

UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISION DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



**BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES**

"GEOLOGIA DE LA HOJA TONIBABI, H12D15"

TESIS

Que para obtener el título de:

GEOLOGO



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA

**BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES**

Presenta



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Facultad de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

FRANCISCO JAVIER QUINTANAR RUIZ

**BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA**

Hermosillo, Sonora.

Mayo de 1995.

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

UNIVERSIDAD DE SONORA

Hermosillo, Sonora.

TEL. 59-21-10
FAX. 59-21-11



DIVISION DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Departamento de Geología

28 de Marzo de 1995

DR. GUILLERMO A. SALAS P.
Jefe del Depto. de Geología
Universidad de Sonora
P r e s e n t e

Por este conducto nos permitimos someter a su consideración el tema de Tesis intitulada " GEOLOGIA DE LA HOJA TONIBABI, H12D15 ", elaborada por FRANCISCO JAVIER QUINTANAR RUIZ, misma que será presentada como un requisito exigido para la obtención del título profesional de Geólogo.

Dentro de los temas generales, contenidos y discutidos en la presente disertación, se incluyen:

- I.- GENERALIDADES
- II.- FISIOGRAFIA
- III.- GEOLOGIA REGIONAL
- IV.- ESTRATIGRAFIA
- V.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL
- VI.- GEOLOGIA HISTORICA
- VII.- GEOLOGIA ECONOMICA
- VIII.- CONCLUSIONES

Sin otro particular y agradeciendo de antemano sus atenciones y aprobación de la presente solicitud, solo nos resta expresarle nuestras consideraciones.

A T E N T A M E N T E

M.C. Jaime Roldán Q.

Ing. Ricardo Amaya M.

Directores de la Tesis

UNIVERSIDAD DE SONORA

Hermosillo, Sonora.

TEL. 59-21-10

FAX. 59-21-11



DIVISION DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Departamento de Geología

Marzo 30, 1995.

ING. RICARDO AMAYA MARTINEZ

Director de Tesis
Departamento de Geología
Universidad de Sonora
Presente

Por este conducto le comunico a Usted que ha sido aprobado el tema de tesis propuesto por usted, intitulado:

"GEOLOGIA DE LA HOJA TONIBABI, H12D15"

Esto es con el fin de que el alumno: **FRANCISCO JAVIER QUINTANAR RUIZ**, pueda presentar su examen profesional, para obtener el título de Geólogo. Asimismo le notifico que han sido asignados los siguientes sinodales:

M.C. JAIME ROLDAN QUINTANA
ING. RICARDO AMAYA MARTINEZ
GEOL. JUAN RAMON GONZALEZ SANDOVAL

Sin otro en particular, quedo de Usted.


ATENTAMENTE
"EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA"

DR. GUILLERMO A. SALAS PIZA
Jefe de Departamento

C.c.p. Interesado
Archivo

GASP*ag

CONTENIDO

RESUMEN.

I. INTRODUCCION

LOCALIZACION	1
VIAS DE COMUNICACION	1
TRABAJOS PREVIOS	1
OBJETIVO DEL TRABAJO	5
METODOLOGIA DE TRABAJO	5
AGRADECIMIENTOS	7

II. GENERALIDADES

CLIMA, FLORA Y FAUNA	8
FISIOGRAFIA, GEOMORFOLOGIA E HIDROGRAFIA	9

III. GEOLOGIA

GEOLOGIA REGIONAL DE SONORA CENTRAL	13	
GEOLOGIA DE LA HOJA TONIBABI	20	
MESOZOICO (CRETACICO)		
a) UNIDAD AGUA MARIA	20	
b) UNIDAD EL SAUZ	25	
CENOZOICO		
a) FORMACION MOCTEZUMA	30	
b) FORMACION BAUCARIT	34	
c) CENOZOICO CONTINENTAL INDIFERENCIADO	36	
d) BASALTOS CUATERNARIOS	38	
e) BATOLITO DE OPOSURA	41	
TECTONICA Y GEOLOGIA ESTRUCTURAL		46
GEOLOGIA HISTORICA		50
PALEOZOICO		
MESOZOICO		
CENOZOICO		

IV. GEOLOGIA ECONOMICA

-MINERALIZACION ASOCIADA AL INTRUSIVO MISMO	56
-MINERALIZACION TIPO SKARN	57
-ROCAS VOLCANICAS CON MINERALIZACION ASOCIADA AL EMPLAZAMIENTO DEL BATOLITO DE OPOSURA.	58

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	61

BIBLIOGRAFIA



DEDICATORIA

- A MIS PADRES Y HERMANOS

- A MIS MAESTROS Y COMPAÑEROS DE ESTUDIO

- A MIS FAMILIARES Y AMIGOS

- AL DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA DE LA UNIV. DE SONORA

-ESPECIALMENTE PARA LA SEÑORITA NORMA LETICIA PAZ M.

BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA

RELACION DE FIGURAS

- Fig. 1.- Plano de localización Hoja Tonibabi
- Fig. 2.- Plano de vías de comunicación
- Fig. 3.- Provincias fisiográficas del noroeste de México.
- Fig. 4.- Provincias geológicas de México
- Fig. 5.- Plano de geología regional de Sonora central
- Fig. 6.- Columna estratigráfica de la Hoja Tonibabi
- Fig. 7.-Bloques diagramáticos generalizados de eventos estructurales y geomorfológicos de la región de la Sierra de Oposura, Estado de Sonora.
- Fig. 8.- Columna estratigráfica de la Unidad Agua Marfa.
- Fig. 9.- Localidades de rocas volcánicas andesíticas de posible edad Cretácica con intercalaciones de rocas sedimentarias.
- Fig. 10.-Sección Las Tierritas (Formación Moctezuma).
- Fig. 11.-Campos basálticos Plio-Cuaternarios estudiados en Sonora.
- Fig. 12.-Edades de rocas intrusivas del Complejo Batolítico Larámide de Sonora y rocas volcánicas asociadas, en la región central de Sonora.
- Fig. 13.-Rumbos principales de los diques pegmatíticos, aplíticos y andesíticos en el Batolito de Oposura.
- Fig. 14.-Mapa paleogeográfico del Cretácico Inferior.
- Fig.15.-Esquema paleogeográfico durante el Cretácico Tardío-Terciario temprano

SE ANEXA PLANO GEOLÓGICO.

RESUMEN

Las rocas más antiguas que afloran en la hoja Tonibabi (H12D15) pertenecen a una secuencia sedimentaria (Unidad Agua María) compuesta por calizas, calcarenitas, lutitas; y que hacia la parte superior de la secuencia presenta tobas riolíticas de grano fino con intercalaciones de calizas. Esta secuencia es considerada de edad Cretácico Temprano por simple correlación con rocas que presentan características litológicas similares que afloran en áreas cercanas a ésta, aunque solo en el noroeste de Sonora han sido reportadas rocas volcánicas del Cretácico Temprano (Jacques, 1990). Otros afloramientos más pequeños se encuentran como techos colgantes en el Batolito de Oposura, los cuales debido a la ausencia de fósiles no es posible asignarles una edad real, por lo que se deja abierta la opción a que sean rocas paleozoicas correlacionables con las secuencias sedimentarias que se encuentran como techos colgantes sobre el Batolito de Aconchi, a las que se les asigna una edad Pérmico (?) Peabody (1979)

Cubriendo discordantemente a la unidad Agua María aflora una secuencia volcanosedimentaria (Unidad El Sauz) que hacia la base está compuesta por intercalaciones de tobas, flujos y aglomerados con una composición andesítica-dacítica, mientras que hacia la parte superior presenta intercalaciones de niveles sedimentarios. A esta secuencia se le asigna tentativamente una edad Cretácico Superior- Paleogeno.

Afectando a las unidades anteriores se presentan unas rocas graníticas de edad Terciario temprano (Batolito de Oposura), sobre las cuales se depositaron rocas volcánicas cuya composición varía de andesita-dacita, con intercalaciones de areniscas tobáceas y conglomerados, así como también tobas riolíticas (Formación Moctezuma), las cuales cubrieron de manera discordante a la Unidad El Sauz. Al mismo tiempo que se depositaba esta secuencia volcánica de edad Oligoceno-Mioceno, se llevaba a cabo el emplazamiento de un stock cuarzomonzonítico, que afectó a la parte inferior de esta secuencia.

La Formación Báucarit se presenta rellenando cuencas y sobreyace discordantemente a las rocas volcánicas terciarias, la cubren igualmente terrazas del Cuaternario constituidas por gravas y arenas no consolidadas, las cuales son cubiertas por basaltos y aluvión del Cuaternario.

BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA

I. INTRODUCCION.

LOCALIZACION

El área de estudio se encuentra ubicada en la porción centro-oriental de Sonora, México; aproximadamente 150 Km en línea recta al noreste de Hermosillo y sus límites geográficos quedan comprendidos entre las siguientes coordenadas:

29°45'-30°00' latitud norte
109°20'-109°40' longitud oeste

El área tiene una extensión aproximada de 896 Km² (Fig. 1) coincidiendo con la hoja topográfica TONIBABI (H12D15) publicada por INEGI a escala 1:50,000. El poblado de Moctezuma se localiza a 4 Km al poniente de la esquina suroeste del área de estudio.

VIAS DE COMUNICACION

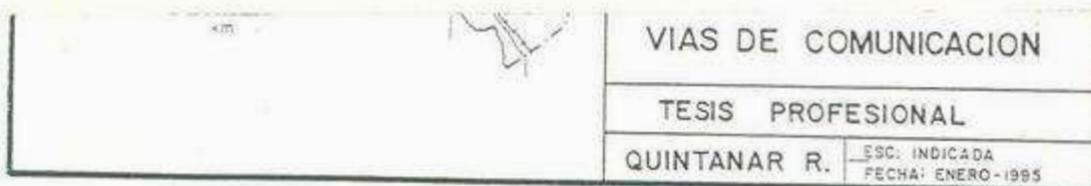
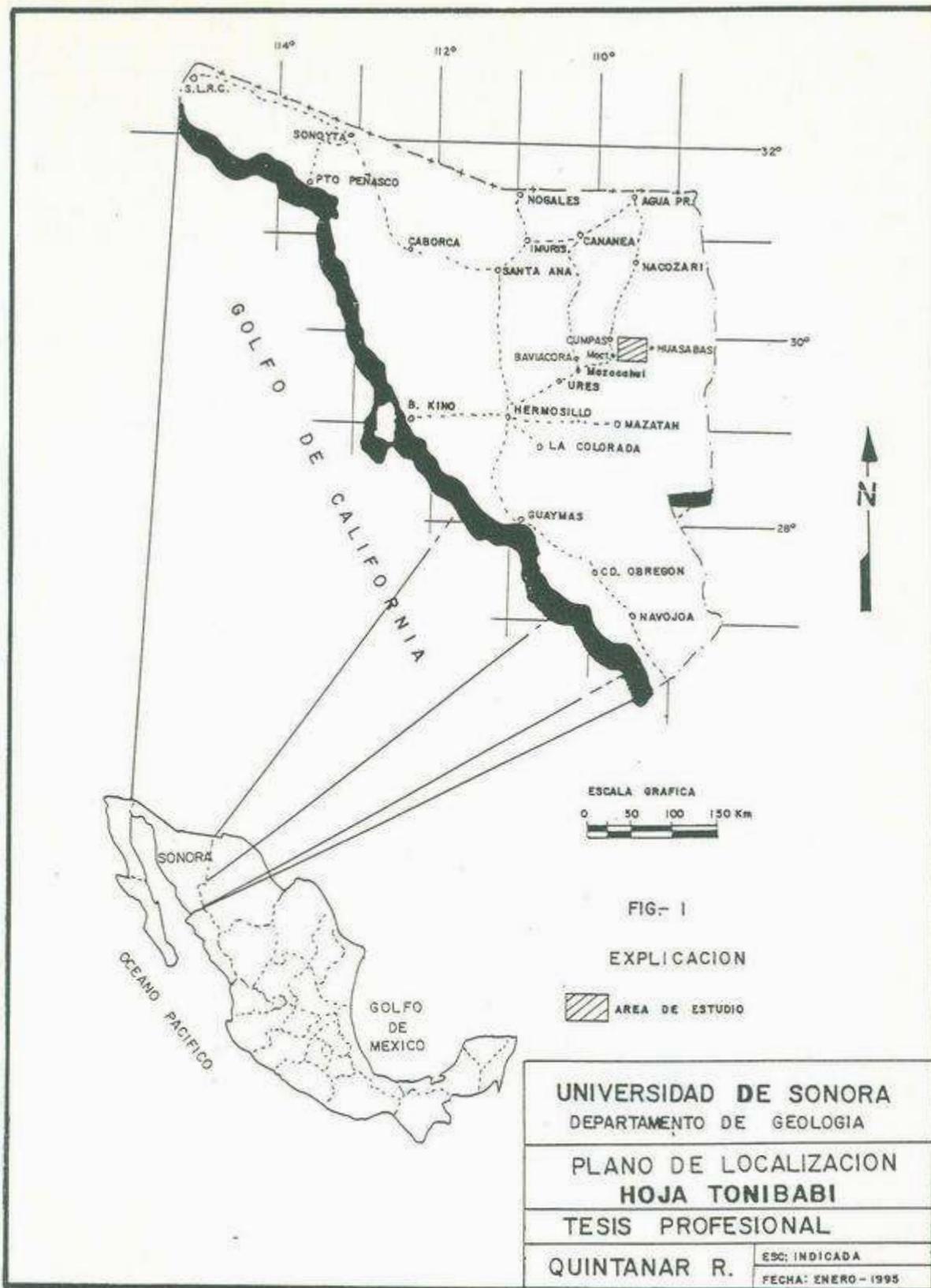
El acceso al área de estudio es la Carretera Federal numero 14 que inicia en la ciudad de Hermosillo y termina en la ciudad de Agua Prieta, comunicando las poblaciones de Ures, Mazocahui, Moctezuma, Cumpas, Nacoziari y Fronteras, entre otras. Al llegar a Moctezuma, se toma la carretera estatal numero 21 que comunica al municipio de Moctezuma con las poblaciones del Valle de Huásabas y de la sierra; a la altura del Km. 4 de esta carretera llegamos al extremo suroeste del área de estudio (Fig. 2).

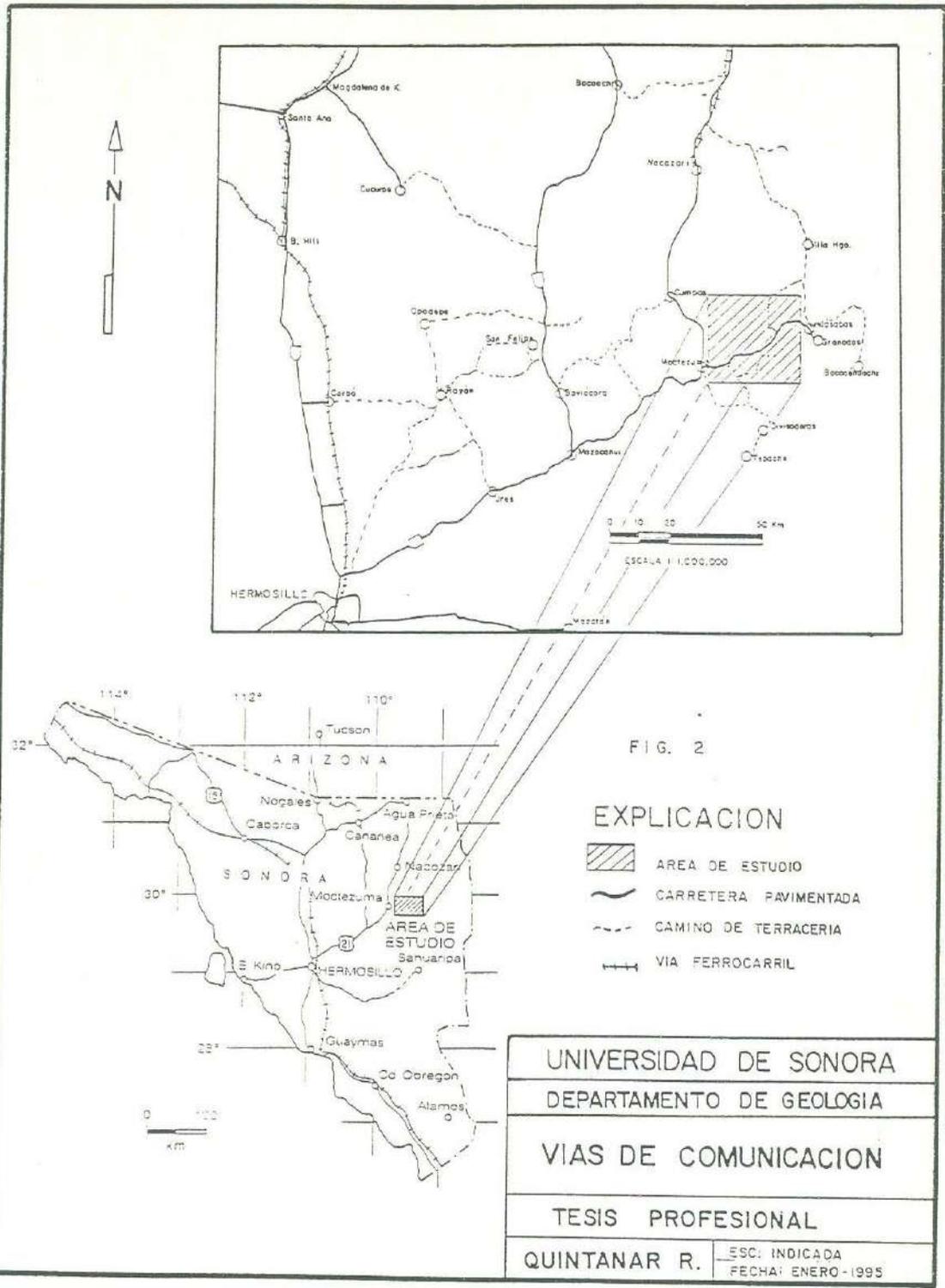
Existen además algunos caminos de terracería que comunican a la mayoría de los ranchos comprendidos dentro del área de estudio. Gran parte de estos caminos se encuentran en buenas condiciones, aunque en época de lluvias no se pueden transitar algunos de ellos.

TRABAJOS PREVIOS

En la porción centro-oriental del estado de Sonora se han realizado varios estudios relacionados con diversos aspectos de la geología. Estos trabajos varían desde una simple cartografía para prospección minera, hasta investigaciones muy especializadas y de detalle; cuyos objetivos han sido enfocados a la determinación de las características estratigráficas, estructurales o económicas presentes en las diferentes unidades litológicas que afloran en esta área.

A continuación se hace una relación de los estudios realizados dentro del área de estudio y se describen de una forma muy general:





Aguilera y otros (1896), publicaron los resultados de sus reconocimientos geológicos en varias partes de la República Mexicana. Ellos hacen una descripción somera de las secuencias de rocas observadas en los itinerarios de Moctezuma a Oputo y de Cumpas a Moctezuma, llegando a suponer edades a algunas de ellas. Este es uno de los primeros estudios geológicos sobre esta región. Flores (1929), llevó a cabo un reconocimiento general en la región central del estado de Sonora, entre Nogales y Guaymas. Detalla las características geológicas y mineralógicas de varias localidades. Santillán (1936), en el XVI Congreso Geológico Internacional de Washington D.C. reporta algunos yacimientos minerales de berilo que están contenidos en las pegmatitas de la Sierra de Oposura, también conocida como Sierra La Madera; él consideró que algunos de estos yacimientos podrían explotarse debido a las condiciones geológicas y mineralógicas de estas pegmatitas. Además describe en una forma muy general las rocas presentes en la localidad y analiza las condiciones propias de los yacimientos, haciendo un cálculo aproximado de las reservas existentes de berilo. Garza (1960), elabora una disertación sobre los yacimientos de berilo en la Sierra de Oposura (La Madera), municipio de Moctezuma, Hoja Tonibabi. Hace una descripción de las características de estos depósitos incluyendo su mineralogía, estructura y génesis. Damon y otros (1983), definen el Batolito Larámide de Sonora y le asignan un rango de edad entre 90 y 40 Ma, dos edades isotópicas para el Batolito de Oposura están publicadas en este trabajo. Paz (1985 y 1987), estudia la geología de los campos basálticos Cuaternarios de Moctezuma, analiza las características químicas y petrológicas de estas rocas. Finalmente Roldán (1994), realiza un estudio regional en la Hoja Tonibabi, porción sur de la Sierra de Oposura; el objetivo de este trabajo está enfocado al batolito que constituye el núcleo principal de esta sierra.

Existen otros trabajos realizados en áreas vecinas que se considera importante mencionarlos en este trabajo:

Solano (1970), en su tesis profesional describe y detalla las particularidades geológicas y estructurales en las minas y prospectos ubicados dentro del Distrito Minero Lampazos, ubicado 55 Km al sureste del área que aquí se describe. Este distrito minero también ha sido objeto de estudios meramente científicos enfocados a las relaciones estratigráficas y estructurales de las secuencias sedimentarias del Cretácico inferior que afloran en esta área. Estas investigaciones han sido llevadas a cabo por Bartolini y Herrera (1983), González (1988), Scott y González (1991). En esta área se han identificado siete formaciones del Cretácico Inferior (Albiano-Aptiano) con un espesor de 2500 m.

En el área localizada al oeste y suroeste del municipio de Moctezuma aflora una secuencia de rocas volcánicas con intercalaciones lenticulares de rocas sedimentarias. Esta secuencia ha sido objeto de varios estudios, algunos enfocados a los yacimientos

BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA

minerales contenidos en ella, mientras que otros tratan sobre las relaciones estratigráficas entre las diferentes unidades que forman esta secuencia. Los estudios enfocados hacia los yacimientos minerales fueron llevados a cabo en la Mina Oposura (también llamada Arenillas) localizada 15 Km al suroeste de Moctezuma. Estos trabajos fueron hechos por Marrs (1979), Marrs y Guilbert (1981), Deen (1983), Deen y Atkinson (1988); estos estudios tratan lo concerniente a las características geológicas, mineralógicas, estructurales y ambiente de depósito de este yacimiento de sulfuros masivos. Gayón (1989) en su tesis de licenciatura realiza un estudio estratigráfico a detalle de una secuencia volcánica localizada inmediatamente al noroeste de Moctezuma.

Además de estos trabajos existen otros como el que llevaron a cabo Bárcenas y Cendejas (1976), el cual trata sobre la evaluación geológica y viabilidad económica del pórfido cuprífero El Transvaal, localizado en la Hoja Cumpas (H12D14). Bojórquez y Rosas (1988), estudian la geología superficial a semidetalle del prospecto Aconchi Convenio 04/87, PEMEX-UNISON. En la cartografía realizada en las hojas Aconchi, Opodepe y Rayón, establecen la presencia de secuencias sedimentarias carbonatadas del Cretácico Inferior y un conjunto de rocas volcanosedimentarias de probable edad Cretácico Superior y/o Terciario Inferior, basados en la presencia de fósiles vegetales (raíces y tallos de palmeras).

OBJETIVO DEL TRABAJO

El principal objetivo es el estudio a semidetalle de las características geológicas y estratigráficas de la carta topográfica TONIBABI (H12D15), con la finalidad de contribuir al conocimiento de esta porción del estado de Sonora. La elaboración de esta tesis esta apoyada principalmente en el trabajo de campo del Prospecto Baviácora, convenio 06/93, firmando este Petróleos Mexicanos y el Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, y También por el proyecto "El complejo volcánico inferior de la Sierra Madre Occidental en la porción centro-oriental de Sonora" No. 1204-T9203 del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Este proyecto fue llevado a cabo por investigadores del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Estación Regional Noroeste, Departamento de Geología de la Universidad de Sonora y la Universidad de Texas en Austin.

METODOLOGIA DE TRABAJO

Para la elaboración de este trabajo se procedió a la recopilación, análisis y resumen de información bibliográfica de trabajos realizados en el área de estudio. Después se hizo una fotointerpretación para la cual se utilizaron fotografías blanco y negro, escala 1:50,000, sobre las cuales se delimitaron los contactos de las unidades litológicas observables, así como las fallas y actitudes de las rocas sedimentarias y volcánicas que afloran en el área de estudio. en base a esta fotointerpretación, se

procedió a la verificación de campo realizando caminamientos estratégicos y muestreo de los principales afloramientos de las rocas expuestas. Posteriormente se pasó al trabajo de laboratorio donde las muestras de rocas colectadas se clasificaron petrográficamente.

Después de esta etapa se llevó a cabo una reinterpretación fotogeológica, verificando y afinando los contactos geológicos, así también se reinterpretaron los datos estructurales tales como fallas, pliegues, etc. Finalmente con los datos obtenidos de estos estudios se procedió a la elaboración de los planos definitivos y a la redacción de la presente tesis.

BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA

AGRADECIMIENTOS

Debido a la gran cantidad de personas e instituciones que colaboraron en el desarrollo de este trabajo, sería difícil no omitir algunas de ellas, por lo cual pido disculpas de antemano por dicha omisión involuntaria.

Así pues deseo agradecer a:

- La Universidad de Sonora.
- Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Estación Regional Noroeste.
- Petróleos Mexicanos (oficinas en Monterrey, Nuevo León).
- Departamento de Geología.
- La planta de maestros del Departamento de Geología.

Mis sinodales:

- Ing. Ricardo Amaya Martínez
- M.C. Jaime Roldán Quintana
- Geól. Juan Ramón González Sandoval.

- Alumnos del Departamento de Geología.
- Trabajadores del Departamento de Geología.
- Geól. Jorge Soto
- Familia Abril Martínez.
- Familia Moreno Montaña.
- Familia Durazo Durazo.
- Sr. Gildardo Velarde
- Geol. Jorge Soto

-Todos los rancheros de la región, por facilitarnos la entrada a sus propiedades.

