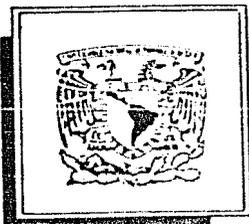


-  Flujo medido en el tiempo
-  Dique
-  Sección estructural medida
-  Columna estructural medida
-  Localidad visitada
-  Localidad visitada y muestreada
-  Localidad con muestra geológica
-  Eje de Anticlinal
-  Eje de Sinclinal

-  Canal
-  Costera
-  Bordo
-  Ferrocarril
-  Banco de material
-  Logo
-  Centro de fotografía aérea línea/foto



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
TRABAJO DE ESCRITO

ESTUDIO GEOLOGICO DEL AREA  
EL FUERTE—LAS ESTACAS,  
SONORA Y SINALOA

RAMIRO FERNANDEZ TURNER

C. U.  
1987



## **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.



Universidad Nacional  
Autónoma

Señor FERNANDEZ TURNER RAMIRO.  
P R E S E N T E.

21.4  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-I-234

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Profesor Ing. Dante J. Morán Zenteno, para que lo desarrolle como Trabajo Escrito o Tesis para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO GEOLOGO.

"ESTUDIO GEOLOGICO DEL AREA EL FUERTE-LAS ESTACAS, ESTADOS DE SONORA Y SINALOA"

INDICE.  
INTRODUCCION.  
I GENERALIDADES.  
II FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA.  
III ESTRATIGRAFIA.  
IV GEOLOGIA ESTRUCTURAL.  
V EVOLUCION TECTONICA Y PALEOGEOGRAFICA.  
VI GEOLOGIA ECONOMICA.  
VII CONCLUSIONES.  
BIBLIOGRAFIA.

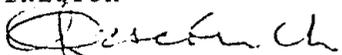
Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la Tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, D.F., a 28 de octubre de 1986.

EL DIRECTOR

  
Dr. Octavio A. Rascón Chávez

OARCH'GCPV'gtg

# INDICE

RESUMEN

INTRODUCCION

I.	GENERALIDADES	1
I.1	PLANO INDICE	2
I.2.	LOCALIZACION Y VIAS DE COMUNICACION	3
I.2.1.	LOCALIZACION	3
I.2.2.	VIAS DE COMUNICACION	3
I.3.	CLIMA Y VEGETACION	6
I.3.1.	CLIMA	6
I.3.2.	VEGETACION	8
I.4.	POBLACION Y CULTURA	10
II.	FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA	11
II.1.	FISIOGRAFIA	12
II.1.1.	PROVINCIAS FISIOGRAFICAS	12
II.1.2.	OROGRAFIA	14
II.1.3.	HIDROGRAFIA	15
II.2.	GEOMORFOLOGIA	16
III.	ESTRATIGRAFIA	18
III.1.	INTRODUCCION	19
III.2.	ROCAS METAMORFICAS	21
III.2.1.	COMPLEJO METAMORFICO	21
III.2.2.	UNIDAD VULCANOSSEDIMENTARIA METAMORFOSEADA	29
III.3.	ROCAS IGNEAS	36
III.3.1.	BATOLITO SINALOA	36
III.3.2.	FORMACION FUERTE	41
III.3.3.	FORMACION HORNILLOS	44

III.4.	ROCAS SEDIMENTARIAS	46
III.4.1.	FORMACION MAUNE	46
III.4.2.	FORMACION TESILA	48
III.4.3.	FORMACION VADO	50
III.4.4.	DEPOSITOS DE TALUD	52
III.4.5.	DEPOSITOS ALUVIALES	52
IV.	GEOLOGIA ESTRUCTURAL	54
IV.1.	INTRODUCCION	55
IV.2.	ESTRUCTURAS DETECTADAS	55
IV.3.	DIAGRAMAS ESTADISTICOS	58
V.	EVOLUCION TECTONICA Y PALEOGEOGRAFICA	64
V.1.	MODELOS GEOLOGICOS	65
VI.	GEOLOGIA ECONOMICA	72
VI.1.	EVALUACION	73
VI.2.	BANCOS DE MATERIAL	73
VI.3.	GEOLOGIA MINERA	74
VI.4.	GEOTECNIA	77
VII.	CONCLUSIONES	79
VII.1.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80

BIBLIOGRAFIA

## R E S U M E N

El presente trabajo consistió en un estudio geológico de la porción norte del Estado de Sinaloa y comprende una área de 1856 Km<sup>2</sup> dentro de la región de El Fuerte. Su acceso es muy variado, debido a la gran cantidad de vías de comunicación existentes, lo que permite con gran facilidad aproximarse a los diferentes rasgos morfológicos e hidrográficos que constituyen parte de la provincia fisiográfica de Sierras Sepultadas.

Dentro del área de estudio se pudieron cartografiar diferentes cuerpos de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, las cuales carecen actualmente de suficientes datos cuantitativos que permitan establecer y definir una correcta correlación. Las rocas metamórficas están representadas primeramente por el Complejo Metamórfico, constituido por una secuencia pelítica y volcánica metamorfoseada e intrusionada por diques pegmatíticos y cuerpos graníticos, cuya edad y origen no ha sido claramente definido, sin embargo en el presente trabajo se exponen algunas hipótesis al respecto. Un segundo paquete de rocas metamórficas denominado Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada, representa con gran probabilidad una secuencia de tipo trasarco, la que se desarrolló durante el Jurásico Superior al Cretácico Inferior y posteriormente estuvo sujeta a diferentes eventos deformativos que provocaron su metamorfosis.

Las rocas ígneas se originaron a partir del emplazamiento de numerosos cuerpos plutónicos y a los diferentes episodios de actividad volcánica, asociados a un régimen de subducción entre placas que dio como resultado intrusiones graníticas y granodioríticas pertenecientes al Batolito Sinaloa de edad Cretácico Superior a Paleoceno y a derrames ignimbriáticos de la Formación Fuerte que cubren grandes extensiones durante el Oli

goceno. El último episodio de actividad ígnea en la zona se llevo a cabo durante el Plioceno - Pleistoceno como pequeños derrames básicos - correspondientes a la Formación Hornillos y son el resultado del emplazamiento de magmas simáticos a través del fracturamiento provocado por un sistema de esfuerzos distensivos relacionados con la apertura del -- Golfo de California. Las unidades sedimentarias del área de estudio corresponden a depósitos continentales derivados de la erosión de las - rocas preexistentes que se formaron del Mioceno al Reciente y están re- presentadas por las Formaciones Maune, Tesila y Vado, así como por depó- sitos de talud y aluviales.

Las relaciones estructurales de la región son muy complejas debido a una sobreposición de eventos tectónicos y a la escases de datos en algu- nas unidades lo cual no permite un control claro de los esfuerzos que ac- tuaron en ellas, sin embargo ciertas tendencias y orientaciones son toma- das de manera general para realizar una interpretación acorde a la infor- mación existente.

Dentro del marco tectónico y paleogeográfico se plantea una de las hipótesis que varios autores proponen de acuerdo a la comparación con - los afloramientos del norte de Sonora. Asimismo se propone una nue- vo modelo geológico con base en las relaciones observadas entre el Com- plejo Metamórfico y la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoscada.

La geología económica para el área de estudio vislumbra un desarro- llo en el aspecto de yacimientos minerales, ya que existen considera- bles obras mineras y zonas con gran potencial económico que actualmente no han sido prospectadas.

## I N T R O D U C C I O N

Al noroeste de la República Mexicana, dentro de la región de El Fuerte Sinaloa, afloran una gran variedad de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. No obstante la existencia de trabajos previos sobre el área, hay una gran divergencia de criterios entre los diferentes autores, debido al conocimiento todavía incipiente sobre la posición estratigráfica y precisa de algunas unidades, así mismo a la existencia de cuerpos con diferente naturaleza petrológica, afectados por distintos tipos de estructuras que en conjunto ofrecen un panorama tectónico complejo.

Además no existe una cartografía que exprese las variaciones laterales de dichos cuerpos.

Todo esto motivo a realizar el presente trabajo geológico, cuyos objetivos principales son: - Llevar a cabo una revisión de la estratigrafía y la estructura tectónica del área. Formular propuestas de evolución tectónica y paleogeográfica basadas en dicha información. Elaborar una cartografía geológica escala 1:50,000 en donde se presenten las relaciones espaciales de los cuerpos de roca reconocidos.

Los antecedentes más importantes del área de estudio los constituyen: el trabajo realizado en 1961 por De Cserna y Kent, quienes publican un mapa geológico de reconocimiento y secciones estructurales de San Blas a El Fuerte, siendo ellos los primeros interesados en esta zona.

Posteriormente, Roldán realiza en 1971 el estudio geológico de reconocimiento de la Hoja Yecorato, en la porción septentrional del Estado de Sinaloa, cubriendo parte del área del presente estudio. Por último, Mullan publica en 1978 un trabajo enfocado a la región de la Sierra San Francisco y los alrededores del poblado El Fuerte, estableciendo re-

laciones entre la deformación del área y la Orogenia Nevadiana.

Con relación al método de trabajo desarrollado, se inició conjuntamente a la recopilación de información, la fotointerpretación geológica en impresiones blanco y negro, a escala 1:50,000, para posteriormente elaborar 2 planos fotogeológicos preliminares.

Durante la etapa de campo se verificó la interpretación fotogeológica así como la precisión de los contactos y la toma de datos estructurales con algunas muestras para un posterior análisis; en la última etapa, se reinterpretó con base en los datos obtenidos durante la etapa de campo, con lo cual se realizaron los mapas geológicos finales, secciones -- estructurales y el análisis al microscopio de algunas muestras, permitiendo así interpretar los resultados y elaborar el presente trabajo.

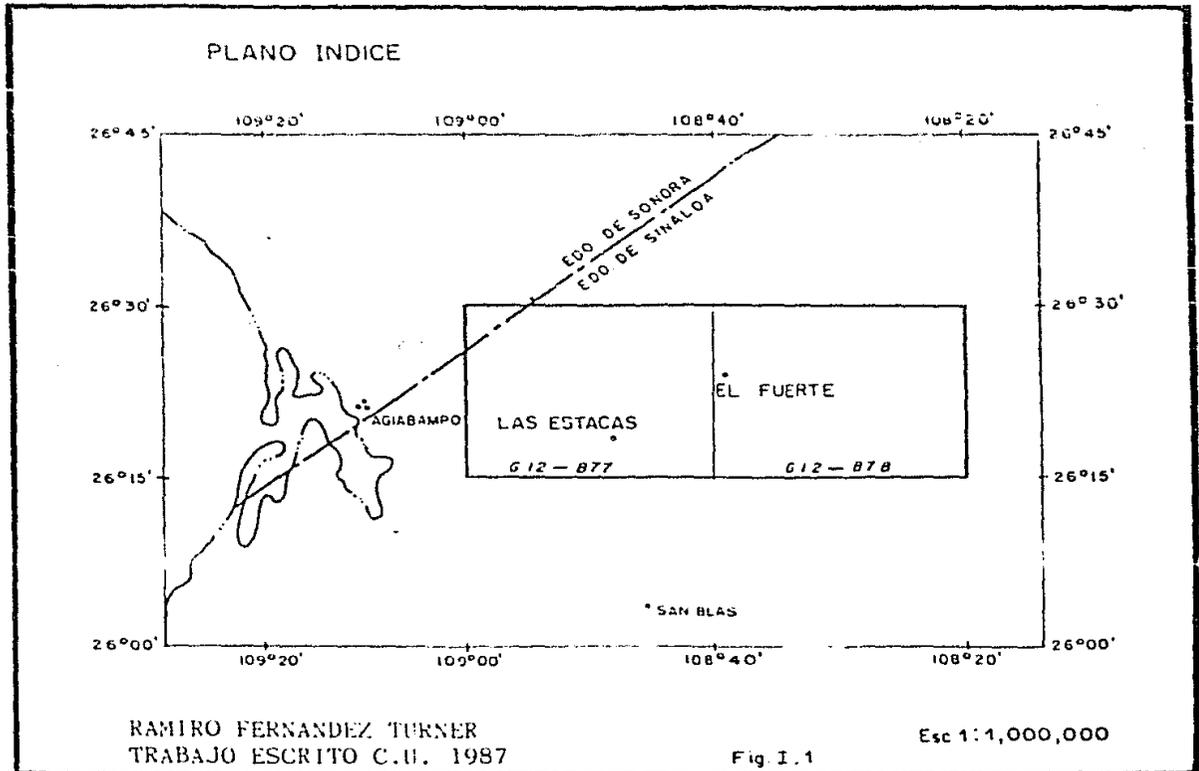
I. GENERALIDADES

1. PLANO INDICE
2. LOCALIZACION Y VIAS DE COMUNICACION
3. CLIMA Y VEGETACION
4. POBLACION Y CULTURA

# I. GENERALIDADES

## I.1 PLANO INDICE

El área de estudio comprende una superficie de 1856 Km<sup>2</sup>, localizada en dos hojas topográficas a escala 1:50,000 dentro de los estados de Sonora y Sinaloa. Ambas hojas son editadas por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática y presentan una distribución E-W sensiblemente perpendicular a la línea de costa (Fig. I.1). Estas hojas abarcan una longitud de 40' y una latitud de 15', según el fraccionamiento internacional de la proyección universal transversa de Mercator y referida al esferoide de Clarke.



## I.2 LOCALIZACION Y VIAS DE COMUNICACION

### I.2.1 LOCALIZACION

El presente estudio corresponde a un área que se ubica al norte del Estado de Sinaloa, a excepción de una pequeña porción al NW de la Hoja Las Estacas, perteneciente al sur del Estado de Sonora.

Presenta una forma rectangular simétrica, dispuesta en sentido este-oeste, delimitada geográficamente por los paralelos  $26^{\circ}30'$  y  $26^{\circ}15'$  de latitud norte y por los meridianos  $108^{\circ}20'$ ,  $108^{\circ}40'$  y  $109^{\circ}00'$  de longitud oeste de Greenwich (Fig. I.2.1 y I.2.2).

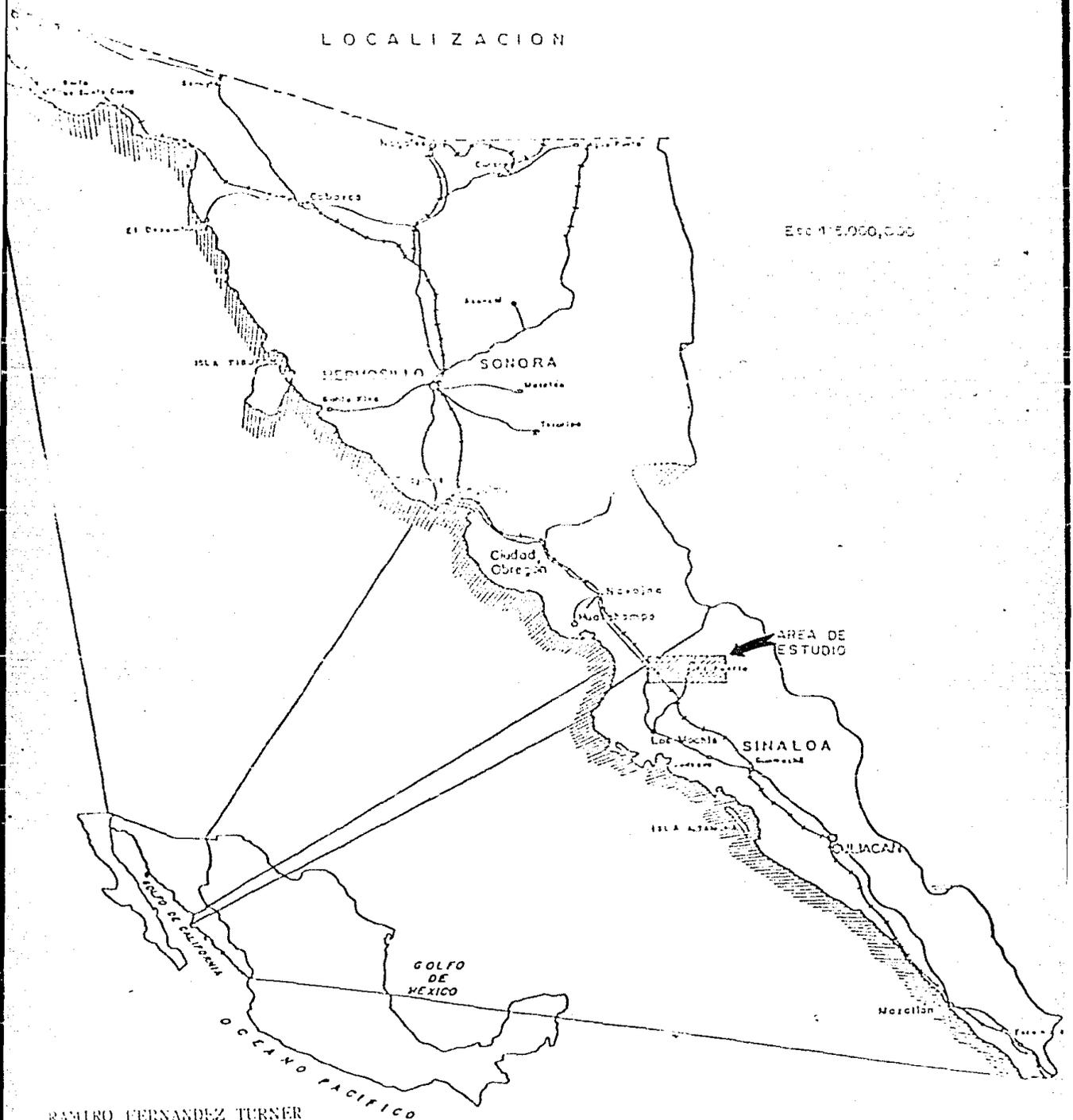
### I.2.2 VIAS DE COMUNICACION

El acceso a la región es muy variado, debido a la gran cantidad de vías de comunicación existentes, tanto terrestres como aéreas, que permiten viajar a diversos sectores de la zona, con gran aproximación a las diferentes sierras y valles que configuran el paisaje del área.

Dentro de las principales vías de comunicación existentes, se encuentran: La carretera estatal No. 23, que comunica a la ciudad de Los Mochis, Sinaloa, con el poblado de El Fuerte, de la cual se desprenden varias terracerías, brechas y veredas a diversos poblados dentro del área.

Por ferrocarril la comunicación se efectúa a través del Chihuahua -- Pacífico, teniendo como estaciones intermedias a Los Mochis, San Blas y El Fuerte. Asimismo, existen en el área 3 aeropistas de terracería localizadas en los poblados El Fuerte, Chinobampo y cerca de la Presa Josefina Ortiz de Domínguez (Fig. I.2.2).

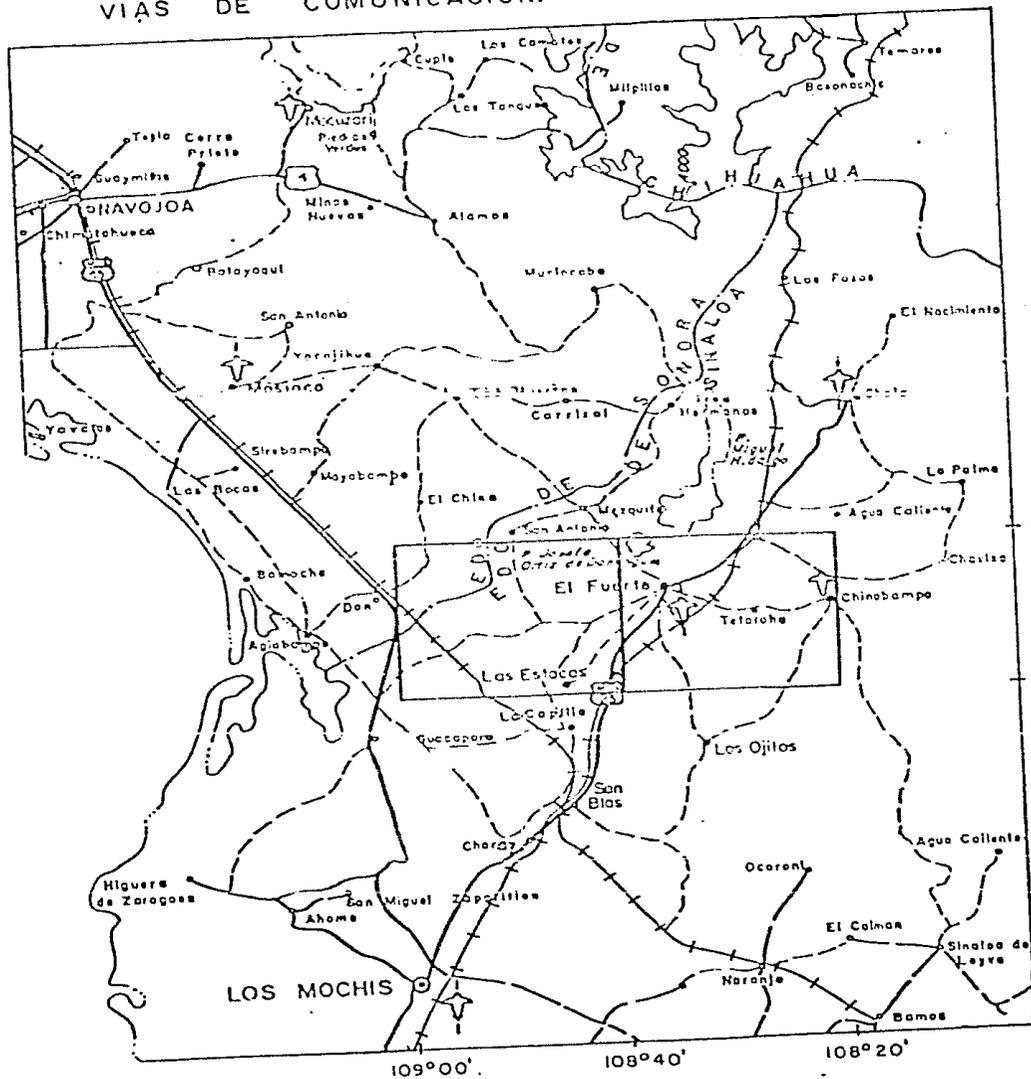
# LOCALIZACION



RAMIRO FERNANDEZ TURNER  
FRABALO ESCRIBO C.U. 1987

Fig. I. 2.1

# VIAS DE COMUNICACION.



## SIMBOLOGIA

Carretera Pavimentada	
Terraceria	
Brecha	
Via Ferrea	
Aeropuerto	
Ciudad	
Poblado	
Limite Estatal	
Area de Estudio	

Esc 1: 1,000,000

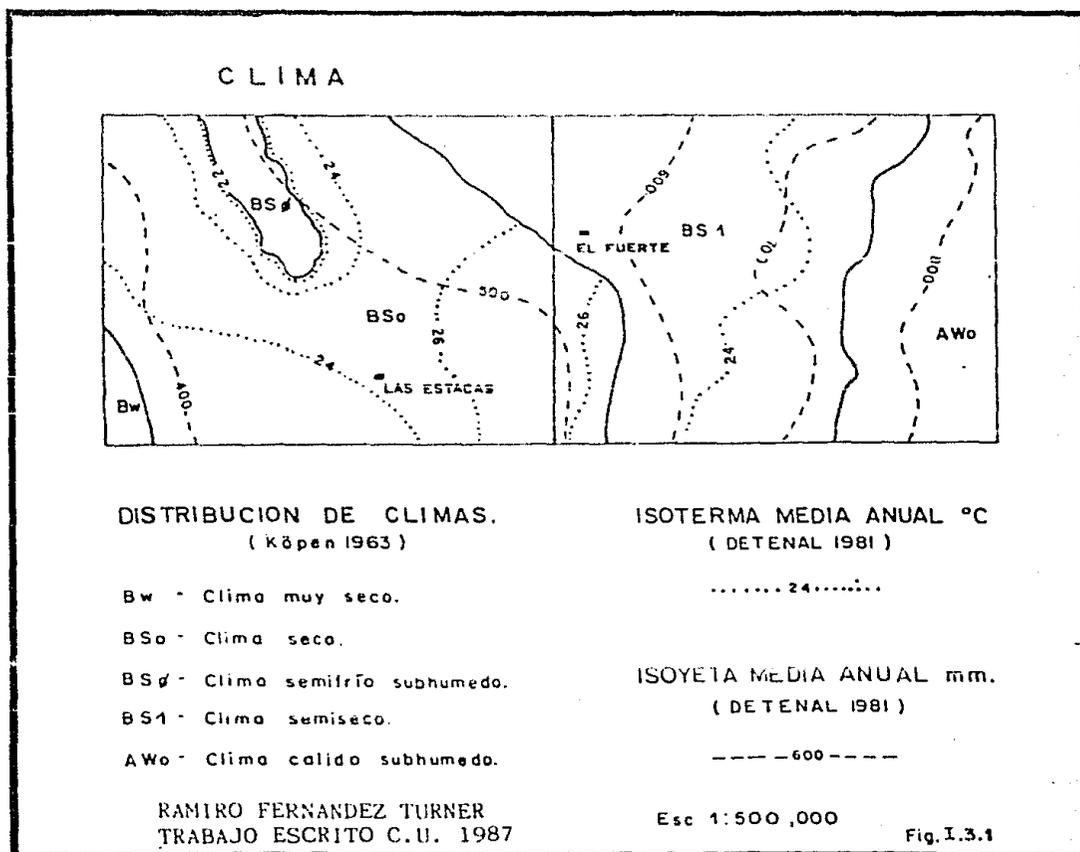
RAMIRO FERNANDEZ TURNER  
TRABAJO ESCRITO C.U. 1987

Fig. I 2.2

### I.3 CLIMA Y VEGETACION

#### I.3.1 CLIMA

De acuerdo con la clasificación sobre climas de E. García (1973), para México, es posible distinguir 5 zonas diferentes dentro del área, todas ellas sensiblemente paralelas a la costa, regidas por su distancia a ella y su expresión topográfica (Fig. I.3.1).



Clima muy seco: Esta zona se distribuye paralela a la costa y en la porción más sur occidental del área y cubre el 1.31% de la misma.

Clima seco: Esta zona es la predominante del área, abarca el 43.42% y se distribuye como una ancha faja de 3 km paralela a la zona anterior y a lo largo de la línea de costa.

Clima semifrío subhúmedo: Este clima se encuentra en forma local regido por un alto relieve, que conforma la sierra de San Francisco y abarca un 2.63% del área total estudiada.

Clima semiseco: Se localiza en la porción media oriental del área y cubre un 37.51% de la misma, distribuida paralela a la zona de clima seco.

Clima cálido subhúmedo: Esta zona se ubica en la porción oriental, abarca el 15.13% del área total estudiada y se presenta en los sectores de mayor relieve sobre las estribaciones de la Sierra Madre Occidental.

Con respecto al régimen pluvial de la zona, la mayoría de las precipitaciones ocurren en el verano, registrándose una precipitación invernal que representa el 5 % y 10 % del total anual.

### I.3.2 VEGETACION

La vegetación que se encuentra es muy variada, debido a las diferentes características topográficas, climáticas, hidrográficas y edafológicas que prevalecen en la región. De este modo podemos distinguir 4 diferentes tipos de vegetación.

**Bosque tropical caducifolio:** Se localiza en la vertiente occidental del estado de Sinaloa, sin penetrar en la planicie costera y se distribuye sobre las laderas con suelos de buen drenaje. Dentro de esta familia se presentan los siguientes:

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
CHUPANDIA	<i>Bursera sp.</i>
TEPEGUAJES	<i>Lysiloma sp.</i>
BONETE	<i>Jacarantia mexicana.</i>
CAZAHUATES	<i>Ipomoea sp.</i>
AMAPOLA	<i>Pseudobambusa palmeri.</i>
COLORIN	<i>Erithayma sp.</i>
POCHOTE	<i>Ceiba sp.</i>
CUERANO	<i>Cordia sp.</i>

**Bosque de encino y pino:** Se desarrollan en porciones con alto relieve topográfico, aunque el primero puede localizarse cercano al nivel del mar. Las dos variedades más comunes de este tipo son:

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
ENCINO	<i>Quercus crassifolia.</i>
PINO	<i>Pinus sp.</i>

**Mezquital:** Su desarrollo se realiza en terrenos con deficiente drenaje y suelos muy profundos, sus especies más comunes son:

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
MESQUITE	<i>Prosopis sp.</i>
HUIZACHES	<i>Acacia sp.</i>
PALO VERDE	<i>Cercidium sp.</i>
PALO FIERRO	<i>Olneya tesota.</i>

Matorral sarcocaula: Se desarrolla en terrenos rocosos y suelos someros siendo las especies más comunes:

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
COPAL	<i>Brisera hindsiana.</i>
TOROTE COLORADO	<i>Bursera microphylla.</i>
TOROTE BLNCO	<i>Bursera odorata.</i>
HIERBA DE BURRO	<i>Ambrosia dumosa.</i>
INCIENSO	<i>Encelia farinosa.</i>
GOBERNADORA	<i>Larrea tridentata</i>
CHOLLA	<i>Apuntia Cholla.</i>
CARDON	<i>Pachycercus pringlei.</i>

#### I.4 POBLACION Y CULTURA

El área de estudio pertenece políticamente al municipio de El Fuerte, Sinaloa, cuya cabecera municipal está en el poblado del mismo nombre.

