



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

**ESTUDIO GEOLOGICO - MINERO DE LA ZONA DE
LAS PLAYAS, CHIH.**

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO GEOLOGO

P r e s e n t a :

HUGO DELGADO GRANADOS

México, D. F.

1983





Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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.

I N D I C E

	página
RESUMEN	1
CAPITULO I.- INTRODUCCION	3
1.1.- INTRODUCCION	4
1.2.- ANTECEDENTES	5
1.3.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO	5
CAPITULO II.- GENERALIDADES	7
2.1.- LOCALIZACION Y EXTENSION	8
2.2.- VIAS DE COMUNICACION	3
2.3.- POBLACION Y CULTURA	12
2.4.- CLIMA	12
2.5.- ASPECTOS NATURALES	14
2.6.- TRABAJOS PREVIOS	16
2.7.- METODOLOGIA	17
CAPITULO III.- FISIOGRAFIA	19
3.1.- PROVINCIA FISIOGRAFICA	20
3.2.- GEOMORFOLOGIA	21
3.3.- HIDROGRAFIA	23

CAPITULO IV.- GEOLOGIA	24
4.1.- ESTRATIGRAFIA	28
A. DESCRIPCION DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS	28
A.1.- MESOZOICO	28
A.1.1.-FORMACION LA CASITA	28
A.1.2.-FORMACION LAS VIGAS	31
A.1.3.-FORMACION CUCHILLO	34
A.1.4.-FORMACION BENIGNO	36
A.1.5.-FORMACION CALILIS Y LUTITAS SIN	40
NOMBRE	
A.1.6.-FORMACION FINLAY	44
A.1.7.-FORMACION BENEVIDES	48
A.1.8.-FORMACION LOMA DE PLATA	51
A.1.9.-FORMACION DEL RIO	55
A.1.10.-FORMACION BUDA	58
A.2.- CENOZOICO	62
A.2.1.-TERCIARIO CONGLOMERADOS	62
A.2.2.-TERCIARIO ARENISCAS Y CONGLOMERADOS	66
A.2.3.-DEPOSITOS RECIENTES	68
B. DESCRIPCION DE LAS ROCAS IGNEAS	71
B.1.- GRUPO TOSESIHUA	71
B.1.1.-CUARZO MONZONITA	71
B.1.2.-CUARZO MONZONITA DE BIOTITA	75

B.2.- GRUPO LOS COLORADOS	78
B.2.1.- PORFIDO RIOLITICO	78
B.2.2.- RIOLITAS Y TOBAS RIOLITIGAS ALCALINAS	81
B.2.3.- RIOLITAS FLUIDALES	86
B.3.- PETROGENESIS DE LAS ROCAS VOLCANICAS	89
4.2.- TECTONICA	93
4.2.1.- TECTONICA REGIONAL	94
A. PRELARAMIDICA	94
B. LARAMIDICA	94
C. POSTLARAMIDICA	95
4.2.2.- ANALISIS TECTONICO ESTRUCTURAL	96
4.2.3.- DESCRIPCION DE LAS ESTRUCTURAS	98
A. ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	99
B. FALLAS	101
C. ESTRUCTURAS PLUTONICAS	102
4.3.- GEOFISICA Y SUS RELACIONES CON LA TECTONICA	103
4.3.1.- AEROMAGNETOMETRIA	103
4.3.2.- GRAVIMETRIA	108
4.4.- GEOLOGIA HISTORICA	112
4.4.1.- EVENTOS GEOLOGICOS PALEOZOICOS	112
4.4.2.- BOSQUEJO DE LOS EVENTOS GEOLOGICOS QUE <u>TU</u> VIERON LUGAR EN EL AREA ESTUDIADA	115
 CAPITULO V.- YACIMIENTOS MINERALES	 123
5.1.- FORMA Y DISTRIBUCION DE LOS AFLORAMIENTOS	123
5.2.- COMPOSICION MINERALOGICA	125
5.3.- GENESIS DEL YACIMIENTO	126

5.4.- RELACION TECTONO-METALOGENICA DEL YACIMIENTO	129
CAPITULO VI.- CONSIDERACIONES ECONOMICAS	127
6.1.- INTRODUCCION	133
6.2.- OBSERVACIONES ECONOMICAS	138
CAPITULO VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	141
7.1.- CONCLUSIONES	142
7.2.- RECOMENDACIONES	144
BIBLIOGRAFIA	145
PLANOS E ILUSTRACIONES	159

RESUMEN

El presente estudio consistió de un levantamiento de geología superficial a nivel de reconocimiento y semidetalle, enfocado a la prospección de minerales de fierro, en un área de 904 km², localizada en la parte noreste del Estado de Chihuahua, a 42 km de la frontera de México con los Estados Unidos de América.

El área de estudio, se encuentra ubicada en la provincia fisiográfica de la Mesa del Norte; en ella se cartografiaron 17 unidades diferentes, cuyas edades van del Neocomiano al reciente; 12 son de origen sedimentario y 5 de origen ígneo.

Los sedimentos que dieron lugar a las unidades cartografiadas, se depositaron en la parte central de la Cuenca de Chihuahua en mares transgresivos del Mesozoico, desarrollados en un ambiente de plataforma de tipo arrecifal.

En el Turoniano Superior comienzan a manifestarse procesos orogénicos, caracterizados por un levantamiento regional, plegamientos fuertes, fallamientos e intrusiones de composición ácida, que produjeron, en ocasiones, un metasomatismo en las rocas cretácicas.

Durante el Oligoceno principió un intenso período volcánico de carácter ácido alcalino, a partir de un magma

sujeto a procesos de diferenciación y cristalización fraccionada, que dió lugar a líquidos inmiscibles con alto contenido de fierro y que posteriormente fueron inyectados a la superficie, lo cual originó el yacimiento de la Aguja de los Colorados.