A TODOS ELLOS MI MAS SINCERO AGRADECIMIENTO

ATENTAMENTE

FRANCISCO JAVIER QUINTANAR RUIZ

BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA

II. GENERALIDADES

CLIMA, FLORA Y FAUNA.

El clima, la flora y la fauna dependen directamente de la altura y la conformación del terreno, por lo tanto el relieve es un aspecto muy importante para la coexistencia de estos. La topografía en el área se caracteriza por la presencia de grandes sierras que abarcan la mayor parte del área de estudio, con pequeños valles hacia la parte noreste y oeste del área de estudio.

Se tienen elevaciones hasta de 2,300 m.s.n.m. en la sierra La Madera (o de Oposura), mientras que en la Sierra Los Ceniceros (o El Pinto) las alturas máximas alcanzan los 1,800 m.s.n.m.. En los valles las alturas oscilan entre los 800 y 900 m.s.n.m..

CLIMA

En base al sistema de clasificación climática de Koopen (modificado por García, 1970) el clima puede subdividirse en dos tipos:

a) en regiones topográficamente bajas el clima es semiseco-semicálido con temperaturas medias anuales de 20° a 22° C, experimentando calores excesivos en verano que pueden alcanzar los 35° C, con una precipitación media anual de 300 a 400 mm.

b) Las partes topográficamente medias y altas presentan un clima semiseco-semicálido con temperaturas medias de 12° a 14° C, aunque en las partes altas de las sierras pueden registrarse escasas nevadas en invierno y temperaturas por debajo de los 0° C, la precipitación media anual es de 400 a 500 mm.

La temporada de lluvias abarca los meses de julio a octubre, presentándose lluvias irregulares (equipatas) de noviembre a enero.

Concluyendo, el clima en el área se clasifica por su temperatura en semi-cálido y por su grado de humedad en semi-seco a semi-árido.

FLORA

La vegetación de la región está constituida por agrupaciones de arbustos altos y árboles bajos predominando los arbustos espinosos. En los lomeríos bajos y en las laderas de las sierras las especies más sobresalientes son las siguientes: mezquite (*Prosopis juliflora*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), tepehuaje (*Lysiloma watsoni*), vinorama (*Acacia constricta*), maguey (*Agave schottii*), palo blanco (*Ipomoea arborescens*), mauto (*Acacia millefolia*), chicura (*Ambrosia ambrosioides*), chicurilla (*Ambrosia cordifolia*), tarachiqui (*Dodonaea viscosa*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*),

hierba de la flecha (*Sapium binoculare*), torote blanco (*Bursera microphy*), torote prieto (*Bursera hindsiana*), guayacán (*Guaiacum coulteri*), guásima (*Guasuma ulmifolia*), tullidora (*Karwinskia humboldtiana*), uña de gato (*Acacia greggii*), encino chino-encino roble (*Quercus chihuahensis*), bellota (*Quercus oblongifolia*), táscate o huata (*Juniperus monosperma*). Estas tres últimas especies típicamente se encuentran formando bosques en las partes más altas de la región, y dentro de ellos el táscate o huata es poco abundante.

Los nombres científicos fueron tomados de Bartolini y Herrera (1983), Bojórquez y Rosas (1988) y Paz (1985).

FAUNA

La fauna del área está representada por las siguientes variedades:

a) Mamíferos.- venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), jabalí (*Pecari tajacu*), gato montés (*Linx rufus*), coyote (*Canis latrans*), tejón (*Taxidea taxus*), zorrillo (*Mephitis sp.*), ardilla (*Spermophilus sp.*), conejo (*Sylvilagus sp.*), liebre (*Lepus alleni*), ratón del sol (*Perognathus penicillatus*), ratón de los cactus (*Peromyscus eremicus*), ratón cepillo (*Peromyscus boylii*), rata mexicana de la madera (*Neotoma mexicana*), etc.

b) Reptiles.- Tortuga del desierto (*Gopherus agassizi*), víbora de cascabel (*Crotalus atrox*), coralillo (*Micruroides euryxanthuus*), camaleón (*Chamaeleon vulgaris*), lagartija (*Lacerta muralis*); además varias especies de culebras.

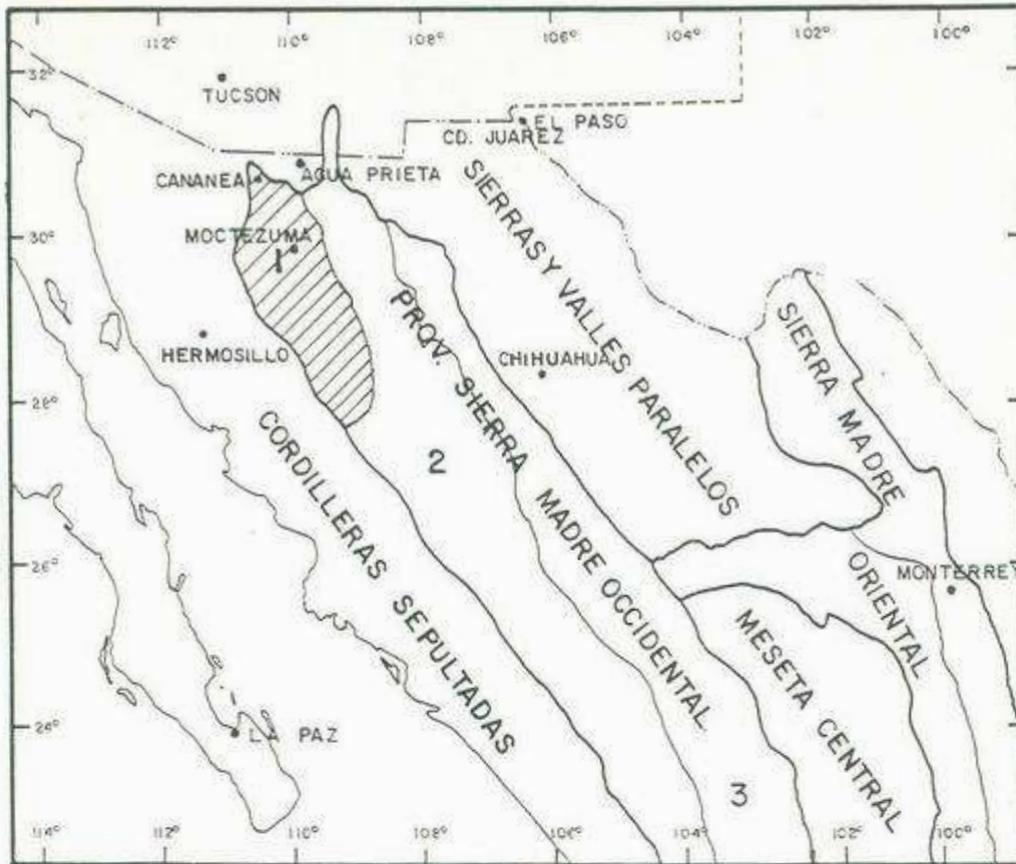
c) Aves.- Churea (*Geococcyx californianus*), codorniz (*Callipepla squamata*), tórtola (*Zenaidura macroura*), pájaro carpintero (*Picus canus*); además de otras especies de pájaros.

d) Insectos.- Tarántula (*Aphonopelma sp.*), alacrán (*Centruroides sp.*), mosquito (*Culex pipiens*), entre otros.

FISIOGRAFIA, GEOMORFOLOGIA E HIDROGRAFIA

FISIOGRAFIA

El área de estudio se localiza dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, específicamente en la subprovincia denominada Cordilleras Altas Sonorenses o Cordilleras alargadas (Raisz, 1964). Al oeste y al sur limita con la provincia de Cordilleras Sepultadas, específicamente con las subprovincias del desierto de Sonora y Sierras de Piemonte respectivamente. Al norte termina antes de llegar a E.E.U.U. y al este con la subprovincia de Meseta de Lava (riolítica) (Fig. 3).



SUBPROV. DE LA SIERRA MADRE OCC.

- 1 Cordilleras Altas Sonorenses ó Cordilleras Alargadas
- 2 Meseta de Lava (Riolítica)
- 3 Aftiplano Oriental con Cuencas.

FIG. 3 PROVINCIAS FISIOGRAFICAS DEL NOROESTE DE MEXICO.
(Segùn Raisz, 1964).

La subprovincia de Cordilleras Altas Sonorenses o Cordilleras Alargadas como característica principal presenta una orientación general de las sierras NNW-SSE, teniendo valles intermontanos los cuales se han estado rellenando por material aluvial como gravas, conglomerados, areniscas, arcillas, y en ocasiones por derrames basálticos y riolíticos que en parte constituyen lo que se conoce como Formación Báucarit, cubriendo discordantemente a esta unidad se encuentra un material heterogéneo formando lo que genéricamente se conoce como terrazas, compuesto de gravas, arenas y material fino no consolidados. Estas terrazas a su vez están siendo cubiertas por basaltos de edad Plio-Cuaternaria.

Lo dicho anteriormente puede observarse en el área de estudio en el valle del río Moctezuma, el cual está bordeado al oeste por las sierras Las Palomas, La Verde, La Cieneguita y La Huerta; y al este por las sierras La Madera, Los Ceniceros, La Polvareda y Las Guijas.

Estas últimas sierras son el límite oeste del valle del Río Bavispe, el cual contiene los mismos materiales que el valle del Río Moctezuma; a excepción de los basaltos Plio-Cuaternarios. Su límite al este en el área de estudio es la Sierra de Huásabas, la cual ya forma parte de la Sierra Madre Occidental.

GEOMORFOLOGIA

Los rasgos geomorfológicos más importantes en el área son las sierras y los valles paralelos. Los valles se caracterizan por una serie de lomeríos suaves que ocupan los flancos nororiental y occidental del área de estudio, mientras que las sierras están ocupando la parte central y sur-oriental de esta área. En la parte norte central las sierras están constituidas por rocas ígneas que corresponden a la etapa juvenil del ciclo geomorfológico, mientras que la parte sur central que está compuesta por secuencias de rocas sedimentarias cretácicas, representa la etapa de madurez de dicho ciclo, al igual que los lugares que son topográficamente más bajos y de relieve suave.

El origen geomorfológico de la región se puede explicar de la siguiente manera: posteriormente al volcanismo del Terciario Inferior que formó la Sierra Madre Occidental, se llevó a cabo un fallamiento normal con una orientación general NNW-SSE, la cual tuvo como resultante grandes bloques levantados y hundidos (horst y grabens) con la misma orientación general; constituyendo los primeros las sierras y los segundos los valles. Dicho fallamiento se produjo a causa de los esfuerzos de tensión que se presentaron posteriormente a los esfuerzos compresivos de la Orogenia Larámide. Los bloques levantados sufrieron posteriormente una intensa erosión generándose una gran cantidad de clastos, al mismo tiempo que se llevaba a cabo una actividad volcánica, la cual se estuvo intercalando con estos clastos, formando lo que se conoce como Formación Báucarit que actualmente rellena los valles intermontanos. Posteriormente en

el periodo Cuaternario, clásticos continentales producto de la erosión de las rocas preexistentes, se depositaron discordantemente sobre la Formación Báucarit; y finalmente un volcanismo basáltico cubre discordantemente estos conglomerados formando extensas mesetas.

HIDROGRAFIA

El área se encuentra en la vertiente del Pacífico y esta drenada por arroyos del tipo intermitente hacia los ríos Moctezuma y Bavispe, estos a su vez son afluentes del río Yaqui.

El drenaje en los valles es del tipo dendrítico, mientras que en las sierras es del tipo subangular. Los ríos Moctezuma y Bavispe fluyen a lo largo de los flancos oeste y este del área respectivamente.

BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA

III. GEOLOGIA

GEOLOGIA REGIONAL DE SONORA CENTRAL

El área se encuentra dentro de la Provincia Geológica Sonorense específicamente en la parte noreste de dicha provincia; casi en los límites de la Sierra Madre Occidental que ya es parte de la provincia geológica de la Faja Ignimbrítica Mexicana (Ortega y otros, 1992, Fig. 4).

La Provincia Geológica Sonorense se caracteriza por tener basamento de edad Precámbrico, origen complejo y formada en un ambiente geotectónico compuesto. La Provincia Geológica Faja Ignimbrítica Mexicana es de edad Cenozoico, origen volcánico y formada en un ambiente geotectónico de arco continental. Para mayor información consulte Ortega y otros (1992).

La región centro-oriental del estado de Sonora se caracteriza por la gran abundancia de rocas ígneas, siendo específicamente las volcánicas las que afloran en mayor proporción y se encuentran formando parte de la Sierra Madre Occidental (Fig. 5).

Las rocas más antiguas de la región corresponden al Paleozoico (Pérmico ?). Estas rocas afloran como pequeños techos colgantes sobre las rocas intrusivas que constituyen el Batolito de Aconchi, en la región de El Jaralito (hoja Baviácora, H12D23), representadas por secuencias de rocas sedimentarias con un espesor estimado de 800 m., constituida a la base por micaesquistos moteados, sobreyacidos por intercalaciones de cuarcitas, mármoles, zonas de skarn y hornfels calcosilicatados y pelíticos (Peabody, 1979).

En la hoja Tonibabi, específicamente en la parte sur de la Sierra de Oposura se encuentran pequeños afloramientos de rocas metamórficas que consisten de calizas recristalizadas y filitas. Estas rocas pudieran ser atribuidas al Paleozoico debido a que pueden ser la continuación hacia el sur de la secuencia sedimentaria constituida por calizas metamorfizadas y cuarcitas que afloran en la parte norte de esta misma sierra, al sureste de Nacozari, a las cuales González (1937) las asignó al Paleozoico; aunque se desconoce en que se basó tal determinación ya que no menciona evidencias paleontológicas.

Estos afloramientos que se presentan como pequeños techos colgantes sobre el Batolito de Oposura, pueden ser equiparables con la secuencia de rocas sedimentarias que se encuentran expuestas en la región de El Jaralito (hoja Baviácora), a las cuales se les asigna una edad Pérmica (?) (Peabody, 1979).

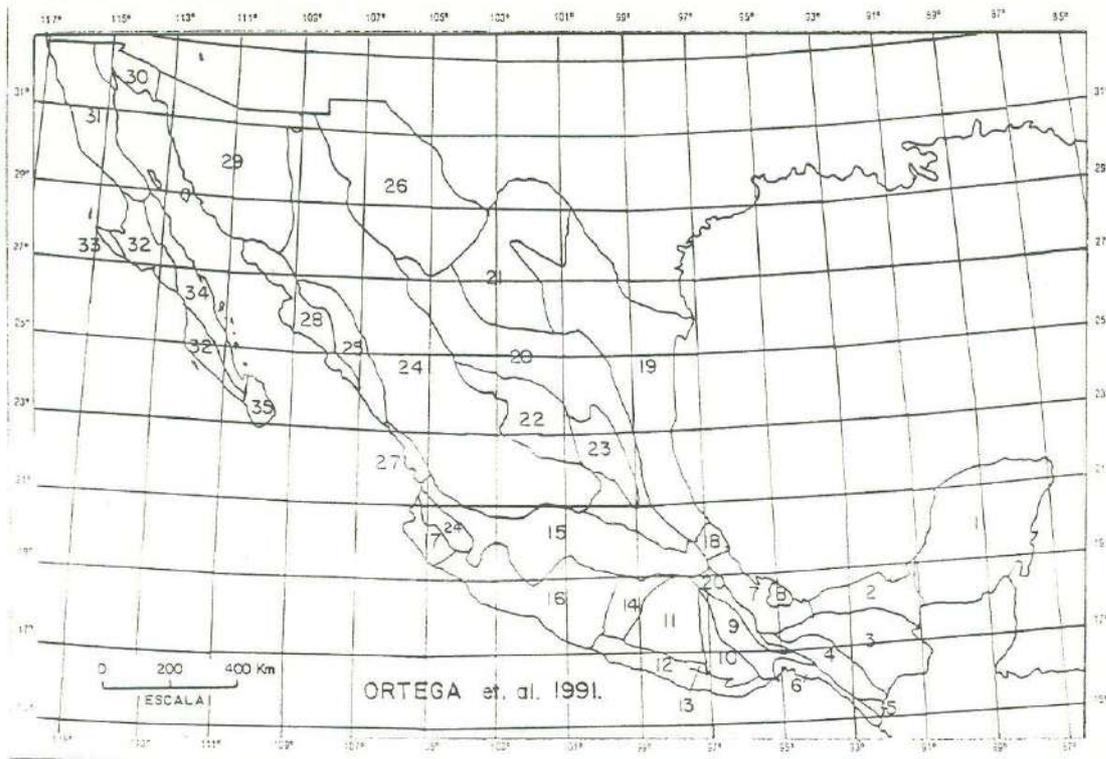


Fig. 4.- PROVINCIAS GEOLOGICAS DE MEXICO.

1. Plataforma de Yucatán; 2. Cuenca deltaica de Tabasco; 3. Cinturón Chiapaneco de pliegues y fallas; 4. Batolito de Chiapas; 5. Macizo ígneo del Sonorusco; 6. Cuenca de Tehuantepec; 7. Cuenca Deltaica de Veracruz; 8. Macizo Volcánico de los Tuxtlas; 9. Cuicateca; 10. Zapoteca; 11. Mixteca; 12. Chatina; 13. Juchateca; 14. Plataforma de Morelos; 15. Faja volcánica Transmexicana; 16. Complejo Orogénico de Guerrero-Colima; 17. Batolito de Jalisco; 18. Macizo ígneo de Palma Sola; 19. Miogeoclinal del Golfo de México; 20. Cinturón Mexicano de Pliegues y fallas; 21. Plataforma de Coahuila; 22. Zacatecana; 23. Plataforma de Valles- San Luis Potosí; 24. Faja Ignimbrítica Mexicana; 25. Cinturón Orogénico Sinaloense; 26. Chihuahuense; 27. Cuenca de Nayarit; 28. Cuenca Deltaica de Sonora-Sinaloa; 29. Sonorense; 30. Delta del Colorado; 31. Batolito de Juárez-San Pedro Mártir; 32. Cuenca de Vizcaíno-Purísima; 33. Cinturón Orogénico de Cedros- Margarita; 34. Faja Volcánica de La Giganta; 35. Complejo Plutónico de La Paz.

Garza (1960) ubica a estas calizas recristalizadas aproximadamente a una distancia de 2 Km al SW del Divisadero del Guérigo y a 2 Km al E-NE del rancho El Mezquite en el lugar conocido como cerro El Mojino y las describe como afloramientos muy pequeños que se presentan como techos colgantes sobre el cuerpo granítico principal de la Sierra de Oposura. En el cerro El Mojino los sedimentos no sobrepasan los 25 m. y están constituidos hacia la base por una zona granatizada, mientras que hacia la cima se presenta una caliza color blanco-grisáceo recristalizada, con una estratificación delgada y un rumbo general NW17 SE, y un echado de 88 al SW.

Las filitas fueron observadas por este mismo autor en pequeños afloramientos en la margen izquierda del arroyo El Guérigo y cerca de las calizas recristalizadas presentes en esta zona.

Afloramientos de rocas sedimentarias del Cretácico Inferior se encuentran expuestas en el área de Lampazos y al este de Moctezuma. En Lampazos los sedimentos consisten de lutitas y calizas fosilíferas con una menor proporción de areniscas, las cuales alcanzan un espesor de 2,500 m. (González, 1988).

Al este de Moctezuma estos afloramientos se pueden observar en el cerro Agua María, donde se presentan como techos colgantes (roof pendants) sobre los intrusivos que forman parte del Batolito Larámide de Sonora descrito por Damon y otros (1983).

En el cerro Agua María aflora una secuencia sedimentaria carbonatada-detrítica, en parte metamorfozada y constituida por intercalaciones de calcarenitas, lutitas y calizas con bandas centimétricas de pedernal blanco y negro que contiene aparentes restos de fósiles (pelecípodos y ostreas ?). A esta secuencia se le asigna un espesor de 1500 m (Roldán, 1994).

Posteriormente a la depositación de las secuencias sedimentarias se generó un conjunto de rocas volcánicas a las cuales se les atribuye una edad Cretácico Tardío-Terciario temprano debido a las relaciones que presenta con la secuencia sedimentaria del Cretácico Inferior. El aparente contacto entre estas dos rocas parece ser gradual y transicional ya que se observa una especie de "boudinage" sobre un material que contiene fracciones sedimentarias y volcánicas. Estas rocas volcánicas presentan una tonalidad gris-verdosa causada por una alteración propilítica.

Los sedimentos del Pérmico (?) y Cretácico Inferior, así como también las rocas volcánicas del Cretácico Superior-Paleogeno se encuentran afectados por un conjunto de cuerpos intrusivos (Fig. 6 y 7), generalmente de composición félsica, que forman parte del Batolito Larámide de Sonora, al cual en base a dataciones radiométricas se le asigna un rango de edad de 90-40 m.a. (Damon y otros, 1983).



EL SABIDO
HACIENDA
WAC
P.

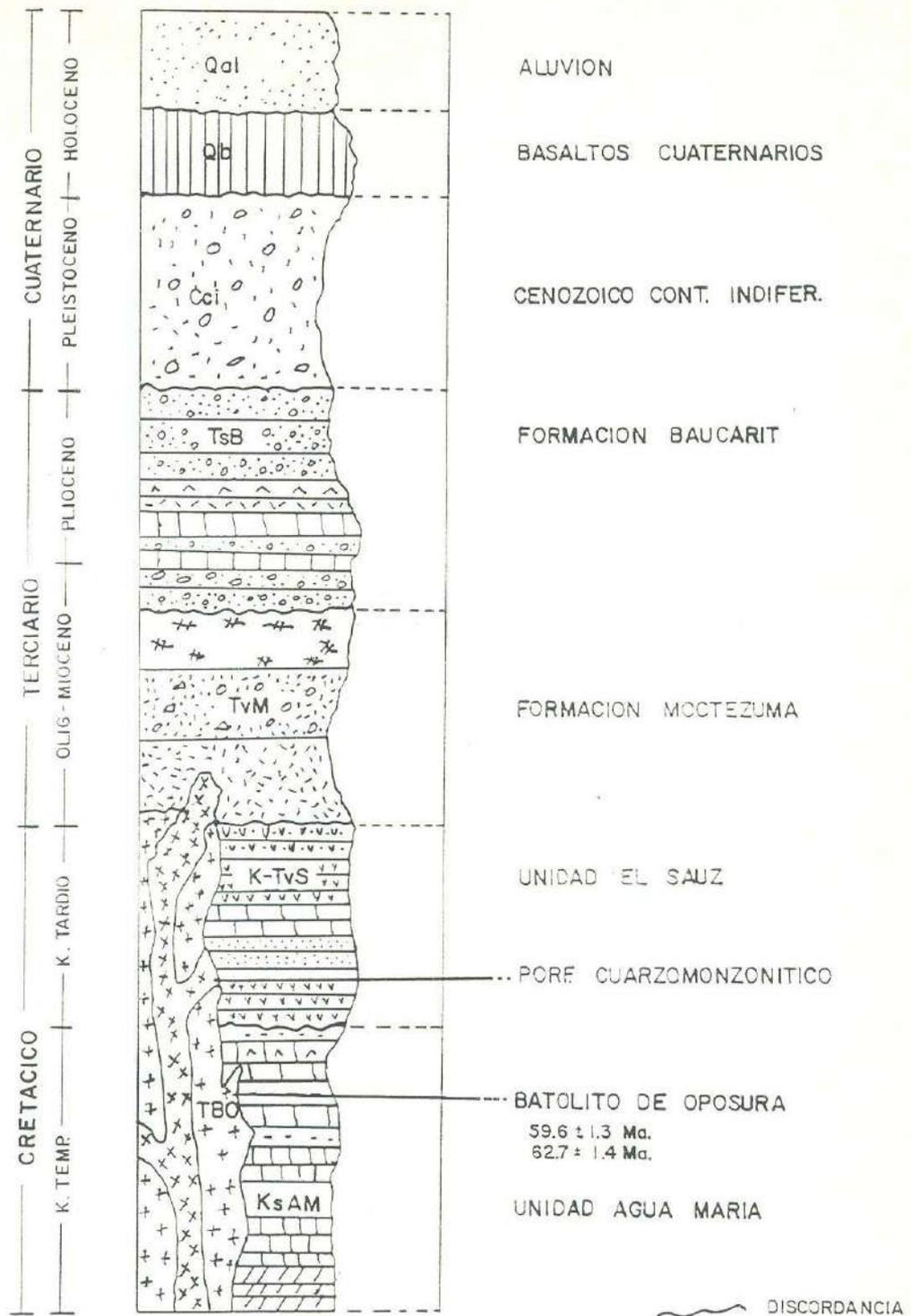


FIG. 6.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA HOJA TONIBABI (HI2D15). (esquemática).