Dicha población cuenta con todos los servicios públicos, tales como agua potable, alcantarillado, electricidad, clínicas, centros de comunicación y educativos, (primaria, secundaria y bachillerato), bancos y comercios.

De menor importancia y magnitud son los poblados de Niños Héroes de Chapultepec (San Francisco), Chinobampo, Hornillos, Tetaroba, Baroten, Las Estacas y Revolución Mexicana. Estos poblados cuentan con agua potable, electricidad, clínicas rurales, centros educativos, (primaria), comercios y en algunos de ellos telégrafo.

Las principales actividades que se desarrollan en esta área, son: La agricultura de temporal y riego, enfocada al cultivo del maíz, sorgo, frijol, ajonjolí, soya, cacahuate y alfalfa. También, y de igual importancia se realiza la pesca en la Presa Josefa O. de Domínguez, la cual ofrece las especies de agua dulce como: Lobina, Langosta de río y otras.

Otra actividad de importancia pero de carácter local, es la explotación y procesamiento de rocas calcáreas para producir cementos de construcción. Esta labor se lleva a cabo en las cercanías del poblado de Hornillos, en donde existe la materia prima y toda una infraestructura para su transformación.

## II. FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA

### 1. FISIOGRAFIA

### 2. GEOMORFOLOGIA

## II. FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA

### II.1 FISIOGRAFIA

#### II.1.1 PROVINCIAS FISIOGRAFICAS

De acuerdo con la división fisiográfica establecida por E. Raisz (1954), el área del presente estudio se encuentra en la provincia fisiográfica de Sierras Sepultadas, (Buried Ranges), cuyos límites son: al norte y oriente las provincias Desierto de Sonora y la Sierra Madre Occidental, respectivamente; al sur la provincia del Eje Neovolcánico, y al poniente el Golfo de California. Asimismo, dicha provincia ha sido subdividida en dos subprovincias: De los Deltas y Colinas de Piedemonte. (Fig. II.1.1).

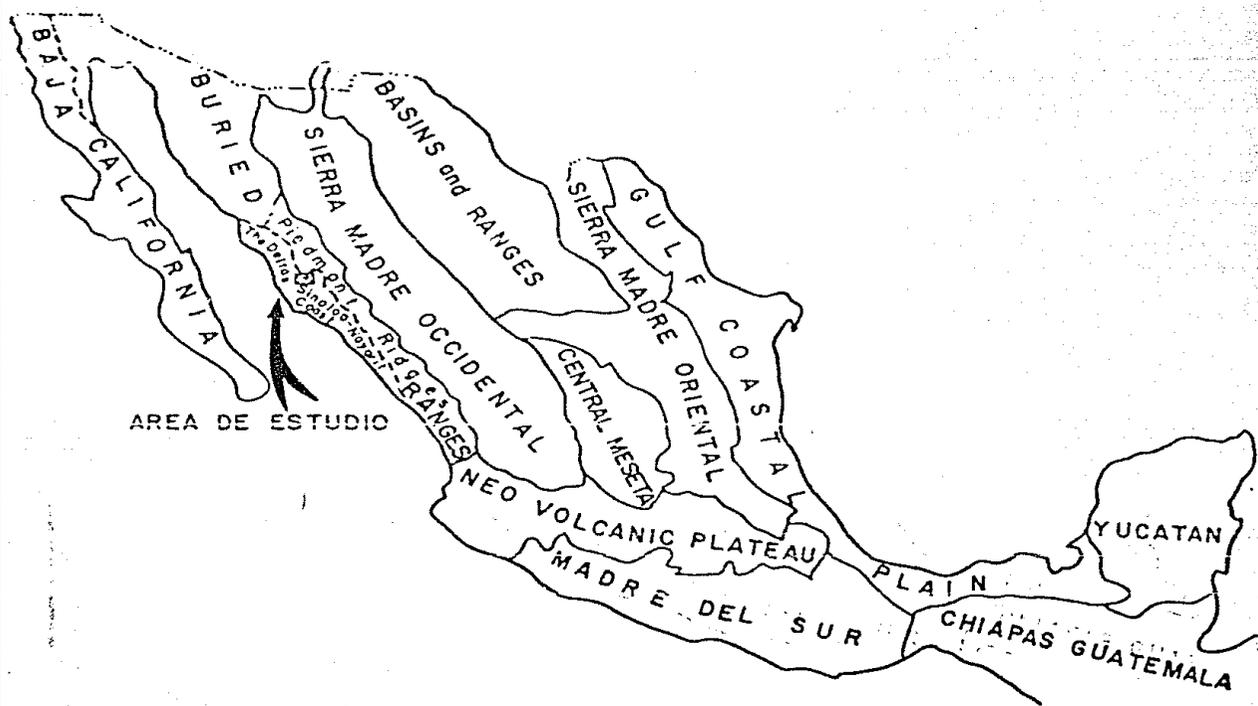
##### Subprovincia de los Deltas.

Se extiende a lo largo de la planicie costera del noroeste de México, dentro de los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit. Se caracteriza por ser una zona donde impera una superficie de penillanuras, con presencia de depósitos deltáicos derivados de los diferentes ríos que desembocan a las aguas del Golfo de California y al Océano Pacífico, tales como el San Lorenzo, Sinaloa, Fuerte, Mayo, Yaqui y otros.

##### Subprovincia de Colinas de Piedemonte.

Corre paralelamente a la Sierra Madre Occidental y cubre la porción meridional del Estado de Sonora, el sector oriental de Sinaloa y la parte septentrional de Nayarit. Su principal característica es el gran número de sierras parcial e irregularmente sepultadas por dendritos,

PROVINCIAS FISIOGRAFICAS DE MEXICO  
ERWIN RAISZ (1964)



provenientes en su mayoría del flanco occidental de la Sierra Madre Occidental.

## II.1.2 OROGRAFIA

Dentro del área de estudio se pueden apreciar varios rasgos orográficos principales, tal es el caso de la zona al poniente del poblado El Fuerte, donde las Sierras Sonobari y San Francisco, configuran una gran cadena montañosa alineada NW-SE, cuya longitud estimada es de 30 Km , presentando cerros de forma y tamaño variables cuyas cimas se elevan a más de 700 m con respecto al nivel medio del terreno y configuran así laderas de pendientes moderadas a altas con valles angostos. Otro rasgo orográfico sobresaliente es sin duda alguna el de la zona suroriental del área, que se caracteriza por un conjunto de cerros alargados y alineados N-S, cuyas cimas forman largas mesetas con bordes escarpados y laderas con altas pendientes que configuran barrancas y cañones sumamente estrechos, con desniveles máximos de 500 m . Esta zona contrasta notablemente hacia el norte, en donde se presentan montañas de forma variable, con cimas semiredondeadas y amplias laderas de pendientes relativamente suaves, en las cuales se han desarrollado grandes valles con desniveles de 100 a 200 m . Finalmente cabe hacer mención que esta zona, al igual que la anterior, se encuentran rodeadas por una serie de lomas alargadas, con cimas redondeadas y pendientes sumamente suaves, cuyos desniveles varían entre los 40 y 60 m , dando lugar a la formación de extensos valles y grandes llanuras.

### II.1.3 HIDROGRAFIA

El área queda comprendida dentro de la cuenca del Río Fuerte, el cual nace en la Sierra de los Tepehuanes; dentro del Estado de Chihuahua, denominándose Río San Miguel. Una vez que pasa al Estado de Sinaloa y se le unen los arroyos Batopilas, Urique, Chinipas y Septentrion, cambia su nombre al de Río Fuerte, que pasa por los poblados El Fuerte y San Blas, con una orientación preferencial NE-SW, para posteriormente cambiar bruscamente su dirección al poniente y así desembocar en las aguas del Golfo de California. Dentro de la zona estudiada, este río es de suma importancia dado que no sólo alimenta directamente a la Presa Miguel Hidalgo (5 Km al norte del área), la cual suministra de energía eléctrica al poblado El Fuerte, sino que también, por ser perene alimentador de numerosos poblados y rancherías. De igual importancia es el Río Alamos (al norte del área), el cual alimenta directamente la Presa Josefa O. de Domínguez, para posteriormente ser desviado por el canal Fuerte-Mayo y así proveer de agua para riego a la región. Finalmente se pueden observar numerosos ríos y arroyos intermitentes, que han dado lugar a la formación de diferentes patrones de drenaje, de tipo dendrítico, en enrejado, rectangular y otros, que son principalmente el reflejo de las diferentes litologías existentes o bien al sistema de fallas y fracturas que imperan en la zona.

## II.2 GEOMORFOLOGIA

La diversidad de eventos geológicos a los que ha estado sujeta el área de estudio, han modelado conjuntamente con los procesos exógenos, los diferentes relieves que actualmente se presentan en la región.

De este modo, se destacan relieves denudatorios, tales como las Sierras San Francisco y Sonobari, que constituyen un complejo metamórfico cuya edad y origen es punto de discusión; sin embargo se considera que éste ha estado sujeto a diferentes eventos tectónicos, orográficos y procesos erosivos, los cuales han configurado una cadena montañosa alineada NW-SE, cuyo drenaje se manifiesta subparalelo en las porciones más altas, siguiendo por lo regular un sistema de fallas y fracturas perpendiculares a su parteaguas y dendrítico, conforme el desnivel disminuye y la pendiente se suaviza. Asimismo, se observa en la porción oriental, un conjunto de cerros y lomas de poca elevación, formados por una gran variedad de rocas ígneas y sedimentarias ligeramente metamorfoseadas, de edad Mesozoica, las cuales fueron plegadas, afalladas y posteriormente intrusionadas por cuerpos plutónicos graníticos, durante el desarrollo de una margen convergente que conjuntamente provocó un nuevo fracturamiento que actualmente se refleja como un sistema de drenaje rectangular que desintegra rápidamente a los cuerpos intrusivos para formar así amplios valles con material arcillo-arenoso.

Dentro de los relieves denudatorios, se presentan al suroriente, extensos derrames ignimbríticos, de composición riolítica pertenecientes al Oligoceno, cuya actividad produjera la formación de grandes mesetas que posteriormente son afectadas por eventos tectónicos distensivos, que provocaron un patrón de fallas y fracturas que se reflejan actualmente

como un sistema de drenaje en enrejado, el cual ha desarrollado grandes barrancas y cañones alineados preferentemente norte-sur. Las formas del relieve acumulativo dentro del área de estudio, están representadas por sedimentos clásticos cuya edad varia del Terciario al Reciente y son el resultado de la erosión y depósito de material procedente de las rocas preexistentes, de este modo se presenta un ambiente fluvial del Mioceno, que se desarrolla en la porción central del área como areniscas finas y gravillentas, que actualmente configuran pequeñas lomas irregulares con drenajes dendríticos. Por otra parte, se observa un conglomerado polimictico que se distribuye al oriente de las Sierras San Francisco y Sonobari, como abanicos aluviales y depósitos de piedemonte que se desarrollaron y acumularon durante el Plioceno y actualmente configuran lomas suaves de poca pendiente cubiertas parcialmente por depósitos de talud del Reciente. Por último, se presentan al occidente del área y en los bordes del Río Fuerte, depósitos del Pleistoceno de areniscas y conglomerados finos que conforman una extensa llanura deltáica y grandes terrazas continentales en las cuales se ha desarrollado un drenaje principalmente dendrítico.

### III. ESTRATIGRAFIA

1. INTRODUCCION
2. ROCAS METAMORFICAS
3. ROCAS IGNEAS
4. ROCAS SEDIMENTARIAS

### III. E S T R A T I G R A F I A

#### III.1 INTRODUCCION

Con el propósito de establecer y revisar las unidades y la columna estratigráfica que representan el área de estudio, se recurrió a la información preexistente sobre la zona tanto de carácter local como regional, para compararla y verificarla durante la etapa de campo. Sin embargo, el establecer una correcta secuencia estratigráfica resulta problemático debido principalmente a que los afloramientos de rocas metamórficas han sufrido un recalentamiento que enmascara su edad, asimismo, algunas unidades ígneas y sedimentarias carecen de datos cuantitativos que permitan establecer su posición precisa en la columna geológica.

Dentro de esta zona se pudieron definir y cartografiar diez unidades diferentes; dos de carácter metamórfico; tres de origen ígneo y las cinco restantes de tipo sedimentario, no obstante, cabe hacer mención que la separación de las dos unidades metamórficas es punto de discusión, pues hay ciertas hipótesis que permiten considerar a estas unidades como una sola, con lo cual el modelo geológico que se propone en el presente trabajo, es más congruente.

Primeramente se describen las unidades metamórficas debido a que posiblemente sean las más antiguas y están representadas por el Complejo Metamórfico cuya edad es incierta y la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoscada con edad tentativa del Jurásico Superior - Cretácico Inferior.

Posteriormente se describen las unidades ígneas, principiando con un cuerpo intrusivo denominado Batolito Sinaloa, cuya edad varía del Cretácico Superior al Paleoceno. Le sobreyacen paquetes ignimbríticos y

derrames básicos pertenecientes a las Formaciones Fuerte y Hornillos de edades Oligoceno y Plioceno-Pleistoceno, respectivamente. Por último se definen las unidades sedimentarias representadas por material continental y pertenecientes a las Formaciones Maune, Tesila y Vado, así como los depósitos de talud y aluviales con edades que varían del Mioceno al Reciente, (ver tabla de correlación).

# TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA

ERA	SISTEMA	SERIE	SIERRA MADRE OCCIDENTAL SONORA KING (1939)	TRABAJO ESCRITO EL CERTE Y ASESTACAS (1987)	HOJA SINALOA CLARR (1970)	HOJA SAN BLAS BOLCAN (1970)	MICROBITO Y SAN FERNANDO M. BUNHEAL (1974)	
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE		ALUVION	ALUVION TALUD	ALUVION	ALUVION	
		PLEISTOCENO			F. VADO		F. LAS BARRAS	
	TERTIARIO	PLIOCENO	F. BAUCARIT		F. HORNILLOS	F. SINALOA		F. BADIQUATO
		MIOCENO		ROCAS VOLCANICAS	F. TESILA	F. HORNILLOS		BASALTO BLANCO
		OLIGOCENO			F. MAUNE	F. MAUNE		ARENISCAS Y TOBAS
		EOCENO			F. FUERTE			ANDESITAS Y TOBAS
		PALEOCENO				COMPLEJO VOLCANICO		ANDESITAS E IGNIMBRITAS BASALES
	MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	MEZCLAS AREAS DE CALIZAS Y LUTITAS METAMORFOSAS				
			INFERIOR	MEZCLAS AREAS DE CALIZAS Y LUTITAS METAMORFOSAS	CALIZAS	UNIDAD VULCANOSEDIMENTARIA METAMORFOSEADA	F. TETAMECHE	F. VUELTA DEL CERRO
		JURASICO	SUPERIOR					
MEDIO								
INFERIOR			F. BARRANCA					
TRIASICO		SUPERIOR						
		MEDIO			COMPLEJO METAMORFICO			
		INFERIOR						
PALEOZOICO		PERMICO		POSIBLEMENTE PRESENTE EN FORMA DE ROCAS CALICHEAS				F. SAN JOSE DE GRACIA
		CARBONIFERO	SUPERIOR					
	INFERIOR							
	MISSISSIPICO	SUPERIOR						
		INFERIOR						
	DEVONIANO		AREAS PALEOZOICAS					
	SILURICO	SUPERIOR						
		INFERIOR		CALIZAS, LUTITAS Y CUARCITAS	CALIZAS, LUTITAS Y CUARCITAS			
ORDOVICICO	SUPERIOR							
	INFERIOR							
CAMBRICO	SUPERIOR							
	INFERIOR		POSIBLEMENTE PRESENTE PERO NO RECONOCIDO					
PRE CAMBRICO	POSTERIOR							
	ANTERIOR					COMPLEJO SONOBANI		

# TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA

ERA	SERIE	SIERRA MADRE OCCIDENTAL SONGRA KING (1959)	HOJA 10094 BILCAN (1970)	TRABAJO ESCRITO EL FUERTE Y ASESTACAS (1987)	HOJA SINALOA CLARA (1970)	HOJA SAN BLAS BOLDAN (1970)	MOCQUITO Y SAN FERNANDO M. B. NEAQUIM	HOJA TILMATE BOLDAN (1970)
	RECIENTE		ALUVION	ALUVION TALUD	ALUVION	ALUVION	ALUVION	ALUVION
	PLEISTOCENO			F. VADO	F. SINALOA		F. BADRAGUATO	F. VADO
	PLIOCENO	F. BAUCARIT		F. HORNILLOS				
	MIOCENO		ROCAS VOLCANICAS	F. YESILA	F. HORNILLOS		BASALTO BLANCO	F. SINALOA
	OLIGOCENO			F. MAUNE	F. MAUNE	F. MAUNE	ARENISCAS Y TORBAS	F. MAUNE
	EOCENO	ROCAS VOLCANICAS		F. FUERTE			ANDESITICAS Y ROLITICAS	F. FUERTE
	PALEOCENO		ROCAS VOLCANICAS	BATOLITO SINALOA	COMPLEJO VOLCANICO	F. FUERTE	ANDESITAS E GIMBRITAS BASALES	F. FUERTE TERC. SUPERIOR
	SUPERIOR	MODERADAS AREAS DE CALIZAS Y LUTITAS METAMORFIZADAS				ANDESITA SAN MIGUEL		F. SAN BLAS
	INFERIOR	F. POTRERO FILITE CALIZAS, LUTITAS, ARENISCAS VOLCANICAS, LUTITAS, CALIZAS Y LUTITAS	CALIZAS	UNIDAD VULCANOSEDIMENTARIA METAMORFOSEADA	F. TETAMECHE		F. VUELTA DEL CERRO	CALIZAS ROCAS VOLCANICAS METAMORFOSADAS
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR	F. BARRANCA						
	SUPERIOR			COMPLEJO METAMORFICO				
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR	POSIBLEMENTE PRESENTE EN FORMAS DE ROCAS CALCAREAS	PROBABLEMENTE PRESENTE EN FORMAS DE ROCAS CALCAREAS				F. SAN JOSE DE GRACIA	
	INFERIOR	POSIBLEMENTE PRESENTE EN FORMAS DE ROCAS CALCAREAS					COMP. AGUAJE	
	SUPERIOR	POSIBLEMENTE PRESENTE PERO NO RECONOCIDO						
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							
	INFERIOR							
	SUPERIOR							
	MEDIO							

## III.2 ROCAS METAMORFICAS

### III.2.1 COMPLEJO METAMORFICO

#### Definición.

Fué descrito originalmente por De Cserna y Kent (1961), como Complejo Sonobari, durante su trabajo de reconocimiento y seccionamiento estructural, en la zona de San Blas - El Fuerte. El nombre fué tomado de la Sierra Sonobari ubicada al noroccidente del área de estudio.

Incluye a dos unidades de rocas metamórficas: una de alto grado en las Sierras San Francisco - Sonobari, y la otra de bajo grado que aflora en las cercanías de la Presa Miguel Hidalgo. Posteriormente, Mullan (1978) propone abandonar el término de Complejo Sonobari por dicha diferencia, y establece a la unidad de alto grado de metamorfismo el nombre de Gneiss Francisco. Finalmente, para el presente estudio se utiliza informalmente la denominación de Complejo Metamórfico para el paquete de rocas que afloran únicamente en las Sierras San Francisco - Sonobari, - las cuales presentan ciertas diferencias estructurales, litológicas y de grado de metamorfismo que permiten separarlas del resto de los cuerpos de rocas metamórficas, y así poder contar con mayor libertad para su comparación e interpretación en relación a las hipótesis de otros autores.

#### Distribución

Este complejo aflora en forma aislada en el sector occidental del área, formando una cadena montañosa alineada en dirección NNW, la cual de limita al valle del Río Fuerte con la planicie costera del Pacífico; di-

cha cadena la constituyen la Sierra San Francisco y la Sierra Sonobari, que en conjunto abarcan una área de  $125 \text{ Km}^2$ . Dentro de este complejo solamente se pudo medir una columna estructural de 77m, por lo cual se desconoce actualmente el espesor real del mismo.

#### Litología.

El Complejo Metamórfico está constituido por anfibolitas, esquistos de biotita, esquistos de epidota-hornblenda y metandesitas, todo este paquete se encuentra intensamente plegado, afallado y en algunos sectores intrusionado por diques pegmatíticos y dioritas cataclásticas.

Anfibolitas: Rocas de color verde oscuro al fresco que intemperizan a tonos pardos, presentan una textura anisotrópica. Los minerales observados en muestra de mano son: anfíboles, feldespatos y cuarzo, este último en ocasiones forma lentes y bandas concordantes y discordantes a la foliación, con espesores de 2 a 30cm; estructuralmente este paquete de roca presenta un patrón de fracturamiento vertical acompañado de una serie de pliegues complejos. Se analizaron al microscopio las muestras A- 42( 13) y A- 42 ( 17), ambas colectadas del camino a la torre de microondas en la Sierra San Francisco, (Hoja Las Estacas); presentan una textura lepidoblástica con minerales de hornblenda, oligoclasa, cuarzo, biotita, apatito, esfena, sulfuros y escasa epidota. La roca pertenece a un metamorfismo regional de la facies de anfibolita (Miyashiro, 1961) y clase química básica, con base en lo anterior y por ausencia del granate y la homogeneidad en los afloramientos, podemos suponer que la roca premetamórfica pudo ser una ígnea extrusiva básica.

Esquistos de Biotita: Rocas de color pardo oscuro al fresco que intemperizan en tonos ocres, con textura foliada fina y consistencia semi-

compacta; mineralógicamente se observa biotita, sericita, cuarzo y feldespatos; estructuralmente presenta una gran abundancia de pequeños pliegues disarmónicos desplazados por un fracturamiento subvertical y una gran variedad de vetas y vetillas de cuarzo intercaladas a la foliación.

Se analizó al microscopio la muestra A-42 (6), colectada en el camino a la torre de microondas en la Sierra San Francisco (Hoja Las Estacas y columna estructural B-B'). Tiene una textura lepidoblástica y minerales de biotita roja, sericita, cuarzo, oligoclasa-andesina, clorita, apatito, epidota, hematita y probablemente cordierita. Con base en el contenido de biotita roja, se considera a esta roca de la facie anfíbolita (Miyashiro, 1961), perteneciente a un metamorfismo regional con clase química pelítica, por lo que se infiere al protolito como una secuencia sedimentaria pelítica.

Esquistos de Epidota-Hornblenda: Rocas de color gris oscuro que intemperizan a verde oscuro, presentan una textura foliada fina y consistencia compacta; en muestra de mano se observaron minerales de hornblenda, epidota y plagioclasas; estructuralmente este paquete de rocas se presenta fracturado y plegado sin una orientación preferencial. Se analizó al microscopio la muestra D-162 colectada de la porción oriental de la Sierra San Francisco, entre los poblados El Veintiuno y La Noria, (Hoja Las Estacas), presenta una textura nematoblástica con una asociación mineralógica de hornblenda, epidota, plagioclasas, apatito y cuarzo.

Esta roca se asocia a un metamorfismo regional de la facies de esquistos verdes-anfíbolita (Miyashiro 1961), con clase química básica, por lo que suponemos a la roca premetamórfica de origen ígneo extrusivo básico.

Metandesitas: Rocas de color gris claro que intemperizan a tonos de verde, su textura es relicta y su consistencia compacta; macroscópicamen

te se observan minerales de epidota, cuarzo, clorita, feldespatos y algunos óxidos de titanio; estructuralmente presentan un patrón de fracturamiento subvertical y un plegamiento caótico. Se analizó al microscopio la muestra L-141 colectada en el Cerro Macochín, dentro de la Sierra Sonobari (Hoja Las Estacas). Su textura porfidoblástica presenta minerales de epidota, actinolita, clorita, cuarzo, plagioclasas, esfena y óxidos de titanio. Esta roca se asocia a un metamorfismo regional de la facies esquistos verdes (Miyashiro 1961), de clase química básica, por lo que se infiere que el protolito de esta roca sea una ígnea extrusiva de tipo intermedio.

Diques Pegmatíticos: Rocas intrusivas de color blanco al fresco que intemperizan a pardo claro, presentan una textura pegmatítica con desarrollo de grandes cristales de feldespatos, cuarzo y micas; se observó que este desarrollo es menor conforme se aproximan a sus bordes del contacto, su consistencia es compacta y estructuralmente forman cuerpos tabulares concordantes y discordantes a la foliación. Estos cuerpos se observaron principalmente asociados a las anfibolitas y los esquistos de biotita, y han sido considerados por Fredrikson (1971), de dos tipos: de inyección, con dimensiones de centímetros a más de dos metros, y de remplazamiento, los cuales por lo regular siguen la dirección de la foliación con dimensiones de milímetros a unos cuantos centímetros; cabe señalar que estos últimos son más escasos.

Dioritas cataclásticas: Rocas de color gris claro que intemperizan a tonos de verde oscuro, presentan una textura relicto y consistencia semicomcompacta a compacta; mineralógicamente se observa cuarzo, plagioclasas, clorita, calcita y sericita; estructuralmente estos cuerpos presentan un fracturamiento irregular pero abundante. Se analizaron al microscopio

las muestras D-94, D-95, D-262 y L-142, todas ellas colectadas de la porción centro y sur de las Sierras San Francisco-Sonobari (Hoja Las Estacas) su textura es cataclástica y presenta minerales de cuarzo, oligoclasa, andesina, clorita, sericita, apatito, actinolita, calcita, esfena, epidota y hematita. Estas rocas se asocian a un metamorfismo dinámico de la facies de esquistos verdes con clase química básica. Probablemente el protolito sea una roca ígnea intrusiva de tipo intermedio, sujeta a un proceso de deformación mecánico de moderada profundidad.

#### Relaciones Estratigráficas.

Las relaciones entre los cuerpos que forman el Complejo Metamórfico no son muy claras, debido a la complejidad misma de los afloramientos y a la escasa densidad de datos colectados en esta zona, sin embargo, en el presente estudio se considera de manera tentativa, y únicamente por distribución de los tipos petrológicos observados, un zoneamiento metamórfico en donde los diques pegmatíticos, las anfibolitas y los esquistos de biotita ocupan la porción más profunda del complejo, sobreyacidos por los esquistos de hornblenda-epidota y finalmente en la cima las rocas metavolcánicas y los cuerpos intrusivos.

De manera regional dentro del área de estudio las relaciones estratigráficas del Complejo Metamórfico con rocas más antiguas no se observan ya que no aflora el contacto con la roca subyacente. Mullan (1978), consideró a este complejo como el basamento Precámbrico de la región, aunque esta proposición será posteriormente considerada. En cuanto a las rocas que le sobreyacen se observó claramente que éstas son ígneas y sedimentarias, de edades que varían del Terciario al Reciente, y presentan todas ellas un contacto discordante.

Por otra parte, las relaciones entre el Complejo Metamórfico y las rocas de la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada (descrita posteriormente), es incierta, pues no se observa una continuidad en los afloramientos que permita considerar claramente a ambas unidades como una sola. Asimismo, no hay fechamientos confiables dentro del complejo que indiquen y establezcan una correcta correlación; sin embargo, si se consideran únicamente las relaciones petrológicas observadas en el presente estudio, donde el Complejo Metamórfico exhibe un zonamiento metamórfico desde la facies de anfibolita hasta la de esquistos verdes, donde de ésta última es correlacionable con la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada, así como la comunión de algunas rocas, lo que permite inferir a estas dos unidades como parte de un solo complejo, en cuyo caso las rocas del Complejo Metamórfico formarían parte de la zona más profunda del mismo.

#### Edad y Correlación.

Con respecto a la edad del Complejo Metamórfico, ésta no ha sido definida, puesto que no existen hasta ahora fechamientos confiables absolutos que permitan establecer su edad precisa. Por tal motivo, algunos autores proponen una edad con base en relaciones con las rocas metamórficas aflorantes en el norte de Sonora, datadas por Anderson y Silver (1970).

De Cserna y Kent (1961), establecen la edad con base en las relaciones litoestratigráficas observadas en Sonora por King (1939), en donde ninguna unidad Mesozoica exhibe metamorfismo regional, ni existe una secuencia fosilífera Paleozoica que lo sobreyazca, por lo que se clasificaría como Precámbrico. Ambos autores prefieren considerarlo Paleozoi-

co. Sin embargo, esta proposición debe tomarse con ciertas reservas, ya que el Paleozoico del norte de Sonora se caracteriza principalmente por calizas, lutitas y areniscas pobremente deformadas, mientras que en el área de estudio se presentan fuertes deformaciones y diferente litología, lo cual contrasta notablemente con la proposición anterior.

