

U N I V E R S I D A D
D E
S O N O R A



D E P A R T A M E N T O D E G E O L O G I A

GEOLOGIA DE LA HOJA ACONCHI H12D13,
MUNICIPIO DE ACONCHI, SONORA, MEXICO.



Por:

JESUS ALBERTO BOJORQUEZ OCHOA

JOSE ALBERTO ROSAS HARO

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



Departamento de Geología

ING. RICARDO AMAYA MARTINEZ
Coordinador Ejecutivo
Depto. de Geología
P r e s e n t e .



EL SEÑOR DE MIS HIJOS
HA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

Por este conducto, me permito proponer para su aprobación el tema
de tesis intitulado:

"GEOLOGIA DE LA HOJA DE ACONCHI H12D13
MUNICIPIO DE ACONCHI, SONORA, MEXICO "

que será sustentada por los pasantes de Geólogo JESUS ALBERTO * -
BOJORQUEZ OCHOA (EXP. 8210082-9) y JOSE ALBERTO * ROSAS HARO ---
(EXP. 8121851-6).

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E

ING. JAIME ROLDAN Q.

Asesor de Tesis



Departamento de Geología

NOMBRE DE LA TESIS:

"GEOLOGIA DE LA HOJA ACONCHI H12D13
MUNICIPIO DE ACONCHI, SONORA, MEXICO "



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Departamento de Geología
BIBLIOTECA

NOMBRE DE LOS SUSTENTANTES:

JESUS ALBERTO * BOJORQUEZ OCHOA
JOSE ALBERTO * ROSAS HARO

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

ING. JAIME ROLDAN QUINTANA

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

GEOL. RICARDO VEGA GRANILLO

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

GEOL. SAUL HERRERA URBINA



A T E N T A M E N T E
" EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA "

ING. RICARDO AMAYA MARTINEZ
Coordinador Ejecutivo

EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
DEPTO. GEOLOGIA



Departamento de Geología

5-DICIEMBRE-1988



EL SABER DE NUESTROS
HAY EN MI UNIDAD
SOLUCIONES INNOVADORAS
Dpto. Geología
BIBLIOTECA

ING. JAIME ROLDAN Q.
Director de Tesis
Presente.

Por este conducto, tengo a bien informarle que ha sido aprobado el tema de tesis intitulado "GEOLOGIA DE LA HOJA DE ACONCHI (H12D13)", Municipio de Aconchi, Sonora, México, para que sea sustentada por los pasantes de Geologo :

- JESUS ALBERTO * BOJORQUEZ OCHOA (EXP. 8210082-9)
- JOSE ALBERTO * ROSAS HARO (EXP. 8121851-6)

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

A T E N D I D O



ING. RICARDO AMAYA MARTINEZ
COORDINADOR EJECUTIVO
DEPARTAMENTO DE
GEOLOGIA

- c. c. p. Archivo
- c. c. p. Interesados.

CONTENIDO

RESUMEN	1
I. INTRODUCCION.	3
1.1. AREA DE ESTUDIO	3
1.1.1. LOCALIZACION	3
1.1.2. VIAS DE COMUNICACION	3
1.2. TRABAJOS PREVIOS	5
1.3. METODO Y OBJETIVO DE TRABAJO	7
1.3.1. METODO DE TRABAJO	7
1.3.2. OBJETIVO DEL TRABAJO	8
1.4. AGRADECIMIENTOS	9
II. GENERALIDADES	
2.1. CLIMA, FLORA Y FAUNA	10
2.1.1. CLIMA	10
2.1.2. FLORA	10
2.1.3. FAUNA	11
2.2. FISIOGRAFIA, GEOMORFOLOGIA E HIDROGRAFIA	
2.2.1. FISIOGRAFIA	11
2.2.2. GEOMORFOLOGIA	13
2.2.3. HIDROGRAFIA	13
2.3. GEOLOGIA REGIONAL DE SONORA CENTRAL	14



MI PADRE DE MIS HIJOS
HA EN GRANDEZA
Escuela de Ingenieria
Departamento Geologia
BIBLIOTECA

III. ESTRATIGRAFIA	16
3.1. MESOZOICO	
3.1.1. UNIDAD SALTO DEL ALAMO	18
3.1.2. UNIDAD SANTA ROSA	26
3.1.3. UNIDAD WASHINGTON	29
3.2. CENOZOICO	
3.2.1. UNIDAD EL CARRIZO	37
3.2.2. BATOLITO DE ACONCHI	42
3.2.3. PORFIDO GRANITICO	46
3.2.4. FORMACION BAUCARIT	52
3.2.5. UNIDAD LAS MESAS	55
3.2.6. CENOZOICO CONTINENTAL INDIFERENCIADO	58
IV. GEOLOGIA ESTRUCTURAL	60
4.1. UNIDAD SALTO DEL ALAMO	62
4.2. UNIDAD SANTA ROSA	64
4.3. UNIDAD WASHINGTON	64
4.4. UNIDAD EL CARRIZO	67
4.5. BATOLITO DE ACONCHI	68
4.6. PORFIDO GRANITICO	68
4.7. FORMACION BAUCARIT	70
4.8. UNIDAD LAS MESAS	70
4.9. CENOZOICO CONTINENTAL INDIFERENCIADO	71



EL SABER DE MIS HIJOS
 HA EN MI GRANDEZA
 Escuela de Ingenieria
 Depto. Geologia
 BIBLIOTECA

V. TECTONICA Y GEOLOGIA HISTORICA	73
5.1. MESOZOICO	
5.1.1. CRETACICO TEMPRANO	73
5.1.2. CRETACICO TARDIO	75
5.2. CENOZOICO	
5.2.1. TERCIARIO TEMPRANO	76
VI. GEOLOGIA ECONOMICA	79
6.1. DISTRITO MINERO DE SAN FELIPE	79
6.2. MINA WASHINGTON	80
6.3. MINA LAS CABEZAS	82
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
7.1. CONCLUSIONES	85
7.2. RECOMENDACIONES	86
VIII. BIBLIOGRAFIA	87



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Facultad de Ingenieria
Departamento de Geologia
BIBLIOTECA



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

RELACION DE FIGURAS

Fig. 1 Plano de localización, área Aconchi.	4
Fig. 2 Plano de vias de comunicación.	6
Fig. 3 Provincias fisiograficas.	12
Fig. 4 Columna geológica general, área hoja Aconchi	17
Fig. 5 Unidad Salto del Alamo, columna estratigrafica (esquemática).	23
Fig. 6 Columna estratigráfica de la unidad Washington, del Cretácico Tardío al Paleoceno.	34
Fig. 7 Columna estratigráfica de la unidad El Carrizo.	40
Fig. 8 Localización de muestras fechadas isotopicamente.	50
Tabla 1 Resumen de edades isotopicas.	51
Fig. 9 Mapa estructural de la hoja Aconchi.	61
Fig.10 Modelo de la evolución desde el Tithoniano al Albiano medio, según Rangin (1982),	74

RELACION DE FOTOGRAFIAS

EL SABER DE NOS HIZO
UNA GRAN GRANDEZA
Ingenier
Foto. Geología
BIBLIOTECA

- Foto 1 Conglomerado con fragmentos de dolomiás, calizas, rocas volcánicas y pedernal fosilífero, en una matriz de ceniza volcánica. Unidad Salto del Alamo, Municipio de Banámichi. -20
- Foto 2 Calizas con estratificación laminar y estructuras algáceas. Notese el suave plegamiento de las capas. Unidad Salto del Alamo (Ki(Vs)), Municipio de Banámichi. -22
- Foto 3 Panorámica de la unidad Salto del Alamo (Ki(Vs)), localizada a 10 km al Este de el poblado La Mora, Municipio de Banámichi. -28
- Foto 4 Roca volcanoclástica con laminaciones claras y oscuras, que forma la parte superior de la unidad Washington (Ks(a)), localizada en el arroyo El Alamo. -32
- Foto 5 Tobas liticas de la unidad El Carrizo (Tom(Ta)), donde se observa su fracturamiento. localizada en el cerro El Carrizo. -39
- Foto 6 Vista panorámica de la Sierra de Aconchi a la que se conoce como Batolito de Aconchi (Ti(ba)). Observese La magnitud de este cuerpo intrusivo. -45

- Foto 7 Vista panorámica del pórfido granítico (Te(Pg)) y al fondo la Sierra de Aconchi (Ti(ba)). Municipio de Aconchi. -47
- Foto 8 Pórfido granítico (Te(Pg)) afectando a rocas del Cretácico (Andesitas de la unidad Washington (Ks(a))) en el arroyo El Lavadero. Municipio de Aconchi. -49
- Foto 9 Mesetas de basaltos (T(B)) de edad Pleistocénica en la Sierrita de Baviácora. Municipio de Baviácora. -56
- Foto 10 Contacto por falla normal, de la unidad Salto del Alamo (Ki(Vs)) con rocas volcánicas Terciarias (Tom,(Ta)). Notese el echado casi vertical de la falla. Municipio de Banámichi. -63
- Foto 11 Fallamiento que desplaza a calizas de la unidad Salto del Alamo (Ki(Vs)), en el arroyo del mismo nombre. Municipio de Banámichi. -65
- Foto 12 Granodiorita (Ti(Grd)) intrusionando a rocas volcánicas de la unidad Washington (Ks(a)), al Pie de el cerro El Chupadero. -66
- Foto 13 Veta hidrotermal emplazada en una estructura orientada E-W, En la mina La Ventana, Distrito minero de San Felipe de Jesús. -66

- Foto 14 Contacto por falla entre la unidad Washington (Ks(a)) y el Cenozoico continental indiferenciado (Cci), arroyo el Potrero. Municipio de Huépac. -69
- Foto 15 Plano de falla rellenando por calcita óptica. Esta falla tiene un rumbo NNW y 78 grados de echado al SW, Corta al Cenozoico continental indiferenciado (Cci). Se observa en el arroyo Machobabi. -72
- Foto 16 Mina Artemisa. Localizada en el Distrito minero San Felipe, arroyo El Lavadero. -81
- Foto 17 Panorámica que muestra las zonas de alteración en las andesitas de los alrededores de la mina Washington (Ks(a)) (al fondo se observa el cerro El Chupadero). -83
- Foto 18 Panorámica que muestra la brecha Washington, las rocas blancas son andesitas muy alteradas (Ks(a)). En la Sierra de Las Palomas. -83
- Foto 19 Alteración presente en el área de las cabezas. Observense las obras mineras, que están siendo trabajadas por pequeños mineros. -84

D E D I C A T O R I A

- A mis padres (Jose y Consuelo).

Por darme el ser y educarme como tal.

- A mis hermanas (Silvia, Emma, Maby y Denise)

Por ser un guía ejemplar en mi educación profesional.

- A mis familiares

Por su apoyo constante y desinteresado.

- A Mis amigos (Aloysius, Antonio, Jaime, Jorge,...etc).

Por su amistad.

- Una dedicatoria muy especial a la señorita Paulina D.
Lopez C.

Por su paciencia y dedicación.

Sinceramente

Jesús Alberto Bojorquez Ochoa

D E D I C A T O R I A

- A mis padres (Victor y Eduviges).

Por darme el ser y educarme como tal.

- A mis hermanos (Victor, Raul, Angelica, Mario Araceli)

Por su paciencia y apoyo.

- A mis familiares

Por su apoyo constante y desinteresado.

- A mis amigos (Alejandrina, Guadalupe, Sergio,...etc).

Por su amistad.

Sinceramente

José Alberto Rosas Haro

RESUMEN

El área de estudio se localiza a 140 kms al NE de Hermosillo y abarca los Municipios de Aconchi, San Felipe de Jesús, Huépac y parte de Banámichi. Las rocas más antiguas se asignan al Cretácico Temprano (Neocomiano - Aptiano inferior) y corresponden a una secuencia volcanosedimentaria compuesta por dolomías, calizas, conglomerados, areniscas y pedernal con tobas y andesitas intercaladas (unidad Salto del Alamo).

Posteriormente afloran en la mina Santa Rosa estratos de calizas y areniscas con Orbitolinas texana de edad Cretácico Temprano (Aptiano - Albiano) (unidad Santa Rosa). Sobreyaciendo discordantemente a estas rocas se tiene a la unidad Washington de edad Cretácico Tardío - Paleoceno que consiste de grandes derrames andesíticos entre los cuales se encuentran intercaladas calizas, areniscas y tobas arenosas con estratificación laminar. Estas rocas mesozoicas son cubiertas discordantemente por rocas volcánicas efusivas del Terciario medio como ignimbritas, riolitas y tobas riolíticas que corresponden a la unidad El Carrizo. Esta unidad está cubierta por la Formación Báucarit y derrames basálticos del Terciario Tardío (Mioceno - Pleistoceno), siendo las rocas más jóvenes del área y únicamente cubiertas por terrazas, coluvión y aluvión del Cuaternario.

Se tienen en el área al menos dos eventos intrusivos de edad laramídica: Uno representado por el Batolito de Aconchi, el cual es una roca granítica con facies de granodiorita; y otra por el Pórfido Granítico junto con diques andesíticos, pegmatíticos y aplíticos. Este pórfido es de edad Eoceno (50.47 ± 1.6 m.a.).

Estos intrusivos constituyen la fuente de mineralización ya que son generadores del hidrotermalismo que afectó a las rocas encajonantes y al mismo cuerpo intrusivo, observándose un emplazamiento en estructuras preminerales con orientación predominante E-W.

Se tienen además otras estructuras muy importantes como lo son grandes fallas normales con orientación NNW y N-S, que son las que controlan los rasgos geomorfológicos actuales de Sierras y Valles Paralelos, producto de una tectónica distensiva de edad plio-cuaternaria. Además estas fallas normales son comúnmente contactos entre las diferentes unidades litoestratigráficas.

I. INTRODUCCION.

1.1. AREA DE ESTUDIO.

1.1.1. LOCALIZACION.

El área de estudio se encuentra ubicada en la porción central del Estado de Sonora y enmarcada dentro de las siguientes coordenadas geográficas:

A).- (30 ° 00' Latitud N - 110 ° 20' Longitud W).

B).- (30 ° 00' Latitud N - 110 ° 00' Longitud W).

C).- (29 ° 45' Latitud N - 110 ° 20' Longitud W).

D).- (29 ° 45' Latitud N - 110 ° 00' Longitud W).

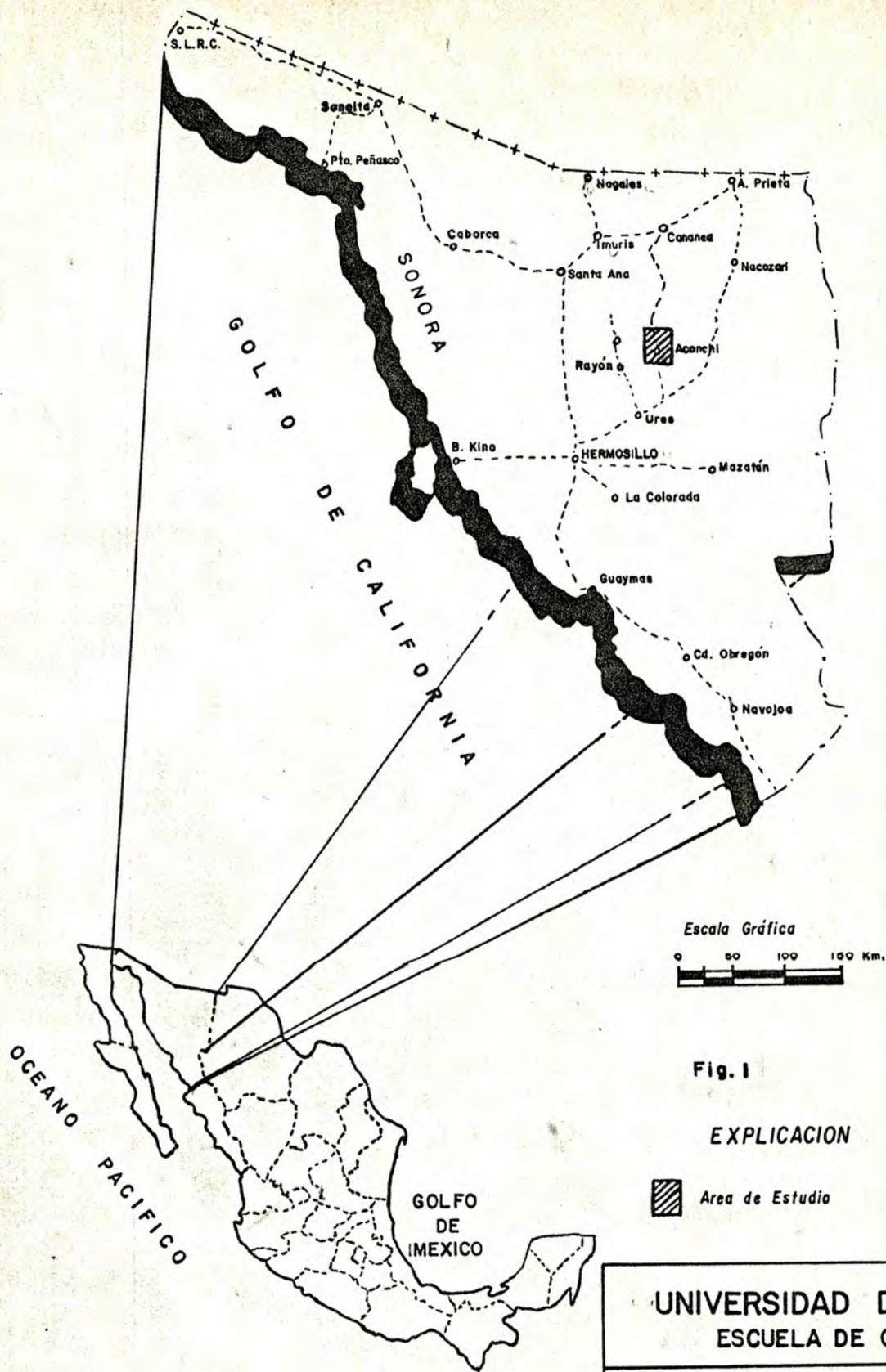
El área tiene una extensión aproximada de 900 km cuadrados (ver Fig. 1) coincidiendo con la hoja topográfica Aconchi (H12D13) publicada por INEGI a escala 1:50,000, la cual está situada aproximadamente a 100 km en línea recta, al NE de la ciudad de Hermosillo.

1.1.2. VIAS DE COMUNICACION.

El área de estudio está comunicada por la carretera pavimentada estatal número 21, la cual une a las ciudades de



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



Escala Gráfica
0 50 100 150 Km.

Fig. 1

EXPLICACION

 Area de Estudio

UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA

PLANO DE LOCALIZACION
AREA ACONCHI

Dibujo: S. A.-T. T.	Por: J. A. Bojorquez	Fecha: Dic. 88
Escala: Indicada.	J. A. Rosas	Tesis Profesional



Hermosillo, Ures, y a las siguientes poblaciones: San Pedro El Saucito, Mazocahui, Baviácora, Aconchi, Huépac y Banámichi.

Además, existen caminos vecinales de terracería que comunican con la mayor parte del área. La mayoría de los caminos se encuentran en muy buenas condiciones, aunque en época de lluvia no se puedan transitar algunos de ellos (ver Fig. 2).

