



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO DE LAS ROCAS BASICAS Y ULTRABASICAS
EN EL ESTADO DE SINALOA: POSIBILIDAD DE UN
COMPLEJO OFIOLITICO EN BACURATO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE;
INGENIERO GEOLOGO
P R E S E N T A :

RICARDO ROBERTO ROJO YANIZ





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

I N D I C E .

	Pag.
AGRADECIMIENTOS.	
RESUMEN.	
I.- INTRODUCCION.	1
II.- GENERALIDADES.	2
1.- Objetivos.	
2.- Metodo de trabajo.	
3.- Localización.	
4.- Trabajos previos.	
III.- FISIOGRAFIA.	5
1.- Hidrografia y Orografia.	5
2.- Geomorfologia.	7
IV.- GEOLOGIA REGIONAL.	12
1.- Marco regional.	12
2.- Armazón tectónico.	15
V.- ESTRATIGRAFIA.	17
1.- Introducción.	17
2.- Secuencia litológica.	17
2.1.- Rocas metamórficas paleozoicas (Pz?).	17
2.1.1 Descripción litológica.	
2.1.2 Espesor.	
2.1.3 Ambiente de depósito.	
2.1.4 Relación con otras formaciones o áreas.	
2.1.5 Edad relativa o absoluta.	
2.2.- Unidad Burahui (Ma).	22
2.2.1 Descripción litológica.	
2.2.2 Espesor.	
2.2.3 Ambiente de depósito.	
2.2.4 Relación con otras formaciones o áreas.	
2.2.5 Edad relativa o absoluta.	
2.3.- Complejo Ofiolítico.	20
2.3.1 Gabros y doleritas (E).	20
2.3.1.1 Descripción litológica.	
2.3.1.2 Espesor.	

2.3.1.3	Ambiente de depósito.	
2.3.1.4	Relación con otras formaciones o áreas.	
2.3.1.5	Edad relativa o absoluta.	
2.3.2	Diques Diabásicos (Cd).	23
2.3.2.1	Descripción litológica.	
2.3.2.2	Espesor.	
2.3.2.3	Ambiente de depósito.	
2.3.2.4	Relación con otras formaciones o áreas.	
2.3.2.5	Edad relativa o absoluta.	
2.3.3	Pillow-Lavas (lavas almohadilladas) (Pl).	23
2.3.3.1	Descripción litológica.	
2.3.3.2	Espesor.	
2.3.3.3	Ambiente de depósito.	
2.3.3.4	Relación con otras formaciones o áreas.	
2.3.3.5	Edad relativa o absoluta.	
2.4.	Rocas Sedimentarias.	25
2.4.1	Unidad Forohui (Clzp).	25
2.4.4.1	Descripción litológica.	
2.4.4.2	Espesor.	
2.4.4.3	Ambiente de depósito.	
2.4.4.4	Relación con otras formaciones o áreas.	
2.4.4.5	Edad relativa o absoluta.	
2.4.2	Unidad Bacurato (Clza y Clzb).	27
2.4.4.1	Descripción litológica.	
2.4.4.2	Espesor.	
2.4.4.3	Ambiente de depósito.	
2.4.4.4	Relación con otras formaciones o áreas.	
2.4.4.5	Edad relativa o absoluta.	
2.5	Batolito de Sinaloa (Igi).	28
2.5.4.1	Descripción litológica.	
2.5.4.2	Espesor.	
2.5.4.3	Ambiente de depósito.	
2.5.4.4	Relación con otras formaciones o áreas.	
2.5.4.5	Edad relativa o absoluta.	
2.6	Terciario volcánico (Ige).	29
2.6.4.1	Descripción litológica.	
2.6.4.2	Espesor.	

2.6.4.3	Ambiente de depósito.	
2.6.4.4	Relación con otras formaciones o áreas.	
2.6.4.5	Edad relativa o absoluta.	
2.7	Terciario Conglomeraticos (C1g).	30
2.7.4.1	Descripción litológica.	
2.7.4.2	Espesor.	
2.7.4.3	Ambiente de depósito.	
2.7.4.4	Relación con otras formaciones o áreas.	
2.7.4.5	Edad relativa o absoluta.	
2.8	Cuaternario aluvión (Al).	32
2.8.4.1	Descripción litológica.	
2.8.4.2	Espesor.	
2.8.4.3	Ambiente de depósito.	
2.8.4.4	Relación con otras formaciones o áreas.	
2.8.4.5	Edad relativa o absoluta.	
VI.-	GEOLOGIA ESTRUCTURAL.	33
VII.-	YACIMIENTOS MINERALES	35
1.	Introducción	35
2.	Principales yacimientos de platino en el mundo.	36
3.	Principales yacimientos de cromo y níquel en el mundo.	37
VIII.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
1.	Conclusiones	
2.	Recomendaciones	
	BIBLIOGRAFIA	44
	INDICE DE FIGURAS.	
	Planos	
	Figuras	
	Tablas	
	Fotografías de campo.	
	Fotografías de microscopio (láminas delgadas).	
	APENDICE PETROGRAFICO.	

INDICE DE FIGURAS.

Lista de Figuras y fotografías.

- FIGURA No. 1. Mapa de localización de Sinaloa.
FIGURA No. 2. Plano hidrologico de Sinaloa.
FIGURA No. 3. Provincias sísmográficas.
FIGURA No. 4. Plano hidrologico de Bacurato.
FIGURA No. 5. Sección idealizada del intra-arco de Bacurato.
FIGURA No. 6. Diagrama esquemático para ilustrar formas alternadas de la evolución tectónica.
FIGURA No. 7. Mapa paleotectónico del Jurásico Medio-Tardío al Cretácico Tardío y localización de los cuerpos ofiolíticos de Sinaloa.
FIGURA No. 8. Mapa paleotectónico del Cretácico Tardío al Oligoceno Tardío y localización de los cuerpos ofiolíticos de Sinaloa.
FIGURA No. 9. Mapa geológico del área de Bacurato, Sinaloa.
FIGURA No. 9A. Secciones transversales A-A', B-B' y C-C' del área Bacurato, Sinaloa.
FIGURA No. 10. Columnas estratigráficas comparativas de las Formaciones Bacurato, Alisos, Pericos y Culiacán, Sinaloa.
FIGURA No. 11. Plano de lineamientos y fallas foto-interpretadas del área de Bacurato, Sinaloa.
TABLA No. 1. Tabla de correlación estratigráfica de Sinaloa.

APENDICE FOTOGRAFICO.

- FOTOGRAFIA No. 1. Basaltos almohadillados (pillow lavas) al E del rancho La Guera, Sin. Se observan en posición normal.
FOTOGRAFIA No. 2. Basaltos almohadillados (pillow lavas) localizados al W del rancho de la Tepozina, Sin. Se observa la estructura en posición normal.
FOTOGRAFIA No. 3. Unidad Porohui, carbonatos y pedernales finos contaminados por detritos volcánicos de grano fino con niveles de radiolarios.
FOTOGRAFIA No. 4. Carbonatos intercalados dentro de los basaltos almohadillados, localizados al E del rancho La Guera, Sin.
FOTOGRAFIA No. 5. Detalle de los niveles de carbonatos en los intersticios de las pillow lavas.
FOTOGRAFIA No. 6. Diques doleríticos que cortan a la Unidad de basaltos almohadillados.
FOTOGRAFIA No. 7. Cubierta sedimentaria sobre el complejo de diques y pillow lavas, en Las Lajas, Sin.
FOTOGRAFIA No. 8. Falla inversa (NE 200 SW con 400 al NW) dentro de la Unidad Bacurato. En las tobas silicificadas (Silza) con una zona de pizarras (Met).

- FOTOGRAFIA No. 9. La Unidad Perohui (Clup) sobre las metalavas y metandesitas de la Unidad Parahui (Ma). Localizadas en el rancho de Las Lajas.
- FOTOGRAFIA No. 10. Cabalgamiento de la Unidad Bacurato (Ciza), sobre una Unidad de pillow lavas (Pl) localizado enfrente del rancho de los Limnes, Sin.
- FOTOGRAFIA No. 11. Detalle del contacto tectónico entre el cuerpo básico y la Unidad Perohui (Clup); bloque alto (a), bloque bajo (b).
- FOTOGRAFIA No. 12. Vista del contacto tectónico entre el cuerpo básico (B) y la Unidad Perohui (Clup), aquí se aprecia el cabalgamiento de los gajos con el sedimentario; bloque alto (a), bloque bajo (b).
- FOTOGRAFIA No. 13. Amonita localizada en la Unidad Perohui se encuentra en La Tepocina. Dentro de carbonatos con pedernales finos, contaminada por detritos volcánicos de grano muy fino y con niveles de radiolaritas. El tamaño de la amonita es de 14.5 cm de largo por 5.5 cm de ancho.
- FOTOGRAFIA No. 14. Detalle de una amonita localizada en la ranchería de La Tepocina. Se puede apreciar que las costillas de la amonita tienen una separación de 4 suturas en 2.5 cm. La amonita se encuentra en estudio para la determinación de su género.
- FOTOGRAFIA No. 15. Unidad Bacurato. Vista de la unidad localizada cerca de la cortina de Bacurato, compuesta de pelitas negras, tobas, grauwacas, a menudo silicificadas, niveles de lutitas y calizas.
- FOTOGRAFIA No. 16. Otra vista de la Unidad Bacurato cerca del túnel de Las Turbinas, aquí se aprecian los diques y mantos andesíticos plegados con la unidad.
- FOTOGRAFIA No. 17. Unidad Bacurato. Se pueden observar los pliegues de arrastre de la Unidad Bacurato (Ciza), así como parte de los mantos y diques andesíticos (And), estos se encuentran plegados con la Unidad.
- FOTOGRAFIA No. 18. Unidad Bacurato. Detalle de la deformación de la Unidad, aquí se pueden apreciar los pequeños pliegues de arrastre con vetillas de cuarzo.
- FOTOGRAFIA No. 19. Niveles de pirroxenas localizadas en el rancho de La Noria, donde se ubican más cuerpos básicos.

APENDICE FOTOGRAFICO.

FOTOMICROGRAFIA No. 1. Dolerita.

FOTOMICROGRAFIA No. 2. Pillow-lava (basalto almohadillado)
FOTOMICROGRAFIA No. 3. Pillow-lava.
FOTOMICROGRAFIA No. 4. Diorita normal.
FOTOMICROGRAFIA No. 5. Diorita.
FOTOMICROGRAFIA No. 6. Diorita.
FOTOMICROGRAFIA No. 7. Diorita de hornblenda.
FOTOMICROGRAFIA No. 8. Diorita de hornblenda.
FOTOMICROGRAFIA No. 9. Caliza.
FOTOMICROGRAFIA No. 10. Caliza arenosa.
FOTOMICROGRAFIA No. 11. Arenisca de tipo grauvaca.
FOTOMICROGRAFIA No. 12. Caliza arenisca.
FOTOMICROGRAFIA No. 13. Caliza arenácea.
FOTOMICROGRAFIA No. 14. Caliza arenosa con radiolarios.

AGRADECIMIENTOS.

Quisiera agradecer a las numerosas personas que colaboraron con sus aportaciones para la elaboración del presente manuscrito.

Primera mente al Dr. Mario Servat (Q. E. P. D.) con quien trabajé, en los inicios de este estudio en el estado de Sinaloa y me ayudó a penetrarme en este tipo de rocas así como toda la información para su estudio, porque las rocas básicas y ultrabásicas han sido escasamente estudiadas en el país.

Al Ing. Jorge Nieto Obregón, quien dirigió, discutió y apoyó con sus observaciones la elaboración del manuscrito.

También quiero agradecer a las autoridades del Consejo de Recursos Minerales, El Ing. Gustavo Camacho O., Ing. Raúl Cruz R., Gerente y Subgerente de Estudios Especiales y al Ing. Arturo Bimen O., Jefe del Depto. de Investigación Aplicada, quienes me dieron las facilidades de la elaboración de este trabajo en el campo, así como al Ing. Salvador Vargas Sanders, Director de ASISA, quien me dió su apoyo para la terminación de este trabajo.

A mis compañeros de trabajo, quienes me brindaron su apoyo en el desarrollo de este estudio, tanto en el campo como en gabinete, a todos ellos les brindo mi agradecimiento por todas sus valiosas aportaciones. En forma especial a los Ings. Jaime Núñez E., Miguel Cerecero L. y Virgilio Salgado T.; Fasantes José Manuel García R., Cuauhtémoc Montañón (Q. E. P. D.) y al Ing. Héctor Rodríguez M. (Q. E. P. D.), este último quien me ayudó en las descripciones petrográficas, y pido disculpas si omito algún nombre pero de alguna manera también a ellos les doy mi más sincero agradecimiento por su colaboración.

Estos agradecimientos no quedarían completos si no mencionara al amor que me brindó mi familia: mis padres, Enrique Rojo y Guillermina Yáñez, así como a mis hermanos Enrique, Guillermo, Laura y Federico, a mi cuñada y sobrinos, quienes de una forma u otra forma me apoyaron en todo momento.

A mi esposa Silvia quien con su apoyo me impulsó a la terminación de este manuscrito.

En forma especial quiero agradecer a mi madre, quien me ayudó en la elaboración de este manuscrito.

RESUMEN.

En este trabajo se postula un complejo ofiolítico que aflora en el estado de Simlca, con características especiales, ya que no aflora la secuencia completa del mismo.

En Escurato se localizan unas ventanas tectónicas, dentro del Terciario volcánico, donde aflora un complejo ofiolítico especial, que se compone de rocas básicas y ultrabásicas principalmente de gabbros diátríticos, bandeados, con algunos niveles de piroxenitas y anfibolitas, y doleritas; un complejo de diques de composición diabásica o dolerítica, que atraviesan y alimentan una secuencia de basaltos de tipo almohadillado (pillow-lavas), y que se encuentran en posición normal con su relleno de rocas carbonatadas y fragmentos de radiolarias. En otras zonas se observan estos basaltos almohadillados, que sin embargo mantienen la característica de su forma arredondada y que está acompañada de brechas de origen sedimentario. Toda esto se encuentra en posiciones cubierto por varias secuencias sedimentarias, compuesta, la más antigua, de rocas arcillosas y tobas silicificadas con intercalaciones de niveles de radiolarias que está en contacto con las lavas almohadilladas, esta unidad sedimentaria representa la zona profunda de la cuenca donde se encuentran fragmentos de algunos arcnitas de posible edad cretácica. La otra secuencia sedimentaria está compuesta de lutitas, areniscas, intercaladas con niveles delgados de calizas arcillosas, grauwacas y tobas intrusiónadas por rocas andesíticas concordantes a la estratificación y que se encuentran plegadas y falladas; la última secuencia sedimentaria se encuentra cubierta por calizas masivas concordantes con gran contenido de ostras la cual representa la zona nerítica de la cuenca.

Se encuentran rocas metamórficas de posible edad paleocénica (gneises y esquistos verdes...) que están en contacto con las metandesitas por una falla transcurrente de grandes dimensiones que se localiza al norte del área de estudio de posible edad paleocénica superior (?). Así mismo, al sur de la zona de estudio, las rocas andesíticas metamorfinadas del arco de posible edad Triásico-Jurásico Inferior (metandesitas) y que se encuentran en contacto (por un gran batallamiento) con las rocas arcillosas con niveles de radiolarias, en este contacto los estratos se encuentran sumamente fallados, plegados y fuertemente deformados.

La subducción de la Placa Farallón hacia el E, así continúa, desde el Mesozoico Temprano hasta el Mioceno, esta fue interrumpida durante el Jurásico Temprano al Jurásico Tardío, lo que pudo permitir dos desarrollos de cuencas sucesivas del tipo oceánico, que puede representar el cierre de cuencas marginales al E de la zona principal de subducción (Gangin, 1976). Esta subducción mesocénica originó la formación de cuatro

arcos magmáticos con carácter calcoalcalino y que son:

- En el Jurásico Medio-Tardío y Cretácico Temprano (?), la formación del arco volcánico insular de Sonora-Sinaloa (Servais et al, 1991), al que se llamará Arco Sinaloa.

- En el Jurásico Tardío-Cretácico Medio, se forma el Arco Alisitos en Baja California.

- En el Cretácico Tardío-oceno, sucede la intrusión del Batólito de Sinaloa, acompañado de un volcánismo intermedio calcoalcalino en Sinaloa, Sonora y Sur de Baja California.

- Y al final, la formación de los grandes emplazamientos de volcánismo ignimbítico de la Sierra Madre Occidental, que sucede del Oligoceno al Mioceno.

I. INTRODUCCION.

El presente estudio trata de enfocar un panorama general de la petrología y emplazamiento de rocas básicas y ultrabásicas que se localizan en el NNE del estado de Sinaloa, pertenecientes a un complejo ofiolítico que aflora en la zona de Bazarato (fig. 1); este dominio está constituida por doleritas y gabros, con niveles de piroxenitas y anfibolitas. Asimismo, se hace una comparación con las áreas de San Javier de Arriba (fig. 1), cercanas a los límites del estado de Chihuahua a 35 km en línea recta de Bazarato, donde afloran rocas peridotíticas serpentinizadas. Otros cuerpos ultrabásicos se localizan al este de la zona de estudio en Alisitos, ubicados casi en los límites de Sinaloa, Chihuahua y Durango; ahí afloran peridotitas serpentinizadas, gabros y otros cuerpos básicos, que posiblemente estén ligados a este complejo ofiolítico. Se postula que dicho complejo ofiolítico se encuentra cabalgando hacia el este y que afloran como pequeñas ventanas tectónicas, dentro del terciario volcánico, como sucede en Bazarato.

En este estudio se hace mención especial del potencial económico que representan estas rocas por su contenido de oro, plata, cobre, zinc, níquel, cobalto, y el grupo de platinoídeos (platino, paladio, rodio, iridio, rutenio y osmio), además de talco, magnesita y asbesto; de los tres últimos no se han detectado valores económicos, sólo pequeñas vetillas dentro de las peridotitas, en San Javier de Arriba y Alisitos; aunque los valores reportados por el laboratorio son bajos, es posible tener el área como una reserva minera para un futuro no lejano.