Fredrikson (1971), menciona que la edad del Complejo Metamórfico es desconocida, pero basado en los datos obtenidos por Anderson y Silver (1970), cuyo fechamiento por U-Pb en zircones de una roca metamórfica recolectada a 50 Km al norte de Hermosillo Son., dió una edad Precámbrico, por lo que establece que ésta puede ser correlacionable con dicho complejo. De igual forma, Mullan (1978) consideró que la edad del complejo puede ser más vieja que Paleozoico Inferior, debido a que los principales afloramientos de rocas del basamento más cercanos, están en Altar Sonora, cuya datación realizada por Anderson y Silver (1970), dió como resultado 1,700 Ma, por lo que dicho autor propone que una edad anterior a ésta es completamente posible. No obstante, al considerar estas proposiciones se extendería notablemente el Cratón Precámbrico de Norteamérica a México, hasta zonas que no han sido claramente definidas y además habría en todo caso que explicar la ausencia del paquete Paleozoico en el área de estudio, por medio de un no depósito o erosión.

Con respecto a dataciones realizadas dentro del Complejo Metamórfico, Fredrikson (1971), obtuvo por el método de K-Ar en micas y hornblendas resultados correspondientes al Mioceno para las micas y de 60 Ma para las hornblendas, los cuales interpretó como las últimas etapas de recalentamiento asociados a los eventos magmáticos e intrusivos de la Sierra Madre Occidental.

Finalmente, en este trabajo se considera que la edad del Complejo Me

metamórfico puede ser establecida tentativamente como Mesozoica, debido únicamente a las relaciones petrológicas entre este complejo y la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoscada, en cuyo caso se explicaría la ausencia de las rocas Paleozoicas en el área de estudio y así quedaría más acorde con el modelo geológico de un arco magmático, el cual se propone posteriormente.

#### Origen.

En cuanto al origen del complejo se han formulado diversas hipótesis, debido a la complejidad misma de éste y a la falta de datos, así como un estudio detallado de la unidad, sin embargo se hacen en el presente trabajo algunas propuestas para explicar su origen. Primeramente De Cserna (1971) y Fredrikson (1971), proponen un origen relacionado con un prisma sedimentario del Precámbrico asociado a un antiguo eugeosinclinal de hace 1,700 Ma . el cual se extendía a México por el NNW y rodeaba a un Cratón Precámbrico aún más antiguo. Esta opinión es también compartida por Anderson (1978) para el origen de las rocas metamórficas del norte de Sonora y propone una fase de deformación representada por una orogenia correlacionable a la Matzatzal, definida en Arizona central por Eldred Wilson (1939), la cual actuó durante los 1,625 y 1,680 Ma , produciendo la deformación y anatexis en las rocas. Posteriormente entre los 1,410 y 1,440 Ma , son intrusionadas por numerosos cuerpos graníticos.

Otra posibilidad para explicar el origen del Complejo Metamórfico, si éste es considerado Precámbrico, puede ser el de un cuerpo alóctono transportado del sur de la República Mexicana durante el Mesozoico, de acuerdo con el mecanismo propuesto por Beck (1981), en el cual una sub--

duccion oblicua de las Placas Farallón y Kula a la Norteamericana, provocan el desprendimiento de masas rocosas que son arrastradas a lo largo de la margen continental hacia el norte.

Finalmente, un origen asociado a zonas profundas de un arco magmático es propuesto en el presente trabajo, considerando su desarrollo en la margen convergente de las Placas Farallón y Norteamericana durante el Mesozoico, provocando así una secuencia vulcanosedimentaria que posteriormente es metamorfoseada e intrusionada por diversos eventos tectónicos que actuaron en la región. No obstante esta hipótesis al igual que las anteriores, carecen actualmente de muchos datos, por lo que deben considerarse con ciertas reservas, pero no se descarta la posibilidad de que alguna de ellas ciertamente lo sea.

### III.2.2 UNIDAD VULCANOSSEDIMENTARIA METAMORFOSEADA

#### Definición.

Esta unidad es considerada por De Cserna y Kent (1961), como parte del Complejo Sonobari. No obstante, Mullan (1978) propone abandonar este término y designa dentro de esta unidad a dos grupos: Rio Fuerte y Zapote, respectivamente, asignándoles diferentes edades, argumentando que las rocas del primer grupo guardan afinidad con la secuencia que aflora en San Jose de Gracia ( 80Km al oriente de El Fuerte), dentro de un arreglo más calcáreo, el cual puede manejarse como un cambio de facies.

Por otra parte este mismo autor correlaciona al segundo grupo con la Formación Alisitos, basado en los trabajos realizados por Bonneau (1971).

Sin embargo, durante el trabajo de campo se observó que la división que este autor realiza en esta unidad, es muy incierta debido a que todo

este paquete de rocas presenta el mismo estilo de deformación; asimismo, no existe relación alguna que evidencie un cambio drástico en la sedimentación, ya que ésta parece corresponder más bien a una secuencia continua de cuenca marginal asociada a un arco volcánico.

Por todo lo anterior, se considera a estos grupos como una sola unidad de rocas vulcanosedimentarias, desarrolladas bajo las mismas condiciones tectónicas, por lo que aquí se le denominará Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada a todo el conjunto de rocas metamórficas que afloran en las cercanías de la Presa Miguel Hidalgo y al nororiente del poblado El Fuerte.

#### Distribución.

Las rocas correspondientes a esta unidad y que afloran dentro del área de estudio, se localizan al oriente y nororiente del poblado El Fuerte, configurando sensiblemente un rectángulo alineado en dirección NW-SE.

Esta unidad la forman un conjunto de pequeños cerros y valles que cubren aproximadamente un 30% del área total. Relativo al espesor, éste se desconoce debido a que no se encontraron las condiciones apropiadas para su medición.

#### Litología.

En la etapa de campo se observó que la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada esta constituida por augen gneiss, esquistos de clorita, esquistos de sericita, filitas, metandesitas, metatobas y estratos de calizas recristalizadas; todo este paquete de rocas ocasionalmente presenta vetas de cuarzo lechoso de unos cuantos centímetros hasta decenas de ellos. Se observó que ha estado sujeto por lo menos a dos eventos deformativos y en algunos sectores se encuentra intrusionado por diques y

cuerpos de dimensiones variables. A continuación se describen brevemente algunas características de las diferentes rocas que constituyen dicha unidad.

Augen gneiss: Rocas de color gris claro que intemperizan a pardo; se observa una textura bandeada con segregaciones de feldespatos y cuarzo - de 0.5 a 3 cm en forma de ojos; en muestra de mano presenta cuarzo, feldespatos y biotita. Se analizaron al microscopio las muestras J-150 y J-161, ambas recolectadas al norte del poblado de Tetaroba y sobre la sección II-II' (Hoja El Fuerte), presentan una textura porfidoblástica cuyos componentes principales son: cuarzo, plagioclasas, muscovita y biotita; como minerales secundarios sericita, clorita, hematita, material carbonoso y criptocristalino. Estas rocas pertenecen a un metamorfismo dinámico de la facies de esquisto verde, con clase química cuarzo-feldespática; con base en lo anterior y sus relaciones de campo, podemos suponer que esta roca es el resultado de la deformación mecánica de una roca ígnea ácida a poca profundidad.

Esquistos de clorita: Rocas de color gris claro que intemperizan a tonos verde claro, presentan una textura foliada de grano grueso y con consistencia compacta. Microscópicamente se analizó la muestra D-335, recolectada al suroeste del poblado San Lázaro sobre la sección III-III' (Hoja El Fuerte), presenta una textura lepidoblástica con minerales de clorita, plagioclasas, cuarzo, calcita, apatito, sericita y epidota.

Esta roca corresponde a un metamorfismo regional de facies de esquisto verde (Miyashiro 1961), con clase química pelítica, por lo cual probablemente la roca antes del metamorfismo pudo ser parte de una secuencia sedimentaria pelítica.

Esquistos de sericita: Rocas de color gris pardo que intemperizan a

tonos rojizos, su textura es foliada de grano grueso con fuerte esquistosidad; se observaron en muestra de mano minerales de sericita, cuarzo, feldespatos, clorita y biotita. Se analizaron al microscopio las muestras J-149 y D-333, recolectadas dentro de las secciones II-II' y III-III' (Hoja El Fuerte), observandose en ambas una textura lepidoblástica con minerales de sericita, cuarzo, clorita, plagioclasas, calcita, muscovita, biotita y material criptocristalino. Estas rocas pertenecen a un metamorfismo regional de bajo grado de la facies de esquistos verdes (Miyashiro, 1961), con clase química pelítica. Además de su alto grado de esquistosidad se observaron una serie de micropliegues constantes que permiten establecer que la roca ha estado sujeta por lo menos a dos eventos deformativos.

Se puede considerar al protolito como una secuencia pelítica.

Filitas: Rocas de color gris claro al fresco que intemperizan a tonos de verde, su textura es foliada de grano fino con viso lustroso.

Microscópicamente se analizó la muestra D-332, recolectada al suroeste del poblado San Lázaro sobre la sección III-III', (Hoja El Fuerte), con una textura lepidoblástica y minerales de cuarzo, feldespatos, clorita, sericita, minerales de hierro y criptocristalinos. Esta roca se asocia a un metamorfismo regional de bajo grado de la facies de esquistos verde (Miyashiro 1961), con clase química pelítica. Estructuralmente estas rocas presentan una serie de pliegues y micropliegues, además un sistema de fracturamiento subvertical. De acuerdo con las características anteriores podemos inferir a la roca premetamórfica como una secuencia sedimentaria de lutitas y limolitas.

Metandesitas: Rocas de color gris claro al fresco que intemperizan a tonos verdes. Presentan una textura relicta y consistencia compac-

ta. Se realizó el estudio al microscopio de las muestras J-191 y -- L-68, colectadas al poniente del poblado Chino y sobre la sección II-II' ambas muestran una textura granoblástica y minerales de cuarzo, oligo-clasa, clorita, actinolita, calcita, epidota y minerales criptocristalinos. Estas rocas pertenecen a un metamorfismo regional de bajo grado de la facies de esquistos verdes (Miyashiro 1961) y clase química básica lo cual sugiere que el protolito fué una roca ígnea extrusiva de tipo andesítico.

Metatobas: Rocas de color gris oscuro al fresco que intemperizan en tonos de verde; en muestra de mano presentan una textura relicta y con -- sistencia compacta a semicompacta. Los minerales observados en muestra de mano son: plagioclasas, cuarzo, clorita y epidota. Se analizó microscópicamente la muestra J-195 recolectada al surponiente del poblado Chino Vásquez, sobre la sección II-II', con una textura porfido -- blástica y minerales de oligoclasa-andesina, cuarzo, sericita, clorita, calcita, hematita, epidota y minerales criptocristalinos. Esta roca pertenece a un metamorfismo regional de bajo grado de la facies de es -- quistos verdes (Miyashiro 1961) de clase química básica, de donde se infiere que la roca antes del metamorfismo pudo ser de tipo tobáceo.

Calizas Recristalizadas: Rocas de color gris claro al fresco que intemperizan a tonos de beige; se presentan muy fracturadas y con intercalaciones de material arcilloso. En muestra de mano se aprecia el grano muy fino con cierta deformación, a nivel afloramiento los estratos son delgados de 5 a 30 cm , y en algunos casos con boudinage e intercalaciones de lutitas negras, dispuestas en capas delgadas de 1 a 5 cm .

Dentro de los afloramientos visitados no se encontró fauna fósil, sin embargo, no se descarta la posibilidad de su existencia dentro del

área de estudio.

### Relaciones Estratigráficas

Las relaciones estratigráficas aparentes en la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada, pueden ser establecidas por las observaciones de campo y el grado de metamorfismo en ellas; de esta manera tenemos tentativamente en los niveles inferiores los esquistos de clorita y sericita; sobreyacidos por las filitas, metandesitas y metatobas, en las cuales se observaron bandas de augen gneiss de dimensiones variables; por último ocupando los niveles superiores las rocas carbonatadas, las cuales solamente han sido pobremente afectadas por el metamorfismo; finalmente todo este paquete de rocas está intrusionado por diques y cuerpos de composición intermedia.

De manera regional no se pudo establecer el contacto entre la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada y las rocas subyacentes, debido a que dicho contacto no aflora dentro del área; es decir se observó que el Complejo Metamórfico anteriormente descrito y esta unidad se presentan como dos afloramientos aislados cuya única relación es de carácter composicional.

En cuanto a las rocas que sobreyacen a la unidad, éstas son volcánicas y clásticas del Terciario al Reciente, todas ellas guardando una relación discordante entre sí.

### Edad y Correlación.

En cuanto a la edad de la unidad, De Cserna y Kent (1961), como ya se explicó anteriormente, la consideran correlacionable al Complejo Songbari, cuya edad propuesta es Paleozoica, basados únicamente en su posición estratigráfica; por otra parte Mullan (1978), separó a esta unidad

en dos grupos: Rio Fuerte y Zapote, asignándole al primero una edad Carbonífera por correlación con los afloramientos de San José de Gracia, de donde Malpica (1972), distinguió fusulínidos de esta edad; y al segundo grupo lo incluye en el Cretácico por correlación con las edades determinadas por Bonneau (1971), para la zona, aunque como ya se mencionó anteriormente, esta división no es clara. Roldán (1971) encontró a 20 Km al oriente de El Fuerte. (Fuera del área), fósiles mal conservados e identificados como corales del género *Cladophyllia* sp., con una distribución estratigráfica del Jurásico Superior al Cretácico Inferior, mientras que González Reyna (1956) reporta a 50 Km al NE de Hornillos la existencia de *Rhynchonella laqueosa* de edad Jurásica.

Por otra parte, al considerar los cuerpos intrusivos que afectan a esta secuencia como emplazados tentativamente dentro del área de estudio entre los 60 y 75 Ma de acuerdo con Clark et al., (1979) podemos considerar claramente que dicha secuencia sea más antigua al emplazamiento de los cuerpos. Como se puede apreciar existen varias ideas acerca de la edad, sin embargo en el presente trabajo se considera que la propuesta por Roldán (1971), puede ser establecida tentativamente para la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoscada, dejando abiertos sus límites para ser verificados posteriormente.

Por lo que respecta a la correlación de dicha unidad con el Paleozoico del norte de Sonora, como lo proponen De Cserna y Kent (1961), éste no presenta metamorfismo, así como el patrón estructural de la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoscada que muestra varias fases de deformación, debido probablemente a los eventos tectónicos compresivos a los que posiblemente corresponden al Cretácico Superior. Finalmente, existe una comunión de ideas entre Bonneau (1971), Roldán (1971), Rangin

(1978) y otros, que proponen la correlación de esta unidad con la secuencia vulcanosedimentaria de Baja California, la cual puede ser una continuación al suroriente de la Formación Alisitos.

#### Origen.

De acuerdo con la litología observada y los análisis petrológicos -- realizados, podemos inferir que la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada se formó a partir de la sedimentación de areniscas, lutitas, limolitas y calizas, contemporánea a un vulcanismo andesítico, que prevaleció durante el Mesozoico, que originó una secuencia vulcanosedimentaria que con gran posibilidad se desarrolló en una cuenca marginal de tipo trasarco la que posteriormente por procesos orogénicos fué plegada, metamorfoseada e intrusionada hasta llegar a formar un elemento relativamente estable.

### III.3 ROCAS IGNEAS

#### III.3.1 BATOLITO SINALOA

##### Definición.

Nombre propuesto informalmente por Roldán (1971), con el cual designa a diversos cuerpos intrusivos de dimensiones y formas irregulares, cuya composición predominantemente es granodiorítica, con variaciones ácidas y básicas.

##### Distribución.

Los afloramientos de cuerpos intrusivos se encuentran restringidos -- al sector centroriental y nororiental del poblado El Fuerte. Común --

mente afloran como cuerpos irregulares dispersos que cubren áreas de 5 a 7 Km<sup>2</sup> que se caracterizan por formar actualmente un relieve suave, con amplios valles, en presencia de un suelo arenoso. A nivel regional-- estos afloramientos constituyen parte de un gran cuerpo batolítico, que se extiende paralelamente a la línea de costa dentro de los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit.

#### Litología.

Se incluyen dentro de esta denominación a rocas de composición ácida a intermedia, de tipo intrusivas, tales como granitos, granodioritas y tonalitas, las cuales por lo regular se encuentran muy intemperizadas y producen grandes acumulaciones de material arcillo-arenoso.

Granitos: Rocas de color blanco con tintes negros que intemperizan a tonos gris oscuro y negro; en muestra de mano presentan una textura leucocrática fanerítica, constituida principalmente por cuarzo, feldespatos, biotita, clorita y anfíboles. Estas rocas por lo general son de consistencia compacta y masiva, sin embargo se observó un intemperismo inicial en bloques que posteriormente en las zonas más alteradas forma pequeñas capas o costras, que finalmente se disgregan y dan lugar a la acumulación de suelos arcillo-arenosos. Estas rocas forman parte de un cuerpo plutónico de carácter calcoalcalino.

Granodioritas: Rocas de color gris claro al fresco que intemperizan a tonos de crema; se observa una textura leucocrática fanerítica y con consistencia compacta, macroscópicamente presenta minerales de cuarzo, feldespatos, biotita, clorita, muscovita y en algunos casos vetillas de -- cuarzo cristalino relleno de fracturas mineralizadas. Se analizó microscópicamente la muestra D-55 colectada a 2 Km al sur del poblado --

Chinobampo (Hoja El Fuerte). Presenta una textura hipidiomórfica de grano medio con cristales euhedrales a subhedrales de cuarzo, oligoclasa-andesina, biotita y microclina. Como accesorios apatito, magnetita y titanita y como secundarios sericita, clorita, hematita y epidota.

Esta roca fué clasificada como granodiorita de biotita, perteneciente a un cuerpo plutónico de probable caracter calcoalcalino.

Tonalita: Roca de color gris verdoso al fresco que intemperican a tonos rojizos; en muestra de mano se observa una textura leucocrática fanerítica y consistencia compacta. Mineralógicamente contiene cuarzo, feldespatos y micas; estructuralmente estas rocas presentan un patrón de fracturamiento subvertical que en ocasiones es rellenado por cuarzo lechoso y cristalino. Se analizó al microscopio la muestra D-326 colectada en el poblado de San Lázaro sobre la sección III-III' (Hoja El Fuerte), la cual presenta una textura hipidiomórfica con cristales subhedrales a anhedrales. Sus minerales esenciales son cuarzo, andesina y oligoclasa y como accesorios clorita, epidota y actinolita. Por último los secundarios son sericita, calcita, hematita y minerales criptocristalinos. Esta roca se clasificó como una tonalita alterada perteneciente a un cuerpo plutónico calcoalcalino sujeto a una alteración hidrotermal hipogénica.

#### Relaciones Estratigráficas.

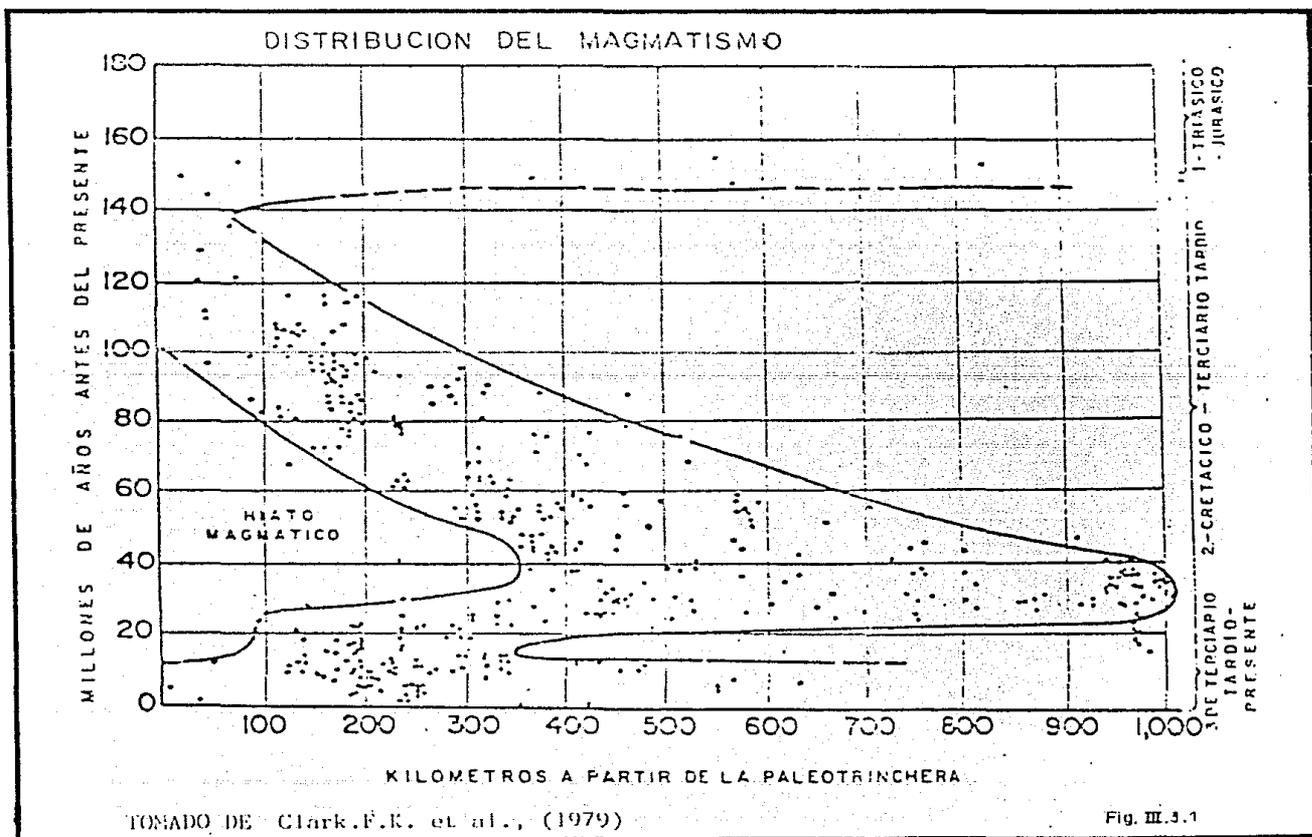
Las rocas plutónicas expuestas en el área de estudio se encuentran intrusionando principalmente a la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfosedada y en menor grado al Complejo Metamórfico. Estos cuerpos son cubiertos en forma discordante por rocas ígneas y sedimentarias del Terciario al Reciente.

### Edad y Correlación.

En cuanto a la edad de estos cuerpos, De Cserna et al., (1963) reportan un granito colectado en las cercanías de la Presa Miguel Hidalgo (al norte del poblado El Fuerte), por el método de K-Ar, obteniendo una edad de  $75^{\pm}$  Ma . Por otro lado, Clark (1976), reporta la edad de un granito que aflora al sur del poblado de Choix (aproximadamente a 50 Km al noreste de El Fuerte), utilizando este mismo método, registrando una edad de 60 Ma . Por otra parte, y de manera regional, Henry (1975) - realizó una serie de fechamientos dentro del Estado de Sinaloa, con lo cual establece un rango de edad entre 102 y 45 Ma para cuerpos similares, utilizando los métodos U-Pb en zircones de una tonalita y el método de K-Ar en micas de una granodiorita.

Con respecto a la correlación de estos cuerpos intrusivos y otros, Clark et al., (1979) establecen una relación en espacio y tiempo entre los cuerpos que tienen un intervalo de 140 a 16 Ma y su posición con respecto a la paleotrinchera, (Fig. III.3.1). Estos autores observan -- una progresiva disminución en la edad de los cuerpos hacia el oriente, -- la cual se continúa al poniente de la Sierra Madre Occidental como las -- facies batolíticas de Sonora, Sinaloa, Nayarit y unos cuantos afloramientos al poniente de Jalisco. Concluyen que este magmatismo se inició en el oeste cerca de la margen continental y avanzó aproximadamente -- 1,000Km al este hasta hace 40 Ma , para posteriormente migrar rápidamente hacia el oeste.

Por todo lo anterior se puede considerar en general que el emplazamiento de los cuerpos intrusivos dentro del área de estudio se realizó entre los 60 y 75 Ma , sin descartar la posibilidad de que exista alguna variación mayor o menor en cuanto al rango de edad anteriormente senala-



do.

#### Origen.

Las rocas intrusivas de esta unidad pertenecen a un batolito o serie de batolitos expuestos a lo largo de la margen continental de Sonora, Sinaloa y Nayarit alineados NNW-SSE, y originados por el magmatismo inducido por la subducción de la Placa Farallón bajo la Placa Norteamericana.

Este fenómeno provocó la fusión parcial de la primera y el emplazamiento de cuerpos plutónicos hacia diferentes niveles de la corteza continental, lo cual genera el desarrollo de grandes cuerpos plutónicos confinados en las diferentes unidades más antiguas y que posteriormente son expuestos a la superficie por los diferentes agentes erosivos.

### III.3.2 FORMACION FUERTE

#### Definición.

Fué descrita originalmente por De Cserna y Kent (1961), como un paquete de rocas volcánicas, lávicas y piroclásticas de composición ácida pertenecientes a la Sierra Madre Occidental y cuya localidad tipo la ubican al oriente del poblado El Fuerte, Sinaloa, al cual debe su nombre.

#### Distribución.

Los principales afloramientos dentro del área de estudio se localizan al sur y suroriente de los poblados Chinobampo y Tetaroba, cubriendo una área sensiblemente rectangular orientada E-W de  $350 \text{ Km}^2$ . Está formada por un conjunto de cerros, sierras y barrancos alineados preferentemente N-S, no obstante existen otros afloramientos aislados de me -

nor extensión, los cuales se ubican al norte y oriente del poblado El Fuerte y al suroriente de la Sierra San Francisco. Con relación a su espesor, Demant y Robin (1975), sugieren que puede ser hasta de 1,000 m .

#### Litología.

Esta unidad está constituida principalmente por ignimbritas y derrames riolíticos de color gris rosado al fresco que intemperizan a tonos rojizos. Sus texturas varían de piroclásticas a afaníticas y en algunos casos ligeramente porfídica. Los derrames se caracterizan por tener minerales de cuarzo, feldespatos y micas, dentro de una estructura fluidal, mientras que las ignimbritas se caracterizan por una abundancia de vidrio, fenocristales angulosos de cuarzo y fragmentos líticos, dentro de una mesóstasis de ceniza muy fina, dando lugar a una textura eutaxítica. Se realizaron los estudios al microscopio de las muestras D-79 y D-257 colectadas al sur del poblado de Chinobampo, rumbo al rancho de Bacapaco y al oriente de la Sierra San Francisco respectivamente (Hojas El Fuerte y Las Estacas). Ambas muestras presentan una textura vitroclástica con minerales de cuarzo, feldespatos, vidrio, biotita, magnetita, sericita, clastos de rocas y otros minerales criptocristalinos; estas muestras pertenecen a un vulcanismo explosivo de composición ácida, clasificadas como tobas vítricas o ignimbritas.

#### Relaciones Estratigráficas.

Las rocas volcánicas pertenecientes a esta formación y aflorantes en el área, cubren discordantemente a las rocas metamórficas y a los diferentes cuerpos del Batolito Sinaloa. Por otra parte, se encuentran sobreyacidas de manera discordante por unidades sedimentarias continentales del Terciario Superior al Reciente. Cabe hacer mención que se ob

servó fuera del área de estudio a la Formación Fuerte descansar en discordancia angular sobre derrames andesíticos denominados por De Cserna y Kent (1961), como Formación San Blas no obstante, esta unidad no se observó dentro del área estudiada pero no se descarta la posibilidad de su existencia.

#### Edad y Correlación.

La edad de las rocas volcánicas de esta formación puede ser establecida mediante la comparación con las diferentes unidades de rocas en la Sierra Madre Occidental. Mc Dowel y Clabaugh (1981) fechan y cartografían dos grandes secuencias de rocas ígneas, cuyo contacto marca un período intermedio de calma volcánica; la primera y más antigua la forman rocas principalmente intermedias con grandes cuerpos batolíticos de edades que varían entre 100 y 45 Ma . La segunda y más joven la forman predominantemente rocas ignimbríticas y riolíticas con edades entre los 34 y 27 Ma . De acuerdo con lo anterior y debido a la falta de datos cuantitativos en esta formación dentro del área de estudio, se considera que las rocas andesíticas de la Formación San Blas (al sur del área), corresponden al primer grupo, mientras que la Formación Fuerte al segundo; por tal motivo se consideró a esta última formación del Oligoceno.