1.2. TRABAJOS PREVIOS.

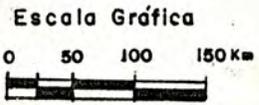
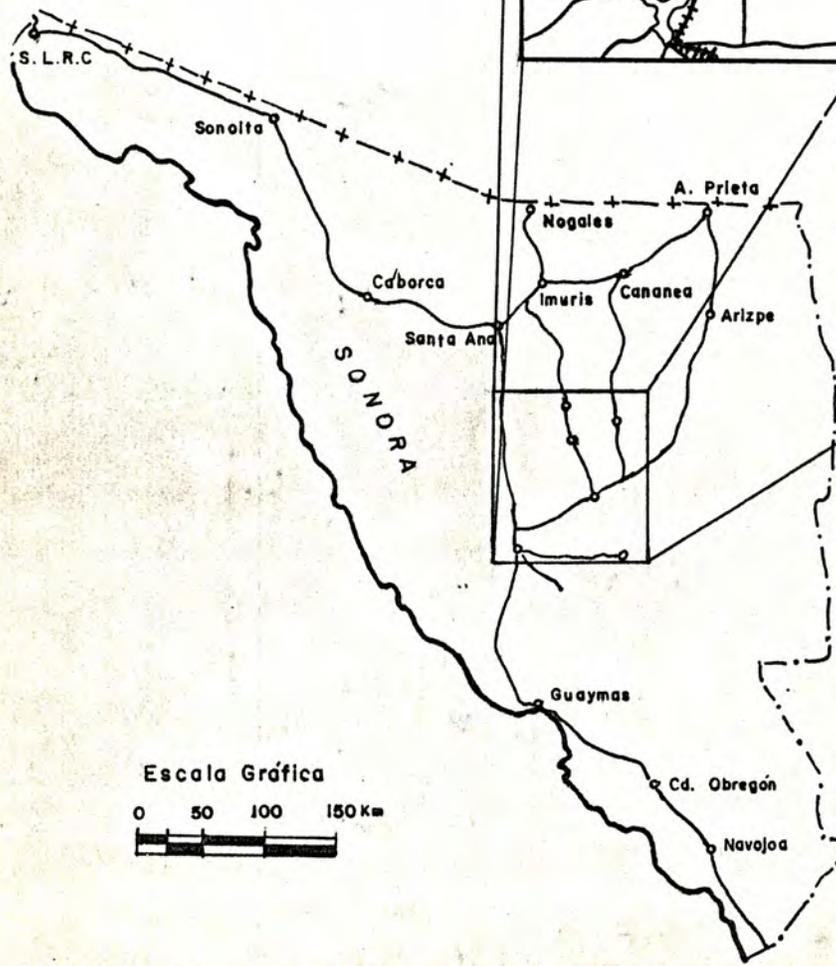
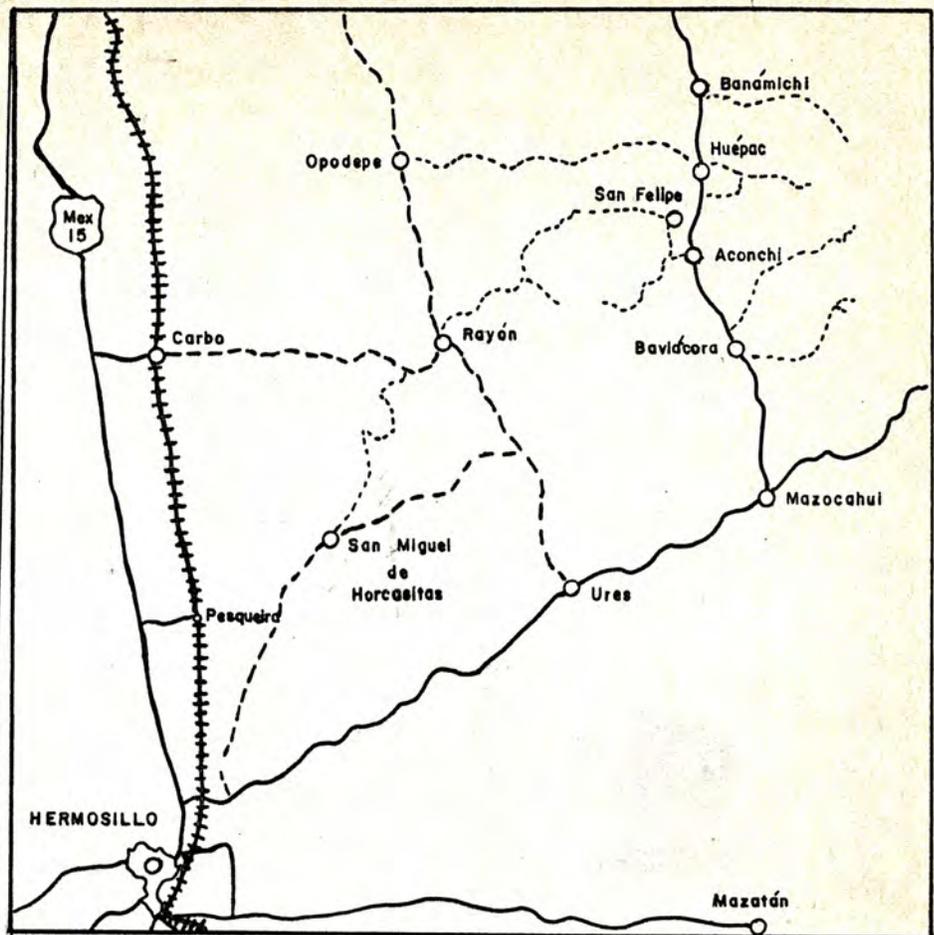
En la porción central del Estado de Sonora se han realizado varios trabajos geológicos, algunos de índole científica y otros predominantemente mineros. A continuación se hace una relación de los trabajos realizados dentro del área de estudio, así como las contribuciones geológicas más importantes.

Roldán (1979) describió brevemente las zonas mineralizadas que se localizan al norte de la carretera Ures - Mazocahui, hasta la altura del distrito minero de San Felipe de Jesús, que son: "El Jaralito", "La Artemiza", "Las Lamas", "Santa Rosa" y la "San Felipe", describiendo características geológicas, como la relación entre las diferentes unidades litológicas, estructuras y fallas. Además menciona una edad para las rocas del Batolito de Aconchi de 35.96 ± 0.70 (Damon, 1975) lo que permite ubicarla en el Oligoceno Temprano, sin embargo es difícil interpretar esta edad, ya que puede representar un evento termal posterior a su emplazamiento. También otra para el tronco de Riolita Porfídica de 50.46 ± 1.6 ma, ubicándola en el Eoceno, obtenida por Damon (1975). Ambas edades se obtuvieron a partir de análisis isotópicos K/Ar.



EXPLICACION

-  Carretera Pavimentada
-  Camino de Terraceria (bueno)
-  Camino de Terraceria (malo)
-  Via de Ferrocarril



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

UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA

PLANO DE VIAS DE COMUNICACION

Dibujo: J.A.-G.T.	Por J.A. Bojorquez J.A. Rosas	Fecha: Dic. 88
Esc: 1:1000 000		Tesis Profesional

Fig. 2

Domínguez (1979) trabajó en una área de aproximadamente 2 Km cuadrados en los alrededores de la mina "Washington", y fue enfocado principalmente al estudio de las brechas circundantes a esta mina, haciendo énfasis en las características de alteración hidrotermal y mineralización, aúñado a un estudio geoquímico en limonitas. Aun así, presenta importante información de la geología local, mencionando rocas volcánicas, sedimentarias e intrusivas del Cretácico - Terciario Temprano

Chávez y García (1980) en su estudio tratan de unir los aspectos geológicos y metalogenéticos de un zona de aproximadamente 4,250 kilómetros cuadrados en el borde oeste de la Sierra Madre Occidental, en el límite entre ésta y la planicie de Sonora.

Damon y colaboradores (1983) definieron el Batolito Laramide (90-40 m.a.) de Sonora, que incluye a todas las rocas calcoalcalinas de esa edad, asociadas a un arco magmático que transgredió tierra adentro, del oeste al este, a través de Sonora desde el Cretácico Tardío al Paleógeno.

1.3. METODO Y OBJETIVO DE TRABAJO

1.3.1. METODO DE TRABAJO.

Para la elaboración de este trabajo se procedió a la recopilación y análisis de información bibliográfica de trabajos realizados en el área de estudio. Después se hizo una

fotointerpretación, para la cual se utilizaron fotos aéreas a escala 1:50,000, marcando sobre éstas los diferentes contactos de las unidades litológicas observables, fallas y actitudes de las capas. En base a la fotointerpretación se procedió a la verificación de campo, realizando caminamientos estratégicos y muestreo de los principales afloramientos de las rocas ígneas y sedimentarias, posteriormente se analizaron y clasificaron por medio de estudios petrográficos las muestras de rocas colectadas, así como los microfósiles contenidos en algunas unidades. Al terminar el trabajo de campo se realizó una reinterpretación fotogeológica, verificando y modificando los contactos geológicos erróneos, también se reinterpretaron los datos estructurales (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 esta tesis.

1.3.2. OBJETIVO DEL TRABAJO.

El principal objetivo es el de un estudio a semidetalle de la geología regional de la carta Aconchi, con la finalidad de contribuir al conocimiento de la geología de esta porción del Estado de Sonora. Al mismo tiempo se cumplirá con el requisito de tesis.

1.4. AGRADECIMIENTOS

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

Así pues deseamos agradecer a:

- La Universidad de Sonora.
- Petroleos Mexicanos (oficinas en Chihuahua).
- Departamento de Geología.
- Ing. Ricardo Amaya M. (Coord. del Depto. de Geología).
- Geol. Mariano Morales M. (Srio. académico del Depto. de Geología).
- Toda la planta de maestros del Depto. de Geología.
- Nuestros sinodales: Saul Herrera Urbina.
Jaime Roldán Quintana.
Ricardo Vega Granillo.
- Compañeros del Proyecto Pemex.
- Sergio Millan Leon, por su colaboración.
- Alumnos del Depto. de Geología.
- Trabajadores del Depto. de Geología.
- Autoridades Municipales de San Felipe de Jesús (85-88).
- Familia Quintanar Ruíz.
- Familia Ballesteros Quintanar.
- Familia Ballesteros Andrade.
- Todos los Rancheros de la región, por facilitarnos la entrada a sus propiedades.

A todos ellos nuestro más sincero agradecimiento.

Atte. J. A. Bojorquez O. - J. A. Rosas H.

II. GENERALIDADES.

2.1. CLIMA, FLORA Y FAUNA.

El clima, la flora y la fauna dependen directamente de la altura y la conformación del terreno, por lo que el relieve es un aspecto muy importante para la coexistencia de estos. El relieve en el área se caracteriza por una serie de mesetas y lomeríos bajos, de donde sobresalen abruptamente grandes cerros y sierras.

2.1.1. CLIMA.

El clima según García (1970) puede subdividirse en dos tipos:

- a). En regiones topográficamente bajas el clima es seco-semicálido experimentando calores excesivos, con temperaturas medias de 20 a 22 grados centígrados y una precipitación media anual de 300 a 400 mm.
- b). En regiones topográficamente medias y altas el clima es semiseco-semicálido con temperaturas medias anuales de 12 a 14 grados centígrados y una precipitación media anual de 400 a 500 mm.

2.1.2. FLORA.

La vegetación del área es variada, predominando en las partes bajas; mezquite (*Prosopis juliflora*), ocotillo (*Fouqueira splendivis*), cactus (*Hariota salicornoides*), sahuaro (*Carnegia juliflora*), garambullo (*Lephocercus schotti*). etc. Y en las

partes altas; bellota (*Quercus robur*), encino (*Quercus crasifolia*) y pino (*Pinus sp.*).

2.1.5. FAUNA.

La fauna está constituida principalmente por: Codorniz (*Coturnix coturnix*), conejo (*Sylvilagus sp.*), gato montes (*Felis sp.*), jabalí (*Pecori tayacu*), liebre (*Lepus timidus*), puma (*Culex pipiens*), venado (*Odocoileus virginianus*), zorra (*Urosyon cinerorgenteus*), zorrillo (*Mephitis macroura*) y además por otras especies como; coyote, solitario, mapache, tortuga víbora de cascabel, roedores e insectos.

2.2. FISIOGRAFIA, GEOMORFOLOGIA E HIDROGRAFIA.

2.2.1. FISIOGRAFIA.

El área de estudio se localiza dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, en la subprovincia denominada de sierras y valles paralelos (Basin & Range), (Raisz, 1964 y Humprey, 1956). Limita al oeste con la provincia fisiográfica de sierras sepultadas y con la subprovincia del desierto de Sonora, al norte termina antes de llegar a E.U.A., al sur con las Sierras de Piamonte y al este con la provincia de la Sierra Madre Occidental (ver Fig. 3).

La subprovincia de Sierras y Valles Paralelos tiene como característica principal una orientación general de las sierras NNW-SSE, teniendo valles intermontanos los cuales se han estado rellenoando por material aluvial, como gravas, conglomerados, areniscas, arcillas y en ocasiones por derrames

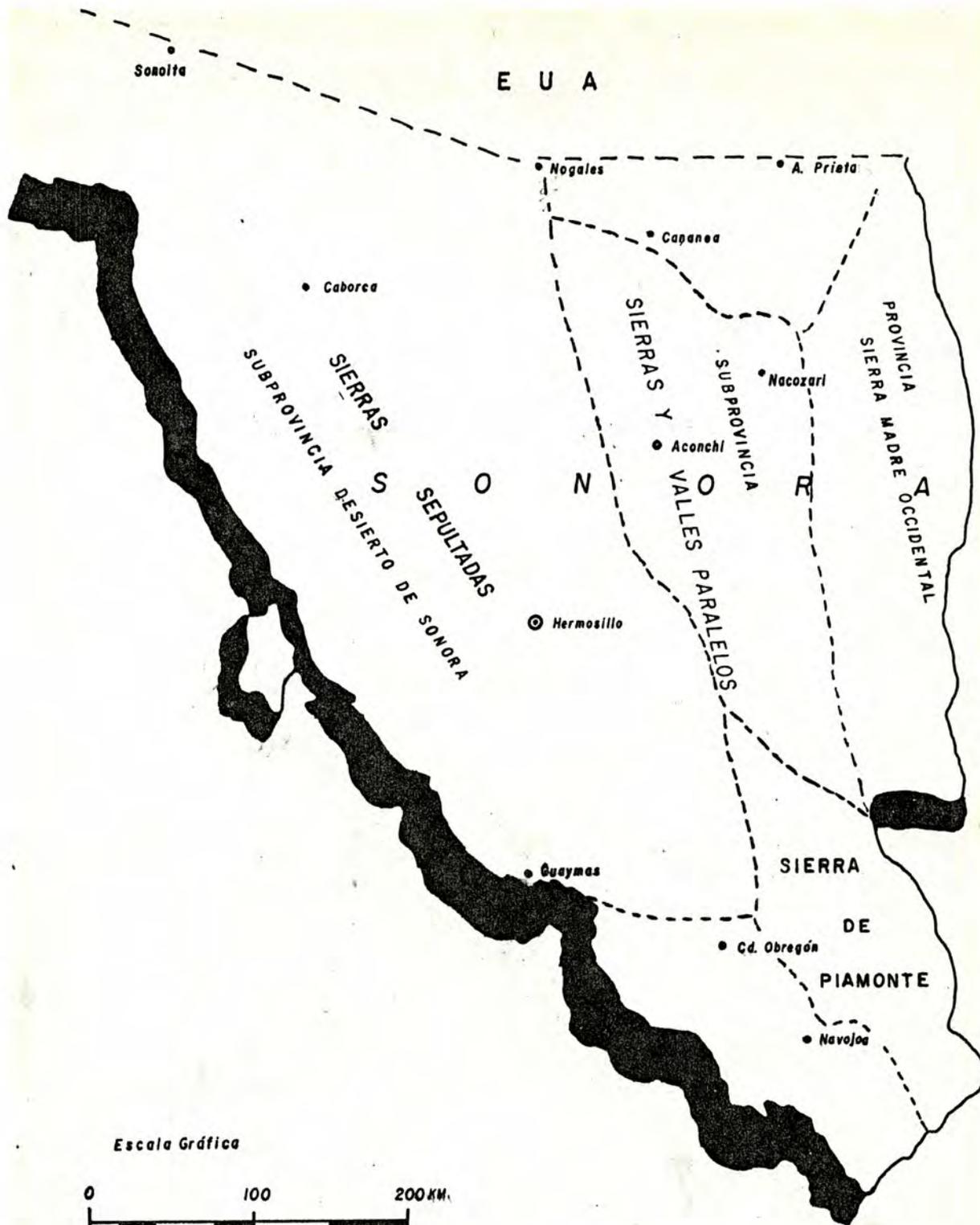


Fig. 3

PROVINCIAS FISIOGRAFICAS

ERWIN R. Z. 1964

WILLIAM H. 1956

basálticos que en parte constituyen lo que se conoce como Formación Báucarit de edad Terciaria.

2.2.2. GEOMORFOLOGIA.

Los rasgos geomorfológicos más importantes en el área son: el valle y las sierras paralelas. Este valle se caracteriza por una serie de lomeríos suaves que se ven cortados abruptamente en los flancos oriental y occidental, por grandes sierras formadas por rocas ígneas, que son parte de la etapa juvenil del ciclo geomorfológico.

Los lugares que son topográficamente más bajos y de suave relieve constituyen la etapa de madurez de dicho ciclo.

Se tienen elevaciones de hasta 2,000 m s.n.m. en la Sierra de Aconchi y de 1000 a 1700 m s.n.m. en la Sierra de Las Palomas, ambas sierras constituyen el rasgo topográfico más sobresaliente en el área. En el valle se tienen elevaciones entre los 400 y los 600 m s.n.m.

2.2.3. HIDROGRAFIA.

El área se encuentra en la vertiente del Pacífico y está drenada por el Río Sonora y arroyos del tipo intermitente. El drenaje en los valles es del tipo dendrítico, siendo subangular en las serranías. El Río Sonora cruza el área, nace en Cananea y se encuentran asentadas a lo largo de sus 380 km de longitud las siguientes poblaciones: Bacoachi, Arizpe, Banámichi, Huépac, San Felipe de Jesús, Aconchi, Baviácora, Ures y Hermosillo entre las más importantes. Este río desemboca en la presa Abelardo L. Rodríguez.

2.3. GEOLOGIA REGIONAL DE SONORA CENTRAL.

- INTRODUCCION

Recientemente en el Estado de Sonora, ha crecido el interés por conocer más a detalle los rasgos geológicos del mismo, debido a la gran cantidad y calidad de sus yacimientos minerales, por lo que, diversas compañías mineras, varios organismos federales y estatales, e instituciones educativas, se han dado a la tarea de crear, programas de investigación que ayuden a obtener datos más confiables de la geología de Sonora.

La geología de la porción central del Estado de Sonora, está representada por extensos afloramientos de rocas volcánicas de diferente composición, que varía de félsica a máfica, con un rango de edad que va del Cretácico al Terciario. También se tienen grandes emplazamientos de rocas intrusivas de composición granítica, formando lo que se conoce como Batolito de Aconchi de edad Terciario (Oligoceno). En menor proporción existen aislados afloramientos de rocas sedimentarias, cuyas edades fluctúan entre el Precámbrico y el Cretácico. Por último existe un complejo ígneo-metamórfico de posible edad Precámbrica.

Las rocas Precámbricas más cercanas a nuestra área, afloran a 12 Km al oeste de Banámichi (límite norte de la hoja Aconchi) donde se tienen 4 unidades, dos ígneas y dos metamórficas (Castillo, 1986). Las primeras dos unidades están compuestas por un gneiss, correlacionado con rocas cuya edad es de 1600 m.a. y un granito de textura micrográfica de color rojo

al cuál se le asigna una edad de 1100 m.a.. Las otras dos unidades son esquistos y pizarras que se atribuyen tentativamente al Precámbrico.

En la hoja Opodepe, la cual colinda al oeste con la hoja Aconchi, se tiene un complejo ígneo metamórfico similar al descrito por Castillo (Figueroa y Grijalva, 1988 com. pers.) al que se le asigna una edad del Precámbrico por sus características litológicas, estos autores correlacionan un granito micrográfico de color rojo con el granito Aibó, definido en Caborca por Cooper y Arellano (1956).

En el área de Cerro de Oro, 30 Km al suroeste de Aconchi, Castro y Morfín (1988) describen una secuencia sedimentaria del Precámbrico llamada Grupo "La Palma", formada por 3 unidades litoestratigráficas que son:

Unidad "El Tápiro" constituida principalmente por ortocuarcitas; unidad "El Alamo" compuesta por areniscas arcósicas y por último la unidad "Año Nuevo" representada por intercalaciones de dolomías y ortocuarcitas con algunos horizontes estromatolíticos.

En la región de Baviácora (13 Km al sur de Aconchi) afloran rocas sedimentarias metamorfizadas atribuidas al Paleozoico. Estas rocas consisten de mármoles, cuarcitas, corneanas y esquistos cuarzofeldespáticos. Peabody (1979) calcula un espesor aproximado de 800 metros para esta secuencia sedimentaria-metamórfica.

III. ESTRATIGRAFIA

Resumen

Las rocas más antiguas que afloran en el área pertenecen a una secuencia volcanosedimentaria compuesta por dolomías, calizas y areniscas, intercaladas con rocas volcánicas como andesitas y tobas, dicha secuencia es considerada de edad Cretácico Temprano (Neocomiano - Aptiano inf.). También se tienen calizas fosíferas (Orbitolina texana) y areniscas del Cretácico Temprano que afloran como techos colgantes en un pórfido granítico. Se tiene además una secuencia volcanosedimentaria de edad Cretácico Tardío compuesta principalmente por derrames andesíticos con tobas líticas, tobas arenosas, calizas y areniscas interestratificadas.

Afectando a las unidades anteriores se tiene un granito de muscovita y biotita con facies a granodiorita de edad Terciario Temprano. Este intrusivo está en contacto por falla con otro cuerpo ígneo hipabisal llamado pórfido granítico del Eoceno (50.47 ± 1.6 ma) que también afecta a las calizas y areniscas del Cretácico Temprano y a la secuencia volcanosedimentaria del Cretácico Tardío que aflora en el Distrito Minero de San Felipe.

