y Córdoba 1977)



GRUPO BISBEE

Fig. 4 -- TABLA DE CORRELACION TENTATIVA ENTRE LOS GRUPOS CEJA Y AZULITOS (ARIZPE, SONORA) Y EL GRUPO BISBEE QUE AFLORA A 15 Kms. AL SW DE AGUA, PRIETA, SON.

orbitolinas, rudistas y ostreas, semejantes a los encontrados en las secuencias sedimentarias del Cretácico Inferior de esta misma área.

El espesor total del conglomerado no se pudo conocer ya que su afloramiento es muy escaso y está muy cubierto por material de erosión reciente, sin embargo en los cortes del Arroyo El Aguila se pudo observar un espesor mínimo de 20 m. El rumbo y echado de este conglomerado es muy variable ya que se encuentra muy fallado.

Relaciones Estratigráficas. El contacto con las secuencias sedimentarias más antiguas no se observa en el campo, sin embargo en el mapeo cartográfico, se presenta como discordancia ya que descansa sobre las Formaciones Mesa Quemada y Nogalar. En su parte superior se encuentra cubierto en discordancia por la secuencia de rocas volcánicas (figura 2).

Sedimentología y Edad. El Conglomerado Aguila se depositó después de la fase de deformación que afectó a las rocas sedimentarias del Cretácico Inferior, pero anterior a la fase de intrusión magmática y de volcanismo que las afectó, y por lo tanto marca un período erosional. Su ambiente de depósito fue lacustre y de planicie de inundación.

Correlación. Este conglomerado puede ser correlacionado con el conglomerado que ocurre a la base de la Formación Snake Ridge del Grupo Cabullona y que se encuentra discordante sobre el Grupo Bisbee, (Taliaferro, 1933), en una área a 40 km. al suroeste de Agua Prieta. Según dicho autor, este conglome-

rado contiene una gran cantidad de fragmentos de caliza, areniscas rojas, y calizas arenosas y margosas de la Formación Morita, y presenta un espesor de algunos cientos de metros y gradúa hacia arriba a una potente secuencia terrígena de areniscas y lutitas. Es posible que la parte inferior de la Formación Snake Ridge sea de edad Turoniano, debido a que en la parte superior de esta formación se encontraron huesos de dinosaurios que son probablemente de edad Senoniano (Taliaferro, 1933). Un afloramiento de más de 100 metros de espesor de un conglomerado igual al que se encuentra en el área de estudio, se observó al oriente del Valle de Arizpe en el Cerro Picacho de Arizpe, localizado a 5 kms al oriente del área cartografiada.

D).- Rocas Igneas.

1.- Rocas Igneas Intrusivas

Las rocas igneas intrusivas se presentan en el área en forma de cuerpos irregulares y de diques. Los primeros están constituidos por un cuerpo intrusivo granodiorítico que afecta solamente a las rocas sedimentarias del Cretácico Temprano. Los diques son de composición andesítica y andesita basáltica, y afloran en el área con un rumbo general NW - SE, cortando a las rocas sedimentarias, el conglomerado, el intrusivo granodiorítico y las rocas volcánicas, solamente no intrusiona a los derrames de basalto ni a los eventos posteriores a estos últimos derrames.

Intrusivo granodiorítico.-



Este cuerpo intrusivo aflora en la parte centro norte - del área, formando los cerros El Pedregoso y San Guino donde intrusione a las Formaciones Temporales y El Macho. Su afloramiento se prolonga en dirección NW - SE, y en el Cerro Los Guerigos está cubierto por rocas volcánicas ignimbríticas. Se prolonga hacia el noroeste por el flanco occidental del Cerro La Ceja siguiendo aproximadamente el rumbo de las capas de la Formación Mesa Quemada. Este último afloramiento ocurre en forma de dos diques que terminan antes de llegar al Rancho Mesa Quemada. El contacto con las rocas volcánicas es por falla miento normal, en el que el bloque levantado es el cuerpo intrusivo.

Esta granodiorita se presenta como una roca de color - gris claro compacta, de textura granular, constituida por fenocristales de feldespatos alterados y de ferromagnesianos. Al microscopio petrográfico (foto 13), presenta textura holocristalina, fanerítica, hipidiomórfica granular. Tiene una - composición de andesina, ortoclasa y poca microclina que ocurren en cristales euhedrales, zonificados y que están muy alterados a sericita y en menor grado a calcita. La matriz ^{es} es de cuarzo y poca ortoclasa y ocurre aproximadamente en un 20% del volumen. Contiene biotita con una alteración intensa a - clorita y en menor cantidad augita y óxidos de fierro.

La edad tentativa de este cuerpo intrusivo de puede inferir en base a sus relaciones estructurales y por otros eventos intrusivos que han sido fechados radiométricamente en á -

reas cercanas a la zona de estudio.

Por las relaciones de campo, se puede decir que la granodiorita es posterior a las rocas del Aptiano - Albiano ya que las corta, y anterior a las rocas volcánicas andesíticas para las que se considera una edad máxima tentativamente Eoceno, por similitud con volcanismo similar que ha sido fechado radiométricamente en áreas cercanas. Por comparación con otros cuerpos intrusivos que han sido fechados en áreas cercanas, puede suponerse tentativamente que la granodiorita tiene una edad de 70 ± 3 a 64 ± 3 m. a. o sea Cretácico Superior -Paleoceno. Los cuerpos intrusivos fechados con los que se hace esta comparación, se mencionan en el Apéndice 2.

Diques. Los diques que afloran en el área tienen un rumbo general NW - SE. Son de un espesor que varía entre .5 m y 5 m con una longitud máxima de 4 km. Estas estructuras se encuentran intrusionando a las demás rocas del área, a excepción de los derrames de basaltos y de la Formación Báucarit.

El estudio microscópico de varias muestras de estos diques resultaron ser de composición andesítica y andesita basáltica, con texturas pilotaxíticas, traquíticas y porfiríticas. La labradorita es la plagioclasa más abundante en estas rocas. Presentan abundante biotita y piroxenos siendo el más abundante la augita, por lo que pueden ser clasificados como andesitas de biotita y andesitas de piroxenos. Frecuentemente los constituyentes máficos de estas rocas presentan una alteración a clorita, calcita, esfena y óxidos de fierro, también

a veces las plagioclasas presentan una leve alteración a calcita.

En la parte norte del área, en el Cerro La Nariz se observó un dique-estrato que intrusióna las rocas volcánicas de la Formación Alcaparros la cual se describirá más adelante. Petrográficamente el dique-estrato es un lamprófido variedad kersantita, contiene una abundante matriz de microlitos de plagioclasa, fenocristales de biotita y menor cantidad de augita y pigeonita. En muestras de mano presenta un color gris claro y textura porfirítica, donde los fenocristales son biotita y piroxenos.

2). Rocas Volcánicas.

Las rocas volcánicas cubren la mayor parte del área estudiada, aflorando en la parte norte, oriental y sur de esta. Fueron divididas en tres secuencias de diferentes composición que están separadas entre sí por discordancia; una primera secuencia que constituye el volcanismo más antiguo según sus relaciones estructurales, está formada por derrames andesíticos principalmente y se le denomina Formación Alcaparros; discordante sobre esta unidad se encuentra la Formación Jarillas constituida por tobas ignimbríticas y un tercer evento de volcanismo que se encuentra discordante sobre los anteriores está constituido de derrames basálticos (figura 5).

Formación Alcaparros.

Esta formación que toma su nombre del Arroyo Alcaparros, se encuentra bien expuesta en el Cerro La Nariz en la parte



Fig. 5.-COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LAS ROCAS VOLCANICAS DEL AREA DE ARIZPE, SONORA.

norte del área, donde se encuentra fallada normalmente contra las rocas sedimentarias del Cretácico Inferior y contra el cuerpo intrusivo granodiorítico. Tiene aquí un espesor aproximada de 500 m. También aflora en la parte central y meridional del área, donde se encuentra fallada o discordante con las rocas sedimentarias.

De los distintos tipos de roca que componen esta formación, solamente los derrames andesíticos presentan un afloramiento más amplio dentro del área, presentando los otros tipos de roca afloramientos locales.

La Formación Alcaparros está constituida por los siguientes tipos de roca; en la base se presentan ignimbritas riolíticas en medio se tienen sedimentos volcanoclásticos, derrames andesíticos (andesitas porfídicas, andesitas de hornblenda y andesitas de piroxeno) y a la cima se presentan aglomerados volcánicos con intercalaciones de derrames delgados de andesitas porfídicas y arenitas volcánicas. Esta secuencia se encuentra muy alterada en el área, siendo los aglomerados volcánicos los que presentan menor alteración. La alteración es propilítica y se cree debida a procesos hidrotermales. La descripción megascópica y petrográfica de cada uno de estos tipos de roca se presenta a continuación.

Las tobas riolíticas se presentan en colores blanco, azul, café amarillento, gris y verde, debido a la alteración. En las muestras más frescas se observan fragmentos de vidrio y cristales de cuarzo. Microscópicamente presentan granos de

cuarzo rotos y rastros de grano de feldespatos que se encuentran muy alterados a arcillas. La matriz es de vidrio desvitrificado a sericita, montmorillonita, y feldespatos. Se observó abundante caolinita como alteración (Echávarri Pérez, comunicación personal). En menor cantidad presentan pirita y jarosita. Estas rocas presentan una alteración casi al 100% y su espesor es de aproximadamente 20 m.