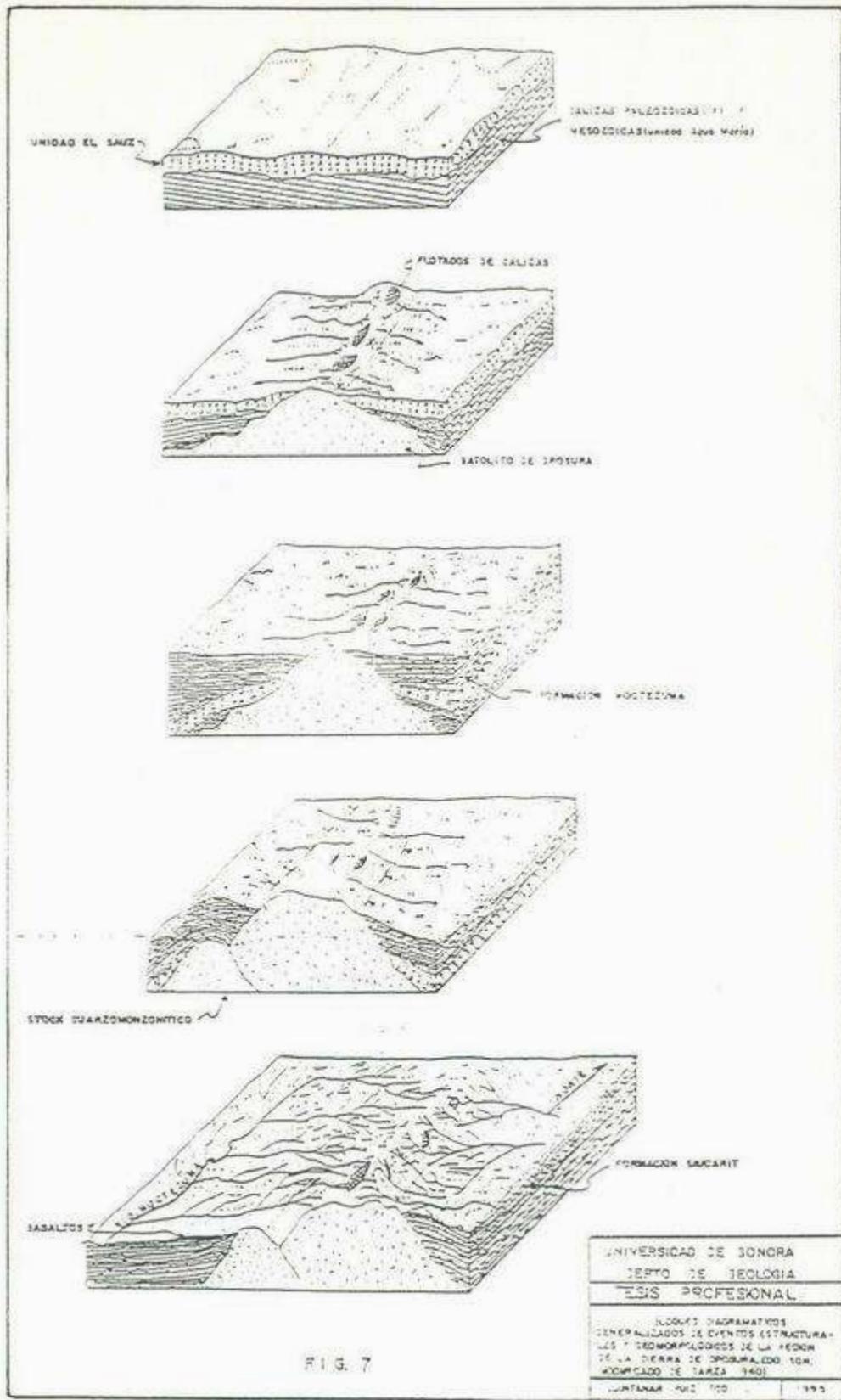


FIG. 7

GEOLOGIA DE LA HOJA TONIBABI

MESOZOICO (CRETACICO)

a) UNIDAD AGUA MARIA (KsAM)

DEFINICION

Se asigna informalmente el nombre de Unidad Agua María a una secuencia carbonatada-detrítica, afectada por metamorfismo de contacto y constituida por intercalaciones de calizas, calcarenitas, lutitas y tobas riolíticas de grano fino.

Este conjunto de rocas sedimentarias, por su ubicación y características litológicas constituyen la probable continuación de secuencias sedimentarias con características litológicas similares que afloran en la región de Lampazos, localizada 55 Km al sureste de esta zona (Roldán, 1994). Aunque en esta unidad no se han identificado los fósiles presentes, debido a la recristalización que muestran estas rocas causada por el emplazamiento del Batolito de Oposura.

DISTRIBUCION

El afloramiento principal de esta unidad se ubica hacia la porción sur del área de estudio en una franja orientada NE-SW, comprendida entre los ranchos Agua María y El Sauz, cubriendo una superficie aproximada de 38 Km². Otros afloramientos menores de esta unidad afloran como pequeños bloques aislados al SE y SW del Cerro Rancho Nuevo los cuales consisten de calizas negras masivas recristalizadas.

Existen otros pequeños afloramientos de rocas sedimentarias con características litológicas similares que están representados por calizas recristalizadas que se encuentran como techos colgantes en los alrededores del Cerro El Mojino, parte centro-norte del área. Este afloramiento es pequeño y se encuentra como un techo colgante sobre el cuerpo granítico principal del Batolito de Oposura que aflora en la parte norte del área de estudio. Anteriormente se dejó abierta la posibilidad de que estas rocas sean paleozoicas.

En este afloramiento se observó una sección de 25 m de espesor, constituida en su parte inferior por una amplia zona granatizada de 5 m de espesor y en su parte superior por una caliza color blanco grisáceo recristalizada, que presenta estratificación delgada y una actitud general N17 W, 88 SW.

LITOLOGIA Y ESPESOR

Con el propósito de estudiar con mayor detalle esta secuencia sedimentaria se midió una sección geológica con brújula y cinta al oriente del Rancho Agua María, donde se obtuvo un espesor parcial de 467 m.

Esta secuencia sedimentaria está plegada y fallada debido al emplazamiento del Batolito de Oposura y a movimientos tectónicos posteriores (Basin & Range), por lo que las mediciones de la sección son aproximadas. La influencia del batolito se manifiesta en la base donde se observan fragmentos de caliza englobados por el intrusivo, y como diques cuarzolatíticos que cortan a esta secuencia a diferentes niveles.

Tomando en cuenta lo anterior se estima que la secuencia tiene unos 600 m de espesor y que está compuesta de la base a la cima por 4 miembros que se describen a continuación (Fig. 8):

El Miembro A que tiene un espesor de 40 m y está constituido por calizas con intercalaciones de lutitas negras y calcarenitas en parte recristalizadas que gradúan a limolitas. Las calizas presentan un color gris amarillento en superficie de intemperismo y tonos que van de gris café hasta tonalidades más oscuras en superficie fresca.

Los minerales que conforman la roca son típicos de un metamorfismo de contacto en rocas calcáreas y son los siguientes: wollastonita, diópsida, granate (grosularita ?), calcita recristalizada y abundante epidota (Foto 1).

Dentro de estas calizas se encuentran algunas bandas de pedernal de color blanco y negro, cuyo espesor varía entre 10 y 15 cm. En este tipo de material se observan unas estructuras macroscópicas que parecen restos fósiles tales como pelecípodos, braquiópodos y orbitolinas (?) (Foto 2), los cuales no fue posible identificar debido al grado de recristalización de este material.

Las calcarenitas se presentan como niveles más esporádicos y en ocasiones graduando a limolitas; las calcarenitas presentan colores gris café en superficie intemperizada y tonos grises claros en superficie fresca, mientras que las limolitas presentan tonos verdosos tanto en muestra fresca como en superficie intemperizada.

El Miembro B tiene un espesor de 250 m y está constituido por lutitas en parte transformadas a filitas-pizarras, con alto contenido de pirita que se presenta en forma diseminada y en vetillas milimétricas paralelas entre si.

Dentro de este material lutítico están intercalados escasos niveles con espesores hasta de 50 cm de calizas y limolitas, las cuales a su vez tienen intercaladas pequeñas bandas silíceas de 2-3 cm de espesor y paralelas a la estratificación.



BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA

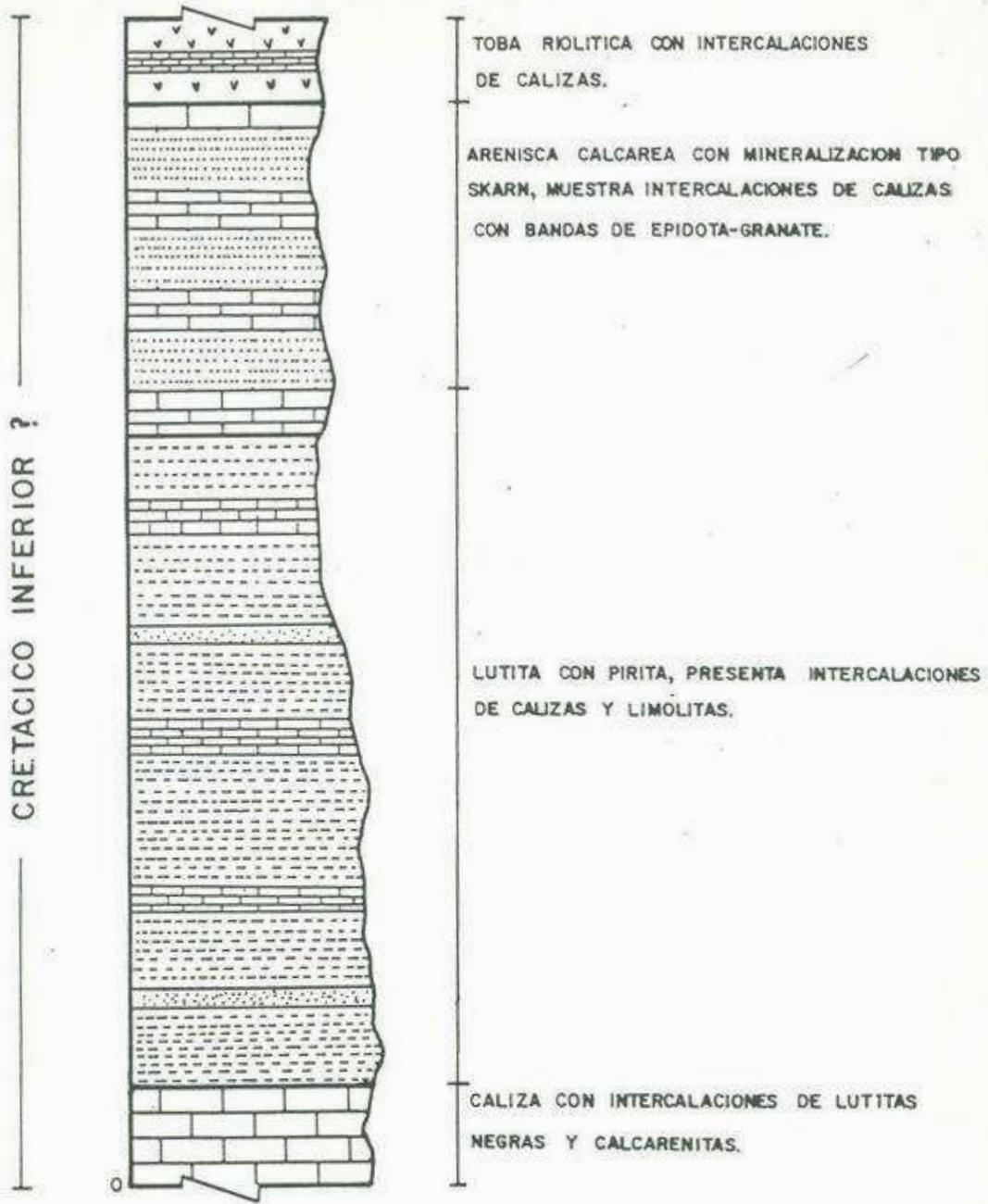


Fig. 8.- SECCION AGUA MARIA (ESQUEMATICA)

El Miembro C de esta unidad alcanza los 150 m de espesor y está constituido por una arenisca calcárea que presenta mineralización típica de skarn (granate, epidota, calcita, cuarzo, óxidos de hierro) con intercalaciones de calizas con espesores desde los 10 hasta los 40 cm y que estos a su vez contienen pequeñas bandas de 2-3 cm de espesor de epidota-granate.

Finalmente hacia la cima de la secuencia se encuentra el Miembro D, el cual sobrepasa los 100 m de espesor y está constituido por una toba riolítica de grano fino con intercalaciones de estratos de 5-6 m de calizas negras recristalizadas. Esta toba presenta una pseudoestratificación muy delgada, producto de la depositación de material volcánico muy fino del tipo cenizas, y que además presenta una zona de estructuras tipo "boudinage" probablemente producidas por el peso de los sedimentos suprayacentes sobre este material durante los procesos diagenéticos.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Localmente esta unidad se interpreta como un gran techo colgante que ha sido intrusionado por lo que constituye la continuación hacia el sur del Batolito de la Sierra de Oposura (Roldán, 1994). Esta relación puede observarse claramente en la cañada La Pitahaya donde las rocas tienen la apariencia de un conglomerado con fragmentos de caliza de 30-40 cm de diámetro que se encuentran en parte englobadas por las rocas graníticas del batolito de Oposura (Foto 3).

El contacto inferior no fué observado. El contacto superior se interpreta como una discordancia entre estas rocas sedimentarias y el conjunto de rocas volcánicas-volcanoclásticas a las que se les asigna una edad Cretácico Tardío. Sin embargo, de acuerdo a observaciones de campo complementadas con comparaciones y correlaciones de afloramientos vecinos, es mas aceptable considerar que la edad de estas rocas sea Cretácico Tardío-Terciario temprano. Esto se discutirá con mas detalle en la descripción de esta unidad.

En el muestreo y detalle que se realizó en los afloramientos de esta secuencia sedimentaria, particularmente en las cercanías con las rocas volcánicas, camino al Rancho El Pinto se observó un cambio transicional entre rocas sedimentarias y volcánicas, desarrollándose una zona con estructuras de "boudinage" sobre un material que contiene fracciones sedimentarias y volcánicas mezcladas.



EL SABER DE SU TIEMPO
HARA MI GRANDEZA

BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

EDAD Y CORRELACION

Aunque la edad de estas rocas no puede establecerse debido a la ausencia de criterios paleontológicos, pues solamente se encuentran restos fósiles que consisten de pelecípodos, braquiópodos y orbitolinas (?). Estos restos fosilíferos no pudieron ser identificados plenamente debido a que la roca en la que se encuentran presenta una fuerte recristalización causada por el emplazamiento de cuerpos intrusivos.

En trabajos previos en esta misma unidad, Roldán (1994) encontró en las calcarenitas restos de braquiópodos y orbitolinas mal preservadas; aunque aclara que los fósiles no fueron identificados en forma precisa, ya que las rocas se encuentran muy recristalizadas. El asigna esta unidad al Cretácico Inferior con base en sus relaciones con las rocas intrusivas y en su similitud litológica y cercanía con la secuencia sedimentaria que aflora en la región de Lampazos, 55 km al suroeste de la Hoja Tonibabi.

Específicamente esta unidad puede ser correlacionada con la Formación La Mesa, descrita por González (1988). Consiste hacia la base de 30 m de caliza en estratos desde gruesos hasta masivos de color gris oscuro, con abundantes ostreas, las cuales están sobreyacidas por un paquete de 30 m de espesor de arenisca de grano fino con intercalaciones de limolita. Hacia arriba se encuentra un estrato de caliza de 3-5 m de espesor el cual a su vez está sobreyacido por lutitas que alcanzan un espesor de 80 m. Esta formación no fué ubicada estratigráficamente ya que su relación con las otras unidades es estructural y además no tiene elementos paleontológicos que permitan correlacionarla adecuadamente con las otras unidades que conforman la secuencia sedimentaria de Lampazos.

Desde el punto de vista regional esta secuencia también puede ser correlacionable litológicamente con secuencias sedimentarias reportadas en las localidades de Arivechi (King, 1939; GYMSA, 1981; Martínez y Palafox, 1985), San Felipe de Jesús (Roldán, 1979; Bojórquez y Rosas, 1988), Arizpe (González, 1978; González y otros, 1993; Rodríguez, 1986, 1994; Martínez y otros, 1993; Martínez y Soots, 1994).

AMBIENTE DE DEPOSITO

El probable ambiente de depósito debió haber sido marino somero en base a su contenido fosilífero, nerítico de plataforma, de baja energía. Esta unidad fué formada durante la transgresión del Golfo de México hacia el continente en el Cretácico Inferior (Bilodeau and Lindberg, 1983; Araujo y Estavillo, 1987).

El origen de las bandas de pedernal dentro de esta secuencia puede ser por precipitación química directa del sílice del agua, para lo cual debieron haber ocurrido cambios físicoquímicos muy bruscos en ella. Pettijohn (1973) establece esta teoría como un posible origen de los pedernales estratificados, y supone que el origen del

silíce puede ser por volcanismo contemporáneo a la sedimentación que produce ceniza volcánica silíceo. Menciona además otros orígenes para el pedernal, los cuales pueden ser por segregación diagenética (particularmente en los nodulares). Otros son contribuciones de sílice de varias rocas silícificadas preexistentes como diatomitas, tobas y calizas; además otros pedernales pueden ser producto de sílice precipitado inorgánicamente. El origen del pedernal todavía no se conoce exactamente y tal vez tenga más de uno.

b) UNIDAD EL SAUZ (K-TvS)

DEFINICION

Se define con el nombre de unidad El Sauz a una secuencia que hacia la base presenta un carácter volcánico con composición variable de andesítica a dacítica, representada por flujos, brechas y aglomerados y en menor proporción tobas; hacia la cima presenta un carácter volcanosedimentario constituido por areniscas tobáceas y tobas arenosas, con algunas intercalaciones lenticulares de lutitas y calizas, en ocasiones con bandas de pedernal.

DISTRIBUCION

Estas rocas se encuentran aflorando en la parte oriental del área de estudio, en una franja orientada NNW-SSE. Los mejores afloramientos se observan en las cercanías de los ranchos El Sauz y El Horror, en la Sierra Los Ceniceros y en el Cerro Las Minutas.

La intercalación de rocas sedimentarias se observan en varias localidades, aunque los mejores afloramientos se ubican en la Cañada Las Culebrillas, aproximadamente 2 Km al NE del Rancho El Sauz y en el área de la mina La Morelos, 2 Km al oeste del Rancho El Pedregoso.

LITOLOGIA Y ESPESOR

Esta unidad hacia la base muestra un conjunto de rocas volcánicas, con una composición mineralógica de andesítica a dacítica, que se manifiesta en forma de derrames, brechas, aglomerados y tobas en menor proporción. Por esta razón, presentan una textura muy variada, de afanítica-vítrea a porfídica y tobácea aglomerática; de igual manera, los colores son muy variados, desde los tonos grisáceos hasta los verdes oscuros. Presentan un marcado fracturamiento-fallamiento y una alteración hidrotermal que desarrolló una asociación de minerales secundarios (calcita, clorita, epidota, biotita, cuarzo, sulfuros y óxidos de hierro) que en conjunto definen a una alteración hidrotermal del tipo "propilítica" de acuerdo con el modelo de Lowell y Guilbert (1970).

**BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA**

En lámina delgada estas rocas presentan una persistente textura porfídica, combinada con una matriz afanítica-vítrea, en donde los fenocristales de plagioclasas sódico-cálcicas, biotita y hornblenda, además de mostrar una orientación preferencial, están irregularmente reemplazados por epidota, calcita, sericita, cuarzo y biotita secundarios, óxidos de hierro, minerales arcillosos y clorita. En varias de las muestras, es frecuente encontrar cristales de cuarzo, con un aspecto amiboide muy particular y golfos de corrosión, lo cual es característico de rocas formadas en ambientes volcánicos. En algunas otras, los rasgos texturales indican un carácter tobáceo y aglomerático, a consecuencia de la presencia, abundancia y tamaño de los fragmentos de roca, los cuales en su mayoría corresponden a rocas volcánicas.

Hacia la cima de la secuencia se observa un carácter volcanosedimentario, constituido por areniscas tobáceas o tobas arenosas, con intercalaciones de calizas y lutitas de color gris oscuro a rojizo, frecuentemente con una tendencia lenticular y que muestran plegamiento a nivel de estratos. Lo anterior puede observarse al sur y este del Rancho El Sauz.

El espesor de esta secuencia no se determinó con exactitud, pero se estima que anda alrededor de los 200 m.

En conjunto, las características litológicas, mineralógicas y de alteración hidrotermal que presentan estas rocas son un factor que apoya la idea de considerarla equivalente regionalmente al conjunto de rocas volcanosedimentarias definidas con el nombre de Formación Tarahumara (Wilson y Rocha, 1946), a las que se les considera genéticamente relacionadas con las rocas batolíticas. A pesar de lo aislado de estos afloramientos, en parte cubiertos, es posible establecer una distribución desde Nacozari hasta Alamos, sobre una distancia de 400 Km en dirección norte-sur y desde las inmediaciones de Hermosillo hasta el poblado de San Nicolás, 200 Km en dirección este-oeste (Fig. 9). Hacia el extremo poniente del Estado de Sonora se han estudiado y descrito conjuntos de rocas volcánicas que presentan características mineralógicas y litológicas similares a la Formación Tarahumara, pero se les ha referido con otros nombres (Chaparro, 1992).

RELACIONES CON LAS ROCAS ADYACENTES

Las relaciones de este conjunto de rocas volcanosedimentarias con las otras unidades no son fáciles de observar, particularmente los contactos inferiores; de tal manera que se tendría que especular acerca de las tres relaciones mas posibles que guardarían estas rocas:

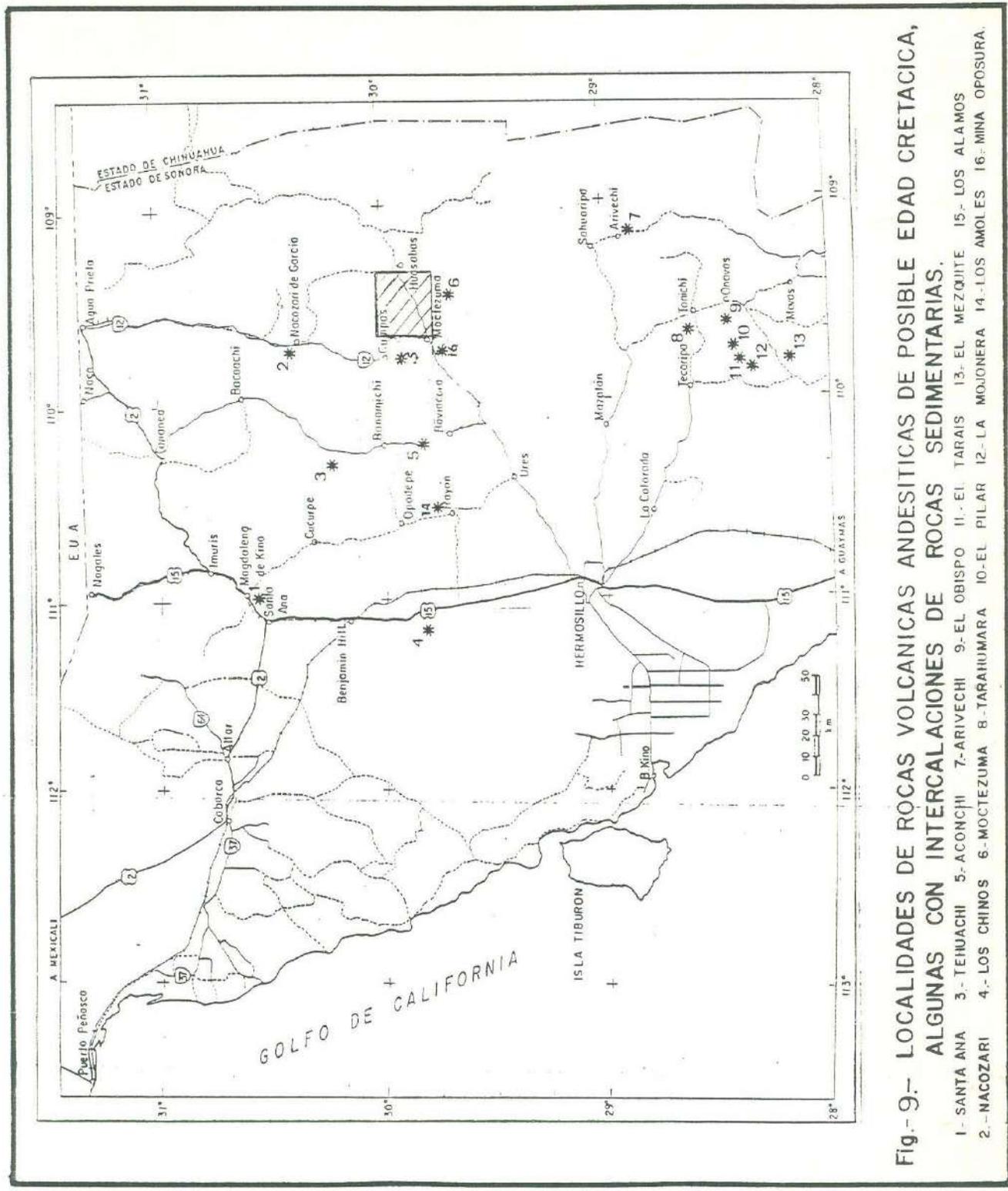


Fig.- 9.- LOCALIDADES DE ROCAS VOLCANICAS ANDESITICAS DE POSIBLE EDAD CRETACICA, ALGUNAS CON INTERCALACIONES DE ROCAS SEDIMENTARIAS.

- 1.- SANTA ANA 3.- TEHUACHI 5.- ACONCHI 7.- ARIVECHI 9.- EL OBISPO 13.- EL MEZQUITE 15.- LOS ALAMOS
- 2.- NACOZARI 4.- LOS CHINOS 6.- MOCTEZUMA 8.- TARAHUMARA 10.- EL PILAR 12.- LA MOJONERA 14.- LOS AMOLES 16.- MINA OPOSURA.

a).-Contacto inferior discordante depositado sobre rocas sedimentarias cretácicas (?), como es el caso de la secuencia Agua María o sobre rocas mas antiguas que pudieran corresponder al Triásico y posiblemente al Paleozoico.

b).-Contacto inferior formando techos colgantes sobre el cuerpo granítico del Batolito de Oposura. Esto está sustentado en base a las relaciones de los cuerpos intrusivos con esta secuencia volcano-sedimentaria, en donde se observa que el intrusivo está afectando a dicha secuencia. Esta relación se ve claramente en los alrededores del rancho El Sauz donde las rocas volcánicas están siendo intrusionadas por las rocas batolíticas, donde además muestran una alteración del tipo "propilítica" (Lowell and Guilbert, 1970) causada por las soluciones hidrotermales generadas durante o ligeramente posterior a las intrusiones graníticas.

c).- Contacto por fallamiento normal con rocas mas antiguas y mas jóvenes. Dicho contacto se observa claramente al poniente de la mina La Morelos, específicamente en la cañada principal que separa el cerro Pichababi y el cerro Las Minutas, donde al oriente de dicha cañada afloran las rocas volcánicas equiparables con la Formación Tarahumara; mientras que al poniente están aflorando las rocas volcánicas terciarias, las cuales serán descritas mas adelante.