Cubriendo en discordancia a todas las rocas pre-Eoceno Tardío se tienen rocas volcánicas félsicas, como riolitas, riodacitas, ignimbritas y tobas, de edad Oligoceno Mioceno.

La Formación Báucarit se tiene rellenando cuencas y sobreyace discordantemente a las rocas volcánicas Terciarias, la cubren de igual forma basaltos del Pleistoceno, los cuales son cubiertos por gravas y aluvión del Cuaternario (ver Fig. 4).

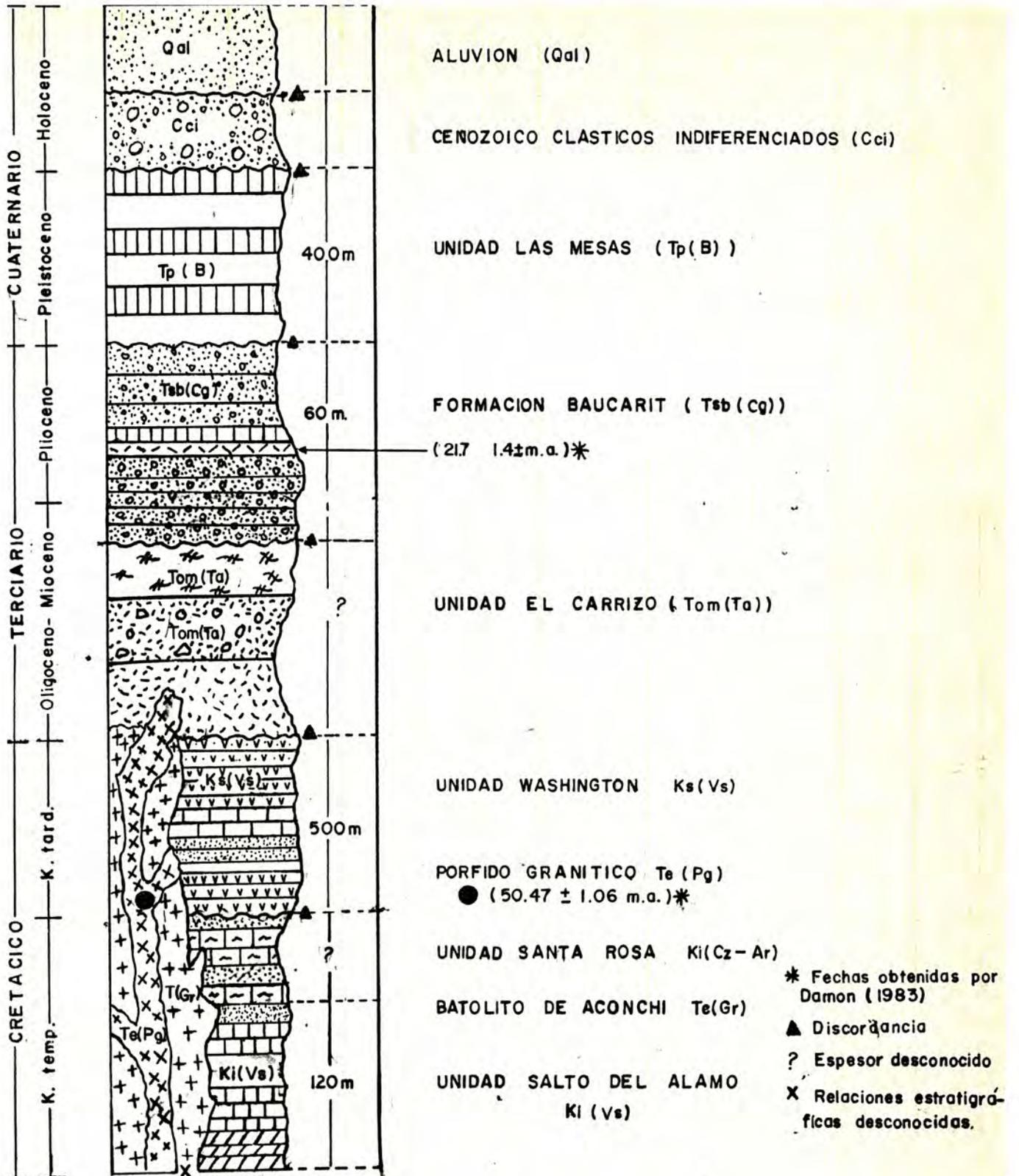


FIG. 4 COLUMNA GEOLOGICA GENERAL
AREA: HOJA ACONCHI (ESQUEMATICA)

3.1. MESOZOICO.

3.1.1. UNIDAD SALTO DEL ALAMO.

DEFINICION

Se le da el nombre de unidad Salto del Alamo a una secuencia constituida por dolomías, calizas fosilíferas (wackstone) con estructuras algáceas, calizas laminares (mudstone) y grawackas arcósicas, con abundante pedernal fosilífero de color negro y blanco. En esta secuencia se encuentran intercaladas rocas volcánicas de composición andesítica y tobas arenosas, así como un conglomerado rojizo con fragmentos de dolomías, calizas, pedernal y andesitas, cementadas por ceniza volcánica.

DISTRIBUCION

Esta unidad se presenta como un bloque aislado y aflora únicamente en el cerro contiguo a la cañada Salto del Alamo, a la cual debe su nombre. Se localiza al NE del área, a 10 km en línea recta, hacia el este del poblado La Mora.

LITOLOGIA Y ESPESOR

Litológicamente esta secuencia está constituida por esporádicos niveles de rocas volcánicas de composición andesítica, las cuales afloran intercaladas con rocas sedimentaria más o menos hasta la parte media de la secuencia. En

En ocasiones estas andesitas presentan textura porfídica, siendo los fenocristales plagioclasas y en menor proporción feldespatos potásicos. En menor cantidad presentan; biotita, clorita y minerales opacos. Se observa silicificación y un alto grado de reemplazamiento en las plagioclasas, por sericita.

Formando la parte inferior de la serie sedimentaria se tienen dolomías de colores crema a café claro en superficie de intemperismo y tonos grises en superficie fresca. Presentan intemperismo karst y están muy recristalizadas y silicificadas, compuestas por dolomita y muy poca calcita.

A estas rocas le siguen calizas de color gris a café rojizo oscuro que presentan horizontes arenosos y pedernalosos con fósiles como: Nannoconous Steinmanni, Nannoconous Globolous, Cámara de Globigerina (foraminíferos plantónicos), posibles Hedbergella y Radioilarios calcificados, clasificados por el Biólogo Claudio Ramón Salinas Hinojosa. También en otra muestra megascópicamente se observaron gasterópodos que aún no han sido clasificados.

Se tiene un conglomerado de color rojizo, que está compuesto por fragmentos de dolomías, calizas, pedernal con fósiles y rocas volcánicas, incluidos en una matriz rojiza muy fina, formada de ceniza volcánica (ver Foto 1). Se presenta en estratos delgados y gruesos, cuyo espesor llega a alcanzar los 10 m.

Las calizas laminares que afloran sobre este conglomerado son de colores rojizos claros a blancos en superficie de intemperismo y de bandas rojizas a rosadas con



Foto 1.- Conglomerado con fragmentos de dolomías, calizas, rocas volcánicas y pedernal fosilífero, en una matriz de ceniza volcánica. Unidad salto del Alamo (Ki(Vs)), Municipio de Banámichi.

tonos blancos en superficie fresca, con lentes de dolomía y una matriz micrítica (mudstone). En estas rocas se tienen estructuras algáceas de 1 a 2 cm de diámetro, con un desarrollo vertical de 1 a 5 cm. Estas rocas presentan plegamiento muy cerrado a nivel de estratos que no llega a afectar a la secuencia (ver Foto 2).

Estas rocas están cubiertas concordantemente por tobas arenosas de color amarillo claro, muy alteradas, de grano medio cuyos componentes son: fragmentos de roca, feldespato potásico, plagioclasas reemplazadas por clorita y sericita. La estratificación es delgada (10 a 40 cm).

La cima de esta unidad está compuesta por una roca de color café rojizo en superficie fresca, e intemperizan a color café y gris. Está compuesta por granos de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasas, en una matriz microcristalina de calcita, sericita, cuarzo y feldespato potásico. Esta roca se clasificó como una grauvaca arcósica.

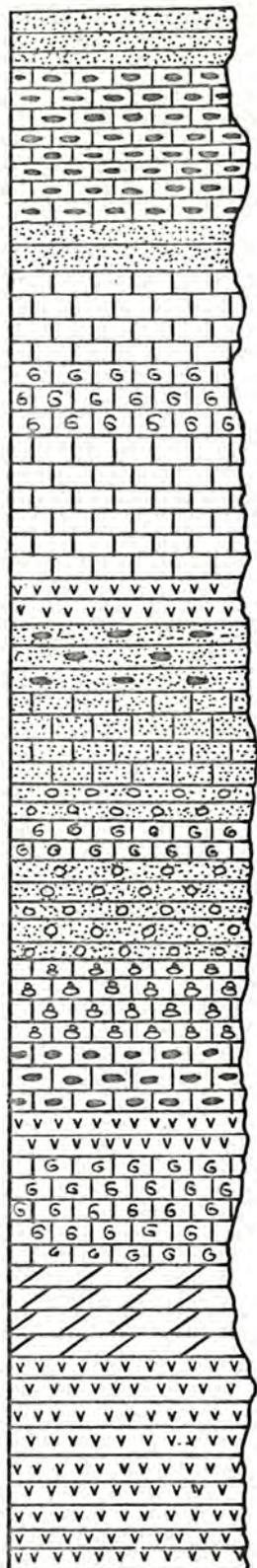
Dentro de toda esta secuencia existen intercalaciones centimétricas a milimétricas de nódulos y lentes de pedernal blanco, negro y ocasionalmente rojizo. En todo este material se pueden observar estructuras fósiles que son gasterópodos y foraminíferos plantónicos. El espesor de esta unidad no fué medido, aunque se estima un espesor mayor a los 100 m.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

La base de la unidad Salto del Alamo se desconoce se encuentra en contacto con las rocas volcánicas de la unidad Washington son por fallamiento normal, por otro lado la unidad



Foto 2.- Calizas con estratificación laminar y estructuras algáceas. Notese el suave plegamiento de las capas. Unidad Salto del Alamo (Ki(Vs)), Municipio de Banámichi.



ARENISCAS BLANCAS

CALIZAS CON LENTES DE PEDERNAL

ARENISCAS DE COLOR CAFE ROJIZO

CALIZAS CON LAMINACIONES MILIMETRICAS

CALIZA FOSILIFERA. (FORAMINIFEROS PLANTONICOS)

CALIZA CON LAMINACIONES MILIMETRICAS CON ESTRUCTURAS ALGACEAS Y MICROPLIEGUES, CON LENTES PARCIALMENTE DOLOMITIZADAS.

VOLCANICAS ALTERADAS, POSIBLEMENTE EN SU ORIGEN FUERON DE COMPOSICION ANDESITICA.

ARENISCAS CON LENTES PEDERNALOSOS

CALIZAS ARENOSAS

CONGLOMERADO

CALIZAS CON FRAGMENTOS DE FOSILES

CONGLOMERADO CON CLASTOS DE CALIZAS, PEDERNAL Y ANDESITA. MATRIZ DE COMPOSICION VOLCANICA.

CALIZAS FOSILIFERAS (GASTEROPODOS)

CALIZAS CON LENTES DE PEDERNAL NEGRO Y BLANCO CON FOSILES (?)

ANDESITA PORFIDICA

CALIZAS FOSILIFERAS (FORAMINIFEROS PLANTONICOS)

DOLOMIAS GRISES CON BANDAS CENTIMETRICAS DE PEDERNAL

VOLCANICAS (ANDESITAS). MUY ALTERADAS,

FIG.5 UNIDAD SALTO DEL ALAMO
COLUMNA ESTRATIGRAFICA (ESQUEMATICA)

Salto del Alamo se encuentra en contacto por falla y cubierta discordantemente por rocas volcánicas del Terciario medio (riolitas). También es sobreyacida discordantemente por terrazas y aluvión del Cuaternario.

EDAD Y CORRELACION

La edad de esta unidad volcanosedimentaria fué determinada en base a los fósiles enviados a PEMEX a sus oficinas en Chihuahua y clasificados por Salinas H. Ramón, quien la ubicó en el Cretácico Temprano (Neocomiano - Aptiano inf.).

Esta unidad puede ser correlacionable en base a sus características litoestratigráficas con:

La unidad Dos Naciones, la cual fué descrita por Rodríguez (1984), en el área de Tuape, Sonora, a 45 km al NW de Aconchi, la cual es una secuencia volcanosedimentaria y es dividida en unidades A, B, C y D. El miembro superior de la unidad C, es muy similar en sus características litológicas con la unidad Salto del Alamo. Este autor asigna una edad post-Oxfordiano (la cual recientemente cambio al Cretácico Temprano), cuyo espesor es de más de 1000 m.

Herrera y Bartolini (1983), mencionan en la región de Lampazos, Sonora, (al SE del área de estudio), una secuencia sedimentaria de edad Cretácico Temprano de más de 2000 m de espesor. En esta secuencia se tiene la unidad Agua Salada, que contiene las rocas más antiguas y consiste de calizas arcillosas laminares con pedernal negro, además calizas grises fosilíferas en estratos delgados y gruesos, siendo los fósiles principalmente

ostreas. Esta unidad tiene un espesor expuesto de 80 m. La unidad Salto del Alamo en su parte sedimentaria puede ser correlacionada con la unidad antes mencionada.

En base a las correlaciones anteriores y a los fósiles encontrados en estas rocas se les asigna una edad del Cretácico Temprano (Neocomiano - Aptiano inferior).

MEDIO AMBIENTE DE DEPOSITO

La presencia de foraminíferos plantónicos en calizas y la intercalación de estas con calizas laminares con estructuras algáceas nos indica un ambiente de plataforma nerítico, combinado con erupciones volcánicas piroclásticas. Dicho ambiente es de eugeosinclinal, cercano a un posible margen activo.

El origen posible de los lentes de pedernal de esta unidad es por precipitación química directa del sílice del agua de mar, para lo cual debieron haber ocurrido cambios físico - químicos muy bruscos en ella. Pettijohn (1973) establece esta teoría como un posible origen de los pedernales estratificados, y supone que el origen del sílice puede ser por volcanismo contemporáneo a la sedimentación que produce ceniza volcánica silícea. Además menciona otros orígenes para el pedernal, los cuales pueden ser por segregación diagenética (particularmente en los nodulares); otros son contribuciones de sílice de varias rocas silicificadas preexistentes como diatomitas, tobas y calizas; además otros pedernales pueden ser producto de sílice precipitado inorgánicamente. El origen del pedernal es un problema que no ha sido resuelto, tal vez tenga más de uno.

3.1.2. UNIDAD SANTA ROSA

DEFINICION

Se definió como unidad Santa Rosa a un conjunto de rocas sedimentarias, que incluyen calizas fosilíferas y areniscas que afloran en la mina Santa Rosa.

DISTRIBUCION

Esta unidad aflora unicamente dentro del distrito minero de San Felipe de Jesús a 4 km al W del poblado del mismo nombre. Pequeños afloramientos se encuentran en la mina Santa Rosa.

LITOLOGIA Y ESPESOR

La unidad Santa Rosa está representada por una caliza fosilífera, de color gris en superficie fresca y con colores gris claro a amarillento en superficie de intemperismo.

Está compuesta por caliza arcillosa con una matriz micrítica, con gran abundancia de fósiles (Orbitolina texana) y con cierto grado de recristalización a calcita espática. Se clasificó como un packstone de orbitolinas.

El espesor de esta unidad no fué medido ya que se encuentra como "techo colgante" en un pórfido granítico. Algunos afloramientos se encuentran formando skarns y se observan dentro de las minas.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Se desconoce la base de esta unidad, pero suponemos que se encuentra concordantemente cubriendo a la unidad Salto del Alamo aunque no fué posible ver esta relación en el campo. Esta unidad se encuentra como "techo colgante" flotando en el Pórfido Granítico, de edad Eoceno medio. Se considera que han sido afectadas primeramente por el Batolito de Aconchi del Terciario Temprano y después por el Pórfido Granítico del Eoceno medio. Esta unidad está discordantemente sobreyacida por andesitas del Cretácico Tardío en el arroyo El Lavadero.

EDAD Y CORRELACION

Los fósiles encontrados en uno de los estratos de calizas de esta unidad, fueron clasificados como foraminíferos bentónicos (Orbitolina texana) de edad Cretácico Temprano (Aptiano - Albiano)(Perez R. comunicación personal) que pueden ser correlacionables con la Formación Caliza Antúnez (Castro y Morfín, 1988) en el Grupo Cerro de Oro de Rayón, Sonora. Además pueden correlacionarse también con el Grupo Ceja y Azulitos (González, 1978) en Arizpe.

MEDIO AMBIENTE DE DEPOSITO

El caracter micrítico de la matriz y la presencia de foraminíferos bentónicos nos sugiere un ambiente marino somero, nerítico de plataforma, de baja energía. Esta unidad fue formada durante la transgresión del Golfo de México hacia el continente en el Cretácico inferior (Bilodeau and Lindberg, 1983).

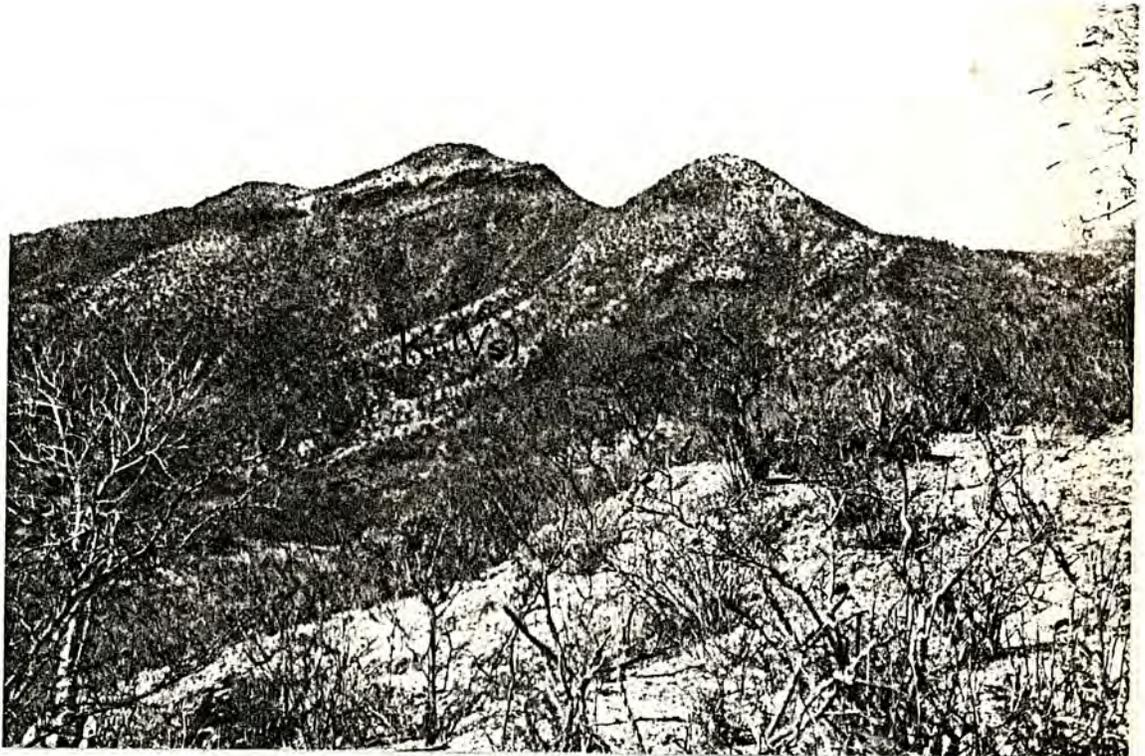


Foto 3 .- Panorámica de la unidad Salto del Alamo (Ki(Vs)), localizada a 10 km al Este de el poblado La Mora, Municipio de Banámichi.

3.1.3. UNIDAD WASHINGTON.

DEFINICION

Se asigna con el nombre de unidad Washington debido a que esta secuencia volcanosedimentaria aflora en los alrededores de la mina del mismo nombre. Es una secuencia de rocas ígneas efusivas, formada principalmente por derrames andesíticos con intercalaciones de tobas y rocas sedimentarias como calizas y areniscas.

DISTRIBUCION

Esta unidad está ampliamente distribuída en la porción oriental del área, en la sierra Las Palomas y los cerros; El Chupadero, El Jardín, Los Magueyes, El Volantín y el puerto La Leonera. Hacia la parte occidental afloran en el Distrito Minero de San Felipe (ver mapa geológico).

La intercalación de rocas sedimentarias se observa en varias localidades. Los mejores afloramientos ocurren en los arroyos El potrero y Los Yaquis, además en la cañada Washington.