En el Oligoceno Tardío comienzan a presentarse manifestaciones de una tectónica de distensión, al originarse un sistema de fallas en bloques (Horst y Graben), de los cuales resultaron una serie de fosas que posteriormente fueron rellenadas durante el Mioceno y Plioceno por material detrítico -- dando origen a los bolsones actuales.

CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1. INTRODUCCION

1.2. ANTECEDENTES

1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1.- INTRODUCCION

La gran mayoría de los países denominados desarrollados, poseen como factor importante de su economía, una industria siderúrgica sólida. En la actualidad, el avance de un país está definido, en parte, por el adelanto logrado en éste campo, por lo que la mayoría de los países en busca de una mejora económica, tratan de administrar con esmero, la exploración y explotación de los recursos minerales esenciales, para fortalecer la mencionada industria.

En México, un país caracterizado por la preocupación constante de alcanzar mejores condiciones de vida, en lo social, político y económico, se ha establecido por ley, que -- los yacimientos de fierro se consideren reserva nacional, siendo asunto estatal, el desarrollo de programas de prospección y extracción de los minerales que lo contienen.

Para una nación como la nuestra, que se encuentra en continua evolución, los requerimientos del metal son cada día mayores, en 1981 la producción de fierro alcanzó la cifra de 5, 292 609 toneladas, que representaron cerca de 4, 263, 978, 000 pesos, sin lograr cubrir las necesidades de la industria, por lo que fué necesario importar 446 627 toneladas más.

En los últimos años, se han venido elaborando diferentes proyectos, tendientes a localizar nuevos yacimientos - de interés económico, para apoyar el desarrollo de nuestro país.

El presente trabajo pretende estudiar y explicar diferentes antecedentes técnicos, reportados en el área de Las Playas, Chihuahua, que sugieren la existencia de un yacimiento de fierro, que podría tener características interesantes.

1.2.- ANTECEDENTES

La realización del presente estudio, se justifica en base a dos antecedentes técnicos, que son:

- a) La existencia de una serie de afloramientos de fierro en las inmediaciones del rancho Los Colorados.
- b) La presencia de varias anomalías geofísicas, detectadas en el área en cuestión.

Estos antecedentes sirvieron como base, para el establecimiento de los objetivos del estudio.

1.3.- OBJETIVOS

De acuerdo con los antecedentes mencionados, se establecieron los siguientes objetivos, para que en un área de 904 km², se realizara un estudio geológico que permitiera llegar a un conjunto de conclusiones, que derivaran en una serie de resc

mendaciones.

- a) Establecer el origen de los afloramientos de hierro en el área y evaluar las posibilidades económico-ferríferas de la misma.
- b) Revisar y complementar la estratigrafía del área, poniendo especial interés en las rocas ígneas.
- c) Determinar la posible relación del patrón estructural y tectónico con los afloramientos de hierro.
- d) Encontrar la relación que guarda la geología del área, con las anomalías geofísicas detectadas.
- e) Estimar tentativamente las reservas minerales de hierro en el área.

CAPITULO II. GENERALIDADES

2.1. LOCALIZACION Y EXTENSION

2.2. VIAS DE COMUNICACION

2.3. POBLACION Y CULTURA

2.4. CLIMA

2.5. ASPECTOS NATURALES

2.6. TRABAJOS PREVIOS

2.7. METODOLOGIA

CAPITULO II. GENERALIDADES

2.1. LOCALIZACION Y EXTENSION

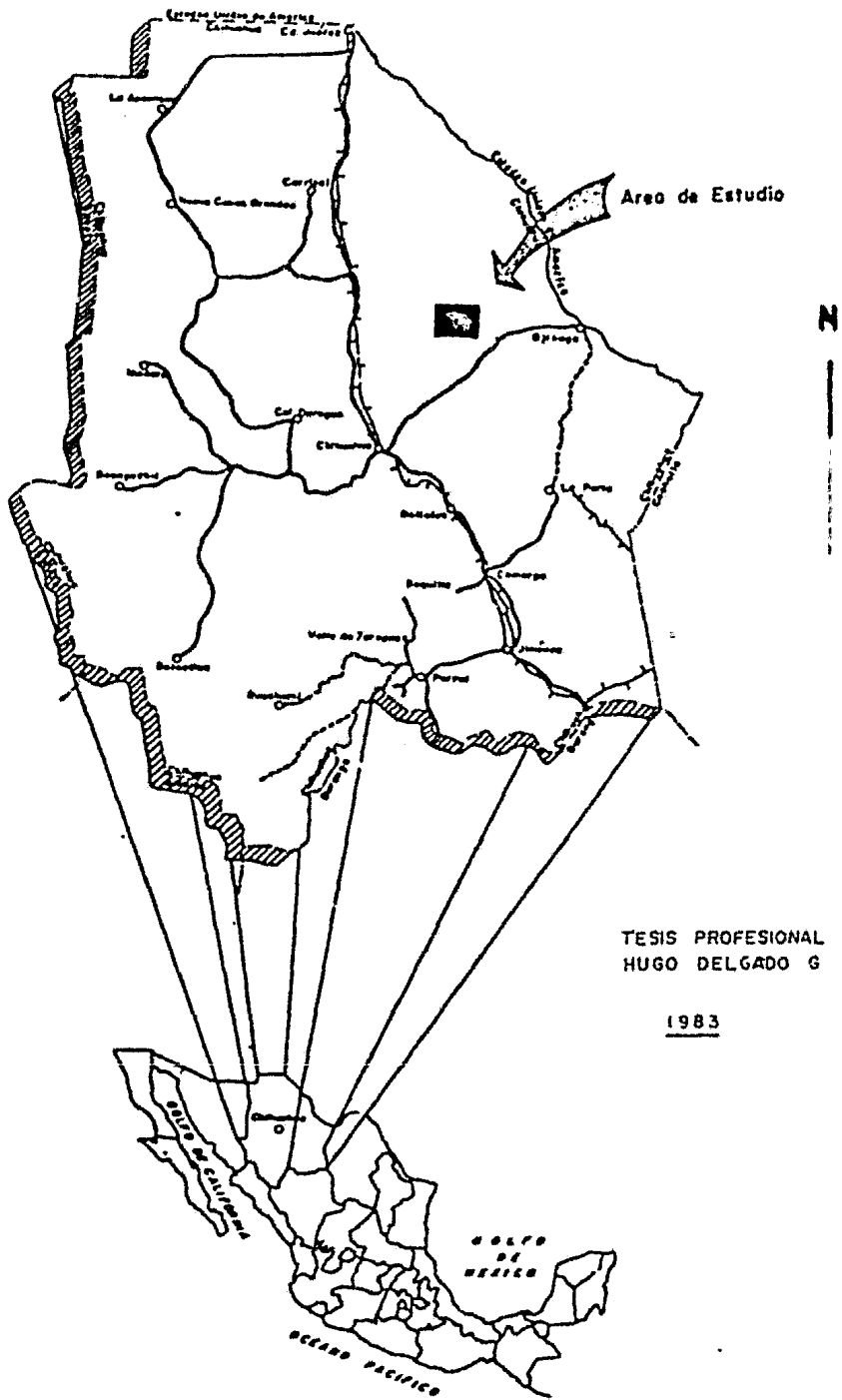
El área de estudio se encuentra ubicada en la parte noreste del Estado de Chihuahua, aproximadamente a 40 km de la frontera de México con los Estados Unidos de Norteamérica, entre los meridianos $105^{\circ} 20'$ y los $105^{\circ} 40'$ de longitud oeste y $29^{\circ} 30'$ y $29^{\circ} 45'$ de latitud norte (Figura 2.1).