II. GENERALIDADES.

1. Objetivos.

El objetivo de este trabajo es la descripción de un complejo ofiolítico de carácter especial localizada en Bazarato, Sinaloa; describir las diferentes unidades litológicas mesozoicas; interpretar estructuralmente las rocas básicas ultrabásicas, y sus relaciones con rocas sedimentarias en contacto de napas, y sus otras posibles relaciones tectónicas con los afloramientos de rocas ultrabásicas al este del área, así como del posible potencial económico de Pt y Au que existe dentro de la zona de emersión.

2. Método de trabajo.

El método de trabajo que se utilizó, consistió en la elaboración de una cartografía geológica basada en fotografías

aéreas escala 1: 80,000 y de una restitución fotogramétrica escala 1: 20,000 con reconocimiento de campo, además de un muestreo realizado para estudios petrográficos y análisis mineralógicos.

El trabajo se dividió en varias etapas:

a) Recopilación de la información de la zona de estudio, así como la de diversas publicaciones que existen en diferentes localidades mexicanas y otras partes del mundo; la elaboración de un plano fotogeológico a escalas 1:20,000 y 1:66,000 para apoyo de la cartografía.

b) Un reconocimiento geológico de la zona, con estudios regional y de semidetalle, con un muestreo sistemático.

c) Realización de un mapa geológico, para poder corregir detalles, y observación de láminas delgadas para su estudio.

d) Elaboración del presente manuscrito.

3. Localización.

El área se localiza entre los paralelos 26º 50' y 26º 00' de latitud Norte y los meridianos 106º 30' y 106º 45' de longitud Oeste (Fig. 1). El acceso es por medio de la carretera internacional Guamuchil-Guasave y en el km 35 se toma la desviación a Sinaloa de Leyva-Palos Blancos, de donde se recorren 45 km de carretera asfaltada y se continúa por un camino de terracería, durante 45 km más hasta llegar al poblado de Bacubarito. De aquí se parte a los diferentes puntos de mayor interés para recorrer la zona de trabajo, que abarca una extensión de 100 km² aproximadamente. La cota de menor altura se encuentra a los 60 m y la de mayor altura a los 740 m.s.n.m., por lo que el clima imperante es caluroso-húmedo, ya que se encuentra a 70 km en línea recta del mar. Su temperatura mínima en invierno es de 10º a 15º C y la máxima temperatura que se registra en el verano varía de 45º a 48º C.

4. Trabajos previos.

Los estudios realizados en el estado de Sinaloa sobre las rocas básicas y ultrabásicas son pocos, por lo que gran parte de este trabajo se realizó haciendo comparaciones con rocas ultrabásicas en otras partes del mundo. A continuación se mencionan los trabajos realizados en el Estado así como una tabla de correlación de diferentes áreas (Tabla 1):

Krieger y Hagner (1943), reportan una zona de Ni y Au en Allisitos, cerca de los límites de Sinaloa con los estados de

TABLA No. 1.- TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA DE SINALOA.

ERA	SISTEMA PERIODO	SERIE EPOCA	BACURATO ALIBOS (1)	PERICOS (2)	CULIACAN (3)	HAZATLAN (4)	EL FUERTE (5)	SAN JOSE DE GRACIA (6)	SINALOA DE LEYVA (7)
CENOZOICO	CUATERNARIO	PLEISTOCENO	ALUVION	ALUVION	ALUVION	ALUVION	ALUVION	ALUVION	ALUVION
		PLIOCENO							
	TERCIARIO	MIOCENO	TERCIARIO VOLCANICO				TERCIARIO VOLCANICO SUPERIOR		
		OLIGOCENO	U. BACURITO	AMERICAS Y TOLIAS AMES Y POLITICAS	AMERICAS Y TOLIAS AMES Y POLITICAS				
		EOCENO							
		PALEOCENO		ANDENITAS Y MONTANAS BASALES		GRUPO VOLCANICO INFERIOR			
	CRETACEO	SENOVIANO				GRUPO HAZATLAN BARNICOLES			
		ALBUQUERQUE							
		NEOCOMIANO							
	MESOZOICO	CRETACEO							
JURASICO									
TRIASICO									
PALEOZOICO	PERMICO								
	DEVONICO								
	SILURICO								
	ORDOVICICO								
	DEVONICO								
	SILURICO								
	ORDOVICICO								
PRECAMBRIO									

(1)- Tomado de Servoz et al. (en prensa) de Morelos.

(2)- M. Bannan (1971).

(3)- La columna fue compilada de Bannan (1971); Servoz et al. (1981).

(4)- Tomado de Pedronson (1974).

(5)- Molloy (1978).

(6)- M. Cortijo (1971).

(7)- Tomado de la columna del mapa geológico de Clark (1970).

El signo diagonal indica ausencia de formación.

El signo vertical indica falta de afloramientos.

TESIS PROFESIONAL F.I. U.N.A.M.
ROJO YANIZ RICARDO ROBERTO.
1990.

Durango y Chihuahua.

González Feyna (1956), menciona en el Área de Alisitos la existencia de Ni dentro de rocas básicas, en una brecha de falla.

De Cserna y Kent (1961) reportan los gneises precámbricos (?) de la sierra de Sonobari-San Francisco que se localizan en los límites de Sinaloa-Sonora, donde se localizan pequeños cuerpos ultrabásicos metamorfoseados (esquistos de anfíbolita, piroxenitas con labradorita).

Castillo (1971) realiza un trabajo sobre el área de San José de Gracia, en donde ubica rocas sedimentarias marinas del Paleozoico Tardío, así como la identificación de microfauuna, lo que ayuda a la designación del tiempo geológico.

Bonneau (1969 y 1971) realiza estudios de rocas volcánicas detriticas y calcáreas cuyos fósiles fueron estudiados por la Dra. Gloria Alenxaster y asignadas al Aptiano-Albiano. Tal secuencia es asignada por el momento a la prolongación de un arco volcánico mesozoico.

Roldán-Quintana (1972) realizan un levantamiento geológico de reconocimiento en la hoja Yecorato, localizado al NNW de la presa Bacurato, en donde reportan rocas ultrabásicas del Paleozoico (piroxenitas, esquistos de anfíbolitas y anfíbolitas).

Múllan (1972) realiza un estudio de la sierra Sonobari, localizada en los límites de Sinaloa y Sonora.

Butter (1973) trata de delimitar la extensión de un cuerpo ultrabásico en Culiacán, en relación a sus depósitos minerales y a su potencial económico con base en el níquel.

Clark (1973) reporta diseminaciones de Ni en Alisitos, dentro de un cuerpo ultrabásico metamorfoseado.

Chrisinger y Clark (1974) realizan un reconocimiento geoquímico del Área en la mina Culiacán para conocer su potencial económico dentro del cuerpo básico. El estudio geoquímico fue realizado por los elementos de Ni, Pt, Sb, Cu, Au y Ag.

Rodríguez y Córdoba (1973) en un convenio por parte del Instituto de Geología de la U.N.A.M. con el gobierno del estado de Sinaloa realizan un Atlas del Estado.

Múllan (1978) realiza un estudio más detallado en el Área de El Fuerte, en donde describe una serie de cuerpos básicos-ultrabásicos en la sierra San Francisco (localizado al NW de El Fuerte) y que pertenecen a la intrusión Macochín.

Ortega et. al. (1979) realizaron un reconocimiento general del área de Bacurato, donde reportan rocas ultrabásicas y sedimentarias, con contenido faunístico (amonitas) y mencionan

además la posible existencia de un complejo ofiolítico en Sinaloa.

Delgado et. al. (1979) realizó un reconocimiento general de las rocas ultrabásicas en México y visitó el área de Culiacán.

Servais y Rojo (1981) realizaron un estudio de las rocas básicas-ultrabásicas en el estado de Sinaloa, recolectando todas las evidencias posibles de estas rocas para compararlas con las que existen en México, como son Baja California, Guerrero, Guanajuato, etc.

Servais et. al. (1984) realizan una reconstrucción y evolución del Mesozoico de México, así como una sección del golfo del California hasta la Sierra Madre Oriental.

III. FISIOGRAFIA.

1. Hidrografía y Orografía.

En el estado de Sinaloa existen gran cantidad de rios en donde la mayoría nacen principalmente en la Sierra Madre Occidental. Se dividen en dos grandes cuencas que irrigan a la región del área en cuestión (Fig. 2).

La primera es la cuenca del río Fuerte que nace en la sierra de los Tepahuates, en el estado de Chihuahua y se le conoce con el nombre de San Miguel. Este río cruza parte del estado y al pasar al estado de Sinaloa se le unen los arroyos de Batopilas, de Urique, Chinipas y el Septentrión, de donde adopta el nombre de río Fuerte. lleva una dirección noroeste-suroeste y al pasar por San Blas, como a 5 km. cambia su dirección hacia el poniente, para desembocar en el golf. de California.

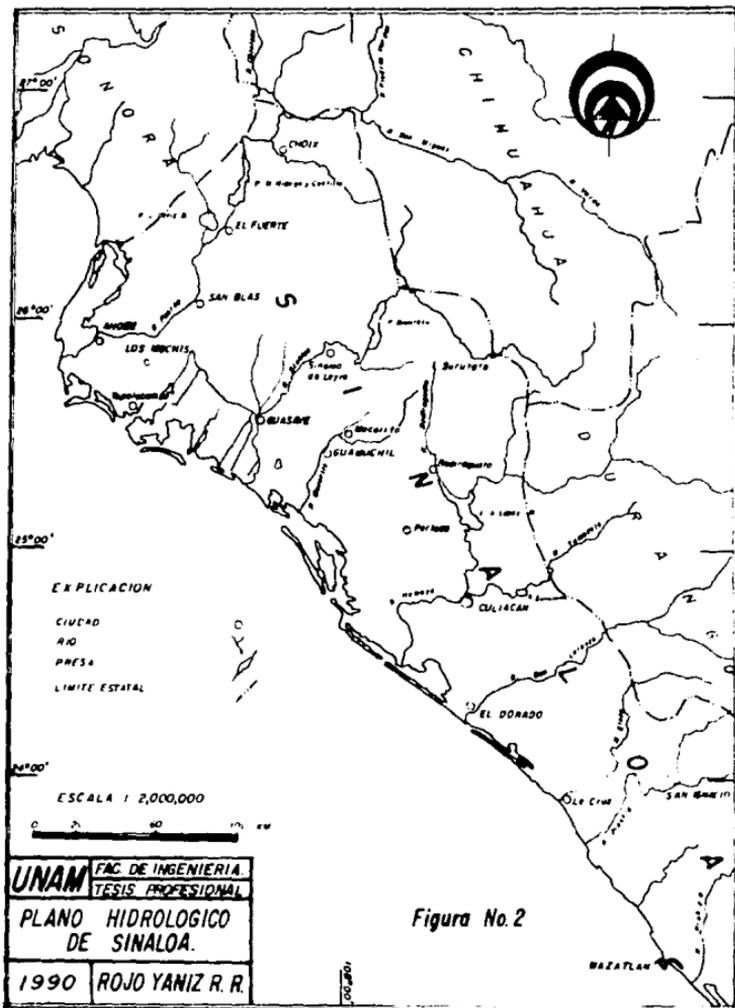
La segunda cuenca en importancia es la del río Sinaloa, que nace en la Sierra Madre Occidental, dentro del estado de Chihuahua por la unión de los rios Benicapa y Mohinora; en Sinaloa su curso es bastante sinuoso en general, y sigue una dirección noroeste-suroeste hasta que desemboca en el golfo de California cerca de la ciudad de Guasave, en la margen derecha recibe al río Coaróni.

Sobre el río Sinaloa se observan pequeñas valles, que en perfiles transversales son asimétricos; en algunas ocasiones son formados por pendientes socavadas y de deslizamiento, concomitantes con la divagación y erosión lateral del río Sinaloa y afluentes principales; en otras la asimetría está muy marcada por fallas que ponen en contacto rocas de diferente composición.

Algo típico del río Sinaloa es su curso sinuoso, con algunos meandros cerrados, morfología que desentona tratándose de un ámbito montañoso y el hecho de que el río por sus características de capacidad y competencia, se pueden considerar en una etapa de madurez temprana dentro del ciclo geomorfológico (en su parte superior y media de sus cursos) y, en una etapa de madurez tardía en la parte inferior dentro de la llanura costera.

Asimismo, los rios Fuerte y Sinaloa han tenido movimientos laterales formando meandros abandonados, lagunas en herradura, albardones naturales como testigos de estos movimientos. Estos cambios continuos facilitaron la formación de amplios deltas, en sus desembocaduras y actualmente forman un sistema estuarino.

Estos rios cuentan con grandes presas: La Miguel Hidalgo y la



Josefa Ortiz de Domínguez para el río Fuerte; y en la presa Bacurato (José López Portillo), recién concluida para el río Sinaloa.

En el Estado existen otros ríos de importancia que son: El Badiraguato, Tamazula, El Mocrito, Culiacán, Humaya, San Lorenzo y Quilá. Estos ríos contribuyen al desarrollo agropecuario de ciertas poblaciones, así como al desarrollo industrial de Culiacán, que es la capital del estado (Fig. 3).

Para el río Sinaloa, el drenaje que predomina en el área es del tipo enrejado. La configuración del drenaje se debe al ajustamiento o acomodamiento del mismo, a la estructura, y que es característico de rocas muy plegadas y con buzamientos agudos. Su aspecto típico es de largos tributarios secundarios, que se juntan con los anteriores, formando toscos ángulos rectos. Las corrientes troncales suelen sufrir transversalmente con relación a los tributarios primarios, pero en otras ocasiones pueden ser subparalelos a ellas (Guerra 1980).

Este sistema de corrientes subparalelas se desarrolla generalmente alineándose a lo largo del rumbo de los estratos de las formaciones, o entre rasgos topográficos paralelos. Las corrientes principales de esta configuración se doblan casi en ángulo recto para cruzar las alineaciones y crestas o lomas.

El control estructural del drenaje se debe a la desigual resistencia de los estratos inclinados, ya que afloran en fajas estrechas y paralelas, por lo que los tributarios, erosionan las capas más blandas y respetan a las más duras, que quedan como divisorias de aguas entre las anteriores y originan una disposición paralela de crestas, formadas por las rocas resistentes y valles constituidos por las rocas débiles.

Una de las causas para el drenaje de enrejado es por fallas paralelas, hundimientos de bloques paralelos o erosión a lo largo de zonas fracturadas y se les llama enrejado por falla. Esta tendencia se acentúa a medida que el ciclo fluvial se desarrolla en la región, hacia la madurez completa o hacia la vejez, en cuyo caso las corrientes enrejadas comienzan a serpentear en amplios meandros, esfumándose así la configuración enrejada original (Guerra, op. cit.).

Para la orografía del área se observa que el clima afecta a los diferentes ríos, por lo que algunos tipos de ríos en la superficie se encuentran alterados y producen una variación de formas que se describen a continuación:

Ignimbritas. - Sus formas son muy variadas, ya que van de forma de agujas a mesetas. Las agujas se deben al hecho de que la toba coherente se modela en paredes verticales, y las mesetas son causadas por depósitos estratificados, disecados por la erosión lineal (Derruan, 1981); sus alturas varían de 400 a 2,000 m.

Las unidades básicas intrusivas se caracterizan principalmente por pequeños cerros de 300 a 400 m sobre el nivel del mar, y de

topografía algo abrupta a causa de los contactos tectónicos, en otras ocasiones son de topografía suave. Su pendiente varía si se encuentra en contacto con la roca sedimentaria, presenta grandes canales con repeticiones de estas unidades.

Las lavas almohadilladas que pertenecen a la rocas extrusivas tienen una altura de 80 a 400 m.s.n.m., su topografía es de relieve suave en su parte superior, pero con algunos escarpes no muy pronunciados, pero en ocasiones su pendiente es de 20% a 30% de inclinación.

En las unidades sedimentarias presentan también una topografía suave en la parte superior, se observa un escarpe abrupto, a veces cortado por el río Sinaloa, el cual posiblemente contribuyó también al desarrollo de estos escarpes, además de la tectónica que actúa en esta zona. Por otro lado, se observa que el río Sinaloa corta a estas unidades formando meandros, de margen cóncavo abrupto, a causa del sistema de fallas que afectan a la región.

Las pequeñas porciones que afloran de metandesitas, permiten apreciar un relieve suave semejando pequeñas lomas.

En el metamórfico que se encuentra en la parte N-NW del área, se localizan las partes más altas (400 a 800 m.s.n.m.) con pendientes muy pronunciadas con escarpes de 100 a 350 y en ocasiones una pendiente con mayor inclinación. Se extiende en una dirección NE-SE.

Los conglomerados son pequeñas lomas que configuran el área en la parte S-SE. Aquí se encuentra una gran cantidad de rocas consolidadas, y su pendiente es de aproximadamente de 50 a 100 de inclinación cuando mucho.

2. Geomorfología.

De acuerdo a la clasificación de las provincias fisiográficas en la República Mexicana (Fig. 3), hecha por Paiz (1959), el estado de Sinaloa, está dividido en 5 regiones geomorfológicas distintas: 2 provincias y 3 subprovincias, y abarca las siguientes unidades fisiográficas (Rodríguez y Córdoba, 1978).

- A. Provincia de la Sierra Madre Occidental.
 - a) Altas mesetas ríolíticas.
- B. Provincia de Sierras Sepultadas.
 - a) Sierra de Pie de Monte.
 - b) Planicie Costera.
- A. Provincia de la Sierra Madre Occidental.

Esta provincia fisiográfica está situada en la parte oriental

PROVINCIAS FISIOGRAFICAS

Modificado por F.I., UNAM (1977).

ERWIN RAISZ (1964)

WILLIAM HUMPREY (1956)



TESIS PROFESIONAL
ROJO YANIZ RICARDO ROBERTO

1990

FIGURA No. 3

del estado de Sinaloa. Tiene una anchura media de 30 a 50 Km. El promedio de elevación de esta región varía de 2,000 a 2,500 m.s.n.m.

a) Altas Mesetas Riolíticas.