#### Origen.

El origen de las rocas de las Formaciones San Blas y Fuerte están íntimamente ligadas al desarrollo de un arco magmático relacionado a una margen convergente, el cual sufre una interrupción a los 45 Ma para reanudarse nuevamente en 34 Ma , pero con un carácter principalmente ignimbrítico y bimodal (Formación Fuerte). Posteriormente decrece el vul-

canismo aproximadamente a los 27 Ma , fenómeno que ha sido atribuido por Mc Dowel y Clabaugh (1979), al choque de los primeros segmentos de la cresta Oceánica del Pacífico hace 29 Ma con la corteza continental. Sin embargo no se ha encontrado hasta ahora una explicación tectónica satisfactoria a lo súbito de la actividad volcánica superior y a su carácter bimodal.

### III.3.3 FORMACION HORNILLOS

#### Definición.

Nombre originalmente propuesto por De Cserna y Kent (1961), para un paquete de rocas volcánicas básicas que se presentan en forma de derrames y brechas de olivino, cuya localidad tipo se ubica al norte y occidente del poblado de Hornillos.

#### Distribución.

Los afloramientos de esta unidad presentan una distribución muy pequeña y local dentro del área de estudio, todos ellos ubicados dentro de su localidad tipo y cubren únicamente una área de 2.5 Km<sup>2</sup> en forma de pequeñas mesetas y conos irregulares, con desniveles de 200 m y un espesor máximo medio de 140 m , dato que posteriormente se confirmó con los trabajos realizados por De Cserna y Kent (1961).

#### Litología.

La Formación Hornillos está constituida por derrames básicos de olivino y brechas de igual composición. Los Primeros son de color gris obscuro a negro que intemperizan a tonos de gris rojizo. Generalmen-

te los basaltos presentan una textura afanítica y en algunas muestra de mano se observan plagioclasas, olivino, piroxenos, hornblenda y vidrio volcánico. En algunas localidades se presenta un fracturamiento vertical intenso que da la apariencia de formar grandes columnas. Con respecto a las brechas volcánicas se observó la misma mineralogía, pero con mayor abundancia de vidrio volcánico y una textura piroclástica con fragmentos angulosos de 5 a 50 cm de diámetro dentro de una mesóstasis de ceniza fina.

#### Relaciones Estratigráficas.

En cuanto a las relaciones estratigráficas de la unidad, únicamente se observó dentro del área de estudio descansar discordantemente sobre la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada y el Batolito Sinaloa.

De Cserna y Kent (1961) reportan al norte de Hornillos (fuera del área), que esta formación no sólo cubre a dichas unidades sino también y con iguales características a la Formación Maune (posteriormente descrita). Por otra parte, el contacto superior de dicha formación no se presenta dentro del área, sin embargo fuera de ella se observó que la Formación Vado (posteriormente descrita) no manifiesta indicios de haber sido afectada por esta unidad.

#### Edad y Correlación.

En cuanto a la edad de estas rocas no fue posible realizar un estudio radiométrico, pero sí consideramos, al igual que Rodríguez y Córdoba (1978), a esta unidad como el último evento de actividad ígnea en el área, su edad tentativa debe ser Cuaternaria. No obstante es probable que su edad sea más antigua ya que reportan también algunos derrames interdigitados con clastos continentales más antiguos. Por todo lo ante

rior y con base en las relaciones de campo observadas, se considero, a la Formación Hornillos con una edad tentativa del Plioceno-Pleistoceno, y - puede ser posiblemente correlacionada con numerosos afloramientos existentes a lo largo de la planicie costera de Sonora, Sinaloa y Nayarit.

Origen.

De acuerdo con todo lo anterior se puede considerar a la Formación Hornillos como el resultado del emplazamiento de magmas simáticos de alta fluidez, a través de un sistema de fallas y fracturas profundas de carácter distensivo y asociadas con gran probabilidad a la apertura del Golfo de California.

#### III.4 ROCAS SEDIMENTARIAS

##### III.4.1 FORMACION MAUNE

Definición.

Fué descrita por De Cserna y Kent (1961), como una secuencia sedimentaria fluvial constituida por conglomerados, areniscas conglomeráticas y arcosas, cuya localidad tipo se situa al oriente de la Presa Miguel Hidalgo (anteriormente denominada Maune), a 10 Km aproximadamente al norte del poblado El Fuerte, y a la cual debe su nombre.

Distribución.

De acuerdo con su origen fluvial las rocas de esta formación se encuentran asociadas a antiguos valles fluviales de la zona, por tal motivo los principales afloramientos de la unidad se localizan en las porciones centrales del área, a ambos lados del Río Fuerte y cubren aproximada

mente el 15% de la zona total estudiada. El espesor de esta formación, de acuerdo con las mediciones realizadas en la sección I-I', fué de 1,300 m pero dicha medida debe ser considerada incompleta debido a que no fué posible observar ni su base ni su cima, al respecto Rodriguez y Córdoba (1978), reportan un espesor de 3,700 m para esta unidad, según mediciones hechas al sur del área de estudio.

#### Litología.

Esta formación se encuentra representada por areniscas finas a gravillentas de color rosado al fresco que intemperizan a tonos pardos; en muestra de mano se observa una textura clástica con minerales de cuarzo, feldspatos, fragmentos líticos y escasas hojuelas de biotita, todos ellos en una matriz arcillosa. Estructuralmente forma estratos delgados a medianos de 5 a 60 cm de espesor y en la mayoría de los afloramientos verificados se presenta una estratificación cruzada y gradada, con bandeamientos pequeños entre 2 y 30 mm de minerales pesados y ocasionalmente lentes conglomeráticos de dimensiones variables. Se realizó el estudio al microscopio de la muestra L-252(5), correspondiente a la columna A-A', medida en una de las márgenes del canal alimentador de la Presa Josefa Ortiz de Domínguez (Hoja Las Estacas). Su textura es clástica de granos subangulosos a subredondeados de cuarzo, feldspatos, fragmentos de rocas, ceniza volcánica, calcita, biotita, hematita, limonita, epidota y minerales criptocristalinos. Esta roca se clasificó como una arenisca vulcanoclástica, perteneciente a un ambiente fluvial en presencia de vulcanismo explosivo.

#### Relaciones Estratigráficas.

La Formación Maune se encuentra descansando con discordancia erosio-

nal sobre la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada, así como las rocas intrusivas del Batolito Sinaloa y la Formación Fuerte. En cuanto al contacto superior la cubren en forma discordante en diversos sectores del área, rocas del Terciario Superior y Cuaternarias de origen ígneo y sedimentario.

#### Edad y Correlación.

Con relación a la edad de la formación no fué posible encontrar algún fósil que permitiera establecer una edad absoluta, pero apoyados en las relaciones estratigráficas existentes se consideró que ésta puede ser del Mioceno. Por otra parte De Cserna y Kent (1961), establecen que la Formación Maune es correlacionable con el miembro superior de la Formación Báucarit del Estado de Sonora, definida primeramente por Dumble (1900).

#### Origen.

La Formación Maune se considera depositada en un ambiente fluvial somero dentro de un sistema de canales entrelazados con corrientes laminares y turbulentas y depósitos de llanuras de inundación, que dieron lugar a la formación de estructuras sedimentarias tales como la estratificación cruzada, gradada y en algunos casos lentes conglomeráticos; todo este depósito se llevó a cabo conjuntamente con fenómenos volcánicos explosivos o posteriormente a éstos.

### III.4.2 FORMACION TESILA

#### Definición.

Nombre propuesto por De Cserna y Kent (1961), para un paquete de gra-

vas y conglomerados semilitificados que afloran en el lecho occidental - del Río Fuerte, y los alrededores del Rancho Tesila, 20 Km aproximadamente al suroccidente del poblado El Fuerte; este afloramiento se designó - como su localidad tipo y a él debe su nombre.

#### Distribución.

Los materiales de ésta formación se distribuyen de manera local y en su mayoría al oriente de las Sierras Sonobari y San Francisco, sin embargo, otros afloramientos aislados se localizan al norponiente del poblado Chinobampo, así como en el rancho de Bacapaco, al sur de Chinobampo., - (Hoja El Fuerte). Todos ellos ocupan zonas relativamente bajas con formas irregulares y alturas de 100 a 200 msnm. El espesor máximo medido para la unidad fué de 70 m aunque en algunos afloramientos dicha -- formación tiende a acuñarse.

#### Litología.

La unidad ésta formada por conglomerados polimícticos mal clasificados de colores variables cercanos al pardo, que comúnmente intemperizan a tonos rojizos, contiene clastos de rocas preexistentes de origen ígneo y metamórfico principalmente, cuyos bordes son angulosos a subangulosos variando su tamaño entre 2 y 60 cm de diámetro, e incluidos en una ma -- triz areno-gravillenta, que en ocasiones se torna limosa, dando así una compactación fuerte con alto índice de porosidad.

#### Relaciones Estratigráficas.

Las rocas de esta formación cubren discordantemente al Complejo Metamórfico y la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada, así como a las - rocas del Batolito Sinaloa y las Formaciones Fuerte y Maune. Por su

parte la sobreyacen de igual manera, en discordancia erosional la Formación Vado, del Cuaternario y materiales del Reciente.

#### Edad y Correlación.

De acuerdo a su posición estratigráfica y a la ausencia de fósiles en sus constituyentes, esta formación se ubicó tentativamente a principios del Plioceno y puede ser correlacionable con numerosos afloramientos existentes al norte y oriente del área estudiada.

#### Origen.

El ambiente de depósito de la Formación Tesila, se considera continental, siendo el resultado de las acumulaciones al pie de los antiguos cerros y sierras de la región cuyo material ha sido pobremente transportado y clasificado.

### III.4.3 FORMACION VADO

#### Definición.

Originalmente descrita por De Cserna y Kent (1961), como terrazas -- continentales formadas por gravas y cantos bien redondeados, cuya localidad tipo se ubica en el poblado El Vado, situado sobre el lecho occidental del Río Fuerte a 3 km aproximadamente al oeste del poblado El Fuerte.

#### Distribución.

Los afloramientos correspondientes a la Formación Vado se localizan principalmente a todo lo largo de la porción occidental de las Sierras -- Sonobari y San Francisco, formando una extensa llanura deltáica, (Rodríguez y Córdoba 1979).

Otros afloramientos al oriente de dichas sierras y sur del poblado - El Fuerte se observan sensiblemente alineados E-W formando lomeríos de - escaso relieve, con alturas de 20 a 100 msnm . En cuanto al espesor de la formación se pudo observar que éste no excede los 25 m .

#### Litología.

Estos depósitos se caracterizan por formar terrazas continentales -- constituidas por areniscas y conglomerados de color pardo claro, con ~~ara~~ clastos que varían de 1 a 15 cm de diámetro, predominando fragmentos bien redondeados de rocas ígneas y en menor proporción metamórficas, todas ellas dentro de una matriz arcillo-limosa sin consolidar; en algunos afloramientos se observan estructuras tales como lentes y bandas de arenas - finas de dimensiones variables.

#### Relaciones Estratigráficas.

Esta formación se encuentra dentro del área de estudio cubriendo en discordancia erosional a todas las unidades anteriormente descritas, de igual modo es sobreyacida por material de Talud y Aluvial del Reciente.

#### Edad y Correlación.

De acuerdo únicamente a su posición estratigráfica, la Formación Vado se considera de edad Pleistoceno y puede ser correlacionada a lo largo de los diferentes afloramientos en la planicie costera de Sonora y Si naloa.

#### Origen

De acuerdo con las características anteriores, se considera que el - ambiente de formación de esta unidad fué fluvial y es el resultado del - transporte y depósito de los sedimentos en los antiguos ríos y arroyos,

los cuales construyeron la llanura deltáica previa a la actual, (Rodríguez y Córdoba 1978).

#### III.4.4 DEPOSITOS DE TALUD

Nombre utilizado generalmente para designar el material de relleno - en la base de las sierras y montañas, constituido por fragmentos de roca cuyo tamaño y composición varia notablemente. Allora en toda la zona de estudio, principalmente al pie de las grandes sierras y en algunos valles y son el resultado del intemperismo químico y mecánico sobre las rocas preexistentes, que han sido poco transportadas y depositadas por los diversos agentes erosivos en un ambiente continental. Estos depósi - tos cubren discordantemente a todas las rocas preexistentes, anteriormente descritas y localmente son cubiertos por material Aluvial del Reciente.

#### III.4.5 DEPOSITOS ALUVIALES

Nombre utilizado para designar a los depósitos de acarreo en cauces de arroyos y ríos, que son el resultado del intemperismo químico y mecánico de las rocas preexistentes y con un mayor transporte de agentes -- principalmente fluviales.

Afloran en toda la zona de estudio, principalmente en los valles y - áreas topográficamente bajas, como relleno de los cauces de arroyos.

Generalmente son sedimentos diversos con variación en composición y tamaño, los cuales van de arcillas a cantos de hasta 60 cm de diámetro y bien redondeados, todo este material sin compactar. Estos depósitos

cubren discordantemente a todas las unidades anteriormente descritas y son considerados los más jóvenes.

#### IV. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

1. INTRODUCCION
2. ESTRUCTURAS DETECTADAS
3. DIAGRAMAS ESTADISTICOS

## IV. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

### IV. INTRODUCCION

Las relaciones estructurales dentro del área de estudio son complejas, debido a una sobreposición de eventos tectónicos, que impiden establecerlas y definir las claramente. Además existe una cubierta vegetal y de suelo que enmascara tanto en fotografías aéreas como en el terreno, esta labor. Sin embargo, es posible reconocer ciertas tendencias y orientaciones que se apoyan en diagramas estadísticos elaborados a partir de datos de campo, lo que permiten definir tentativamente algunos de los esfuerzos que actuaron en la región.

### IV.2 ESTRUCTURAS DETECTADAS

Durante la etapa de campo se pudieron apreciar numerosos rasgos estructurales que, de manera general pueden asociarse y agruparse con las diferentes unidades litológicas. En ese sentido se observa una mayor deformación en las rocas metamórficas donde existen grandes variedades de pliegues y fracturas, que contrastan notablemente con las unidades ígneas y sedimentarias, en las cuales se han desarrollado sistemas bien definidos de fallas y fracturas, con ausencia de pliegues. A continuación se describen y detallan brevemente algunos de los rasgos más sobresalientes dentro de la zona del estudio.

Hacia el sector occidental de la Sierra San Francisco, en donde afloran rocas del Complejo Metamórfico, se pueden observar a lo largo del camino a la torre de microondas una serie de pliegues y micropliegues, que

en muchos de los casos son modificados por otros eventos, dando así un conjunto de pliegues sobrepuestos con características complejas, sin embargo, se llegaron a reconocer pliegues isoclinales con amplitud variable entre los 10 y 50 m y longitudes de pliegues de 50 a 300 m, en su mayoría cortados por numerosas fracturas con longitudes que varían desde unos cuantos centímetros a más de 2 km de largo, alineadas preferentemente NE-SW y NW-SE. Asimismo se reconocen también en esta zona pliegues chevrón con amplitudes de 5 a 15 m y longitudes de pliegues de 20 a 150 m, configurando pliegues apretados con el desarrollo de numerosas fracturas pequeñas, rellenas generalmente por cuarzo. Otro tipo de pliegues observados en esta misma zona, son los disarmónicos, cuya amplitud y longitud varían considerablemente, y en algunos casos, llegan a inclinarse hacia el NE para formar así pliegues recostados. Asimismo se presentan series de micropliegues de forma y tamaño variable, generalmente asociados a las rocas esquistosas. Finalmente cabe hacer mención, que dentro de todo este paquete de rocas que conforman el Complejo Metamórfico, se pueden apreciar cuerpos intrusivos ácidos a intermedios de dimensiones variables que cortan la foliación. En mayor número se observan diques pegmatíticos de unos cuantos milímetros, siguiendo la dirección de la foliación y de centímetros a más de 5 m, discordantes a ella, también es notable un sistema de fallas principalmente normales de poca longitud y corto desplazamiento, que al igual que los cuerpos intrusivos, han modificado todas estas estructuras.

Dentro de los afloramientos de la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada se pueden reconocer al noreste de El Fuerte, estructuras isoclinales de amplitud variable, recostadas al NE y cuyos ejes se orientan NW-SE, sobrepuesto a dichos pliegues se presenta un patrón de fracturamien

to preferentemente NW-SE y E-W. En otra zona al oriente del poblado Los Capomos y dentro de la sección II-II', se observan estructuras monoclinales de rumbo NW-SE con echados de foliación entre 35° y 60°, seguidos por pliegues isoclinales y disarmónicos de amplitud entre los 20 y 150 m, con longitudes de 100 a 600 m, recostados en su mayoría al NE y cortados principalmente por tres tendencias de fracturas, NE-SW, NW-SE y NNW-SSE, siendo la primera de ellas la de mayor frecuencia, (Fig. IV.3.2).

Por último, dentro de esta unidad, al suroccidente del poblado San Lazaro y dentro de la sección II-II', es más difícil de reconocer y cartografiar estructuras; sin embargo, se pudieron observar pliegues isoclinales y en abanico con ejes de escasa longitud y rumbos preferentemente al NW.

Una zona que contrasta notablemente dentro de la región, es al suroccidente del área y sur del poblado de Chinobampo, en la que rocas ignimbriticas pertenecientes a la Formación Fuerte, se aprecian con una textura eutaxítica subhorizontal, en dirección E-W con un enorme desarrollo de fallas normales y fracturas alineadas preferentemente N-S, (Fig. IV.3.1) en donde la de mayor longitud se extiende por más de 7 Km.

Se observa que los bloques hundidos de las fallas normales se presentan generalmente hacia el oriente de las mismas, configurando un sistema de fallas escalonadas, o bien y de acuerdo con Mullan (1978), un sistema de pilares y fosas tectónicas cuyo desplazamiento propuesto por este mismo autor es de 50 o más metros.

Con respecto a las estructuras observadas y medidas dentro de las formaciones sedimentarias, se pudo apreciar que la Formación Maune presenta en todos los afloramientos visitados dentro del área de estudio, una estratificación inclinada que varía de 5 a 60 cm de espesor, con rum

bos al NW y echados de  $15^\circ$  a  $25^\circ$  al SW, configurando una estructura netamente monoclinal, no siendo así para las formaciones más jóvenes (Formación Tesila y Vado), en las cuales existe una estratificación subhorizontal de 10 a 90 cm de espesor, con rumbos variables y echados de  $0^\circ$  a  $10^\circ$  de intensidad. Todos estos rasgos son claramente observados en el camino del canal Fuerte-Mayo al poniente del poblado El Fuerte y sobre la sección I-I', dentro de los poblados El Vado a Llano de los López.

Finalmente dentro de las estructuras detectadas, uno de los lineamientos más destacados es sin duda alguna el del Río Fuerte, que se extiende por todo lo ancho del área con una dirección preferencial NE-SW, y es interpretado por varios autores como un reflejo en superficie de una falla a profundidad, cuyo desplazamiento y origen no ha sido claramente definido.

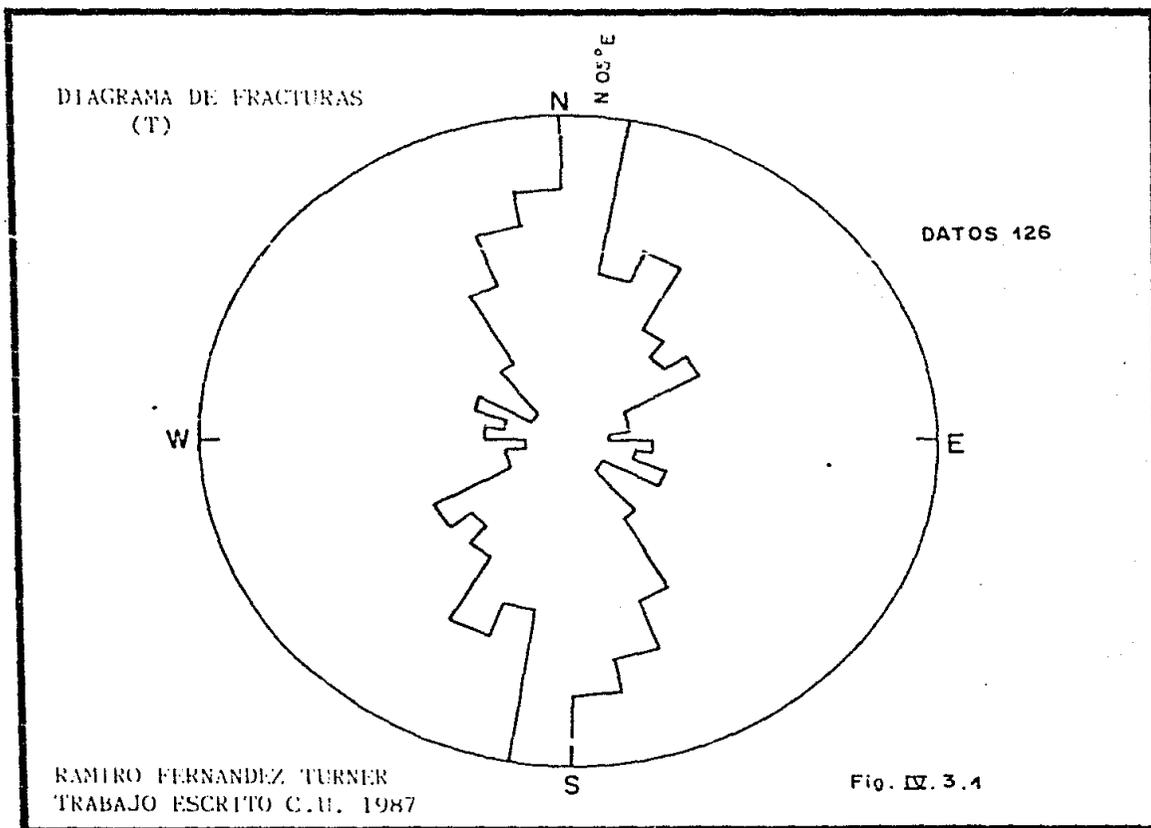
#### IV.3 DIAGRAMAS ESTADISTICOS

Con el conjunto de datos recopilados durante la etapa de campo y obtenidos de la interpretación fotogeológica, se elaboraron algunos diagramas estadísticos que se presentan de manera independiente para las Unidades Terciarias, Vulcanosedimentaria Metamorfoseada y el Complejo Metamórfico, con lo cual se tratarán de definir algunas direcciones de esfuerzos que actuaron en cada una de ellas y en la región.

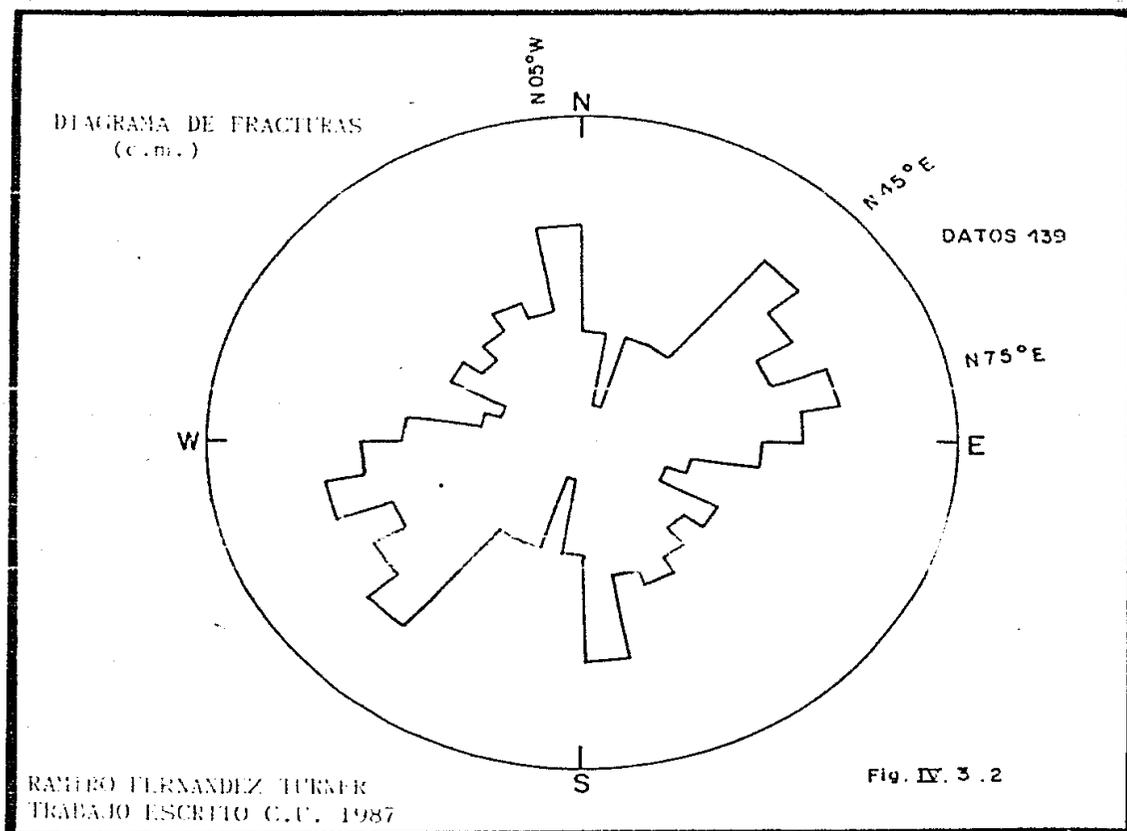
Primeramente se realizó el análisis en rosas de fracturas tomando únicamente los rumbos de fallas y fracturas de cada unidad, descartando su longitud e intensidad de echado. Asimismo, como complemento de este análisis se elaboraron únicamente para las unidades metamórficas, diagramas de polos en los que se consideran los rumbos de foliación y sus e

chados, para ayudar así a definir las tendencias estructurales en cada unidad.

En la figura IV.3.1 se representan 126 trazas de las Unidades Terciarias, destacando un máximo absoluto de dirección  $N05^{\circ}E$  y un mínimo en -- los datos al  $N85^{\circ}W$  y  $E-W$ , tal distribución permite interpretar adecuadamente un sistema de esfuerzos compresivos y distensivos, desarrollados -- al  $N-S$  y  $E-W$  respectivamente, los cuales pueden ser asociados al fenómeno de apertura del Golfo de California.

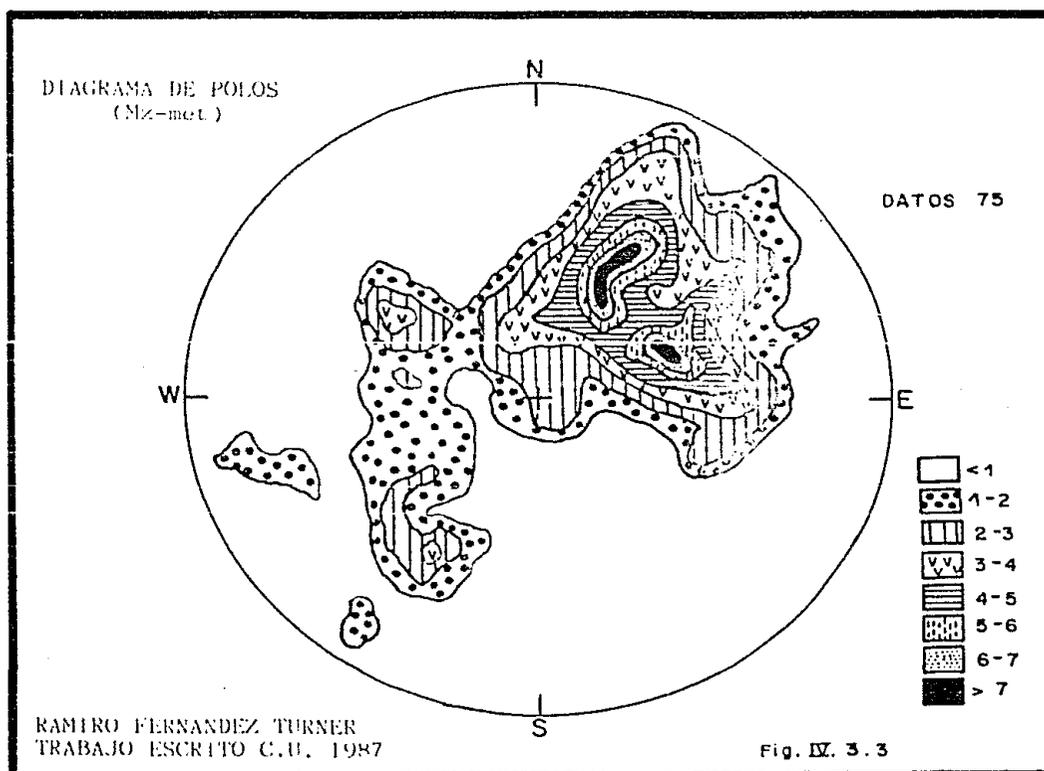


Para la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada, se consideraron - 139 trazas de fallas y fracturas que dieron como resultado la figura -- IV.3.2 ,en la cual se aprecia un máximo relativo orientado  $N05^{\circ}W$  que puede ser interpretado como el resultado de los esfuerzos distensivos asociados con la apertura del Golfo de California.