Las rocas volcanoclásticas se encuentran bien expuestas en la parte norte del área, en la base del Cerro La Nariz y están falladas contra la Formación Temporales en el flanco oriental del Cerro La Ceja. Presentan muy buena estratificación, ocasionalmente cruzada, con un rumbo general de NW 45° y echados de 45°NE.

Son areniscas constituidas por fragmentos de rocas volcánicas y feldespatos alterados. Son de un color gris oscuro a gris claro y en algunas partes presenta un color amarillo producido por alteración y el espesor de estos sedimentos es de aproximadamente 100 m. Vistas al microscopio petrográfico muestran fragmentos subredondeados de rocas volcánicas (andesitas e ignimbritas) con su matriz alterada a clorita y óxidos de fierro, abundantes fragmentos de feldespatos principalmente plagioclasas y pocos feldespatos potásicos alterados a calcita, sericita y en menor grado a óxidos de fierro.

Los derrames andesíticos se componen de andesita porfídica, andesita de hornblenda y andesita de piroxeno. La andesita porfídica se encuentra en la base de los derrames y sobre

las rocas volcanoclásticas, y aflora muy bien en el Cerro La Nariz. Son derrames muy resistentes a la erosión que tienen un espesor aproximado de 100 m. En ejemplares de mano presentan una textura porfídica con fenocristales de plagioclasas en una matriz afanítica.

Vistas al microscopio (foto 16), presentan una textura pilotaxítica con fenocristales de andesina, algunos de estos presentan zoneamiento y son euhedrales. Estas plagioclasas presentan también una alteración fuerte a sericita y calcita. Cristales grandes de anfíbolos y escamas de biotita secundaria se encuentran bastante alterados a clorita y calcita. La matriz está constituida de microlitos de plagioclasas. La andesita de hornblenda constituye un derrame con un espesor de aproximadamente 50 m que se encuentra sobre la andesita porfídica y está muy bien expuesta en el Cerro La Nariz. En ejemplares de mano, presentan una textura porfídica con fenocristales de hornblenda en una matriz afanítica de color gris claro, y bajo el microscopio petrográfico (foto 17), presentan una textura porfídica, con fenocristales zonados de andesina euedral y fenocristales de hornblenda en una matriz de microlitos de plagioclasas. La hornblenda presenta una alteración bastante fuerte a óxidos de fierro y las plagioclasas están poco alteradas a sericita y calcita.

Las andesitas de piroxeno, con un espesor de aproximadamente 40 m se encuentran sobre las andesitas de hornblenda descritas anteriormente, y están bien expuestas en el Cerro

La Nariz. Presentan una textura porfídica, con fenocristales de plagioclasas y ferromagnesianos en una matriz afanítica. Son de color café rojizo y verde y vistas al microscopio muestran una textura porfídica con fenocristales de plagioclasas y piroxenos en una matriz de microlitos de plagioclasas. Los fenocristales de labradorita localmente zonificados, presentan poca alteración a sericita y calcita. Los piroxenos son hiperstena y pigeonita, euhedrales y con alteración a óxidos de fierro.

Los aglomerados volcánicos que se encuentran en la cima de la secuencia volcánica y sobre los derrames andesíticos anteriores, con un espesor aproximado de 190 m, están compuestos de fragmentos de andesitas, ignimbritas y rocas volcánicas hasta de 50 cm de diámetro, subredondeados y angulares en una matriz riolítica. Presentan intercalaciones de derrames andesíticos y arenitas volcánicas de igual composición a las ya descritas. Estas intercalaciones tienen un espesor máximo de 10 m cada una. Los aglomerados se interpretan como productos extrusionados durante actividad volcánica explosiva.

Formación Jarillas.

Discordante sobre la secuencia volcánica anterior se encuentra la Formación Jarillas constituida por tobas riolíticas, tobas de cristales y tobas líticas. Esta discordancia se reconoce debido a que esta formación cubre a las fallas normales que levantaron la secuencia sedimentaria con respecto a

el volcanismo andesítico, como puede observarse en el Cerro Las Jarillas donde también cubre a el cuerpo intrusivo granodiorítico y a las secuencias sedimentarias y volcánicas andesíticas. También se reconoce por la diferencia de echado - que presenta con respecto a la Formación Alcaparros.

Estas rocas se encuentran muy bien expuestas en la parte oriental del área en el Cerro Los Guerigos y en el Cerro Las Jarillas, siendo aquí donde menor alteración presenta. En estos dos cerros se conoce un espesor mínimo de 150 m, y con rumbos y echados generales de NE 15° SW y de 25° SE. Algunos afloramientos se observaron en la parte sur del área donde descansa sobre las andesitas alteradas y se encuentra debajo de los basaltos más recientes.

Los miembros que constituyen a esta Formación son: (1) tobas riolíticas que presentan grandes granos de cuarzo muy fracturados, y fragmentos curvados de vidrio volcánico, desvitrificados a cuarzo. Está alterada fuertemente a sericita y cuarzo secundario. En ejemplares de mano son de color blanco con grandes granos de cuarzo y presentan estructura fluidal. Se observan en la matriz estructuras en forma de gotas de material vítreo. (2) tobas de crsitaes y tobas líticas - que se encuentran sobre las tobas riolíticas anteriores cubriendo gran parte del extremo oriental del área estudiada. Su espesor no es fácil de apreciar, sin embargo, se puede decir que es de más de 100 metros. Los dos tipos de tobas están intercaladas pero las tobas de cristales son más abundantes



BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA

en la base y las líticas lo son hacia la cima. En algunos lugares estas tobas líticas contienen brechas volcánicas intercaladas.

Las tobas de cristales están compuestas de fragmentos de plagioclasa en una matriz vítrea alterada a arcilla. Los fragmentos están alterados a sericita y calcita. La roca en sí, presenta una alteración muy fuerte a epidota, clorita, calcita y óxidos de fierro.

Las tobas líticas están compuestas de fragmentos de andesita, ignimbrita, traquita y otros que son indeterminables, ya que están muy alterados a óxidos de fierro y arcillas. También contienen en menor proporción granos de cuarzo y de feldespatos, los cuales se encuentran muy alterados a calcita y sericita.

Derrames Basálticos.

Discordantes y sobre la secuencia volcánica del anterior se encuentran los productos de un tercer evento volcánico constituido por derrames basálticos. Se dice que existe discordancia entre el volcanismo anterior y éste, en base a que estos derrames basálticos no presentan ninguna alteración como la que afecta a las dos fases de volcanismo anterior. Además, estos basaltos en algunos sitios están sobre la secuencia andesítica y en otros, sobre la secuencia volcánica de tobas. Afloran en la porción sur del área donde forman mesetas y presentan un buzamiento hacia el oriente que varía desde 10 a 15°. El espesor mínimo es de 50 m y hacia arriba

contienen intercalaciones de la Formación Báucarit.

Estudiados al microscopio petrográfico estos basaltos presentan una textura intergranular, con un 75% de cristales alargados de plagioclasa que tienen un maclado mal desarrollado, 20% de piroxenos (augita ?) en granos anhedrales, intergranulares con los de plagioclasa, y 5% de óxidos de fierro.

Edad Tentativa de las Rocas Volcánicas.

Las Formaciones Alcaparros y Jarillas pueden ser equivalentes a aquellas rocas volcánicas descritas por Valentine (1936) en el Distrito de Cananea, y a las reportadas por distintos autores en otras partes de Sonora: Nacozari (Livingston, 1973 y Berchenbriter, 1976) y en el Oeste del Estado (Gastil y - - Krummenacher, 1974), obteniéndose para estas rocas una edad Eoceno - Mioceno.

A los derrames basálticos se les asigna una edad Mioceno - Basal. Roldán (1976) consigna una edad de 21-22 m.a., para un derrame de basalto intercalado con conglomerados a la base de la Formación Báucarit, en el Río Sonora, a 80 km. aproximadamente al sur del área en estudio.

E).- Formación Báucarit.

La Formación Báucarit fué descrita por King (1939) como "areniscas, conglomerados y arcillas bien estratificadas y pobremente consolidadas..." y "...en las partes inferiores, donde esta formación se encuentra bien desarrollada se presentan uno o más derrames de basaltos...".

En el área de estudio se presenta como un conglomerado mal

clasificado, bien consolidado y con mala estratificación, -
constituido por fragmentos de varios tipos de roca que exis-
ten en áreas cercanas a estos afloramientos. Son estos, fuer-
tes espesores de sedimentos que presentan una leve inclina-
ción hacia el oriente, y afloran en la esquina suroriental -
de la zona de estudio, en donde constituye mesas y colinas,
zurcadas por cañadas profundas. Es un conglomerado constitui-
do por fragmentos angulosos y subredondeados de rocas de di-
versos tamaños, cementados por granos de tamaño de arena o ma-
yores, en su base presenta intercalados derrames gruesos de
basaltos. Los fragmentos de roca que la constituyen son de -
basaltos y andesitas, tobas, granodiorita, muy pocos fragmen-
tos de rocas sedimentarias, granito y otros de composición -
riolítica.