LITOLOGIA Y ESPESOR

En esta unidad tenemos generalmente en la base una andesita fluidal de colores verdes a grises, que variaría texturalmente de afanítica a porfídica. Se tienen además algunas tobas de colores claros, de grano fino y tobas arenosas intercaladas. Dentro de estos derrames se tiene una serie de

rocas sedimentarias (de la parte media de la unidad hacia la cima sin llegar a ella) compuestas por calizas, limolitas y areniscas.

Las calizas son de color gris a café rojizo variando gradualmente en el tamaño del grano de fino a grueso de la base a la cima. El espesor de los estratos variá de 0.5 a 1 m, presentando también un estrechamiento o acuñamiento lateral con las rocas volcánicas, están además suavemente deformadas y falladas formando pliegues de arrastre aunque en general mantienen un rumbo NW-SE echadas hacia el SW.

No se encontraron fósiles en ningún estrato de caliza, ya que se encuentran muy recristalizadas y silicificadas.

El espesor estimado para estas calizas no sobrepasa los 20 m.

La cima de la unidad Washington es una roca volcanoclástica muy bien estratificada, con laminaciones de colores claros y oscuros (ver Foto 4), siendo las laminaciones claras de material más grueso compuesto por fragmentos de rocas volcánicas (andesitas principalmente) y las bandas oscuras son de material más fino, compuestas por cenizas volcánicas. Dentro de estas rocas hay bandas de magnetita o goethita, producto de hidrotermalismo. El espesor estimado de esta roca es de aproximadamente 100 m.

Para hacer el estudio petrográfico de la unidad se tomaron tres muestras representativas de la misma.

La muestra Ac-119 presenta un color gris oscuro a gris verde en superficie fresca y tonos verde claro en superficie de intemperismo. Presenta ocasionalmente textura porfídica, siendo

los fenocristales de plagioclasas (andesina-oligoclasa) y hornblenda, ambos en cristales euhedrales y subhedrales, los cuales están reemplazados algunas veces hasta en un 100 % por epidota. Estos fenocristales se encuentran flotando en una matriz microlítica que presenta cierta orientación en sus componentes. Se encuentra silicificada por procesos de hidrotermalismo, observándose además alteración propilítica, la cual permitió el desarrollo de minerales secundarios como; magnetita, clorita, apatito, pirita y cuarzo en vetillas. Esta muestra se clasificó como una andesita porfídica.

La andesita fluidal presenta las mismas características de la roca anteriormente descrita, aunque la diferencia es la textura y la alineación que presentan los cristales de plagioclasa, biotita y hornblenda.

La muestra Ac-72 es una roca de color gris oscuro en superficie fresca y gris claro en superficie de intemperismo y se trata de una caliza recristalizada con gran desarrollo de calcita nodular y en vetillas. Es una caliza en ocasiones ferruginosa por la gran cantidad de óxidos de fierro que contiene. Se encuentra además silicificada, llegando a constituir un skarn en algunos afloramientos, debido a metamorfismo de contacto. No se observaron fósiles, aunque en algunas láminas delgadas se encontraron restos biógenos.

Con respecto a la roca volcanoclástica AC-116, megascópicamente presenta bandas de colores claros y oscuros, las bandas claras son de material de grano medio a grueso y las oscuras de grano fino (ver Foto 4). Al microscopio los cristales se ven rotos y alterados, los cuales tienen cierta orientación.



Foto 4.- Roca volcanoclástica con laminaciones claras y oscuras que forma la parte superior de la unidad Washington (Ks(a)), localizada en el arroyo El Alamo, Municipio de Aconchi.

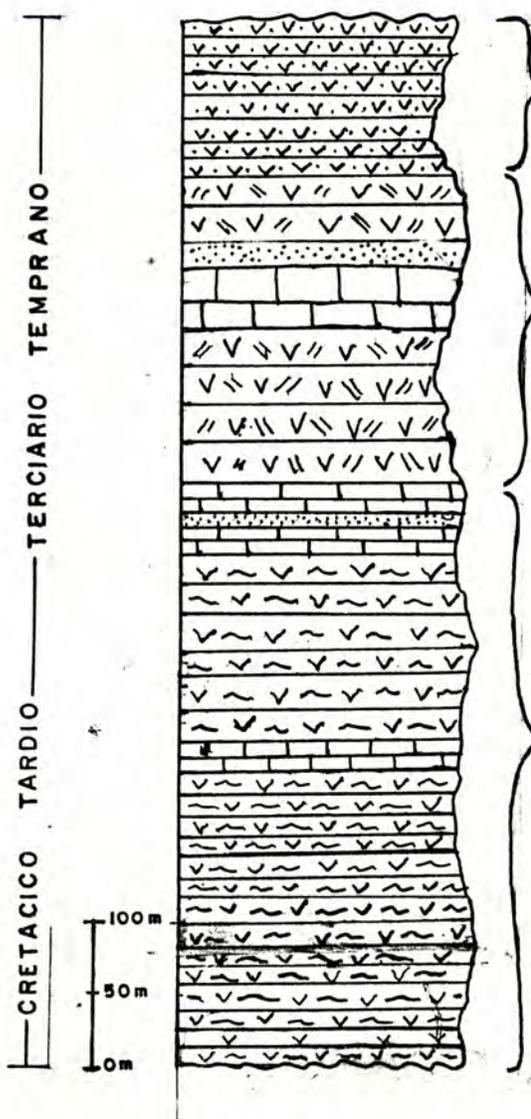
Los componentes esenciales son plagioclasas (andesina-oligoclasa) en cristales subhedrales, hornblenda, biotita, y como matriz cristales finos de cuarzo y ceniza volcánica. Se observa bastante epidota como mineral de alteración. Esta roca se clasificó como una toba arenosa.

El espesor de esta unidad no se sabe con exactitud; sin embargo Solano (1986) menciona un espesor de 600 m para una unidad llamada Andesita Juanita descrita por Ibarra (1978), con la cual se puede correlacionar nuestra unidad por la cercanía del afloramiento y similitud litológica. Dicho espesor fue tomado en base a la información obtenida de un barreno, en el área Molibdeno, Municipio de Cumpas, el cual perforó 600 m, de los cuales 590 fueron de andesita y los 10 m. restantes de una roca intrusiva.

RELACION CON LAS ROCAS ADYACENTES

Las rocas de esta unidad cubren discordantemente a calizas y areniscas del Cretácico Temprano, en los alrededores de la mina Santa Rosa; son intrusionadas por el batolito de Aconchi y un granito de biotita con facies a granodiorita, en el centro este del área (Distrito Minero de San Felipe), aquí no aparecen las capas sedimentarias.

Esta unidad está cubierta discordantemente por rocas volcánicas félsicas de edad Terciario medio - Tardío como riolitas, ignimbritas, tobas y aglomerados. También son cubiertas en discordancia angular por la Formación Báucarit del Terciario



ARENISCA TOBACEA, LAMINAR DE COLOR VERDE OSCURO Y AMARILLO CLARO EN BANDAS ALTERNADAS. ESTAN SILICIFICADAS Y PRESENTAN BANDAS DE MAGNETITA.

ANDESITA PORFIDICA DE COLOR VERDE OLIVO, CON FENOCRISTALES DE HORNBLENDA Y PLAGIOCLASA, EN OCASIONES SE ENCUENTRA SILICIFICADA.

FLUJOS ANDESITICOS DE COLORES VERDE OSCURO Y VERDE CLARO AMARILLENTO. CON FUERTE GRADO DE ALTERACION, QUE ALCANZA, EN OCASIONES UN 100% SE TIENEN INTERESTRATIFICADAS. CON ESTOS FLUJOS CALIZAS SIN FOSILES Y ARENISCAS SUCIAS, ADEMAS TOBAS ARENOSAS.

Fig. 6 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA UNIDAD WASHINGTON. DEL CRETACICO TARDIO AL PALEOCENO.

Tardío, basaltos del Plioceno, terrazas y aluvión del Cuaternario.

EDAD Y CORRELACION

La unidad Washington es correlacionable en cuanto a características y composición litológica, con la unidad Andesita Juanita del área Cumobabi, descrita por Ibarra (1978), quien la ubica dentro del Cretácico Tardío - Terciario Temprano y consiste principalmente de rocas de composición intermedia (andesitas), las cuales presentan características texturales diferentes, de afaníticas a porfídicas .

Se puede correlacionar con el "Lower Volcanic Group" propuesto por McDowell y Clabaugh (1979), para una serie de derrames andesíticos, interdigitados con sedimentos marinos del Cretácico. La edad de este grupo volcánico varía entre 45 y 100 ma.

Es posible hacer otra correlación con la Formación Arenillas en el área de la mina Oposura (Marrs y Gilbert, 1981). Esta Formación consiste de tobas líticas y cristalinas de color verde, laminares, además de calizas con estratos delgados sin fósiles y rocas volcanoclásticas de edad Cretácico, que se encuentran entre derrames de composición intermedia.

La unidad Washington es considerada del Cretácico Tardío - Paleoceno debido a las correlaciones anteriores y a que los cuerpos intrusivos que las cortan han sido fechadas en 56.4 ± 1.2 ma dando una edad del Paleoceno Tardío. Otra razón es su deformación, consistiendo esta en un fallamiento,

evidenciado este por pliegues de arrastre. Además estas rocas están suavemente plegadas y más alteradas que las rocas volcánicas del Terciario medio - Tardío y además la composición es distinta.

ORIGEN

El origen de estas rocas ha sido tema de polémicas y desarrollo de varias teorías.

Algunos autores atribuyen el origen de estas rocas a la convergencia de la placa Farallón debajo de la placa Norteamericana.

Coney (1972) afirma que este volcanismo es típico de un arco de islas o de un margen continental y que no es originado por la reorganización de las placas durante la orogenia Laramide, hace 80 ma. Dicho arco de islas fué originado por la subducción de las placas mencionadas anteriormente.

Tanto las rocas sedimentarias como las volcanoclásticas fueron depositadas en un ambiente marino o lacustre de poca profundidad y muy oxigenado, produciendo calizas ferruginosas y horizontes de oxidación en las volcanoclásticas; además de baja energía, ya que las laminaciones presentes en las tobas así lo sugieren.

3.2. CENOZOICO.

3.2.1. UNIDAD EL CARRIZO

DEFINICION

Esta unidad está formada por rocas volcánicas originadas por la emisión de magma de composición félsica en donde tenemos derrames riolíticos, ignimbritas, tobas y aglomerados.

DISTRIBUCION

Se encuentra ampliamente distribuía en la porción oriental del área, formando parte de la Sierra Las Palomas, Cerro El Carrizo, Las Lajuelas, cerro Santa Gertrudis y otros más. Formando relieves abruptos y generalmente en las zonas topográficamente más altas.

LITOLOGIA Y ESPESOR

En general las rocas volcánicas se presentan de la siguiente manera: En la base flujos andesíticos, posteriormente riolitas porfídicas, riolitas fluidales, tobas félsicas e ignimbritas con vitrófido, y por último aglomerados volcánicos.

Según estudios petrográficos las rocas de composición riolítica presentan una textura porfídica, en la muestra Ac-115 los fenocristales de la roca están constituídos por cuarzo en forma amiboide y feldespato potásico (sanidino), los cuales

están en una matriz cuarzo-feldespática microcristalina, en partes enmascarados por minerales arcillosos. Se tienen microvetillas de cuarzo, existiendo restos de ferromagnesianos reemplazados por óxidos de fierro. Esta roca se clasificó como riolita porfídica.

La muestra Ac-112 presenta una textura microcristalina orientada, en partes fluidal, en donde los cristales de plagioclasas y feldespato potásico tienen una orientación preferencial sobre una matriz de composición cuarzo-feldespática. Algunos cristales de cuarzo se encuentran dispersos en dicha matriz, además de escasos cristales de biotita con una marcada orientación. Cuenta con gran abundancia de cristales de óxidos de fierro distribuidos en toda la roca. Se clasifica como una cuarzolatita o riolacita.

En la muestra Ac-120 se tiene una gran alteración a minerales arcillosos, siendo de color amarillo en tonos claro principalmente. Contiene fragmentos de roca, cuarzo, vidrio, plagioclasas (oligoclasa-andesina) y feldespato potásico (sanidino). Estos se encuentran reemplazados por epidota, óxidos de fierro y minerales arcillosos. Hay estructuras esferulíticas formadas por vidrio en proceso de desvitrificación, observándose cristales de clorita secundarios y diminutos cristales de zircón y apatito. Esta roca se clasificó como una toba lítica de composición cuarzolatítica (ver Foto 5).

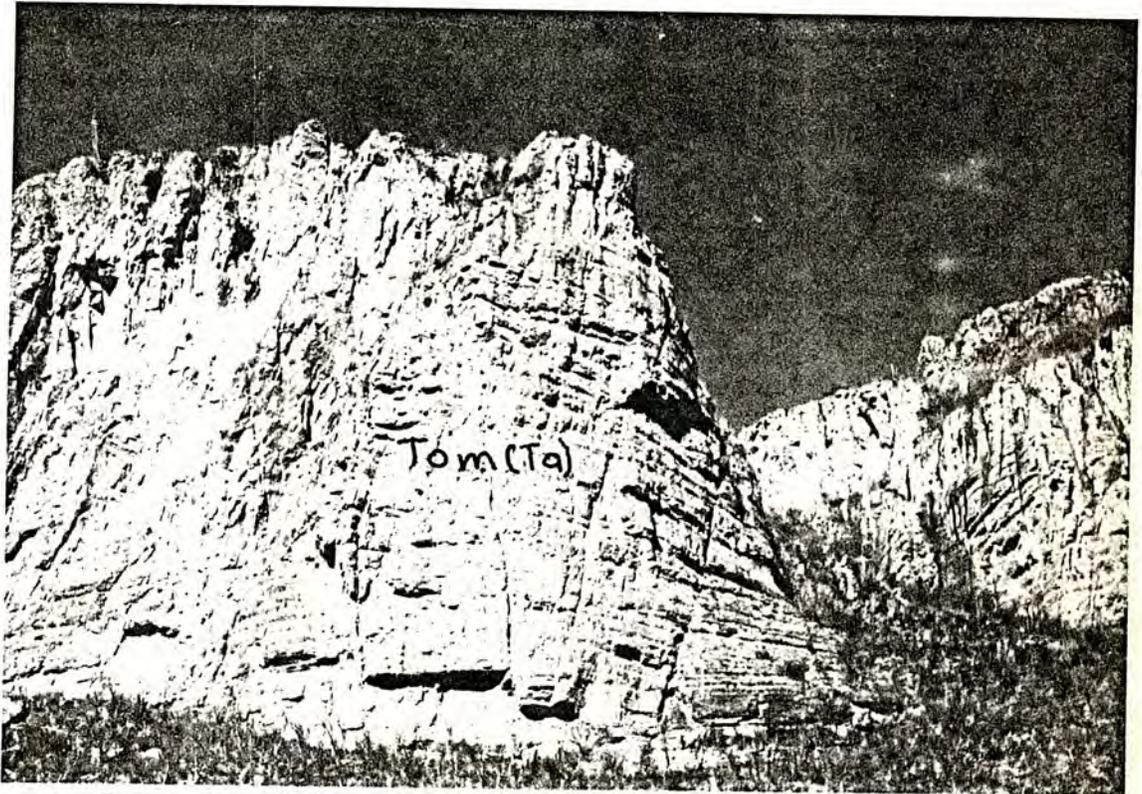
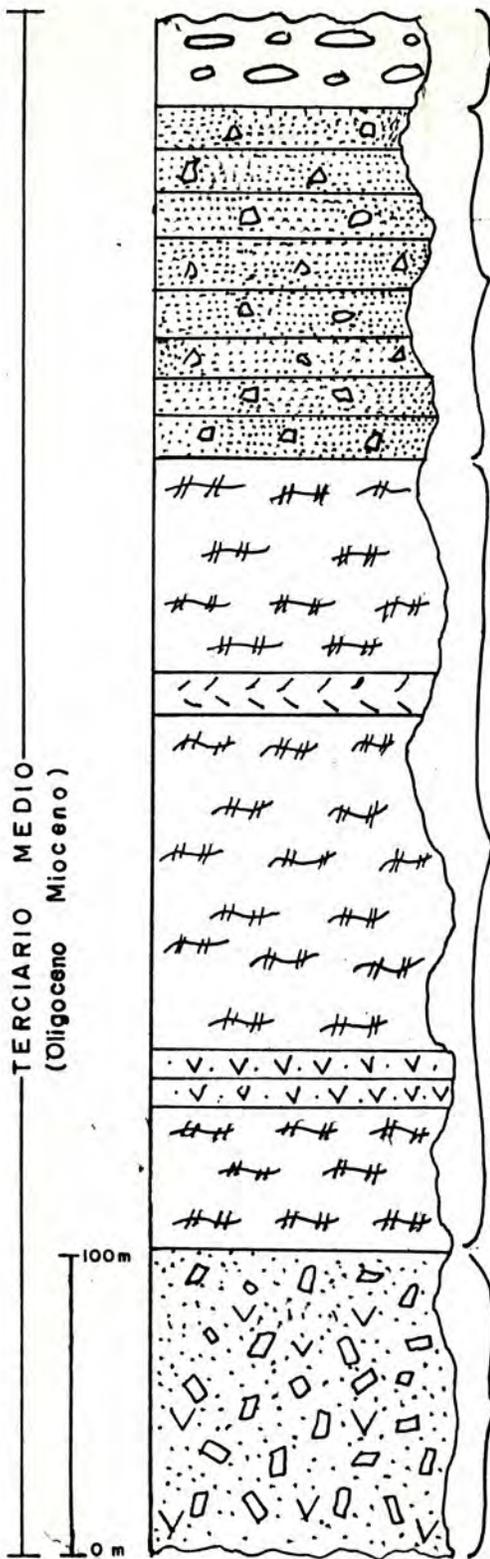


Foto 5.- Tobas liticas de la unidad El Carrizo, (Tom(Ta)) donde se observa su fracturamiento. Localizada en el cerro El Carrizo, Municipio de Huépac.



AGLOMERADO CON FRAGMENTOS CENTIMETRICOS A DECIMETRICOS DE ROCAS VOLCANICAS DE COLOR AMARILLO CLARO A CAFE ROJIZO.

TOBAS LITICAS DE COMPOSICION RIOLITICA Y CUARZOLATITAS DE COLORES, AMARILLO CLARO Y CAFE CLARO PRESENTAN BUENA ESTRATIFICACION, QUE OCASIONALMENTE ES CRUZADA.

FLUJOS RIOLITICOS Y RIODACITICOS DE COLORES ROSADOS Y BLANCOS, CON TOBAS CINERITICAS.

TOBAS RIOLITICAS, VITROFIDOS Y PERLITA ENTRE ELLOS.

RIOLITA PORFIDICA CON OJOS DE CUARZO, DE COLOR BLANCO ROSADO A ROJIZO

Fig. 7 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA UNIDAD EL CARRIZO

RELACION CON LAS ROCAS ADYACENTES

Esta unidad cubre discordantemente a la unidad Salto del Alamo, a la unidad Washington, así como a los intrusivos del Cretácico Tardío - Terciario Temprano. Esta unidad es cubierta en discordancia por la Formación Báucarit y derrames basálticos del Terciario Tardío, además por gravas y aluviones del Cuaternario.

EDAD Y CORRELACION

Rocas similares a las anteriores descritas, fueron fechadas por MacDowell (1972) en las serranías de Durango y Sinaloa, y obtuvo por el método K/Ar edades entre los 21 y 29 ma, por lo que se les asigna una edad Oligoceno-Mioceno Temprano.

En la costa de Sonora Gastil (1974) obtuvo con el mismo método fechas parecidas en rocas pertenecientes al mismo evento volcánico.

Damon (1964) basado en métodos radiométricos reporta que hubo una intensa actividad magmática en el Oligoceno, que tubo gran desarrollo hacia el este del Estado de Sonora.

Estas rocas son correlacionables a las descritas por González (1978) en Arizpe, a 40 km. al norte 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 de Sonora como; Nacozari

(Livingstone, 1973 y Brechenbriter, 1975), y en el oeste del Estado (Gastil y Kruppenacher, 1974), los cuales obtienen por el método K/Ar una edad Eoceno-Mioceno.

ORIGEN

El origen de estas rocas se atribuye al magmatismo producido por la subducción de la placa Farallón bajo la placa Norteamericana antes del término de la misma y al cambio a un régimen distensivo (Damon and Bikerman, 1964). Otros autores lo atribuyen a la progresión y regresión del arco cordillerano (Coney y Reynolds, 1977).

3.2.2. BATOLITO DE ACONCHI.

DEFINICION

En el área de estudio se le nombra Batolito de Aconchi a un conjunto de rocas plutónicas de dimensiones batolíticas de textura fanerítica equigranular, cuya composición varía de granito a granodiorita. Este conjunto de rocas está intrusionando a rocas volcánicas y sedimentarias del Cretácico. Dentro de estas rocas se incluyen también diques pegmatíticos, aplíticos y andesíticos, siendo los primeros los más abundantes.