Incluye un área bastante extensa y tiene grandes elevaciones, y está caracterizada por mesetas horizontales y forman las partes más altas de la región. Estas mesetas, de composición riolítica, no están exactamente horizontales, sino que presentan ondulaciones e inclinaciones, preferentemente al occidente. La mayor parte de estas mesetas están formadas por derrames volcánicos y productos piroclásticos de composición riolítica. Los flancos están profundamente disectados por grandes cañones, haciendo la región inhabitable.

B. Provincias de Sierras Sepultadas.

a) Sierra de Pie de Monte.

Localizado entre las Altas Mesetas Riolíticas y la Planicie Costera, consisten de montañas, parcial e irregularmente sepultadas. Estas montañas hacia el oriente, adquieren mayores elevaciones. En esta subprovincia fisiográfica, los ríos han labrado cañones, los cuales generalmente están controlados por un sistema de fallas con rumbo N-NW. Las alturas de esta faja montañosa varía desde 240 m hasta 800 m. Estos cordones montañosos están representados por rocas de origen sedimentario.

b) Planicie Costera.

La fisiografía de la llanura costera en el estado está caracterizada por abanicos aluviales, antiguos valles fluvio-deltaicos, deltas actuales, estuarios, complejos lagunares, cauces de ríos y arroyos, rías, depósitos eólicos y marinos. Estas diferentes unidades fisiográficas que constituyen las subprovincias mencionadas, pueden ser clasificadas en cuanto al ambiente de formación como continentales, fluviales, mixtas o de transición eólicas y marinas.

Para aplicar la geomorfología, es necesario hacer primeramente la observación directa de las formas del terreno.

Utilizando los tres principales factores de la morfología (tectónica, erosión y litología) que se puede aplicar en el área de estudio.

En la zona se aprecia una disposición muy irregular de las diferentes unidades, las cuales están afectadas tectónicamente principalmente en sus contactos en donde se aprecia una zona de brechamiento, el cual pasa inmediatamente a otro tipo de falla sin apreciarse el contacto; esto sucede entre el básico y el sedimentario principalmente. Aquí se observan plegamientos, deformación de las capas entre estos, principalmente en el contacto de las metarenitas y los sedimentos de la unidad Porchui. Asimismo se ve una discontinuidad de los estratos, fallas de desplazamiento y normales.

Esto es lo que da una mayor importancia al área de estudio ya que permite observar un cambio brusco en la geología, o repeticiones dentro de los mismos cuerpos que implican la medición de un espesor exacto de las unidades.

El factor de erosión que presenta el área es bastante irregular ya que el río principal (río Sinaloa), corta a los diferentes tipos de rocas, formando en algunas partes meandros y con cortes de pequeñas cañones; estos meandros se pueden considerar en etapa de estranulación. Aquí se acentúan los desniveles entre las unidades existentes.

Además de los factores de intemperismo que han afectado a las rocas, a éste se le puede decir que pertenece al de las formas cíclicas, que son atribuidas a ciclos de erosión. En este factor intervienen todas las corrientes de agua (Fig. 4)

En el sistema de erosión han influenciado bastante los arroyos, para dar configuración a los diferentes terrenos ya que los drenajes están influenciados por factores como la estructura de las rocas, textura del suelo, topografía, vías de aguas superficiales, precipitación, vegetación y evapación.

Como las vías de drenaje y las formas terrestres de una región existen juntas e interdependientes, los suelos y las rocas, en cuanto son parte integrantes de las últimas, influyen en la evolución y carácter de muchos ríos y corrientes tributarias, lo que conduce a la conclusión de que la configuración del drenaje puede usarse para la identificación de suelos y rocas, sobre una base regional (Parvis, 1960).

Lahee (1941), expresa que la configuración del drenaje también llamada de los valles, depende de la distribución de las rocas, de la actitud o posición de las rocas estratiformes, del acomodamiento de las superficies de debilidad, como son las juntas y fallas, así como de otros rasgos estructurales por lo que puede ayudar el drenaje en la interpretación de las estructuras geológicas, como el estudio de las formas terrestres.

Otros factores de erosión que influyen también es la infiltración, el tipo y densidad de la cubierta vegetal, el contenido de humedad natural del suelo, composición mineral de los suelos o rocas, condiciones geoquímicas especiales creadas por el complejo mineral-clima, largos períodos de erosión

geológica y cambios climáticos.

El clima es un factor importante que afecta a la morfología de las rocas. Así el trabajo de W. Köppen (1939) y modificado por E. García (1972) sobre la carta de clima de la República Mexicana, toma en cuenta como variables climáticas determinantes y responsables del clima observado, a la temperatura y precipitación media mensual y anual.

Con base en la clasificación de climas, los que mejor corresponden al área estudiada, son los siguientes:

- 1) Clima Awo y pertenece a:

GRUPO DE CLIMAS CALIDOS A

Subgrupo de Climas Cálidos A

(temperatura media anual mayor de 22o C)

(temperatura del mes, más fría, mayor de 18o C)

Tipos cálidos, subhúmedos, con lluvias de verano.

(agrupa los subtipos menos húmedos, de los cálidos subhúmedos).

(precipitación del mes, más seco, menor de 60 mm).

- 2) Clima BS1 (h') hw.

GRUPO DE CLIMAS SECOS B

(se dividen en varios tipos que van de lo de menos seco a lo más seco)

Subtipos semisecos, muy cálidos y cálidos.

GRUPO DE CLIMAS SEMISECOS BS1

(con lluvias en verano y escasas a lo largo del año)

Subtipos semisecos, muy cálidos y cálidos.

BS1 (h') hw lluvias de verano, % de precipitación invernal, entre 5 y 10.2 mm)

- 3) CLIMA (A) C (Wo)

GRUPO DE CLIMAS TEMPLADOS C.

Subgrupo de climas semicálidos (A) C

(temperatura media anual mayor de 18o C)

(temperatura del mes, más frío entre -3o y 18o C)

Tipo semicálido, subhúmedos con lluvias en verano.

(agrupa los subtipos menos húmedos de los semicálidos subhúmedos).

(precipitación del mes. más seco, menos de 40 mm.).

(A) C (Wo) % de lluvia invernal entre 5 y 10.2 mm.

IV. GEOLOGIA REGIONAL.

1. Marco Regional.

A continuación se hace una descripción de la geología de la región y de las diversas unidades correlacionables cercanas, ya estudiadas con anterioridad por otros autores.

PALEOZOICO.

Se le ha asignado esta edad solamente por semejanza con el Paleozoico que han estudiado anteriormente Clark (1975), Mullan (1978) y Carrillo (1971 y 1978).

El Paleozoico Inferior (?) polimetamorfosoado está compuesto principalmente de series metabásicas (metatobas y metalavas básicas) con intercalaciones de escamas básicas y ultrabásicas, de gabros y piroxenitas (El Fuerte, Agua Caliente y Mazatlán) (Fig. 1). Estas unidades descansan sobre un basamento de edad precámbrica (?) muy metamorfosoado, formado por gneises, anfibolitas y dioritas (gneis de Sonobari y sierra San Francisco (De Cerna et. al., 1961), localizadas cerca de El Fuerte, Sin. Todas estas rocas están recubiertas por una espesa serie de pelitas negras y metacuarcitas de edad no determinada.

El Paleozoico Superior (?) está representado por una serie de lutitas y limonitas carbonosas, con frecuentes interstratificaciones delgadas de calizas negras, pedernal y cuarcitas casi puras con intercalaciones delgadas de pedernal. En otros lugares se tienen cuarcitas masivas y conglomerados cementados por cuarzo, bien desarrollados con fauna de edad Carbonífera (Carrillo, 1971), reportada para el área de San José de Gracia.

Las diferentes etapas de tectonismo y de metamorfismo entre el Paleozoico Inferior (?) y Superior (?), hacen pensar en diferentes fases intrapaleozoicas.

MESOZOICO.

Las formaciones mesozoicas más antiguas en Sinaloa están representadas por metalavas de composición intermedia a básicas que se desarrollaron en la base de una cobertura sedimentaria tobácea calcárea de edad Cretácica Inferior, de espesor variable y que posiblemente representen testigos parautóctonos de un arco volcánico insular que se desarrolló probablemente a partir del Jurásico Superior (?) (Fig. 5).

A este Arco Insular se le denominó Arco Insular Sinaloa, para diferenciarlo del Alisitos que se encuentra en Baja California y Sonora. El Arco Insular Sinaloa está expuesto en las Unidades Hacurato, Pericos, Alisitos y Culiacán (Fig. 1), y está compuesto de metabasaltos y metandesitas. Este magmatismo básico representa aparentemente la raíz del arco (Servais et al., 1982).

Sobre este arco volcánico se emplazaron durante la fase laramidica, series ofiolíticas y pelágicas (Unidad Pueblo Viejo y Unidad Forchui), compuestas de tobas finas y radiolaritas del Cretácico Temprano (Ortega et al., 1979; Servais y Robo, 1981).

Estas series volcánicas fueron tectónicamente sobrepuestas al Arco Sinaloa, en su fase de cobertura (Unidad Hacurato de edad Cretácico Inferior); dicha unidad está compuesta de una formación con un espesor de más de 1,000 m de grauwacas, tobas, conglomerados y pelitas negras, frecuentes en la base de la serie. Esta Unidad está entrecortada por diques de composición andesítica y está plegada con toda la secuencia (Foto 16). La cima de la formación contiene rocas más carbonatadas y está cubierta por un horizonte de caliza masiva, cuya concordancia no está probada (El Fuerte, Pericos, Hacurato, Culiacán y Alisitos) (Fig. 1).

En Alisitos (Fig. 1), se encuentra una serie esencialmente básica metamorfoseada (diabasa, basaltos de olivino, en facies de esquistos verdes), un cuerpo ultrabásico serpentinitizado pequeño y una serie metandesítica, los cuales pertenecen al Arco Sinaloa. La mineralogía, litología y metamorfismo son similares a los demás afloramientos del Arco Sinaloa, especialmente con el cuerpo de Culiacán (Servais et al., 1982). Al este del cuerpo se encuentra una cobertura metasedimentaria de tobas silicificadas, estratos tobáceos silicificados e intercalados con carbonatos, tobas y grauwacas finas carbonatadas. Todas las series sedimentarias están compuestas de detritos volcánicos finos carbonatados e silicificados.

Estas series representan la cubierta detritica y carbonatada del Arco Sinaloa, presentes también en las áreas de Pericos, Hacurato y Culiacán.

Al noreste el afloramiento metabásico está limitado por una zona de serpentinitización de un poco más de 200 m de ancho, que puede corresponder a la transformación de rocas ultrabásicas metamorfoseadas, encajonadas en un contacto tectónico mayor que limita al cuerpo en su borde oriental.

La tectónica y el metamorfismo del cuerpo básico y su cobertura, se asignan a la fase post-Cenomaniana, cuya evidencia se presenta en la región de Hacurato.

Así probablemente para Alisitos sea el mismo caso que para el cuerpo de Culiacán. Es decir, que se tiene la presencia de series andesíticas y ultrabásicas (en proporción muy inferior) que

representan las raíces del Arco Insular Sinaloa, fenómeno conocido en los arcos del Pacífico Occidental, en donde se observan a veces series lávicas y ultrabásicas asociadas al magmatismo calcoalcalino (Servais et. al., 1982).

La edad post-Cretácico Medio que da Clark (1973.a) a las series antes mencionadas está respaldado por la diseminación de arsenopirita dentro de los metasedimentos en la pared de falla que pone en contacto las rocas básicas y la cubierta sedimentaria. Clark op. cit., menciona que la arsenopirita proviene de la intrusión del cuerpo básico dentro de la cobertura, cuya edad se asigna al Aptiano-Albiano, la cual puede ser posiblemente correlacionable con el área de Pericos (Bonneau, 1971).

TERCIARIO.

A fines del Cretácico y durante el Terciario Inferior (Eoceno) el Oligoceno y Mioceno se caracterizan como en una gran parte de México por volcanismo calcoalcalino, primero andesítico y después riolítico-ignimbritico. En el Mioceno Medio y Superior, una tectónica distensiva relacionada a la apertura del golfo de California da lugar al desarrollo de horsts y grabens cuyos profundos valles son rellenados por unidades conglomeráticas y arcosas continentales como sucede en la Formación Maune cercana a El Fuerte.

En el Plioceno y Pleistoceno hay nuevas fases de extrusión basáltico y depósitos de aluvión.

2. Armasón Tectónico.

Varios periodos de plegamiento y fallamiento modificaron la posición original de la secuencia estratigráfica. El plegamiento, erosión y fallamiento de unidades antiguas produjeron una topografía irregular con geología compleja, sobre la que se depositaron las nuevas rocas. Las corrientes destruyeron drenajes y formaron cuencas, a partir de los valles de la topografía preexistente. Ligeras concordancias angulares y erosionales entre las rocas del Terciario indican la repetición de este fenómeno a lo largo y ancho del área (Rodríguez y Córdoba, 1978).

El emplazamiento de cuerpos intrusivos asociados con fenómenos tectónicos oscurece y complica los eventos geológicos en grandes porciones del Estado. El metamorfismo de contacto consecuente a la intrusión puede ser muy amplio como el caso de los cuerpos graníticos, sumado al metamorfismo previo o posterior.

El metamorfismo, tanto regional como de contacto, y la alteración hidrotermal afectan en mayor o menor grado a las rocas desde el Precámbrico al Terciario Tardío complicando la estratigrafía y su geología histórica.

Las rocas volcánicas se encuentran muy alteradas. La actividad hidrotermal homogénea al aspecto de rocas de diferentes edades y composiciones. Sus efectos son muy visibles en rocas del Terciario Inferior y en menor escala los derrames del Terciario Superior.

El Precámbrico (?) aflora en la sierra de Sonobari y sierra San Francisco, localizadas al norte de Sinaloa casi con los límites con Sonora, que consiste de un intrusivo gabrónico deformado y metamorfoseado, intrusionado por diques de composición similar, así como por numerosas pegmatitas posteriores.

Aparentemente las rocas metamórficas de alto grado, gneises y anfibolitas han sido deformadas al menos tres veces antes de la intrusión de pegmatitas y otra deformación posterior (De Cerna y Kent, 1961; Millán, 1978).

Anderson y Silver (1963), han reportado rocas precámbricas a 50 km al norte de Hermosillo. El Precámbrico claramente se extiende bien en el norte de México y no ha sido delimitado hacia el sur. Si la Sierra Sonobari-Francisco fuera de edad precámbrica, el límite sur sería considerablemente extendido hasta sus límites ahora conocidos.

El Paleozoico (?) está compuesto de series metatásicas (metatobas y metalavas básicas, asociadas a una secuencia de pelitas negras y metaquarcitas (Millán, 1978). Esta secuencia se encuentra intrusionada por cuerpos de diversas dimensiones. Millán (Op. Cit.), hace una descripción de estas unidades

apoyadas con petrografía, agrupando a estas unidades en el Grupo Río Fuerte.

Así sucede con el NE de Sinaloa, en donde afloran rocas paleozoicas descritas (Carrillo, 1971) como una serie de lutitas arcillosas del Carbonífero. Cerca de Mazatlán se encuentran rocas paleozoicas, similares a las de El Fuerte, compuestas de pizarras, cuarcitas, filitas y esquistos con intercalaciones delgadas de calizas. Sobre la carretera internacional se encuentra un cuerpo de rocas básicas paleozoicas, compuesto de piroxenitas deformadas y anfibolitas que pasan gradualmente a gabros (Fredrickson et. al., 1977; Servais et. al., 1992).

Es posible que existan más cuerpos paleozoicos sedimentarios con intrusiones básicas del Paleozoico en el estado de Sinaloa.

Dickinson (1981), establece una hipótesis sobre la historia tectónica del oeste de Norteamérica con base en mapas paleotectónicos que van desde el Paleozoico al Reciente. En ellos se refiere a la evolución de la Orogenia Gachita y sus efectos hacia el suroeste de Estados Unidos y noroeste de México, así como la posible evolución tectónica de una colisión orogénica arco-continente (Fig. 6), en el sector Cordillerano y sus posibles relaciones en el noroeste de México, y desde el Paleozoico Medio al Jurásico Medio-Tardío.

En el Jurásico la apertura del Golfo de México fue probablemente relacionada con el levantamiento tectónico de las tierras altas de Mogollón de Arizona al E (Dickinson, 1981) (Fig. 7), y que se desarrolló hasta el Cretácico Tardío.

Las rocas del Mesozoico se encuentran caracterizadas por una secuencia metavolcánica acompañada de rocas carbonatadas marinas, con calizas puras y calizas arenáceas (Rodríguez y Córdoba, 1979), así como una secuencia metabásica (± esquistos verdes) de probable edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior, y que tiene sus principales exponentes en El Fuerte, Alisitos y Culiacán (Servais et. al., 1981).

Sobre este arco volcánico se emplazaron durante la fase Laramide, series volcánicas y ofiolíticas (Unidad Ofiolítica Pueblo Viejo y Unidad Forchul de tobas finas, radiolaritas y amonitas) del Cretácico Inferior (Ortega et. al., 1979).

El metamorfismo atribuido a la Orogenia Laramídica, es de la facies de esquistos verdes que afecta poco a la cubierta mesozoica.

A finales del Cretácico y el Eoceno, se emplazan los granitos y granodioritas del Batolito de Sinaloa; estas intrusiones son frecuentemente post-tectónicas (Fig. 8), pero a pesar de esto, en Bacurati se tiene un emplazamiento de una granodiorita sintectónica (Servais et. al., 1982).