Más bien que presentar una estratificación, se observó que
los sedimentos de esta formación presentan una estratifica-
ción gradual, ya que los clastos de tamaño aproximadamente i-
guales están alineados a los mismos niveles. Estos sedimentos
al igual que los derrames basálticos presentan una inclina-
ción máxima de 15° hacia el oriente y por su afloramiento en
los valles se puede apreciar que su espesor es de varios cien-
tos de metros.

La base de la Formación Báucarit se encuentra concordante
sobre los derrames basálticos y discordante sobre las rocas
volcánicas del área. Al parecer, los inicios de su depósito
coincidieron con las últimas etapas del volcanismo basáltico,

ya que en la cima de este volcanismo se observan intercalaciones de dichos sedimentos, y a la base de la Formación Báucarit se tienen intercalaciones de derrames basálticos similares. La cima de la Formación Báucarit no se conoce, ya que está - cubierta por aluviones cuaternarios. La probable edad de esta formación es Mioceno Basal.

F).- Aluviones Cuaternarios.

Estos son los depósitos más jóvenes que ocurren en el área y se encuentran discordantes sobre todas las rocas más antiguas. Litológicamente estos depósitos consisten de gravas, a renas y limos mal consolidados.

Dentro del área estudiada son pocos los afloramientos de esta unidad, pero en el Valle de Arizpe y por todo el Valle del Río Sonora afloran ampliamente, aprovechándose aquí estos terrenos para la agricultura.

Biblioteca
de Geología

V.- T E C T O N I C A

Las rocas de esta área fueron afectadas por tres períodos de deformación que dieron lugar a estilos tectónicos característicos para cada uno de ellos. También fueron afectadas por un período de intrusión magmática. Según sus estilos tectónicos característicos, estos eventos se pueden dividir del más antiguo al más joven como sigue:

- 1.- Evento de compresión produciendo cabalgaduras y plegamiento.
- 2.- Evento de intrusión magmática.
- 3.- Movimientos de gran radio de curvatura produciendo domos.
- 4.- Evento de extensión expresado por fallamiento normal.

A continuación se describen cada uno de ellos.

Fase compresiva de deformación.

Esta fase afectó intensamente a los Grupos Ceja y Azulitos y se expresa por la cabalgadura de este último sobre el primero (foto 3), y por plegamiento muy cerrado en ambos grupos, siendo más pronunciado en las rocas del Grupo Azulitos (foto 4) en el cual ocasionó una inversión de los estratos.

El Grupo Azulitos está superpuesto e invertido con respecto al Grupo Ceja por una cabalgadura con un rumbo NNW - SSE y echados de 30° hacia el SW, que deformó fuertemente a la base de la Formación Nogalar, en un plegamiento muy cerrado asociado con esquistosidad de fractura en las capas de lutitas. La intensidad de la deformación dentro del Grupo Azulito disminuye a medida que uno se aleja de este contacto mayor.

En el Grupo Ceja, la deformación se expresa por plegamiento menos intenso que ocasionó los sinclinales y anticlinales del Cerro La Ceja. Este plegamiento tiene una dirección NW-SE y sus planos axiales tienen un buzamiento general hacia el SW alcanzando casi los 90° , y es más abierto que el que se presenta en el Grupo Azulitos.

El rumbo general del Grupo Ceja es NW - SE, con echados muy variables, llegando en algunos lugares a ser de 15° SW y en otros verticales; pero se considera un echado promedio de 65° SW para este grupo. El echado general del Grupo Azulitos es de 35° SE en la parte sur de la Sierra Los Azulitos y se hace más fuerte gradualmente hasta alcanzar casi 90° en la parte norte de la misma. El rumbo es NE 15° SW, el cual como se ve, es transversal con respecto al rumbo del Grupo Ceja. En general, por el rumbo y por el buzamiento de la cabalgadura, se puede inferir que esta fase deformante fue producto de esfuerzos de compresión dirigidos en dirección SW - NE. Producto también de esta fase deformante, es el fallamiento inverso que desplaza los ejes del anticlinal y del sinclinal del Cerro La Ceja, al NW del Rancho Mesa Quemada. Esta deformación es posterior al Albiano y anterior al Conglomerado Aguila porque solamente afecta a las rocas sedimentarias del Aptiano-Albiano y no afecta al Conglomerado Aguila (Maestrichtiano).

Una fase de deformación semejante a la aquí descrita ha sido observada por Rangin (1977) y por Córdoba y Rangin (1977)

en estudios geológicos efectuados en otras áreas de Sonora. Rangin (1977), en un estudio estructural de la Región entre Agua Prieta y Naco Sonora, describió una fase de deformación a la que asignó una edad post Albo-Cenomaniana, pre-Maestrichtiana, que afectó a las rocas sedimentarias del Grupo Bisbee (Cretácico Inferior) y a otros estratos paleozoicos. Córdoba y Rangin, cuando describen el esquema tectónico de la organización geológica sonorensis, mencionan una deformación semejante cuando hablan de la fase Mesocretácica del Período Sonorense de Deformación. Según estos autores esta fase se reconoce en Sonora centro septentrional, por plegamiento con orientación WNW - ESE y por los depósitos de molasas continentales (Magdalena y Grupo Cabullona en Agua Prieta) que descansan en discordancia sobre las formaciones deformadas del Cretácico Inferior.

Evento Intrusivo.

Este evento está representado por la intrusión de un cuerpo plutónico de composición granodiorítica, que afectó a las rocas sedimentarias del Cretácico Inferior y debe afectar al Conglomerado Aguila porque este no contiene fragmentos de rocas provenientes del cuerpo intrusivo, y es anterior al volcanismo andesítico por las siguientes evidencias de campo:

(1) aunque en ningún lugar del área se observó discordancia entre las rocas volcánicas y el cuerpo intrusivo, la supuesta discordancia pudo haber sido obliterada por el fallamiento normal que afectó a estos dos eventos; (2) en ningún lugar -

del área las rocas igneas intrusivas afectan directamente a las rocas volcánicas andesíticas. La única relación que se observa entre ellos es por fallamiento normal, y (3) cuando se comparan regionalmente, tanto el evento intrusivo como el evento volcánico, se observa que existe en áreas vecinas a el área de Arizpe un período de intrusión magmática que es anterior al período de volcanismo.

Evento de deformación en Domos.

Esta fase de deformación está caracterizada por movimientos que produjeron combamiento de gran radio de amplitud y que afectaron particularmente a la Formación Alcaparros. En esta formación se observa muy bien el plegamiento en domos a gran escala, el cual está representado por los buzamientos superiores a 45° que dibujan un domo en los lugares donde esta formación rodea a los sedimentos del Cretácico Inferior. La deformación es posterior a los derrames andesíticos de la Formación Alcaparros y anterior al volcanismo ignimbrítico de la Formación Jarilla, y marca la discordancia entre estos dos períodos de volcanismo.

Eventos de Extensión.

Este evento está representado por varias fases de fallamiento normal. La primera está representada por la familia de fallas normales con rumbo NW - SE, que produjo el levantamiento de las rocas sedimentarias del Cretácico Inferior y del cuerpo intrusivo granodiorítico contra las rocas volcánicas de la Formación Alcaparros. Este fallamiento es anterior a el

período de volcanismo ignimbrítico, ya que las fallas están cubiertas por la Formación Jarillas, y posiblemente debe ser un poco más joven que la fase de compresión en domos anteriormente descrita, representando así, un período de extensión que siguió a la fase compresiva que le antecedió. También es posible que este fallamiento haya sido el causante de el evento de volcanismo ignimbrítico al proporcionar zonas de debilidad para su extrusión. Desplazando a esta familia de fallas se observó una falla con rumbo NE - SW que es posible que represente a una familia de fallas oblicua a las anteriores y posiblemente también sea anterior a la Formación Jarillas, no contando con evidencias claras para afirmarlo.

Otra fase de fallamiento normal que afectó a las rocas del área pero cuyas estructuras no se cartografiaron dentro de esta, es la que se observa sobre las tobas de la Formación Jarilla. Esta fase se expresa en una inclinación de estas rocas de unos 25 a 30° hacia las partes exteriores de la zona estudiada, en los lugares donde la formación aflora.

Y una última fase de fallamiento normal que afectó a las rocas del área, pero que tampoco se observa directamente dentro de ella, es la que inclinó contemporaneamente a los derrames basálticos y a la Formación Báucarit. Está expresada esta fase, por una inclinación de las rocas anteriores, de unos 15° hacia el Valle de Arizpe. Fallamiento normal muy fuerte de la Formación Báucarit contra las rocas sedimentarias del Cretácico Inferior se observó en el límite oriental

del Valle de Arizpe, donde las rocas sedimentarias que forman el Cerro Picacho de Arizpe están falladas contra la Formación Báucarit.

VI. GEOLOGIA HISTORICA

Varios eventos geológicos que se han sucedido desde el período Cretácico Temprano hasta el Terciario (figura 2) se describen a continuación. De estos, algunos han sido colocados en sus respectivas edades y a otros se les ha asignado una edad tentativa a falta de evidencias concretas.