EDAD Y CORRELACION

En base a sus características y composición litológica esta unidad es correlacionable con:

-Formación Tarahumara, definida originalmente por Wilson y Rocha en 1946, que aflora en el arroyo del mismo nombre, ubicado al oeste de Tónichi. En esta localidad tipo, se describe una secuencia de rocas volcánicas andesíticas y dacíticas, que se presentan como flujos, aglomerados y tobas-brechas, con una textura variable desde afanítica hasta porfídica-aglomerática. Muestran una coloración que va desde gris verdoso hasta verde oscuro debido a la presencia y abundancia de epidota, clorita, calcita y óxidos-sulfuros de fierro, que se han generado a consecuencia del emplazamiento de los cuerpos intrusivos. El espesor estimado para este conjunto de rocas volcánicas se establece en el rango de 500 hasta 900 m (Wilson y Rocha, 1946).

Estudios recientes en esta unidad permiten considerar un cambio litológico, gradual y transicional, de típicamente volcánico en la base de la secuencia a volcanosedimentario hacia la parte media y superior; esta última constituida por estratos de espesor variables, generalmente lenticulares, representados por tobas arenosas, areniscas tobáceas, areniscas, lutitas y calizas. En secciones medidas en varias localidades en la región de Suaqui Grande se han determinado espesores hasta de 200 m para esta secuencia volcanosedimentaria. La edad de esta formación tentativamente se asigna al

Cretácico Tardío y se establece en base a relaciones litológicas y con la aparente presencia de pseudoformas de fósiles, reportados por Dumble (1900) en el arroyo El Obispo. Estudios más recientes basados en la existencia de restos fósiles vegetales (raíces y tallos de palmeras) reportados dentro de secuencias volcanosedimentarias en las localidades Salto del Alamo de la hoja Aconchi (H12D13, Bojórquez y Rosas, 1988), Arroyo El Obispo de la hoja La Dura (H12D75) y Paños Quemados de la hoja Cumuripa (H12D84, McDowell y otros, 1994) sugieren un rango de edad del Cretácico Tardío-Terciario temprano. Esto muestra una congruencia aceptable de una edad radiométrica preliminar, utilizando el método U/Pb, obtenida en una toba félsica que sobreyace a los estratos de caliza en el Arroyo El Obispo, indicando una edad de 70 Ma (McDowell y otros, 1994).

Esta unidad también pudiera ser correlacionable en tiempo y espacio con:

El "Complejo Volcánico Inferior" propuesto por McDowell y Clabaugh (1979), para una serie de derrames andesíticos, interdigitados con sedimentos marinos del Cretácico que afloran en algunas zonas de la Sierra Madre Occidental. La edad de este grupo volcánico varía entre 45 y 100 Ma.

La Formación Arenillas en el área de la mina con este mismo nombre (también llamada Oposura), la cual fue estudiada por Marrs y Guilbert (1981), Deen y Atkinson (1988), está constituida por tobas líticas y cristalinas de color verde, laminares, además de calizas con estratos delgados y lenticulares sin fósiles y rocas volcanoclasticas que se encuentran entre derrames de composición intermedia. Existe una datación radiométrica, mediante el método K/Ar, determinada sobre roca total en una muestra de toba riolítica, indicando un rango de 40 ± 2 Ma. La muestra analizada corresponde a una porción parcialmente desvitrificada de una toba soldada; sin embargo, desestimó esta edad por considerar que la desvitrificación parcial puede haber causado una pérdida de argón, y que la edad obtenida sea menor que la edad real.

Andesita Juanita del área Cumobabi, descrita por Ibarra (1978), quien le asigna una edad Cretácico Tardío-Terciario temprano, que consiste principalmente de rocas de composición intermedia (andesitas), las cuales presentan características texturales que varían de afaníticas a porfídicas.

La unidad Washington descrita por Bojórquez y Rosas en su tesis profesional (1988), la cual es una secuencia volcanosedimentaria que aflora en los alrededores de la mina del mismo nombre (Hoja Aconchi) y que consiste de rocas ígneas efusivas, formada principalmente por derrames andesíticos con intercalaciones de tobas y rocas sedimentarias como calizas y areniscas.

Formación El Tuli (Martínez y Soots, tesis profesional, 1994) la cual es una secuencia volcanosedimentaria que aflora ampliamente en el área entre Arizpe y Banámichi, esta secuencia la dividen en dos miembros: el miembro inferior compuesto por un conglomerado basal, arenisca, arenisca conglomerática; mientras que el miembro superior está constituido principalmente por derrames volcánicos de composición andesítica, principalmente aglomerado, andesita, traquiandesita, toba, riolita, riolacita e ignimbrita.

ORIGEN

El origen de la parte inferior de la secuencia corresponde a un volcanismo andesítico, se ubica y es típico de los límites de placas convergentes, donde se forman arcos volcánicos de afinidad calcoalcalina, McDowell y Clabaugh (1979). Por lo tanto, se considera que el origen es una consecuencia y producto de la subducción de la Placa Farallón debajo de la Placa Norteamericana. Mientras que para la parte superior que constituye una secuencia volcanosedimentaria, su origen parece tener una relación con facies proximales y distales, dentro de un modelo de estratovolcan de carácter calcoalcalino.

Por otra parte, la presencia de madera fósil, restos de vegetales silicificados y estructuras estromatolíticas, es probable que estén representando una etapa de transición de un ambiente de un arco volcánico continental a un ambiente de características deltaicas o lacustres.

CENOZOICO

a) FORMACION MOCTEZUMA (T_vM)

DEFINICION

Esta unidad fué nombrada de una manera informal por Garza (1960), de quien se retoma el nombre.

Se define con este nombre a una secuencia volcanosedimentaria constituida por andesitas-dacitas hacia la base y que en la parte media y superior presenta una alternancia de derrames andesíticos y areniscas tobáceas con intercalaciones de conglomerados de origen volcánico y tobas riolíticas.

DISTRIBUCION

Esta unidad se encuentra ampliamente distribuida en la porción oriental y centro-sur del área de estudio. Se presenta formando cordilleras alargadas con una topografía abrupta, así como también lomeríos bajos; presentándose en ambos una

**BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA**

orientación general NNW-SSE. Esta secuencia aflora en los cerros Tonibabi, Las Champurradas, Pichababi, El Tule y El Abra, entre otros.

LITOLOGIA Y ESPESOR

Esta secuencia está conformada hacia la base por tobas andesíticas-dacíticas, sobreyacidas por una alternancia de niveles conglomeráticos compuestos por fragmentos de origen volcánico, intercalados con tobas arenosas y derrames; los cuales están siendo coronados por derrames y flujos cuya composición varía entre andesita y basalto, con algunas intercalaciones de areniscas tobáceas (Foto 4).

La parte inferior de esta secuencia se encuentra afectada por el emplazamiento de un tronco cuarzomonzónico, el cual modifica en parte los rasgos originales de la roca. El efecto de esta intrusión hace que las rocas se manifiesten con tonalidades rojizas (Foto 5), como puede verse en el área del Rancho Tonibabi, donde las rocas presentan una mineralogía que consiste de agregados de cristales de sericita, turmalina, óxidos de hierro y cuarzo secundario. En la mayoría de ella aún es posible observar los rasgos mineralógicos y texturales originales.

Los niveles conglomeráticos compuestos por fragmentos de origen volcánico presentan una coloración rojiza. Los fragmentos son subredondeados, de 2 a 30 cm de diámetro y corresponden a ignimbrita, riolita y andesita incluidos en una matriz arenosa con abundante feldespato y biotita.

Las tobas arenosas son de coloraciones que varían de guinda a café rojizo y se presentan bien litificadas. La mayoría de los clastos que las forman provienen de rocas volcánicas de carácter félsico, aunque algunos fragmentos corresponden a rocas intrusivas graníticas.

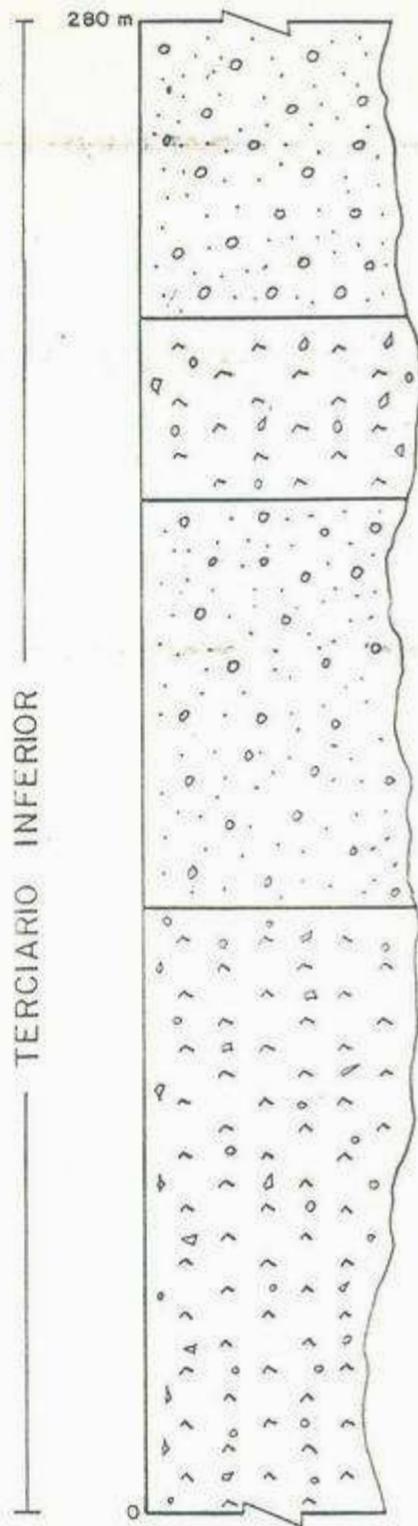
Los niveles correspondientes a flujos y derrames presentan una coloración gris oscura en superficie fresca e intemperizan a colores negros. Presentan una textura afanítica microcristalina, con una mineralogía compuesta de microlitos de plagioclasas con una orientación preferencial, intercrecidas con piroxenos e incluidos sobre una matriz en parte vítrea.

En las cercanías del Rancho Las Tierritas, en una sección medida con brújula y cinta, se obtuvo un espesor parcial de 280 m (Fig. 10); sin embargo se estima que éste sobrepasa los 1,000 m.

RELACION CON LAS ROCAS ADYACENTES

Su contacto inferior no está bien expuesto en el campo, se supone que sobreyace discordantemente a las unidades Agua María, El Sauz y al Batolito de

BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA



Tobas de composición riolítica-riodacítica, con variaciones en el color, textura y mineralogía. Existen niveles con plagioclasas, fragmentos de roca y biotita; además de estructuras esferulíticas.



Material volcanoclástico "tipo Báucarit", conteniendo principalmente fragmentos de rocas volcánicas con tamaños y formas variables, incluidos en una matriz arenosa. Se observan fragmentos de pedernal y algunos niveles esferulíticos.



FIG.10.-SECCION LAS TIERRITAS (Formación Moctezuma)

Oposura. En ocasiones su contacto inferior es por falla con la unidad Agua María, como puede observarse claramente en el arroyo El Peñasco, 3 Km al este del Rancho Los Taraises.

Su contacto superior también es discordante, estando cubierta por derrames, aglomerados y clásticos que constituyen la Formación Báucarit, así como por gravas, arenas y basaltos del Cuaternario.

EDAD Y CORRELACION

En base a sus características litológicas estas rocas son correlacionables con el "Supergrupo Volcánico superior" descrito por McDowell y Clabaugh (1979) en los Estados de Durango y Sinaloa; quienes en base a dataciones radiométricas, utilizando el método K/Ar obtienen edades entre los 21 y 29 Ma; las cuales corresponden al Mioceno temprano - Oligoceno.

Este conjunto de rocas volcánicas también puede ser correlacionable con rocas similares que forman parte de la Sierra Madre Occidental, las cuales fueron estudiadas por Demant et. al. (1989), en los estados de Sonora y Chihuahua; quienes en base a dataciones radiométricas usando el método K/Ar, determinaron una edad que varía en un rango entre los 20 y 35 Ma.

Estas rocas son correlacionables con las descritas por González (1978) en la región de Arizpe, 70 Km al noroeste del área de estudio. Dicho autor menciona que son similares a las descritas por Valentine (1936) en el distrito de Cananea y a las reportadas por distintos autores en otras partes del Estado de Sonora como Nacoziari (Livingstone, 1973; y Brechenbriter, 1975), y en el oeste del estado (Gastil y Krummenacher, 1974), los cuales obtienen una edad del Eoceno-Mioceno utilizando el método K/Ar.

ORIGEN

El origen de estas rocas está relacionado con una intensa actividad magmática-volcánica generada como consecuencia de la subducción de la Placa Farallón debajo de la Placa de Norteamérica, antes del término o consumo de la misma y además por el efecto de un cambio a un régimen distensivo (Damon y Bickerman, 1964). Otros autores atribuyen el origen a la progresión y regresión del arco cordillerano (Coney y Reynolds, 1977).

b) FORMACION BAUCARIT (TsB)

DEFINICION

Dumble (1900), propuso por primera vez el nombre de División Báucarit, para describir una secuencia de sedimentos clásticos, cuya localidad tipo se ubica en la porción sur del Estado de Sonora, específicamente en el poblado Báucarit, localizado en la margen oeste del Río Cedros, municipio de Quiriego, al noroeste de Alamos, Sonora.

Posteriormente King (1939), redefine el nombre, además de cambiar su rango, quedando como Formación Báucarit, tal como se conoce y refiere actualmente.

En este trabajo, se le asigna el nombre de Formación Báucarit a una secuencia de sedimentos clásticos continentales constituida por conglomerados y areniscas bien estratificadas con diferentes grados de consolidación y con interestratificaciones de rocas volcánicas, cuya composición es intermedia-máfica hacia la base; y félsica en la parte media y superior.

Otra localidad típica, en donde se manifiestan con toda claridad y magnitud estos sedimentos, es en la margen oriental del Río Yaqui, en los alrededores del poblado de Chavas.

DISTRIBUCION

La Formación Báucarit se encuentra ampliamente distribuida en los valles que forman parte de la provincia de Sierras y Valles Paralelos, que son los lugares típicos de afloramiento de esta unidad (Menicucci, 1975).

En el área de estudio se encuentra rellenando los valles de Huásabas y de Moctezuma, que muestran una tendencia general NNW-SSE. Los mejores afloramientos dentro de la carta Tonibabi se presentan en el valle de Huásabas, extremo noreste del área de estudio, específicamente en los alrededores de los ranchos El Alamo y Rancho Seco.

LITOLOGIA

Esta formación está constituida hacia la base por detritos y clásticos bien consolidados, los cuales tienen intercalados flujos basálticos y brechas. Hacia la parte superior está formada por areniscas y clásticos pobremente consolidadas y conglomerados con una matriz arenosa. Los conglomerados son polimícticos, mal clasificados, de color café amarillento e imberizan a color gris oscuro. Los fragmentos son subredondeados a angulosos, el tamaño varía entre 3 y 30 cm y en composición varían de acuerdo a las unidades litológicas preexistentes de las que se derivaron. Los fragmentos son principalmente de rocas ígneas como: andesitas, tobas y

rocas de composición granítica-granodiorítica, aunque ocasionalmente se observan clastos de areniscas, calizas y algunas rocas metamórficas como gneises y esquistos.

Las rocas basálticas presentan colores gris oscuro en superficie fresca e intemperizan a colores negros. Presentan una textura afanítica microcristalina, con variaciones en el contenido de vesículas, las cuales están siendo rellenadas por calcita y cuarzo.

El espesor de esta formación no fué medido debido a que la secuencia no se presenta continua, ya que en ocasiones está cubierta por aluvi6n y terrazas compuestas de gravas, arenas y material fino.

Sin embargo, en trabajos realizados en esta misma 6rea, Rold6n (1994) estima un espesor de 900 m para esta formaci6n. En la regi6n del R6o Yaqui (Rold6n y McDowell, 1992) miden una secci6n la cual tiene un espesor de 700 m.

RELACION CON LAS ROCAS ADYACENTES

La Formaci6n B6ucarit se encuentra parcialmente cubierta discordantemente por cl6sticos aluviales y por basaltos del Cuaternario. Se supone que est6n cubriendo discordantemente a rocas sedimentarias del Cret6cico Inferior, volc6nicas del Cret6cico Superior-Terciario inferior (?), rocas gran6ticas del Cret6cico Tard6o-Terciario temprano y volc6nicas del Terciario. En el valle de Moctezuma est6 en contacto con rocas gran6ticas del Batolito de Oposura debido a un fallamiento normal, de dimensiones regionales.

EDAD Y CORRELACION

Se cuenta con algunas edades obtenidas por m6todos radiom6tricos en esta formaci6n, los cuales han sido obtenidos en las rocas volc6nicas que est6n intercaladas en esta secuencia; y existen adem6s reportes de f6siles colectados en las partes arenosas de esta formaci6n.

Existen registros de f6siles dentro de esta formaci6n, tales como huesos, colmillos y dientes los cuales son considerados proboscidianos. De acuerdo a King (1939), "Estos f6siles sugieren una edad del Terciario 6 Cuaternario para esta formaci6n." Estos restos de f6siles fueron colectados en tres localidades separadas: una a 100 Km al sur de Onavas, otra 90 Km al WNW de Onavas; y otra mas en la cuenca del R6o Yaqui, 7.5 Km al norte de Onavas.

Algunos trabajos en este mismo tipo de rocas han estado enfocados a determinar la edad de esta formaci6n, estos estudios han estado basados en granos de polen que se encuentran en sedimentos de grano fino (Mart6nez, 1984), los cuales sugieren rangos de

edad del Oligoceno-Mioceno al Plioceno-Pleistoceno en las localidades ubicadas al noroeste de Onavas.

En trabajos mas recientes sobre esta formación en el área de Onavas (Roldán y McDowell, 1994), midieron una sección en el arroyo El Obispo, donde encontraron bien diferenciados los dos miembros de la formación, al igual como lo observó King (1939) originalmente. Ellos determinaron cuatro edades por el método K-Ar en las rocas volcánicas asociadas a esta formación.

En la sección medida en el arroyo El Obispo determinaron tres edades, la primera es una toba riolítica que se encuentra en la base de la formación, la cual dió una edad de 27.7 ± 1.2 m.a. (Oligoceno Tardío). La segunda es un flujo basáltico que se encuentra casi a la cima del miembro inferior, en el que se obtuvo una edad de 20.2 ± 0.4 m.a.. Una tercera edad se determinó en una ignimbrita riolítica que se encuentra en la cima del miembro inferior, la cual dió una edad de 14.1 ± 0.3 m.a.

Otra datación fué obtenida en la base del miembro inferior, en el flanco este de la cuenca del Río Yaqui, 5 Km al sureste del arroyo El Obispo. Esta edad se determinó sobre un basalto que indica una edad de 27.5 ± 1.1 m.a.

Basados en estos datos isotópicos se establece una edad de Mioceno Temprano al Mioceno Medio para el miembro inferior; y una edad tentativa del Mioceno Medio al Mioceno Tardío para el miembro superior (McDowell y Roldán, 1994).

AMBIENTE DE DEPOSITO

La Formación Báucarit se considera como un depósito típico de ambiente continental rellenando grandes valles formados por fallamiento contemporáneo, donde hacia los flancos de las montañas se presenta en forma de abanicos aluviales.

c) CENOZOICO CONTINENTAL INDIFERENCIADO (Cci)

DEFINICION

Este término se utiliza para designar la depositación de un conjunto de materiales clásticos, gravas y arenas, rellenando a los grandes valles, depresiones y partes bajas; y que se han originado debido a la erosión de las montañas que limitan a estos valles. Se caracteriza por tener una gran variedad de litologías, tamaño y grado de redondez de los constituyentes, los cuales varían de acuerdo a la fuente de suministro y a la cercanía de esta.

BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA

DISTRIBUCION

En el área de estudio se presenta en las partes topográficamente bajas como relleno de valles y pequeñas depresiones intermontanas. La principal exposición de este material se observa en el Valle de Moctezuma que se encuentra en la porción oeste del área de estudio.

LITOLOGIA Y ESPESOR

Estos sedimentos clásticos están constituidos por gravas levemente consolidadas, con fragmentos redondeados a angulosos. Los colores varían de acuerdo a la cantidad y composición de los clastos, así como también la presencia y característica del material arcilloso; por lo que se observan colores café, gris claro, amarillento, blanco y algunas tonalidades rojizas debido a oxidación.

Los componentes de esta unidad son muy variados, ya que están controlados por el entorno geológico y la distancia de la fuente de origen. Por lo tanto se presenta como un material heterogéneo, cuyos componentes generalmente son: andesitas, tobas, riolitas, basaltos, areniscas, calizas y rocas intrusivas.

El espesor no fué medido, pero debido a información que se tiene de áreas vecinas, el espesor se considera en un rango de 200 m (Bojorquez y Rosas, 1988).

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Está cubriendo en discordancia angular a todas las unidades que afloran en esta área, excepto los basaltos Cuaternarios y los aluviones recientes de origen fluvial que la cubren discordantemente.

EDAD Y CORRELACION

Se asigna a estos clásticos una edad Cuaternario, debido a la posición que guardan con respecto a la Formación Báucarit, a la que sobreyacen discordantemente, y por contener restos fósiles que consisten en dientes de caballo y venado, a los que se les asignó una edad Pleistoceno medio (Roldán, 1994).

AMBIENTE DE DEPOSITO

Este conjunto de sedimentos se considera que son formados en un ambiente continental como abanicos aluviales y depósitos de talud, formados por procesos erosivos de las partes altas, que generalmente delimitan a la cuenca o depresión donde se depositaron.

Estudios palinológicos que se efectuaron en estos sedimentos en el Valle de Moctezuma, en unas intercalaciones de arenisca-lodolita que contienen yeso, demostraron que dichas capas fueron depositadas en un ambiente lacustre (Paz, 1987). Estos paleolagos se formaron en depresiones que probablemente estaban en la parte

mas alejada de la fuente de origen de los materiales en donde hubo acumulación de agua y sedimentos mas finos.

ALUVION

Agrupar a los sedimentos recientes no consolidados, constituídos por arenas y sedimentos muy finos, que varían de composición, tamaño y color, en función de las particularidades de la fuente de origen.

Se ubican generalmente a lo largo de los grandes cauces o ríos que drenan el área y su espesor es de unos decímetros hasta varios de metros.

Cubre discordantemente a todas las unidades reportadas dentro del área de estudio.

d) BASALTOS CUATERNARIOS (Qb)

DEFINICION

Se define con este nombre a un campo basáltico producto de dos diferentes eventos eruptivos, uno del tipo fisural y el otro asociado a conos de escoria. Las lavas fisurales son de naturaleza toleítica; mientras que las provenientes de los conos de escoria son alcalinas (Paz, 1985 y 1987).

DISTRIBUCION

Estas lavas se encuentran aflorando en el extremo suroeste del área de estudio, en el valle de Moctezuma, se presentan formando mesetas horizontales que cubren a sedimentos y gravas no consolidados que forman las terrazas.

LITOLOGIA Y ESPESOR

Estas lavas corresponden a dos eventos volcánicos:

-El primero es del tipo fisural y predominantemente efusivo, con un carácter químico toleítico. Su emisión se encuentra controlada por una falla, a lo largo de la cual se pueden observar tres centros de salida, así como la dirección del flujo de lava hacia el oeste, siguiendo la pendiente del terreno.

-El segundo episodio está caracterizado por la formación de aparatos volcánicos de un carácter químico alcalino, que se encuentran enmascarando las coladas de base. Este tipo de vulcanismo se encuentra aflorando al sur del área de estudio.

Los basaltos de "tipo fisural" que son los que afloran en el área de estudio presentan una coloración que varía de gris oscuro a café oscuro en superficie fresca e intemperizan de café oscuro a café amarillento.

La mineralogía está representada por plagioclasas (labradorita-bitownita), clinopiroxenos (augita) y olivinos frescos o ligeramente iddingsitizados. Presenta una textura afanítica, microlítica y con escasos microfenocristales de olivino.

El espesor de estos basaltos es muy variado, se presenta desde 10-12 cm hasta los 30 m, dependiendo del lugar donde se depositaron cuando se extruyeron se podría considerar un promedio de 6-10 m (Paz, 1995, comun.pers) y cubriendo una superficie de 300 Km² en el valle de Moctezuma (Paz, 1985).

RELACION CON LAS ROCAS ADYACENTES

Esta unidad es la mas joven que aflora en el área (excepto aluvión) y se encuentra expuesta en el valle de Moctezuma, cubriendo discordantemente a la Formación Báucarit y a las terrazas del Cuaternario, las cuales están constituidas por gravas y arenas no consolidadas.