La superficie estudiada a nivel regional es de --cerca de 904 km^2 , comprendidos en una carta construída por DGGTENAL, denominada Hoja Las Playas y cuya clave es H13-C-28, de escala 1:50 000. (Figura 2.2)

Dentro de esta superficie se encuentra una zona - estudiada a nivel de semidetalle de aproximadamente 32 km^2 . (Figura 2.3).

2.2. VIAS DE COMUNICACION

El principal acceso a esta área lo constituye el camino de terracería de cerca de 40 km, proveniente del poblado de Coyame, a la orilla de la Carretera Federal No. 16 Chihuahua - Ojinaga. Todas las brechas existentes en la zo-



Plano de Localización

FIGURA 2.1

na, sólo son transitables en la época de secas, por lo que es recomendable el uso de vehículos de rodada alta.

En cuanto a la comunicación por vía aérea, vale la pena mencionar la existencia de aeropistas utilizadas — por avionetas de corto alcance, para vuelos locales que comunican a la región con las ciudades de Chihuahua y Ojinaga.

No existe ninguna instalación de líneas eléctricas, de teléfonos o de telégrafos. Sólo en el Rancho Los Colorados existe una pequeña planta eléctrica de combustión. La posibilidad más cercana de comunicación telefónica se encuentra en Coyame.