1)- Período de sedimentación Cretácico Temprano. Se caracteriza por transgresiones y regresiones marinas, que constituye el primer evento conocido y que dió origen a las rocas sedimentarias que constituyen los Grupos Ceja y Azulitos. Los fósiles encontrados dentro de estas rocas proporcionaron una edad Aptiano Tardío - Albiano Medio para estos grupos y se interpreta que dichos sedimentos fueron formados dentro de cuerpos de agua en ambientes costeros y marinos poco profundos.

En base a que estas formaciones sedimentarias son correlacionables con el Grupo Bisbee (Ransome, 1904) que aflora en el SE de Arizona y NE de Sonora, y también con el Grupo Chihuahuense (Córdoba, 1969), la hipótesis de Hayes (1970) que propone un mar transgresivo desde el Golfo de México hacia el continente durante el Cretácico Temprano, es aceptable para explicar el origen de los sedimentos del área de Arizpe. Según Hayes, durante el Cretácico Temprano (fines del Neocomiano), el SE de Arizona y NE de Sonora permanecieron como áreas positivas que proporcionaron sedimentos hacia el SE, a un mar que avanzaba desde el Golfo de México al norte de Chihuahua. Este mar transgresivo, constituyó a su paso y a su regreso la

llamada Cuenca Chihuahuense (De Ford, 1958; Córdoba y Rangin 1977) que es bien conocida al oeste del Río Bravo y al este de la Sierra Madre Occidental y en su prolongación en Nuevo México y Arizona (Hayes, 1970; Zeller, 1965). Según el mismo Hayes, para el Aptiano Temprano, este mar transgresivo se colocó cerca de Arizona y sedimentos de planicie costera se depositaron en el extremo suroeste de Nuevo México y en el extremo sureste de Arizona, que fueron preservados en las capas inferiores del Grupo Bisbee (entre otras formaciones). El máximo avance del mar hacia el continente según este autor, ocurrió en el Albiano Temprano. Durante el Albiano Medio el mar aparentemente se retiró desde el SE de Arizona y probablemente del W de Sonora. De acuerdo a esto, puede decirse que la prolongación de la Cuenca Chihuahuense llegó hasta Sonora - centro septentrional (Córdoba y Rangin, 1977) cubriendo los lugares donde actualmente se encuentra el área estudiada y depositando sobre esa paleogeografía los sedimentos que actualmente se conocen. A finales del Albiano los mares se retiraron de esta parte del continente, tal vez debido a un levantamiento general de estas áreas, lo cual se deduce por la falta de sedimentos más jóvenes de este tipo.

2)- Fase Mesocretácica de deformación. Esta fase produjo plegamiento fuerte y cabalgamientos en los sedimentos del Cretácico Inferior. Dicho evento es posterior al Albiano pero anterior al depósito de Conglomerado Aguila.

3)- Depósito del Conglomerado Aguila. posterior a la deforma

ción, ocurrió un nuevo período de sedimentación no marina, el cual se supone contemporáneo a la sedimentación del Grupo Cabullona (Taliaferro, 1933). Este evento está representado en el área por el Conglomerado Aguila el cual puede correlacionarse con la base del Grupo Cabullona (Maestrichtiano), y que se encuentra discordante sobre las Formaciones Mesa Quemada y Nogalar pertenecientes al Cretácico Temprano.

4)- Período de intrusión. La intrusión plutónica de un cuerpo granodiorítico que afectó a las rocas sedimentarias del Cretácico Inferior y seguramente al Conglomerado Aguila, ya que este no contiene fragmentos de roca proveniente de dicho intrusivo, produjo en ellos deformación, alteración y mineralización. Dicha alteración y mineralización se observa solamente sobre la Formación El Macho en los lugares donde se encuentra intrusionada directamente por este cuerpo. La edad para este evento intrusivo y mineralizante se supone entre 70 ± 3 y 64 ± 3 m. a. tomando en cuenta otros eventos similares que ocurrieron en áreas cercanas a esta.

5)- Período de Erosión. Ocurrió posterior a los eventos anteriores y antes de el volcanismo terciario.

6)- Volcanismo Andesítico. Este evento inicia el primer período de volcanismo Terciario que ocurrió en el área de estudio. Dicho volcanismo es de tipo andesítico principalmente y está representado por la Formación Alcaparros, que se encuentra discordante sobre el Conglomerado Aguila y sobre las rocas sedimentarias del Cretácico Temprano, y se interpreta --



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA

BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

también como discordante sobre el cuerpo intrusivo de granodiorita.

7)- Deformación en Domos y primer Período de Extensión. Al término de la primera fase de volcanismo, las rocas del área se vieron afectadas por dos períodos de deformación que marcan una discordancia entre las andesitas y la Formación Jarillas. El primero está representado por domos que se observan claramente en la Formación Alcaparros, y el segundo por una familia de fallas normales de rumbo NW-SE que afectó a los eventos anteriores.

8)- Volcanismo Ignimbrítico. La segunda fase de volcanismo es de carácter ignimbrítico y está representado por la Formación Jarillas. Esta secuencia volcánica se encuentra discordante sobre la Formación Alcaparros y sobre la granodiorita, y cubre a las fallas normales de la fase de deformación anterior.

9)- Alteración hidrotermal, Intrusión de diques y segundo período de extensión. Estos eventos ocurrieron en el período posterior al volcanismo ignimbrítico y anterior a la etapa de volcanismo basáltico. Durante este período, las rocas volcánicas pertenecientes a las Formaciones Alcaparros y Jarillas y el cuerpo intrusivo granodiorítico, sufrieron una fuerte alteración hidrotermal. Posterior a esta alteración el área se vió afectada por un último período de intrusión magmática expresada por un enjambre de diques (de rumbo NW-SE), de composición andesítica y andesita basáltica. Otro -

evento que ocurrió durante este período, fue una segunda fase de deformación en extensión que inclinó a las rocas del área, y que se nota muy bien en la Formación Jarillas, la cual está inclinada hacia las partes exteriores del área. Tal vez esta deformación fue producida por fallamiento normal que ocurrió en lugares fuera de la zona de estudio, ya que en ella estas estructuras no se observan. Estas estructuras tienen un rumbo similar a las de extensión de tipo cuencas y sierras, que ocurren desde Utah hasta Sonora, a lo largo de la parte occidental del continente.

10)- Volcanismo Basáltico y sedimentación de la Formación Báucarit. La fase de volcanismo basáltico que se presenta discordante sobre los dos períodos de volcanismo anteriores es uno de los últimos eventos que se conocen en el área. Este volcanismo pudo haber alcanzado la superficie al aprovechar como fisuras de escape los planos de debilidad del fallamiento normal anterior. Contemporáneo con las últimas extrusiones de basaltos, se presentan las primeras manifestaciones de depósito de la Formación Báucarit, como se observa por los derrames basálticos que contiene en su base esta formación. La Formación Báucarit, probablemente fue producto de sedimentación en los valles intermontanos (grabens) formados durante el período de fallamiento normal anterior, que dió origen a las estructuras conocidas como horst y grabens.

11)- Tercer período de extensión. Por último, el área se vio afectada por una tercera fase de deformación que inclinó a -

los derrames basálticos y Formación Báucarit. Esta fase fue marcada por fallamiento normal, como se observa en el límite oriental del Valle de Arizpe.

VII. GEOLOGIA ECONOMICA

En este capítulo se describen, la mineralización y la alteración que se presenta en el área de estudio, donde se pudo observar evidencias de dos períodos diferentes de actividad. El primer período está ligado al plutonismo que dió lugar a los cuerpos mineralizados de la Formación El Macho. El segundo período de alteración hidrotermal, posterior al anterior, afectó fuertemente a las rocas volcánicas de las Formaciones Alcaparros y Jarillas, y pudo estar relacionado con cuerpos intrusivos hipabisales (que no se observan aflorando en el área estudiada), o haber sido ocasionado por fluidos hidrotermales provenientes de la cámara magmática, que dió origen a la granodiorita.

La mineralización y alteración del primer período se observó en la parte centro-norte del área, en los Cerros El Macho y La Cubana. La mineralización ocurre en las capas de caliza, en forma de vetas y de "bolsas", en las zonas de metamorfismo de contacto, y se presenta como azurita, malaquita y óxidos de fierro como hematita. Estos depósitos fueron explotados antiguamente en las minas La Cubana y El Macho, actualmente abandonadas. Localmente la caliza esta marmorizada y silicificada.

Posterior a la Formación Jarillas, el área se vió afectada por una fuerte alteración hidrotermal que se observa claramente en las rocas afectadas ya que presentan coloraciones a rojo, verde y amarillo claro. La alteración se presenta en

las rocas volcánicas en forma de "islas", y no se observó su relación con algún otro evento. Los tipos de alteración que se presentan son propilitización, argilización, silicificación y turmalinización, la cual también fue descrita por Pérez S., (1974).

La propilitización es el tipo de alteración más común sobre los miembros andesíticos y volcanosedimentarios de la Formación Alcaparros, en las tobas de cristales de la Formación Jarillas y en el cuerpo intrusivo granodiorítico. Se caracteriza por la presencia de epidota, clorita y calcita, en donde la clorita se encuentra reemplazando a la biotita y a la hornblenda, la epidota se presenta como granos y también en vetillas, y la calcita ocurre en forma de parches reemplazando a las plagioclasas y a ferromagnesianos. La argilización se presenta en diversos grados de intensidad sobre todos los miembros de las Formaciones Alcaparros y Jarillas en los lugares donde se presenta la alteración. Se nota en mayor grado en las tobas riolíticas y en las rocas volcanoclásticas de la Formación Alcaparros y en la granodiorita y se caracteriza por la presencia de caolinita, montmorillonita y sericita; la cual en parte posiblemente sea de origen supergénético (Pérez S., 1974).