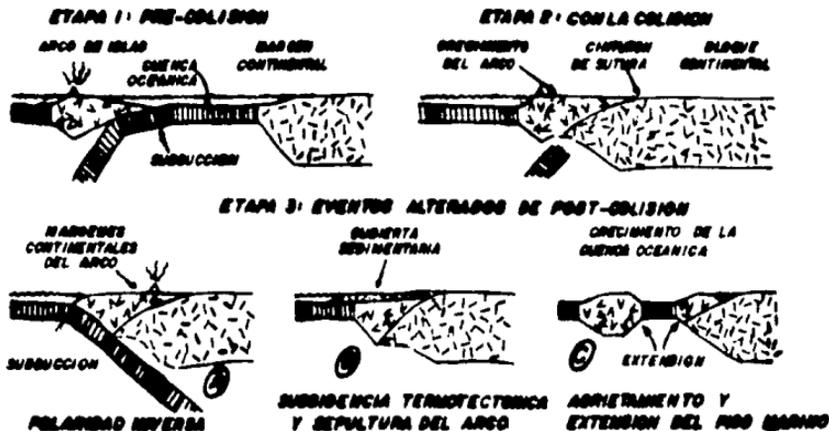


FIGURA N.º 3. Diagramas sucesivos para ilustrar las formas alternantes de la evolución tectónica inferida, acompañada de la subducción de dentro Arco-Continente. En la secuencia A, la subducción continúa después de una inversión de la polaridad del arco, para crear una nueva margen continental del arco magnético. En la secuencia B, las placas unidas al arco aplanado sufren una subsidencia termotectónica a lo largo de una margen continental modificándose. En la secuencia C una nueva zona de rift se abre a lo largo del arco orogénico alejándolo de la margen continental y dejando solamente un complejo de subducción en la parte parte de la margen continental modificada (tomado de Dickinson, 1991).

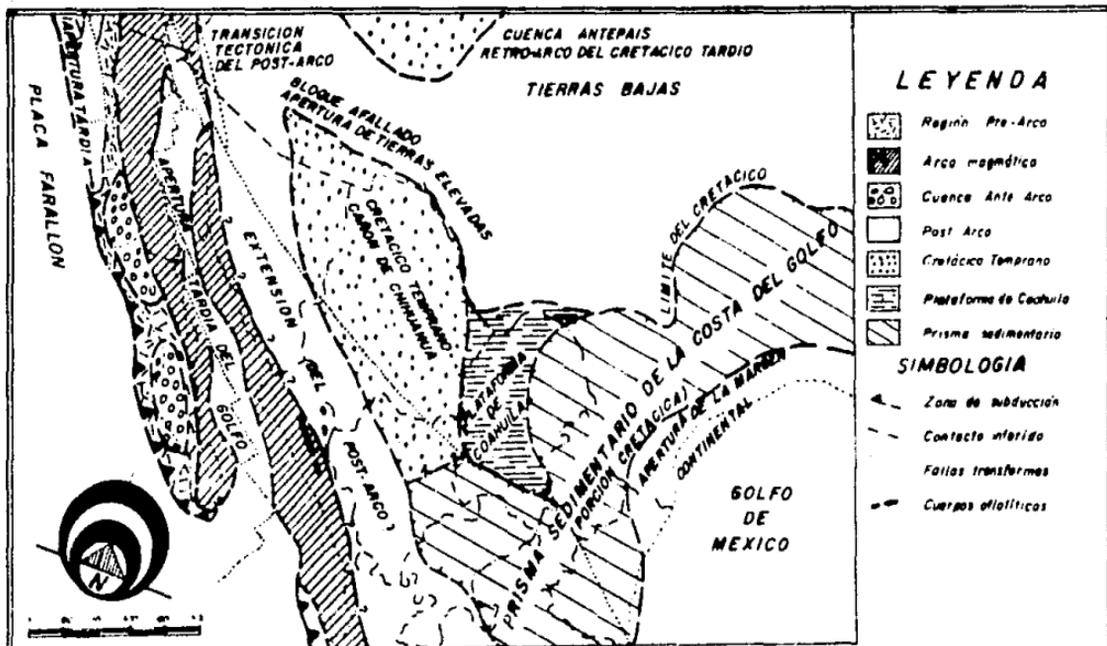


FIGURA No 7.- MAPA PALEOTECTONICO DEL JURASICO MEDIO-TARDIO AL CRETACICO TARDIO, Y LOCALIZACION DE LOS CUERPOS OFIOLITICOS DE SINALOA.

Tomado de Dickinson (1981).

TESIS PROFESIONAL
ROJO YANIZ RICARDO ROBERTO

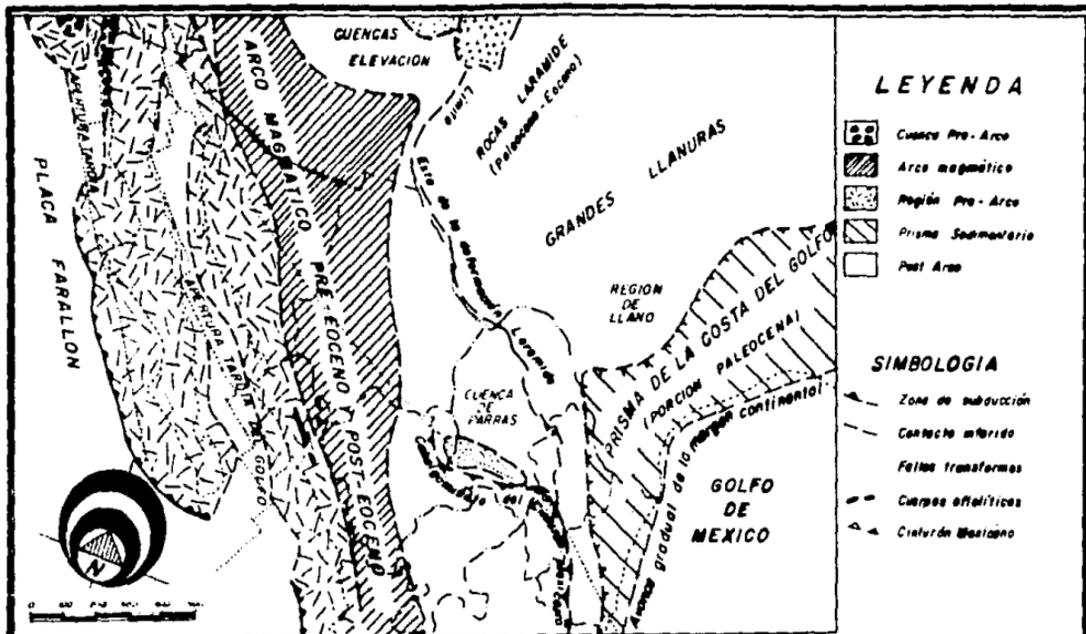


FIGURA No 8 - MAPA PALEOTECTÓNICO DEL CRETÁCICO TARDÍO AL OLIÓGENO TARDÍO, Y LOCALIZACIÓN DE LOS CUERPOS OFIOLÍTICOS DE SINALOA.

Trabajo de Distribución (1981)

TESIS PROFESIONAL
ROJO YANIZ RICARDO ROBERTO

V. ESTRATIGRAFIA.

1. Introducción.

Las unidades básicas-ultrabásicas y pelágicas de Bacurato representan un evento geológico de gran importancia en Sinaloa, porque se puede apreciar por primera vez la presencia de series de carácter ofiolítico y el cierre de un dominio oceánico durante el Mesozoico. Hasta el presente, el Mesozoico de Sinaloa ha sido reconocido como la prolongación de un Arco Volcánico (Alisitos), que se encuentra cubierto por series volcánicas-detriticas y calcáreas del Aptiano Albiano (Eonneau, 1963).

En Bacurato, las formaciones metavolcánicas representan el Arco Sinaloa (Unidad Burahui) y el paraúlotono regional. Una serie de fallas inversas y normales está emplazando una unidad de carácter ofiolítica (Unidad Fuelle Viejo) la cual fue movida sobre su cobertura pelágica (Unidad Porchali), y las que se encuentran a su vez sobalagando en forma de escamas dentro de una formación que representa una faja profunda (Unidad Bacurati) que se encuentra próxima al Arco Insular Sinaloa y el cual recibe a los elementos de erosión del Arco.

Es una zona donde se tienen las unidades que representan el borde, la cubierta y la corteza de una cuenca de carácter oceánico, sobrepuestas a una serie de arco volcánico llamado aquí Arco Sinaloa (Servais et. al., 1923) el cual fue considerado anteriormente como una continuación del Arco Alisitos.

A continuación se describen las unidades que conforman esta secuencia litológica donde se tiene una secuencia estratigráfica que va desde rocas del Paleozoico Inferior (?) hasta rocas del Cuaternario, dentro de ella se tienen rocas ígneas ultrabásicas y sedimentarias que pertenecen a una secuencia ofiolítica.

2. Secuencia litológica.

La secuencia de las unidades que se van a describir a continuación no es formal, a causa de que se desconocen sus edades absolutas, y se tiene solamente un control medianamente bueno sobre sus edades relativas. Es precisamente con base en datos del mapeo de campo que se asignan dichas edades relativas.

2.1 Unidad La Tinaja y Unidad El Tarahumare Rocas Metamórficas Paleozoicas (Pa 2).

Estas rocas son posiblemente las más antiguas que afloran en la zona de estudio y están agrupadas dentro de estas unidades.

Garrillo (1971) reporta al norte del área una secuencia sedimentaria del Paleozoico con la identificación de microfaua y que por similitud litológica realizada en el campo, se le asigna una edad relativa del Paleozoico. Clark (1971) también realizó un estudio geológico regional de Sacurata donde describe rocas paleozoicas sedimentarias.

En los planes geológicos del estado de Sinaloa (Torres y Verdina, 1978), en las hojas de La Peña y San José de Grecia, se pueden apreciar las unidades estudiadas por Garrillo (1971) y Clark (1971), quienes se basaron en la descripción de microfaua para determinar la edad absoluta de dichas rocas, por lo que en ocasiones las localidades tipo se encuentran a varios kilómetros de distancia, por lo cual se correlacionó Sacurata con esta zona con la salvedad de apoyar estas aseveraciones con el aporte de nuevos estudios para obtener edades absolutas.

Garrillo (op. cit.) describe rocas del Paleozoico Superior, donde además se observan rocas intrusivas deformadas y metamorfosadas cercanas a la presa de El Fuerte (M. Hidalgo y Coahuila). Ahí Millán (1978) realizó estudios de las diferentes unidades agrupándolas desde el Paleozoico Superior al Reciente.

3.1.1 Descripción litológica.

El Paleozoico Superior sedimentario está representado por lutitas y limolitas carbonosas con interestratificaciones delgadas de calizas negras y pedernal, cuarcitas casi puras, esquistos de cloritas y filitas de metamorfismo de bajo grado. Estas rocas afloran a 3 ó 4 km al norte del rancho La Sierra (Fig. 9).

Los esquistos presentan una foliación preferente al N 30° E con buzamiento al NW. Además contienen granoblastos de cloritas que varían de 2 a 6 mm de espesor. La superficie presenta un lustre satinado y un color verde a verde-azul claro. Petrográficamente fue clasificada como esquistos, valores de facies de esquistos verdes, originada por metamorfismo regional.

La mineralogía de la roca es la siguiente: bandas de calcita orientadas e intercaladas con cuarzo, hematita, feldespatos, sericita, clorita y minerales arcillosos.

A unos cientos de metros se observan rocas intrusivas deformadas, metafósicos y metalavas intermedias a ácidas y en algunas ocasiones con intercalación de escamas básicas y ultrabásicas de gabros y pirroxenitas, localizadas en El Fuerte, Agua Caliente, Macatán (Fig. 10) y Noroeste de Sacurata (Fig. 9).

2.1.2 Espesor.

Su espesor no ha podido ser medido, ya que se encuentra tectonizada y no se tiene un espesor definido.

2.1.3 Ambiente de Depósito.

Estas rocas deben haber pertenecido a una secuencia sedimentaria, posiblemente de una cuenca, que fue metamorfozada regionalmente a causa de eventos orogénicos (Servais et. al., 1981).

2.1.4 Relación con otras formaciones o áreas.

Esta formación se puede relacionar con las rocas paleozoicas que afloran en diversas zonas de Sinaloa como en San José de Gracia (Carrillo, 1971), El Fuerte (Mullan, 1978) y al sur cerca de Mazatlán (Friedrickson, 1975) y que son rocas calcáreas metamorfozadas, cuarcitas masivas y lutitas a limolitas carbonosas.

Las unidades descritas se encuentran en contacto tectónico con las rocas básicas y sedimentarias, a lo largo de una falla normal y de corrimiento con rumbo general NE-SW (Fig. 9.A).

2.1.5 Edades relativas o absolutas.

Según los fósiles localizados por Carrillo (1971), se le asignó una edad carbonífera a rocas similares en el área de San José de Gracia, pero aquí no es posible saber si esta secuencia es correlacionable, ya que no se han encontrado fósiles para poderlos datar y compararlos.

2.2 Unidad Burahui (Ma).

A esta secuencia se le conoce con el nombre de Unidad Burahui o Metabásico y fue así designada por Servais et. al. (1982) aunque su nombre es informal.

2.2.1 Descripción litológica.

Esta unidad está constituida de metandesitas y metabasaltos. Las metandesitas están fuertemente milonitizadas cerca de los

contactos tectónicos con otras rocas, principalmente con la secuencia sedimentaria. Los metabasaltos contienen olivino y se encuentran fuertemente deformados y milonitizados. Además, en algunos afloramientos es común encontrar lavas almohadilladas.

Es muy difícil decir que espesor tiene esta unidad, ya que es la base de la secuencia y no aflora totalmente.

2.2.2 Ambiente de depósito.

El ambiente de formación de estas rocas se encuentra relacionado con arcos volcánicos o insulares localizados en una zona de subducción (Servais et. al., 1981).

2.2.3 Relación estratigráfica y estructural con el resto de la secuencia.

Sobre estas rocas, y debido a su cabalgamiento regional, se yuxtapone una secuencia de características ofiolíticas. Esta secuencia ofiolítica a su vez, por los mismos eventos tectónicos, se encuentra incompleta ya que las unidades que lo constituyen están escamadas o yuxtapuestas por efectos de fallas inversas.

2.2.4 Correlación con otras formaciones o áreas.

Estas rocas pueden estar relacionadas con las metandesitas que afloran en las áreas de Culiacán (Servais et. al., 1982) y Pericos (Bonneau, 1971) y pueden pertenecer a la base de la secuencia ofiolítica. Por medio de fallas de cabalgamiento como la que aflora en el área de Bacurato (Fig.11).

2.2.5 Edad relativa o absoluta.

Su edad posiblemente corresponde al Jurásico Medio Tardío o Cretácico Temprano (c.f. Ortega, 1979), y se infiere de la presencia de amonitas del Albiano en calizas que cubren a esta secuencia ofiolítica.

2.3. Complejo Ofiolítico.

2.3.1 Gabros y Doleritas. Unidad Pueblo Viejo (B).

La unidad Pueblo Viejo aflora en los alrededores del rancho del mismo nombre, consiste principalmente de rocas ígneas básicas. Esta unidad agrupa al paquete de gabros y doleritas, basaltos

almohadillados y al complejo de diques.

2.3.1.1 Descripción litológica.

De todas las unidades litológicas que afloran en el área de estudio las rocas básicas son las que más predominan; estas cubren aproximadamente una superficie de unos 40 km² y se extienden al este, desde el rancho La Utera hasta el rancho La Noria (Fig. 2).

Estas rocas están representadas por gabros, diabasas o doleritas, piroxenitas y anfibolitas. Estas dos últimas afloran relativamente en menor proporción que las otras dos.

Las rocas gabroicas megascópicamente son de color verde oscuro compactas, de grano medio a grueso, algunas veces porfíricas y con fenocristales de plagioclasas y se intemperizan en forma esferoidal.

A continuación se cita su descripción petrográfica:

Textura	Holocristalina, hipidiomórfica
Minerales esenciales.	Labradorita.
Minerales accesorios.	Augita. Magnetita Pigeonita.
Mineral de alteración.	Actinolita. Sericita, epidota y arcillas. Clorita.

Las diabasas o doleritas megascópicamente son de grano fino, de color verde claro a ligeramente oscuro, bastante compactas y parcialmente cloritizadas. A continuación se presenta un estudio petrográfico de una dolerita que presentó las siguientes características:

Textura.	Ofítica, holocristalina.
Minerales esenciales.	Labradorita-andesina
Minerales accesorios.	Pigeonita Augita. Anfiboles

Magnetita.

Minerales de alteración Sericita

Clorita.

Los afloramientos de piroxenitas y anfibolitas son de menor extensión y se localizan principalmente al norte del rancho La Noria.

Megascópicamente las piroxenitas son de grano grueso a muy grueso, compactas de color negro brillante, fuertemente anfibolitizadas. En sección delgada presenta hornblenda verde, relictos de clinopiroxena, clorita, mica blanca, esfena y pocas plagioclasas.

2.3.1.2 Espesor.

En el área se hizo una barrenación sistemática en el cuerpo básico y se estima que su espesor pueda llegar a alcanzar unos 450 m, esta barrenación se programó con el propósito de encontrar mineralización de elementos del grupo del platino, indicios de los cuales fueron reportados por el laboratorio en un muestreo preliminar.

Se efectuaron 9 barrenos de 100 m de profundidad aproximadamente con variación topográfica de 80 a 100 m.

La barrenación se hizo en los alrededores del rancho de La Tepocina distribuidos según un patrón de forma triangular, con el propósito de determinar el espesor del cuerpo básico y definir la posibilidad de encontrar cuerpos ultrabásicos.

2.3.1.3 Ambiente de depósito.

La litología descrita sugiere que estas rocas se formaron durante la iniciación de la cuenca oceánica; este complejo ofiolítico corresponde a una corteza oceánica joven. Es posible que pertenezca al fondo de una cuenca de apertura; la corteza recientemente iniciada está desprovista en parte de la zona peridotítica, por lo que se puede considerar un complejo ofiolítico especial por la falta de la zona ultrabásica.

2.3.1.4 Relación con otras formaciones o áreas.

No se han localizado otras áreas semejantes hasta el momento, por lo que no es posible correlacionarla.

2.3.1.5 Edad relativa o absoluta.

Es posible que el emplazamiento de esta ofiolita haya ocurrido en el Jurásico Superior-Cretácico Temprano.

2.3.2 Diques diabásicos. Unidad Pueblo Viejo (Cd).

Se localiza al oeste del rancho La Teponina (Fig. 3) y consiste de diques diabásicos intercalados tectónicamente con lavas almohadilladas, en donde algunos afloramientos se encuentran cortando capas delgadas de carbonatos finos y tobas (Foto 5).

Son rocas de color verde oscuro, de grano fino, bastante compactas y parcialmente cristalizadas. Al microscopio se observan plagioclasas An. 10, hornblenda verde, epidota, clinopiroxena y cuarzo secundario.