De este mismo modo, se presentan dos máximos relativos con direcciones  $N45^{\circ}E$  y  $N75^{\circ}E$ , los cuales pueden interpretarse como un sistema de fallas y fracturas conjugadas de tipo compresivo, asociadas a un sistema principal orientado al  $N60^{\circ}E$  o bien, como dos sistemas de fracturamiento

principales e independientes. Asimismo y en apoyo a estos resultados se realizó el diagrama de polos (Fig. IV.3.3), en el cual se ubican 75 rumbos y echados de foliación, observándose una mayor concentración de datos al NE, lo que sugiere un sistema de pliegues isoclinales con planos axiales inclinados y ejes orientados NW-SE, siendo correlacionable con las estructuras observadas en el campo.



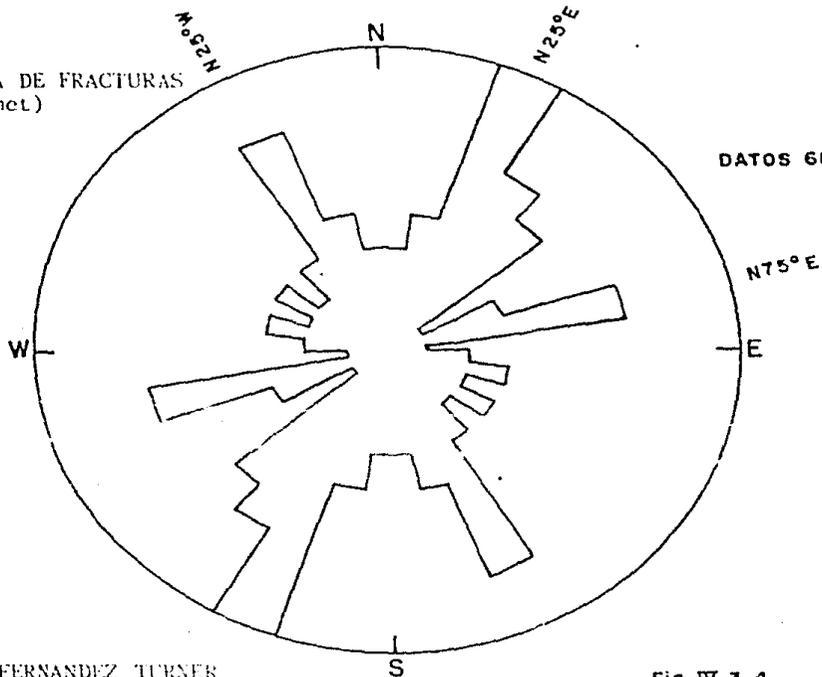
A partir de estos datos se puede proponer una alternativa, primera - mente un evento compresivo NE-SW asociado probablemente a la convergen - cia de la Placa Faralón con la Norteamericana, la cual afectó a los cuer

pos de roca confinados en condiciones de presión litostática intermedia y temperaturas relativamente elevadas, produciendo una deformación penetrante de pliegues cerrados con ejes orientados NE-SW dentro del área de estudio y gran parte de la República Mexicana. Posteriormente, en condiciones de menor sepultamiento y temperatura, este conjunto de rocas sufre un nuevo episodio compresivo en la misma dirección, que únicamente fractura la roca sin llegar a producir un estado plástico. Finalmente la roca sufre un evento distensivo en dirección E-W asociado a la apertura del Golfo de California, que provoca fallas normales alineadas preferentemente N-S.

Por último, para el Complejo Metamórfico se consideraron 68 trazas de fallas y fracturas que conforman la figura IV.3.4, que muestra tres máximos relativos orientados  $N25^{\circ}W$ ,  $N25^{\circ}E$  y  $N75^{\circ}E$ , los cuales no guardan una relación clara que permitan definir los esfuerzos a que estuvo sujeta esta unidad, además no son evidentes los sistemas de fallas y fracturas reconocidos en las otras unidades más jóvenes.

Asimismo, se realizó el diagrama de polos (Fig. IV.3.5) con sólo 15 datos estructurales, observándose una pequeña concentración de puntos al SW, que permiten inferir muy vagamente algunos pliegues con ejes orientados NW-SE, sin embargo es demasiado incierto interpretar y asociar todos estos resultados, debido a la escasez de datos con que se cuenta, por tal motivo será necesario realizar un mayor detalle en futuras etapas de campo, aumentando el número de datos que hagan posible interpretar o inferir claramente los diferentes eventos deformativos que actuaron en esta unidad.

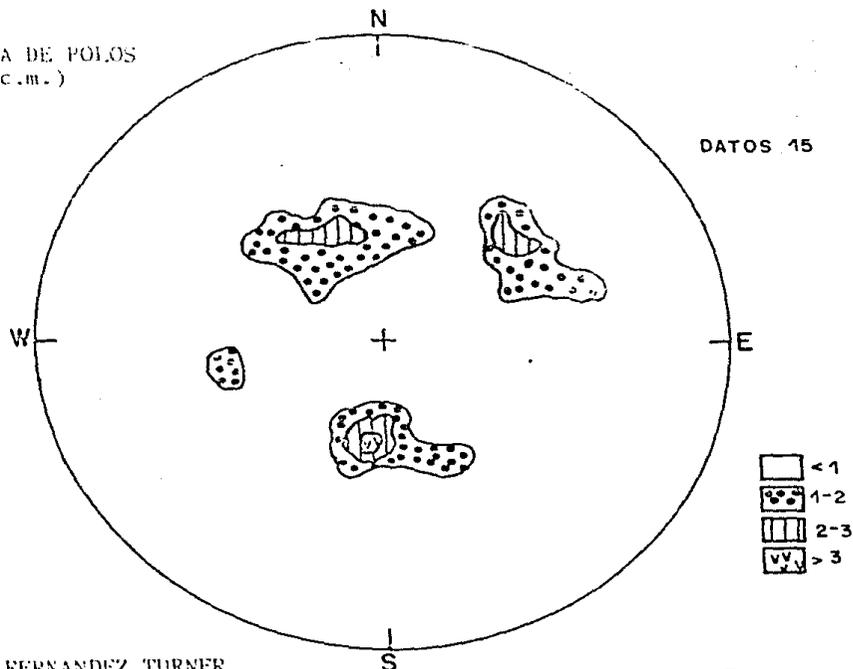
DIAGRAMA DE FRACTURAS  
(Mz-mcl)



RAMIRO FERNANDEZ TURNER  
TRABAJO ESCRITO C.U. 1987

Fig. IV.3.4

DIAGRAMA DE POLOS  
(c.m.)



RAMIRO FERNANDEZ TURNER  
TRABAJO ESCRITO C.U. 1987

Fig. IV.3.5

## V. EVOLUCION TECTONICA Y PALEOGEOGRAFICA

### 1. MODELOS GEOLOGICOS

## V. EVOLUCION TECTONICA Y PALEOGEOGRAFICA

### V.I MODELOS GEOLOGICOS

Como ya se planteó anteriormente, existen diferentes hipótesis acerca del origen y evolución del Complejo Metamórfico y la Unidad Vulcano-sedimentaria Metamorfoscada, no así para el resto de las unidades aflorantes del área, en las cuales hay más acuerdos con relación a su evolución tectónica y paleogeográfica. Por este motivo se plantean primeramente las hipótesis más coherentes de algunos autores; no obstante se propone además en el presente trabajo un modelo geológico generalizado para explicar el origen y distribución de los cuerpos de roca en el área, apoyado únicamente en los datos obtenidos y recopilados durante su realización.

De acuerdo a las interpretaciones de Fredrikson (1971), Anderson --- (1978) y Mullan (1978), quienes correlacionan las rocas del área de estudio con el norte de Sonora; se puede afirmar en forma general que durante el Precámbrico la región formó parte de un extenso geosinclinal, que rodeó a un cratón aún más antiguo, en el cual se acumuló un potente prisma sedimentario constituido por materiales pelíticos y rocas volcánicas - que más tarde, aproximadamente hace 1,700 Ma , fué deformada y metamorfoscada por un evento correlacionable con la Orogenia Matzatzal (Wilson , - 1939) de Arizona, que pudiera estar relacionada a un arreglo convergente de un par de placas, en donde la más densa (Oceánica) subducciona a la Placa Continental (Cratón de Norteamérica), generando así un sistema de esfuerzos compresivos, que dan lugar a los fenómenos ya mencionados.

Posteriormente, entre 1,400 y 1,100 Ma , ocurre el emplazamiento de

los plutones graníticos que marcan la maduración del Cratón de Norteamérica y que provoca un levantamiento y consecuentemente que la región pase al dominio continental y aflore el Gneiss Francisco (Complejo Metamórfico). Este estado de emersión se mantiene durante el resto del Precámbrico y parte del Paleozóico, en donde un hundimiento lento con algunas interrupciones, durante el Carbonífero, provoca la acumulación de sedimentos y material volcánico, que son agrupados por Mullian (1976) como el Grupo Río Fuerte. Este grupo es plegado y metamorfoseado durante la Orogenia Nevadiana y erosionado antes del depósito de una potente secuencia vulcanosedimentaria denominada Grupo Zapote, desarrollado este último en una margen convergente que actuó durante el Mesozoico, finalmente la evolución y desarrollo de las unidades Cenozoicas se manifiesta en forma similar para ambos modelos.

El modelo geológico que se propone en el presente trabajo para explicar la evolución tectónica y paleogeográfica del área parte del Jurásico Medio, ya que es el período que permite una reconstrucción más aproximada de sus elementos. En esta época las primeras manifestaciones de un límite convergente, ubicado al poniente del área, impone una subducción frontal de la Placa Farallón bajo la Norteamericana, provocando la fusión parcial de la primera a nivel de la astenósfera y así iniciar la edificación de un arco magmático (Complejo Metamórfico), a menos de 100-Km de la paleotrinchera (Gastil, 1976), con el desarrollo de una cuenca trasarco formada entre la Paleopenínsula de Aldama y el aparato volcánico.

Para el Jurásico Superior y hasta el Cretácico Inferior este régimen de subducción se mantiene, lo que permite una acumulación en la cuenca trasarco de material pelítico y volcánico derivado de la erosión de la

Paleopenínsula de Aldama y la actividad ígnea del Arco (Unidad Vulcanose  
dimentaria Metamorfoseada Fig. V.1.a).

Del Cretácico Superior al Paleoceno se inicia el desarrollo continent  
tal del área, debido a la presencia de varias facies compresivas de deform  
mación que afectan a la zona de estudio y gran parte del noroeste de la  
República Mexicana. Estos eventos deformativos son atribuidos en form  
ma hipotética al cambio del polo de rotación en la Placa Farallón lo que  
provocó una variación en la velocidad de subducción y por tanto la migrac  
ción del arco magmático hacia el oriente (Coney, 1978). Estos cam --  
bios originaron un fuerte plegamiento en dirección NW-SE y la metamorfos  
is del prisma sedimentario y el arco magmático, así como el desarrollo  
de numerosas intrusiones batolíticas de cuerpos principalmente graníti-  
cos y granodioríticos (Batolito Sinaloa), que aunado a lo anterior levan  
tan y deforman nuevamente la zona (Fig. V.1.b).

Al final del Paleoceno y principios del Eoceno corresponden los prim  
eros episodios volcánicos de rocas principalmente intermedias, que const  
tituyen la base de la Sierra Madre Occidental y que dentro del área de -  
estudio no afloran, sin embargo al sur de la misma en el poblado San --  
Blas estas rocas están presentes y son consideradas por De Cserna y Kentu  
(1961) como Formación San Blas. Posteriormente este magmatismo sufre  
una súbita interrupción del Eoceno Medio al Superior (45-34 Ma , Mc ----  
Dowell y Clabaugh, 1979), que es atribuido por Coney y Reynolds (1977),  
y por Damon et al., (1981) como una disminución en el ángulo de subduc --  
ción y el aumento de la velocidad de convergencia que provoca nuevamente  
la migración del arco hacia el este (Fig. V.1.c)

A principios del Oligoceno se reanuda súbitamente la actividad volcáa  
nica que cubre gran parte de las rocas preexistentes al noroeste del ---

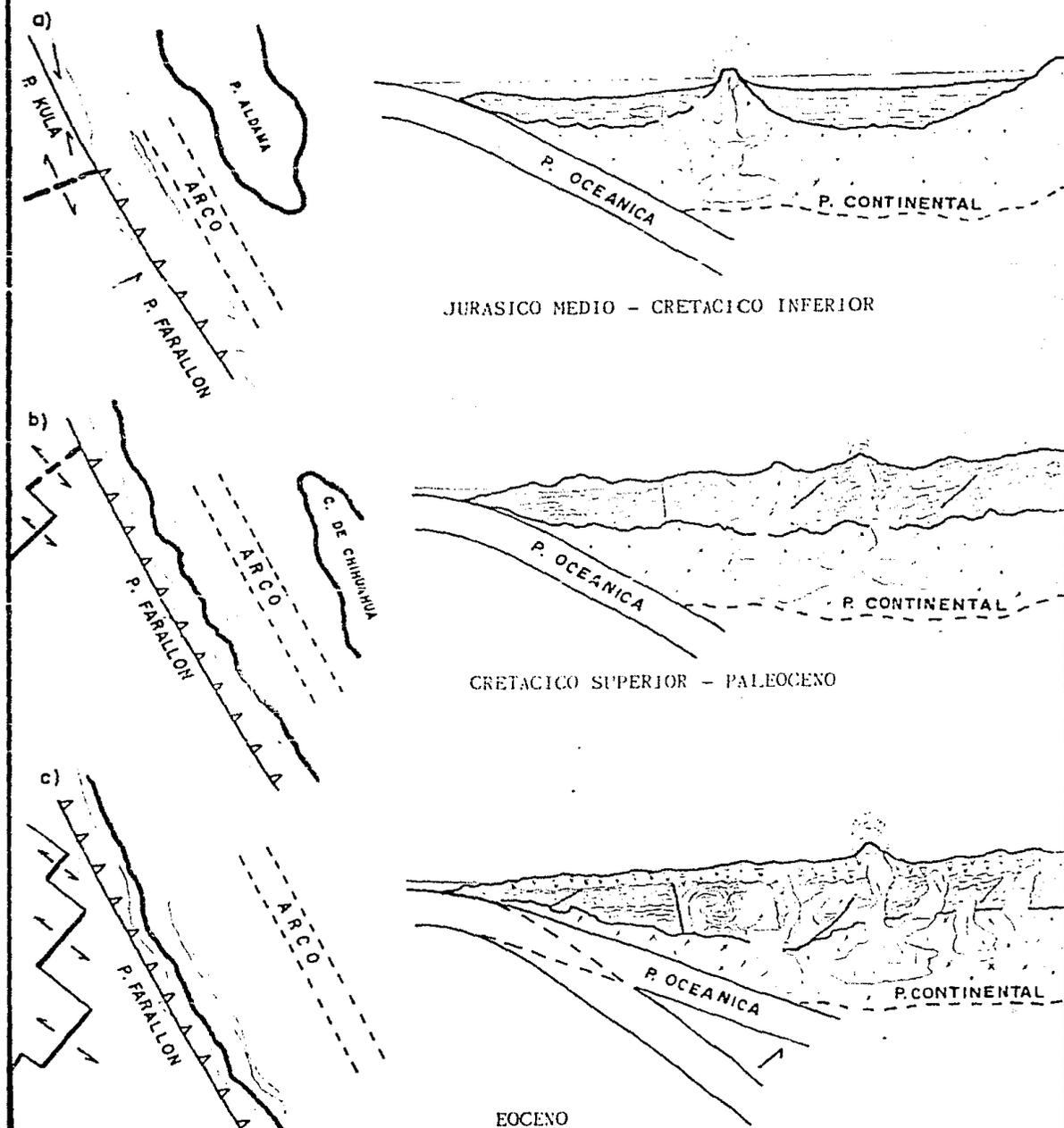
país, manifestándose durante un lapso relativamente corto para constituir así la secuencia superior de la Sierra Madre Occidental, formada predominantemente por ignimbrítas y riolitas (Formación Fuerte), originadas a partir de numerosas y grandes calderas volcánicas, cuya explicación -- tectónica no está hasta ahora claramente definida. Esta actividad ignea sufre una disminución para el Oligoceno Superior (29 Ma , Mc Dowell y Clabaugh, 1979) que es atribuida por estos mismos autores al choque de los primeros segmentos de la Cresta Oceánica del Pacífico a la altura de la actual Ciudad de Guaymas, Sonora (Atwater, 1970), con la Placa Norteamericana, (Fig. V.1.d.).

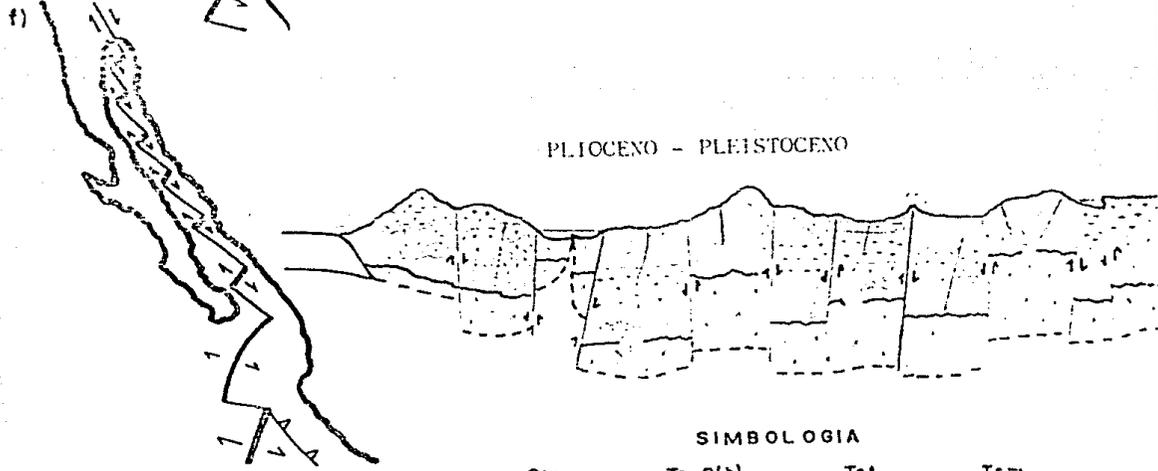
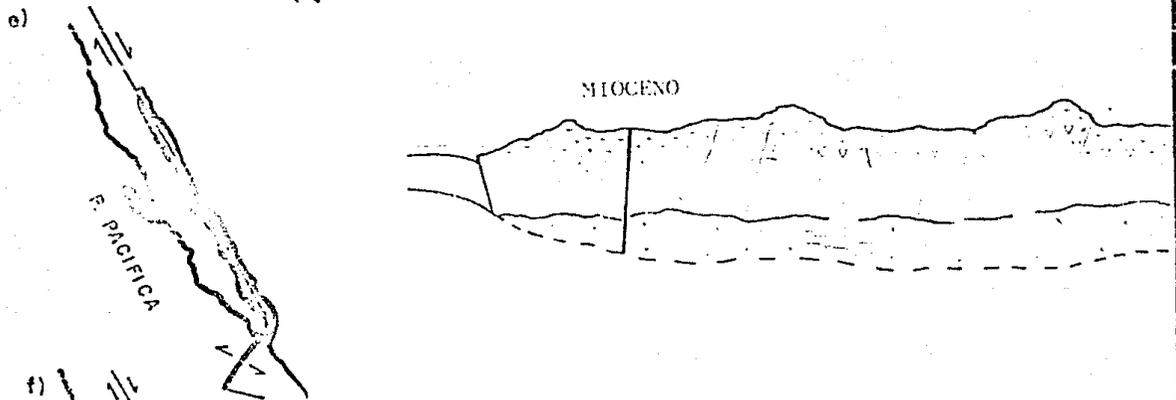
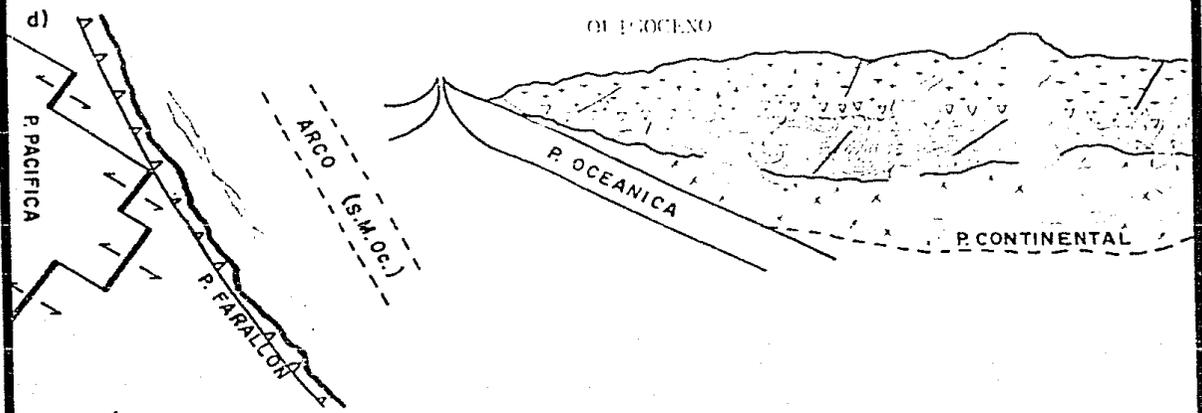
Para el Mioceno parece cesar la actividad de la zona convergente al oeste del área y se inicia el desarrollo de un sistema transcurrente con desplazamiento lateral derecho, que propicia la erosión de las rocas --- preexistente y la acumulación de sus sedimentos en zonas topográficamente más bajas Formación Maune,(Fig. V.1.e).

A principios del Plioceno se inicia el desarrollo del Golfo de California como resultado de un sistema transforme propuesto por Atwater --- (1970). el cual es acompañado por una tectónica distensiva, que genera -- un sistema de fallas y fracturas de profundidad con el desarrollo de pilares y fosas tectónicas que levantan la zona y la exponen a los agentes erosivos, lo que provoca el descubrimiento de las rocas más antiguas y -- su erosión (Formación Tesila).

Posteriormente y durante el Pleistoceno, se emplazan por los sistemas de fallas y fracturas magmas simáticos, con alta fluidez y temperatura que llegan a la superficie como derrames y brechas básicas (Formación Hornillos) y la zona es expuesta a los procesos erosivos principalmente de tipo fluvial Formación Vado,(Fig.V.1.f.).

DIAGRAMAS ESQUEMATICOS DE  
PALEOGEOGRAFIA Y TECTONICA





SIMBOLOGIA

Qpv	Ts-Q(h)	Tst	Tsm
Tmf	Ks-Ti(gr)	Mz-met	c.m.

777 Fm. San Blas (no aflora)

RAMIRO FERNANDEZ TURNER  
IRAPUATO ESCRITO C.U. 1987

Fig.V.1

Finalmente, en el Reciente este sistema distensivo se mantiene y con juntamente con los procesos erosivos modelan las diferentes formas del - relieve en la región.

**VI. GEOLOGIA ECONOMICA**

1. EVALUACION
2. BANCOS DE MATERIAL
3. GEOLOGIA MINERA
4. GEOTECNIA

## VI. GEOLOGIA ECONOMICA

### VI.1 EVALUACION

De acuerdo con la información preexistente y durante la realización del trabajo de campo en el área de estudio, se puede considerar que ésta posee un alto potencial económico, debido a que cuenta con diversos factores y condiciones que favorecen la exploración, explotación y aprovechamiento de sus diferentes recursos naturales. A continuación se describen brevemente algunos de los aspectos geoeconómicos más sobresalientes de la misma.

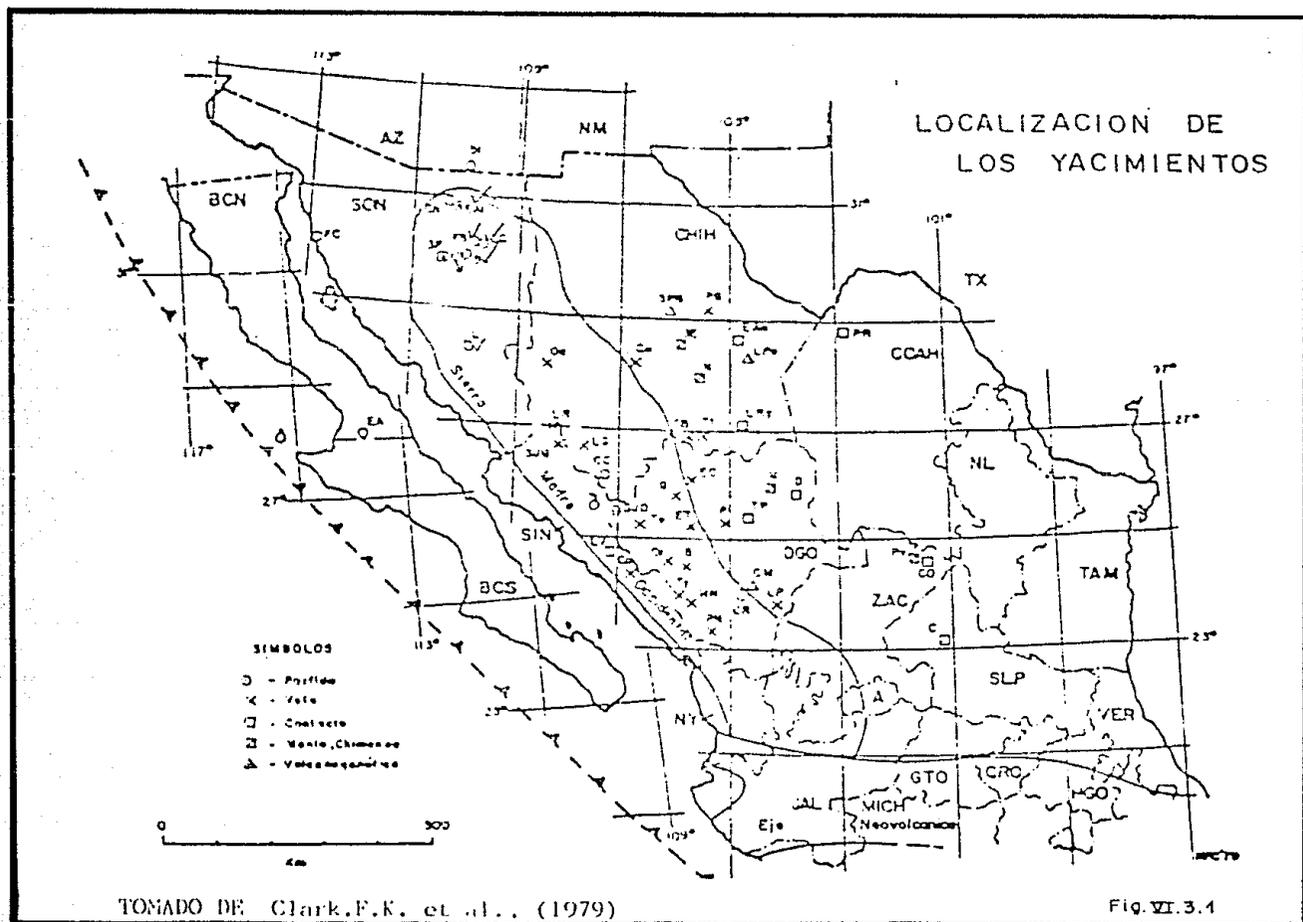
### VI.2 BANCOS DE MATERIAL

Con relación a los bancos de material éstos son principalmente calizas arcillosas y recristalizadas, pertenecientes a la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada, cuyas principales localidades se ubican al oriente del poblado de Hornillos, aproximadamente a 7 y 14 Km, respectivamente. Ambos bancos son fuertemente explotados y procesados a un alto nivel industrial por la Compañía Cementos Sinaloa, la cual cuenta con toda la infraestructura necesaria, y una planta con alta capacidad de producción, que permite transformar a las calizas en diversos tipos de cemento.

Por otra parte, y en menor proporción, existen pequeños afloramientos de rocas volcánicas básicas, pertenecientes a la Formación Hornillos, que han sido utilizados para el revestimiento de carreteras y en la cortina de la Presa Josefa Ortiz de Domínguez.

## VI.3 GEOLOGIA MINERA

De manera regional, Clark et al., (1979), establecen una relación en espacio y tiempo de los diferentes depósitos metálicos del noroeste de México, asociándolos con los diferentes eventos magmáticos de la región, (Figs. VI.3.1 y VI.3.2).