La silicificación, asociada a la alteración argilitica, y la turmalinización ocurren en menor escala. Esta última en la granodiorita, en forma de "soles" diseminados.

La mineralización asociada a esta alteración se presenta

solamente como pirita y óxidos de fierro como hematita. Dichos minerales no aparecen en forma homogénea, sino que se encuentran diseminados en las rocas volcánicas.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

- 1)- Las rocas más antiguas del área de Arizpe pertenecen al Cretácico Temprano, y se interpretan como sedimentos formados por la prolongación de la Cuenca Chihuahuense hacia el continente -- durante la rápida invasión marina que se presentó durante el -- Aptiano - Albiano.
- 2)- Se reconocieron dos grupos litológicos del Cretácico Inferior, denominados Grupo Azulitos y Ceja. Estos grupos representan cambios de facies litológicas dentro de un mismo mar.
- 3)- Existió un período de intrusión plutónica posterior al Cretácico Inferior y anterior al primer período de volcanismo.
- 4)- Se descubrieron tres períodos de volcanismo. El primero de composición andesítica dominante; el segundo de carácter ignimbrítico y el tercero de volcanismo basáltico, separados entre -- sí por discordancias.
- 5)- Se observaron varios estilos tectónicos que corresponden a varias fases de deformación. Estas son: una fase mesocretácica de compresión; una fase de plegamiento en grandes radios de curvatura (domos) posterior al volcanismo andesítico y a la fase de compresión y tres fases de fallamiento en extensión.
- 6)- Se delimitaron dos épocas de mineralización y alteración -- dentro del área: una relacionada al cuerpo intrusivo pre-volcánico y otra posterior al período de volcanismo ignimbrítico y -- anterior al volcanismo basáltico.

Recomendaciones.

- 1)- Se sugiere efectuar más estudios detallados de las rocas del Cretácico Inferior en áreas del sur del Estado de Sonora (Sahuaripa, Tepache, etc.) con el fin de conocer más detalladamente los límites de la prolongación al oeste de la - - Cuenca Chihuahuense.
- 2)- Se deben efectuar más dataciones de los cuerpos intrusivos del estado, para conocer sus relaciones en el tiempo y en el espacio y con los procesos mineralizantes.
- 3)- Deberan llevarse a cabo estudios detallados para clarificar la columna estratigráfica del volcanismo sonorense, lo cual - permitiría correlaciones más acertadas entre distintas áreas.

Lo anterior se sugiere en vista de que al elaborar el - presente trabajo y al consultar bibliografía sobre el Estado de Sonora, se tuvieron muchas limitaciones para asignar una - edad geológica tanto a los eventos intrusivos como a los volcánicos. Por otro lado, sería una gran ayuda para el mejor conocimiento de la geología de Sonora.

A P E N D I C E I

(Descripción petrográfica de las rocas
sedimentarias)

FORMACION TEMPORALES

Muestra No.

C84.- Litarenita feldespática inmadura. Arenisca de grano fino, mal clasificada y de granos angulares.

Presenta granos de cuarzo angulares (40% en volúmen) algunos con extinción ondulante, fragmentos de roca muy alterado (20%), y granos rotos de feldespatos muy alterados a calcita y sericita (10%) en una matriz arcillosa (30%) y con alteración a clorita.

C85.- Arenita volcánica (litarenita) madura, de grano medio, con buena calificación y granos sub angulares.

Contiene abundantes fragmentos de rocas - volcánicas andesita, ignimbríta y una cantidad menor de cuarcita. Aproximadamente un 40% en -- volúmen está constituido de granos de cuarzo, algunos con extinción ondulante y una cantidad menor de feldespatos (ortoclasa, microclina y plagioclasa sódica) poco alterados a sericita. El escaso material cementante son óxidos de - fierro principalmente y cuarzo secundario.

87A.- Arenisca de grano muy fino. Arcosa lítica inmadura, mal clasificada y de granos angulares.

Contiene aproximadamente un 40% en volúmen de feldespatos (ortoclasa y plagioclasa sódica) que están muy alterados a sericita y calcita, granos de cuarzo y fragmentos de rocas volcánicas andesitas muy alteradas a óxidos de fierro, y una abundante matriz arcillosa con alteración a calcita y óxidos de fierro.

C24.- Caliza bioespatítica. Presenta fragmentos de la melibranquios y tubos de anélidos aglutinados, con recrsitalización casi completa en cristales microespatíticos de calcita.

C16.- Caliza biomicrítica. Contiene abundantes fragmentos de foraminíferos y briozoarios difícilmente reconocibles. Se observan varias generaciones de vetillas de calcita, que probablemente indican varias fases de fracturamiento.

C9.- Caliza biomicrítica. Contiene fragmentos de - lamelibranquios, foraminíferos (textularideos)

parcialmente recristalizada en calcita microespatítica.

FORMACION EL MACHO

Muestra No.

- C8.- Caliza biomicrítica. Contiene abundantes fragmentos de foraminíferos (orbitolinas, textularideos en moldes internos), tubos de anélidos, fragmentos de conchas de lamelibranquios, de briozoarios, de placas de equinoideos y de algas y moldes internos de gasterópodos pequeños, en una matriz parcialmente recristalizada en calcita microespatítica.
- 201.- Caliza biomicrítica. Contiene abundantes textularideos y miliolideos de tipo quinqueloculina, fragmentos de rudistas y de placas de equinodermos, y abundantes vetillas de calcita (foto 5).
- 201A.- Caliza biomicrítica. Contiene textularideos, miliolideos y fragmentos de orbitolinas y algas.
- X5.- Caliza biointramicrítica. Contiene abundantes orbitolinas bien conservadas, miliolideos y cantos de lodo micrítico (fotos 10 y 11).

FORMACION MESA QUEMADA

- 205B.- Caliza bioespatítica. contiene abundantes fragmentos redondeados de equinodermos, algas foraminíferos (miliolideos) y oolitas con núcleo de material de origen orgánico de estructura concéntrica. El cementante es espato calizo.
- L4A.- Caliza biointraespatítica. Contiene fragmentos de ostreas con estructura bandeada y pedazos de placas de equinodermos, intraclastos de caliza micrítica algo recristalizados y granos de cuarzo secundario (foto 6).
- 218B.- Caliza biomicrítica. Contiene foraminíferos (miliolideos), espigas y placas de equinodermos, fragmentos de briozoarios y lamelibranquios (foto 7).
- L1A.- Caliza bioespatítica. Presenta abundantes oolitos con núcleo de material de origen orgánico, algunos con estructuras radial y otros con estructura concéntrica y fragmentos de lamelibranquios redondeados y rodeados por una capa de ó-

Muestra No. xidos de fierro (fotos 14 y 15).

- L3.- Arenisca de grano fino. Subarcosa madura, de granos angulares y bien clasificados.
Contiene granos de cuarzo (80% en volúmen), muchos de estos presentan extinción ondulada, granos de feldespato, principalmente ortoclasa, microclina y plagioclasa sódica (12%) alterados a sericita, calcita, y fragmentos de rocas que están muy alteradas a arcillas.
- D5.- Arenisca de grano fino. Litarenita feldespática, de granos subangulares y bien clasificada.
Presenta granos de cuarzo (50% del volúmen), algunos con extinción ondulada, fragmentos de rocas volcánicas de grano fino muy alteradas a arcilla, granos de feldespatos muy alterados a sericita y una abundante matriz arcillosa y algo de óxidos de fierro.

FORMACION NOGALAR

- H2.- Arenisca de grano fino. Arcosa lítica madura, de granos angulosos y bien clasificados.
Contiene granos de cuarzo anguloso, algunos con extinción ondulante, y granos de feldespatos (ortoclasa y plagioclasa sódicas) que presentan poca alteración a sericita. Una cuarta parte del volúmen lo constituyen fragmentos de rocas (se reconocen algunos de composición andesítica) de grano fino, algo alterados a óxidos de fierro. El escaso cementante son óxidos de fierro y cuarzo secundario.
- F15.- Arenisca de grano fino. Arcosa inmadura, de granos subangulares y bien clasificados.
Contiene una abundante matriz arcillosa que presenta alteración a calcita, al igual que los granos de feldespatos y óxidos de fierro de alteración.
- D8.- Caliza bioespatítica. Contiene fragmentos de lamelibranquios en una matriz de espato calizo invadido por óxidos de fierro.
- H3.- Bioesparrudita arenosa. Presenta una matriz de espato calizo con fragmentos de pelecípodos. Contiene también granos de cuarzo y feldespatos subredondeados y bien clasificados.
- H5.- Caliza biointraespatítica. Presenta intraclastos

Muestra No. de matriz micrítica con abundante microfauna de foraminíferos (textularideos, foto 8), y fragmentos de gasterópodos y pelecípodos (foto 9) en una matriz de espato calizo y de cristales de dolomita con estructura de zoneamiento de óxidos de hierro (foto 12).