DISTRIBUCION

Estas rocas se encuentran ampliamente distribuidas en toda el área de estudio y específicamente al SW de la hoja Aconchi en la "Sierra de Aconchi". En la porción SE, desde la cañada "La Palma" y cerro "El Rincón de la Piedra", hasta las partes bajas del cerro "Las Lajuelas" y al este del poblado de Huépac.

LITOLOGIA

El batolito está constituido de rocas intrusivas graníticas que varían de granito a granodiorita, de color blanco con tonos oscuros por la presencia de ferromagnesianos como hornblenda y biotita. Sus minerales esenciales son; cuarzo, feldespato potásico y plagioclasas y como minerales accesorios muscovita. Por último presenta epidota y clorita, que son producto de la alteración de los feldespatos y las micas. El tamaño del grano varía de fino a grueso con una textura fanerítica hipidiomórfica equigranular.

Se sabe de la diferencia en cuanto a composición del Batolito de Aconchi que es un granito de muscovita - hornblenda, y el granito de biotita del SE del área de estudio, pero como pertenecen al mismo evento magmático, se optó por considerarlos como una sola unidad (ver Foto 6).

Musc - Biot

RELACION CON LAS ROCAS ADYACENTES

Este conjunto de rocas plutónicas se encuentra intrusionando y en ocasiones mineralizando a rocas mesozoicas.

Los contactos generalmente son por fallamiento normal, aunque en algunas partes, rocas volcánicas del Cretácico Tardío y sedimentarias del Cretácico Temprano están siendo afectadas por este conjunto de rocas. Estos intrusivos son sobreyacidos discordantemente por rocas volcánicas del Terciario, Oligoceno - Mioceno Temprano.

EDAD Y CORRELACION

En el área se tienen dataciones hechas en la mina Washington por Damon y colaboradores (1983), en una granodiorita fechada por el método K/Ar, obteniéndose una edad de 56.4 ± 1.2 ma. Existe otra datación de una brecha hidrotermal usando el mismo método, donde obtuvieron una edad de 45.7 ± 1.0 ma; además existen otras dataciones muy cerca del área de estudio con las cuales se pueden correlacionar, como en la mina El Crestón en donde fecharon un granito del cual se obtuvo una edad de 53.5 ± 1.1 ma, en Mazocahui se fechó una pegmatita obteniéndose una edad 41.6 ± 1.0 ma, en La Puerta del Sol fue en un pórfido granítico, con una edad de 57.0 ± 3 ma (Anderson et al, 1980). Por lo anterior la edad asignada a estas intrusiones es del Paleoceno al Eoceno.

ORIGEN

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 enmarca dentro de la orogenia laramídica (Damon et al, 1964).



BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA

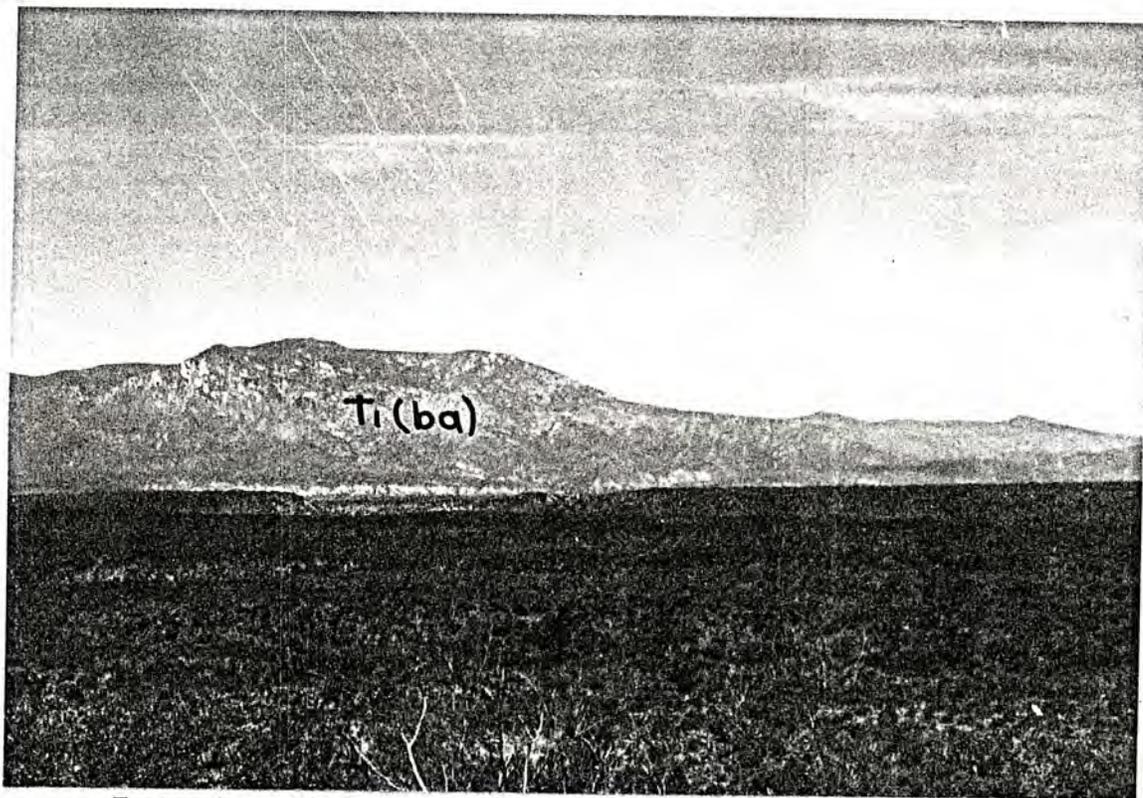


Foto 6.- Vista panorámica de la Sierra de Aconchi, a la que se conoce como Batolito de Aconchi (Ti(ba)). Observese la magnitud de este cuerpo intrusivo.

3.2.3. PORFIDO GRANITICO

DEFINICION

Se le da el nombre de Pórfido Granítico a una roca ígnea intrusiva hipabisal de composición félsica, cuyos componentes son principalmente fenocristales de cuarzo y feldespato potásico, en una matriz cuarzofeldespática, con una textura porfídica característica. Este intrusivo afecta a rocas volcánicas del Cretácico Tardío y a calizas y areniscas del Cretácico Temprano.

DISTRIBUCION

Se encuentra entre los límites formados por los arroyos "El Lavadero" y "El Hueverachi", en el centro oeste del área y dentro del distrito minero de San Felipe, a 4 km en línea recta al noroeste del poblado de San Felipe de Jesús (ver Foto 7). Se observó que dentro de este cuerpo hipabisal y en su periferia se localizan las minas "Santa Rosa", "San Felipe", "Las Lamas," "La Ventana" y un poco más al norte "La Plomosa" y "La Colorada".

LITOLOGIA

Se hizo un estudio petrográfico de la muestra AC-19 y se le clasificó como pórfido granítico, el cual contiene fenocristales de cuarzo y de feldespato potásico (ortoclasa) en cristales euhedrales y subhedrales, con su aspecto turbio

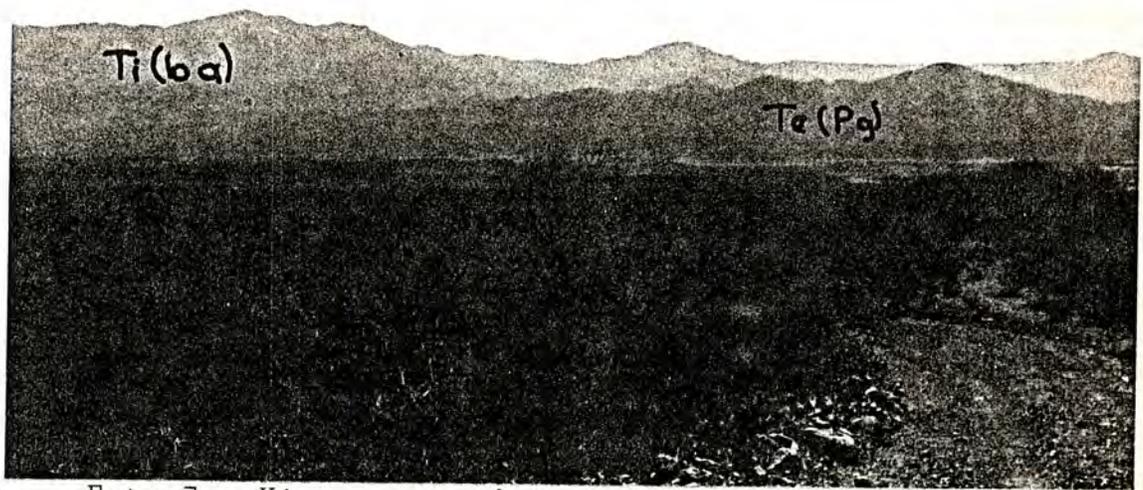


Foto 7.- Vista panorámica del Pórfido granítico (Te(Pg)) y al fondo la Sierra de Aconchi (Ti(ba)). Municipio de Aconchi.

característico. Por último presentan minerales verdes que son producto de la alteración de los feldespatos y las micas. El tamaño del grano varía de fino a grueso con una textura porfídica hipidiomórfica. Siendo su matriz cuarzo feldespática.

RELACION CON LAS ROCAS ADYACENTES

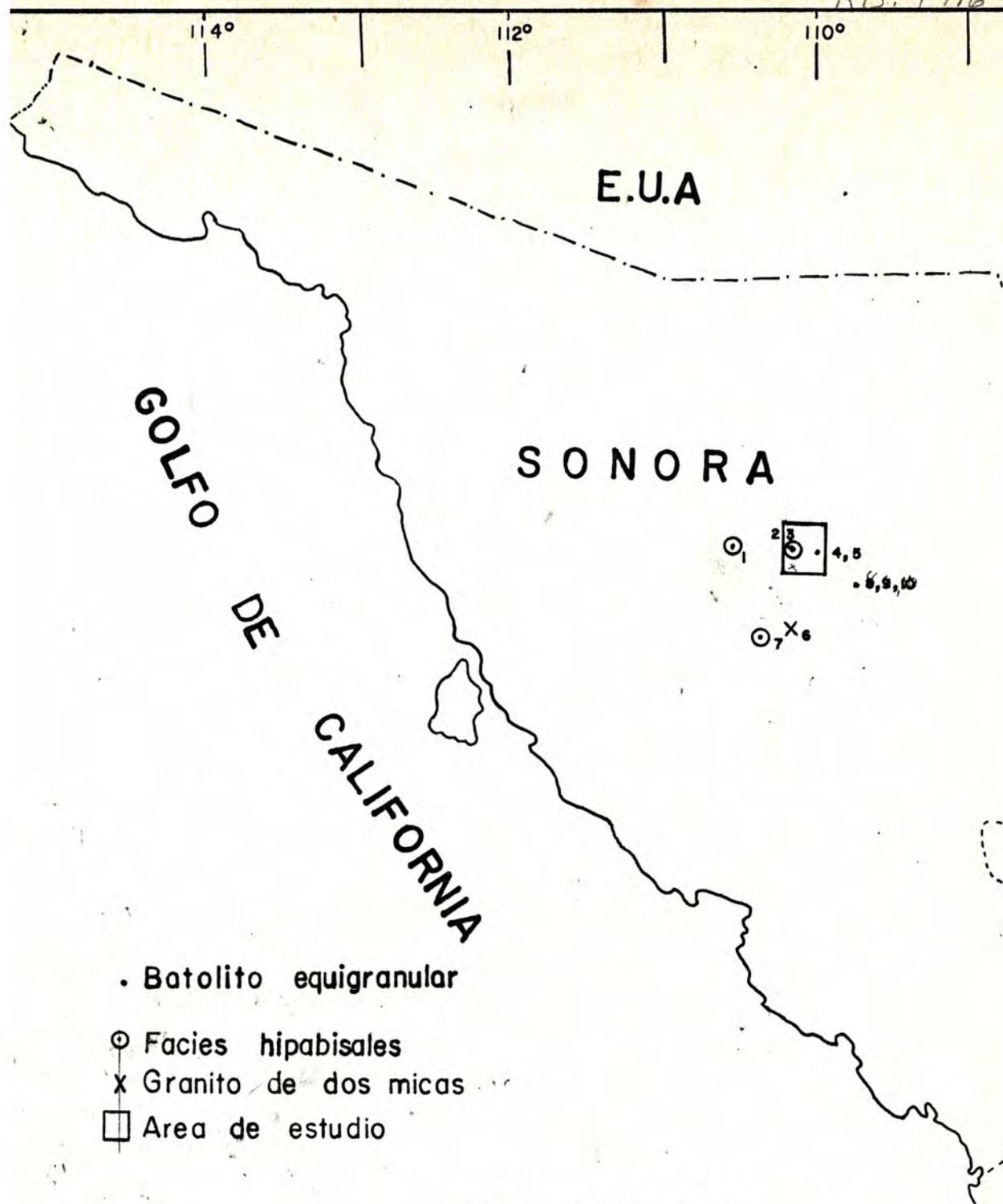
Este conjunto de rocas plutónicas se encuentra intrusionando y en ocasiones mineralizando a rocas mesozoicas. Los contactos generalmente son por fallamiento normal, aunque en algunas partes, rocas volcánicas del Cretácico Tardío (ver Foto 8) y sedimentarias del Cretácico Temprano están siendo afectadas por este pórfido. Este cuerpo ígneo está en contacto por fallamiento normal con el Batolito de Aconchi y además no produce un claro metamorfismo de contacto, esta más bien representado por alteración hidrotermal debido a que se trata de un intrusivo hipabisal.

EDAD Y CORRELACION

Damon (1975) de la Universidad de Arizona, fechó esta roca, basándose en el método K/Ar a partir de feldespato potásico, obteniendo una edad de 50.47 ± 1.06 ma. Se fechó el episodio de mineralización (alteración) por el mismo método, utilizando sericita asociada a sulfuros de plomo - zinc en la mina Santa Rosa obteniendo una edad de 49.54 ± 0.2 ma, Roldán (1979). Con base en los datos anteriores se considera el Pórfido Granítico de una edad terciaria (Eoceno Medio).



Foto 8.- Pórfido Granítico (Te(Pg)) afectando a rocas del Cretácico (andesitas de la unidad Washington (Ks(a))) en el arroyo El Lavadero. Municipio de Aconchi.



. Batolito equigranular

⊙ Facies hipabisales

x Granito de dos micas

□ Area de estudio

ESCALA 1:3,330,000

Fig.8.- Localización de muestras fechados isotopicamente

TABLA 1. RESUMEN DE EDADES ISOTOPICAS

LOCALIZACION	COORDENADAS	TIPO DE ROCA Y REFERENCIA	MINERAL O MAY. FECHADO	EDAD	REFERENCIA
	29°53'24" N	Granito	Sericita	53.5 ± 1.1	Damon y otros (1983)
1.- Mina El Creston	110°39'38" W				"
	29°53'08" N	Porfido de riolita	Ortoclasa	51.0 ± 1.1	"
2.- Mina San Felipe	110°18'00" W				"
	29°53'00" N	Escha hidrotermal	Sericita	45.7 ± 1.0	"
3.- Mina Santa Rosa	110°13'00" W				"
	29°53'47" N	Granodiorita	Biotita	56.4 ± 1.2	"
4.- Mina Washington	110°03'53" W				"
	29°53'47" N	Brecha hidrotermal	Sericita	45.7 ± 1.0	"
5.- Mina Washington	110°03'59" W				"
	29°30'36" N	Permatita	Muscovita	41.6 ± 1.0	"
6.- Mazocahui	110°09'40" W				"
	29°27'54" N	Porfido granitico	Zircon	57.0 ± 3.0	"
7.- Puerta del Sol	110°14'54" W				"
	29°53'14" N	Granodiorita		63.1 ± 1.7	Cendejas y Barcenas, 1976
8.- Mina Transvaal Area San Judas	110°00'05" W				"
	29°53'14" N	Porfido dioritico		55.9 ± 5.1	"
9.- Mina Transvaal Area Nollidano	110°00'05" W				"
	29°53'14" N	Microgranito		55.5 ± 0.28	"
10.- Cerro La Pirinola	110°00'05" W				"

ORIGEN

Este grupo de rocas se generó a partir de la subducción de la placa Farallón bajo la placa Norteamericana a fines del Cretácico. Este evento tectónico corresponde a la orogenia Laramídica (Damon et al, 1964).

3.2.4. FORMACION BAUCARIT

DEFINICION

En el área de estudio se nombra Formación Báucarit a una secuencia de conglomerados y areniscas bien estratificadas y levemente consolidadas con interestratificaciones de rocas volcánicas.

Dumble en (1900) propuso el nombre de división Báucari para esta secuencia.

King (1939) redefinió el termino de división Báucari elevándolo al rango de Formación, llamándola Formación Báucarit.

DISTRIBUCION

La Formación Báucarit se encuentra ampliamente distribuída en los valles, a lo largo del Estado de Sonora. Los afloramientos más típicos se reconocen en la provincia de Sierras y Valles Paralelos (Meniccuci, 1975).

En el área de estudio se encuentra expuesta en el valle del Río Sonora y se extiende longitudinalmente. Aflora

específicamente en la hoja Aconchi: Al SSE en el rancho "La Compuerta" y el cerro "Los Chinos" y al NNW en el rancho "El Hueverachi".

LITOLOGIA

La Formación Báucarit consiste de areniscas, conglomerados e interestratificaciones esporádicas de rocas volcánicas (de la parte media a la cima de la Formación) de composición máfica (basaltos). Los conglomerados son polimígticos, mal clasificados, de color café amarillento e intemperizan a color gris oscuro. Los fragmentos son subredondeados a angulosos y en composición varían de acuerdo a las unidades litológicas preexistentes. Los fragmentos son principalmente de rocas ígneas como: andesitas, tobas y rocas de composición granítica-granidiorítica, aunque ocasionalmente encontramos clastos de areniscas, calizas y algunas rocas metamórficas como gneises y esquistos.

Las areniscas son de grano medio a grueso, de composición arcósica, de color café a gris claro ó amarillento en superficie fresca e intemperizan a color café a gris oscuro con variaciones verdosas. Se presentan en algunas partes menos consolidadas que los conglomerados.

Las rocas volcánicas son principalmente basaltos de colores gris oscuro a negro en superficie fresca e intemperizan a colores negros, presentando una textura afanítica microcristalina, variando en el contenido de vesículas, las

cuales están rellenas de calcita y cuarzo. En algunas partes afloran tobas muy alteradas de color café claro, que presentan muy pocos fragmentos líticos y fenocristales de feldespatos.

El espesor de la formación no fué medido debido a que no existe ningún afloramiento donde se vea la secuencia continua, ya que está cubierta por aluvi6n y terrazas gravosas formadas por cantos de areniscas, granitos, granodioritas, andesitas, tobas y riolitas, sin embargo se estima unos 60 m.

RELACION CON LAS ROCAS ADYACENTES

La Formaci6n Báucarit se encuentra parcialmente cubierta en forma discordante por clásticos aluviales o bien por rocas basálticas del Terciario Tardío. Suponemos que sobreyace discordantemente a rocas sedimentarias y volcánicas del Cretácico e intrusivas y volcánicas del Terciario.

EDAD Y CORRELACION

Damon (1975) fechó por el método K-Ar una andesita basáltica colectada en la parte inferior de la Formaci6n Báucarit, obteniendo una edad del Mioceno Temprano (21.7 ± 0.4 ma), siendo esta edad igual a las volcánicas de la Unidad El Carrizo.

Meniccuci (1975) reporta fauna de vertebrados encontrados en Arizona en un conglomerado similar dando una edad del plioceno.

En base a la edad asignada por cada uno de los autores anteriores y a las relaciones estratigráficas que tienen con la unidad El Carrizo, la Formación Báucarit se considera de edad Mioceno Tardío al Plioceno.

MEDIO AMBIENTE DE DEPOSITO

La Formación Báucarit se considera como depósito de ambiente continental, localizado a los flancos de las montañas como abanicos aluviales y como rellenos de grandes valles .

3.2.5. UNIDAD LAS MESAS.

DEFINICION

Dentro de esta unidad tenemos incluidos unicamente a los derrames basálticos, los cuales varían un poco en composición, la cual va desde andesita basáltica a basalto de piroxeno y olivino (ver Foto 9).