2.3.2.2 Espesor.

El espesor que comprende esta unidad, es de aproximadamente 100 m.

2.3.2.3 Ambiente de depósito.

Estas rocas provienen de las rocas gabbroicas y diabásicas y corresponden a intrusiones de ambiente hipabisal que atraviesan a los basaltos almohadillados, así como los contactos de rocas carbonatadas y tobas finas.

2.3.2.4 Relación con otras formaciones o áreas.

No se han localizado otras áreas semejantes hasta el momento, por lo que no es posible relacionarla.

2.3.2.5 Edad relativa o absoluta.

Esta unidad puede estar relacionada con el emplazamiento de la ofiolita en el Jurásico Tardío-Cretácico Temprano.

2.3.3 Pillow-Lavas (lavas almohadilladas). Unidad Pueblo Viejo (Pl).

Pertenece a la Unidad Pueblo Viejo, la cual está agrupada por las rocas básicas, complejo de diques básicos y esta Unidad.

2.3.3.1 Descripción litológica.

Los principales minerales que constituyen las lavas almohadilladas son las plagioclasis calcicas, con un contenido que comprende de oligoclasa a andesina sódica (Ortega et. al., 1979). Los minerales máficos que presentan son clinopiroxenos (posible pigeonita) de hábito cristalino en forma de plumero y de color gris violáceo a pardo rojizo y que presenta vacuolas con rellenos de calcita.

La composición del núcleo es más calcica An 50-55 y los piroxenos presentan textura ofitica (Foto petrográficas 3 y 4).

Estas almohadillas tienen fracturas radiales de carbonatos recristalizados en intersticios (amigdalas), y en su parte interna son más densos de una textura afanítica, y de color casi negro.

El tamaño de estas rocas varía de varios centímetros a casi dos metros (Foto 1). La posición que presentan las lavas almohadilladas es normal (Foto 2), pero es posible que exista una inversión del complejo ofiolítico como lo manifiesta Ortega (op. cit.).

Estructuralmente esta unidad se encuentra en posiciones cabalgando a la cubierta sedimentaria, y en otras abajo de las rocas gabroicas, o bien en su posición normal, esto da una idea de la importancia de los fenómenos tectónicos horizontales.

2.3.3.2 Espesor.

Su espesor es aproximadamente de unos 100 a 200 m, ya que no se puede calcular su espesor real por la tectónica que actuó en el área.

2.3.3.3 Ambiente de depósito.

Su medio de depósito corresponde a una zona de apertura oceánica y posteriormente emplazada en la corteza continental por fenómenos tectónicos.

2.3.3.4 Relación con otras formaciones o áreas.

Por el momento no se tienen informes de que afloren este tipo de rocas en el estado de Sinaloa, pero es posible que estén relacionados a los eventos de un intra-arco (como en Japón) y que a su vez estén relacionados con el Arco Sinaloa.

2.3.3.5. Edad relativa o absoluta.

Su edad posiblemente pertenece al Jurásico Tardío-Cretácico Temprano.

2.4 Rocas Sedimentarias.

Estas rocas representan la parte superior de la secuencia ofiolítica y está constituida por dos unidades litológicas. Una basal denominada Unidad Porohui y la superior llamada Unidad Bacurato, esta última se subdivide en este estudio en dos miembros, el primero consiste de tobos granulosos fuertemente silicificados, lutitas y niveles delgados de calizas y el segundo contiene niveles de calizas masivas. Además en Sinaloa de Leyva se observan estructuras primarias como son la marca de huellas de oleaje (ripple marks).

2.4.1. Unidad Porohui (Clap).

A esta unidad se le da el nombre de Unidad Porohui, ya que aflora cerca del rancho del mismo nombre.

2.4.1.1 Descripción litológica.

La unidad Porohui está compuesta principalmente de carbonatos y pedernales finos, contaminados por la influencia de detritos volcánicos de grano muy fino. También se encuentran estratos de radiolaritas, ricos en carbonatos con tobos del Mesozoico (Ortega et al. 1979 con amonitas localizadas en el rancho de La Tepozina (Fotos 13 y 14).

La unidad estructuralmente se encuentra en algunas zonas cabalgando a las rocas básicas y pillow-lavas (Foto 7), pero también se le puede encontrar en contactos normales con estas rocas (Foto 11).

Esta se encuentra plegada intensamente (plegamientos isoclinales de arrastre con ejes N 20 E resacaados hacia el E y foliación plano) se encuentra en la base del cabalgamiento principal (contacto directo con el paraultrama representada por las formaciones neovolcánicas de Porohui). Esta zona se encuentra intensamente tectonizada en su base (contacto de napal) y se torna menos deformada cuando se aleja del contacto de la cabalgadura.

Las relaciones de la Unidad Porohui con la Unidad Bacurato son difíciles de establecer, ya que la Unidad Porohui está sobreyalando tectónicamente a la Unidad Bacurato.

Se encontró una amonita la cual no pudo ser extraída de la roca en que se encontraba (Rojo, 1984) en el área de el rancho La Tepalcates (Fotos 10 y 11), cercano a la orilla del río Sinaloa (Fig. 2). La amonita mide 11 cm de largo por 3.5 cm de ancho con una separación de 4 suturas de 2.6 cm.

La Dra. Alencaaster identificó varios fragmentos de amonitas con ciertas reservas como *Eoscapillites* sp. del Aptiano Tardío o *Parascapillites* sp. del Albiano Temprano, los cuales fueron proporcionados por el Dr. Ortega.

Se realizó un estudio preliminar sobre los niveles de radiolarios (Dávila-Alcocer in Ortega et. al., 1979).

El autor de este estudio le proporcionó tres muestras de pedernal al M.C. Víctor Dávila para que las estudiase con el propósito de realmente saber si existen radiolarios en las muestras. Reportando por el momento que se trata de radiolarios esféricos, cónicos y cilíndricos extraídos de una muestra de pedernal, quedando sólo la cavidad, por lo que se encuentran reemplazados por caliza y no se pueden extraer tratando de eliminar su contenido de carbonatos (Victor Dávila, comunicación personal).

La Unidad Porohui se presenta algunas veces sobre el complejo ofiolítico (Foto 10), otras veces encajonada entre el complejo y la Unidad Escudato y otras al tope del catagamiento principal en contacto con el metavolcánico del Arco Sinaloa (Servais et. al., 1982).

2.4.1.2 Espesor.

Servais (op. cit.) estima que el espesor de esta Unidad puede ser más de 200 m, pero los contactos tectónicos no permiten dar una estimación real.

2.4.1.3 Ambiente de depósito.

Su medio ambiente de depósito es de cuenca marginal, la cual recibió los detritos finos de la secuencia ofiolítica, y esto podría pertenecer a una cuenca intra-arco, como sucede en el Japón, el cual aparte de recibir los detritos volcánicos, recibe los detritos de la corteza continental (Servais comunicación verbal).

2.4.1.4 Relación con otras formaciones o áreas.

Por el momento se relaciona ésta con las áreas de Sinaloa de Leyva (Clark, 1974), Culiacán (Servais op. cit., 1982) y Pericos (Bonneau, 1972), en donde los afloramientos vienen

siendo más pequeños y los espesores más delgados debido posiblemente a un cerramiento de la cuenca oceánica (Fig. 10).

2.4.1.5 Edad relativa o absoluta.

De los fósiles encontrados y que fueron identificados con cierta reserva (Ortega et. al., 1979) se infiere una edad Albiense Temprano-Tardío de las rocas de la unidad Porohuil.

2.4.2 Unidad Bacurato (Ciza y Cizil).

El nombre de la unidad es también informal ya que se encuentra cercana del área de la presa Bacurato y es bastante amplia la extensión donde aflora.

2.4.2.1 Descripción litológica.

La Unidad Bacurato está representada por tobas, grauwacas a menudo silicificadas, pelitas negras, lutitas y calizas, cortadas por diques y mantos andesíticos. Los elementos detriticos de las grauwacas representan probablemente una cuenca pre-arco que se encuentran bastante lejos del dominio magmático y que atrapa los elementos finos que provienen de él.

La cima de la serie Bacurato pasa a niveles de lutitas calcáreas y después a calizas masivas. Esta última secuencia parece que está ligeramente discordante de la serie.

2.4.2.2 Espesor.

El espesor de la Unidad Bacurato es de aproximadamente de más o menos 1.000 m lo que sugiere que se trata de una fosa a lo largo del arco que se estuvo levantando lenta y continuamente durante el Jurásico y Cretácico Temprano, por lo que pasa de una fosa ante-arco a condiciones someras y próximas a la emersión ya que encuentran calizas con ostras y lamelibranchios (Servais et. al., 1982).

2.4.2.3 Ambiente de depósito.

El ambiente de depósito de estas unidades corresponde a una trinchera a lo largo del arco, que lentamente se está levantando, por lo que pasa de una fosa ante-arco a condiciones someras y próximas a la emersión. Se observan fósiles en esta unidad de lo que se piensa que constituyó una tierra positiva al inicio del Cretácico Medio. El carácter de esta enorme

BACURATO



0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

ALISOS



0 100 200 300 400

PERICOS



0 100 200

CULIACAN



0 100



CALIZAS CON OSTREAS



CALIZAS ARRECIFALES



BRECHA PELAGICA DE MATRIZ CALCAREA.



MARAS CALCAREAS



NIVELOS SALINOS PODACEROS



TOBAS CON BANDAS DE PERNAL



BANDAS DE PERNAL, TOBAS SILICIFICADAS Y RADIOLARITAS



TOBAS.



GRAPTOLITOS.



OSTA - AMONITAS



FIG. No. 10

Tomado de Servais g. g. (en preparacion)

UNAM	FAC. DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS COMPARATIVAS DE LAS FORMACIONES BACURATO, ALISOS, PERICOS Y CULIACAN, SIN.	
ROJO YANIZ R.R. - 1990	

generación de detritos de fosa, da una idea del contraste con las formaciones de la cobertura del arco (Fig. 7).

2.4.2.4 Relación con otras formaciones e áreas.

La Unidad Bacurato se relaciona con la cubierta sedimentaria del Arco Sinaloa estudiado en el área de Pericos (Bonneau, 1973), Culiacán (Servais et. al., 1982) y Alisitos (Servais op. cit. y Clark, 1974). Es conveniente mencionar que en Pericos está compuesto de detritos de tamaño medio a gruesos, que pasan gradual y rápidamente a niveles carbonatados de la misma manera que en Alisitos y Culiacán (Fig. 10).

2.4.2.5 Edades relativas o absolutas.

Su edad se encuentra entre el Jurásico y el Cretácico Temprano, ya que existen fósiles pero no se han podido determinar plenamente a causa del tectonismo, que no ha permitido obtener un ejemplar completo, como sucedió en el Rancho de la Tepozina donde se encontró una amonita (Foto 13 y 14) en compañía del Dr. Jaime Roldán Quintana durante el recorrido que se realizó en el norte de Sinaloa en las áreas de estudio. Esta amonita no se pudo obtener totalmente por lo que su investigación no es completamente veraz.

2.5 Batolito de Sinaloa (Igi).

El Batolito Sinaloense se encuentra en gran parte del estado de Sinaloa.

2.5.1 Descripción litológica.

El intrusivo granítico aflora a unos 200 m al noroeste del poblado de Las Lajas, que se encuentra cortando a la Unidad Porohui. En las calizas de la Unidad Porohui no se observan minerales de metamorfismo de contacto, por lo que posiblemente sea de origen sintectónico (Servais et. al., 1982).

2.5.2 Extensión.

El Batolito Sinaloense aflora en gran parte del estado de Sinaloa, Sonora y Nayarit, y se estima que su extensión es de 800 km de longitud por 200 km de ancho aproximadamente, y en algunos lugares aflora bastante bien. Tanto en Sonora como en Sinaloa y en otros lugares se encuentra cubierto por el Volcanismo Terciario.

2.5.3 Ambiente de emplazamiento.

Se cree que esta unidad de roca se haya emplazado como una masa cristalina, relacionada sistemáticamente con la intrusión del magma. Un batolito es un cuerpo intrusivo gigantesco con paredes de inclinación muy acentuadas y sin ningún piso visible (Huang, 1968).

2.5.4 Correlación con otras áreas.

Estas rocas cubren una extensión de 2000 km² aproximadamente. En ocasiones se encuentra cubierto por una delgada sección de derrames basálticos y rocas sedimentarias plásticas. Aflora extensamente en los estados de Sinaloa, Sonora y parte de Nayarit.

2.5.5 Edad relativa o absoluta.

Anderson et. al. (1968), indican que el batolito se emplazó en el Cretácico Tardío y el Terciario Temprano; edades obtenidas por el método de K-Ar a lo largo de la costa de Sonora y Sinaloa indican una antigüedad de 82 a 100 millones de años.

Damon et. al. (1968), hicieron un histograma de todas las edades calculadas por método de K-Ar para las rocas graníticas del oeste de Estados Unidos y que mostró claramente dos distintos periodos de magmatismo granítico. El primero y más antiguo ocurrió entre los 60 y los 80 millones de años y el segundo entre los 20 y los 40 millones de años.

Es notorio que los batolitos sobre tierra mexicana continental son considerados más jóvenes que los de la parte alta de California, cuyas edades fluctúan entre 100 y 120 millones de años (Larsen, et. al., 1958). Por lo que puede tratarse posiblemente entonces de 2 eventos completamente diferentes para el emplazamiento de estos batolitos.

2.6 Terciario Volcánico (Ige).

El Terciario Volcánico es una secuencia que aflora a lo largo de la Sierra Madre Occidental y que pertenece a las provincias fisiográficas de Sierras Altas y está compuesta de rocas andesíticas, riolíticas y tobas.

2.6.1 Descripción litológica.

En el extremo sur occidental afloran ignimbritas de color pardo rosado, compactas, masivas y algunas veces porfíricas. En algunas localidades se tornan arenosas formando estratos.

Estas rocas se ubican a la misma elevación que las calizas de la Unidad Poroná y Pacurato, debido a una falla normal de rumbo NW-SE (Fig. 9).

2.6.2 Espesor.

El espesor de estas rocas es muy variable, ya que puede ir de 500 a 1000 m.

2.6.3 Ambiente de depósito.

Estas rocas están constituidas por riolitas, tobas e ignimbritas, esta unidad forma mesetas generalmente inclinadas, ligeramente hacia el poniente dentro de los límites del estado de Sinaloa. La constitución de estas rocas tiene una estructura fluidal, así como tobas riolíticas en posición horizontal o solamente con ligeras inclinaciones. Es posible que estas rocas fueran emitidas por fisuras.

2.6.4 Relación con otras formaciones o áreas.

De acuerdo con el contexto original de las provincias magmáticas de la Sierra Madre Occidental, esta unidad ha sido ubicada en el Oligoceno Superior-Mioceno Medio, y corresponde al Grupo Volcánico Superior (Lorenz, et. al., 1968).

2.6.5 Edad relativa o absoluta.

Esta unidad ha sido fechada y la edad que se ha obtenido es de 13 millones de años. Estos estudios han sido realizados por el método radiométrico (K-Ar) y el intervalo en que están comprendidos es en la parte superior del Terciario Medio y la inferior del Terciario Superior (Rodríguez y Córdoba, 1978).

2.7 Terciario Conglomerático. Unidad Bacubirito (Clg).

Esta unidad se localiza cerca del poblado de Bacubirito en donde se unen el río Sinaloa y el arroyo de Bacubirito, por lo que se le da el nombre informal a esta secuencia.

2.7.1 Descripción litológica.

Esta unidad está constituida de un espesor considerable de limos, areniscas, areniscas tobáceas y conglomerados con horizontes delgados de piroclastos y en ocasiones con lavas.

La unidad aflora en diferentes zonas del estado de Sinaloa con una litología muy constante, presenta sin embargo diferentes estilos estructurales de una zona a otra, a causa de que algunas zonas están poco deformadas y otras presentan fuertes inclinaciones debido posiblemente al fallamiento (Fig. 9).

Morfológicamente estas zonas representan zonas bajas y ligeramente onduladas.

Es posible que el depósito de estas rocas haya sido controladas por fallas normales de rumbo general NW (Fig. 11).

2.7.2 Espesor.

Se han hecho estimaciones del espesor de esta unidad y se estima que es menor de 100 m. Este espesor se pudo observar en El Fuerte, sobre el río El Fuerte.

2.7.3 Ambiente de depósito.

Esta unidad se formó a partir de la destrucción de las anteriores unidades descritas, formadas conglomeradas, areniscas conglomeráticas y arcosas. Estas se depositaron sobre un sistema de ríos en una etapa de juventud. Ocasionalmente que se depositaran este tipo de sedimentos.

2.7.4 Relación con otras formaciones o áreas.

Esta unidad está cubriendo discordantemente a las unidades más antiguas. Los contactos en el área están cubiertos por gravas y consecuentemente la posición estratigráfica de esta unidad está basada en sus características litológicas (Fig. 9.A).

Las relaciones litológicas con otras áreas son similares, pero principalmente se asemeja bastante a la Formación Mauna, la cual a su vez podría estar relacionada con la Formación Baucarit en el sureste de Sonora (c.f. Dumble, 1969).

2.7.5 Edad relativa o absoluta.

Considerando los datos que se han obtenido de esta unidad, es

probable que estas rocas pertenezcan al Terciario Medio y quizás al Superior, variando de una zona a otra.

2.8 Cuaternario Aluvi6n. Unidad Fio Sinaloa (Al).

A esta unidad se le denomina como Unidad Cuaternaria, Pleistocena de llanura deltaica (Rodríguez y Córdoba, 1978), pero para una mejor descripción se le ha denominado Aluvi6n Cuaternario (Al).

2.8.1 Descripción litológica.

Esta unidad es muy variada y presenta conglomerados constituidos por granulos y guijarros, con crestas redondeadas y subredondeadas. Sedimentos arenosos y arenolimosos, cuarzo feldespático de grano medio a fino de bien a pobremente clasificada (0.25 mm). Con estratificación cruzada, con laminación y sin estructura correspondiente a los niveles naturales (Rodríguez y Córdoba, 1978).

2.8.2 Espesor.

El espesor de esta unidad puede ser de 11 a 20 m cuando mucho de acuerdo a la descripción que dan Rodríguez y Córdoba.