F8.- Caliza micrítica. Contiene fragmentos recristalizados de microfauna que son indeterminables.

F6.- Caliza biomicrítica. Contiene foraminíferos mal conservados que presentan enrollamiento espiral y otros con enrollamiento planiespiral y fragmentos de equinodermos y granos de cuarzo secundario.

F5.- Arenisca de grano fino, Arcosa feldespática inmadura, de granos subangulares y bien clasificados. Contiene cuarzo y feldespatos alterados a arcillas y calcita más o menos en la misma proporción, fragmentos de rocas volcánicas de grano muy fino (15% en volumen) y una abundante matriz arcillosa.

FORMACION SAHUARO

M2.- Caliza recristalizada.

F31.- Caliza microespatítica. Presenta grandes manchas de calcita espatítica de recristalización.

F3.- Caliza bioespatítica. Se observa numerosos textularideos, miliolideos y otros foraminíferos con enrollamiento planiespiral, fragmentos de placas de equinodermos y de algas, y grandes placas de calcita secundaria.

F1.- Caliza biomicrítica. Contiene numerosos textularideos, miliolideos, orbitolinideos y fragmentos -- bien redondeados de lamelibranquios.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

A P E N D I C E I I

(Edad de cuerpos intrusivos cercanos
al área de estudio).

1.- Intrusivo granodiorita, a 13 kms al sur de Nacoziari, Sonora con una edad de 70 ± 3 m. a. (Anderson, 1977).

2.- Intrusivo que forma la Sierra La Oposura, localizada a 25 kms al NE de Moctezuma Sonora, con una edad de 69 ± 3 m. a. (Anderson, 1977).

3.- Intrusivo granitico, a 22 kms al oriente de Cananea, Sonora, con una edad de 69 ± 3 m. a. (Anderson, 1977).

4.- Batolito de Aconchi, una muestra colectada a 8 kms al noreste de Ures Sonora, con una edad de 64 ± 3 m. a. -- (Anderson, 1977).



EL SABER DE MIS HIJOS
PARA MI GRANDEZA

BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

B I B L I O G R A F I A

- ANDERSON, T., 1977, Curso de geología de Sonora y México: - Impartido en el departamento de Geología de - la Universidad de Sonora, durante Febrero-Ju- nio de 1977. No publicado.
- BERCHENBRITER, D. K., 1976, Geology of La Caridad Fault: Un- published M. S. Thesis, The University of Iowa 102 p.
- CORDOBA, D. A. 1969, Mesozoic stratigraphy of northeastern Chihuahua (México) in the border region: New Mexico Geol. Soc. Guidebook, 20th. Field Conf., p. 91 - 96.
- CORDOBA, D. A. y RANGIN C., 1977, Extensión de la Cuenca Chi- huahuense en Sonora septentrional y sus defor- maciones: Resumen III Cong. Latinoamericano de Geología, Acapulco, p. 114. Próxima publica- ción en el boletín del Instituto de Geología UNAM.
- DE FORD, R. K., 1958, Cretaceous plataform and geosyncline, Culberson and Hudspeth Counties, Trans Pecos, Texas: Guidebook Field Trip, Soc. Econ. Pal- eont. and Miner., Permian section.
- FOLK, R. L., 1969, Petrología de las rocas sedimentarias. E- ditado por la Universidad Autónoma de México. México, D. F. 405 p.
- GASTIL, R. y KRUMMENACHER D., 1974, Geology of the Tiburón - Island and the Sonoran Coast between Punta Lo- bos and Bahía Kino: Geol. Soc. America, Abs- tract with programs, v. 6 n° 3, p. 180 - 181.
- HAYES, P. T., 1970: Cretaceous paleogeography of southeast- ern Arizona and adjacent areas. U. S. Geol. - Survey, Prof. Paper 658, 42 p.
- KING, R. E., 1939, Geological reconnaissance in northern Sie- rra Madre Occidental of Mexico: Bull. Geol. - Soc. Amer., v. 50, n° 11, p. 1625 - 1722.
- LIVINGSTON, D. E., 1973, Geology, K - Ar ages and Sr. isoto- py at La Caridad, Nacozari District, Sonora, - México: Dept. of Geosciences, University of A- rizona. C. 80.
- MC ANULTY, W., 1970, Geology of northern Nacozari District, Sonora, Mexico: Unpublished Ph. D. Thesis, The

University of New Mexico, 78 p.

- PEREZ SEGURA, E., 1974, Mineralización del prospecto Lumbre, Municipio de Arizpe, Sonora: Reporte privado, Compañía Asarco Mexicana, S. A., 22 p.
- PETTIJOHN, F. J., 1963, Rocas sedimentarias: Ed. Universitaria, Buenos Aires, Argentina, 731 p.
- RAISZ, E., 1959, Landforms of Mexico: Geography Branch of the Office of Naval Research, mapa escala 1:3,000 000 (aprox.).
- RANGIN, C., 1977, Sobre la presencia del Jurásico Superior con amonitas en Sonora septentrional: Bol. Inst. de Geología, UNAM, vol. 1, no. 1, p. 1 - 4.
- RANGIN, C., 1977, Tectónicas sobrepuestas en Sonora septentrional: Bol. Inst. Geología UNAM, vol. 1, no. 1, p. 44 - 47.
- RANSOME, F. L., 1904, Description of the Bisbee quadrangle, Arizona: U. S. Geol. Survey. Prof. paper 21 168 p.
- REVISTA CLIMAS, del Instituto de Geografía UNAM, Precipitación de la lluvia en la República Mexicana y su evaluación (Sonora), 1977. Publicado por la DETENAL.
- ROLDAN, Q. J., 1976, Geology and mineralization of the San Felipe Mining District, Sonora, México: Unpublished M. S. Thesis, The University Of Iowa, 120 p.
- SALAS, G. A., 1968, Areal geology and petrology of igneous rocks Santa Ana Quadrangle, Sonora, México: Bol. Soc. Geol. Mex., v. 31, p. 1 - 64.
- TALIAFERRO, N. L., 1933, An occurrence of Upper Cretaceous sediments in northern Sonora, México: Jour. Geol. v. 41, p. 12 - 37.
- VALENTINE, W. G., 1936, Geology of the Cananea Mountains, Sonora, México: Geol. Soc. America Bull., v. 47, p. 53 - 86.
- WILLIAMS H., TURNER F. J., y GILBERT C. M., 1968, Petrografía introducción al estudio de rocas en secciones delgadas. México, CECSA. 430 p.
- ZELLER, R. A., 1965, Stratigraphy of the Big Hatchet Mountains area: New Mexico Bur. Mines and Min. Resources Mem. 16, 128 p.

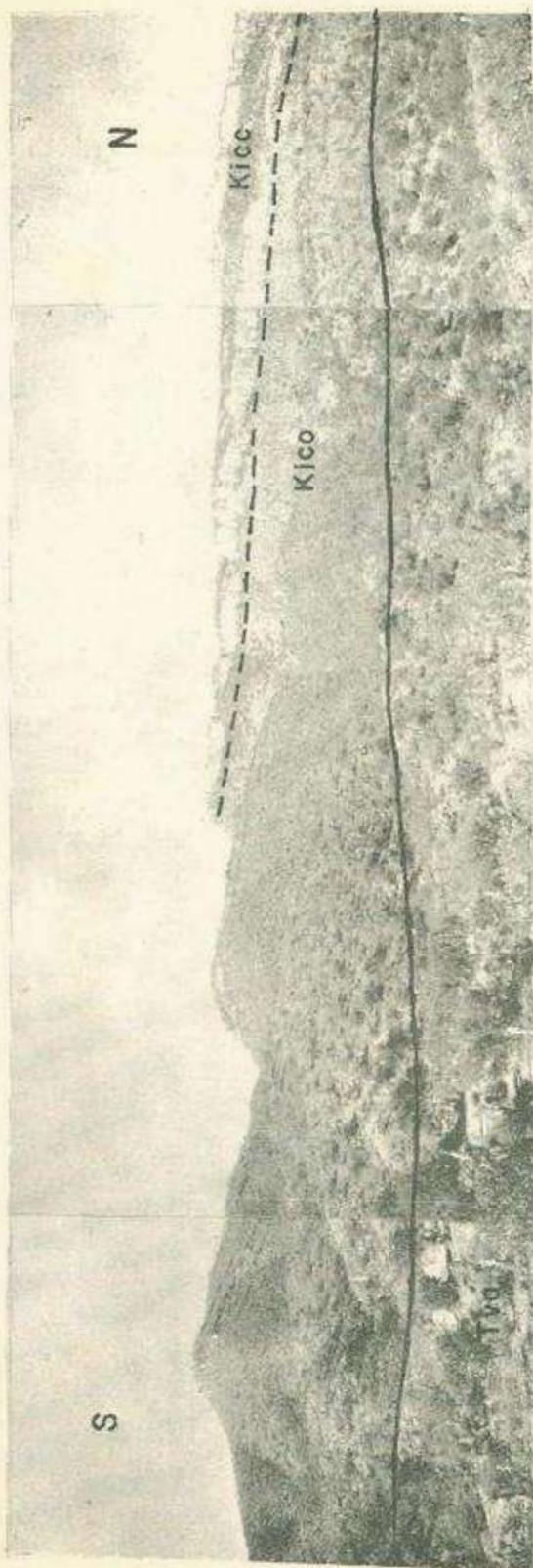


Foto 1.- Vista panorámica hacia el Oeste, del flanco oriental del Cerro de La Ceja.
 Kico = Formación Ceja Oriental; Kicc = Formación Caliza Ceja; Tva = Formación Alcaparros; La línea discontinua indica contacto normal entre dos formaciones y línea continua indica falla normal.