DISTRIBUCION

Estas rocas se distribuyen ampliamente al SE del área, formando amplias mesetas como la mesa Sierrita de Baviácora, mesa La Yegua y mesa Tepua.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA

BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

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

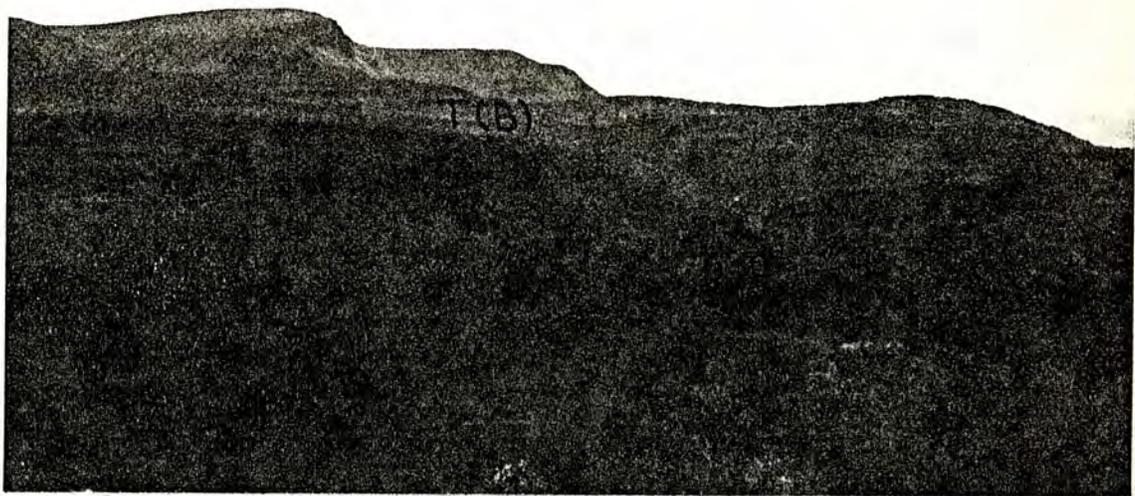


Foto 9.- Mesetas de basaltos (T(B)) de edad Pleistocénica en la Sierrita de Baviácora. Municipio de Baviácora.

LITOLOGIA Y ESPESOR

Este conjunto de rocas litologicamente está compuesto por basaltos, los cuales tienen colores que varían de gris oscuro a café oscuro en superficie fresca e intemperizan de café oscuro a café amarillento. Petrográficamente están compuestos principalmente por plagioclasas en gran porcentaje, piroxenos, y olivinos en menor proporción. Presentan textura afanítica y ocasionalmete vesicular, las cuales son rellenadas por calcita, cuarzo y calcedonia indistintamente.

Se estima un espesor de más de 400 m en la parte sur de este afloramiento (ver mapa geológico) y en la parte norte que es donde menos espesor tienen, estos flujos llegan hasta los 20 m.

RELACION CON LAS ROCAS ADYACENTES

Sobreyacen en discordancia angular a la Formación Báucarit, además cubren discordantemente a rocas intrusivas del Terciario Temprano así como a rocas volcánicas del Terciario Tardío. Esta unidad es una de las más jóvenes del área y está cubierta por terrazas y material aluvial del Cuaternario.

EDAD Y CORRELACION

Por la posición que guarda con respecto a la Formación Báucarit se consideran post - Mioceno Temprano y son sobreyacidas por terrazas aluviales del Cuaternario. Estos

derrames basálticos se pueden correlacionar con los de Moctezuma, los cuales se han asignado al Pleistoceno (Cochemé, comunicación personal).

ORIGEN

Estos derrames basálticos se emplazan a partir del Terciario medio, a través del fallamiento profundo producto de una tectónica distensiva (Basin & Range).

3.2.6. CENOZOICO CONTINENTAL INDIFERENCIADO

DEFINICION

Este término se utiliza para designar una serie de gravas arenosas y gravas que se han depositado en grandes valles y se han formado debido a la erosión de los relieves que limitan a estos valles. Se caracteriza por tener 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 la fuente de suministro.

DISTRIBUCION

En el área de estudio generalmente se localizan en el valle intermontano conocido como valle del río Sonora.



EL SABER ES MIS HIJO
HA HE SU GRANDEZA
Escuela de Ingenieros
Depto. Geología
BIBLIOTECA

LITOLOGIA

Esta unidad consiste de gravas pobremente consolidadas, con fragmentos redondeados a subangulosos, presentando colores café, gris claro, amarillento y blanco con tonalidades rojizas por oxidación. Los componentes de estas gravas generalmente son; andesita, tobas, riolitas, basaltos, areniscas, ocasionalmente calizas y rocas intrusivas. La matriz de estas gravas es arenosa. También presenta horizontes de arenas gravosas más compactas y finalmente existen capas de gravas y arenas no consolidadas con una gran variedad de tamaños. No fue medido el espesor, sin embargo no debe ser mayor de 200 m.

RELACION CON LAS ROCAS ADYACENTES

Esta unidad cubre en discordancia a todas las rocas preexistentes en el área de estudio y es sobreyacida por aluviones arenosos de origen fluvial.

EDAD Y CORRELACION

Por la posición que guarda con respecto a la Formación Báucarit, estas terrazas son consideradas del Cuaternario.

MEDIO AMBIENTE DE DEPOSITO.

Esta unidad se depositó en ambientes continentales, como abanicos aluviales y depósitos de talud.

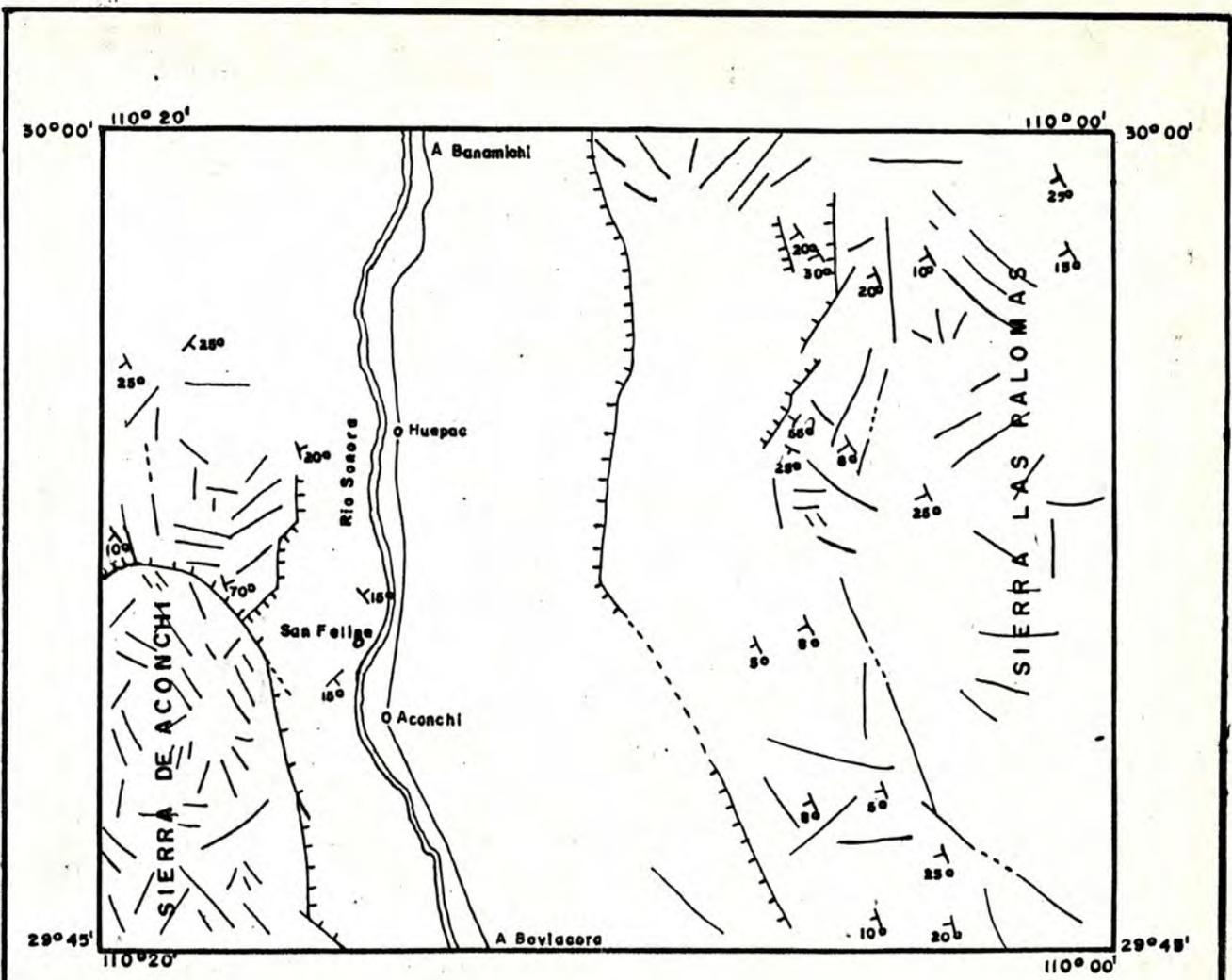
IV. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

El área se encuentra en la subprovincia fisiográfica de Sierras y Valles Paralelos, conocida también como Basin and Range. Esta morfología es producto de grandes fallas normales, en donde las sierras son los bloques levantados (Horst) y los valles los bloques caídos (Grabens).

Dentro del área, muchos de los contactos entre las diferentes unidades cartografiadas son por falla, como se puede apreciar en el plano geológico (anexo). Aunque en el área las estructuras mayores tienen un rumbo general NNW; a nivel más local, como en las zonas de minas, el fallamiento y/o fracturamiento no tiene un rumbo preferencial, ya que existen sistemas estructurales con rumbos N-S, E-W, NW-SE y NE-SW. Debido a esto las rosetas de fracturamiento no indicaron ningún patrón definido y por lo tanto se optó por mencionar las estructuras más importantes (ver fig. 9).

Se considera que la actitud de las unidades Salto del Alamo, Santa Rosa y Washington fueron producidas por un plegamiento producido por la orogenia Laramide en su fase compresiva, antes de los 56 m. a. ya que posteriormente estas unidades fueron afectadas por el Batolito de Aconchi que a su vez provocó posiblemente un nuevo cambio en el echado de dichas unidades. En las rocas de la unidad Washington se observa un eje N 25°- 30° W, con echados 20°SW .

Antes del emplazamiento del Pórfido Granítico de edad eocénica y después de la depositación de la unidad Washington se produjeron fallas E-W como las de las minas; San Felipe, La



S I M B O L O S

- FALLA NORMAL, INFERIDA
- FALLA O FRACTURA
- ↙_{25°} RUMBO Y ECHADO

0 Km 5 Km

Fig. 9 Mapa estructural de la Hoja Aconchi

Ventana, La Mendocilla y Las Cabezas, y las brechas; Franklin, Alicia y Bolivar (Dominguez, 1979), alineadas en esta dirección.

Más joven que el Batolito de Aconchi, contemporaneo al Pórfido Granítico y antes de la Formación Báucarit se produce un fallamiento con rumbo NE, el cual es cortado por grandes fallas de rumbo preferencial N20°-40°W. Esta anomalía estadística nos sugiere que dicho diaclasamiento fué posiblemente controlado por esfuerzos con dirección NW.

Posterior al emplazamiento del Pórfido Granítico y antes de la depositación de la Formación Báucarit se produce un fallamiento con rumbo NE el cual es cortado por grandes fallas de rumbo N30°W, que a su vez son cortadas por fallas N-S que son las más jóvenes en el área.

A continuación se mencionan las principales características estructurales de cada unidad.

4.1. UNIDAD SALTO DEL ALAMO.

Esta unidad aflora como un bloque aislado, que fué levantado por fallas normales. Hacia la parte oriental el afloramiento se encuentra en contacto por una falla de rumbo NNE, con rocas volcánicas de composición andesítica que corresponden a la unidad Washington. Hacia el oeste otra falla con rumbo NNW y un echado de 76 grados al oeste pone en contacto a esta unidad con rocas volcánicas del Terciario medio y gravas del Cuaternario. El plano de falla está representado por un aglomerado de color blanco (ver Foto 10).

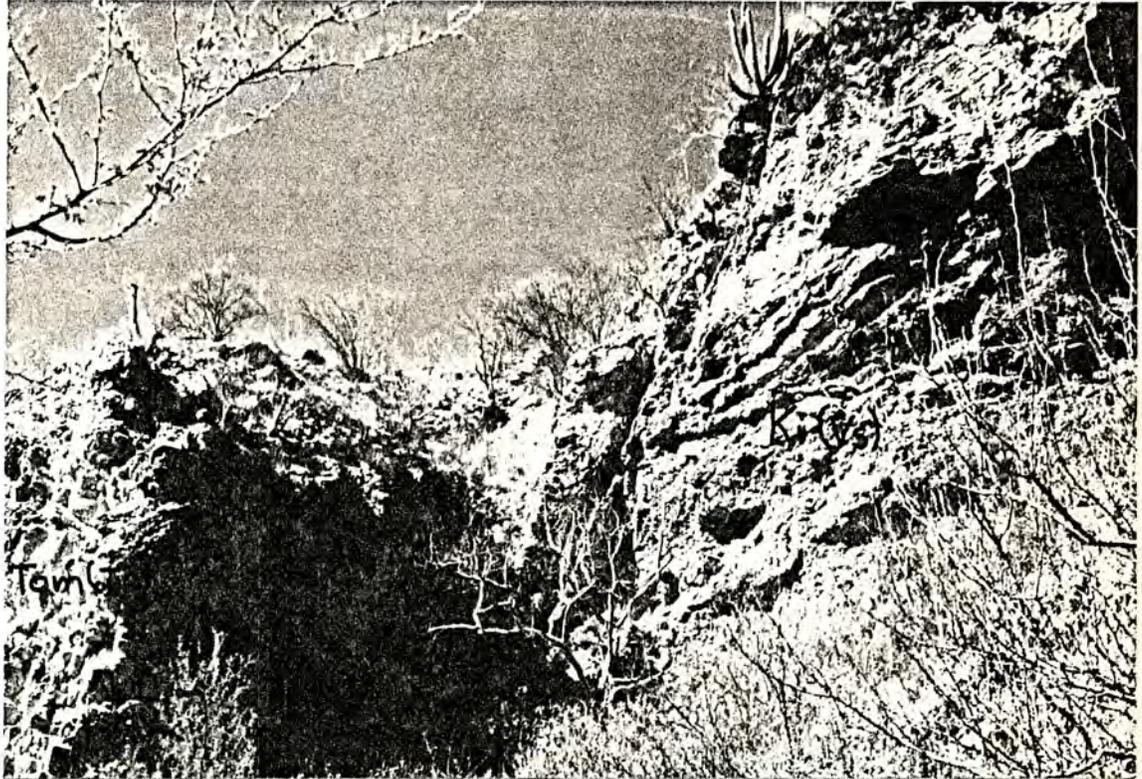


Foto 10.- Contacto por falla normal, de la unidad Salto del Alamo (Ki(Vs)) con rocas volcánicas Terciarias (Tom(Ta)). Notese el echado casi vertical de la falla. Municipio de Banámichi.

Dentro de esta unidad se tienen pequeñas fallas que desplazan a los estratos de caliza, además existen pliegues sinclinales a nivel de estratos, muy cerrados. Estos no afectan a toda la unidad en general (ver Foto 11).

4.2. UNIDAD SANTA ROSA.

El afloramiento de esta unidad es muy pequeño y solo se observa una estructura $N60^{\circ}W$ con 65° de echado al NE.

4.3. UNIDAD WASHINGTON.

En el área circundante a la mina Washington se tienen tres sistemas principales de fallamiento que son; N-S, NW-SE y NE-SW. El cuerpo granodiorítico que aflora en esta porción del área está intrusionando a rocas volcánicas intermedias y sedimentarias del Cretácico Tardío, provocando en éstas una deformación (ver Foto 12). En ocasiones el contacto es por fallas normales con rumbos N-S y NE-SW (ver Foto 13).

Existe una franja de alteración de color rojiza, con un rumbo NE-SW, muy visible en el campo, lo que suponemos se trata de una falla, debido a la lineación que presenta.

Los flujos andesíticos presentan una tendencia WSW con menos de 20 grados de inclinación. Están suavemente plegados y deformados debido al fallamiento.

Se tiene un lineamiento de $N30^{\circ}E$ asociado a las brechas Alicia 1 y Franklin 1, también existe un fallamiento E-W

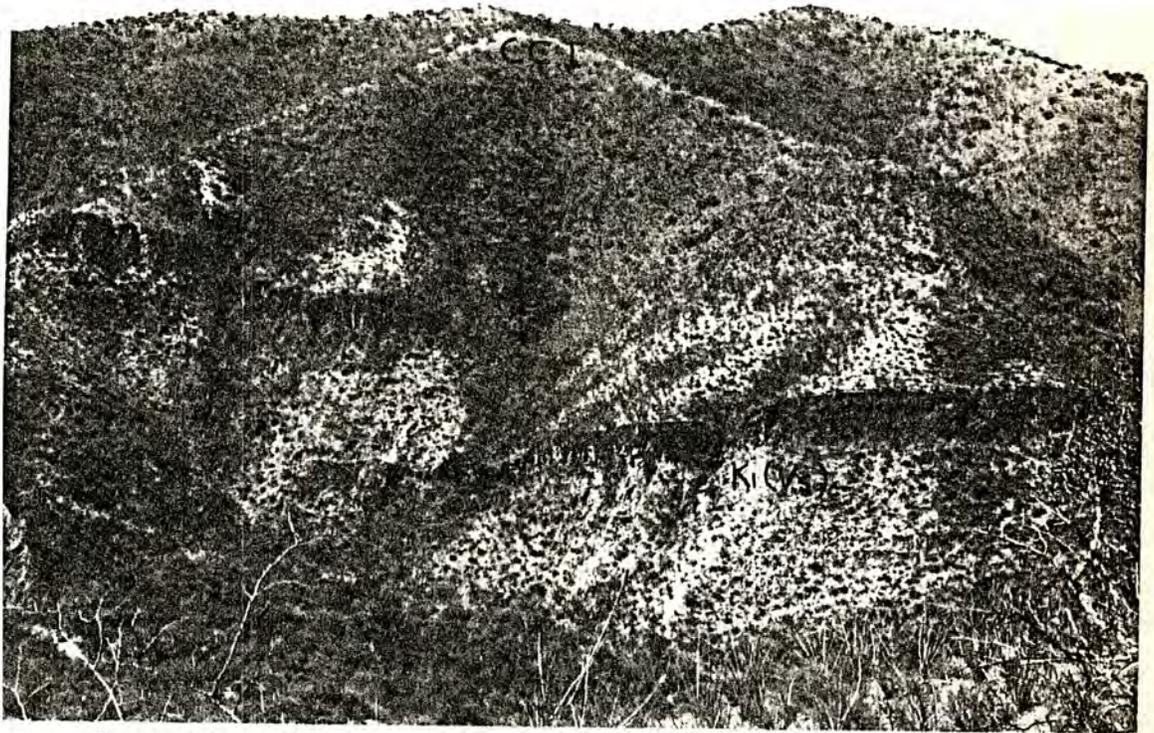


Foto 11.- Fallamiento que desplaza a calizas de la unidad Salto del Alamo (Ki(Vs)), en el arroyo del mismo nombre. Municipio de Banámichi.



Foto 12.- Granodiorita (Ti(Grd)) intrusionando a rocas volcánicas de la unidad Washington (Ks(a)), al pie del cerro El Chupadero. Municipio de Huépac.

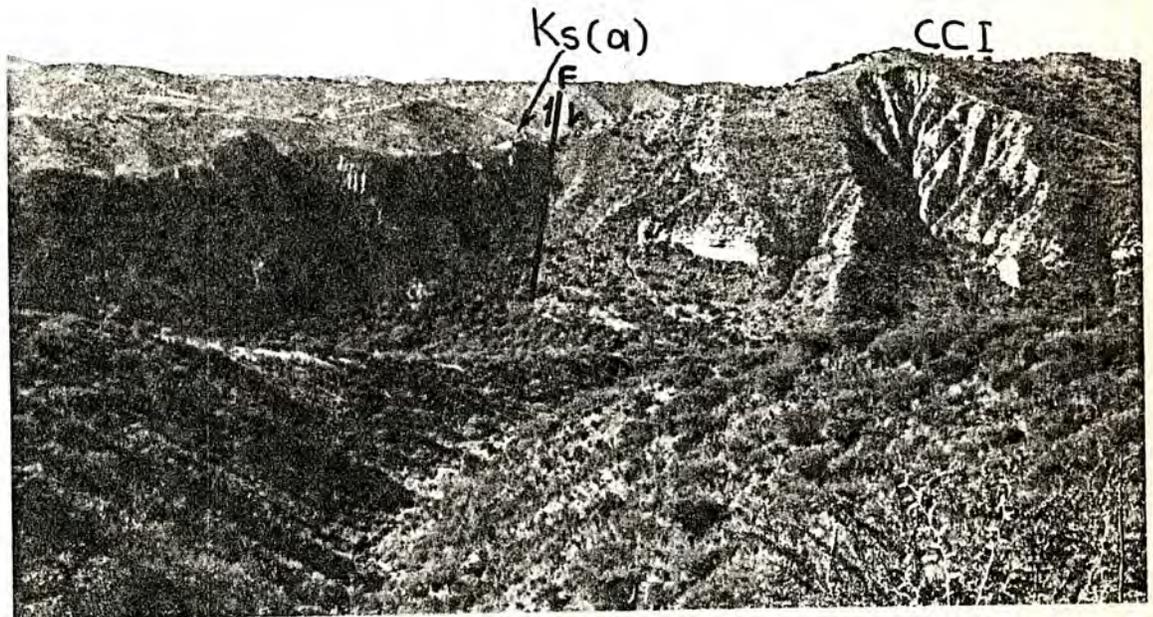


Foto 13.- Contacto por falla normal entre la unidad Washington (Ks(a)) y el Cenozoico continental indiferenciado (Cci), arroyo El Potrero. Municipio de Huépac.

en la brecha Bolívar y una alineación de las brechas; Washington, Gilberto y Gilberto Este, con un rumbo $N10^{\circ}-20^{\circ}W$ (Dominguez, 1979).