2.8.3 Ambiente de depósito.

Son sedimentos fluviales que constituyeron la llanura deltaica previa a la actual.

Está caracterizada morfológicamente por lomeros de escaso relieve, que son remanentes de la superficie pre-existente y que ha sido erosionada por el río Sinaloa y otros que comprenden el Estado.

2.8.4 Relaciones con otras formaciones o áreas.

Son correlacionables con todos los ríos que constituyen el estado de Sinaloa, como son El Fuerte, El Sinaloa, San Lorenzo, Culiacán y Mororito como los principales afluentes.

2.9.5 Edad relativa o absoluta.

Se infiere que estos depósitos se formaron en el Pleistoceno.

VI. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

En el estado de Sinaloa se pueden reconocer diferentes eventos, los cuales afectan a diversas unidades litológicas y son causa de movimientos tectónicos y estructurales que actuaron en tiempos diferentes.

En las áreas de Mazatlán, El Fuerte y Agua Caliente (Fig. 1), afloran rocas de posible edad paleozoica. En ellas se observan tres diferentes fases de deformación las cuales pueden estar relacionadas a las diferentes orogéneas Nevaditas, Sonora y Cordillerana (Muller, 1976). Estas áreas son similares en su grado metamórfico y todas ellas contienen intercalaciones de rocas ultrabásicas.

Las rocas ultrabásicas paleozoicas del noroeste de México, ponen en evidencia la fase magmática (diabásica y metabásica) del Paleozoico, intercaladas en forma de escamas con sedimentos detritivos del Paleozoico Medio en Mazatlán por ejemplo (Frederick, 1974), las rocas paleozoicas se encuentran cubiertas sobre el cuerpo ultrabásico. Así se observa una falla inversa con rumbo N 30° E y echado de 40° al SW, y no se observan relaciones intrusivas entre las rocas ultrabásicas y paleozoicas, sus contactos son por fallas inversas, por lo que este cuerpo de gneixenitas y gabros puede representar una escama del Complejo Ultrabásico y Básico que se encuentra dislocado tectónicamente e intercalado con los metasedimentos paleozoicos (Servais et al., 1982).

Lo mismo sucede en El Fuerte, ya que los cuerpos ultrabásicos se proyectan sobre una escama tectónica intercalada con metasedimentos paleozoicos que integran una serie metabasáltica y gneixenítica antigua y una serie gruesa metabásica (metabásico y metatobas) (Servais, op. cit.).

Dentro de la serie paleozoica existe un metagranito (Muller, 1976, Servais, op. cit.) y al norte afloran las rocas metabásicas compuestas por una serie metavolcánica gruesa que representa la serie del Arco Sinaloa.

La cuencita sedimentaria se encuentra sobreyaciendo a estas unidades con numerosas fallas inversas de dirección N-30 y recostadas hacia el E. Los plegamientos de arrastre indican la misma dirección.

Al noroeste de Bacurato (Fig. 2), el basemento paleozoico está en contacto con las unidades del Complejo Ofiolítico por una falla de corrimiento con dirección NE-70 de donde se salen a las napas básicas, la zona de cinabala asociada a la falla presenta texturas espásticas. Además, existen algunas fallas inversas, las cuales ponen a las unidades más viejas al descubierto.

En el área de Bacurato existe un gran cabalgamiento sobre las metasedesitas (Unidad Porchui) (Fig. 3), con características ofiolíticas (Unidad Pueblo Viejo) que cabalgó sobre su cobertura pelágica (Unidad Porchui) (fotografía 12), en donde la base del contacto se encuentra más deformada y hacia el centro pasa a ser menos deformada; en su siguiente contacto sucede lo mismo con la deformación de la otra unidad. Estas deformaciones presentan pliegues de arrastre (fotografías 13 y 14), anticlinales, sinclinales, pliegues asimétricos e isoclinales.

Estas unidades (Pueblo Viejo y Porchui) también están cabalgando juntas yuxtapuestas y escamadas, dentro de una formación que representa una cuenca profunda próxima al Arco Sinaloa; se trata entonces de una zona de recesión tectónica de unidades que representan el fondo, la cubierta y la corteza de una cuenca de carácter mesénico superpuestas a una serie de arcos volcánicos.

Las relaciones tectónicas entre las unidades básicas y ultrabásicas son difíciles de determinar, ya que frecuentemente están intercaladas. Esta Unidad (Pueblo Viejo) abarca a los basaltos almohadillados, los cuales están intercalados tectónicamente con las unidades sedimentarias, gábricas y al completo de diques (Fotografías 6 y 7), en donde se encuentran en formas de capas sobre la cubierta sedimentaria pelágica o cabalgando sobre toda la serie sedimentaria de la Unidad Bacurato (Fotografía 10).

La Unidad Porchui está afectada por plegamientos isoclinales de arrastre con ejes N 20° E reclinados al NE y se encuentra bien foliada cuando se localiza en la base del cabalgamiento principal. Este contacto está menos deformado cuando se aleja del contacto de la cabalgadura (Cervantes et. al., 1981) (Foto 12).

Sus relaciones con la Unidad Bacurato son difíciles de establecer (Tabla N. 1), ya que la Unidad Porchui se encuentra generalmente en posición sobre yacente de la Bacurato, por efecto de cabalgamientos, y es posible que al E por efectos de tectónica se encuentre encajonada en la base de la Unidad Bacurato.

Al E del río Sinaloa, la Unidad Bacurato está deformada intensamente y escamada con proporciones del complejo básico y ultrabásico, e igualmente con algunas series adjuntas a las unidades del Arco Sinaloa, donde esta zona representa el frente dislocado de la cabalgadura.

VII. YACIMIENTOS MINERALES.

1. Introducción.

La prospección geológica en estas rocas está orientada a encontrar minerales que pertenecen a la familia de los platinoides, así como níquel, cromo, cobalto y oro. Estos elementos se consideran estratégicos, por la diversidad de usos industriales y su alto valor comercial, aunado a la escasez de yacimientos de este tipo.

Por tanto, es de vital importancia encontrar yacimientos de estos minerales, ya que el país atraviesa por una crisis económica en la que el precio de importación de los mismos, resulta excesivamente alto.

El Consejo de Recursos Minerales ha estado realizando estudios para la búsqueda de estos minerales en las rocas básicas-ultrabásicas con el propósito de encontrar yacimientos económicos tanto en Guerrero como en Sinaloa; pero sucede que los valores que reportó el laboratorio sobre Bacurati resultaron leyes bajas, por lo que se puede considerar el área como una reserva a futuro, realizando estudios más completos para verificar su potencialidad económico-minero.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS PLATINOIDES, CROMO, NIQUEL, ASI COMO SU LOCALIZACION EN DIFERENTES ZONAS DEL MUNDO.

El grupo del platino está compuesto por 6 minerales metálicos estrictamente relacionados y son: platino, paladio, rodio, rutenio, iridio y osmio. Estos minerales existen comúnmente juntos en la naturaleza y son de los elementos metálicos más escasos. Juntamente con el oro y la plata son conocidos como elementos preciosos o metales nobles. Ellos ocurren como aleaciones nativas (Merensky Reef, etc.) o minerales compuestos en depósitos de placer (Colombia), algunas veces asociados con oro y en vetas dentro de rocas básicas y ultrabásicas, donde están comúnmente asociados al níquel y al cobre. El suministro total del mundo de estos metales, es aportado por tres países: La República de Sudáfrica, la U.R.S.S. y Canadá (Jolly, 1980).

CROMO Y NIQUEL.

Del primero, la cromita es el único mineral de interés económico. Existen dos tipos principales de depósitos primarios: 1) Depósitos estratiformes y 2) Depósitos podiformes o lenticulares elongados. Los primeros son a manera de estratos

delgados y continuos en complejos igneos estratificados en las partes centrales de los cratones precámbricos y emplazados por diferenciación magmática durante la primera etapa de formación del manto. Y los segundos, se presentan en forma de lentes de segregación, distribuidos irregularmente en complejos ofiolíticos correspondientes a cuernos asociados a cinturones orogénicos de tipo alpino. Por ejemplo: Bahía Vizcaíno, E.U.S. (Núñez 1980 y Núñez, 1981); Cerro Loma Baya, Gro. (Núñez, et al., 1981 y Ortiz-Hernández, 1984).

Para el níquel, los principales minerales de rendimiento económico son: Pentlandita, nicolita y garnierita, en donde el primero se presenta en forma de sulfuros de níquel principalmente; el segundo como arseniuros en pequeñas cantidades de sulfuros de cobalto y cobre, y el tercero como hidrosulfato de mangnesio y níquel, localizados en depósitos residuales o formando mantos lateríticos.

En Culiacán, se tiene una disseminación de nicolita dentro de una zona de falla, la cual no es económicamente explotable por el momento (Christinger, et al., 1974; Servais, et al., 1981).

Los principales depósitos de níquel en el mundo son precámbricos y se presentan en forma de hills o mantos de sulfuros; pero también se localizan en cuerpos asociados con cinturones orogénicos; cuerpos en zonas más estables (grandes complejos estratificados) raras también en sulfuros de níquel, además de depósitos relacionados con cuernos plutónicos básicos-ultrabásicos (Canadá, Turquía y África). Por reemplazamiento hidrotermal en vetas y finalmente depósitos residuales (lateríticos) en ambientes residuales (Colombia y Rusia).

En Bacurato se tienen disseminaciones de níquel, pero en bajas proporciones; dichas concentraciones no presentan interés económico.

2. Principales Yacimientos de Platino en el Mundo.

El grupo del platino está genéticamente asociado con rocas básicas y ultrabásicas y se presentan como disseminaciones y vetas depositadas en estos dos tipos de rocas. En las rocas básicas, el grupo del platino existe como minerales disseminados consistentes de uno o más elementos del grupo y a su vez vez combinados, usualmente con uno o más de los elementos del azufre, antimonio, arsénico, bismuto y telurio. Los minerales están comúnmente asociados con sulfuros de níquel y cobre. Estos son los principales productos de la minería en Canadá y en la U.R.S.S., y como coproductos en África del Sur (Jolly, 1980).

Los minerales del grupo del platino se encuentran también en depósitos de placer, pero estos se caracterizan por la casi ausencia de paladio y en cambio es común la presencia de oro.

El paladio se encuentra en menor proporción que el platino, rodio y rutenio, que son solubilizados durante la formación del depósito de placer; por tanto al no existir el paladio en el depósito de placer indica que es más maduro o viejo como en el caso de Witwatersand del Sur de Africa. Pero los placeres de importancia económica están en Colombia, Montañas Urales (Rusia) y Africa del Sur, que en conjunto producen el 2 % de la producción mundial (Jolly, 1980).

La clasificación de los depósitos de platino y sulfuros de níquel, según Mالدrett (1981), es:

1. Tipo Merensky.
2. Depósitos hidrotermales.
3. Depósitos dominantes de níquel y cobre.

En Merensky Reef (Africa del Sur), en un dique de piroxenita, de grano grueso, se encuentra en explotación el grupo del platino como principal producto, con cobre, selenio, oro y níquel como coproductos. También se obtiene el esmiridil (aleación nativa del osmio e iridio), que es recobrado en Africa del Sur a partir de cuerpos metálicos de oro como coproducto. El grupo del platino y el oro son coproductos en los depósitos de placer de Colombia y Rusia. En la mayoría de los países productores de platinoides, estos minerales se encuentran como coproductos en las minas de níquel-cobre en Canadá y la U.P.S.S. así como las minas de cobre en Estados Unidos.

3. Principales yacimientos de Cromo y Níquel en el mundo

Ambiente Geológico.

El níquel es uno de los elementos más difundidos en la naturaleza y se estima que es el quinto elemento más abundante en la tierra. El contenido estimado de níquel en la corteza terrestre es de 0.008 % a 0.02 % . Y las rocas que lo contienen son: rocas ígneas ultramáficas (dunitas, peridotitas y piroxenitas), que contienen de 0.1 al 0.3 %, se considera que el contenido promedio en estas rocas es de 0.12 % . Sus concentraciones a otros tipos de rocas son: basalto, gabro, norita y rocas afines 0.018 %; rocas ígneas intermedias: diorita y andesita 0.055 %; rocas ígneas silíceas: granito, riolitas y rocas afines, 0.0008 % y rocas sedimentarias: arcillas y areniscas 0.0095 %.

Tipos de Depósito.

Actualmente los depósitos de sulfuros de níquel son la fuente más importante de ese metal, en cuanto a cantidad y número de depósitos. En 1964 dos distritos de sulfuros en Canadá produjeron el 60 % del total del níquel en el mundo; uno de ellos en el Distrito de Sudbury produjo más o menos la mitad del total de suministros del mundo desde 1905. En años recientes, sin embargo, los yacimientos importantes han sido descubiertos en otras partes del mundo, particularmente en Australia y África del Sur, así como dos grandes yacimientos en Estados Unidos, solo que de leyes muy bajas.

Otros tipos de depósitos, en los cuales el sulfuro (conjuntamente con arseniuros de níquel, cobalto y cobre), ocurren en vetas hidrotermales y han sido encontradas en Canadá y Estados Unidos, pero estos depósitos son pequeños y sin importancia como fuente de níquel.

Otros depósitos importantes de níquel se encuentran en mantos lateríticos conformados por la erosión de peridotitas, dunitas, piroxenitas y serpentinitas, dicha alteración tuvo lugar en la mayoría de los casos en climas tropical y subtropical. La erosión de las peridotitas frescas produce lateritas de silicatos de níquel, en las cuales las garnaritas hidrosilicadas son el principal aportador de níquel. Estos depósitos contienen más del 1.5 % de níquel. Los grandes depósitos de este tipo existen en Nueva Caledonia y los depósitos de medios a grandes ocurren en Cuba, Puerto Rico, República Dominicana, Indonesia, Venezuela, Brasil, Oregon, E.U. y algunas otras partes del mundo. La erosión de las serpentinitas (peridotita serpentinizada), también forma lateritas níquelíferas de hierro, con promedio de 0.9-1.4 % de níquel. Los grandes depósitos medianos a grandes ocurren en Indonesia, la U.R.S.S., oeste de los Estados Unidos, Guatemala y otras localidades.

Investigaciones oceanográficas recientes han revelado la presencia de vastos depósitos, con presencia de níquel y de nódulos de óxidos de manganeso, en pisos oceánicos profundos, particularmente en el Océano Pacífico (Cornwall, 1978).

Depósitos de Sulfuros.

Los depósitos de sulfuros portadores de níquel típicamente, consisten de pirrotita (FeS) y están asociados a pentlandita (Fe, Ni_2S_8) y calcopirita (Cu, FeS_2). muchos de los minerales contienen cantidades menores de platino, cobalto y selenio que son recuperables. Estos depósitos se emplazan dentro o cerca de las peridotitas o intrusiones de noritas. Los sulfuros existen como disseminaciones, cuerpos masivos, vetas o hilillos dentro de las rocas ígneas.

Algunos de estos depósitos masivos contienen fragmentos de la roca huésped. Los cuerpos individuales son normalmente elongados y lenticulares, o como sábanas y están extendidos por varios cientos o miles de pies.

Muchos depósitos ocurren cerca de la base de peridotita o noritas intrusivas, y están particularmente bien formados en huecos locales a lo largo de contactos basales.

Naldrett (1973), propone una clasificación y génesis de los depósitos de sulfuros de níquel, con énfasis en los depósitos de asociación volcánica, en donde clasifica los cuerpos ultramáficos y cuerpos máficos asociados, así como la localización de este tipo de yacimientos.

Depósitos de Cromo.

El mineral de cromo consiste de varios porcentajes de óxidos de cromo, hierro, aluminio y magnesio. La cromita ha sido clasificada dentro de 3 grados generales de asociación con su uso final: metalúrgico, químico y refractario.

El cromo es uno de los elementos más versátiles de la industria moderna. Es de uso amplio para diversos productos como aceros, herramientas, aleación de aceros, materiales térmicos, de corrosión y resistencia, además de otros usos directamente relacionados a la industria química (Moring, et. al., 1980).

El avance tecnológico de la década pasada, permitió que el cromo tuviera un considerable intercambio entre los diferentes grados térmicos, entre ellos sobresale el grado químico, que permitió ser usado en las diferentes industrias. Una clasificación definitiva del cromo es: alto cromo (por su grado metalúrgico), de cromitas que contienen un mínimo del 46 % de óxidos de cromo (Cr_2O_3) y con un cociente alto de cromo a hierro de 2 a 1; cociente alto de hierro/cromo (grado químico) conteniendo del 42 al 46 % de óxido de cromo y con un cociente de cromo-hierro entre 1.5 a 1. Cociente alto de cromo/aluminio (grado de refractario) conteniendo más del 20 % de óxido de aluminio (Al_2O_3) y más del 60 % de Cr_2O_3 (Moring, et. al., 1980).

Los yacimientos de cromita existen como depósitos estratiformes o cuerpos podiformes, en ciertos tipos de rocas ultrabásicas compuestas primeramente de olivino y de piroxeno, o de rocas derivadas de estas. Los depósitos estratiformes de cromita ocurren en capas con diferentes espesores de composición uniforme y se extienden sobre grandes áreas. El Complejo Igneo Bushveld en Transvaal en la República de África del Sur, el Great Dike en Zimbabue y el Stillwater Complex en Montana contienen depósitos de este tipo. Más del 50 % de las reservas mundiales pertenecen a depósitos estratiformes.

Los depósitos de tipo podiforme, en contraste a los estratiformes están caracterizados por formas irregulares lenticulares, tabulares o en forma de vaina. Los rangos de los depósitos podiformes van de pocos gramos a varios millones de toneladas, pero la mayor producción proviene de depósitos que

contienen 100,000 toneladas o más. Los depósitos podiformes típicos se localizan en Turquía, Grecia, las Montañas Urales, en el Área de la costa del Pacífico en los Estados Unidos y sobre algunas islas del Área del Océano Pacífico, particularmente en las Filipinas. Muchos depósitos podiformes son del tipo de alto cromo. Estos son también la única reserva de alto cociente cromo/aluminio.

Los complejos ultramáficos con depósitos estratiformes de cromita que a menudo incluyen zonas con presencia de platino. La cromita está asociada con platino, oro, ilmenita, rutilo, magnetita y zircón en algunos depósitos de placer (Morning et al., 1980).