EDAD Y CORRELACION

La edad de esta unidad está basada en una muestra de basalto proveniente de una colada del Cerro Blanco, que está 5 Km. al Sw de Divisaderos, donde Paz (1987) reporta una edad de 520,000 años. La edad fué obtenida sobre roca total y el método usado fué el de K-Ar. Esta edad es similar con las edades obtenidas para estas mismas rocas en el campo basáltico del Pinacate. Además se cuenta con estudios palinológicos en los sedimentos que se encuentran subyaciendo a los basaltos del tipo fisural; en estos sedimentos se determinó una edad del Plioceno temprano (Paz, 1987). Debido a las edades obtenidas y en base a las relaciones de campo observadas entre los basaltos y los sedimentos que se encuentran abajo de ellos, Paz (1987) les asignó una edad Plio-Cuaternaria, haciendo esta edad extensiva a otros campos basálticos localizados al sureste de Moctezuma (Fig. 11).

Esta unidad es correlacionable con otras manifestaciones similares en el estado de Sonora, los cuales corresponden a la última emisión de rocas volcánicas en el noroeste de México (Fig. 11). En todos ellos se observan las formas volcánicas bien preservadas y una posición subhorizontal para sus coladas, donde además la mayoría son alcalinos, a excepción del Basalto Empalme que es toleítico.

**BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA**

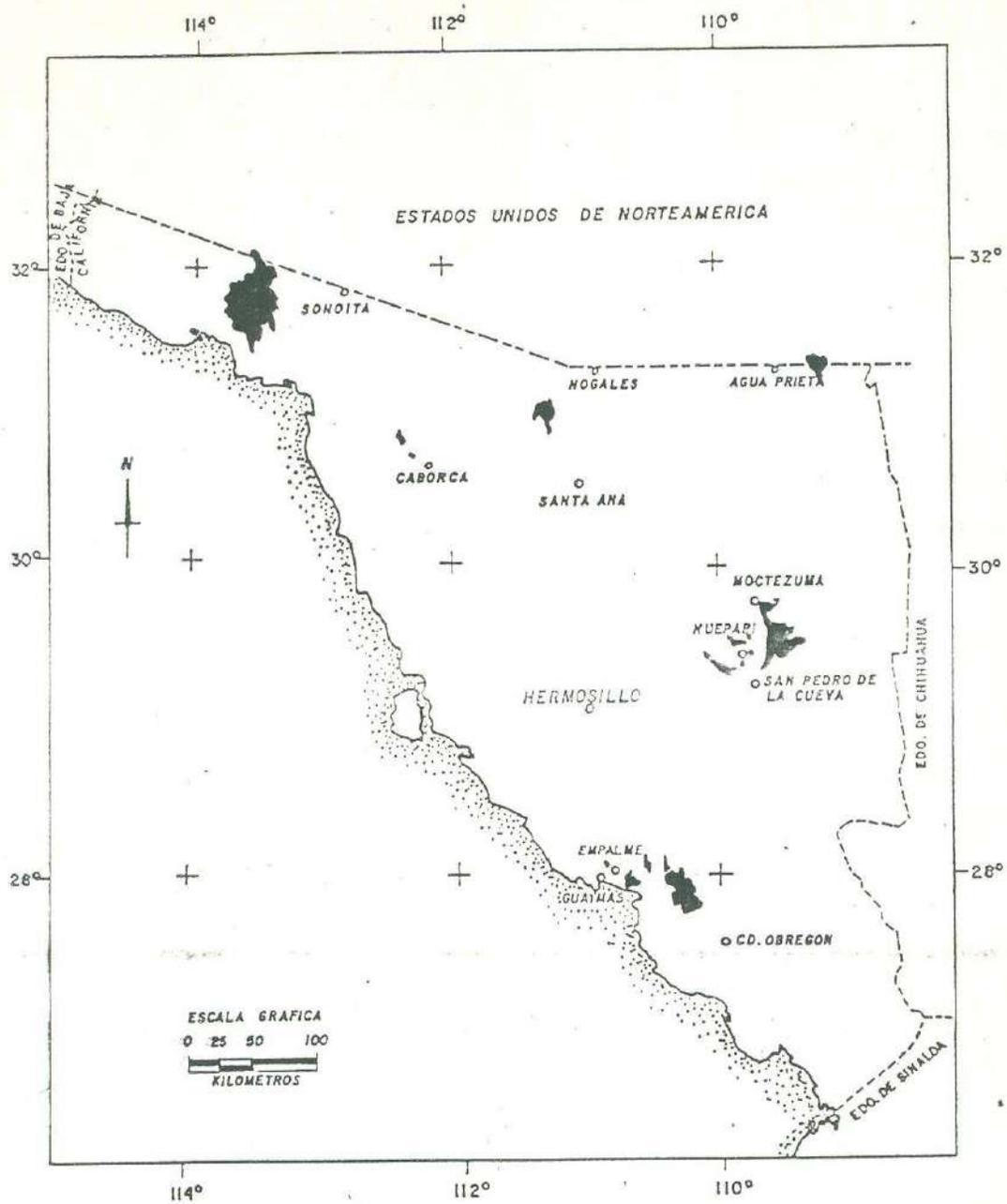


Fig. II.- CAMPOS BASALTICOS PLIO-CUATERNARIOS ESTUDIADOS EN SONORA.

TOMADA DE PAZ (1987)

ORIGEN

Esta unidad está relacionada a la reactivación de fallas antiguas del "Basin and Range", como la del valle de San Bernardino, Sonora (Dubois y Smith, 1980), y aplicable en el área a la falla localizada en el borde occidental del Batolito de Oposura, que sirvió de conducto para que se extruyeran estos basaltos en el valle de Moctezuma.

e) BATOLITO DE OPOSURA (K-Tbo)

DEFINICION

Se le da el nombre de Batolito de Oposura a un cuerpo de rocas intrusivas de composición granítica de dimensiones batolíticas, presenta una textura porfídica, en ocasiones fanerítica equigranular, cuya litología mas común es granito porfídico y en menor proporción, algunas rocas con menor contenido de cuarzo, como cuarzomonzonita, granodiorita, cuarzodiorita y gabro. Dentro de estas rocas se incluyen también diques pegmatíticos, aplíticos y andesíticos, siendo los dos primeros los mas antiguos y abundantes.

DISTRIBUCION

Estas rocas se encuentran ampliamente distribuidas en el área de estudio, y se manifiestan formando el núcleo de la sierra La Madera o de Oposura y hacia el sur la sierra Los Ceniceros y algunas partes bajas en varias localidades.

LITOLOGIA

El Batolito de Oposura está constituido por un conjunto de rocas intrusivas que varían desde granito hasta gabro. El color varía de blanco con tonos oscuros debido a la presencia de ferromagnesianos. Los minerales esenciales son cuarzo, feldespato potásico y plagioclasas; teniendo como minerales accesorios biotita, hornblenda, piroxenos, olivino, esfena, minerales opacos; y como constituyentes menores, zircón y apatita. La muscovita es escasa, se considera que puede ser primaria y asociada con fases enriquecidas en alúmina.

Dentro del área de afloramiento del batolito fueron identificados dos lugares con xenolitos de gabronorita; una a 2.5 Km. al suroeste del rancho El Guérigo, y la otra al norte del rancho El Nogalito.

Con el fin de simplificar la descripción litológica y petrográfica de estas rocas intrusivas, se agrupan dentro de un todo donde quedan incluidos también los diques de pegmatita, aplita y andesita. Los stocks de cuarzomonzonita localizados en el borde suroccidental del batolito así como los afloramientos de rocas máficas que afloran en la parte central de la hoja, presentan características mineralógicas distintivas y magnitudes

aflorantes que permiten separarlos del conjunto de rocas intrusivas que definen al Batolito de Oposura.

Las rocas graníticas del batolito son generalmente porfídicas, con fenocristales de feldespato potásico hasta de 1 cm; mientras que las otras facies son holocristalinas, faneríticas de grano grueso (mayor que 5 mm), siendo sus cristales euhedrales. Las texturas más comunes observadas a escala microscópica son las mirmequíticas, en las que en los bordes de las plagioclasas se observa intercrecimientos de cuarzo. Otra textura que se presenta frecuentemente es la micropertítica, donde se observó intercrecimientos de microclina con albita. Esta textura es más frecuente en los fenocristales de microclina superiores a 2 mm. Las texturas gráficas son poco comunes a escala microscópica en los granitos, pero son abundantes en las pegmatitas, a escala megascópica.

Las pegmatitas se presentan intrusionando a todas las rocas que forman al batolito, excepto los diques andesíticos que son ligeramente más jóvenes que éstas. Están constituidas por cuarzo generalmente lechoso, en menor proporción se presenta cristalino; en algunos lugares se observan diques compuestos únicamente por cuarzo. Contienen además microclina, ortoclasa y albita como feldespatos alcalinos; estos minerales están tanto en los diques de cuarzo como en las pegmatitas. Se observa biotita en mayor proporción que muscovita, ambas en menor proporción que los feldespatos y se encuentran en los contactos con las rocas encajonantes.

Se presenta epidota de manera abundante asociada a las pegmatitas, en pequeñas bolsas de decenas de centímetros de espesor y algunos metros de longitud. Existe también turmalina, pirita, granate y en ocasiones berilo.

Además de la mineralogía descrita anteriormente, Garza (1960) reporta la presencia de scheelita en cantidades significantes dentro de algunos diques pegmatíticos.

Los diques aplíticos y andesíticos se encuentran en menor proporción, siendo los andesíticos los más jóvenes. La mineralogía de los diques aplíticos está representada por un agregado de grano fino constituido por cristales anhedrales de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa sódica y cantidades menores de biotita, hornblenda, esfena, magnetita y apatita. Estos diques aplíticos presentan una textura típica sacaroides y en muchos casos se observó su íntima relación y transición a diques de pegmatitas.

Por otra parte los diques andesíticos están constituidos por un agregado de plagioclasas sódico-cálcicas con cantidades variables de hornblenda y piroxenos, con un rasgo textural desde porfídico a cristalino de grano fino y afanítico.

El stock de cuarzomonzonita es un cuerpo de pequeña dimensión que se encuentra emplazado en el borde oeste del batolito. Aflora en las cercanías del rancho Tonibabi donde se encuentra afectando a rocas volcánicas y volcanoclásticas postbatolíticas (Formación Moctezuma). La zona de influencia de este stock es muy característica, ya que se observan zonas de oxidación y alteración hidrotermal en los contactos entre éste y las rocas volcánicas. Megascópicamente estas rocas presentan una coloración que varía de tonos rosa claro a gris claro, con texturas faneríticas de grano medio a grueso, destacando la presencia de cuarzo, feldespatos, ferromagnesianos, turmalina y epidota. El estudio petrográfico define a una roca con una textura holocristalina, hipidiomórfica, porfídica, con una matriz fanerítica de grano medio a grueso. La mineralogía consiste de fenocristales de plagioclasas, en sus variedades de oligoclasa-andesina, feldespato potásico representados por microclina y ortoclasa intercrecidos con cristales anhedrales de cuarzo. Los ferromagnesianos corresponden a cantidades variables de biotita y hornblenda. Son observables minerales producto de procesos hidrotermales, que produjeron la formación de turmalina, clorita, sericita, cuarzo y epidota.

Las rocas máficas se caracterizan por constituir afloramientos de longitud y espesor de varios cientos de metros, con una coloración rojiza que facilita su separación del conjunto de rocas intrusivas del batolito. En muestra de mano estas rocas presentan una coloración que varía de gris-oscuro a negro verdoso, en donde los cristales de ferromagnesianos y plagioclasas constituyen una textura fanerítica-porfídica. Sus características petrográficas definen una típica textura poiquilitica, en donde los fenocristales de orto y clinopiroxenos engloban a cristales de olivino y en menor proporción plagioclasas. Los cristales de olivino presentan un mayor grado de alteración, manifestándose como un agregado de iddingsita, minerales arcillosos, clorita y en algunos casos serpentina.

CONTACTOS CON ROCAS ADYACENTES

Este conjunto de rocas plutónicas se encuentra intrusionando y en ocasiones mineralizando a rocas paleozoicas (?) y mesozoicas; las cuales se interpreta que están en forma de techos colgantes sobre estas rocas intrusivas. Por otra parte estas rocas son sobreyacidas discordantemente por rocas volcánicas terciarias, y en ocasiones están en contacto por fallamiento normal con gravas y conglomerados del Terciario (Fm. Báucarit) y Cuaternario.

EDAD Y CORRELACION

En este batolito se cuenta únicamente con dos edades publicadas dentro del área de estudio, dichas dataciones fueron obtenidas por el método K-Ar (Damon y otros, 1983). La primera corresponde a una granodiorita porfídica, usando biotita, para la cual se determinó una edad de 59.6 ± 1.3 m.a.; la segunda se obtuvo de una granodiorita,

BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA

analizando también biotita, para la cual se determinó una edad de 62.7 ± 1.4 m.a.. Estas muestras se localizan en la parte sureste del batolito, en las cercanías del Rancho El Encino. En base a estas edades, se considera que estas rocas forman parte del Batolito Larámide de Sonora, descrito por Damon y colaboradores (1983).

Se cuenta con algunas dataciones en áreas vecinas llevadas a cabo, por Damon y colaboradores (1983), como es el caso de la mina Washington, donde se fechó una granodiorita con el método K-Ar, para la cual se obtuvo una edad de 56.4 ± 1.2 m.a., existe otra datación en una brecha hidrotermal usando el mismo método, donde obtuvieron una edad de 45.7 ± 1.0 m.a.; En la Mina El Crestón se fechó un granito, el cual dió una edad de 53.5 ± 1.1 m.a., en Mazocahui se fechó una pegmatita con una edad de 41.6 ± 1.0 m.a.; en La Puerta del Sol se fechó un pórfido granítico, el cual dió una edad de 57.0 ± 3.0 m.a. (Anderson et. al, 1980). Existen además otras edades, las cuales se enlistan en la figura 12.

ORIGEN

Se considera que todo este conjunto de rocas es producto de una cámara magmática de grandes dimensiones, en la cual las gabronoritas son ligeramente anteriores al emplazamiento del cuerpo granítico que forma el núcleo de la sierra La Madera, donde posteriormente se emplazaron los diques pegmatíticos, apfíticos y andesíticos; así como el tronco cuarzomonzonítico.

Este conjunto de rocas intrusivas se generaron a partir de la subducción de la Placa Farallón bajo la Placa Norteamericana a fines del Cretácico. Este evento tectónico se conoce con el nombre de Orogenia Larámide (Damon et. al., 1964).

FIG. 12.- EDADES DE ROCAS INTRUSIVAS DEL COMPLEJO BATOLITICO LARAMIDE DE SONORA Y ROCAS VOLCANICAS ASOCIADAS, EN LA REGION CENTRAL DE SONORA.

LOCALIZACION	COORDENADAS	TIPO DE ROCA Y REFERENCIA	MINERAL O MATERIAL FECHADO	EDAD Ma
MINA EL CRESTON HOJA OPODEPE	29° 53' NORTE 110° 40' OESTE	GRANITO (4)	SERICITA	53.5 ± 1.1
MINA SAN FELIPE HOJA ACONCHI	29° 53' NORTE 110° 18' OESTE	PORF. RIOLITICO (4)	ORTOCLASA	51.5 ± 1.1
MINA EL JARALITO HOJA BAVIACORA	29° 38' NORTE 110° 15' OESTE	GRANITO (6)	HORNBLENDA	51.8 ± 0.5
MINA SANTA ROSA HOJA ACONCHI	29° 53' NORTE 110° 18' OESTE	PORF. RIOLITICO (4)	SERICITA	49.6 ± 1.0
MINA SAN JUDAS HOJA CUMPAS	29° 48' NORTE 109° 59' OESTE	PORFIDO MONZO- NITICO (2)	BIOTITA	53.1 ± 1.7
MINA CUMOBABI HOJA CUMPAS	29° 48' NORTE 110° 59' OESTE	DIORITA PORFI- DICA (2)	BIOTITA	56.0 ± 5.1
MINA LA VERDE HOJA CUMPAS	29° 48' NORTE 110° 59' OESTE	MICROGRANITO PORFIDICO (2)	BIOTITA	55.6 ± 0.3
MINA LA VERDE HOJA CUMPAS	29° 48' NORTE 110° 59' OESTE	ALTERACION POTASICA (2)	BIOTITA DE BRECHAS	56.7 ± 1.3
MINA SAN JUDAS HOJA CUMPAS	29° 48' NORTE 110° 59' OESTE	BRECHA DE GRANO- DIORITA (4)	BIOTITA	40.0 ± 0.9
MINA WASHINGTON HOJA ACONCHI	29° 54' NORTE 110° 04' OESTE	BRECHA HIDRO- TERMAL (4)	SERICITA	45.7 ± 1.0
MINA WASHINGTON HOJA ACONCHI	29° 54' NORTE 110° 05' OESTE	GRANODIORITA (4)	BIOTITA	56.4 ± 1.2
MAZOCAHUI HOJA BAVIACORA	29° 30' NORTE 110° 09' OESTE	PEGMATITA (1)	MUSCOVITA	41.6 ± 1.0
PUERTA DEL SOL HOJA PUERTA DEL SOL	29° 28' NORTE 110° 15' OESTE	PORFIDO GRANI- TICO (5)	ZIRCON	57.0 ± 3.0
MINA ARENILLAS HOJA EL RODEO	29° 43' NORTE 109° 45' OESTE	RIOLITA (1)	MATRIZ ROCA	40.6 ± 1.0
MINA ARENILLAS HOJA EL RODEO	29° 43' NORTE 109° 45' OESTE	TOBA RIOLITICA (3)	ROCA TOTAL	40.0 ± 2.0
SIERRA LA MADERA HOJA TONIBABI	29° 52' NORTE 109° 27' OESTE	GRANODIORITA PORFIDICA (1)	BIOTITA	59.6 ± 1.3
SIERRA LA MADERA HOJA TONIBABI	29° 51' NORTE 109° 16' OESTE	GRANODIORITA (1)	BIOTITA	62.1 ± 1.4

REFERENCIAS : (1) DAMON ET. AL., 1983-a; (2) SCHERKENBACK ET. AL., 1985; (3) MARRS, 1979;
(4) DAMON ET. AL., 1983-b; (5) DAMON Y MAUGER, 1966; (6) MEAD, 1982.



UNIVERSIDAD DE SONORA
FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento de Geología
BIBLIOTECA

TECTONICA Y GEOLOGIA ESTRUCTURAL

TECTONICA

Los eventos tectónicos posteriores al Cretácico Inferior que se han registrado en Sonora, se han distinguido por sus características estructurales y por las diferentes unidades que afectan, las cuales varían en rangos muy amplios de edad, composición y origen.

Estos eventos tectónicos han dejado huellas en sedimentos que se encuentran mejor y mas ampliamente expuestos, tales como los del Grupo Bisbee que afloran en el norte y noreste del estado de Sonora, los cuales muestran el registro de los diferentes procesos geodinámicos posteriores al Cretácico Inferior.

En dichas áreas, se reconoce dos eventos de deformación compresiva: uno asignado a la fase Mesocretácica, reportado por Rangin (1982) y que se caracteriza por plegamiento y cabalgamiento hacia el noreste, producidos por colisión de microcontinentes contra el continente Norteamericano, en el noroeste de México (Rangin, op. cit.). El segundo evento corresponde a la fase Larámide que ocurrió durante el Cretácico Tardío-Eoceno, la cual estuvo acompañada por magmatismo calcoalcalino que migró de poniente a oriente del estado (Anderson y otros, 1980). La deformación Larámide produjo plegamientos y cabalgamientos locales con dirección de estructuras NW-SE, con asimetría y transporte tectónico, respectivamente, tanto hacia el nororiente como hacia el sudponiente, que son bien conocidos en el noreste de Sonora (Rangin, 1977) y sureste de Arizona (Davis, 1979 en González, 1988).

Durante el Terciario, las rocas mesozoicas y las estructuras laramídicas de Sonora fueron cubiertas por varios eventos de volcanismo, las cuales han sido descritas por Roldán y Solano (1978), McDowell y Clabaugh (1979), Demant et. al. (1989). En el Mioceno temprano se inició un episodio de fallamiento extensivo que originó la disposición fisiográfica actual del Estado de Sonora, caracterizada por una serie de sierras y valles paralelos. Dentro de estos valles se depositaron sedimentos clásticos continentales de origen fluvial y lacustre, con intercalaciones de vulcanismo basáltico en sus niveles inferiores que formaron espesores del orden de las centenas de metros y que son conocidos con el nombre de Formación Báucarit (King, 1939).

Un régimen tectónico mas joven caracterizado por movimientos distensivos, que comenzó en el Plioceno temprano y que todavía está activo (Colletta et. al., 1984), es probablemente el causante de la reactivación de fallas antiguas del tipo "Basin and Range" como la del valle de San Bernardino, Sonora (Dubois y Smith, 1980) y aplicable en nuestra área a la falla oriental del valle de Moctezuma, la cual sirvió de conducto

BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA

para que se extruyeran sobre los depósitos de arenas y gravas del Cuaternario el Malpaís basáltico de Moctezuma (Paz, 1987).

Las manifestaciones mas recientes de la reactivación de las fallas asociadas al "Basin and Range", son los temblores ocurridos en el Valle de San Bernardino en 1887 (Dubois y Smith, 1980), 1923 (Morales y González; com. pers.). y el mas reciente que ocurrió en los meses de agosto a octubre de 1993 cuyos efectos se sintieron en el valle del Río Bavispe, afectando a las poblaciones de Villa Hidalgo, Huásabas y Granados, entre otros (Morales y González, 1993).

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

En la Hoja Tonibabi hay evidencias de la mayor parte de los eventos geológicos mencionados que ocurren a nivel regional; a continuación se hace una descripción general de las principales características estructurales de cada unidad.

La unidad Agua María que se presenta como un techo colgante sobre el Batolito de Oposura, presenta un cierto plegamiento que está evidenciado por el cambio de dirección de los rumbos y echados en algunos niveles y por la presencia de pequeños pliegues que se desarrollaron mejor en los niveles mas carbonatados de esta secuencia. Este plegamiento es causado por la intrusión del Batolito de Oposura, o por un evento tectónico anterior.

Además del plegamiento, esta unidad está siendo afectada por algunas fallas normales que la pone en contacto con diferentes unidades litológicas (ver plano geológico).

En la unidad El Sauz se presenta plegamiento a nivel de estratos en los horizontes carbonatados, sin llegar a afectar a toda la secuencia volcanosedimentaria. Este plegamiento probablemente es causado por efectos del emplazamiento del intrusivo, ya que debido al calor emanado por éste, aunado al basculamiento que produjo cuando se emplazaba, provocó corrimientos en los estratos mas competentes, dando como resultado este plegamiento.

Esta unidad está afectada por una serie de fallas normales sin una orientación definida, muestra además un cierto fracturamiento causado por los esfuerzos a que ha sido sometida por los diferentes eventos tectónicos asociados a la Orogenia Larámide y a la fase distensiva que dió origen al "Basin and Range".

El Batolito de Oposura muestra un fracturamiento en varias direcciones, además está cortado por diques pegmatíticos, aplíticos y andesíticos. El rumbo principal de los diques y el fracturamiento es N 10 - 40 W (Fig. 13). El batolito está en contacto con rocas mas

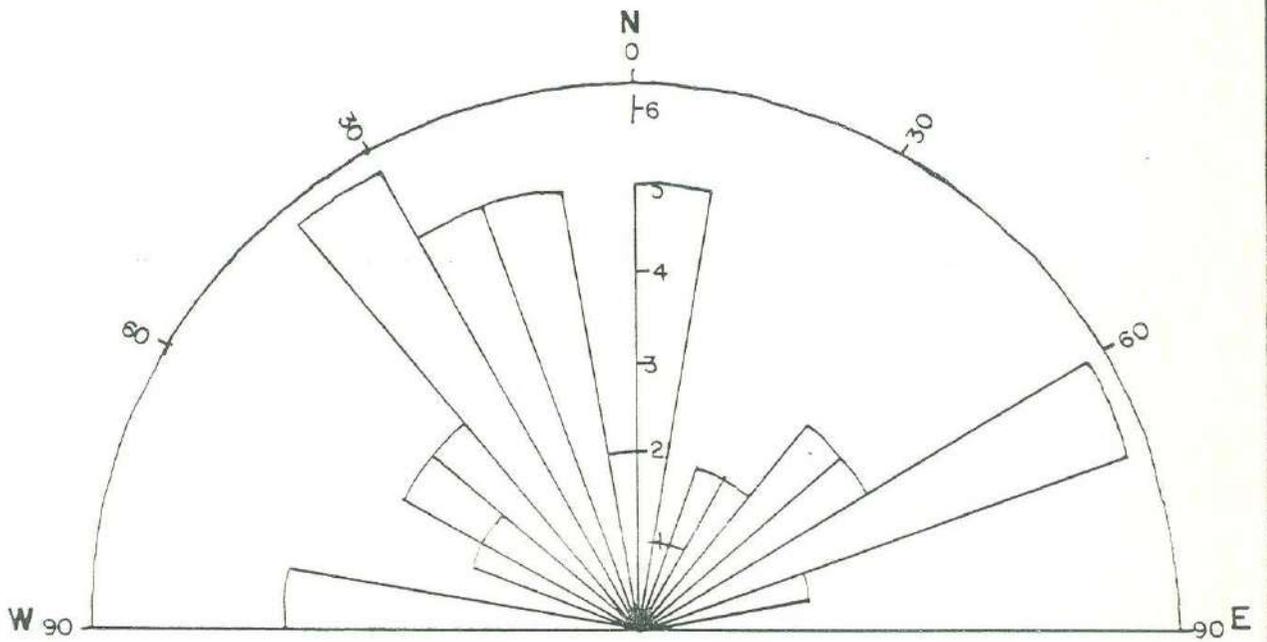


FIG.13.- RUMBOS PRINCIPALES DE LOS DIQUES PEGMATITICOS, APLITICOS Y ANDESITICOS EN EL BATOLITO DE OPOSURA.