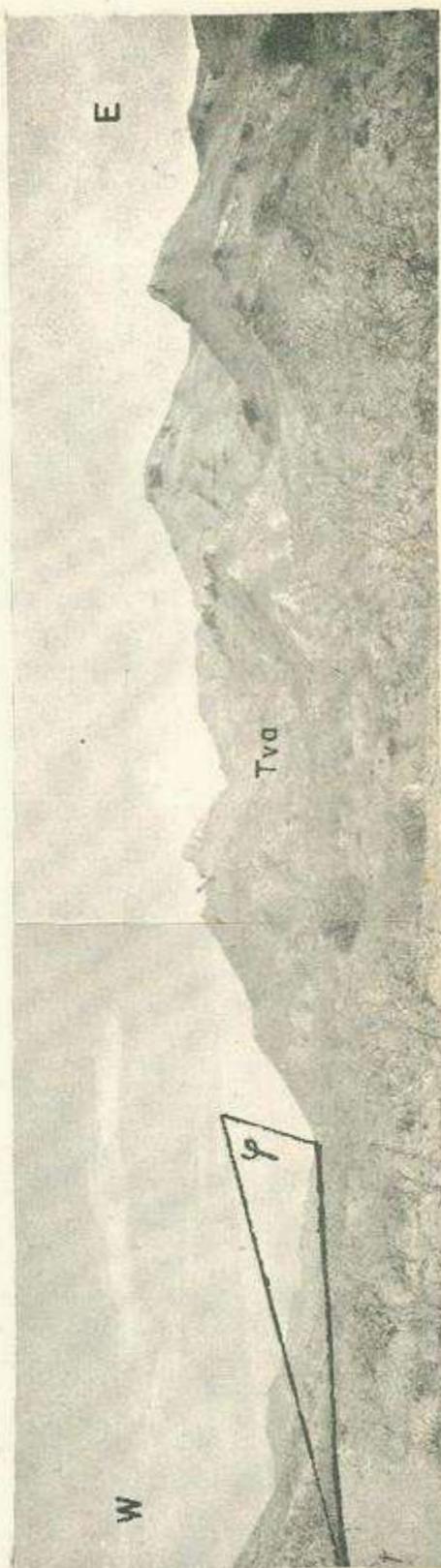


Foto.2.- Vista panorámica hacia el Norte, del flanco sur del Cerro La Nariz.
 Tva = Formación Alcaparros; φ = Plano de falla normal

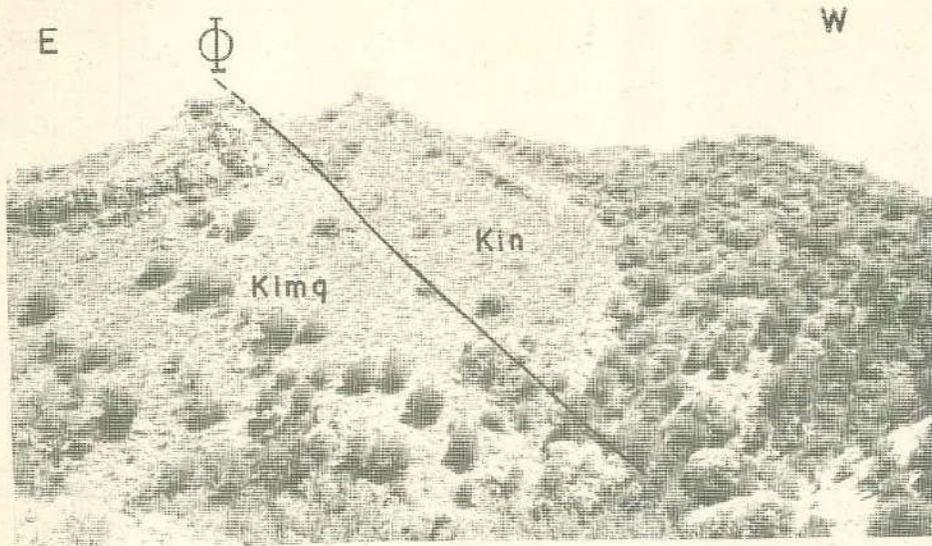


Foto 3.- Cabalgadura de la Formación El Nogalar
sobre la Formación Mesa Quemada. Observada
en el Cordon de Enmedio
Kmq = Formación Mesa Quemada
Kin = Formación El Nogalar.

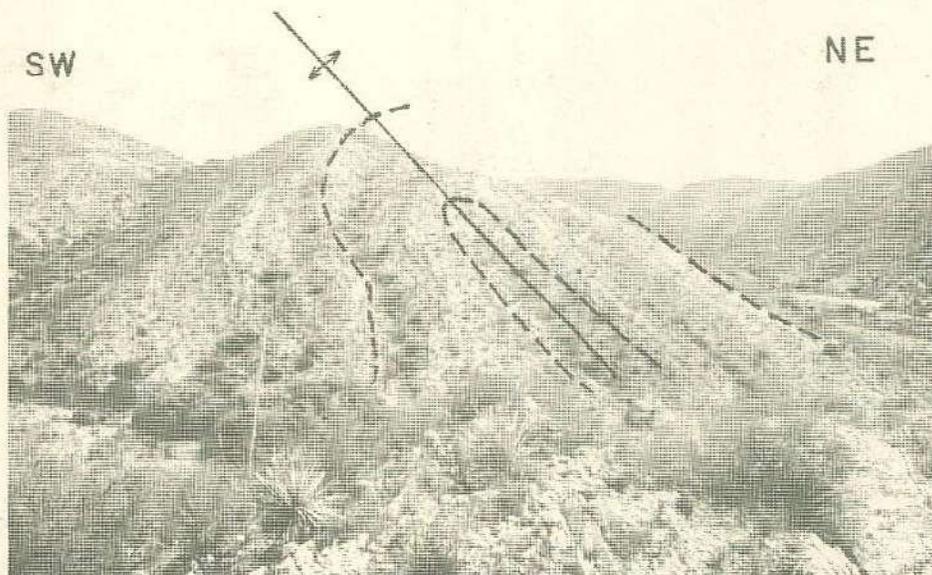


Foto 4.- Pliegue recostado hacia el SW afectando la
Formación El Nogalar

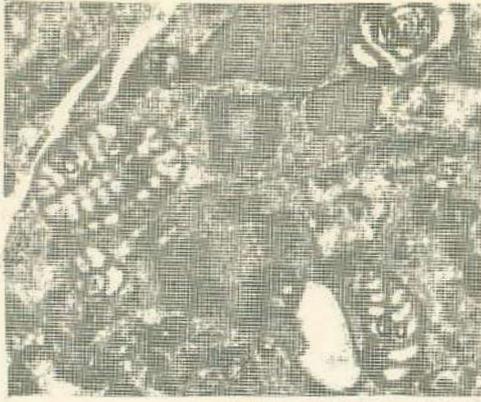


Foto 5.- (X 300)

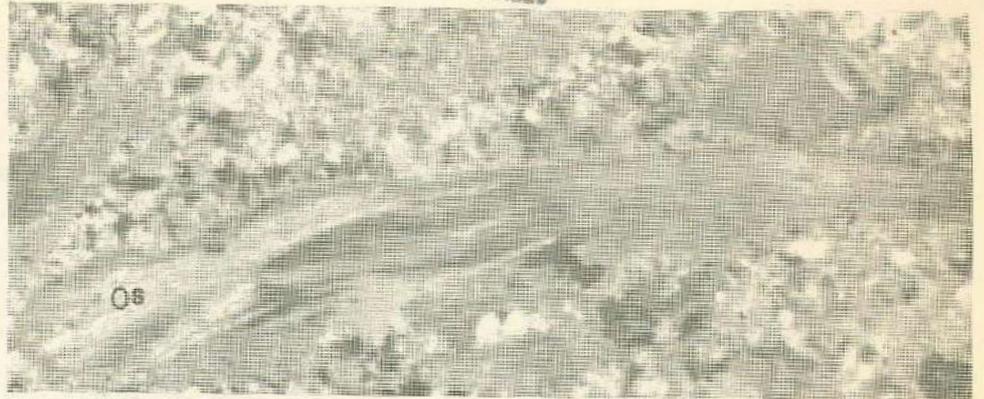


Foto 6.- (X 300) L.N.

Te= Textularideos

Mi= Miliolideos

Or= Orbitolina sp

Cu= Cuneolina sp

Os= Fragmento de ostrea que presenta estructura en llamas.

Eq= Corte transversal de una espina de equinodermo

Ga= Corte transversal de un gasterópodo

LN= Luz Normal

LP= Nícoles Cruzados.



Foto 7.- (X 750) L.P.