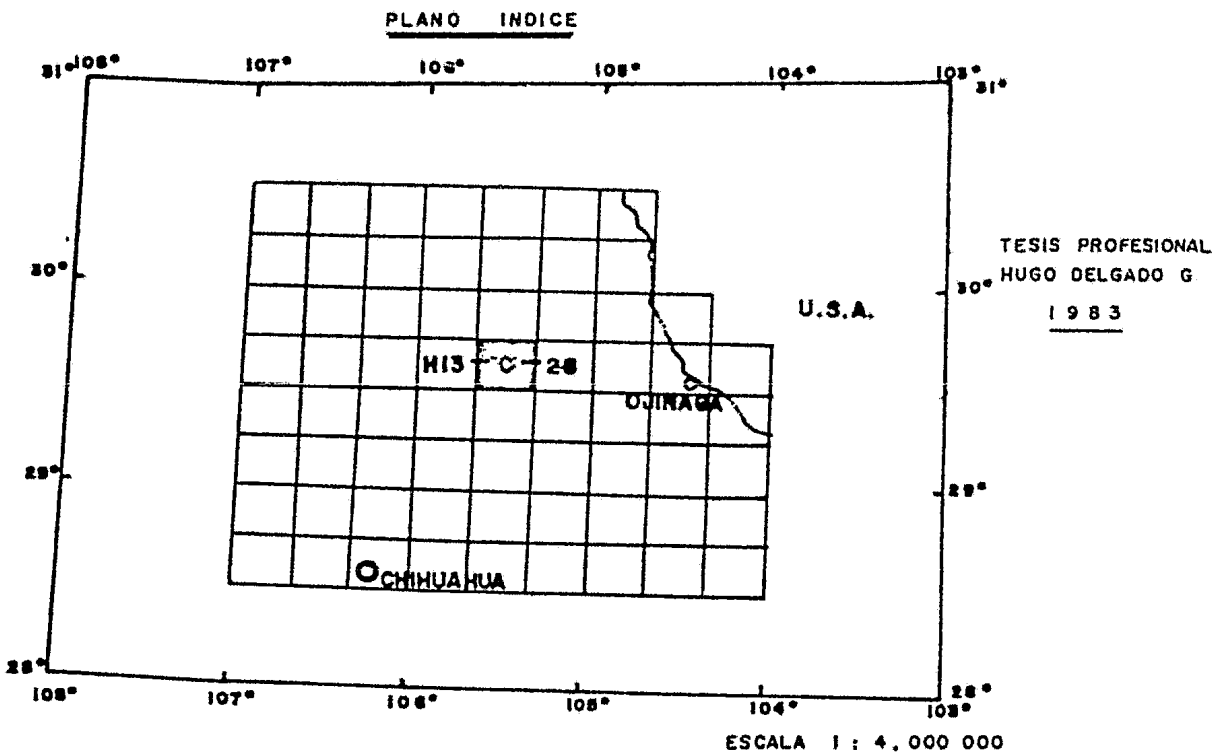
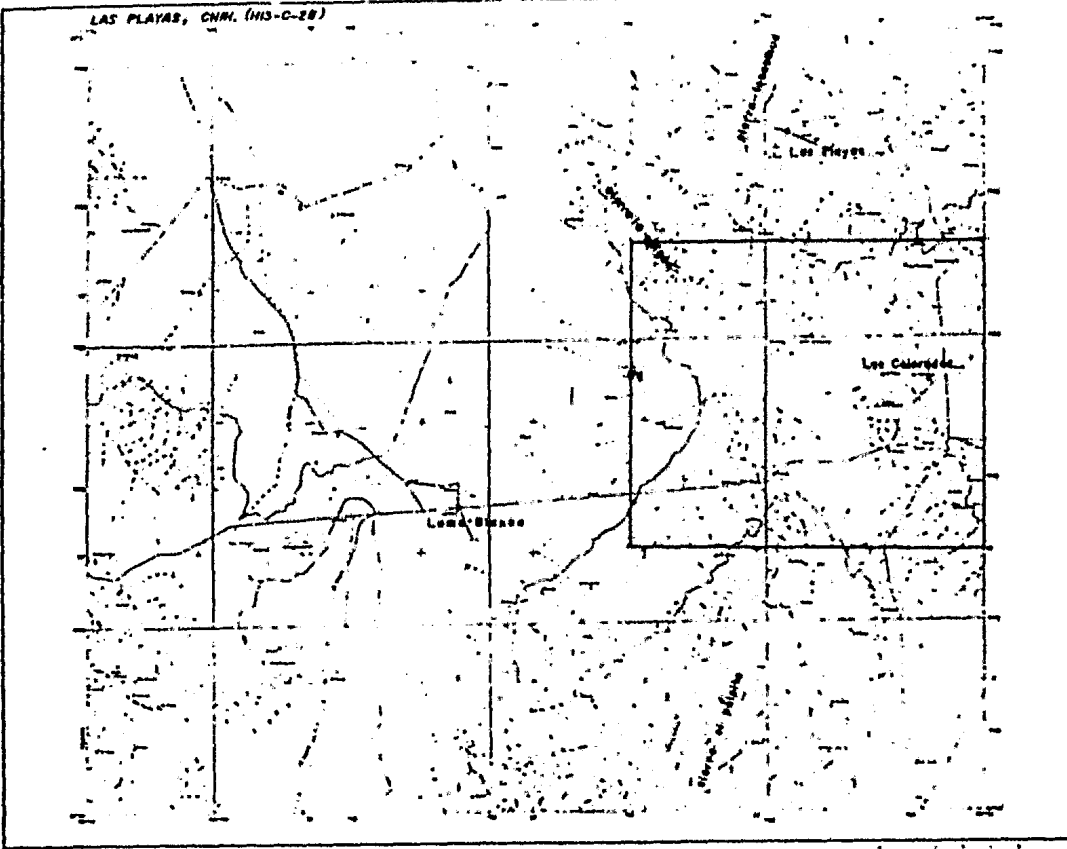


FIGURA 2.2

LAS PLAYAS, CHM. (MS-G-28)



LEGENDA

...	...
...	...
...	...
...	...
...	...
...	...
...	...
...	...

COORDENADAS

...
...
...
...

FIGURA 2.3

UBICACION DEL AREA DE SEMIDETALLE

2.3. POBLACION Y CULTURA

La zona se encuentra localizada dentro de los municipios de Aldama y Coyame del Estado de Chihuahua.

A continuación se muestra un pequeño resumen de los datos estadísticos del censo nacional de 1970, proyectados a 1980, obtenidos de la Dirección General de Estadística de la Secretaría de Programación y Presupuesto. (Figura 2.4).

La actividad económica más importante es la ganadería. La población de edad escolar acude a las escuelas primaria y secundaria de Coyame, o al Albergue Oficial que da acogida a niños cuyos hogares se encuentran muy alejados y donde se les da educación primaria.

2.4. CLIMA

De acuerdo con las condiciones prevalecientes en el área de estudio y según la clasificación de W. Köppen (1948), modificada por E. García en 1964, el clima es de tipo desértico. La mayor parte de la región encuadra dentro de la clasificación B_wkw^(e), o sea seco de tipo desértico, que varía a templado, con verano cálido, la temperatura media anual está entre 12°C y 18°C. La temperatura media del mes más frío es de 3 a 18°C y la del mes más caliente mayor a los 18°C, con dos estaciones de lluvia separadas por dos estaciones secas.

LOCALIDADES POR ENTIDAD FEDERATIVA Y MUNICIPIO CON ALGUNAS
CARACTERISTICAS DE SU POBLACION Y VIVIENDA.

ENTIDAD MUNICIPIO LOCALIDAD	CATEGORIA	POBLACION TOTAL	DATOS DE POBLACION EN %				
			ECONOMICAMEN- TE ACTIVA	EN ACTIV. PRIMARIAS	EN INDUSTRIAS	EN COMERCIO Y SERVICIOS	ALFABE- TISMO
CHIHUAHUA							
Aldama							
La Copa	Rancho	26	34.6	100	---	---	94.1
Coyame							
El Milagro	Rancho	15	33.3	100	---	---	100.0
Los Charcos	Rancho	15	26.7	75	---	---	81.8
Los Colorados	Rancho	9	33.3	100	---	---	100.0
El Coyote	Rancho	4	25.0	---	25.0	---	100.0
El Cuervo	Rancho	1	100.0	100	---	---	---
El Jabalí	Rancho	5	20.0	100	---	---	50.0
El Julián	Rancho	11	18.2	100	---	---	100.0
El Mesón	Rancho	11	18.2	100	---	---	80.0
Las Palmas	Rancho	6	33.3	100	---	---	60.0
El Tres	Rancho	19	21.1	100	---	---	100.0

FIGURA 2.4

La precipitación media anual varía de 250 mm a -- 300 mm, siendo la mayor en agosto con 80 mm y la menor de - 5 mm en mayo.