Otra zona donde se encuentra cromo es en Cuba, en el Área de Moa; durante la Segunda Guerra Mundial se extrajeron 500,000 tons. de cromita refractaria con un promedio de 33 % de Cr₂O₃. Estos yacimientos son un ejemplo de una masa inyectada de cristales con bloques de cromita. Las estructuras primarias se encuentran bien conservadas, algunas se formaron posiblemente durante la consolidación de la masa después de la intrusión, pero hay evidencias fuertes de que la diferenciación de la cromita tuvo lugar a mayores profundidades.

Ejemplos de Mineralización en México y en especial en Sinaloa (Estos cuerpos no son económicamente explotables).

En México se tiene conocimiento de algunas áreas con mineralización de níquel, cromo, cobalto, platinoides, etc., en donde se han realizado estudios con más detalle (Delgado, 1979; Núñez, et. al. 1980; Núñez, et. al., 1981; Núñez, 1981; Servais, et. al., 1981 y Servais, et. al., 1982), con el propósito de obtener un yacimiento económico, que permita en un futuro no muy lejano, reducir la importación de estos minerales estratégicos. En México la mineralización está diseminada para el caso de los platinoides o níquel y en otras ocasiones como el caso del cromo que se encuentra en cuerpos podiformes, donde no se puede tener con certeza la continuidad de la estructura.

En Guerrero se tiene que la mineralización no es económicamente explotable, a consecuencia de la irregularidad del cromo y la ausencia de platinoides o minerales económicos explotables. Sin embargo es posible que se puedan utilizar las peridotitas serpentinizadas (para fundente) en SICARSA (Las Truchas, Mich.) a nivel económico.

En el estado de Sinaloa, también se han hecho estudios sobre la mineralización de platinoides, cromo y níquel, en las diferentes localidades reconocidas anteriormente (Chrisinger, et. al., 1974; Clark, et. al., 1974; Servais, et. al., 1982). Quienes realizaron investigaciones sobre la mineralización de níquel y que posteriormente estas fueron encaminadas a la búsqueda de platinoides y cobalto en últimas fechas por parte del Consejo de Recursos Minerales así como además de su relación

con contenidos de oro.

La mineralización de platinoides en las rocas básicas y en algunas ultrabásicas está diseminada y con leyes bajas por lo que es necesario considerar estos hechos para estudios posteriores, ya que se necesita encontrar las zonas posibles de mineralización o depósitos de placer cercanos a estas rocas (básicas y ultrabásicas), o en depósitos lateríticos como sucede en Colombia y Urales en Rusia.

En Bacurato, por el momento no se ha encontrado la zona peridotítica, la cual podría contener posiblemente valores de platinoides, sulfuros (Ni-Cu) o en su caso oro. Por consiguiente el área no tiene valor económico por el momento.

En todo el estado de Sinaloa donde se han estudiado las rocas básicas-ultrabásicas, se ha encontrado que estas contienen una mineralización diseminada, con promedios bajos y los afloramientos comúnmente son pequeños, y no han podido ser cartografiados.

Es bueno comentar que en la zona donde se unen el río Sinaloa y el arroyo Bacubirito, en los límites del pueblo con el mismo nombre, se han encontrado pepitas de oro sobre el cauce de estos ríos, por lo que sería conveniente realizar estudios para tratar de localizar el origen de este oro o desarrollar un programa intensivo de prospección aluvionar.

VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

En Bacurato se tiene la presencia de un complejo ofiolítico especial, ya que no se observa la secuencia ultrabásica. Es posible que esto se deba a que corresponde a parte de una corteza oceánica joven, a causa de la ausencia de peridotitas. Otra posibilidad es que la zona ultrabásica esté cubierta por las otras unidades y no permiten que afloren las peridotitas, o también es posible que estas rocas hayan sido erosionadas.

Es factible también que se tenga una superposición de una serie de arco insular, ya que se tiene el cabalgamiento de un piso oceánico mesozoico (secuencia de Bacurato) sobre un arco insular volcánico (Ailsos).

Las secuencias básicas y ultrabásicas que comprenden gabros (isotrópicos y bandeados), un complejo de diques, lavas almohadilladas, piroxenitas y anfibolitas, se encuentran tectónicamente sobrepuestas en forma inversa sobre las unidades pelágicas. Las evidencias que apoyan este punto de vista, es que se pueden observar los cuerpos básicos sobre la Unidad Porohui cerca de La Tepezina, así como las lavas andesíticas en contacto tectónico subhorizontal con los sedimentos pelágicos en Las Lajas. Estas lavas pertenecen posiblemente al arco insular volcánico.

Las lavas almohadilladas indican una posición normal, pero es posible que exista una inversión de las unidades causada por los diversos esfuerzos tectónicos del área. La ofiolita de Bacurato representa un ambiente de cuenca antearco, en la que el piso estaba en proceso de inundación.

Es posible que la unidad paleozoica pertenezca a una fase de la orogenia cordillerana y que se extienda desde el norte posiblemente hasta adelante de Sinaloa, cerca de los límites de Nayarit.

Se concluye que la diseminación de platinoides es muy baja y no es posible considerarlo de interés económico por el momento; pero es posible dejarlo como reserva para el futuro, ya que su utilidad puede quedar supeditada a mejores condiciones de mercado o a innovaciones tecnológicas en el beneficio de estos minerales.

RECOMENDACIONES.

Es necesario realizar algunos otros estudios en las rocas sedimentarias, para tratar de conocer mejor el sistema en que se formaron y así poder dar una interpretación de los eventos que sucedieron en el noroeste del México, así como el estudio de microfósiles para poder precisar la historia geológica del área.

Es necesario definir las correlaciones litológicas de la unidad peridotítica si es que existe y si se encuentra relacionada con el área de San Javier de Arriba, así como las unidades paleozoicas que afloran en el área de San José de Gracia y sus posibles relaciones estratigráficas al sur donde está localizado Bacurato para hacer investigaciones mineras a mayor detalle.

También se requieren llevar a cabo prospección aluvionar sobre el oro de placer en el Río Sinaloa (aparte de contener oro de placer en ocasiones se encuentra alio de paladio); comunicación oral del M. C. Ing. Arturo Martín Barajas).

También es necesario muestrear sobre el Terciario conglomerático que se localiza en la parte sur del poblado de Bacubirito, porque es posible que existan posibilidades económicas de encontrar oro en depósitos de placer, ya que las condiciones litológicas se asemejan al área de El Fuerte, Sinaloa, en donde se han hecho pequeños trabajos de exploración a nivel de gambuzinate. Por lo tanto, se recomienda mantener el área para su prospección a futuro para la búsqueda de platinoles, los cuales podrían ser económicos en un futuro no lejano y abocarse a la prospección aurífero-argentífera.

Por último se recomienda realizar estudios de detalle para conocer los eventos tectónicos entre cada unidad en sus contactos a fin de conocer su comportamiento con las diversas orogénias que sucedieron al norte del país y su posible interrelación.

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

- ANDERSON, T.H. and SILVER, L.T., 1969. Reconnaissance Survey of Precambrian Rocks, Northern Sonora, México; Geol. Soc. of America, Ann. Meet., Milwaukee; abs. and programs, Vol. 3, No. 7.
- BONNEAU, M., 1971. Nueva Área Cretácica Fosilífera en Sinaloa; Bol. Soc. Geol. Méx., Vol. 32, No.2 (1969 X 1971).
- 1973. Données nouvelles sur les séries crétacées de la Côte Pacifique du Mexique; Boll. Soc. Geol. Française (7), XIV, p. 55-85.
- 1978. Plano geológico de la hoja San Fernando 13 R-J (s); Univ. Nat. Aut. Méx., Inst. Geología.
- BUTTON, R.M., 1973. Preliminary report on the Culiacan Nickel Prospect, Culiacan Municipality, Sinaloa, Mex.; C.R.N.N.R., report inedit, Arch. tecn. 16 págs.
- CARRILLO, M.M., 1971. Geología de la Hoja San José de Gracia, Sin.; Univ. Nat. Aut. Méx. Tesis Profesional, 54 págs.
- 1978. Plano Geológico de la hoja San José de Gracia, 13 R-g (10); Univ. Nat. Aut. Méx., Inst. Geología, esc. 1:100,000.
- CHRISINGER, D.L. Y CLARK, K.F., 1974. Reconocimiento geoquímico de las áreas de la mina de Culiacán, Municipio de Culiacán, Sinaloa; Arch. Tecn. C.R.N.N.R., reporte de 10 págs.
- CLARK, K.F., 1971. Resume of the geologic of the Sinaloa de Leyva Quadrangle, Sinaloa, Mexico; Univ. Nat. Aut. Méx., Inst. Geología, 34 pages, esc. 1:100,000.
- 1973 a. Nota sobre mineralización de Niquel en Alisitos, Municipio de Badiraguato, Sinaloa; Informe Arch. Tecn. C.R.N.N.R., 15 págs.
- 1973 b. Rocas básicas y ultrabásicas en el Estado de Sinaloa; Memorias de la X Conv. Nat.
- 1973 c. Preliminary report on Las Higueras Molibdenum cooper mine Culiacan Municipality, Sinaloa, Mexico; C.R.N.N.R., Arch. Tecn. report, 16 pages.
- CLARK, K.F., BUTTON, R.M., CHRISINGER, D.L. y PUSTAMANTE, M.A., 1974. Rocas Básicas y Ultrabásicas en el Estado de Sinaloa, relacionadas a yacimientos de níquel; C.R.N.N.R., Arch. Técnico, reporte 19 páginas.
- CORNWALL, H.R., 1978. Nickel; U.S. Geol. Survey, Prof. paper 820, U.S. Mineral Resources, pages 427-442.
- DAMON, P.E., MAUGER, R.L. and PICKERMAN, M., 1966. K-Ar dating of Laramide plutonic and volcanic rocks within the Basin and Range Province of Arizona and Sonora, in the Cretaceous Tertiary Boundary, including volcanic activity; Internal Geol. Cong. 221, India, rep. pl. 3, p. 45-55.
- DE CZERNA, Z. y KENT, B.H., 1961. Mapa geológico de reconocimiento y secciones estructurales de la región de San Blas y El Fuerte, Estados de Sinaloa y Sonora; Univ. Nat. Aut. Méx., Inst. Geología, cartas geológ. y miner. No. 4, esc. 1:100,000.
- DE CZERNA, Z., 1972. Precambrian sedimentation, tectonic and

- magmatism in Mexico; Geol. Rundschau, Vol. 60, p. 1468-1513.
- DELGADO-ARGOTE, L.A.. 1979. Informe de reconocimiento de áreas básicas y ultrabásicas en los Estados de B.C.N., B.C.S., Sinaloa, Tamaulipas, Puebla, Oaxaca, Guerrero y Chiapas; C.R.M. Geia. de Estudios Especiales, Convenio Australiano-Rocas Ultrabásicas, 64 páginas
- DEFRUAN, M., 1981. Geomorfología; Edit. Ariel, S.A., Tambor del Bruc, 10-Sant Joan Despi (Barcelona), 3a. Edición.
- IN: DICKINSON, W.R. and PAYNE, W.D. (Eds), 1981. "Relations of Tectonics to ore deposits in the Southern Cordillera", Arizona Geolog. Society, V. XIV p. 113-136. Dickinson, W.R., Plate Tectonic Evolution of the Southern Cordillera.
- FREDRIKSON, G. 1974. Geology of Mazatlan area, Sinaloa, Western Mexico; Graduate School of the Univ. of Texas in Austin, 209 pages.
- FREDRIKSON, G. RUIZ-BARRAGAN, R., GUTIERREZ-ESTRADA, M. y MALPICA-CRUZ, V.M.. 1977. Plano geológico de la hoja Mazatlán 13 Q-a (6); Univ. Nal. Aut. Méx., Inst. Geología, esc. 1:100,000.
- GARCIA, E., 1973. "Modificaciones del Sistema de Clasificación Climática de Köppen", Ed. Univ. Nal. Aut. Méx., México.
- GONZALEZ-REYNA, J., 1956. Riqueza minera y yacimientos minerales de México; Cong. Geol. Intern. IX, México.
- GUERRA-PENA, F., 1980. Fotogeología; Univ. Nal. Aut. Méx., Cd. Universitaria, México, 29, D.F.
- HENRY, C.D. Y FREDRIKSON, G., 1972. Edades de intrusiones, Sinaloa, México; Mem. IIa. Cong. Soc. Geol. Mexicana, pág. 155-158, resumen.
- HUANG, W.T., 1968. Petrología; Ed. U.T.E.H.A.
- JOLLY, J.H., 1980. Platinum-group metals; Mineral Facts and Problems; Bureau of Mines, Bull. 671, p. 683-705.
- KRIEGER, P. and HAGNER, R., 1943. Gold-nickel mineralization of Alisitos, Sinaloa, Mexico; Amer. Mineralogist, Vol. 28, No. 4, pag. 257-275.
- LANEE, F.H., 1952. Field Geology (Chapter 17, Airplane mapping Applications to geology); McGraw Hill Book Company.
- LARSEN, E.B. Jr., GOTTFRIED, D., JAFFE, H.W. and WARING, C.L., 1958. Lead Alpha ages of the Mesozoic Batholiths of Western North America; U.S. Geol. Survey Bull, 1070-E, p. 35-62.
- MORNING, J.L., MATTHEWS, N.A. and PETEPSEN, E.C., 1980. Chromium; Mineral Facts and Problems, Bureau of Mines, Bull. 671, p. 157-159.
- MULLAN, H.S., 1972. Sierra de Sonobari, Sinaloa Sonora; Univ. Nal. Aut. Méx., Inst. Geología, México, 46 p.
- 1978. Evolution of part of Nevadan Orogen in Southwestern Mexico; Geolog. Soc. Ameri. Bull. V. 89, p. 1175-1188, gis. Augusta.
- NALDRETT, A.J., 1973. Nickel Sulphide deposits- their classification and genesis with special emphasis on deposits of volcanic association; Copyright 1973, by the Canadian Inst. of Mining and Metallurgy, reprinted from Canadian Mining Metallurgy Bull., 66 (939), p. 45-63
- NUNEZ-ESPINAL, J., ROJO-YANIZ, R.R., SALGADO-TERAN, V., SEGURA-GARCIA, L. y CANTERO-AGUILAR, F., 1980. Proyecto Rocas Ultrabásicas; C.R.M. Geia. Estudios Especiales, Depto. Inv. Aplicada, Informe Anual, 74 p., Arch. Técn. C.R.M.

- NUNEZ-ESPINAL, J., 1981. Reconocimiento geológico en algunas localidades ultrabásicas prospectando por Cromo y Niquel en la República Mexicana; Tesis Profesional, Univ. Nat. Aut. Méx.
- NUNEZ-ESPINAL, J., SALGADO-TERAN, V. y SEGUFA-GARCIA, L., 1981. Reconocimiento geológico del área cromífera de Papanca-Petalán, Gro. Revista Geomimet. No. 114, pp. 45-63.
- OLGUIN, O.H.: 1978. Estudio estratigráfico del Cretácico Inferior en el Norte de Sinaloa; Rev. I.M.P. Vol. X, No. 1, pag. 13.
- ORTEGA, G.F., PRIETO, V., ZUNIGA, R. y FLOPES, S.: 1972. Una secuencia volcánica plutónica-sedimentaria cretácica en el norte de Sinaloa. Un complejo ofiolítico? Univ. Nat. Aut. Méx., Inst. Geología, Revista, Vol. 3, No. 1, pag. 1-8.
- ORTIZ-HERNANDEZ, L.E.: 1984. Paragenesis y alteración hidrotermal en el prospect. Cromoniquelífero de Loma Baya. Petalán, Gro.; Revista Geomimet. No. 130, p. 23-43.
- OSWIN, I.O. and CROCKET, J.H.: 1928. Noble metals in Thetford Mines ophiolites, Quebec, Canada. Part I: Distribution of gold, iridium, platinum, and palladium in the ultramafic and gabbroic rocks; Economic Geology, Vol. 77, pp. 1556-1570.
- PARVIS, M.: 1956. Draining pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks; Photogrammetric Engineering, Vol. 16, p.
- ROLDAN-QUINTANA, J.: 1972. Estudio geológico de reconocimiento de la hoja San Blas, Sinaloa en la porción septentrional del Estado de Sinaloa; Inst. Geología, México, 31 p.
- 1974. Plano geológico de la Hoja Veracruz, 12 R-1 (12), en el Estado de Sinaloa, Univ. Nat. Aut. Méx., Inst. Geología, esc. 1:100,000.
- RAISZ, E.: 1969. Clasificación fisiográfica de la República Mexicana; Carta fisiográfica.
- RODRIGUEZ-TORRES, R. y OSORIO, D.A.: 1979. Atlas geológico y evaluación geológica-minera del Estado de Sinaloa; Univ. Nat. Aut. Méx., Inst. Geología y Eria, del Desarrollo Económico del Estado de Sinaloa, Gob. Sinaloa, 202 págs.
- RANGIN, C.: 1976. Le Complexe Ophiolitique de Basse Californie une Paleocrute océanique escalée; Bull. Soc. Geol. France, XVIII No. 8, p. 1677-1685.
- ROJO-YANIZ, R.R.: 1984. Informe de la excursión realizada en El Fuerte, Escuintla, y San José de Gracia, Sinaloa; C.R.M., Depto. Inv. Aplicada, 7 págs., Arch. Téc. C.R.M.
- SERVAIS, M. y ROJO-YANIZ, R.R., 1981. Proyecto Rocas Ultrabásicas; C.R.M. Gcia de Estudios Especiales, Depto. Inv. Aplicada, Informe Anual, 75 p., Arch. Téc. C.R.M.
- SERVAIS, M., ROJO-YANIZ, R.R. y COLLARDO-LIEVANO, D., 1982. Estudio de las Rocas Básicas y Ultrabásicas de Sinaloa y Guanajuato: Postulación de un Paleogolfo de Baja California y de una digitación Tethysiana en México Central; Revista Geomimet. No. 115, Enero-Febrero, pag. 53-72.
- SERVAIS, M., CUEVAS-PEREZ, E. et MONOD, O.: 1984. Reconstitution et evolution mesozoique du Mexique nord occidental. Le long d'une section du Golfo de Cortes a la Sierra Madre Occidental, Les Ophiolites du Sinaloa; Bull. Soc. Geol. Française, XXVI, p. 1556-1570.