Modificado de Roldán, 1994.



EL SANTO DE MIS RIOS
NADA ME SERVE
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

antiguas y mas jóvenes que este. Hacia su flanco oriental intrusión rocas de la Unidad El Sauz que son anteriores al emplazamiento de éste; mientras que hacia su flanco occidental está en contacto por falla con gravas y arenas no consolidadas, de edad Cuaternario.

La Formación Moctezuma se presenta formando un homoclinal con un rumbo general NNW-SSE y con un echado promedio de 35° al noreste. La base de esta secuencia se encuentra afectada por el emplazamiento de un tronco cuarzomonzónico, lo que hace que forme estructuras burdamente dómicas (Garza, 1960). Esta unidad hacia el flanco occidental, está siendo afectada por una gran falla normal asociada al evento distensivo que dió origen al "Basin and Range". Esta falla pone a esta formación en contacto con gravas y arenas no consolidadas del Cuaternario.

La Formación Báucarit presenta un basculamiento promedio de 25° hacia el oeste, que fué causado por un régimen distensivo del Mioceno medio o tardío (Paz, 1987).

El Cenozoico continental indiferenciado en el valle de Moctezuma tiene una ligera inclinación hacia el suroeste, mientras que en el valle de Huásabas-Granados la inclinación, también leve, es hacia el este. Se considera que las inclinaciones en estos conglomerados y gravas de edad Mioceno o mas jóvenes es producto del depósito original, siguiendo paleorelieves y no por efectos tectónicos posteriores a esta depositación (Roldán, 1979). Esta unidad en ocasiones está en contacto por falla con unidades mas antiguas, tal como se observa en el borde occidental del batolito.

En esta unidad se observó una falla con una orientación NNW-SSE, la cual es asignada al movimiento distensivo que dió origen a la morfología actual que define la provincia del "Basin and Range. Esta falla se extiende a lo largo de toda el área de estudio, incluso sobrepasa los límites norte y sur, ya que estas fallas son cartografiadas por mas de 200 Km. (Roldán, 1994).

Las rocas basálticas afloran en forma de mesetas en el valle de Moctezuma, son extruidas a partir de una reactivación reciente de una falla de este tipo (Paz, 1987). Estos basaltos de tipo fisural presentan una ligera inclinación hacia el suroeste, que es la pendiente original que siguieron los flujos lávicos cuando se extruyeron sobre arenas, gravas y sedimentos fluviales no consolidadas del Cuaternario.

IV. GEOLOGIA HISTORICA

a) PALEOZOICO

Aunque rocas de esta edad no fueron plenamente identificadas en el área de estudio, durante este periodo se lleva a cabo la depositación de una secuencia sedimentaria carbonatada-detritica, la cual podría ser correlacionable en edad con secuencias de características litológicas similares que afloran en el área de El Jaralito, Hoja Baviácora, las cuales fueron estudiadas por Peabody (1979), quien les asignó una edad Pérmica (?).

b) MESOZOICO

Del Neocomiano al Aptiano Inferior se presentan dos grandes dominios paleogeográficos en el NW de México:

a) Formación de un arco de islas o de un margen continental en el oeste, originado por la subducción de la placa Farallón debajo de la Americana. Dicho proceso se inició a finales del Jurásico (Rangin, 1982, Minjares y Torres, 1987).

b) Desarrollo de una cuenca sedimentaria al oriente de dicho arco volcánico.

Para Bilodeau y Lindberg (1983), este evento tectónico en el Cretácico Inferior está aunado a movimientos verticales (fallamiento normal), actividad volcánica y fenómenos de subsidencia. Todos estos procesos combinados dieron paso a la gran invasión marina proveniente del sureste de México formando la cuenca de Chihuahua y Bisbee con extensión hasta Sonora.

Hayes (1970), establece una transgresión marina proveniente del Golfo de México (Fig. 14) y propone el avance del mar en el Aptiano hasta llegar a situarse en Arizona depositando sedimentos de planicie costera en el sureste de este estado y en el suroeste de Nuevo México. En el Albiano temprano se llevó a cabo el avance marino de mayor longitud cubriendo la porción suroeste de Arizona. Durante el Albiano medio se nota un aparente retiro del mar del sureste de Arizona y oeste de Sonora, para finalmente retirarse de estas regiones en el Albiano tardío. Esta regresión del nivel del mar hacia el este es debido a efectos de levantamiento regional (Bilodeau op. cit.). Es este levantamiento el que produce una etapa erosiva de las rocas del Cretácico Inferior dejando solo vestigios.

La depositación de la unidad Agua María se lleva a cabo durante la transgresión marina en un ambiente marino somero, nerítico de plataforma y de baja energía.

BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA

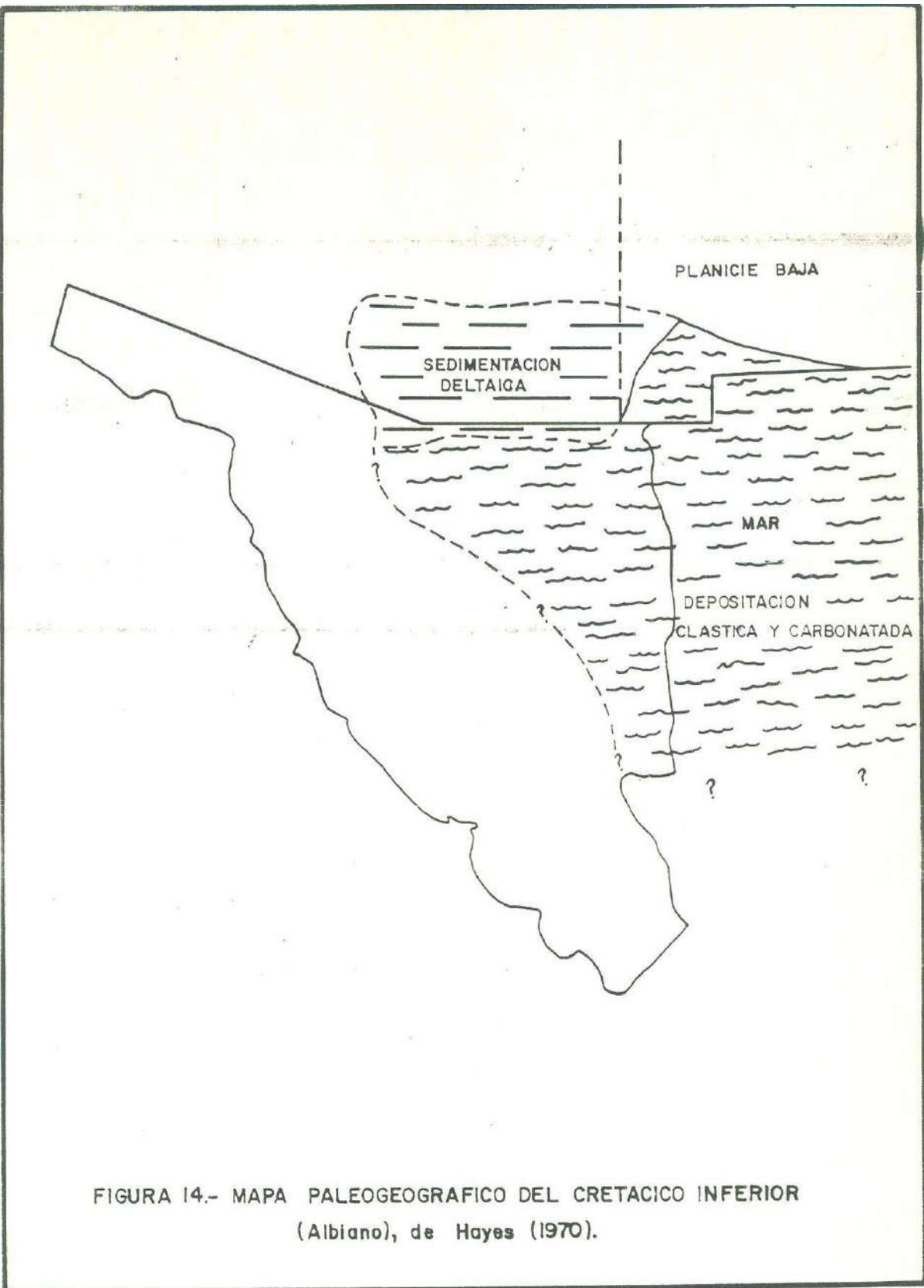


FIGURA 14.- MAPA PALEOGEOGRAFICO DEL CRETACICO INFERIOR (Albiano), de Hayes (1970).

Posterior a la depositación de las secuencias sedimentarias se tiene la interacción de un arco volcánico en el Cretácico Superior que da lugar a la generación de grandes volúmenes de rocas andesíticas-dacíticas que corresponden al "Lower Volcanic Complex" de McDowell y Keizer (1977).

Estas rocas volcánicas se depositaron hacia la parte inferior de la secuencia en forma de tobas, brechas y aglomerados; mientras que hacia la parte superior presenta intercalaciones de calizas y areniscas.

Esta secuencia se depositó de manera discordante sobre las secuencias del Cretácico Inferior (Fig. 7), regionalmente se le considera correlacionable con la Formación Tarahumara que anteriormente fueron consideradas como del Cretácico Inferior. Sin embargo información radiométrica en muestras ubicadas en la porción centro-oriental de Sonora y obtenidas en los niveles donde predomina un ambiente volcanosedimentario (interpretado como correspondiente a la parte superior de esta formación), muestran que en realidad su rango de edad es del orden entre los 60 y 80 m.a., al menos para estos niveles.

En investigaciones anteriores se consideró que esta Formación Tarahumara era equivalente a las rocas volcanosedimentarias que conforman a la Formación Alisitos; pero con la información actual es evidente que esta última es de una edad del Cretácico Inferior y la otra del Cretácico Superior-Terciario inferior (Rangin, 1982; Bojórquez y otros, 1988; McDowell y otros, 1994).

En la figura 15 se muestra un esquema paleogeográfico regional del estado de Sonora correspondiente al Cretácico Tardío- Terciario temprano. Hacia el extremo oriental se observa un ambiente netamente marino que es la continuación de la cuenca de Chihuahua en donde se depositaron espesores potentes de rocas carbonatadas-detriticas del Cretácico Inferior. Hacia el oeste de este ambiente se interpreta la presencia de una franja volcanosedimentaria en donde se intercalan secuencias sedimentarias de espesor variable dentro del conjunto de rocas volcánicas. Mientras que hacia el extremo poniente se caracteriza por un ambiente netamente volcánico.

Después de la depositación de la Formación Tarahumara, la cual es representada en la hoja Tonibabi por la unidad El Sauz, se llevó un emplazamiento múltiple de rocas intrusivas como resultado del evento tectónico de la Orogenia Larámide, que en el área se manifiesta como el Batolito de Oposura. Dichos rocas intrusivas al emplazarse fracturaron y alteraron-metamorfizaron tanto a las rocas sedimentarias del Cretácico Inferior, como a la secuencia volcanosedimentaria (Formación Tarahumara) del Cretácico

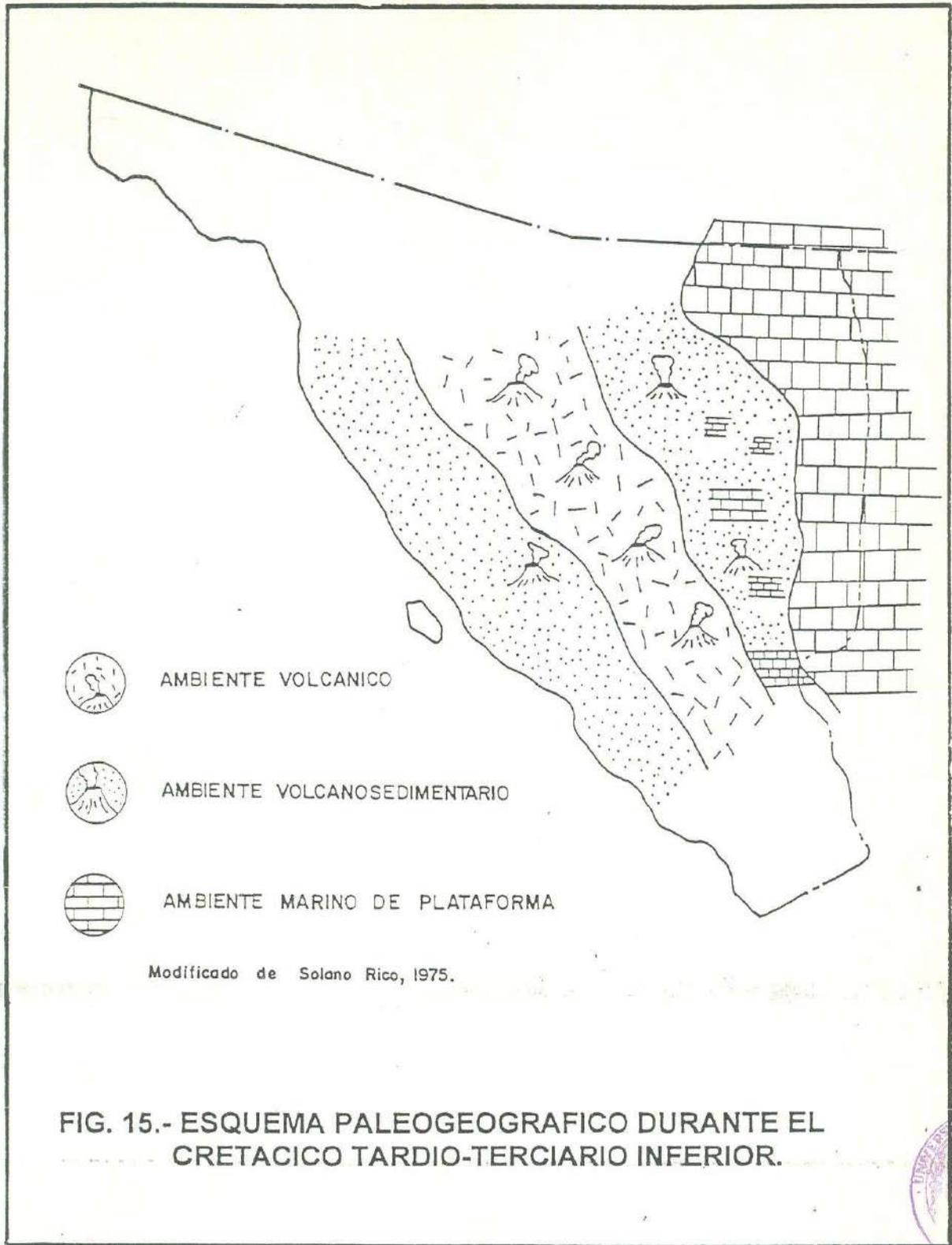


FIG. 15.- ESQUEMA PALEOGEOGRAFICO DURANTE EL
CRETACICO TARDIO-TERCIARIO INFERIOR.



EL SABER ES UN HIJO
HARMI EN LA VEZA
Escuela de Ingenieros
Depto. Geología
BIBLIOTECA

Superior-Terciario inferior a la que le imprimió una muy marcada alteración del tipo "propilítica" según el modelo de Lowell y Guilbert (1970).

c) CENOZOICO

En el Oligoceno temprano se lleva a cabo la depositación de una secuencia volcanoclástica, la cual está compuesta de andesitas e ignimbritas riolíticas porfídicas, las cuales están en un rango de edad de 35 m.a. (Demant et. al, 1989) y que son intrusionadas localmente por cuerpos hipabisales.

Para el Oligoceno Superior-Mioceno Inferior continúa un volcanismo caracterizado por la ocurrencia de lavas máficas (basaltos y andesitas basálticas) intercaladas con ignimbritas silíceas (volcanismo bimodal), que se deposita concordantemente sobre la secuencia volcánica del Oligoceno Inferior. Las edades determinadas por el método K-Ar para los basaltos oscila entre 30 y 20 m.a. (Bockoven, 1980; Damon et. al., 1981; Montigny et. al., 1987 en Demant et. al., 1989).

Las rocas félsicas son características de series calcoalcalinas, mientras que las lavas máficas del Oligoceno Superior-Mioceno Inferior son transicionales entre basaltos calcoalcalinos y toleitas continentales.

Estas rocas volcánicas Oligocénicas, McDowell y Keizer (1977) lo llamaron "Upper Volcanic Supergroup", complejo que forma la mayor parte de lo que es la Sierra Madre Occidental y que en el área de estudio están representadas por la Formación Moctezuma. McDowell y Clabaugh (1981) consideran que este volcanismo fué desarrollado después de un hiatus entre los 45 y 34 Ma. en que la actividad magmática cesó.

Este volcanismo está relacionado a una importante fase tectónica que cambió de régimen compresional a extensional que provocó el desarrollo de una serie de grandes fallas normales que dieron lugar a la actual morfología de sierras y valles paralelos.

Simultáneamente se produjo la erosión en las partes topográficamente altas, depositándose el material erosionado en las cuencas producidas en la fase distensiva. A esta secuencia se le llamó Formación Báucarit (King, 1939), a la cual se le asigna una edad del Mioceno (McDowell y Roldán, 1994) sustentado en edades obtenidas por métodos isotópicos en rocas volcánicas intercaladas en dicha secuencia.

Estos depósitos sufren movimientos que se ven reflejados en el área por un basculamiento promedio de 25° al oeste, atribuible al régimen distensivo del Mioceno medio o superior (Colletta et. al. 1984).

Continúa la depositación de gravas y arenas gravosas del Cuaternario, las cuales se

depositaron en discordancia angular sobre la Formación Báucarit, conformando lo que se designa como terrazas.

Un régimen tectónico mas joven caracterizado por movimientos distensivos, que comenzó en el Plioceno temprano y que actualmente todavía está activo (Colletta et. al., 1984), es probablemente el causante de la reactivación de fallas antiguas del "Basin and Range" (Sierras y Valles Paralelos) como la del Valle de San Bernardino, Sonora (Dubois y Smith, 1980) y aplicable en el área a la falla occidental que sirvió de conducto para que se extruyeran sobre los clásticos continentales Cuaternarios, las rocas basálticas que afloran en el área de Moctezuma, las cuales dieron una edad de 520,000 años en base a métodos radiométricos (Paz, 1987).

Posteriormente en el Cuaternario se deposita discordantemente sobre todas las unidades descritas anteriormente, arenas y sedimentos muy finos no consolidados que se presentan generalmente en los cauces de los ríos y arroyos.



IV. GEOLOGIA ECONOMICA

En el área de estudio pueden observarse algunas manifestaciones de mineralización, así como algunas obras mineras que siguen la estructura de las zonas mineralizadas.

En base a las características litológicas observadas en el campo, independientemente de la magnitud de la zona mineralizada, la mayoría de éstos están relacionados al emplazamiento del Batolito de Oposura en sus diferentes fases intrusivas y que afecta a rocas preexistentes que varían en rangos muy amplios de edad, composición y origen; dando como resultado una variedad de zonas mineralizadas que pueden agruparse en los siguientes tipos:

a) MINERALIZACION ASOCIADA AL INTRUSIVO MISMO.

La mineralización está genéticamente asociada a diques pegmatíticos y de cuarzo, los cuales han sido portadores de minerales de interés económico como berilo y scheelita. Los diques tienen como minerales esenciales cuarzo y feldespato potásico; y como accesorios biotita, muscovita, berilo, scheelita, epidota y turmalina. El cuarzo es el mineral más abundante en los dos tipos de diques, llegando en ocasiones a constituir casi la totalidad de estos.

Aunque en reconocimientos de campo no se observaron cantidades significantes de berilo, Garza (1960) afirma que la zona con berilo corresponde a un área bien específica ubicada en el flanco occidental del batolito, en los alrededores del Rancho El Güerigo; la cual cubre un área de 21 Km² donde la variedad aguamarina es la que predomina y que solo en raras ocasiones se presenta con colores blancos y transparentes. El berilo se presenta en forma cristalina distribuido dentro de la masa cuarzosa o bien fuera de ella, hacia los respaldos y en contacto con la roca encajonante.

Aproximadamente 2 Km. al suroeste del rancho El Güerigo se observan algunas obras mineras abandonadas que siguen las estructuras de los diques de cuarzo lechoso, emplazados dentro de rocas máficas. Estos diques presentan cristales cúbicos de pirita con tamaños de 1-2 cm y epidota que se presenta como agregados y en cristales tabulares de 3-4 cm.

En base a los terreros que se ven en estas obras, la mayoría con poco desarrollo; todo parece indicar que la explotación era por oro, estando abierta la posibilidad a la presencia de platinoides, tierras raras y otros minerales que tienen afinidad geoquímica con estas rocas.

b) MINERALIZACION TIPO SKARN

Esta se desarrolla en los contactos del emplazamiento del cuerpo granítico principal del Batolito de Oposura que afecta a rocas sedimentarias carbonatadas-detríticas con una edad asignable al Cretácico Inferior (?). Estas zonas mineralizadas se observan ampliamente en los alrededores del Rancho Agua María y en el Arroyo La Pitahaya.

Al oriente del Rancho Agua María la secuencia sedimentaria está representada por rocas lutíticas en parte transformadas a filitas-pizarras; las cuales presentan cristales milimétricos de pirita diseminada y en mocrovetillas paralelas entre si. El espesor de estas rocas es de 250 m aproximadamente.

Suprayaciendo a las rocas antes descritas se desarrollan zonas con mineralogía típica de skarn, constituidas por granate, epidota, calcita, cuarzo y óxidos de fierro. El espesor de esta unidad es de unos 150 m aproximadamente.

En esta misma área existen algunas obras mineras, las cuales fueron visitadas y estudiadas de una forma muy general. A continuación se mencionan sus principales características observadas:

La roca encajonante corresponde a calizas recristalizadas que muestran una aureola de alteración debido a un metamorfismo de contacto causado por la intrusión del Batolito de Oposura, particularmente con las facies de textura fanerítica. Las obras mineras se presentan siguiendo la zona de contacto entre las rocas sedimentarias y el cuerpo intrusivo, ya que es ahí donde hubo las condiciones propicias para la acumulación de minerales tales como calcopirita, cuprita y probablemente algo de oro. Como minerales de ganga existe pirita, cuarzo, epidota y granate de la serie grosularita. Como minerales de oxidación se observó limonita y malaquita.

En el arroyo La Pitahaya se encuentra un skarn, que por sus características mineralógicas y texturales corresponde con un endoskarn, ya que en los caminamientos se encontraron fragmentos donde se ve claramente la textura del cuerpo intrusivo, que presenta una mineralización constituida por epidota, granate, calcita, óxidos de fierro, cuarzo y evidencias de cristales de scheelita. Se tomaron muestras de este yacimiento para hacer análisis químico, los cuales indican contenidos muy bajos de tungsteno y otros minerales metálicos.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Facultad de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

c) MINERALIZACION ASOCIADA A ROCAS VOLCANICAS PREINTRUSIVAS.

En los alrededores del Rancho El Horror, afloran rocas andesíticas-dacíticas que corresponden a la parte media de la secuencia, las cuales presentan una fuerte oxidación y propilitización causada por las soluciones hidrotermales derivadas del emplazamiento del Batolito de Oposura. Dichas soluciones permearon y mineralizaron a las rocas volcánicas preexistentes las cuales contienen valores anómalos de uranio y oro.

En el área cercana al Rancho El Sauz, específicamente al surcorte se observa una secuencia volcanosedimentaria que corresponde a la parte superior de la secuencia volcánica-volcanosedimentaria. En los niveles sedimentarios se observa una mineralización tipo "skarn" la cual es evidenciada por zonas de anomalías de color y por la presencia de granate, epidota, clorita, cuarzo, calcita y pirita.

En estas zonas existen algunas pequeñas obras mineras las cuales fueron visitadas y estudiadas; a continuación se describen las principales características de estas obras:

Las obras mineras siguen estructuras con mineralización típica de skarn, que no muestran una actitud preferencial; en ocasiones estando en contacto por falla con rocas andesíticas-dacíticas muy alteradas. Se tiene además dentro de estas rocas algunos diques de cuarzo con espesores promedios de 70-80 cm. La mineralización consiste de calcopirita, bornita, galena, esfalerita y posiblemente valores de oro y plata; la ganga está constituida por cuarzo, calcita, pirita, óxidos de fierro y manganeso.

En la parte mas superior de la secuencia se observa un depósito estratiforme de fierro-manganeso con una actitud NW 28° SE, 55° NE y un espesor de 1-2 m, el cual se considera que es causado por la acumulación de material de origen volcánico con altos contenidos de estos elementos. El origen de estos yacimientos al igual que otros estudiados y reportados en áreas vecinas se atribuye a procesos volcánicos exhalativos que interactuaron para generar la mineralización descrita. En base a similitudes litológicas con otros yacimientos, se considera similar al tipo de depósito de la mina Arenillas (Marrs y Guilbert, 1981; Deen y Atkinson, 1988).

Existen otras zonas con anomalías de color debido a una fuerte oxidación que presentan las rocas volcanoclásticas de la base de la Formación Moctezuma, la cual es causada por el emplazamiento de un tronco cuarzomonzonítico que aunque está asociado al Batolito de Oposura, este se encuentra desfasado en edad con respecto al batolito en si. Este tronco cuarzomonzonítico aflora localmente en el borde occidental del Batolito de Oposura y junto con su emplazamiento trajo consigo una serie de soluciones hidrotermales que son las causantes de las zonas de alteración presentes en el área. En los alrededores de este lugar se localizan pequeños trabajos de minería, se

observa que la mineralización está tanto en la roca intrusiva como en las volcánicas afectadas por esta. Se presume que la mineralogía de mena es cobre, scheelita, oro, plata, plomo, zinc; mientras que la ganga está constituida principalmente por cuarzo, turmalina, óxidos de fierro y manganeso.