Su humedad relativa es de 30 a 35 % y su evaporación potencial media anual es del orden de 2400 mm.

2.5. ASPECTOS NATURALES

Tomando en cuenta, que el área de estudio se caracteriza por la presencia de flora, fauna, clima y suelo definidos, se le considera dentro de la provincia biótica definida por Stuart (1964)* de "Chihuahua-Zacatecas".

2.5.1. FAUNA

La fauna, en forma general, se puede considerar poco afectada por la actividad humana, dada la poca accesibilidad a la región.

Entre los mamíferos de la zona destacan:

liebre	-----	leupus alleni
conejo	-----	sylvillagus
ardilla de tierra	-----	spermophilus
rata de montaña	-----	neotoma sp.
coyote	-----	canis letrans
zorra gris	-----	urocyon
cacomixtle	----- ²	basariscus

* En Tamayo, 1962.

mapache	-----	poreyon
zorrillo	-----	spigati mephitis
venado cola blanca	----	odocoileus sp.

Entre las aves sobresalen:

lechuza	-----	micsal tume
correcaminos	-----	geococuy
codorniz	-----	gyrtenix
paloma	-----	columba
águila	-----	aguila sp.
halcón	-----	falco sp.

Además de otras especies de carpinteros, golondri
nas, cuervos y auras.

2.5.2. FLORA

La cubierta vegetal de las regiones de clima árido y semiárido de México es tan variada, desde el punto de vista fisonómico, que diversos autores (Kuller, 1947; Shreve, 1951; Rzedowski, 1957; Miranda y Hernández, 1963; etc.)* reconocieron y denominaron para esta parte del país, una serie de tipos de vegetación caracterizados por su aspecto típico, adoptando así, de manera general, el rubro colectivo de "matorral xerófilo".

A continuación se presenta una lista de las especies mas abundantes de la región:

* En Rzedowski, 1978.

biznaga	-----	Echinocactus sp.
candelilla	-----	Euphorbia antysiphilitica
gardenghe	-----	Opuntia imbricata
gobernadora	-----	Larrea tridentata
guayule	-----	Parthenium sp.
huizache	-----	Acacia larnesiana
lechuguilla	-----	Yucca wippleri
mezquite	-----	Prosopis juliflora
nopal	-----	Opuntia sp.
nopal cegador	-----	Opuntia microdays
ocotillo	-----	Fouquieria splendens
palma	-----	Ucca sp.
peyote	-----	Lophopora williamsii
sotol	-----	Eesilirion sp.
uña de gato	-----	Propopis greggy

2.6. TRABAJOS PREVIOS

La parte norte del altiplano mexicano, ha sido el objetivo de numerosos trabajos de investigación, por lo que el área del presente estudio cuenta con varios informes, de los cuales se mencionarán sólo los más importantes. La lista completa de estudios y publicaciones consultados se encuentra en la parte correspondiente a bibliografía.

- The Geologic Framework of the Chihuahua Tectonic Belt, Presidio Bolson, Trans-Pecos, Texas and - Adjacent Mexico. A Symposium in Honour of Professor

Ronald K. De Ford. West Texas Geological Society and Texas University at Austin, 1970.

- Magmatismo en el Norte de México en relación a los Yacimientos Metalíferos. Kenneth F. Clark, Paul E. Damon, Steven Schutter, and Mohamed Shaffiqullah. 1980.
- Reconocimiento Geológico en la parte Norte y Noreste del Estado de Chihuahua, Acevedo y Márquez, 1952.

2.7. METODOLOGIA

La realización del presente trabajo, se efectuó en tres etapas, las cuales se detallan a continuación:

PRIMERA ETAPA

- recopilación bibliográfica y consulta de toda la información disponible sobre el área de estudio y regiones adyacentes.
- Adquisición de cartas topográficas y geológicas del área a escala 1:50 000, cubriéndola además estereoscópicamente con fotografías aéreas a la misma escala.
- Diferenciación de unidades litológicas y estructuras cartografiables en las fotos aéreas y su interpretación, marcando también drenaje principal, caminos, poblados y demás rasgos observables, para la elaboración del mapa fotogeológico preliminar.
- Redacción de un resumen de la información obtenida

para definir los trabajos de campo.

SEGUNDA ETAPA

- Reconocimiento aéreo de la región.
- Verificación de campo del mapa fotogeológico elaborado y recolección de muestras de las diferentes unidades litológicas.
- Reconocimiento geológico a semidetalle, de una porción del área, con una densidad mayor de puntos de verificación.
- Configuración y localización de los afloramientos ferríferos, mediante la elaboración de planos topográficos, hechos con plancheta, además de la obtención de muestras.

TERCERA ETAPA

- Reinterpretación de las fotografías aéreas, en base a la información obtenida en la etapa de campo
- Realización de análisis petrográficos, químicos y de susceptibilidad magnética a las muestras recolectadas.
- Elaboración del plano geológico definitivo, a escala 1:50 000.
- Interpretación de los datos obtenidos en campo y su evaluación junto con la información recabada en el laboratorio.
- Redacción del presente trabajo.