Fotografía 1.- Insultos almohadilla-
dos (pillow-lavas) al E del Rancho
de la Gloria, Sinaloa. Se observan en
posición normal.



Fotografía 2.- Insultos almohadilla-
dos (pillow-lavas) localizados al W
del Rancho de la Reposina, Sinaloa. Se
observa su estructura en posición
normal.



Fotografía 3.- Unidad Porohui, carbonatos y peder
nales finos contaminados por detritos volcánicos
de grano fino con niveles de radiolarios.



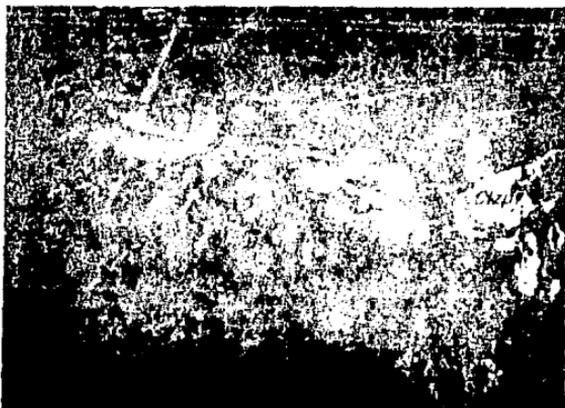
Fotografía 4.- Carbonatos intercala
dos dentro de los basaltos alhóndiga
llados, localizado al E. del rancho
La Gdera, Sin.



Fotografía 8.- Detalle de las hendiduras de carbonatos en los intersticios de las pinnacled-lavas.



Fotografía 9.- Detalle de la hendidura horizontal que pertenece a la Unidad de lavas pinnacled-lavas.



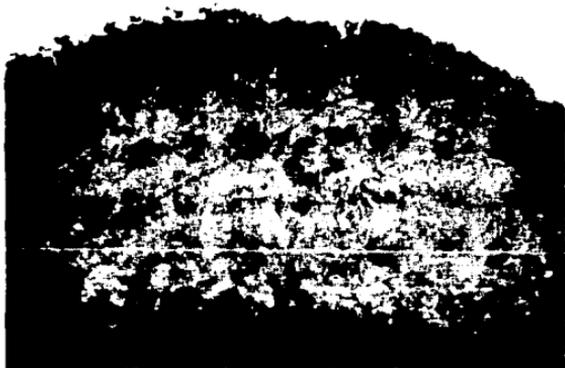
Fotografía 7.- Cubierta sedimentaria sobre el con-
plejo de diques y pillow-lavas en las Lajas, Sinf.



Fotografía 8.- Fall. Inverso (NE. 29°
SW con 49° al SW) centro de la Uni-
dad Bucurato. Con tobas silíceas
das (Olza) con una zona de picunas
(Met).



Fotografía 8.- La Unidad Formosa (1200), sobre las metaisbas y metabasaltas de la Unidad Barahai (1100). Localizadas en el Rancho de Las Lajas, sin.



Fotografía 10.- Vista general de la Unidad Formosa (1200). Sobre las metaisbas y metabasaltas (11) localizadas enfrente de El Rancho de Las Lajas, sin.



Fotografía 11.- Detalle del contacto tectónico entre el grupo básico y la Unidad Sorubí (CSP) bloque alto (a) bloque bajo (b).



Fotografía 12.- Vista del contacto tectónico entre el grupo básico (B) y la Unidad Sorubí (CSP). Aquí se aprecia el cabalgamiento de los gneiss con el sedimentario, bloque alto (a) bloque bajo (b).



Fotografía 17.- Amonita localizada en la Unidad 18, se localiza en la lejovina dentro de carbonatos con polenales finos, contaminados por detritus volcánicos de grano muy fino y con niveles de radiolarios. El tamaño de la amonita es de 14.5 cm de largo por 1.5 cm de ancho.



Fotografía 18.- Detalle de una amonita localizada en la rancharía de La Lejovina. Se puede apreciar las costillas de la amonita, tienen una separación de 4 suturas en 3.0 cm. La amonita se encuentra en estudio para la determinación de su género.



Fotografía 14.- Unidades localizadas dentro de la unidad localizada cerca de la cortada de San Juan, compuestas de las pelotas negras, tobas, gravas y arenas silíceas, niveles de lutitas, etc.



Fotografía 15.- Unidades localizadas dentro de la unidad localizada cerca del túnel de San Juan, compuestas de las pelotas negras, tobas, gravas y arenas silíceas, niveles de lutitas, etc.



Fotografía 17.- Unidad Bacurato. - Obsérvese los pliegues de arrastre de la unidad (Giza), así como parte de los mantos y diques andesíticos (And), éstos se encuentran plegados con la unidad.



Fotografía 18.- Unidad Bacurato, detalle de la deformación de la unidad, aquí se puede apreciar los pequeños pliegues de arrastre con vetillas de cuarzo.



Fotografía 19.- Niveles de piroxenitas localizadas en el rancho de La Moria, donde se ubican más cuerpos básicos.

APENDICE PETROGRAFICO

1. Descripción petrográfica.

Se realizó el estudio petrográfico de varias láminas delgadas del Área, algunas fueron estudiadas por el Dr. Marc Servais, otras por los Ings. Carlos Harper B., Germán Arriaga y Héctor Rodríguez del Consejo de Recursos Minerales, por lo que a continuación se da la descripción de dichas rocas:

Muestra SR-1.

Piroxenita anfibolitizada	(Formación Pueblo Viejo).
Minerales esenciales	Ortopiroxenos. Clinopiroxenos.
Accesorios	Magnetita.
Alteración	Hornblenda verde y marrón.

Muestra SR-2.

Piroxenita anfibolitizada	(Formación Pueblo Viejo).
Minerales esenciales	Clinopiroxenos.
Alteración	Hornblenda. Actinolita.

Muestra SR-3.

Lava almohadillada	(Formación Pueblo Viejo).
Minerales esenciales	Plagioclasa Plúmbica. Vacuola con relleno de calcita.

Muestra SP-4.

Dique dolerítico.	(Formación Pueblo Viejo, complejo de diques).
Minerales esenciales	Plagioclasa An 50

Minerales accesorios	Hornblenda verde.
	Clinopiroxenos.
Minerales de alteración	Epidota.
	Cuarzo secundario.
Muestra SP-5.	
Radiolaritas, sucia con niveles detriticos.	(Unidad Porohui).
Minerales esenciales	Tobáceos y carbonatados.
Muestra SP-6.	
Metabasalto	(Formación Burahui)(Formación del Arco Sinaloa).
Minerales esenciales	Olivino iddingsitizado.
	Clinopiroxeno.
Minerales secundarios	Plagioclasa An 40.
Minerales de alteración	Clorita.
	Epidota.
	Cuarzo.
Muestra SP-7.	
Metatoba	(Formación Burahui)(Formación del Arco Sinaloa).
Minerales esenciales	Plagioclasas An 20.
Minerales accesorios	Hornblenda verde.
	Hornblenda verde-azul.
	Magnetita.
Minerales de alteración	Cuarzo.
	Clorita.
	Micas blancas.
	Esfenas.

Muestra SR-8.

Gabro de Augita (Norita ?)

Textura

Minerales esenciales

Minerales accesorios

Minerales de alteración

(Formación Pueblo Viejo).

Holocristalina hipiomórfica

Labradorita.

Augita.

Hiperstena

Pigeonita.

Magnetita.

Actinolita.

Sericita.

Epidota.

Clorita.

Arcillas.

Muestra SR-9.

Diabasa o dolerita

Textura: ofítica

Minerales esenciales

Minerales accesorios

Minerales de alteración

(Formación Pueblo Viejo).

Holocristalina.

Labradorita andesina.

Augita.

Pigeonita.

Anfiboles

Sericita.

Magnetita.

Clorita.

Muestra SR-10.

Gabro.

Textura: Ofítica

(Formación Pueblo Viejo).

Holocristalina hipiomórfica
de grano medio.

Minerales esenciales

Andesina.

Labradorita.

Minerales accesorios

Augita.

Hiperstena.

Magnetita.

Minerales secundarios

Sericita.

Clorita (pennitita).

Calcita.

Limolita.

Minerales arcillosos.

Origen

Plutónico con alteración hidrotermal.

Muestra SR-11.

Esquistos.

(Roca metamórfica Paleozoico ?)

Textura

Esquistosa.

Mineralogía

Bandas orientadas de calcita, intercaladas con cuarzo.

Hematita.

Feldespatos.

Sericita.

Clorita.

Minerales arcillosos.

Clasificación

Esquisto calcáreo.

Origen

Metamorfismo regional.

Clase química: Calcárea.

Facies: Esquistos verdes.

Muestra SR-12.

Pillow-lavas (Basalto almohadillado)

Textura.	Microlitica porfídica
Minerales esenciales	Labradorita-andesina.
Minerales accesorios.	Olivino alterado.
	Magnetita.
Minerales secundarios.	Hematita.
	Sericita.
	Clorita.
	Minerales arcillosos.
	Iddingsitas.
Clasificación.	Basalto andesítico de olivino alterado (pillow-lavas).
Origen.	extrusivo.

Muestra SR-13.

Diorita de hornblenda.

Textura.	Holocrystalina, hidiomórfica
Minerales esenciales	Oligoclasa andesina
Minerales accesorios.	Hornblenda.
	Magnetita.
Minerales secundarios	Clorita.
	Minerales arcillosos.
	Sericita.
Clasificación.	Diorita de hornblenda
Origen.	Plutónico (intrusivo).

Muestra SR-14.

Caliza arenácea.

Textura.	Epiclástica psammitica-cristalina.
----------	------------------------------------

Mineralogía.

Primarios.

Calcita (espática).

Cuarzo.

Oligoclasa ronzesina.

Radiolarios carbonatados.

Pedernal.

Secundarios.

Minerales secundarios de alteración; sericita, hematita, Minerales arcillosos.

Clasificación.

Caliza arenácea, según Pettijohn (1975).

Origen.

Sedimentario marino de plataforma, ya que consta de algunos fósiles (radiolarios)

Muestra SR-15.

Arenisca.

Textura.

Epiclástica psammitica.

Mineralogía:

Minerales primarios.

Cuarzo.

Oligoclasa-andesina.

Fragmentos de roca.

Magnetita.

Micas alteradas.

Minerales secundarios.

(Alteración): calcita, hematita, minerales arcillosos, sericita, clorita, vidrio y ceniza.

Clasificación.

Arenisca, cuarzo feldespática.

Según Folk (1975):

Grauvaca, cuarzo feldespática.

Origen.

De acuerdo a los fragmentos de roca (tipo plutónico de

composición ácida;
posiblemente sea de tipo
continental.

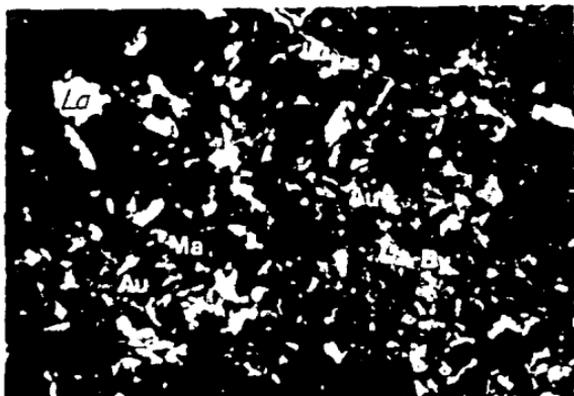


Foto 1.- Aspecto de una delgada, como se aprecia, en la parte superior izquierda, gran cantidad de plagioclasas del tipo de Labradorita-Andersina (La-By), además de las piroxenas del tipo de la Augita (Au) y la Hircostena (Hi). Se puede apreciar en la lámina delgada una pequeña cantidad de Magnetita (Ma), los cuales se encuentran distribuidos en toda la roca. La muestra presenta en parte, una alteración en los ferromagnesianos (epidotización).

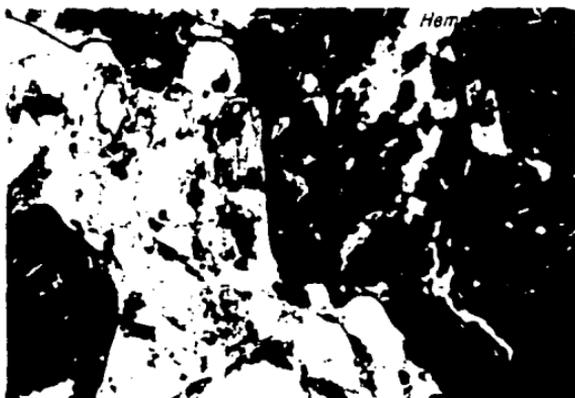


Foto 2.- Aspecto de una pillow-lava delgada (La), en donde se puede ver, en la parte izquierda de la foto, las plagioclasas calciosódicas del tipo Labradorita-Andersina (L-An). En la foto, en la parte derecha e izquierda inferior, se ve el flujo de lava. En la parte superior derecha se ve una vetilla con hematita (Hem).

NOTA: Todas las fotos se tomaron en objetivo ocular 6.3/0.20.



Foto 3.- Aspecto de una pillow-lava básica en donde se pueden ver los feldespatos calco-sódicos del tipo Labradorita-Andesina (L-An). En la parte inferior derecha hay un cristal de olivino totalmente alterado de Iddingsita (Idd). En la parte superior e inferior de la fotografía se puede ver el flujo de lava.



Fotografía 4.- Diorita Normal. En esta fotografía se pueden ver algunos de los cristales de -- Hornblenda (Ho) y Plagioclasas sódico cálcicas como la Andesina (An).



Foto 5.- Diorita normal. En esta fotografía se puede ver la textura (Holocristalina, en cierta forma hipidiomórfica), en donde se pueden observar cristales subhedrales de Hornblenda (Ho) con un crucero típico de dos direcciones. Además se ven las plagioclasas (Andesinas (An)).



Foto 6.- Aspecto de una Diorita normal de Hornblenda (Ho), en donde se ven los anfíboles en una matriz sódico-cálcica de plagioclasas del tipo de la Andesina (An).

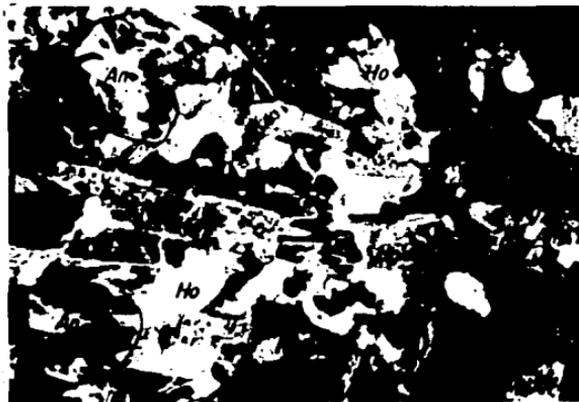


Foto 7.- Aspecto de una Diorita de Hornblenda (Ho) de la cual se ve que tiene un cierto bandeamiento, debido posiblemente al metamorfismo imperante en la zona. También se observa que la matriz es de tipo calcosódica, plagioclasas con andesina (An).



Foto 1.- Aspecto de una muestra de mineralita en la que se ve una textura Holocristalina Albitic-médica. En la parte superior e inferior se concentran cristales subhédricos de plagioclasa de diclo-édrica (Anorthita (An)).



Foto 2.- Aspecto de una muestra en la que presenta grano de calcita espésica (Ca) con matriz muy fina. En la muestra se ven algunos granos Hsemnador de hematita (Hem).

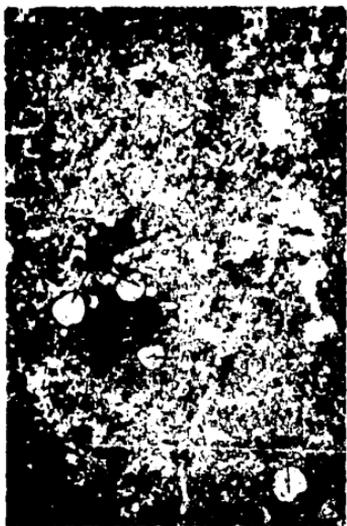


Foto 10.- Aspecto de una caliza arenosa, en la cual se pueden ver algunos radiolarios (rad). La muestra consta principalmente de calcita en sus variedades de micrita y espatita.



Foto 11.- Aspecto de una grauvaca del tipo de grauvaca que consta principalmente de cuarzo (Q), feldspatos (Pla) y Minerales arcillosos, Hematita y Sericita. La muestra presenta un pequeño bandeamiento.

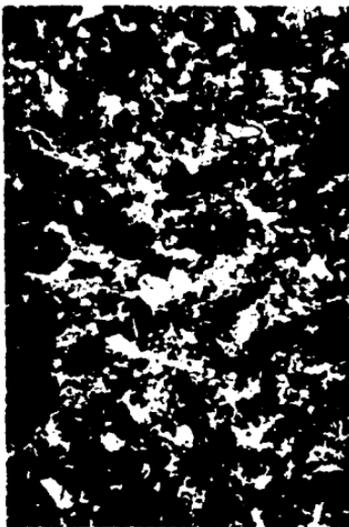


Foto 12.- Aspecto microscópico de una caliza arenisca, (Pettijohn, 1975), en donde se ven cristales de cuarzo (Q3), Plagioclasas (Pla). Toda la muestra consta principalmente de calcita (Cal). Si se observa con cuidado, se ve que hay una ligera orientación - debida posiblemente al tectonismo o al metamorfismo que impera en la zona.



Foto 13.- Aspecto de una caliza arcílica (termino propuesto por Pettijohn, 1975). La muestra consta de cuarzo (Qz) con Calcita (Cal) en toda la matriz, además de Plagioclasas (Pla). Se encuentran granos de Hematita (Hem) diseminada.



Foto 14.- Aspecto de una caliza arenosa con Radiolarios (Rad). Además consta de algunos granos de Calcita (Cal) y granos diseminados de Hematita (Hem).