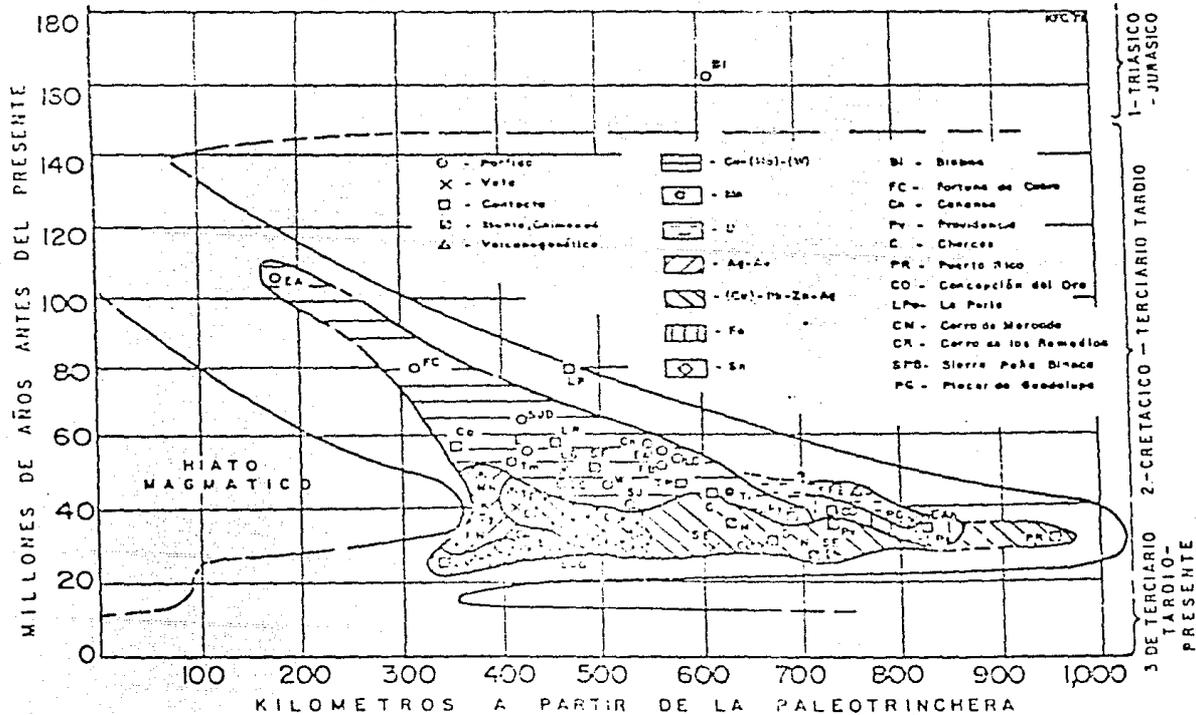


En las zonas aledañas al área de estudio, y dentro de ella, los eventos magmáticos, específicamente los relacionados al emplazamiento de -- cuerpos intrusivos y a episodios volcánicos, son los causantes principales de la mineralización, la cual ocurre en yacimientos principalmente de tipo hidrotermal, de metamorfismo de contacto y metasomáticos. La mayoría de ellos presentan una asociación de cobre, por lo que quedarían comprendidos, de acuerdo con Clark et al., (1979), dentro de la provincia metalogenética de pórfidos de cobre y molibdeno, cuya formación data de 106 a 40 Ma y se ubica entre los 180 y 575 Km de la paleotrinchera, -- durante el avance hacia el oriente del magmatismo inducido por una margen convergente (Fig. VI.3.2).

Roldán (1971), reporta dentro del área de estudio algunas zonas con mineralización importante tales como: Prospecto Cinco Estrellas, localizada a 1.3 Km al S80°E del poblado El Realito, donde existe un tiro a -- abandonado con vetas de cuarzo de 40 cm con hilillos de oro. Asimismo, en las cercanías de esta obra se encontraron carbonatos y sulfuros de cobre, con una ley de 233.5 gr/Ton de cobre. Ambas vetas están encajonadas en rocas metamórficas de la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada. Otra zona localizada a 1.2 Km al oeste del Rancho Higueritas, cerca de Chinobampo, muestra vetas de cuarzo con minerales oxidados, con espesores variables hasta un máximo de 1.5 m con rumbos preferentemente S30°W y una ley de 19 gr/Ton de cobre. Estas vetas se encuentran dentro de un cuerpo intrusivo granodiorítico y en el contacto de dicho cuerpo con la roca metamórfica perteneciente a la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada.

Por otra parte se hace referencia a algunos yacimientos de tipo secundario, tales como los depósitos de concentración mecánica, en forma --

# DISTRIBUCION DE YACIMIENTOS



TOMADO DE Clark, F.K. et al., (1979)

Fig. VI. 3.2

ciones clásticas Terciarias y en algunos depósitos residuales y aluvia -  
les del Reciente. Con relación a los primeros, se pueden mencionar -  
dentro de las areniscas pertenecientes a la Formación Maune, existen di-  
ferentes zonas con pequeñas anomalías de minerales pesados en forma de -  
cuerpos tabulares y lentes de 2 a 30 mm , concordantes a la estratifica-  
ción. Igualmente se conoce por comunicación verbal de los lugareños,  
la existencia de depósitos residuales y aluviales con yacimientos de pla-  
cer en la región El Realito y El Reparito, de donde los gambusinos ex --  
traen oro a escala sumamente pequeña.

La posibilidad de explotar minerales no metálicos en el área es apa-  
rentemente remota, aunque no deben descartarse las concentraciones de mi-  
nerales que existen en las rocas esquistosas pertenecientes al Complejo  
Metamórfico, que probablemente reúnan las características necesarias pa-  
ra formar un yacimiento económicamente explotable.

Finalmente, con respecto a zonas con probable mineralización, se pre-  
sentan al sur y oriente del poblado Chinobampo, como grandes derrames --  
riolíticos e ignimbríticos de la Formación Fuerte, que no fueron posi --  
bles de prospectar con este fin, debido a las pocas vías de comunicación  
existentes. No obstante, la zona puede ser considerada con un alto -  
potencial minero, debido a que existen en las cercanías del área varios  
yacimientos minerales encajonados en el mismo tipo de rocas.

Cabe hacer mención que dicha formación constituye parte de la Sie-  
rra Madre Occidental, en la cual se reportan numerosos yacimientos mine-  
rales con alto rendimiento económico.

#### VI.4 GEOTECNIA

Dentro de esta rama se han realizado importantes obras hidráulicas -

en el área, tal es el caso de la Presa Josefa Ortiz de Domínguez, que se ubica al noroccidente del poblado El Fuerte, abarcando con su vaso una -- área aproximada de 30 Km<sup>2</sup> dentro de la Formación Maune, en la cual se -- construyó su cortina de tipo enrocamiento, con una longitud de 2.5 Km y una altura de 30 m , utilizando para la misma, material de las Formaciones Fuerte, Maune y Hornillos. Esta presa es clasificada como múltiple dado que desarrolla las funciones de hidroeléctrica y de desvío, por lo que proporciona de energía eléctrica a un sector del poblado El Fuerte y alimenta una red de distribución de agua para riego hacia las diferentes zonas agrícolas de la región. Actualmente dicha distribución se realiza por medio del canal Fuerte-Mayo y sus siete diques intermedios, que cortan a las Formaciones Fuerte, Maune, Tesila, Vado y parte -- del complejo Metamórfico.

Con relación a sitios favorables dentro del área para el incremento de obras similares, éstas son poco probables, debido a que éstos ya fueron estudiados y en su caso realizados, por lo cual únicamente queda la posibilidad de llevar a cabo obras sumamente pequeñas para uso doméstico.

## VII. CONCLUSIONES

### 1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## VII. CONCLUSIONES

### VII.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del análisis realizado a la zona de estudio se desprenden algunas -- aseveraciones:

-Los diferentes eventos geológicos que afectaron a la región se manifiestan actualmente en el relieve y el sistema hidrográfico, por lo que se recomienda un mayor análisis de las geoformas y el drenaje, ya que éste último sigue preferentemente el patrón de fracturamiento y fallamiento de las unidades litológicas.

-Se reconoce para el Complejo Metamórfico un zoneamiento en el grado de metamorfismo desde anfibolita a esquistos verdes y la compatibilidad de algunas rocas de la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada, lo que permite sugerir que ambas pueden derivarse como una sóla unidad. Sin embargo, son necesarios trabajos más detallados en estas unidades que -- permitan determinar claramente su relación estratigráfica.

-La distribución del magmatismo intrusivo en la región de El Fuerte, se efectuó entre los 60 y 70 Ma , no obstante es conveniente un mayor número de determinaciones radiométricas para confirmar estos datos y así -- poder establecer una correcta correlación entre los cuerpos y su mineralización.

-Los cambios en la composición del magmatismo que migró de poniente a oriente se refleja en las Formaciones San Blas y Fuerte, consideradas como parte del supergrupo volcánico de la Sierra Madre Occidental, por -- lo que se recomienda un mayor detalle en la cartografía de estas dos uni

dades ya que se consideran con un alto potencial minero. Los derrames básicos de la Formación Hornillos se llevaron a cabo tentativamente a finales del Terciario y principios del Cuaternario, faltando datos --- cuantitativos que confirmen y definan ésta edad claramente.

-La totalidad de las formaciones sedimentarias en el área representan depósitos continentales producto de la erosión de las rocas preexistentes las cuales carecen de fauna fósil por lo que se estableció la columna estratigráfica de estas unidades únicamente y con base en su posición relativa.

-Se reconocen en la mayoría de las unidades Terciarias los efectos de un sistema de esfuerzos distensivos aparentemente asociados a la apertura del Golfo de California, los cuales son también observados dentro de la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada. Se considera que -- ésta unidad al igual que el Complejo Metamórfico, han sufrido por lo menos dos etapas de deformación. Sin embargo, falta un mayor detalle en dicho complejo para poder definir claramente los esfuerzos que actuaron en él.

-Considerando las relaciones observadas entre el Complejo Metamórfico y la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada, se propone un nuevo modelo geológico para el área, basado en un arco magmático Jurásico, en cuyo caso el Complejo Metamórfico quedaría más acorde con la zona de mayor profundidad y cuya relación con la Unidad Vulcanosedimentaria Metamorfoseada estaría marcada por una falla de profundidad con desplazamiento vertical, que posiblemente pueda estar representada por el Río Fuerte.

-La evaluación de los recursos naturales de la zona, arroja importantes posibilidades para el incremento y desarrollo de actividades económicas

cas, en aspectos principalmente de tipo minero y en la transformación de materias primas, por lo que un mayor detalle en la prospección de estos puntos será de interés.

## BIBLIOGRAFIA

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

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Anderson, T.H. and Silver, L.T. 1970, Reconnaissance survey of Precambrian Rocks, Northwestern Sonora, México. Geol. Soc. America, Abs. with Programs, V. 2 No. 7. Ann Meet. p. 484.
- Anderson, T.H., Eells, J.H. and Silver, L.T. 1978, Rocas precámbricas y paleozóicas de la región de Caborca, Sonora, México. - Libroto Guía del Primer Simposio sobre la Geología y el Potencial Minero del Estado de Sonora. Instituto de Geología, U.N.A.M. pp. 5 - 34.
- Atwater, T. 1970, Implications of Plate Tectonics for the Cenozoic Tectonic Evolution of Western North America. Geol. Soc. America, Bull. V. 81 p. 3513 - 3536.
- Boneaw, M. 1971, Una Nueva Area Cretácica Fosilífera en el Estado de Sinaloa. Bol. Soc. Geol. Mexicana. V. 32 No. 2 pp. 159-167.
- Beck, M.E., Burmester, R. F., Engebretson, D.C. and Schoonover, R. 1981, Northward Translation of Mesozoic Batholiths, Western -- North America: Paleomagnetic Evidence and Tectonic Significance. Geol. Int. Vol. 20 - 3, 1981, pp. 143 -162.
- Clark, K.F. 1976, Geologic section across Sierra Madre Occidental Chihuahua to Topolobampo, México: New Mex. Geol. Soc. Spec. Pub. No. 6, P. 26 - 38.
- Clark, F.K., Damon, E.P., Schutter, R.S. y Shaffiqullah, M. 1979, Magmatismo en el Norte de México en Relación a los Yacimientos Metalíferos. Rev. Geomimet, 106, p. 8 - 57.
- Coney, P.J. and Reynolds, S.J. 1977, Cordilleran Beniof zones. Nature, V. 270, p. 403 - 406. (Original no consultado citado en Damon, P.E., Shafiqullah, M. y Clark, F.K. 1981)
- Coney, P.M. 1978, Mesozoic - Cenozoic Cordilleran Plate tectonics: Geol. Soc. America Mem. 152, P. 33 - 50.
- Damon, P. E., Shafiqullah, M. and Clark, F. K. 1981, Age Trends of Igneous Activity in Relation to Metallogenesis in Southern Cordillera. Arizona Geological Society Digest. V. XIV -- Tucson Arizona. pp. 137 - 154.
- De Cserna, Z. y Kent, B. H. 1961, Mapa geológico de reconocimiento y secciones estructurales de la región de San Blas y El Fuerte

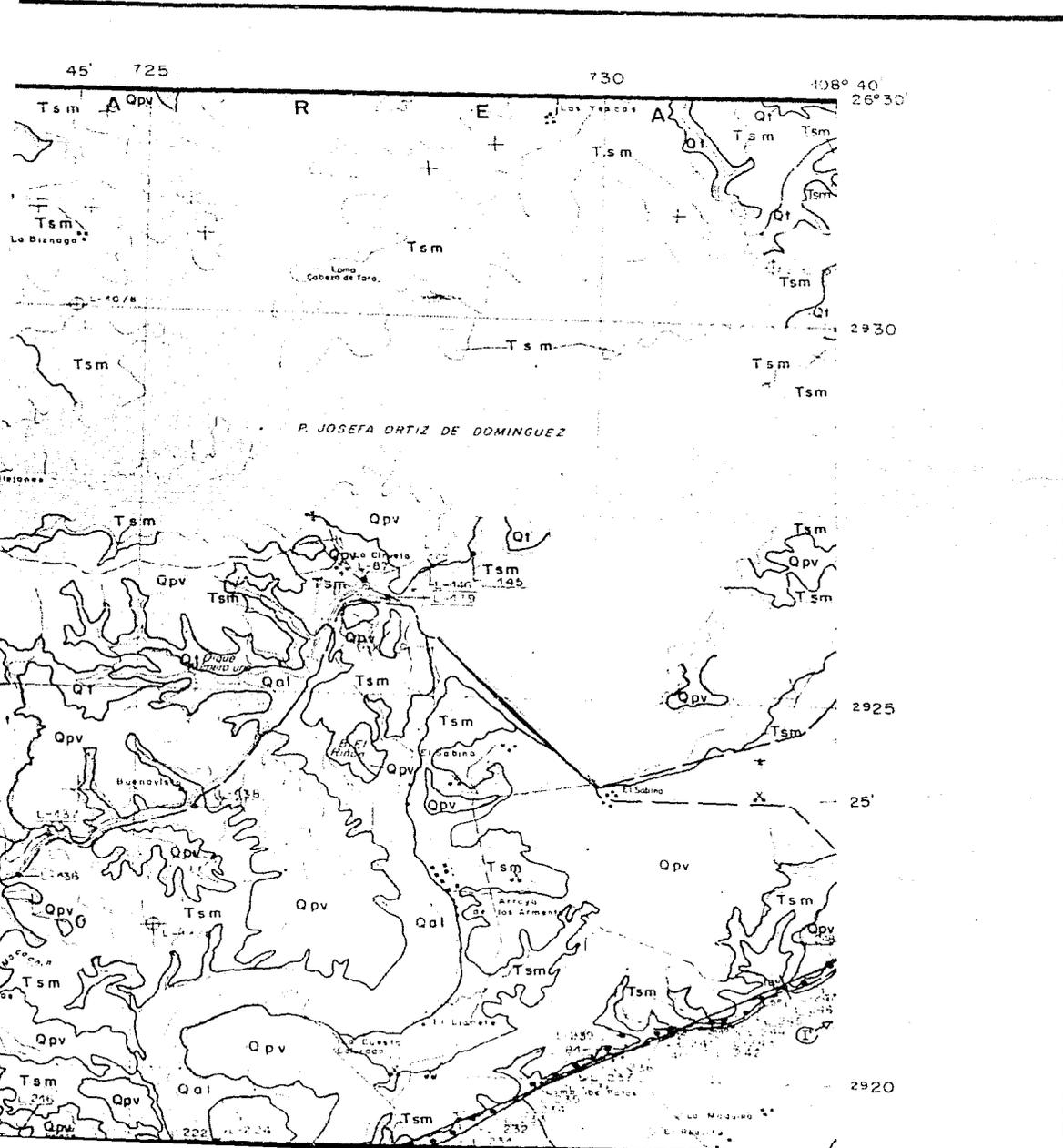
- De Cserna, Z, Schmitter, E., Damon, P.E. and Liringston, D.E. 1963, Edades isotopicas de rocas metamorficas del centro y sur de Guerrero y de una monzonita cuarcifera del norte de Sinaloa: Mexico, Inst. Geol. Bol. V. 64, p. 71 -84.
- De Cserna, Z. 1971, Precambrian Sedimentation, Tectonics, and Magmatism in México. Sonderdruck Aus Der Geologischen Rundschau -- Band 60, Ferdinand Enke, Verlag, Stuttgart. p. 1488 - 1513
- Demant, A., y Robin, C. 1975, Las fases del volcanismo en México; Una -- sintesis en relación con la evolución geodinámica desde -- el Cretácico. Revista Inst. Geol. U.N.A.M. 75 (1), pp. -- 70 - 83.
- Dumble, E.T. 1900. Notes on the geology of Sonora. Geol. Soc. of Am. Bull V. 11, pp. 122 - 152 (Original no consultado referido en De Cserna y Kent. 1961)
- Fredrikson, Goran. 1971, Geology of the Huitis and La Mision Quadrangles, Northernmost Sinaloa, Mexico. Tesis de Maestria. University of Texas at Austin, pp. 20 - 90.
- Garcia, E. 1973, Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Koppen; para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía U.N.A.M. 2ª Edición. 1973 p. 246.
- Gastil, R.G., Jensky, W and Barthelmy, D. 1976, La zona batolitica del -- sur de California y el Occidente de México: Bol. Soc. Geol. Mexicana V. 37, P. 84 - 90.
- Gonzales, R. 1956, Memoria Geologico - Minera del Estado de Chihuahua. XX Congreso Geológico Internacional. México p. 120 - 124 (Original no consultado referido en Roldan 1971).
- Henry, D.Ch. 1975, Geología y Geocronología del Complejo Batolitico Granítico, Sinaloa, México. Doctoral Dissert, University Texas, Austin. p. 158.
- King, P.B. 1939, Geological Reconnaissance in Northern Sierra Madre Occidental of Mexico. Geol. Soc. of Am. Bull. V. 50, pp. -- 1625 -1722. (Original no consultado referido en De Cserna y Kent. 1961).
- Malpica, C.R. 1972, Rocas marinas del paleozóico tardío en el área de San José de Gracia, Sinaloa [ abs ] : Soc. Geológica Mexicana - Mem 2 p. 174-175.
- Mc. Dowel, F.W. and Clabaugh, S.E. 1979, Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and the relation to the tectonic history of Western México; Geol. Soc. America, Spec. Paper 180, p. 113 - 123.

- Mc, Dowel, F.W. and Clabaugh, S. E. 1981, The igneous history of the Sierra Madre Occidental to the tectonic evolution of western Mexico. Inst. Geologia, Rev. Vol 5 Num. 2 U.N.A.M. p. 195-206).
- Mijashiro, A. (1961), Evolution of metamorphic belts. Jour Petrology, 2 pag: 277 -311.
- Mullan, H. S. 1978, Evolution of part of the Nevadian Orogen in Northwestern Mexico. Geological Society of America Bulletin. V. 89 pp. 1175 - 1188.
- Raisz, E. 1964, Landforms of México (mapa), Prepared for the Geography - Branch of the Office of Naval Research, Second Corrected Edition, Cambridge, Mass.
- Rangin, C. 1978, Consideraciones sobre la evolución geológica de la parte septentrional del Estado de Sonora. Libreto Guia del Primer Simposio sobre la Geologia y Potencial Minero del Estado de Sonora. Instituto de Geología U.N.A.M. p. 35 - 56.
- Rodriguez, R. y Córdoba, D.A. 1978, Atlas geológico y evaluación geológico minera del Estado de Sinaloa. Instituto de Geología -- U.N.A.M. y Secretaría de Desarrollo Económico del Estado -- de Sinaloa.
- Roldan, Q. J. 1971, Estudio Geológico de Reconocimiento de la Hoja Yecorato en la porción Septentrional del Estado de Sinaloa. - Instituto de Geología. U.N.A.M. p. 1 - 51.
- Wilson, E.D. 1939, Precambrian Matzalzal Revolución in Central Arizona. Geol. Soc. America. Bull. V. 50 pp. 1113 - 1164. (Original no consultado referido en Anderson 1978).





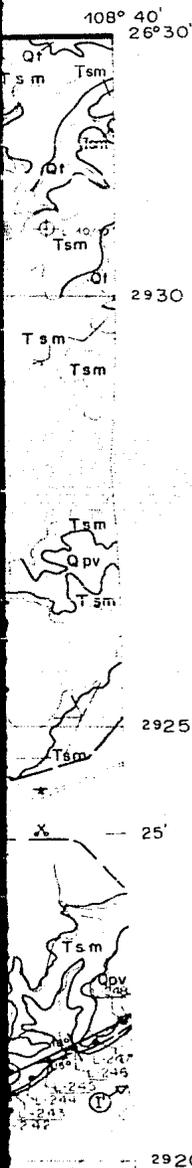
LAS ESTACAS, SIN.-SON. 26-27 (G12-b77)



ROCAS IGNEAS

C U A T E R N A R I O	PLIOCENO	Qol	Qt	Qol	Qt
	PLEISTOCENO RECIENTE	Qpv	Ts-Q(n)	Tst	Tsm
C E R C I A R I O	MIOCENO	Tst	Tsm	Tmt	Tsm
	OLIGOCENO	Tmt	Tsm	Tmt	Tsm
M E S O Z O I C O	PALEOCENO	Ks-Tr(Gr)	?	?	Mz-met
	SUP.	?	?	?	Mz-met - Un
	INF.	Mz-met	?	?	Mz-met - Un
	SUP.	?	?	?	Mz-met - Un
M E S O Z O I C O	TRIASICO	?	?	?	Mz-met - Un
	JURASICO	?	?	?	Mz-met - Un
	CRETACICO	?	?	?	Mz-met - Un
P A L E O Z O I C O	?	cm	?	?	cm - Cc
	?	cm	?	?	cm - Cc
	?	cm	?	?	cm - Cc
R E C A M B R I C O	?	cm	?	?	cm - Cc
	?	cm	?	?	cm - Cc

ROCAS IGNEAS, SEDIMENTARIAS Y METAMORFICAS



PRECAMBRI CO POSTERIOR	PALEOZOICO	MESOZOICO	CUATERNARIO	LEISTOCENO RECIENTE	Qal	Qr
				PLEISTOCENO	Qpv	
TRIASICO JURASICO CRETACICO	PALEOZOICO	MESOZOICO	CUATERNARIO	PLIOCENO	Ts-tilm	
				MIOCENO	Tsm	
				OLIGOCENO	Tmf	
				EOCENO		
				PALEOCENO	Tr-trigr	
				SUP	?	
				INF	Mz-met	
				SUP		
				MED		
				INF		
SUP						
MED						
INF						
					cm	

Qal ALUVION - Material de relleno en cauces de arroyos y zonas topográficamente bajas

Qr TALUD - Material de relleno en la base de las sierras. Fragmentos de tamaños variables en matriz limoarcillosa

Qpv FORMACION VADO - Deposito de terrazas. Fragmentos subredondeados de gravas y arenas en matriz limoarcillosa

Ts-tilm FORMACION TONILCO - Incluye brechas calcáreas y areniscas de fisura de composición básica

Tsm FORMACION TESILA - Conglomerados y brechas de fragmentos angulosos de rocas ígneas y metamórficas

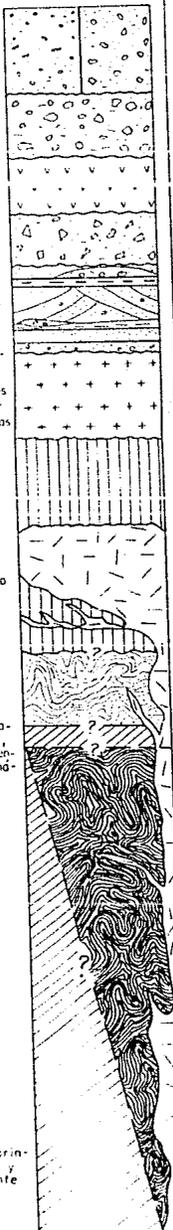
Tsm FORMACION MAUNE - Interbedas de areniscas, areniscas conglomeráticas, limolitas y lutitas dispuestas en estratos laminares u masivos. Existen lentes de conglomerados y una estratificación cruzada frecuente

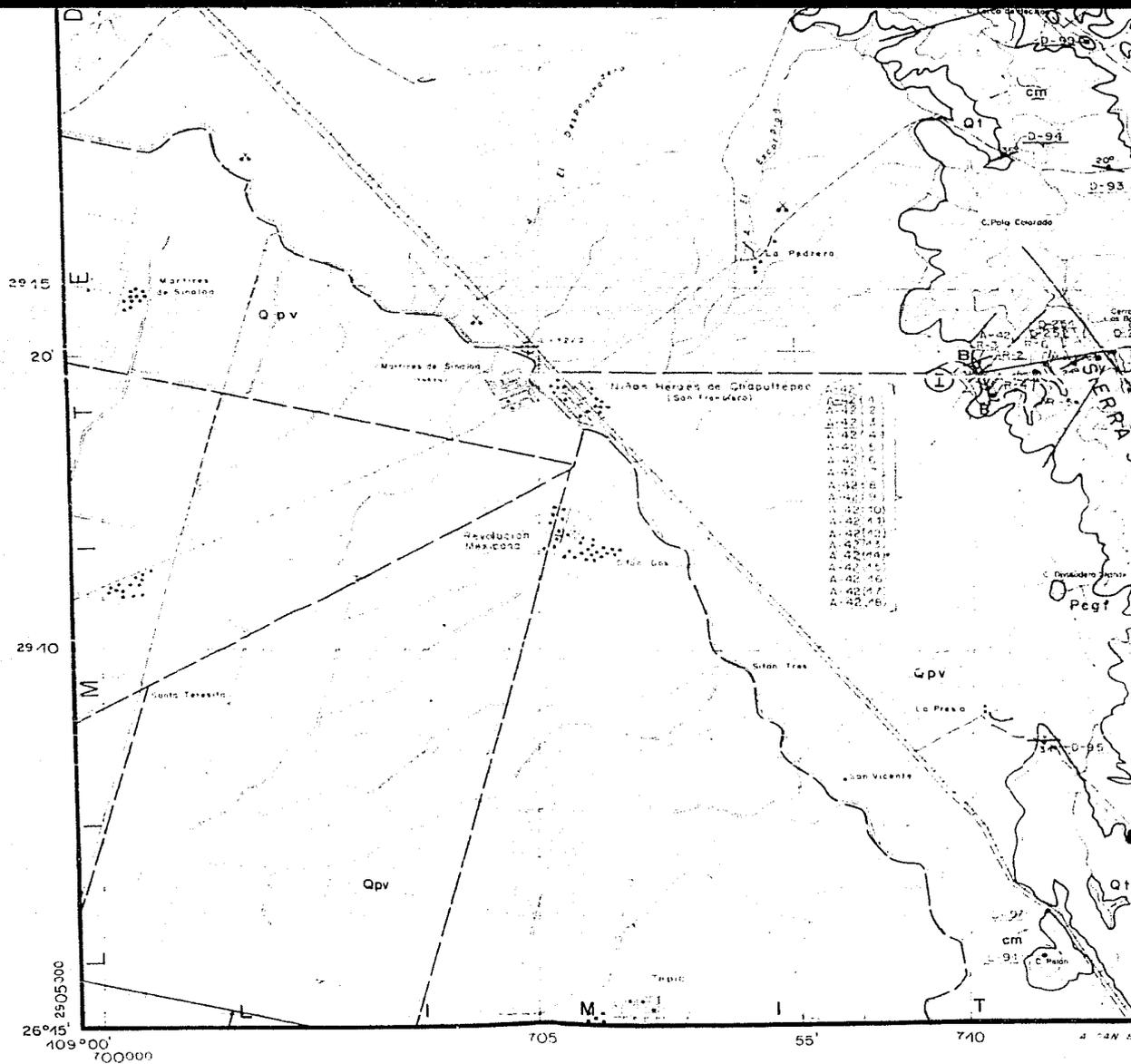
Tmf FORMACION FUERTE - Rocas ígneas extrusivas de composiciones ácida principalmente ignimbritas, en menor proporción flujos, tabas y brechas riolíticas

Tr-trigr - BATOLITO SINALOA - Rocas ígneas intrusivas del tipo granito con gran extensión superficial