Las rocas sedimentarias de esta unidad tienen rumbos generales NW-SE con echados al SW, aunque hay pequeños cambios de rumbo hacia el NE con echados al NW, en distancias cortas. Los afloramientos no son continuos y se tienen cambios rápidos en los espesores y numeroso estrechamientos laterales, acuñándose en las rocas volcánicas.

Estas rocas sedimentarias están comunmente deformadas y cortadas por fallas formando pliegues de arrastre.

Se ve la posibilidad de un pliegue de amplio radio de curvatura, en el mayor afloramiento de calizas de esta unidad, tomando en cuenta los cambios en los rumbos y echados en la parte de la mina Las Padercitas (ver mapa 1:50,000), pero la escases de afloramientos para tomar los datos no nos permite hacer un estudio estructural más a fondo.

4.4. UNIDAD EL CARRIZO.

Los derrames riolíticos en esta unidad tienden al WSW y al ENE. Aunque esto no es general, ya que siguen el paleorelieve existente antes de su depósito. En el cerro El Carrizo se tienen tobas con echados generales al SW entre 8 y 10 grados.

4.5. BATOLITO DE ACONCHI.

Dentro de este cuerpo intrusivo se tiene fracturamiento en diferentes direcciones, además está cortado por diques pegmatíticos, aplíticos y andesíticos con rumbo preferencial $N20^{\circ}-40^{\circ}W$ y en menor proporción diques con rumbo N-S.

Este batolito está en contacto por fallas normales de gran extensión, con rocas más jóvenes; al Norte está en contacto con el Porfido granítico de edad Eoceno y con flujos volcánicos andesíticos y calizas del Cretácico superior; al Este una serie de fallas lo ponen en contacto con terrazas del Cuaternario.

4.6. PORFIDO GRANITICO.

Dentro del Distrito Minero de San Felipe, se identificaron 3 sistemas de fallamiento y/o fracturamiento; E-W, NW-SE y NE-SW.

Las estructuras más importantes son las E-W, ya que son fallas pre-minerales que controlan el emplazamiento de la mineralización, esto se observa en las minas San Felipe, La Ventana y La Mendocilla, las cuales son vetas paralelas, con más de 80 grados de echado al sur (ver Foto 14).

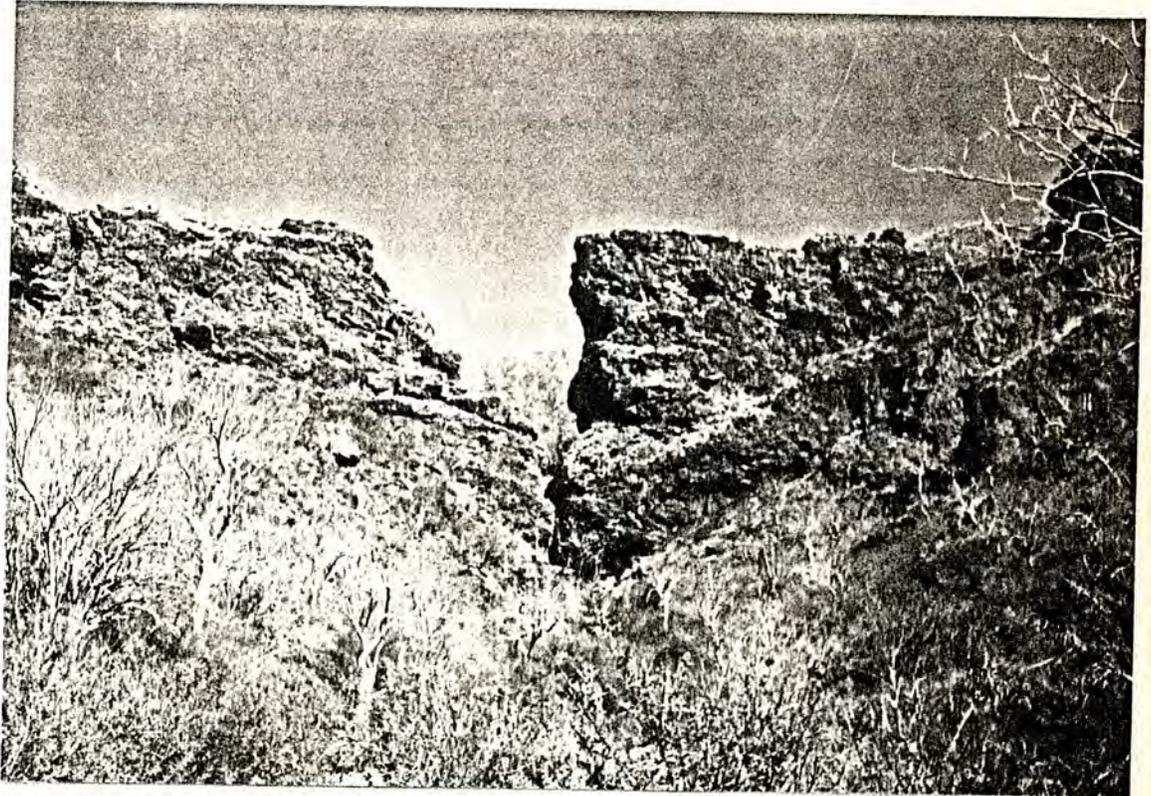


Foto 14.- Veta hidrotermal emplazada en una estructura orientada E-W, en la mina La Ventana, Distrito minero de San Felipe. Municipio de San Felipe de Jesús.

La tabla que a continuación se expone muestra la orientación de las estructuras mineralizadas en el distrito minero de San Felipe.

Nombre de la mina	Rumbo de contacto falla o fractura	Echado
San Felipe	E-W	80°S
La Ventana	E-W	75°S
La Mendocilla	E-W	Vertical
Las Lamas	S 70°W	70°NW
Santa Rosa	N 60°W	65°NE
Artemisa	N 70°E	
La Colorada	N 30°W	65°NE
La Plomosa	N 40°E	70°NW

Algunos datos fueron tomados de Roldán (1979).

4.7. FORMACION BAUCARIT.

Esta formación presenta un rumbo general de N20°-30°W con echados variables de 10°-35°NW, aunque en los cerros El Carrizo y Huevérachi se midió una estratificación con rumbos N40°E y un echado de 20°-25°NW.

4.8. UNIDAD LAS MESAS.

Se tienen en esta unidad flujos de basaltos con tendencia general W-SW con inclinaciones de 0 a 10 grados.

Esta unidad está en contacto por fallas normales con rocas intrusivas hacia el E y con gravas del Cuaternario. Estas fallas tienen un rumbo de N-NW, de las cuales unas fueron vistas en el campo y otras inferidas con fotogeología.

4.9. CENOZOICO CONTINENTAL INDIFERENCIADO

Las terrazas y depósitos de talud tienen una ligera inclinación hacia el este. Se considera que dichas inclinaciones en estos conglomerados y gravas de edad miocénica o más jóvenes son producto del depósito original, siguiendo paleorelieves y no por efectos tectónicos posteriores a esta depositación (Roldán, 1979). En ocasiones sus contactos con unidades más viejas son por falla.

En esta unidad se observó una falla de gran dimensión de edad post-miocénica que se extiende a todo lo largo del área e incluso traspasa sus límites al norte y al sur. Esta falla tiene rumbos generales N-NW y se manifiesta en el campo por un escarpe de más de 20 metros (ésto se observa también en el plano topográfico). Se midió a la altura del arroyo Machobabi el plano de esta falla, dando un rumbo N-NW y un echado de 78° al SW. El plano de falla en este lugar está relleno por calcita óptica. La calcita está en forma brechoide, presentando cristales centimétricos y además fragmentos de rocas (ver Foto 15).

Estas fallas normales con rumbo N-NW son las más importantes en el área, ya que rigen su morfología actual de Sierras y Valles (Basin and Range). Además son estas fallas principalmente, los contactos entre algunas de las unidades anteriormente descritas.



Foto 15.- Plano de falla, relleno por calcita óptica. Esta falla tiene un rumbo NNW y 78 grados de echado al SW, corta al Cenozoico continental indiferenciado(Cci). Se observa en el arroyo Machobabi.

V TECTONICA Y GEOLOGIA HISTORICA

5.1 MESOZOICO

5.1.1 CRETACICO TEMPRANO

NEOCOMIANO - APTIANO INFERIOR

Durante este tiempo se tienen dos grandes dominios paleogeográficos en el NW de México.

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

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

Para Bilodeau (1983) este evento tectónico en el Cretácico Temprano 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 SE de México (mar Mexicano), formando la cuenca de Chihuahua y Bisbee con extensión hacia Sonora.

Es durante todo este tiempo que se depositó la unidad Salto del Alamo, en los inicios de la transgresión marina, combinados con las últimas emanaciones de lava y piroclásticos provenientes del arco volcánico. En un ambiente de plataforma nerítico.

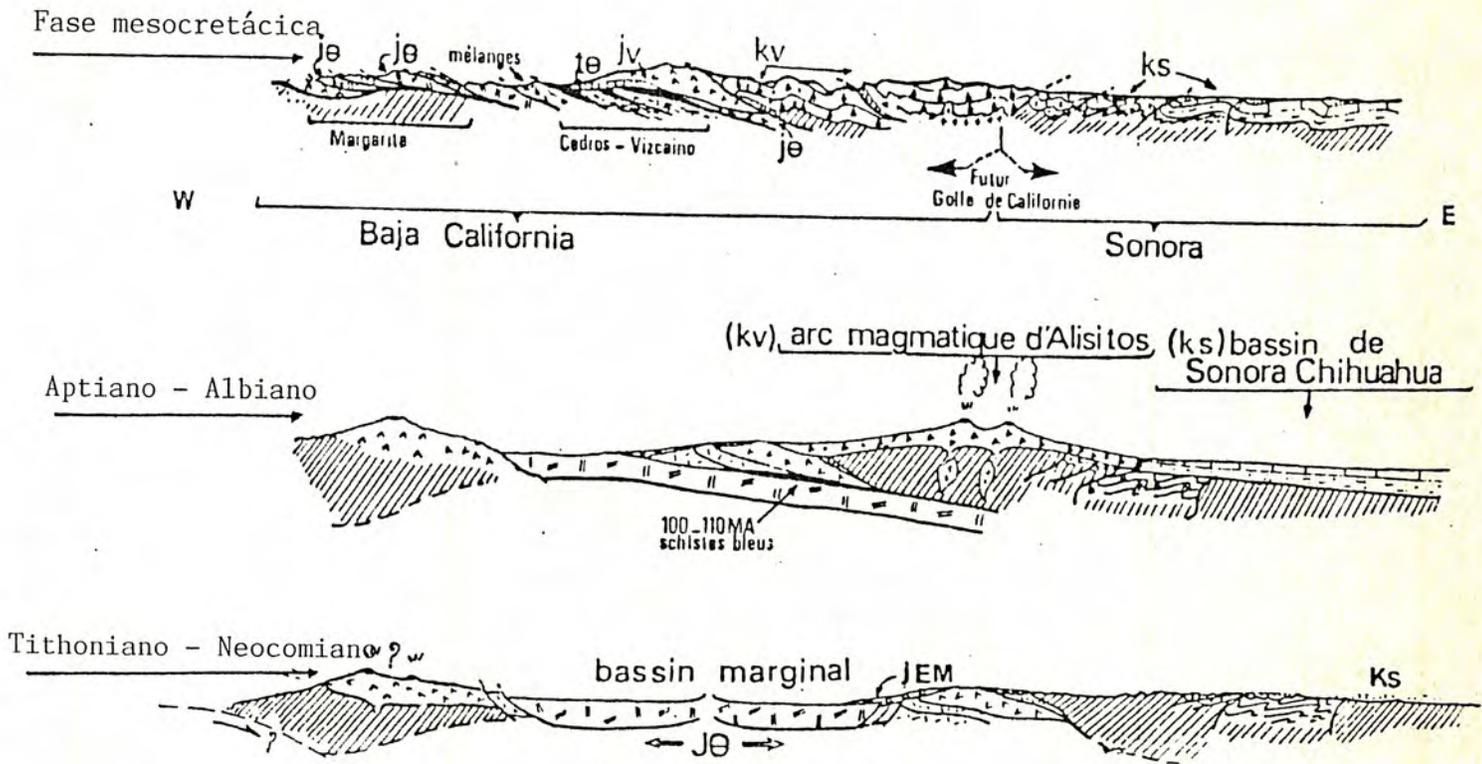


Fig.10 Modelo de evolución desde el Tithoniano - Neocomiano al Albiano medio, según Rangin (1982).



EL SABER DE MIS HIJOS
 HARÁ MI GRANDEZA
 Escuela de Ingeniería
 Depto. Geología
 BIBLIOTECA

APTIANO SUPERIOR - ALBIANO INFERIOR

En este tiempo la actividad volcánica del arco entra en un hiatus. Es durante este período cuando ocurre la depositación de la unidad Santa Rosa constituida por areniscas y un packstone de Orbitolina texana, en un ambiente marino de plataforma somera.

A finales del Albiano se inicia la regresión del mar hacia el Este, debido a efectos de levantamientos regional (Bilodeau op. cit). Es debido a esto que se produce una etapa erosiva de las rocas del Cretácico Temprano dejando solo vestigios.

5.1.2 CRETACICO TARDIO

Según Fries (1962) a fines del Cretácico y principios del Terciario tuvo lugar la fase compresiva de la orogenia Laramide, la cual durante el Eoceno Tardío y el Oligoceno fue acompañada de un proceso de rompimiento de corteza formando bloques limitados por grandes fallas normales con orientación NNW y echados muy verticales (más de 75 grados), lo que dio origen a una morfología de Sierras y Valles Paralelos. Esta tectónica compresiva estuvo ligada a una gran actividad magmática.

Esta fase compresiva es el resultado de la subducción de la Placa Farallón bajo la Placa Norteamericana y es, durante este tiempo que se produce una intensa actividad volcánica cuya composición es predominantemente andesítica. Coney (1972) afirma que este volcanismo es producto de un arco de islas de margen

continental provocado por la subducción en la costa occidental del continente americano.

McDowell y Clabaugh (1979) denominan este conjunto de rocas como "Lower Volcanic Group".

Además es en esta época cuando ocurre la etapa final de la regresión del mar, cuya evidencia es la formación de pequeñas cuencas sedimentarias con aportes de agua marina en una zona de intermarea formando calizas ferruginosas y areniscas de grano medio combinadas con derrames andesíticos y dando lugar a la formación de la unidad Washington.

5.2 CENOZOICO

5.2.1 TERCIARIO TEMPRANO

EOCENO TEMPRANO

Este período está caracterizado por el emplazamiento de grandes plutones de composición granítica que en el área se manifiesta por el Batolito de Aconchi (Roldán, 1979) el cual intrusión a todas las rocas mesozoicas en el área produciendo en algunas de ellas mineralización. Según Roldán (op. cit) este evento intrusivo está asociado a la orogenia Laramide.

EOCENO MEDIO

En este período ocurre otro evento intrusivo de origen hipabisal, constituido por el pórfido granítico aflorante en la región conocida como Distrito Minero de San Felipe, asociado a



EL SABER DE MIS HIJOS
HARÁ MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

los efectos finales de la orogenia Laramide. Además en este tiempo se tiene el emplazamiento de diques andesíticos, pegmatíticos y aplíticos.

OLIGOCENO - MIOCENO

Contemporáneo con el Pórfido Granítico se emplazan grandes volúmenes de rocas volcánicas de composición félsica entre ellas ignimbritas, riolitas, tobas riolíticas y riocacitas formando la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental. En el área se encuentra representada por la unidad El Carrizo.

Damon (1964) postula este evento como orogenia del Terciario medio. McDowell y Clabaugh (1979) llaman a este volcanismo "Upper volcanic supergroup" el cual se inició después de un hiatus entre los 45 y 34 m.a. produciendo una gran cantidad de ignimbritas originadas a partir de numerosas calderas de gran dimensión. Así mismo afirman que este volcanismo duró solamente unos 7 m.a. producto de la fase final de la subducción.

Según Coney (1976) el hiatus entre los 45 y 34 m.a. ocurrió por una reorientación en el movimiento de las placas hace aproximadamente 40 m.a.; pero para McDowell y Clabaugh (op cit) este hiatus es el resultado de un cambio en la velocidad de convergencia de la placa oceánica o bien, un cambio en el ángulo de subducción.

MIOCENO - PLEISTOCENO

Posterior a este volcanismo existe un cambio tectónico con el cual finaliza un régimen compresivo para dar paso a un régimen distensivo (Cochemé, 1985), asociado a grandes fallas normales, formando amplias cuencas o valles intermontanos en los cuales por efecto de erosión se depositaron cantidades considerables de material continental para formar lo que se conoce como Formación Báucarit, la cual está en ciertos niveles intercalada con derrames basálticos.

Este fallamiento profundo da como resultado la extrusión de grandes derrames de andesitas basálticas y basaltos toleíticos los cuales descansan discordantemente sobre la Formación Báucarit a los cuales se les asigna una edad del Pleistoceno (Cochemé, comunicación personal).

VI. GEOLOGIA ECONOMICA

Se tiene la presencia de 3 zonas mineralizadas importantes en diferentes partes del área. Una de las zonas es llamada Distrito Minero de San Felipe, la cual fue estudiada por Roldán (1976 y 1979), quien definió el tipo de estructura y alteración en esta zona. La otra zona es llamada Mina Washington, estudiada por algunos autores, de los cuales el más reciente es Domínguez (1979). La última zona es conocida como mina Las Cabezas, siendo estudiada en parte por Ibarra (1978). Dentro de estas tres zonas las principales manifestaciones minerales por su importancia económica son: oro, plata, cobre, molibdeno, tungsteno, plomo y zinc.

A continuación se describen las zonas mineras de mayor interés, su localización, mineralización asociada, estructura, roca encajonante, alteración hidrotermal y su situación legal actual.

6.1 DISTRITO MINERO SAN FELIPE

Se localiza en la ladera noreste de la Sierra de Aconchi, en el municipio de San Felipe de Jesús y Huépac, Sonora. Los depósitos existentes son en su mayoría de contacto, aunque existen también vetas mesotermales con rumbos generales E-W mostrando desplazamientos producidos por fallas normales de rumbo general NW 20°. Estos se encuentran emplazados en rocas volcánicas del Cretácico Tardío y en rocas sedimentarias del Cretácico Temprano, como es el caso de la mina Santa Rosa donde la mineralización se emplaza en calizas que están como techos colgantes en el Pórfido Granítico del Eoceno.

En la porción norte del distrito se tienen vetas de cuarzo con valores de oro, mientras que en el sur existen principalmente depósitos de contacto con sulfuros de plomo y zinc, y valores económicos de oro y plata.

En algunas partes la alteración hidrotermal incluye silicificación, argilización, propilitización y alteración cuarzo-sericita en menor proporción.

En este distrito existen doce lotes mineros dentro de los cuales los mas importantes son: San Felipe, Santa Rosa, Las Lamas, Artemisa, La Cobriza y La Plomosa, la mayoría de ellas ya fueron explotadas y otras están a nivel de prospecto de exploración (ver foto 16).

Otro mineral que ha sido explotado en el distrito es el berilo, el cual se encuentra asociado a pegmatitas dentro del Batolito de Aconchi.

6.2 MINA WASHINGTON

Se encuentra a 14 kilómetros al este del poblado de Huépac en el Municipio del mismo nombre.

La mineralización de interés económico en la mina Washington - Bolivar - San Lorenzo, es: oro, plata, cobre, molibdeno y tungsteno, estando asociada a brechas de colapso y fallas con brechamiento en rocas volcánicas de edad Cretácico Tardío. Existe mineralización en mantos (poco estudiados), en zonas calcáreas, también en cupúlas graníticas donde se encuentran bolsas pegmatíticas con valores de molibdeno y tungsteno.