CAPITULO III. FISIOGRAFIA

3.1. PROVINCIA FISIOGRAFICA

3.2. GEOMORFOLOGIA

3.3. HIDROGRAFIA

CAPITULO III. FISIOGRAFIA

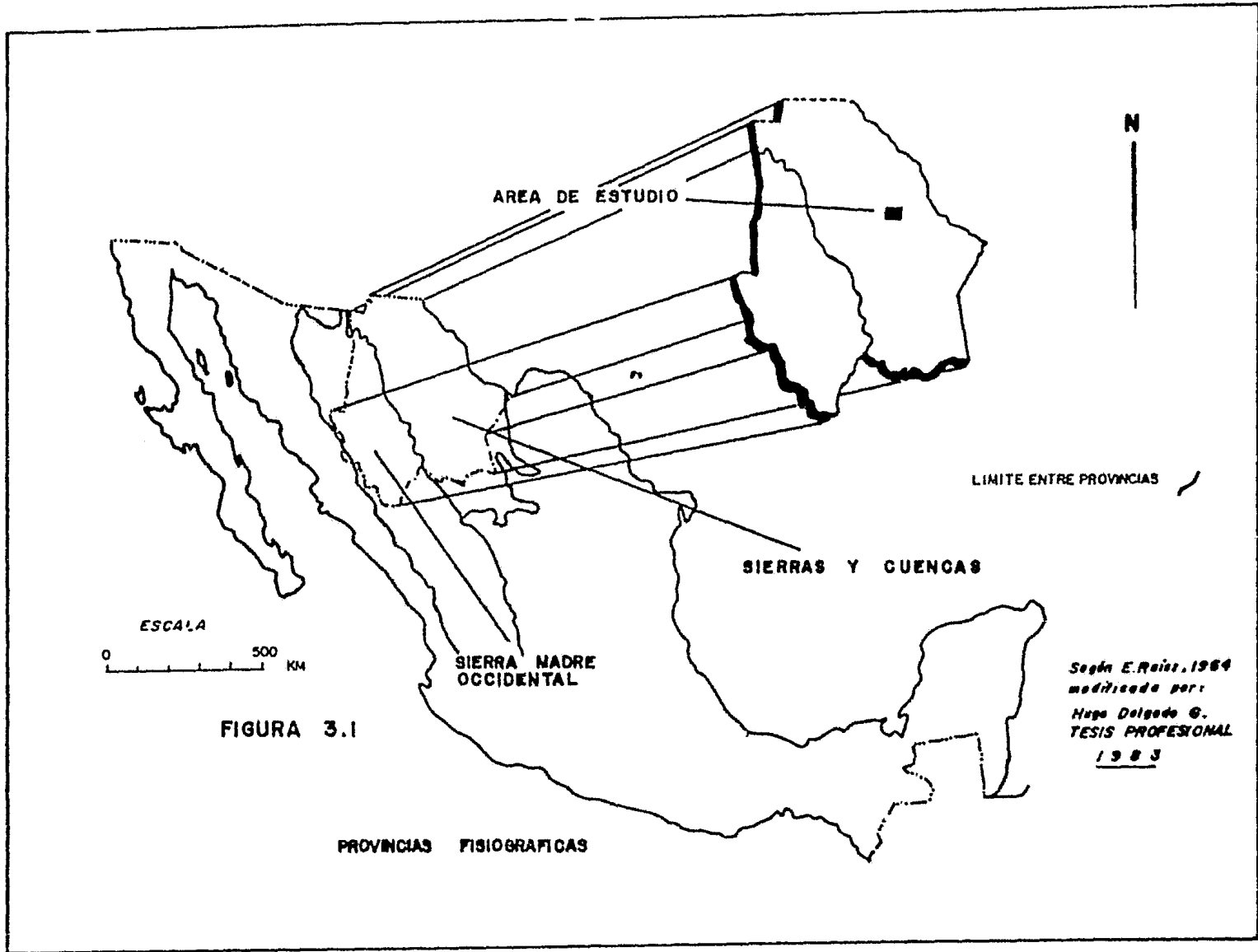
3.1. PROVINCIA FISIOGRAFICA

El área objeto del presente estudio, se encuentra ubicada dentro de lo que Ordóñez en 1946, llama "Mesa Central del Norte", conocida también como "Mesa del Norte" (Garfias, 1949)*, la cual se caracteriza por ser una vasta extensión, en la que emergen aislados bloques montañosos, constituidos por rocas sedimentarias, separados por amplias llanuras, conocidas como bolsones, cubiertas por depósitos aluviales. Los mencionados bloques no son de una extensión considerable, tienen orientación norte, noreste y noroeste, y son producto del fallamiento normal del Terciario Medio; por lo que Tamayo (1962), considera que esta región es una continuación del "Basin and Range" (Sierras y Cuencas), de los Estados Unidos de América, esto coincide con las consideraciones de Waisz (1964), las cuales se ilustran en la figura 3.1.

3.2. GEOMORFOLOGIA

La configuración topográfica que presenta actualmente la región, se debe en gran parte, a los eventos tectónicos a los que se ha visto sujeta.

* En Tamayo, 1962.



Hacia finales del Cretácico, esta zona fué plegada, fallada y afectada por intrusiones ácidas, formándose valles y sierras escarpadas de las cuales, la erosión ha dejado fragmentos residuales en forma de bloques montañosos.

Durante el Oligoceno principió un intenso período volcánico de carácter ácido-alcalino, posteriormente sobrevino un fallamiento en "horst y graben" y en el transcurso del Mioceno, la zona sufrió un intenso período erosivo y de sedimentación lacustre, desarrollándose grandes bolsones entre bloques afallados.

Como resultado de los fenómenos mencionados, se observan en el área diferentes unidades morfológicas, las cuales se pueden resumir como sigue:

- a) Las partes topográficamente altas, representadas por sierras constituídas por rocas sedimentarias, y están formadas por anticlinales y monoclinales. Estas partes altas reciben los siguientes nombres: Sierra El Púlpito (2 200, m. s.n.m.), Sierra La Calosa (1 700 m.s.n.m.), y Sierra Tosesihua (1 700 m.s.n.m.).
- b) Cerros y lomas bajas, constituídos por rocas ígneas (intrusivas y volcánicas) como el Cerro - Aguja de Tosesihua, Cerro Aguja de Los Colorados, Cerro Chino y Loma Los Gavilanes.
- c) Zonas topográficamente bajas, representadas por lomas suaves, constituídas de conglomerados y

areniscas terciarias y los valles cuya constitución consiste en aluvión cuaternario. Estas zonas representan, aproximadamente el 43% de la superficie total del estudio.