Mz-met - UNIDAD VOLCANOSEDIMENTARIA METAMORFOSEADA - Rocas metamórficas tales como gneises, esquistos, melacalzas, pizarras y filitas intensamente plegadas e intrusadas por diques máficos y félsicos

cm - COMPLEJO METAMORFICO - Rocas metamórficas de alta grado principalmente Anfibolitas, esquistos y diques pegmatíticos, frecuentemente se asocian cuerpos intrusivos





A-42 1.1
A-42 2.2
A-42 3.3
A-42 4.4
A-42 5.5
A-42 6.6
A-42 7.7
A-42 8.8
A-42 9.9
A-42 10.0
A-42 11.1
A-42 12.2
A-42 13.3
A-42 14.4
A-42 15.5
A-42 16.6
A-42 17.7
A-42 18.8
A-42 19.9
A-42 20.0

29 15

20

29 10

25 05 300

26°15'

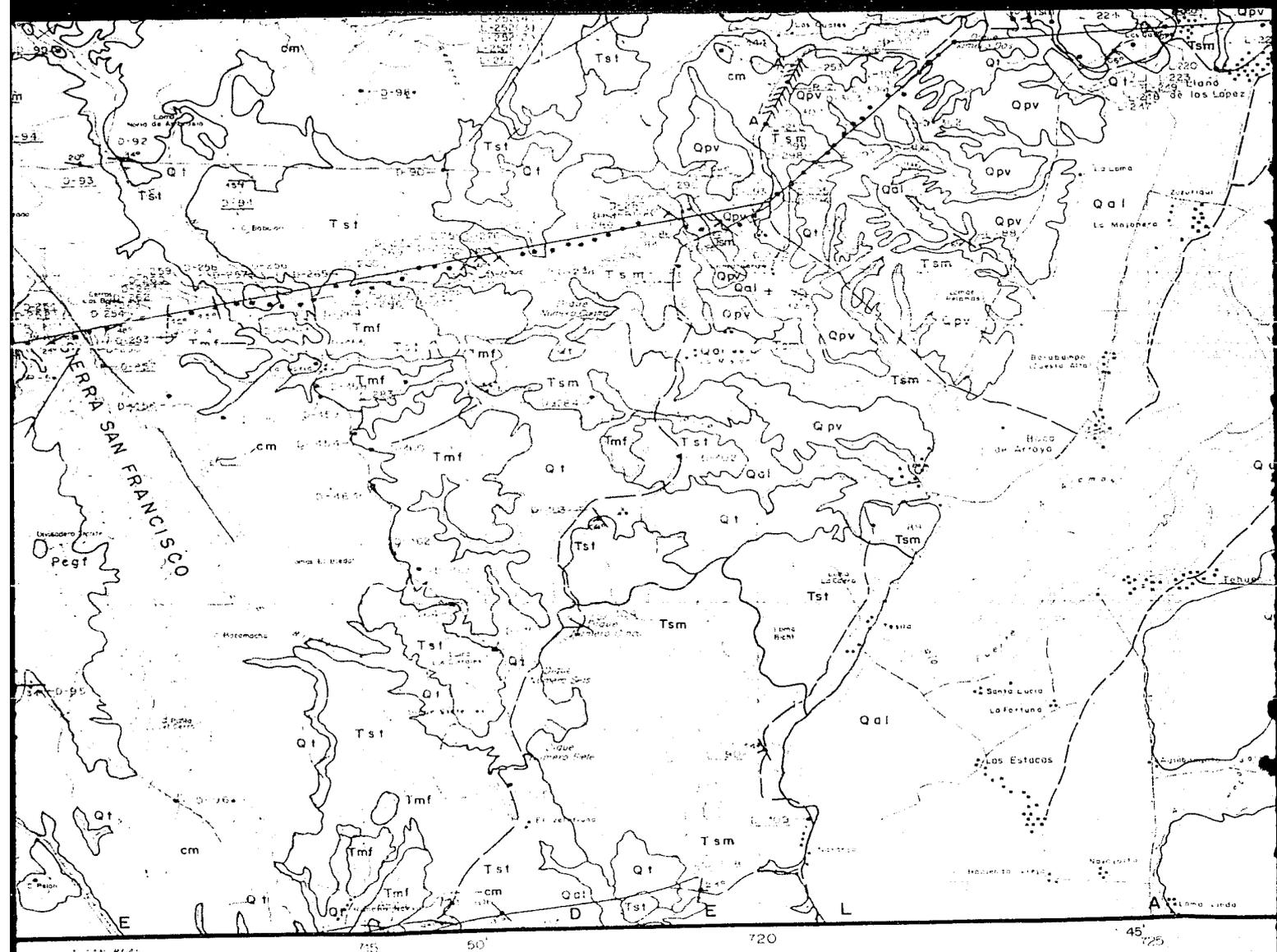
109°00' 700000

705

55'

740

1:50,000



4 14X #145

755

50'

720

45'

725





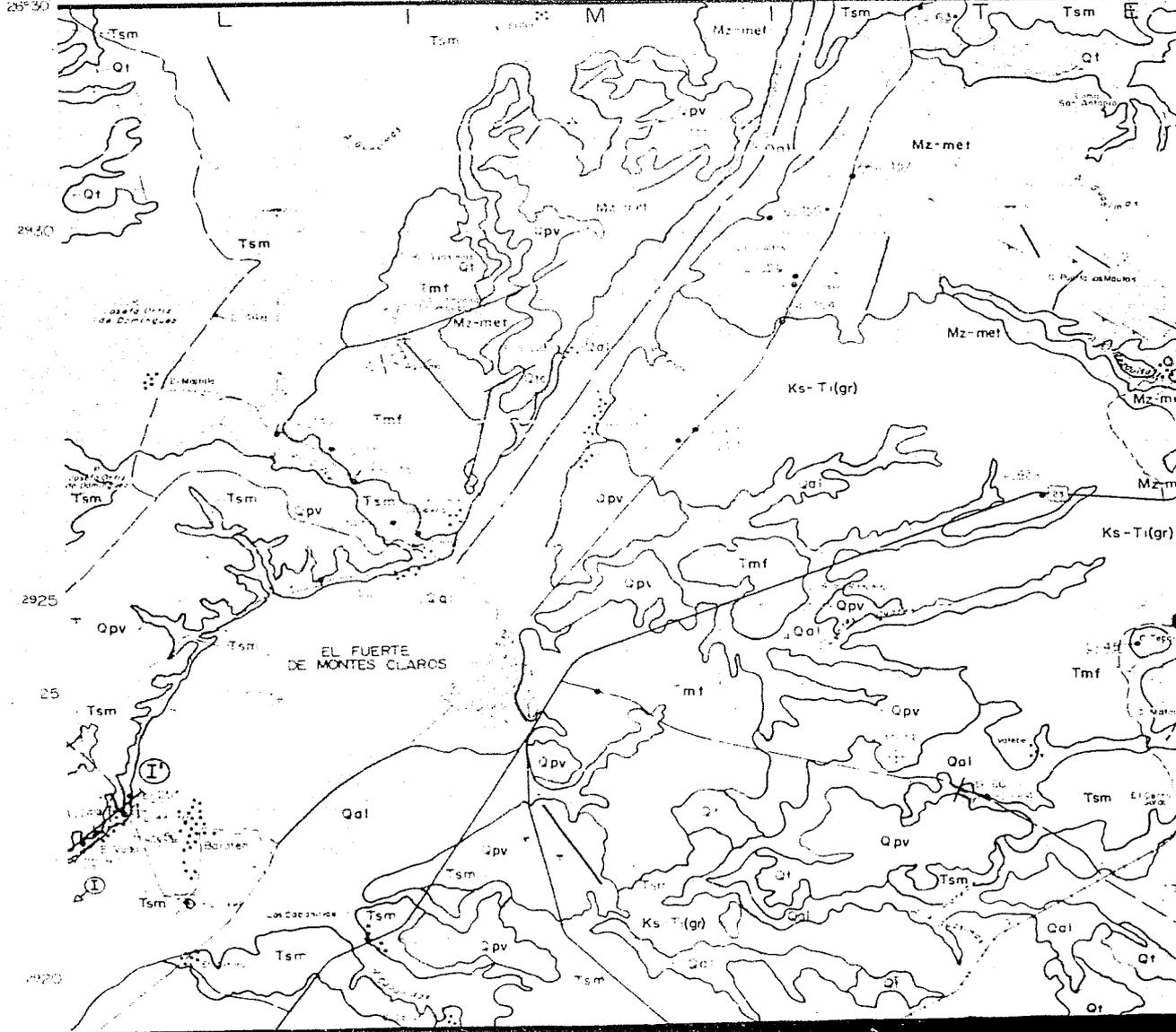
108°40'  
25°30'

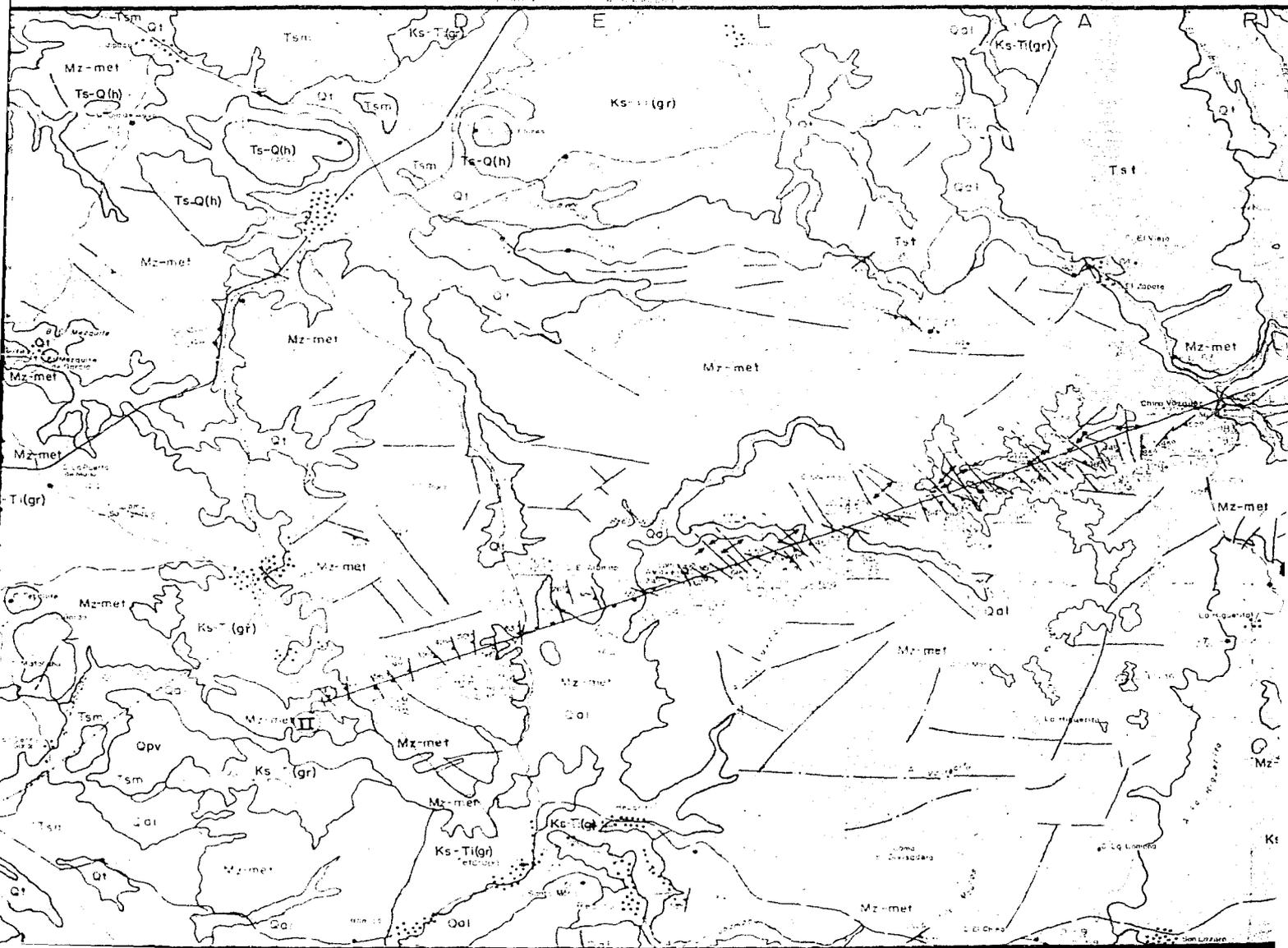
745

740 735

745

KILOMETROS

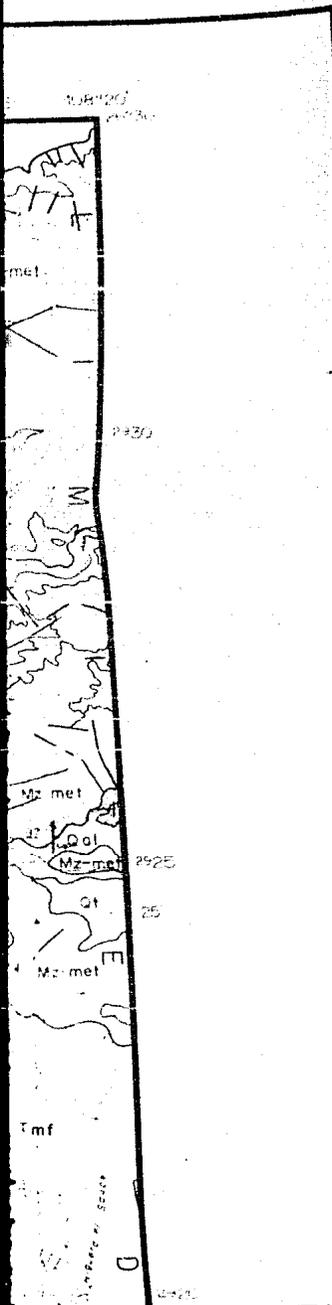






# ROCAS IGNEAS, SEDIMENTARIAS Y METAMORFICAS

ANT 27-27 IG12-b78



PERIODO	C U A T E R N A R I O		C E N O Z O I C O		M E S O Z O I C O		P A L E O Z O I C O	
	PLIOCENO	PLEISTOCENO RECIENTE	MIOCENO	OLIGOCENO	PALEOCENO	EOCENO	TRIASICO	JURASICO
CUATERNARIO	Qel	Qt					SUP	?
	Qav						INF	Mz-met
TERCIARIO	Tst						SUP	?
							INF	Mz-met
MESOZOICO							SUP	?
							INF	Mz-met
PALEOZOICO							SUP	?
							INF	Mz-met
PRECAMBRIICO							SUP	?
							INF	Mz-met
POSTERIOR								

Qel ALUVION - Material de relleno en cauces de arroyos y rios tectónicamente bajos

Qt TALUD - Material de relleno en la base de las barras. Fragmentos de tonos variables en matriz limarcillosa

Qav FORMACION VABU - Depósito de terrazas. Fragmentos subredondeados de gravas y arenas en matriz limarcillosa

Tst FORMACION HORNILLOS - Incluye brecha volcánica y derrames de figura de composición basáltica

Tmf FORMACION TESILA - Conglomerados y brechas fragmentos angulosos de rocas ígneas y metamórficas

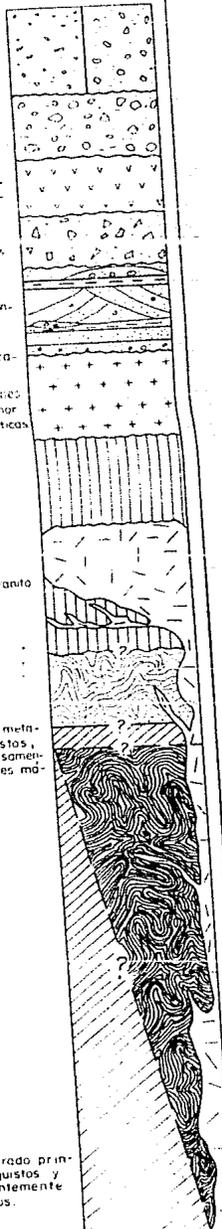
Tsm FORMACION MAUNE - Intercalaciones de areniscas, areniscas conglomeráticas, limolitas y lutitas dispuestas en estratos laminares u masivos. Existen lentes de conglomerados y una estratificación cruzada frecuente

Tmf FORMACION FUERTE - Rocas ígneas extrusivas de composición ácida principalmente ignimbritas, en menor proporción flujos, tabas y brechas ríolíticas

Ms-Tigr) BATOLITO SINALOA - Rocas ígneas intrusivas del tipo granito con gran extensión superficial

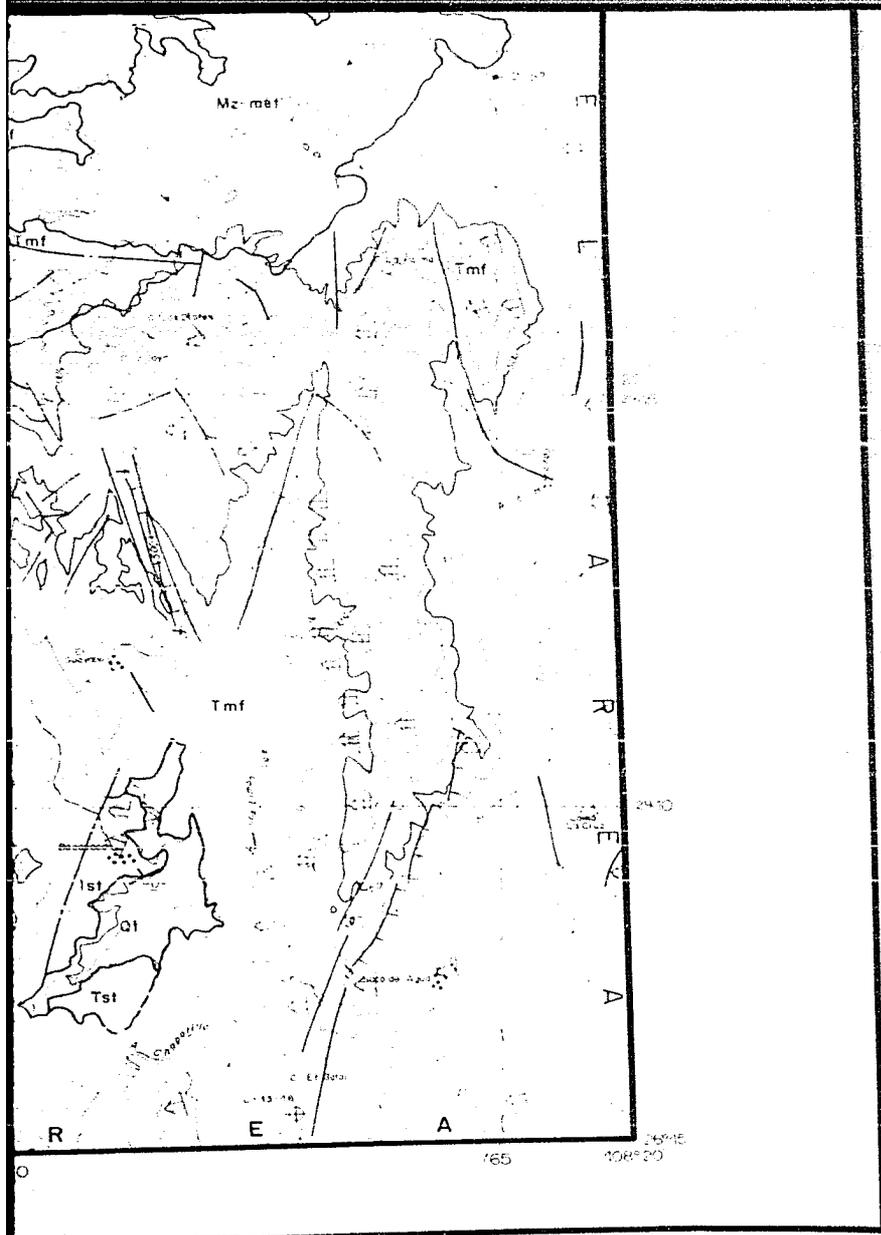
Mz-met - UNIDAD VOLCANOSSEDIMENTARIA METAMORFOSEADA - Rocas metamórficas tales como gneises, esquistos, metaolizos, pizarras y lilitas intensamente plegadas e intrusadas por diques máficos y félsicos.

cm - COMPLEJO METAMORFICO - Rocas metamórficas de alto grado principalmente Antifolitas, esquistos y diques pegmatíticos, frecuentemente se asocian cuerpos intrusivos.









P. ANT. - - -

**SIMBOLOS GEOLOGICOS**

- Contacto tectónico definido (línea discontinua inferida)
- Faja normal (franco estrado (bloque hundido))
- Falla - fractura (línea discontinua inferida)
- Echara fotogeológica
- Estrada medida en el campo
- Estratificación horizontal
- Estrada fotogeológica
- Estrada medida en el campo
- Estrada vertical
- Flajo fotogeológico
- Flajo medido en el campo
- Dique
- Sección estructural medida
- Columna estratigráfica medida
- Localidad visitada
- Localidad visitada y muestreada
- Localidad con muestra analizada
- Eje de Anticlinas
- Eje de Sinclinas

**SIMBOLOS TOP**

- Carretera
- Terracería
- Limite est
- Rancharía
- Río
- Arroyo
- Mina
- Aeropista
- Puente
- Canal
- Cortina
- Bordo
- Ferrocarril
- Túnel
- Lago
- Centro de

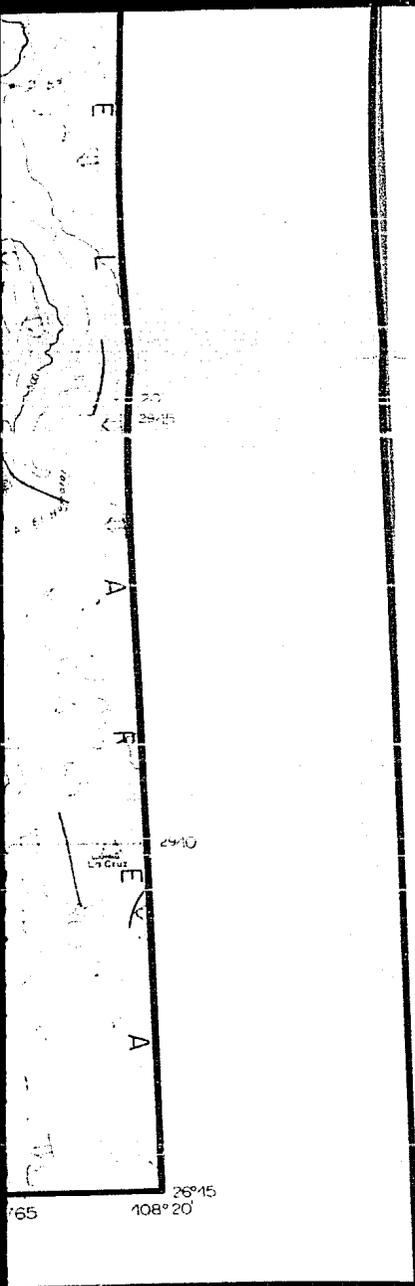


UNIVERSIDAD N  
AUTONOMA DE

FACULTAD DE INGEN  
TRABAJO ESCR

ESTUDIO GEOLOGICO DE  
EL FUERTE-LAS EST  
SONORA Y SINAL

RAMIRO FERNANDEZ TURNER



PR  
ANT

**SIMBOLOS GEOLOGICOS**

- Fractura tectonoestratigráfica definida (línea discontinua inferida)
- Falla normal (franco estrado bloque hundido)
- Falla y fractura (línea discontinua inferida)
- Echezo fotogeológico
- Faja medida en el campo
- Estratificación abrupta
- Faja fotogeológica
- Faja medida en el campo
- Faja vertical
- Faja fotogeológica
- Faja medida en el campo
- Dique
- Sección estructural medida
- Columna estratigráficas medidas
- J-25 Localidad visitada
- J-145 Localidad visitada y muestreada
- J-30 Localidad con muestra analizada
- Eje de Act. local
- Eje de Sinaloa

**SIMBOLOS TOPOGRAFICOS**

- Carretera pavimentada
- Terrestre vía trucha
- Límite estatal
- Centro poblado
- Población
- Río
- Arroyo
- Mina
- Aeródromo
- Puente
- Canal
- Cortina
- Urdido
- Camino
- Faja de material
- Lago
- Centro de fotografía aéreo-foto



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
TRABAJO ESCRITO

ESTUDIO GEOLOGICO DEL AREA  
EL FUERTE-LAS ESTACAS,  
SONORA Y SINALOA

RAMIRO FERNANDEZ TURNER

C. U.  
1987

3 4 5  
T R O S

# TRABAJO ESCRITO EL FUERTE-LAS ESTACAS

## COLUMNA ESTRUCTURAL MEDIDA A-A'

LOCALIDAD: SOBRE EL CANAL FUERTE-HAYO, AL NORTE DEL DIQUE No 3 (PLANO 66-87 LAS ESTACAS)

### FORMACION MAUNE

ESPESOR TOTAL MEDIDO 181.7 m

RAMIRO FERNANDEZ TURNER

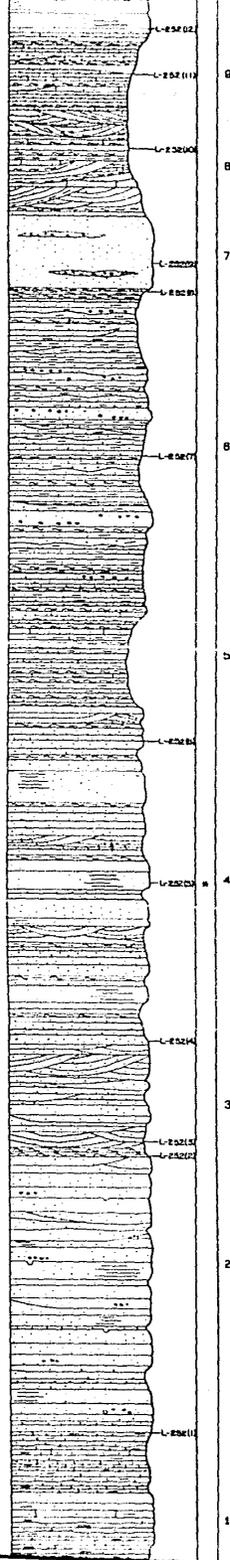
ESC. 1:500

CU 1987

ERA	SISTEMA	SERIE	FORMACION	Espesor en m	LITOLOGIA	MUESTRA	ANALISIS PETROGRAFICO	UNIDAD	DESCRIPCION
O C H I A O Z E	O O I I O O Z E	O O I I O O Z E	E		L-253	14			<p>La porción superior de esta columna esta constituida por una secuencia uniforme de areniscas arcillosas, poco consolidadas, dispuestas en capas delgadas y laminares, aunque la estratificación que presentan es burda con plano de estratificación irregular. Intemperizan en beige claro, y por lo regular son bastante desmenuzables. Generalmente se aprecian areniscas de grano fino, sin embargo, estas presentan una mala clasificación de granos en algunas porciones del paquete. Los fragmentos desmenuzables son principalmente de cuarzo y de rocas igneas. En algunos niveles de esta secuencia, aparecen intercalados algunos horizontes de limolitas y la porción superior de la misma se encuentra cubierta por esterilizados recientes.</p>
					L-250	13			<p>Intercalación de estratos delgados cuya continuidad lateral se pierde, de areniscas de grano fino y limolitas. Intemperizan en beige claro cenizo y craso, se encuentran regularmente compactadas, son porosas y algunas veces calcáreas.</p>
					L-236(f)	12			<p>Capas delgadas y laminares de areniscas de granos regularmente clasificados (mediano y fino) algunas veces arcillosas, medianamente compactadas y en ocasiones desmenuzables. Los fragmentos son esencialmente de cuarzo y feldespatos y presentan algunas laminitas de micas dispersas. Hacia la base de esta serie se puede apreciar una estructura de corte y relleno (canal de erosión).</p>
					L-2322	11			<p>Alternancia de areniscas de grano fino y limolitas. Ambas litologías se disponen en estratos delgados (de 5 a 13 cm) y tienden a ser laminares en las porciones mas arcillosas. Presentan grados de compactación variables y en algunos niveles de la secuencia se aprecia una incipiente estratificación cruzada. Intemperizan en beige cenizo con manchones grises, son ligeramente calcáreas y en ellas se detecta cierta porosidad. Sobre la porción media superior del paquete se localiza un horizonte de areniscas de estratificación media, bien compactadas y con lineamiento de partículas en algunas porciones.</p>
					L-23214	10			<p>Estratos gruesos y masivos de areniscas bien consolidadas, con estructura bandada definida por delgadas líneas oscuras constituidas por minerales pesados. Su color es beige claro en superficie fresca y beige grisáceo al intemperarse. La clasificación de sus granos es buena y estos son generalmente de mediano a fino. Son areniscas cuarzo-feldespaticas con fragmentos de roca, algunas veces calcáreas y con cierta porosidad.</p>
					L-23218	9			<p>Areniscas de grano fino a muy fino con variación a limolitas. Se disponen en estratos laminares y delgados aunque algunas se acumulan debido a la presencia de estructuras de corte y relleno. Pueden encontrarse bien litificadas o bien presentar una compactación baja. Su color de intemperarse es beige claro y son ocasionalmente calcáreas.</p>
					L-23210	8			<p>Intercalación de areniscas, limolitas y lutitas. Las capas son comúnmente delgadas aunque algunas arcillosas tienden a ser laminares. La estratificación cruzada se aprecia con cierta frecuencia. Las areniscas son de grano fino, contienen coque de calcáreas y presentan buen grado de compactación, a diferencia de las lutitas las cuales son frecuentemente desmenuzables.</p>
					L-23200	7			<p>Banco de areniscas de aproximadamente 4m de espesor, cuya discontinuidad lateral provoca variación en su espesor. Se encuentran bien litificadas. Intemperizan en beige grisáceo y en superficie fresca son beige claro. El tamaño de sus fragmentos es mediano aunque algunas veces aparecen delgados lentes gravilíticos; los clastos son básicamente de cuarzo, feldespatos y rocas igneas con laminitas de micas en menor proporción.</p>

O Z  
 O A  
 N H  
 O C  
 N R  
 E E  
 M I  
 A M

131.70m



grano es buena y estos son principalmente areniscas cuarzo-feldespáticas con fragmentos de rocas ígneas y calizas y con cierta porosidad.