Existen además otras zonas que son potencialmente atractivas para la búsqueda de oro de placer. Estas zonas se localizan en afloramientos del conjunto de rocas volcánicas preintrusivas que muestran evidencias y efectos de intensa alteración hidrotermal. Particularmente en los alrededores del rancho El Pinto, donde se observan rocas volcánicas que fueron fracturadas y posteriormente rellenadas por soluciones hidrotermales, las cuales podrían haber traído consigo valores de oro.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- 1.- Se nombró Unidad Agua María a una secuencia sedimentaria carbonatada-detritica, en parte metamorfozada y constituida por intercalaciones de calizas, calcarenitas, lutitas y tobas riolíticas de grano fino. Tentativamente se le asigna una edad del Cretácico Inferior, tomando en consideración su probable correlación con las secuencias sedimentarias marinas de Lampazos.
- 2.- Se denominó Unidad El Sauz una secuencia que hacia la base presenta un carácter volcánico con una composición de andesita-dacita, representada en forma de tobas, flujos y aglomerados; mientras que hacia la parte superior presenta un carácter volcanosedimentario constituida por areniscas tobáceas y tobas arenosas, con intercalaciones de lutitas y calizas en forma de lentes. Esta unidad se correlaciona con la Formación Tarahumara.
- 3.- Se tiene el emplazamiento de un cuerpo granítico de dimensiones batolíticas que constituye el núcleo de la Sierra de Oposura (o La Madera), rasgo topográfico mas sobresaliente en la hoja Tonibabi (H12D15). Este cuerpo granítico en sus diferentes fases intrusivas es el responsable de las zonas mineralizadas dentro del área. De acuerdo con la información radiométrica a este conjunto de rocas intrusivas se le asigna una edad entre 90-40 m.a..
- 4.- Se considera la Orogenia Larámide como el evento tectónico mas importante en el área.
- 5.- Se observan fallas normales de dimensiones regionales que preceden a la formación de las estructuras "Basin and Range" y son las causantes de la depositación de la "Formación Báucarit" en los gravens formados debido a este fallamiento.
- 6.- En el período Cuaternario se llevó a cabo una reactivación de las fallas anteriores, lo que dió lugar a que estas sirvieran de conducto para que se extruyeran rocas basálticas que formaron amplias mesetas en el Valle de Moctezuma.

RECOMENDACIONES

- 1.- Realizar estudios con mas detalle enfocados a la estratigrafía de las Unidades Agua María y El Sauz, para poder entender mejor las relaciones entre estos.
- 2.- Hacer dataciones isotópicas de algunas de las rocas volcánicas y del pórfido cuarzomonzonítico, esto con el fin de ubicarlas con mayor precisión dentro de la columna estratigráfica del área.
- 3.- Llevar a cabo estudios de prospección mineral por oro en algunas áreas interesantes, tales como la Unidad Agua María donde están las lutitas con alto contenido de pirita. En la Unidad El Sauz donde se observan amplias zonas de alteración de color, específicamente en los alrededores de los ranchos El Sauz y El Horror, que es donde se ven pequeñas obras mineras antiguas. En el pórfido cuarzomonzonítico debe de mapearse la influencia de este, asimismo hacer algunos análisis químicos principalmente por oro, ya que está muy bien definida su área de influencia, la cual se presenta como una anomalía de color causada por una fuerte oxidación en las rocas afectadas por este cuerpo intrusivo.



BIBLIOGRAFIA

- AGUILERA, J.C., BUELNA, R.F., ORDONEZ, E., 1896, Bosquejo geológico de México. Inst. Geol. de México, No. 4, 5 y 6, 270 p., Mapas e ilustraciones. México, D.F.
- ANDERSON, T.H., SILVER, L.T. and SALAS, A.G., 1980, Distribution and U-Pb isotope ages of some lineated plutons north-western México: Geological Society of America Memoir 153, p. 269-283.
- ARAUJO, M.J. y ESTAVILLO, G.C., 1987, Evolución tectónica-sedimentaria del Jurásico Superior y Cretácico Inferior en el NE de Sonora, México, Instituto Mexicano del Petróleo, Revista, v. XIX, no. 3. México, D.F. p. 4-37.
- BARCENAS, R.A., y CENDEJAS, C.F., 1976, Evaluación del Pórfido Cuprífero El Transvaal, Municipio de Cumpas, Sonora. Tesis del IPN, p. 65-72.
- BARTOLINI, C. y HERRERA, S., 1983, Geología del área de Lampazos, Sonora. Tesis profesional del Depto de Geología de la Universidad de Sonora, 120 p.
- BERCHENBRITER, D.K., 1975, Geology of La Caridad fault, Sonora, México: Geol. Soc. America, Abstr. with Programs, v. 7, p. 587- 588, Resumen.
- BILODEAU, W.L. and LINDBERG, F.A., 1983, Early Cretaceous tectonics and sedimentation in southern Arizona, southwestern New Mexico, and northern Sonora, México, S.E.P.M., p. 173-188.
- BOCKOVEN, N.T., 1980, Reconnaissance geology of the Yecora-Ocampo área, Sonora and Chihuahua, México.- Ph. D. Thesis, Univ. Texas at Austin, 197 p.
- BOJORQUEZ, O.J. y ROSAS, H.J., 1988, Geología de la hoja Aconchi H12D13, Municipio de Aconchi, Sonora, México. Tesis profesional del Depto de Geología de la Universidad de Sonora, 92 p.
- CHAPARRO, M.M., 1992, Geología de la carta Los Chinos H12C19, Sonora Central. Tesis profesional del Depto de Geología de la Universidad de Sonora, 62 p.
- COLLETTA, B., ANGELIER, J., ROLDAN, J., ARRIAGA, H. y MONTAÑO, T.R., 1984, Tectónica de fallas Cenozoicas en el noroeste de México en relación con la abertura del Golfo de California. Symposium sobre neotectónica y variaciones del nivel del

mar en el área del Golfo de California. Instituto de Geología, UNAM, volumen de resúmenes p. 11-12.

CONEY, P.J. and REYNOLDS, S.J., 1977, Cordilleran benioff zones: *Nature*, 270. p. 403-406.

DAMON, P.E. and BIKERMAN, M., 1964, Potassium-Argon dating post-Laramide plutonics and volcanics rocks within the Basin and Range province of southeastern Arizona and adjacent areas: XXIII Inst. Geol. Congr. New Delhi.

DAMON, P.E., and MAUGER, R.L., 1966, Epeirogeny-orogeny viewed from the Basin and Range province: *Amer. Inst. Min. Engrs., Trans.*, v. 235, p. 99-112.

DAMON, P.E., 1975, Dating of Mesozoic-Cenozoic metallogenetic provinces within the Republic of México (1965-1975). Cooperative Research Project between Laboratory of Isotope Geochemistry Department of Geosciences, Univ. of Arizona and the Consejo de Recursos Minerales no Renovables. Archivo CRNNR, Dirección General.

DAMON, P.E., SHAFIQULLAH, M. and CLARK, K.F., 1981, Age trends of igneous activity in relation to metallogenesis in the Southern Cordillera: *Arizona Geological Digest*, no. 14, p. 137-154.

DAMON, P.E., SHAFIQULLAH, M., ROLDAN, Q.J. y COCHEME, J.J., 1983, El Batolito Larámide (90-40 Ma) de Sonora: Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, XV Convención Nacional, Memoria, p. 63-95.

DAVIS, G.H., 1979, Laramide folding and faulting in southeastern Arizona: *Am. Jour. Science*, v. 279, p. 543-569.

DEEN, J.A., 1983, Volcanic stratigraphy, structure and mineralization of the Oposura Pb-Zn mine, Sonora, México: Unpub. M.S. thesis, Boulder, Univ. Colorado, 106 p.

DEEN, J.A. and ATKINSON W.W., 1988, Volcanic stratigraphy and ore deposits of the Moctezuma District, Sonora, México: *Economic Geology*, v. 83, 1988, p. 1841-1855.

DEMANT, A., COCHEME, J.J., DELPRETTI, P. and PIGUET, P., 1989, Geology and petrology of the Tertiary volcanics of the northwestern Sierra Madre Occidental, Mexico.: *Bull. Soc. Geol France*, 1989, (8), t. v. no. 4, p. 737-748.

- DETENAL, 1982, Hoja Tijuana. Carta Geológica, escala 1:1,000,000.
- DETENAL, 1982, Hoja El Rodeo (H12D24), Carta topográfica, escala 1:50,000.
- DETENAL, 1982, Hoja Tonibabi (H12D15), Carta topográfica, esc. 1:50,000.
- DETENAL, 1982, Hoja Baviácora (H12D23), Carta Topográfica, esc. 1: 50,000.
- DUBOIS, S.M. and SMITH, A.W., 1980, The earthquake in San Bernardino Valley Sonora-Historic accounts and intensity patterns in Arizona: Tucson, University of Arizona, Bureau of Geol. and Min. Techn., Spec. Paper 3, 112 p.
- DUMBLE, E.T., 1900, Notes on the geology of Sonora, Mexico. American Institute, Min. Eng. Trans., v. 29, p. 127-152.
- DUNN, P.D., 1980, Petrology of the San Antonio scheelite skarn Baviácora, Sonora México. Thesis Master of Science of the Arizona State University, 80 p.
- FLORES, T., 1929, Reconocimiento geológico de la región central del Estado de Sonora. Inst. Geol. México, Bol. 49, 267 p.
- GARCIA, E.L., 1970, Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana: México, D.F., UNAM, Inst. de Geografía, 246 p.
- GARZA, G.R., 1960, Yacimientos de berilo en la Sierra de Oposura, Municipio de Moctezuma Sonora México. D.F., UNAM, Facultad de Ingeniería, tesis de Licenciatura, 60p.
- GASTIL, R.G. and KRUMMENACHER, D., 1974, Geology of the Tiburon Island and Sonora coast between Punta Lobos and Bahía Kino (abs.): Geol. Soc. America, Abstracts with Programs v. 6 no. 3, p. 180-181.
- GAYON, A.J., 1989, Estudio geológico estratigráfico del volcanismo Terciario del área de Botabórachi al NW de Moctezuma, Sonora. Tesis profesional del Depto de Geología de la Universidad de Sonora. 70 p.
- GONZALEZ, E.M., 1937, Anuario del Instituto de Geología 1933-1934, Univ. Nac. México, inst. Geol., 348 p.

BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA



EL SABER
HACE MEJOR LA
Necesario Ingenieria
Depto. Geología
1989

GONZALEZ, L.C., 1978, Geología del área de Arizpe, sonora centro septentrional: Hermosillo, Univ. de Son., Tesis profesional, 66 p.

GONZALEZ, L.C., 1988, Estratigrafía y geología estructural de las rocas sedimentarias del área de Lampazos, Sonora: UNAM, Inst. de Geología, Revista, v. 7, p. 148-162.

GONZALEZ, L.C., MILLANES, M.D. y MARTINEZ, G.H., 1993, Reporte preliminar sobre la geología de las hojas Bacanuchi-Arizpe, Sonora: Simposium del XIX Aniversario del Departamento de Geología, Universidad de Sonora. Resumen.

GYMSA, 1981, Reconocimiento geológico del Prospecto Sahuaripa-Cabullona, Superintendencia General de Distritos de Exploración, zona noreste.

HAYES, P.T., 1970, Cretaceous paleogeography of southeastern Arizona and adjacent areas. U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 658, 42 p.

IBARRA, S.A., 1978, Estudio geológico minero del área Cumobabi, Distrito Minero La verde, Municipio de Cumpas, Sonora. Tesis UNAM, p. 27-74.

JACQUES, A.C., GRAJALES, N.J., and TERREL, D., 1990, Early Cretaceous marine sedimentation and volcanism in some localities of norther Sonora, Mexico. G.S.A. Annual Meeting. Cordilleran Section, Abstracts with Programs, v. 22, no. 3, p. 31-32.

KING, C., 1939, Geological reconnaissance in northern Sierra Madre Occidental of Mexico. Bull. Geol. Soc. of America, v. 50, p. 1625-1722.

LIVINGSTONE, D.E., 1973, Geology, K-Ar ages and Sr Isotopy at La Caridad, Nacozari, Sonora, Mexico: Tucson, Arizona Univ., Geosc. Dept., circ. 80, 32 p.

LOWELL, D. and GUILBERT, J.M., 1970, Lateral and vertical alteration mineralization zoning in porphyry copper deposits. Econ. Geol. vol. 65. p. 373-408.

MARRS, C.K., 1979, Geology and depositional enviroment of the Oposura massive sulfide, Sonora, Mexico: M.S. thesis, Tucson, Univ. Arizona, 129 p.

MARRS, C.K. and GUILBERT, J.M., 1981, Geology and depositional environment of the Oposura massive sulfide deposit, Sonora, México, in Ortlieb, Luc and Roldán, Jaime, eds. Geology of Northwestern México and Southern Arizona. Field guides and papers. Est. Reg. del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM. Hermosillo, Sonora, México. p. 169-212.



MARTINEZ, A. y PALAFOX, J.J., 1985, Geología del área de Arivechi, Sonora. Tesis profesional del Depto. de Geología de la Universidad de Sonora, 91 p.

MARTINEZ, G.H., SOOTS, L.N., RODRIGUEZ, J.L. y GARCIA Y BARRAGAN, J.C., 1993. Rocas volcanosedimentarias del Cretácico Tardío (?) en la región central de Sonora: Simposium del XIX Aniversario del Departamento de Geología, Universidad de Sonora. Resumen.

MARTINEZ, G.H. y SOOTS, L.J., 1994, Geología de la hoja Banámichi H12B83, Municipios de Banámichi y Arizpe, Sonora centro- septentrional. Tesis profesional del Depto de Geología de la Universidad de Sonora, 87 p.

MARTINEZ, H.E., 1984. Palinoestratigrafía de sedimentos continentales en el Estado de Sonora, México, en Celis-Gutiérrez, Malpica-Cruz, y L. Ortlieb, (eds), Symposium on Neotectonics and Sea Level Variations in the Gulf of California Area,; Abstracts Volume, p. 43-44.

McDOWELL, F.W., y KEIZER, R.P., 1977: Timing of Mid-Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango city and Mazatlan. México. Geol. Soc. Amer. Bull., v. 88, p. 1479-1487.

McDOWELL, F.W. and CLABAUGH, S.E., 1979: Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and their relation to the tectonic history of western México. In Chapin, C.E., Elston, W.E. eds, Ash-flow tuffs: Geol. Soc. Amer., Spec. paper 1980, p. 113-124.

McDOWELL, F.W. and CLABAUGH, S.E., 1981, The igneous history of the Sierra Madre Occidental and its relation to the tectonic evolution of western Mexico: Univ. Nat. Auton. México, Inst. Geología, Revista, v. 5 no. 2, p. 195-206.

McDOWELL, F.W., ROLDAN, Q.J., AMAYA, M.R. and GONZALEZ, C.M., 1994, The Tarahumara Formation-a neglected component of the Laramide Magmatic Arc in Sonora., Union Geofísica Mexicana, Abstracts with Programs, v. 14, no. 5, p. 76-77.

MENICCUCCI, S., 1975, Reconnaissance géologique et minière de la région entre Hermosillo et le Río Yaqui (Sonora central, Mexique). These de Doctorat, Université Scientifique et Medicule de Grenoble, France, 210 p.

MINJARES, S.I. y TORRES, L.Y., 1987, Geología del área de Bacanora y Arivechi. Hacia un esquema de evolución geológica Jurásico- Cretácico de Sonora, Tesis profesional, Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, 187 p.

MONTIGNY, R., DEMANT, A., DELPRETTI, P., PIGUET, P. and COCHEME, J.J., 1987, Chronologie K/Ar des séquences volcaniques tertiaires du nord de la Sierra Madre Occidental (Mexico). C.R. Acad. Sci., Paris, D, 304, p. 987-992.

MORALES, M.M. y GONZALEZ, S.J., 1994, Análisis de la sismicidad reciente en el valle del Río Bavispe noreste de Sonora, México. Simposium del XX Aniversario del Departamento de Geología, Universidad de Sonora. Resumen.

ORTEGA, G.F., MITRE-S.L., ROLDAN, Q.J., ARANDA, G.J., MORAN, Z.D., ALANIZ, A.S. Y NIETO, S.A., 1992, Texto explicativo de la quinta edición de la carta geológica de la República Mexicana escala 1:2,000,000. Univ. Nac. Aut. México y Sec. Energía, Minas e Industria Paraestatal. México, D.F. 74 p.

PAZ, M.F., 1985, Composición y origen de los basaltos (Malpais) Plio-Cuaternarios de Moctezuma, Sonora, México. Boletín del Depto de Geología, Universidad de Sonora. Segunda época, v. 2, no. 1 y 2. Diciembre de 1985. p. 9-15.

PAZ, M.A., 1987, Geología de los basaltos de los campos basálticos de Moctezuma y Huépari, Sonora central. Tesis profesional del Depto de Geología, Univ. de Son. 57 p.

PEABODY, C.E., 1979, Geology and petrology of a tungsten skarn: El Jaralito, Baviácora, Sonora, México. Thesis Master of Science, Stanford University, 90 p.

PETTIJOHN, F.J., 1973, Rocas sedimentarias, segunda edición, p. 437-442.

RAISZ, E., 1964, Landforms of México. Morphological map prepared for the Geography Branch of the Office of Naval Research. Cambridge, Mass., USA, esc. aprox. 1:3,000,000.

RANGIN, C., 1977, Tectónicas sobrepuestas en Sonora septentrional: Bol. Inst. Geología, UNAM, v. 1, p. 44-47.

RANGIN, C., 1982, Contribution a l'étude Géologique du sistemé Cordilleran du Nord-ouest du Mexique. These de Doctorat d'Etat é Sciences Naturalles, Université Paris VI, France. 253 p.

RODRIGUEZ, C.J., 1986, Interpretación del contacto Jurásico-Cretácico en Sonora Central: Simposio nuevas aportaciones a la geología de Sonora. ERNO, Instituto de Geología, UNAM, p. 37-48.

RODRIGUEZ, C.J., 1994, Geología de la región de Teguachi, Sonora, México: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista. v. 11, no. 1. p. 11-28.

ROLDAN, Q.J. y SOLANO, R.B., 1978, Contribución a la estratigrafía de las rocas volcánicas del Estado de Sonora: Universidad de Sonora, Depto de Geología. Boletín, v. 1, no. 1, p. 19-26.

ROLDAN, Q.J., 1979, Geología y yacimientos minerales del distrito de San Felipe, Sonora; Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 3, p. 97-115.

ROLDAN, Q.J., 1994, Geología del sur de la Sierra de Oposura, Moctezuma, Estado de Sonora, México. Revista del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. v.11, no. 1. p. 1-10.

ROLDAN, Q.J., and McDowell, F.W., 1992, The Baucarit Formation in the Río Yaqui area, Municipality of Onavas, Sonora, Clark, K.F., Roldán, Q.J. y Schmidt, R.H., Eds., Geology and minerals resources of northern Sierra Madre Occidental, México, Guidebook for the 1992 Field Conference, El Paso Geological Society. p. 223-228.

SANTILLAN, M., 1936, Berilo y berilio en México. Geol. Cong. report of the XVI Session, Washington, D.C., USA., v. 2, p. 1091-1097.

SCHERKENBACK, D.A., 1982, Geologic, mineralogic, fluid inclusions and geochemical studies of the mineralized breccias at Cumobabi, Sonora, Mexico. University of Minnesota. PH. Thesis.

SCOTT, R.W. and GONZALEZ, L.C., 1991, Paleontology and biostratigraphy of Cretaceous rocks, Lampazos area, Sonora, Mexico. Geological Society of America, Special Paper 254. p. 51-67.

SOLANO, R.B., 1970, Geología y yacimientos minerales del distrito de Lampazos, Sonora: México, D.F., UNAM, Facultad de Ingeniería, tesis profesional, 103 p.

SOLANO, C.A., 1986, Programa de exploración por molibdeno para el área Juanita, Distrito Minero La Verde, Municipio de Cumpas, Sonora, Tesis profesional del Depto de Geología de la Universidad de Sonora., 64 p.

VALENTINE, W.G., 1936, Geology of the Cananea Mountains, Sonora, Mexico: Geol. Soc. America Bull., v. 47, p. 53-86.

BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA

WILSON, I.F. y ROCHA, V.S., 1946, Los yacimientos de carbón de la región de Santa Clara, Municipio de San Javier, Estado de Sonora: Comité directivo para la investigación de los recursos minerales de México. Boletín 9, 108 p.

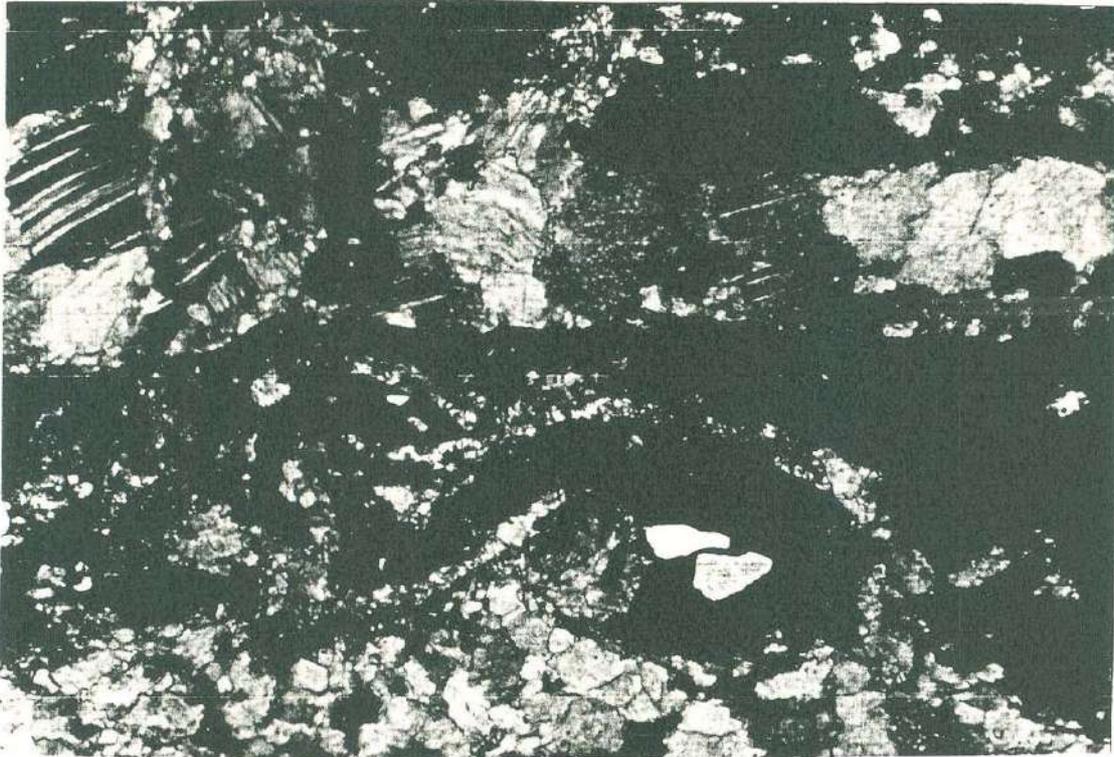


FOTO 1. Composición mineralógica global de la Unidad Agua María, en donde se observa la presencia de cristales de calcita englobando fracciones sedimentarias detríticas y restos de fósiles (pelecípodos ?) muy recristalizados. Hacia la parte inferior se observa una fractura rellena por calcita. L.P. 10X.



FOTO 2. Detalle composicional de los niveles carbonatados de la unidad Agua María. Se observa el desarrollo de crecimientos policristalinos de calcita, incluidos en una matriz microcristalina constituida por material carbonatado y óxidos de hierro. En la parte central se ubica una fracción de un resto fósil no identificado. L.P. 20X.

BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA



EL SABER DE NUESTROS DIAS
HAY QUE VALORARLA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA



FOTO 3. Afloramiento de la parte inferior de la Unidad Agua María en donde se observa el contacto del emplazamiento de rocas graníticas del Batolito de Oposura, en parte inyectado paralelo a la estratificación y afectado por un fallamiento posterior.

Ubicación: Extremo este de la unidad/ Arroyo Jucunibabi.