3.3. HIDROGRAFIA

La zona estudiada se localiza dentro de la cuenca del río Conchos, afluente del río Bravo, el cual constituye la mayor parte de la región hidrológica número 24, (S.R.H., 1974).

El drenaje es exorreico de tipo intermitente, las corrientes pierden definición hacia las partes centrales de los valles, transformándose en corrientes divagantes, que se desvanecen o desembocan en pequeñas lagunas intermitentes.

Existen numerosos bordos, que en épocas de lluvia favorecen la infiltración, pero no se observan muchos aprovechamientos hidráulicos, solamente algunos pozos equipados con aeromotores que sirven para abrevadero del ganado de la región.

CAPITULO IV. GEOLOGIA

4.1. ESTRATIGRAFIA

4.2. TECTONICA

4.3. GEOFISICA Y SUS RELACIONES CON LA TECTONICA

4.4. GEOLOGIA HISTORICA

4.1. ESTRATIGRAFIA

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

A. DESCRIPCION DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

A.1. MESOZOICO

A.1.1. FORMACION LA CASITA	(Jlc)
A.1.2. FORMACION LAS VIGAS	(Klv)
A.1.3. FORMACION CUCHILLO	(Kcu)
A.1.4. FORMACION BENIGNO	(Kb)
A.1.5. FORMACION CALIZAS Y LUTITAS SIN NOMBRE	(Kclsn)
A.1.6. FORMACION FINLAY	(Kf)
A.1.7. FORMACION BENEVIDES	(Kbe)
A.1.8. FORMACION LOMA DE PLATA	(Klpl)
A.1.9. FORMACION DEL RIO	(Kdr)
A.1.10. FORMACION BUDA	(Kbu)

A.2. CENOZOICO

A.2.1. TERCARIO CONGLOMERADOS	(Tcg)
A.2.2. TERCARIO ARENISCAS Y CONGLOMERADOS	(Tar-cg)
A.2.3. DEPOSITOS RECIENTES	(Qal-Qt)

B. DESCRIPCION DE LAS ROCAS IUNEAS

B.1. GRUPO TOSESIHUA

B.1.1. CUARZO MONZONITA	(Kcm)
B.1.2. CUARZO MONZONITA DE BIOTITA	(Kcmb)

B.2. GRUPO LOS COLORADOS

B.2.1. PORFIDO RIOLITICO	(Tpr)
--------------------------	-------

B.2.2. RIOLITAS Y TOBAS RIOLITICAS ALCALI
NAS (Ttra)

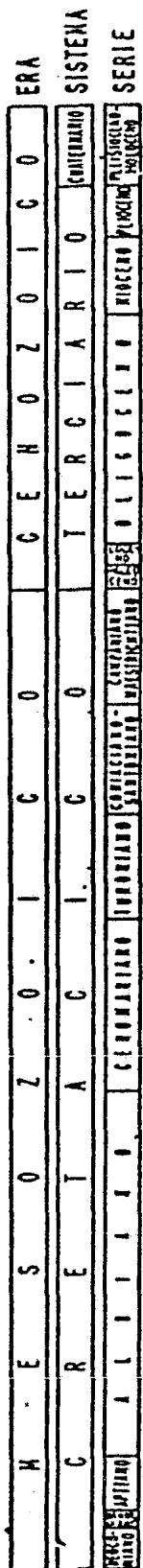
B.2.3. RIOLITAS FLUIDALES (Trf)

B.3. PETROGENESIS DE LAS ROCAS VOLCANICAS

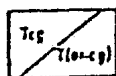
EXPLICACION

ROCAS IGNEAS, SEDIMENTARIAS Y METAMORFICAS

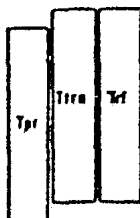
TESIS PROFESIONAL
HUGO DELGADO G
1985



Ool Cuaternario Aluvión. Depósitos de arenas en cauces de arroyo, abanicos aluviales y zonas topográficamente bajas.
OI Cuaternario Talud. Depósitos residuales y de talud.



Tcg Terciario Conglomerado. Conglomerado Polimítico, formado principalmente por fragmentos de caliza y algunos fragmentos de rocas volcánicas.



(Ttr-cg) Terciario Areniscas - Conglomeradas, Intercalaciones de areniscas gravilíneas y conglomerados foliámicos.

Tpr Terciario Porfido Riolítico. Cuerpos dipositables, ácidos de Textura porfídica, constituyen conductos volcánicos y diques.

Ttrn Riolitos y Tabes Riolíticos Alcalinos. Tabes arenosas, Riolitos, Tabes riolíticos e ignimbritas que constituyen un importante paquete volcánico.

Ttrf Terciario Riolitos Fluviátiles.



Kcm Cuervo Montaña. Cuerpos intrusivos de grandes dimensiones de textura fonética y en acciones porfídica.

Kcmb Cuervo Montaña de Biotita. Cuerpos intrusivos, constituye una diferenciación magnética de la cuervo-montaña, se encuentran juntas, generalmente la cuervo-montaña de Biotita forma la parte central de los cuerpos plutónicos.



Kbu Formación Budo. Formada principalmente por mudstone de estratificación media; algunas fósiles y nódulos ferruginosos.



Kcr Formación del Rio. Se compone de intercalaciones de Lutita calcárea y mudstone arcillosa en capas delgadas, lamielera.



Klpl Formación Loma de Plata. Constituida por mudstone-wackestone en capas medias contiene algunos nódulos de pedernal y en ocasiones fósiles.



Kbe Formación Benemé. Formada por una alternancia de mudstone arcillosa con lutita calcárea, lamielera.



Kl Formación Finlay. Se compone de estratos masivos de mudstone-wackestone, en ocasiones packstone con nódulos y lamielera de pedernal, hay algunos fósiles.