Areniscas de grano fino a muy fino con variación e limolitas. Se disponen en estratos laminares y delgados aunque algunos se acúñan debido a la presencia de estructuras de corte y relleno. Pueden encontrarse bien litificadas o bien presentar una compactación baja. Su color de intemperismo es beige claro y son ocasionales calizas.

Intersección de areniscas, limolitas y lutitas. Las capas son comúnmente delgadas, aunque en las porciones más arcillosas tienden a ser laminares. La estratificación cruzada se aprecia con cierta claridad. Las areniscas son de grano fino, contienen escasamente limolitas y presentan buen grado de compactación, a diferencia de las lutitas las cuales son frecuentemente desmenuzadas.

Banco de areniscas de aproximadamente 4m de espesor, cuya discontinuidad lateral provoca variación en su espesor. Se encuentran bien litificadas. La estratificación se define con claridad en algunas porciones, pero en otras puede aparecer burda; se aprecian estratificación, las areniscas gravilíticas presentan fragmentos subangulosos y subredondos de cuarzo y rocas ígneas, cuyo tamaño varía desde los cuises hasta arenas gruesas, incluidos en una matriz limoarcillosa. En la porción superior de este paquete existe un horizonte de limolitas arcillosas que adquieren estratificación laminar.

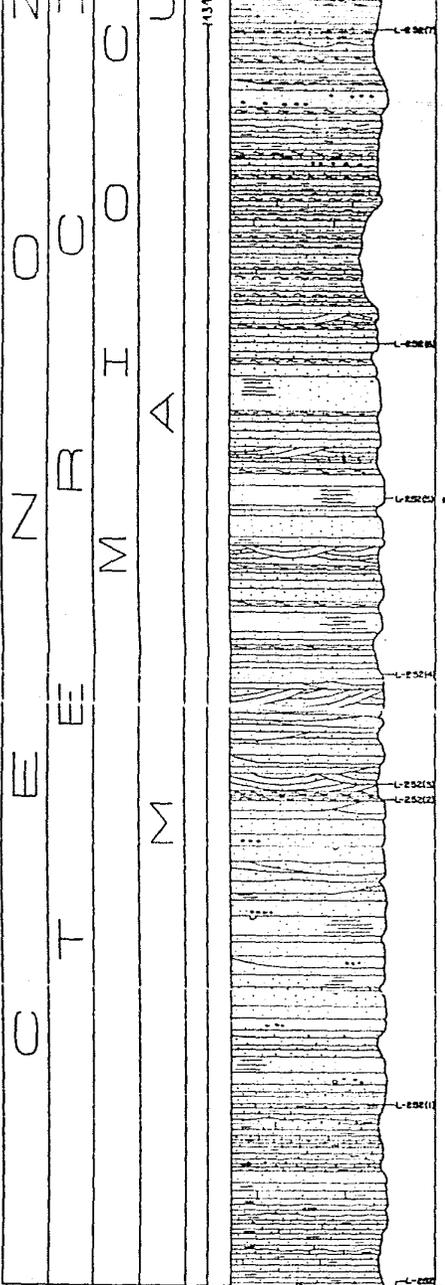
Areniscas de grano fino arcillosas intercaladas con limolitas, algunas con estratificación regularmente definida, dispuestas en capas delgadas de 3 a 20cm de potencia, intemperadas en beige claro y presentan poca compactación al intemperarse.

Estratos de areniscas de espesor variable desde 30 hasta 120cm de espesor; el adelgazamiento de las capas no es frecuente por lo que presentan buena continuidad lateral. El lineamiento y la estratificación cruzada se presentan como estructuras internas de algunas capas; generalmente se encuentran bien compactadas, su color en superficie fresca es beige claro grisáceo y poseen cierta porosidad. El tamaño de grano varía de medio a fino aunque se detectan areniscas de grano fino, las cuales adquieren una estructura laminar. El estudio petrográfico de la muestra L-252(3) reporta una subredondeada de cuarzo, feldespatos y rocas estruvasas, incluidos en una matriz formada por un agregado de ceniza volcánica con diseminaciones de minerales arcillosos, hematita y limonita. Hacia la base de esta secuencia aparece un horizonte de 1.5m de espesor de lutitas calcáreas en estratos laminares.

Estratos de espesor variable debido a su acúñamiento de areniscas cuarzo-feldespáticas, de grano medio, bien consolidadas, de color de intemperismo pardo cenizo con manchones gris oscuro. El acúñamiento produce capas lenticulares cuyo espesor llega hasta 80 cm, presentan estratificación cruzada, algunas fracturas se encuentran rellenas por calcita cristalina y se detecta cierto grado de porosidad. Hacia la base del paquete se intercalan delgados horizontes de limolitas y lutitas arenosas.

Areniscas en estratos gruesos y masivos principalmente (80, 90 y 150cm de espesor), entre los que se intercalan algunas capas de 15 a 30cm de potencia. En ciertas porciones se observan estructuras de corte y relleno por lo cual las capas no conservan su espesor lateralmente. En ocasiones se observan calcas de carga y lineamiento de partículas producido por acumulación de minerales pesados. Su color en superficie fresca es beige claro grisáceo e presentan un intemperismo en pardo cenizo. Los granos varían de subredondeados a subangulosos y son principalmente de cuarzo, feldespatos y rocas ígneas de color rojizo, con abundantes laminitas de muscovita y biotita; en general su tamaño varía de medio a fino, aunque existen algunas porciones gravilíticas, donde los fragmentos mayores son de rocas ígneas estruvasas, con buen grado de redondeamiento; presentan cierta porosidad.

Areniscas de grano fino a muy fino, bien compactadas, con buena estratificación, dispuestas generalmente en capas delgadas de 1 a 5 m de espesor aunque hacia la porción media de este paquete sobresalen algunas capas hasta de 30cm de potencia. Las juntas de estratificación se observan algunas veces irregulares y en general las arcillosas presentan un bajo grado de fracturamiento. Son areniscas arcillosas, algo calcáreas, con fragmentos principalmente de cuarzo y abundantes laminitas de mica oscuras. No se observa el



8  
 algunas porciones, pero en otras partes aparecen en forma de  
 areniscas algunas capas lenticulares y ondulado de los planos de  
 estratificación. Las areniscas gravillantes presentan fragmentos  
 subangulosos y subredondeados de cuarzo y rocas ígneas, cuyo tama-  
 ño varía desde las guijas hasta areniscas gruesas, incluidos en una  
 matriz limocarcillosa. En la porción superior de este paquete existe  
 un horizonte de limolitas arcillosas que adquieren estratifica-  
 ción laminar.

5  
 Areniscas de grano fino arcillosas intercaladas con limolitas, am-  
 bas con estratificación regularmente definida, dispuestas en capas  
 delgadas de 3 a 20cm de potencia. Interperizan en beige claro cenizo,  
 su grado de compactación es bajo, son algo calcáreas y presen-  
 tan poca resistencia al intemperismo.

4  
 Estratos de areniscas de espesor variable desde 30 hasta 120cm de  
 espesor; el escuñamiento de las capas no es frecuente por lo que  
 presentan buena continuidad lateral. El lineamiento y la estrati-  
 ficación cruzada se presentan como estructura interna de algunas  
 capas; generalmente se encuentran bien compactadas, su color en  
 superficie fresca es beige claro grisáceo y poseen cierta porosi-  
 dad. El tamaño de grano varía de medio a fino aunque se detectan  
 cambios texturales en algunas porciones a limolitas arcillosas y  
 areniscas de grano fino, las cuales adquieren una estructura lami-  
 nar. El estudio petrográfico de la muestra L-252 (5) reporta una  
 roca de textura piroclástica-epiclastica-samiítica con fragmentos  
 de cuarzo, feldespatos y rocas extrusivas inclusi-  
 das en una matriz formada por un agregado de ceniza volcánica con  
 diseminaciones de minerales arcillosos, hematita y limonita. Hacia  
 la cima de esta secuencia aparece un horizonte de 1.5m de espesor  
 de lutitas calcáreas en estratos laminaras.

3  
 Estratos de espesor variable debido a su escuñamiento de areniscas  
 cuarzo-feldespaticas, de grano medio, bien compactadas, de color  
 de intemperismo pardo cenizo con manchones gris oscuro. El escuñ-  
 amiento produce capas lenticulares cuyo espesor llega hasta 60 cm  
 presentan estratificación cruzada, algunas fracturas se encuentran  
 rellenas por calcita cristalina y se detecta cierto grado de porosi-  
 dad. Hacia la base del paquete se intercalan delgadas horizontes  
 de limolitas y lutitas arenosas.

2  
 Areniscas en estratos gruesos y masivos principalmente (80, 80 y  
 150cm de espesor), entre los que se intercalan algunas capas de  
 15 a 30cm de potencia. En ciertas porciones se observan estructu-  
 ras de corte y relleno por lo cual las capas no conservan su espe-  
 sor lateralmente. En ocasiones se observan calcos de carga y un  
 lineamiento de partículas producido por acumulación de minerales  
 pesados. Su color en superficie fresca es beige claro grisáceo e  
 intemperizan comúnmente en pardo cenizo. Los granos varían de sub-  
 redondeados a subangulosos y son principalmente de cuarzo, feldes-  
 patos y rocas ígneas de color rojizo, con abundantes laminitas de  
 muscovita y biotita; en general su tamaño varía de medio a fino  
 aunque existen algunas porciones gravillantes, donde los fragmen-  
 tos mayores son de rocas ígneas extrusivas, con buen grado de re-  
 conocimiento, presentan cierta porosidad.

1  
 Areniscas de grano fino a muy fino, bien compactadas, con buena  
 estratificación, dispuestas generalmente en capas delgadas de 1 a 5  
 cm de espesor aunque hacia la porción media de este paquete sobre-  
 salen algunas capas hasta de 50cm de potencia. Las juntas de est-  
 ratificación se observan algunas veces irregulares y en general  
 estas rocas presentan un bajo grado de fracturamiento. Son arenis-  
 cas arcillosas, algo calcáreas, con fragmentos principalmente de  
 cuarzo y abundantes laminitas de sílice oscuras. No se observa el  
 contacto inferior de la unidad con la formación subyacente.

EXPLICACION  
 LITOLOGIA

ESTRATIFICACION

	LAMINAR Y DELGADA
	MEDIA
	GRUESA
	MASIVA

	ARENISCAS
	ARENISCAS ARCILLOSAS
	LIMOLITAS
	LUTITAS
	LUTITAS ARENOSAS

ESTRUCTURAS

	ESTRATIFICACION CRUZADA
	ESTRUCTURA DE CORTE Y RELLENO (ACUÑAMIENTO DE CAPAS)
	CALCOS DE CARGA
	LINEAMIENTO DE PARTICULAS

# TRABAJO ESCRITO EL FUERTE-LAS ESTACAS

## COLUMNA ESTRUCTURAL MEDIDA B-B'

LOCALIDAD: CARIÑO A LA TORRE DE MICROONDAS SAN FRANCISCO (PLANO 00-07)

COMPLEJO METAMORFICO

ESPESOR TOTAL MEDIDO 77.0 m

ERC. 4: 800

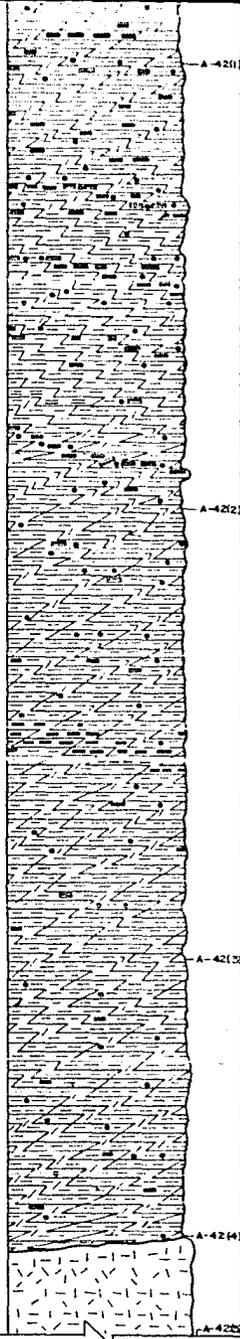
RAMIRO FERNANDEZ TURNER

CU 1987

ERA	SISTEMA	FORMACION	E Espesor en m	LITOLOGIA	MUESTRA	UNIDAD	DESCRIPCION
			77.00 m		A-421 A-422 A-423	U	<p>Esquistos de biotita de color verde oscuro a pardo oscuro que intemperizan en gris verdoso y pardo anaranjado claro, presentan abundantes minerales de cuarzo y feldespatos, y en una forma escasa epidota, clorita y anfíboles, sin embargo en ocasiones estos últimos llegan a formar lentes de 2.5cm de espesor. La foliación es penetrante y en ocasiones se observa estratificación relicta, siem- pre que varía de 20 a 30cm de potencia. Se intercalan esporádicos cuerpos tabulares de minerales cuarzo-feldespáticos de color blanco rosado con espesores de 20 a 30cm. Comúnmente los esquistos presentan abundantes micropliegues, así como un fracturamiento subvertical, estructura que afecta igualmente a los cuerpos. Ambas rocas muestran una estructura compactada, es variable siendo prácticamente nula en las porciones que presentan mayor grado de intemperismo. Las vetas y vetillas de cuarzo son estructuras que se encuentran en forma abundante y en algunas zonas, las rocas exhiben diseeminación de óxidos. En los niveles inferiores de esta unidad se presentan cuerpos de anfíbolitas intercaladas con los esquistos. Las anfíbolitas son de color verde oscuro tanto en muestra fresca como al intemperismo. Presentan una textura bandada y una estructura compacta. Se observan bastantes fracturadas, y en ocasiones llegan a mostrar segregaciones de cuarzo blanco lechoso en forma lenticular.</p> <p>Intercalaciones de esquistos de biotita y anfíbolitas. Los esquistos se presentan de color verde oscuro y pardo claro al fresco e intemperizan a tonos de gris verdoso y pardo anaranjado claro; ocasionalmente se asocian minerales de cuarzo y feldespatos. Las</p>

M E S O Z O I C O  
J U R A S I C O  
C O M P L E J O M E T A M O R F I

77.00 m



... que varia de 20 a 30 cm de espesor. Se intercalan esporádicos cuerpos tabulares de minerales cuarzo-feldespáticos de color blanco rosado con espesores de 20 a 30 cm. Comúnmente los esquistos presentan abundantes microplicaturas, así como un fracturamiento subvertical, estructura que afecta igualmente a los cuerpos. Ambas rocas muestran una estructura compactada, es variable siendo prácticamente nula en las porciones que presentan mayor grado de intemperismo. Las vetas y vetillas de cuarzo son estructuras que se encuentran en forma abundante y en algunas zonas, las rocas exhiben diseminación de óxidos. En los niveles inferiores de esta unidad se presentan cuerpos de anfibolitas intercalados con los esquistos. Las anfibolitas son de color verde obscuro tanto en muestra fresca como al intemperismo. Presentan una textura bandea y una estructura compacta. Se observan bastante fracturadas, y en ocasiones llegan a mostrar segregaciones de cuarzo blanco lechoso en forma lenticular.

Intercalaciones de esquistos de biotita y anfibolitas. Los esquistos se presentan de color verde oscuro y pardo claro al fresco e intemperizan a tonos de gris verdoso y pardo anaranjado claro; ocasionalmente se asocian minerales de cuarzo y feldespatos. Las anfibolitas son de color verde oscuro y varían a diferentes tonos de verde al intemperismo. La intercalación de estas y los esquistos no es rítmica y se observa en ambas litologías una estratificación relicta, presentando un acunamiento lateral debido al metamorfismo y en algunos intervalos la foliación pasa a ser la característica dominante. Existen abundantes lentes, vetas y vetillas de cuarzo; así mismo es notoria la presencia de pliegues y fracturas en abundancia. Por otra parte la disposición estructural de la roca es tónica en el sector que se encuentra en contacto con la pegmatita.

Dique de pegmatita constituido esencialmente por cuarzo, feldespatos y en forma accesorias muscovitas, es de color blanco que por intemperismo cambia a crema con manchones anaranjados, es de forma irregular y en su porción media existe un mayor desarrollo de mica. El fracturamiento de esta roca es abundante. Presenta una estructura compacta y forma crestones resistentes a la erosión.

E X P L I C A C I O N



PLIEGUES



PEGMATITA



MICAS



CUARZO

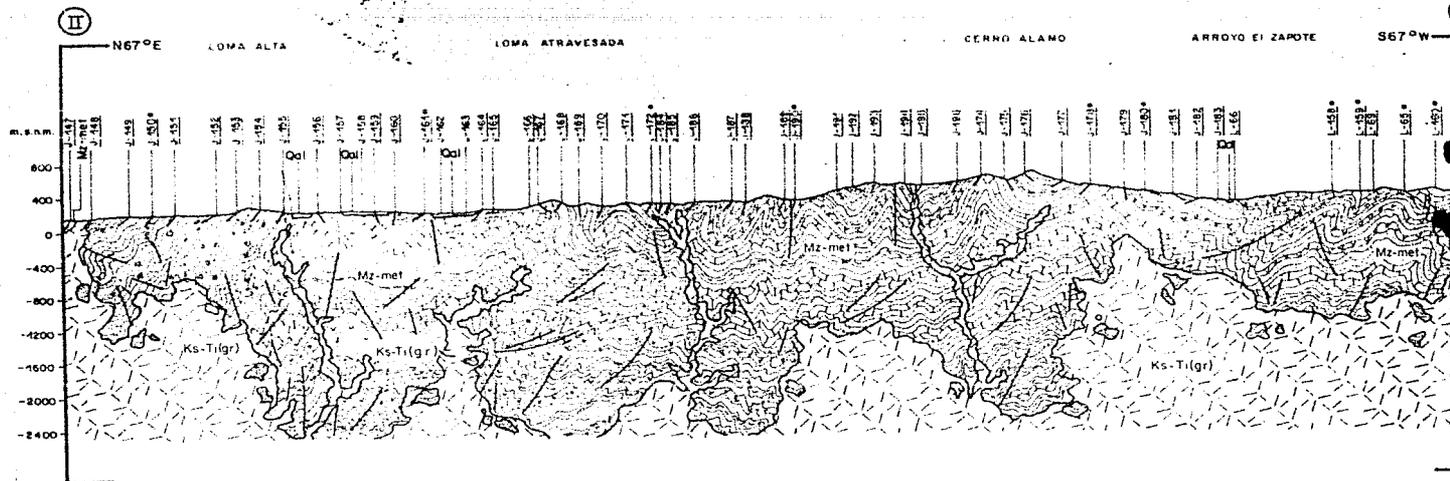
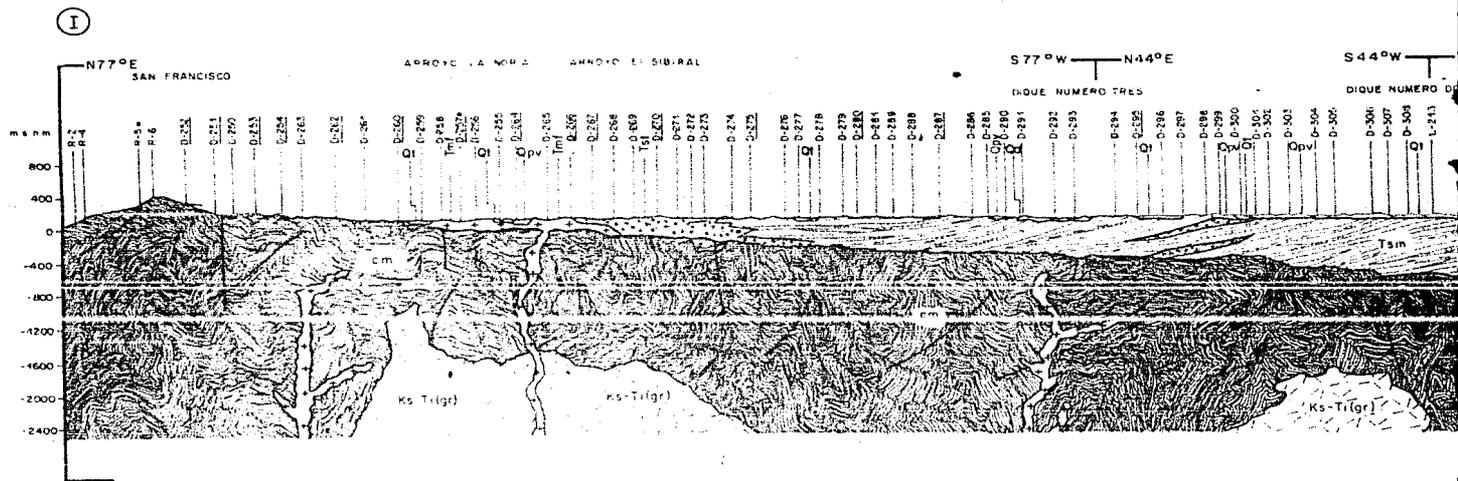


FELDESPATOS



ANFIBOLES

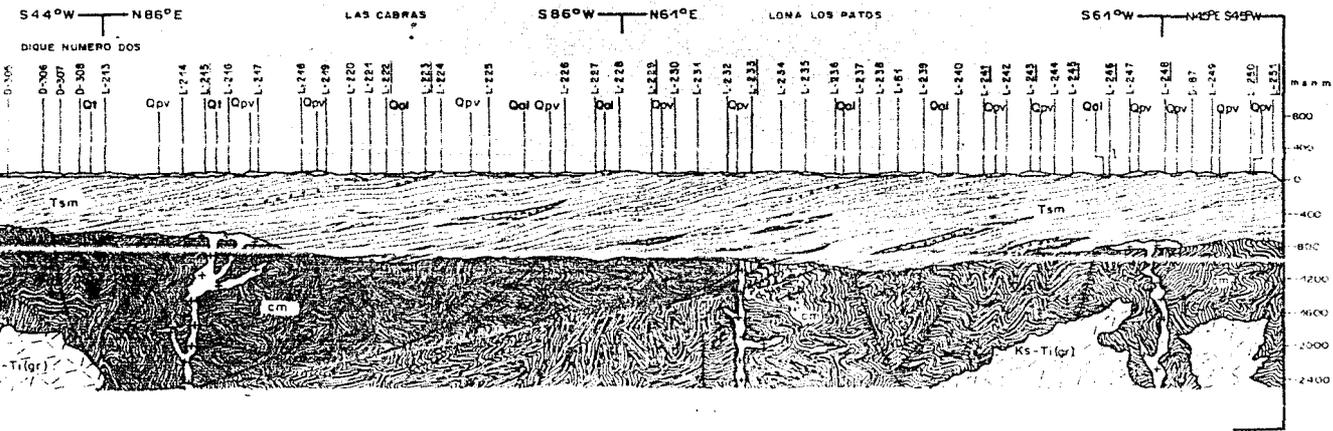
# S E C C I O N E S G E



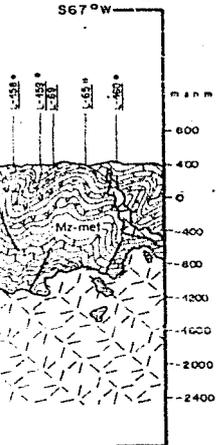
ESC. HORIZONTAL

# G E O L O G I C A S

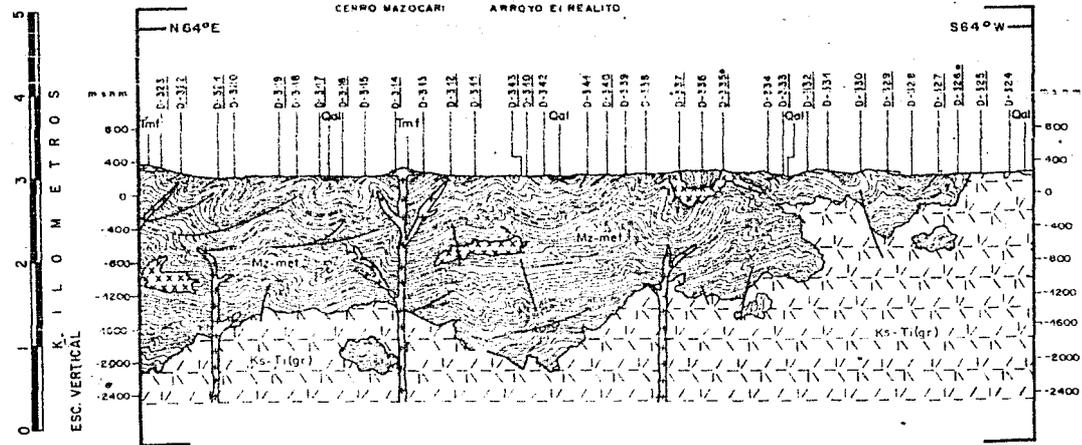
I



II



III

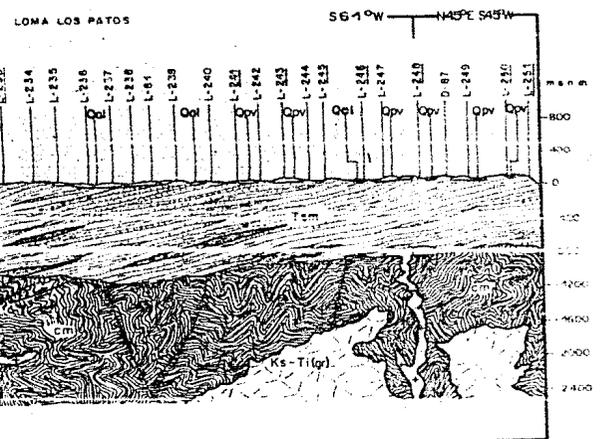


III

A S

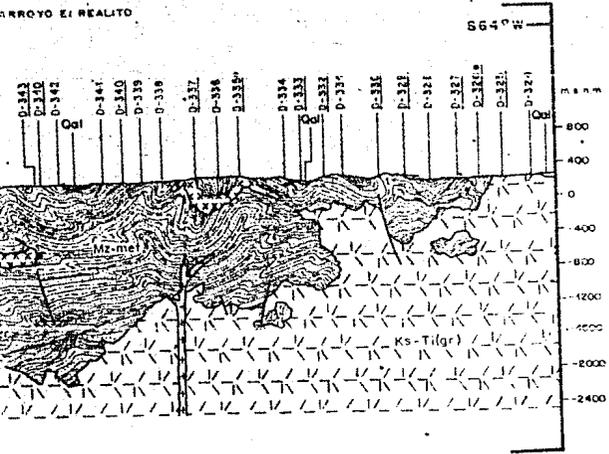
I'

# EXPLICACION



Oal	Oal - ALUVION	
Qt	Qt - TALUD	
Qpv	Qpv - FORMACION VADO	
Ts-Q(h)	Ts-Q(h) - FORMACION HORNILLOS	
Tst	Tst - FORMACION TESILA	
Tsm	Tsm - FORMACION MAUNE	
Tmf	Tmf - FORMACION FUERTE	
Ks-Ti(gr)	Ks-Ti(gr) - BATOLITO SINALOA	
Mz-met	UNIDAD Mz-met - VULCANOSEDIMENTARIA METAMORFOSEADA	
cm	cm - COMPLEJO METAMORFICO	

III'





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TRABAJO ESCRITO

ESTUDIO GEOLOGICO DEL AREA  
EL FUERTE - LAS ESTACAS  
SONORA - SINALOA

RAMIRO FERNANDEZ TURNER C.U. 1987