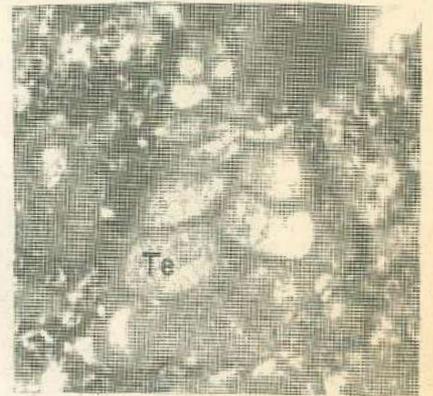


Foto 8.- (X 750) L.N.

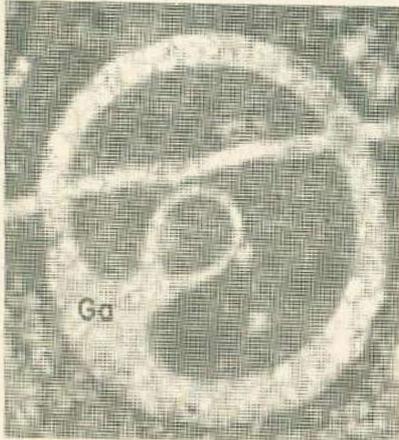


Foto 9.- (X 750) L.N.

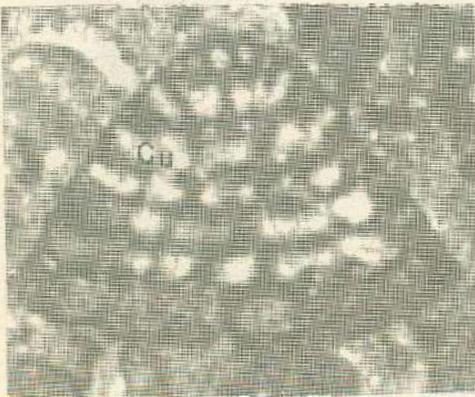


Foto 10.- (X 750) L.N.

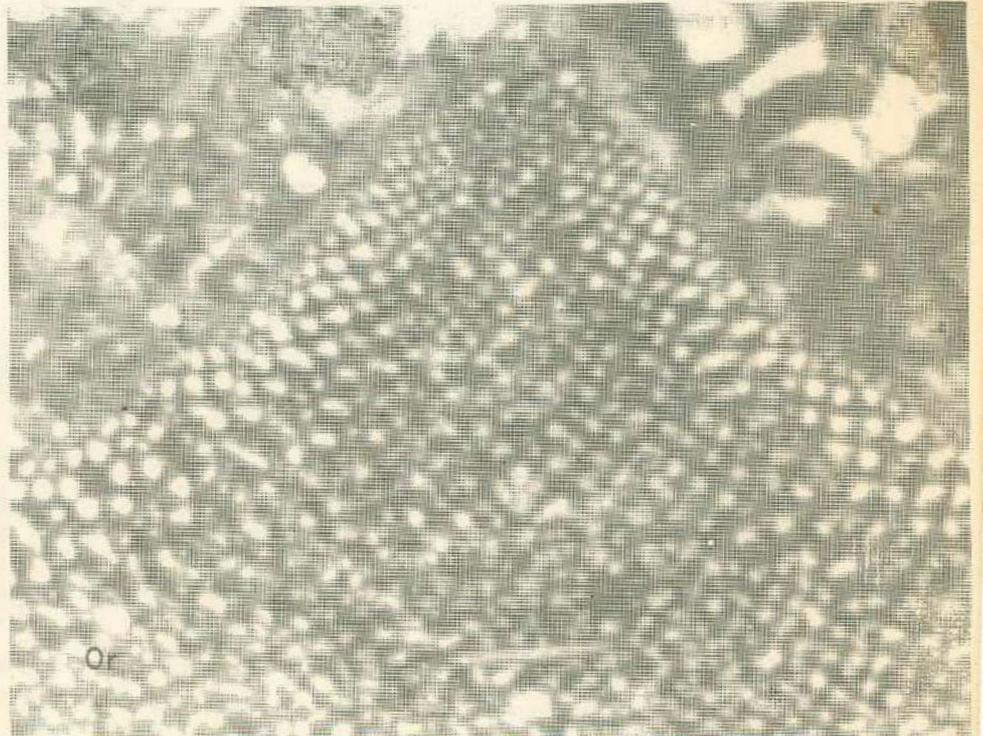


Foto 11.- (X 300) L.N.



Foto 12.- (X1900) L.P.
 Cristales de dolomita con
 estructura de Zoneamiento
 de óxidos de fierro.
 L.P. = Nícoles Cruzados
 L.P. = Luz Normal

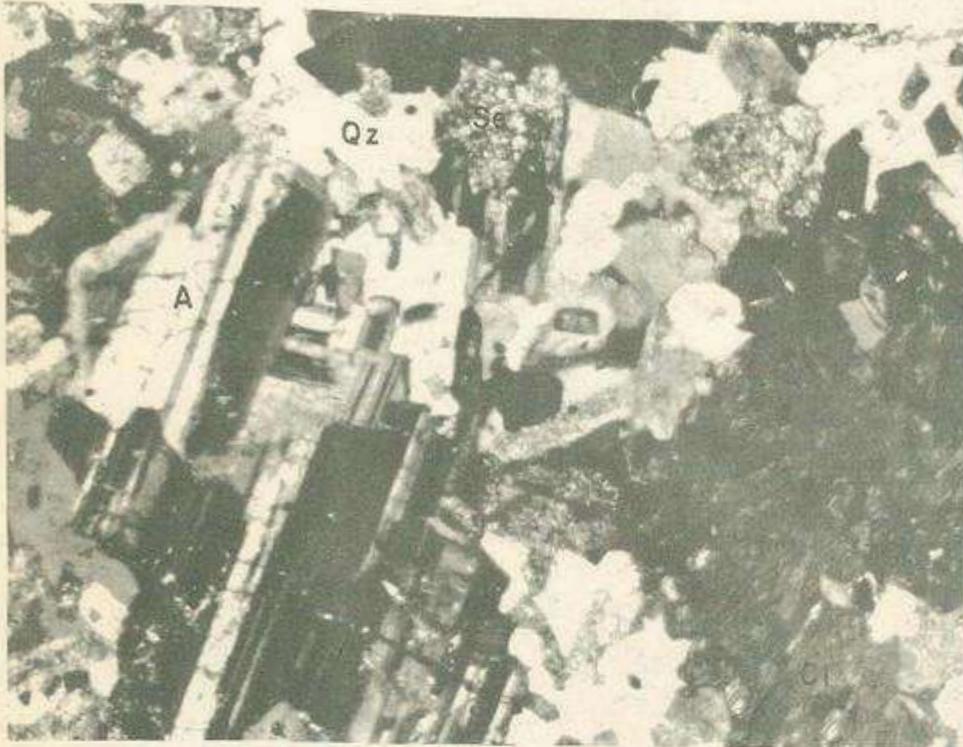


Foto 13.- (X 300) L.P.
 Granodiorita.
 Textura hipidiomorfica
 granular
 Andesina (A).
 Cuarzo (Qz). Biotita
 alterada a Clorita (Cl).
 Presenta alteración a
 Sericita (Se) y en menor
 grado a Calcita.
 Nícoles Cruzados.

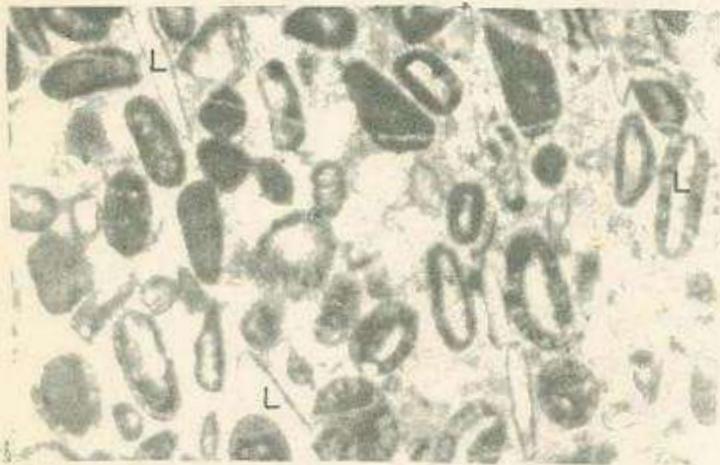


Foto 14.- Oolitas de estructura Concentrica
 y fragmentos de lamelibranquios (L)
 alargados y rodeados por una Capa de
 óxidos de fierro.
 (X 300) L.P.



Foto 15.- Detalle de una Oolita de
 estructura concentrica y
 nucleo de espato calizo.
 (X750)L.P.



Foto 16 (X 300) L.P.
 Andesita porfidica.
 Textura pilotaxitica.
 Plagioclasa andesina (A)
 alteradas a sericita y
 calcita. Matriz de microlitos
 de plagioclasa.
 Parches de Calcita (Ca)
 reemplazando a otros minerales.
 L.P. = Nicolas Cruzados.



Foto 17.-(X300) L.P.
 Andesita de hornblenda.
 Textura porfidica.
 Plagioclasa andesina (A).
 Fenocristales de hornblenda (H)
 alterada a óxidos de fierro.
 Matriz de microlitos de
 plagioclasa.



200
150
100
50