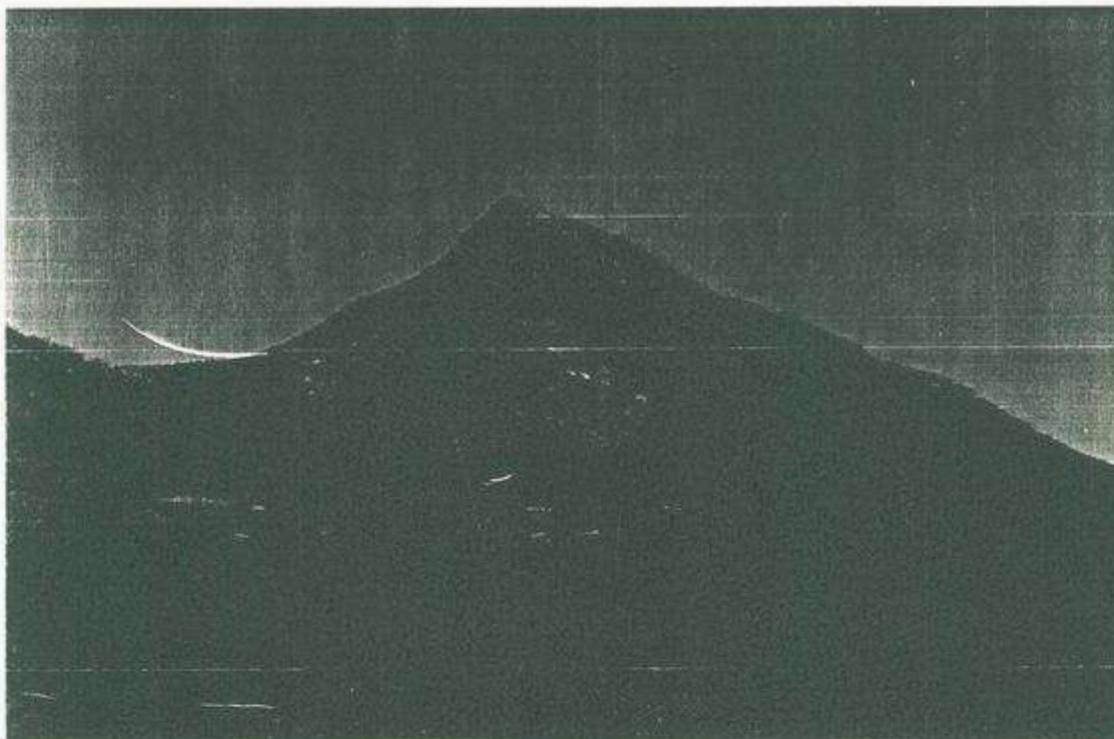


FOTO 4. Panorámica del Cerro El Abra , porción central de la Hoja Tonibabi. Secuencia volcanoclástica constituida por tobas y derrames riolíticos en la parte inferior, conglomerados de fragmentos volcánicos con intercalaciones de flujos félsicos hacia la cima. Este conjunto de rocas volcanoclásticas constituye la parte superior de la Formación Moctezuma.

BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA



FOTO 5. Panorámica del Cerro Colorado en los alrededores del Rancho Tonibabi. Conjunto de rocas volcanoclásticas (parte inferior de la Formación Mochtezuma) afectadas por hidrotermalismo asociado al apótesis cuarzomonzonítico. La composición y textura original son borradas por la intensa silicificación, caolinización y oxidación. Al fondo se observa el flanco suroeste del Batolito de Oposura.

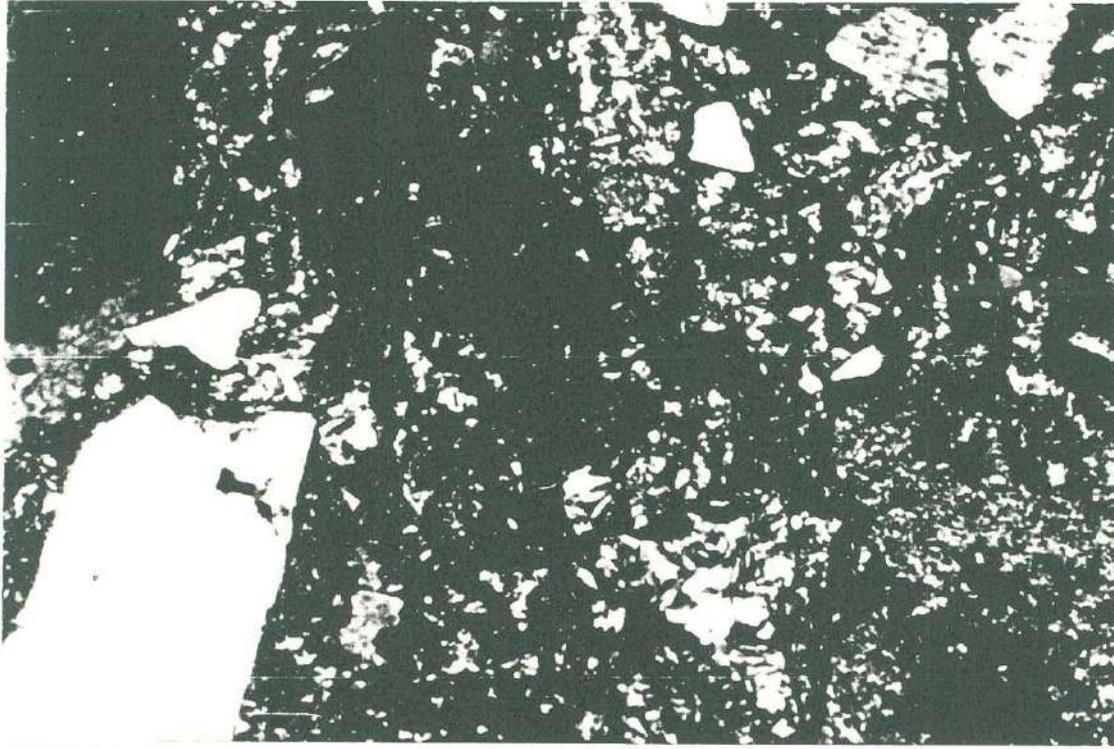


FOTO 6A. Parte superior de la Formación Moctezuma.

Toba riolítica con textura porfidoclástica, con evidencias remanentes de "soldamiento". Fenocristales de cuarzo, plagioclasas sódico-cálcicas y feldespato potásico, variedad sanidina. Fragmentos semiangulosos de rocas volcánicas, principalmente de composición andesítica-dacítica. La matriz vítrea original esta reemplazada en su totalidad por un agregado micro-criptocristalino de carácter cuarzo-feldespático, minerales arcillosos y óxidos de hierro. Los procesos de desvitrificación promueven el desarrollo de cristales prismáticos y fibroradiales de zeolitas, reemplazando a cristales, fragmentos o vesículas-fracturas. L.P. 5X.

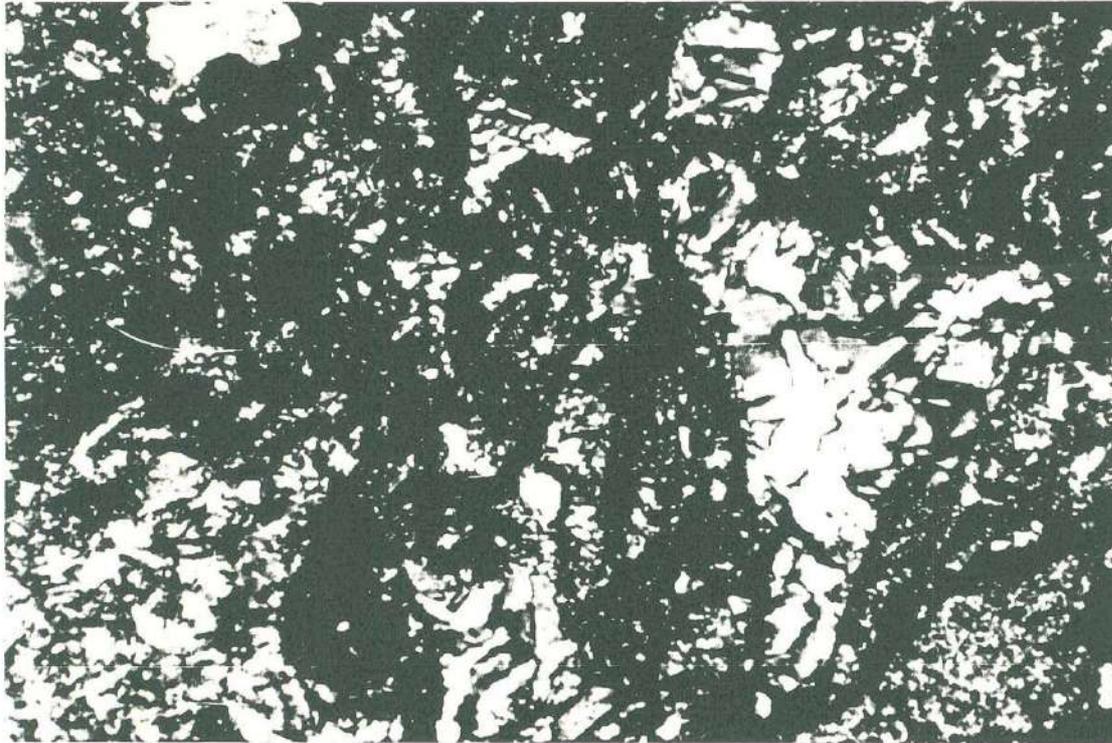


FOTO 6B. Detalle de la misma muestra en donde se observa el carácter mineralógico-composicional de los cristales, matriz y zeolitas. L.P. 10X.

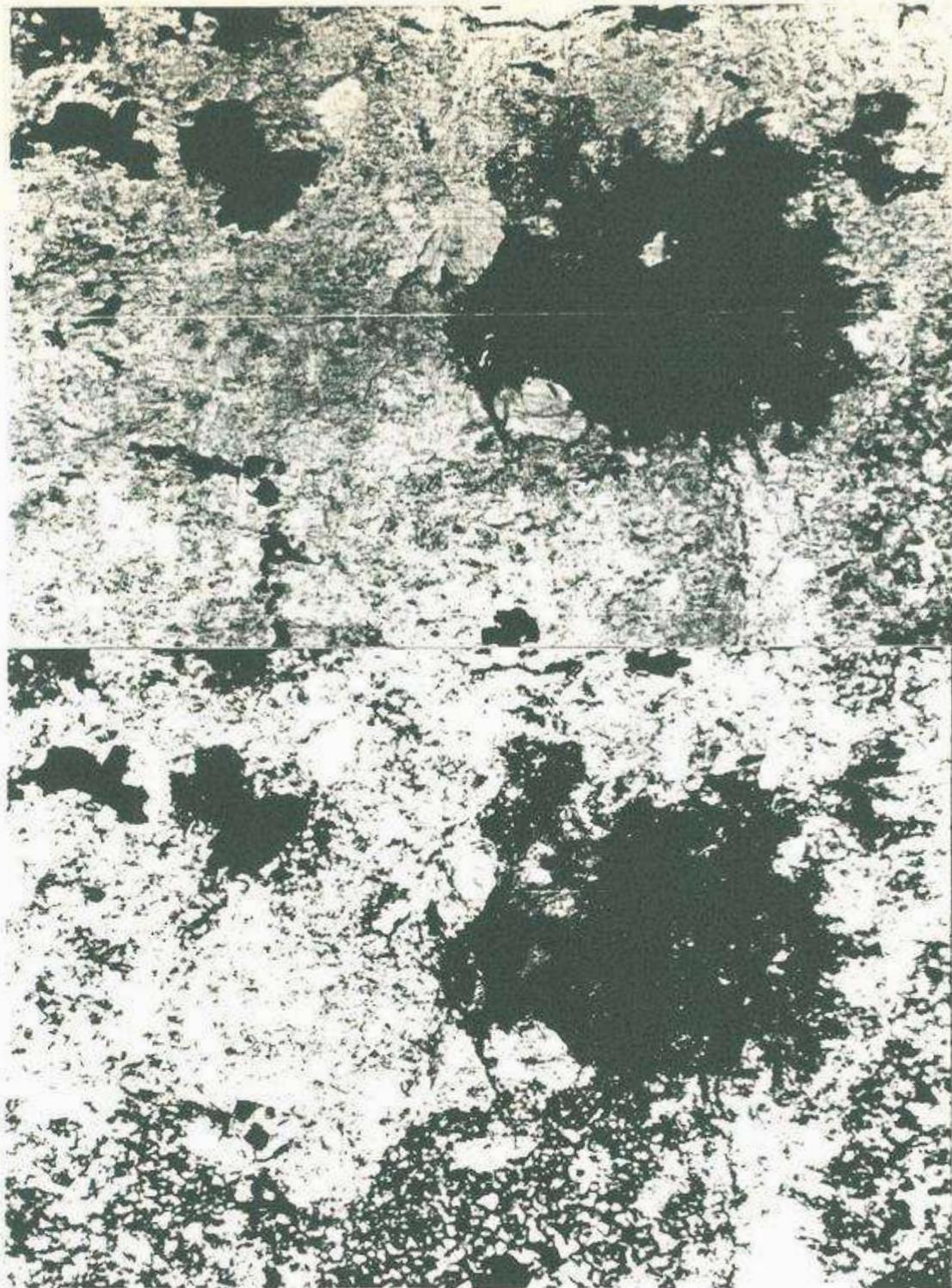


FOTO 7A-7B. Parte inferior Formación Moctezuma.

Roca volcánica con rasgos texturales piroclásticos, enmascarados por una gran cantidad de cristales de sericita-muscovita, agregados fibroradiales de turmalina y sulfuros-óxidos de hierro. La generación de sericita-muscovita y turmalina es producto y consecuencia de un evento hidrotermal asociado al emplazamiento de un apófisis cuarzomonzonítico que afecta a la parte inferior de esta Formación Moctezuma.

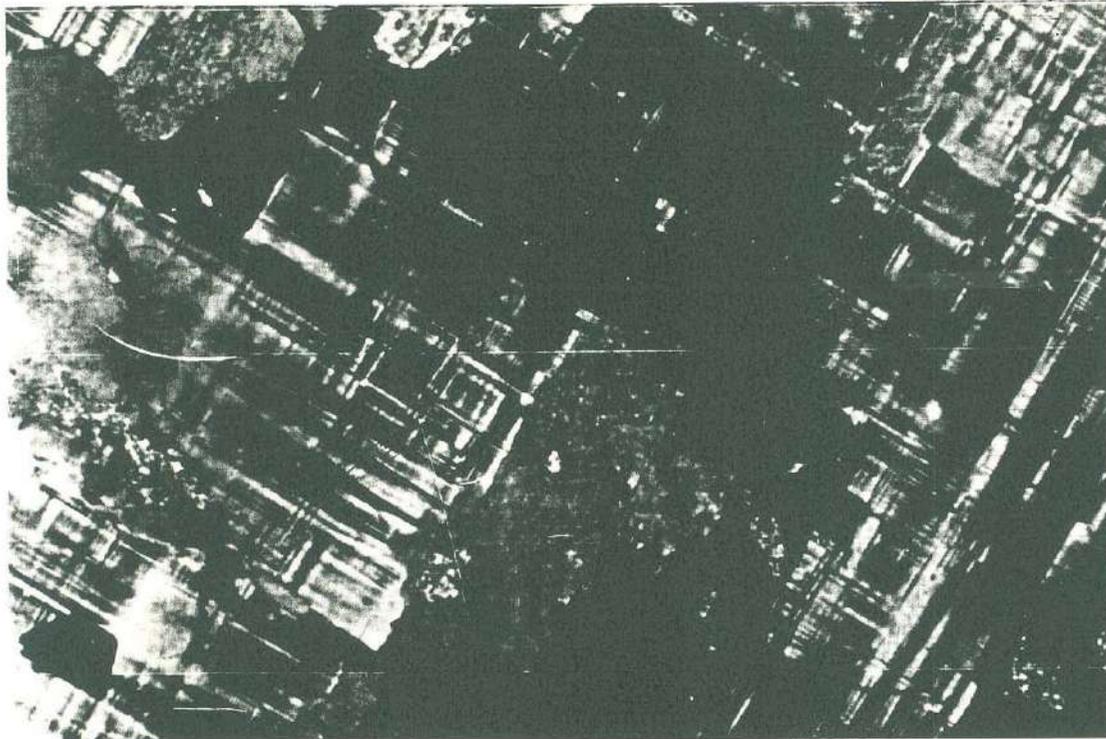


FOTO 8. Roca ígnea intrusiva, textura fanerítica donde se observa la predominancia de feldespato potásico, variedad microclina, que contiene cristales de biotita y plagioclasas sódico-cálcicas (oligoclasa-andesina). Estas últimas parcialmente reemplazadas por sericita y minerales arcillosos. Los cristales de cuarzo, aunque escasos en esta parte de la sección constituyen un porcentaje global de 15-20 % en la sección delgada. Esta roca, clasificada como granito calcoalcalino, constituye la parte central de lo que se define como Batolito de oposura. L.P. 10X.

BIBLIOTECA DEPTO.
DE GEOLOGIA



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Faculta de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

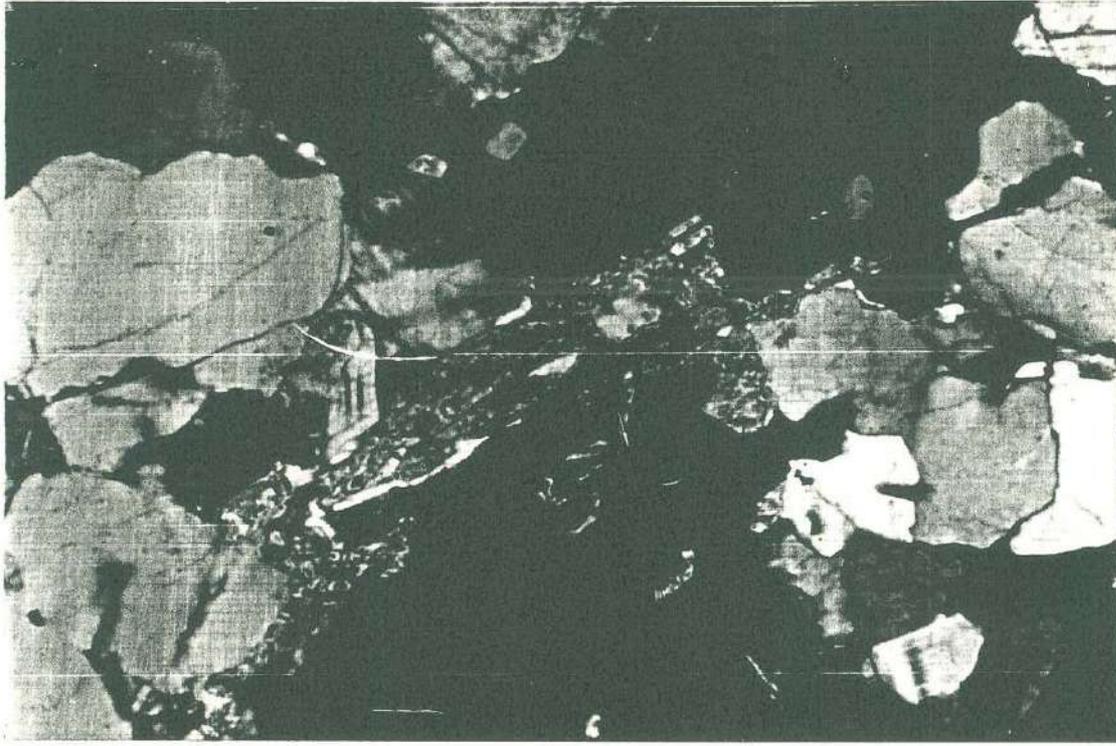


FOTO 9. Intrusivo (borde) de Oposura.

En los bordes del batolito de Oposura y en los emplazamientos de poca magnitud, las rocas graníticas presentan una textura holocristalina, hipidiomórfica y un rango de tamaño equigranular. La mineralogía está representada por un agregado de cristales de cuarzo de forma subhedral-anhedral, feldespato potásico, plagioclasa sódico-cálcica y biotita-hornblenda. El cambio textural observado en estos afloramientos es producto de una mayor rapidez de enfriamiento. L.P. 5X.

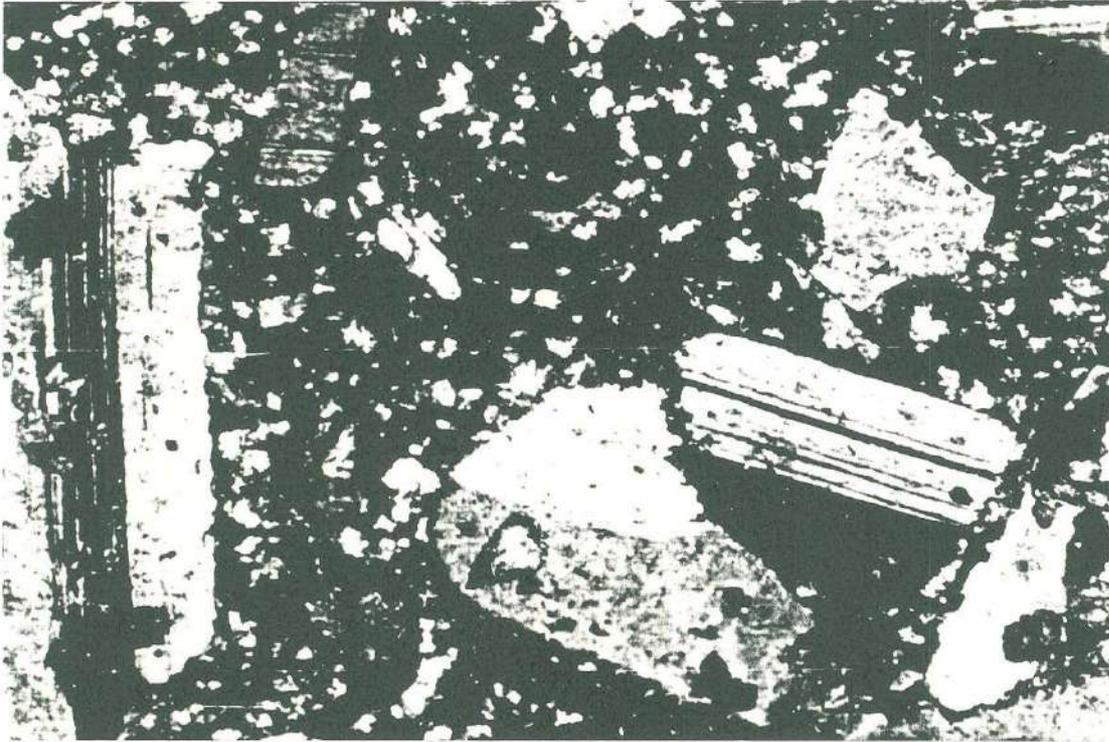


FOTO 10. Unidad El sauz (Alrededores del Rancho El Sauz).

Nivel de toba andesítica con textura pórfido-clástica, con fenocristales rotos de plagioclasas sódico-cálcicas (oligoclasa-andesina), con rangos de tamaño de 0.5 a 1 mm, mostrando un incipiente reemplazamiento por calcita, epidota y minerales arcillosos. La matriz esta constituida por microfenocristales de plagioclasas, biotita-hornblenda y un agregado cuarzo-feldespático producto de la desvitrificación de la matriz original. Los cristales de biotita-hornblenda están totalmente cloritizados, con bordes de óxido de hierro y escasos gránulos de epidota-calcita. L.P. 5X.

El conjunto de minerales secundarios define a una alteración hidrotermal del tipo propilítica y regionalmente a esta unidad se le considera litológica-mineralógicamente, equivalente a la Formación Tarahumara.

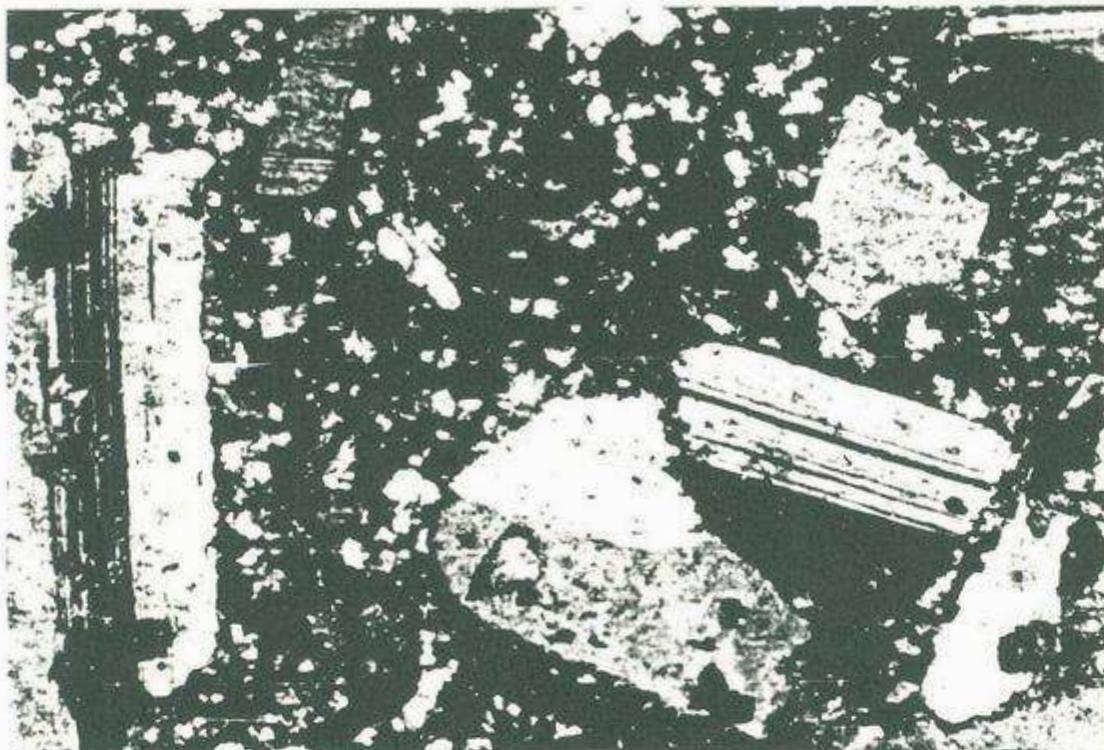


FOTO 10. Unidad El sauz (Alrededores del Rancho El Sauz).

Nivel de toba andesítica con textura pórfido-clástica, con fenocristales rotos de plagioclasas sódico-cálcicas (oligoclasa-andesina), con rangos de tamaño de 0.5 a 1 mm, mostrando un incipiente reemplazamiento por calcita, epidota y minerales arcillosos. La matriz esta constituida por microfenocristales de plagioclasas, biotita-hornblenda y un agregado cuarzo-feldespático producto de la desvitrificación de la matriz original. Los cristales de biotita-hornblenda están totalmente cloritizados, con bordes de óxido de hierro y escasos gránulos de epidota-calcita. L.P. 5X.

El conjunto de minerales secundarios define a una alteración hidrotermal del tipo propilítica y regionalmente a esta unidad se le considera litológica-mineralógicamente, equivalente a la Formación Tarahumara.