EL SABER DE M
HARAMI GRA
Escuela de In
Depto. Geo
BIBLIOTE

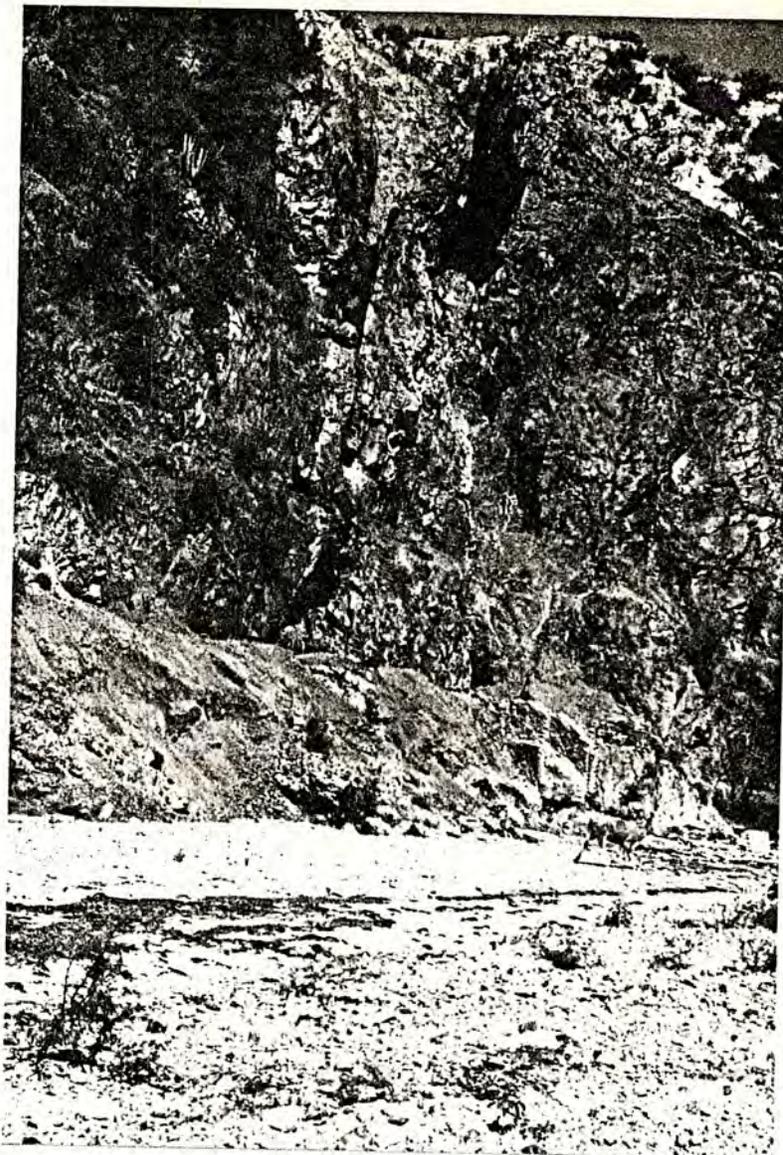


Foto 16 .- Mina Artemisa. localizada en el Distrito minero San Felipe, arroyo El Lavadero.

Los centros de alteración hidrotermal más importantes lo constituyen las brechas de colapso con casquetes de cuarzo - turmalina como cementantes, y en menor proporción sericita y caolín. Fuera de las estructuras brechadas, dentro de los flujos, es notable la alteración propilítica con epidotización y cloritización, y menor silicificación en calizas (Domínguez, 1979).

Dentro de las zonas de brecha existen tres minas importantes las cuales son: Washington, Padercitos y El Saucito (ver foto 17 y 18).

6.3. MINA LAS CABEZAS

Además existen otras zonas mineras dentro de las cuales podemos mencionar a la mina Las Cabezas, la cual se encuentra localizada a 20 kilómetros al este de Baviácora en el Municipio del mismo nombre.

La mineralización de interés económico en la mina Las Cabezas es plata, oro y cobre, estando asociada a vetas mesotermales con rumbos generales E-W y WNW. Estas se encuentran emplazadas en rocas volcánicas de edad Cretácico Tardío (ver Foto 19).

La alteración hidrotermal es propilítica (clorita-epidota-adularia-albita).

Estas minas en la actualidad están siendo trabajadas por pequeños mineros del poblado Estancia de Aconchi.



Foto 17 .- Panorámica Que muestra las Zonas de alteración en las andesitas de los alrededores de la mina Washington (Ks(a)) (al fondo se observa el cerro El Chupadero).


 EL SERVICIO DE MINAS
 HAN EN MI GRAN
 Facultad de Ingen
 Depto. Geología
 BIBLIOTECA

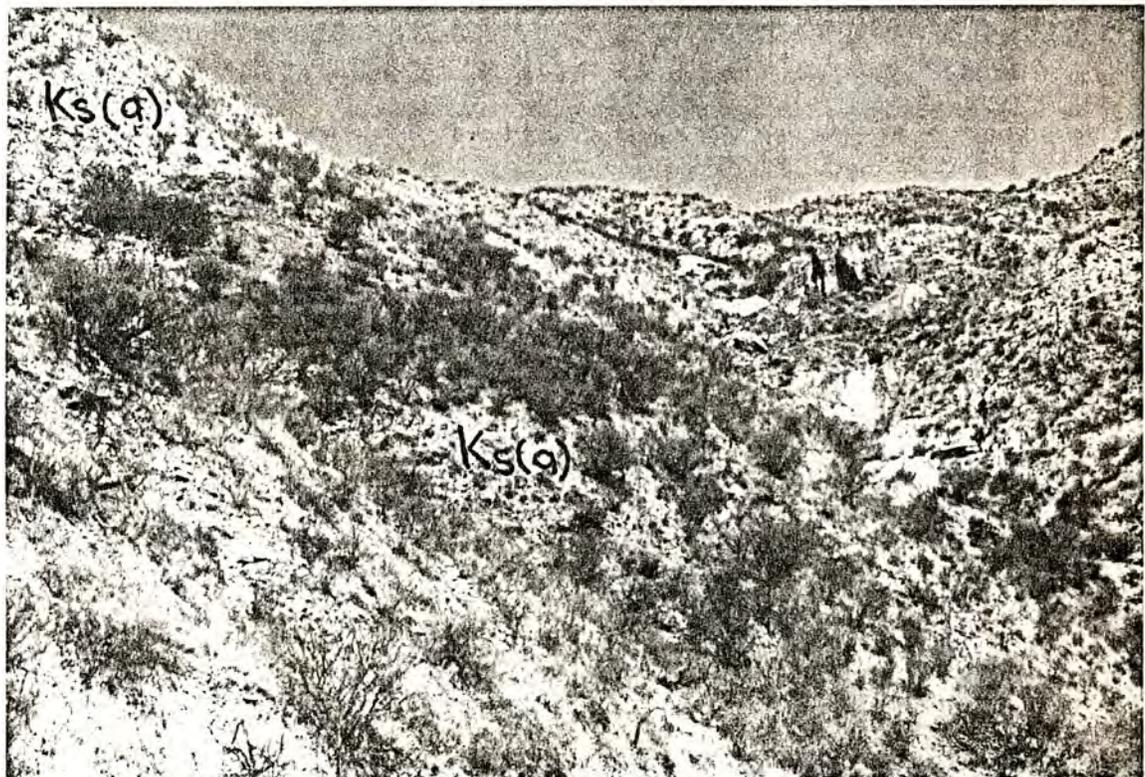


Foto 18 .- Panorámica que muestra la brecha Washington las rocas blancas son andesitas muy alteradas (Ks(a)). En la Sierra de Las Palomas.

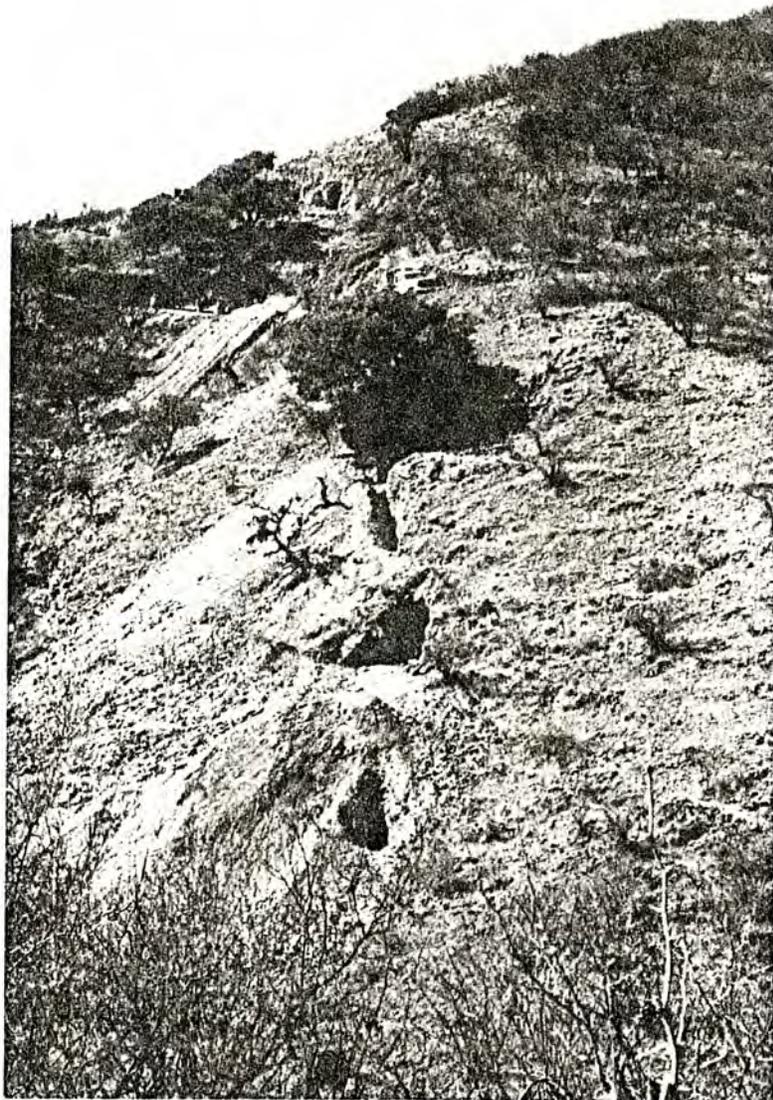


Foto 19.- Alteración presente en el área de Las Cabezas. Observéense las obras mineras, que están siendo trabajadas por pequeños mineros.



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



EL SABER DE MIS HIJOS
ES MI GRANDEZA
Facultad de Ingenierías
Dpto. Geología
BIBLIOTECA

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

1.- Se nombró unidad Salto del Alamo a una secuencia volcanosedimentaria de edad Cretácico Temprano cuyo ambiente deposicional es marino de agua somera de plataforma, con facies de mar abierto combinado con material piroclástico.

2.- Así mismo se denominó unidad Washington a otra secuencia volcanosedimentaria de edad Cretácico Tardío en donde se observa gran alteración; en ésta se encuentran valores de interés económico, por lo que existen varios lotes mineros, siendo el más importante el de la mina Washington.

3.- El pórfido Granítico de edad Eoceno es el responsable indirecto de la mineralización en el Distrito Minero de San Felipe, ya que aportó gran cantidad de fluidos hidrotermales que enriquecieron ó generaron mineralización en las rocas intrusionadas y en el mismo pórfido.

4.- Se considera que existen eventos intrusivos posteriores al Eoceno, esto basado en las edades isotópicas que se tienen en algunas partes del Batolito de Aconchi y aunque en este estudio no fueron diferenciados.

5.- Se considera la orogenia Laramide como el evento tectónico más importante en el área.

6.- Se tiene una falla activa, post-Miocénica, con rumbos NNW que corta al Cenozoico continental indiferenciado.

7.- Existen estructuras con rumbo E-W, preminerales, en las cuales se emplazó mineralización por hidrotermalismo.

7.2. RECOMENDACIONES

1.- Se recomienda hacer un estudio geológico, paleontológico y cronoestratigráfico de la unidad Salto del Alamo ya que posiblemente se trate de la continuación del arco jurásico, en el Neocomiano - Aptiano inferior.

2.- Hacer dataciones isotópicas de algunas de las rocas volcánicas con el fin de conocer su edad exacta y ubicarlas con precisión dentro de la columna estratigráfica del área.

3.- Tratar de diferenciar dentro del Batolito de Aconchi la existencia de otros cuerpos intrusivos más jóvenes.

4.- Hacer una re-evaluación de las posibilidades económico-mineras del Distrito Minero de San Felipe y los lotes circundantes a la mina Washington. Especialmente en las estructuras E-W.

EL SECRETO DE NIS
HA...
Ingeniería
Geología
BIBLIOTECA



VIII. BIBLIOGRAFIA.

- 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.
- BERCHENBRITER, D. K. (1975). Geology of La Caridad fault, Sonora,
Mexico: 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.
- CASTILLO, M. E. (1986). Geología preliminar del área Rancho
Santa Fé, Municipio de Banámichi, Sonora Central. Rev.
Centenario de la UNAM. p. 6 - 7.
- CASTRO, R. A. Y MORFIN, V. S. (1988). Geología de la hoja Rayón
con énfasis en el área de Cerro de Oro. Tesis UNI-
SON, p. 10 - 30.
- CENDEJAS, C. F. Y BARCENAS, R. A. (1976). Evaluación del Pórfido
Cuprífero de el Transvaal, Municipio de Cumpas,
Sonora, Tesis de el IPN, p. 65 - 72.

COCHEME, J. J. (1985). Le magmatisme Cénozoïque dans le nord-ouest de Mexique: Cartographie de la région Yecora - Maiboca - Mulatos. Illustration magmatique de la fin d'un régime en subduction et du passage à un régime distensif. Thèse de Doctorat en Sciences Université d'Aix - Marseille, France.

EL SABER DE MIS H
HAY EN MI GRANDE
Escuela de Ingeni
Dept. Geología
BIBLIOTECA

CONEY, P. J. (1972). Cordilleran Tectonic Transitions and Motion of North American Plate Motion: Am. Jour. Sci., v. 272, p. 603 - 628.

CONEY, P. J. (1976). Plate Tectonic and the Laramide Orogeny. New Mexico. Geol. Soc. Spec. Pub. No.6.

CONEY, P. J. AND REYNOLDS, S. J. (1977). Cordilleran Benioff Zones: Nature, 270. p. 403 - 406.

CHAVEZ, J. M. Y GARCIA (1980). Geology and ore deposits of the Aconchi and Arizpe áreas, Central Sonora, México. Comisión federal de electricidad, Memoria - Tomo I.

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

DAMON, P. E. (1975). Dating of Mesozoic - Cenozoic metallogenic provinces within the republic of Mexico (1965 - 1975). Cooperative Research Project between Laboratory of

Isotope Geochemistry Department of Geosciences, Univ. of Arizona and The Consejo de Recursos Naturales no Renovables. Archivo CRNNR, Dirección General.

DAMON, P. E., SHAFIGULLAH, M., ROLDAN, Q. J. Y COCHEME, J. J. (1983). El Batolito Laramide de Sonora, Departamento de Geociencias, Univ. de Arizona, Inst. de Geología de la UNAM. Estación Regional del Noroeste.

DOMINGUEZ, L. E. (1979). Evaluación geológica de las brechas circundantes a La Mina Washington en Huépac, Sonora. Archivo de SIPSA, 66 P.

DUMBLE, E. T. (1900). Notes on the geology of Sonora, México, American Institute, Min. Eng. Trans., v. 29, p. 127 - 152.

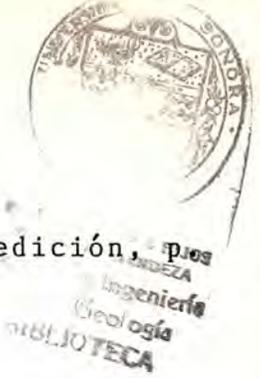
FRIES, C. (1962). Reseña de la geología del Estado de Sonora con énfasis en el Paleozoico: Bol. Soc. Mex. Geólogos Petroleros, v. 14, p. 257 - 273.

GARCIA, E. L. (1970). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen (para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana): México, D.F., Univ. Nat. Auton. de México, Inst. de Geografía, 246 p.

GASTIL, R. G. and KRUMMENACHER, D. (1974). Geology of the Tibúron island and Sonora coast between Punta Lobos and Bahia Kino (abs.); Geol. Soc. America Abstract within programs v. 6 No. 3, p. 180 - 181.

- GASTIL, R. G., MORGAN, G. J. AND KRUMMENACHER, D. (1978). Mesozoic history of Peninsular California and related areas east of the Gulf of California: Soc. Econ. paleontologists and mineralogists, Pacific sect., Pacific coast paleogeography symp., 2, p. 107 - 115.
- GONZALEZ, L. C. (1978). Geología del área de Arizpe, Sonora centro septentrional: Hermosillo, Univ. de Son., Tesis Profesional 66.
- HERRERA, V. S. Y BARTOLINI, C. (1983). Geología del área de Lampazos, Sonora. Tesis UNI-SON.
- IBARRA, S. A. (1978). Estudio geológico minero del área Cumobabi, Distrito Minero La Verde, Municipio de Cumpas, Sonora. Tesis UNAM, P. 27 -74.
- KING, C. (1939). Geological reconnaissance in northern Sierra Madre Occidental, of Mexico. Bull. Geol. Soc. of America, v. 50, p. 1926 - 1722.
- KLUTH, C. (1983). Geology of the northern Canelo Hills and implications for the Mesozoic tectonics of southeastern Arizona, S.E.P.M., p. 150 - 170.
- MARRS, C. K. and GILBERT, J. M. (1981). Geology and depositional environment of the Oposura massive sulfide deposit, Sonora Mexico. In ORTLIEB, L. and ROLDAN, Q. J. (1981) Geology of Northwestern México and Southern Arizona, Est. Reg. del Noroeste, Inst. Geol. UNAM.

- MC DOWELL, F. W. and CLABAUGH, S. E. (1972) Edades Potásio - argón de rocas volcánicas de la Sierra Madre Occidental al Noreste de Mazatlán: Segunda Convención Nacional de la Soc. Geol. Mex., Mazatlán, Sinaloa. Memoria, p.182 - 185.
- MC DOWELL, F. W. and CLABAUGH S. E. (1979). The igneous history of the Sierra madre occidental and its relation to the tectonic evolution of western Mexico. Geol. Soc. Amer. Spec. Paperm, 180, p. 113 - 124.
- LIVINGSTONE, E. D. (1973). Geology, K - Ar ages and Sr Isotopy at La Caridad, Nacozary, Sonora, México: Tucson, Arizona Univ., Geosc. Dept., circ 80, 32 p.
- MENICCUCCI, S. (1975). Reconnaissance géologique et minière de la région entre Hermosillo et le Rio Yaqui (Sonora, Central, Mexique). These de Doctorat, Université Scientifique et Medicule de Grenoble, France, 210 p.
- MINJAREZ, S. I. y TORRES, L. Y. (1987). Geología del área de Bacanora, Arivechi. Hacia un esquema de evolución geológica Jurásico - Cretácico de Sonora, Tesis profesional, UNI-SON, p. 112 - 173.
- PEABODY, C. E. (1979). Geology and Petrology of a Tungsteno Skarn: El Jaralito, Baviácora, Sonora, México. Thesis Master of Science, Stanford University, 90 p.

- 
- PETTIJOHN, F. J. (1963). Rocas Sedimentarias, segunda edición, p. 437 - 442.
- RAISZ, E. (1964). Landforms of Mexico. Morphological map prepared for the geography Branch of the Office of naval research. Cambridge Mass. USA, esc. aprox. 1:3,000,000.
- RANGIN, C. (1982). Contribution a l'étude Géologique du sistemé Cordilleran du Nord - ouest du Mexique. These de Doctorat d' Etat é Sciencies Naturalles, Université Paris VI, France. 253 p.
- RODRIGUEZ, C. J. (1984). Geology of Tuape region North - Central Sonora, México: Thesis, Master of Scince, University of Pittsburg, 157 p.
- ROLDAN, Q. J. (1979). Geología y yacimientos minerales del Distrito Minero de San Felipe, sonora. UNAM, Inst. Geol. Revista, v. 3 num 2, p. 97 - 115.
- ROLDAN, Q. J. (1987). Geología de la hoja Baviácora, Sonora, Revista del Inst. de Geol. UNAM. En prensa. 34 p.
- SOLANO, CH. A. (1986). Programa de exploración por molibdeno para el área Juanita, Distrito Minero La Verde, Municipio de Cumpas, Sonora, UNI-SON, p. 58.
- VALENTINE, W. G. (1936). Geology of the Cananea Mountains, Sonora, México: Geol. Soc. America Bull., v. 47, p. 53 - 86.