Kcha Formación Calizas y Lutitas sin huebre intercalaciones de mudstone arcillosa con lutita calcárea, lamielera en capas delgadas, escasos fósiles.



Kb Formación Benigno. Complejo por estratos masivos de mudstone-wackestone con abundantes fósiles y estibolitos.



Kcu Formación Cuchillo. Consiste de yesos, areniscas, lutitas pedregales que van desde mudstone hasta gravstone.



Klv Formación Los Vigas. Esta unidad contiene Arenisco calcáreo, lutita calcárea, cuarcita y lutitas negras y verdes, todo esto distribuido en tres miembros.



• COLUMNA ESTRATIGRAFICA AREA DE LAS PLAYAS, CHIH.

FIGURA 4.1

CAPITULO IV. GEOLOGIA

4.1. ESTRATIGRAFIA

A. DESCRIPCION DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

A.1. MESOZOICO

- JURASICO

A.1.1. FORMACION LA CASITA (Jlc)

- DEFINICION

En 1936, la Formación La Casita fué definida por Imley, en el Cañón La Casita, en la parte media de la Sierra de Farras. Los sedimentos de esta formación incluyen lutitas negras fósiles con intercalaciones de capas delgadas de arenisca gris, lentes de caliza negra y caliza arenosa de color gris oscuro, presentando la unidad en su parte superior, arenisca conglomerática de color gris oscuro.

- DISTRIBUCION

Los depósitos de esta unidad, afloran en -- gran parte de la cuenca de Chihuahua. Sin

embargo, la Formación La Casita no aflora en el área y solo se ha tomado en cuenta pa ra fines interpretativos.

- LITOLOGIA Y ESPESOR

Esta formación, en forma general, presenta un conglomerado basal, sobreyacido por un ma stoné negro, arenilloso, con una gran abundancia de huellas de amonitas y cuyo espesor es de 1706 m. Rodríguez en 1969 reportó una secuencia incompleta de 162 m en la Sierra La Alcaparra, constituida por calizas ligera y fuertemente metasomatizadas. En la Sierra del Aguila, Hernández (1971)*, menciona una secuencia de lutitas arenosas, calizas y areniscas con cuerpos de conglomerados aislados que contienen madera fósil, algas y una variedad de corales coloniales.

Bridges (1951) informa que en el área de -- Plomosas-Placer de Guadalupe, aflora una co lumna de 1000 a 1500 m de esta unidad.

- RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Esta unidad descansa en forma discordante, sobre la Formación Plomosas del Pérmico.

* En Barradas, 1974.

En la cuenca de Chihuahua, la Formación La Casita, esta cubierta concordantemente, por sedimentos de la Formación Navarrete. En el Golfo de Sabinas la cubre en forma concordante y transicional la Formación San Marcos y la Formación Menchaca, según la localidad. En áreas cercanas a la estudiada se la encuentra cubierta por la Formación Las Vigas que se correlaciona con la Formación Navarrete.

- EDAD Y CORRELACION

Estos sedimentos poseen una edad, que abarca del Kimmeridgiano al Tithoniano Superior, y se correlaciona con la Formación La Caja del Noreste de México, y con la Formación Malone de Texas.

- SEDIMENTOLOGIA

En la cuenca de Chihuahua, los sedimentos de ésta unidad fueron depositados sobre una superficie de erosión, mientras que en el Golfo de Sabinas, sobre sedimentos marginales, razón por la que se cree que estos depósitos varían de medios marginales cercanos a zonas posi

tivas como puede observarse en su constitución clástica y evaporítica, condiciones que cambian al alejarse de las fuentes de suministro, haciéndose el grano de tamaño más fino, (Ramírez y Acevedo, 1957).

- CRETACICO

A.1.2. FORMACION LAS VIGAS (Klv)

- - DEFINICION

Con el nombre de Las Vigas, Burrows (1910) * definió a unos depósitos constituidos por cuarcita de colores gris, negro y rojo, arenisca calcárea gris, lutita negra y caliza arenosa que afloran en la Sierra de Chorreras, situada a 82 km al norte de Chihuahua.

- DISTRIBUCION

Existen diversos afloramientos de esta unidad en el Estado de Chihuahua, por ejemplo: las Sierras del Aguila, La Alcaparra, Las Vacas, Los Frailes, Cuchillo Parado, Presidio, La Amargosa, San Martín el Borracho, San Fernando y en el área del Cuervo.

En la zona estudiada, se localizan dos afloramientos de esta unidad; uno al noreste del rancho Los Colorados y un pequeño afloramiento que se localizó en la parte sur del área de semidetalle.

- LITOLOGIA Y ESPESOR

Esta formación, en la zona está constituida por una serie de areniscas de cuarzo, de grano fino y color rosado; intercaladas con cuerpos gruesos de lutita de color rojo a pardo oscuro. Su estratificación es delgada. El espesor de esta unidad varía de 135 a 760 m, cerca del área de estudio, Barradas en 1974 reportó un espesor de 1070 m en el flanco oriental de la Sierra del Puerto Frío.

- RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Cubre de manera concordante a la Formación La Casita (la cual no aflora en la zona), e infrayace en la misma forma a la Formación Cuchillo.

- EDAD Y CORRELACION

La Formación Las Vigas ,carece de fauna fósil,por lo que su edad ha sido establecida de acuerdo a su posición estratigráfica.Es considerada como del Neocomiano al Aptiano y se le correlaciona con las formaciones: Yuca de la Plataforma del Diablo,Cow Creek, Hammet y Sligo del centro de Texas ,Van Horn, Hazel,Allamore y Carrizo Mountain de la Sierra del Diablo, Marathon del área de Davis Mountains y con las formaciones: La Virgen y Cupido del Golfo de Sabinas .

- SEDIMENTOLOGIA

Los sedimentos de la Formación Las Vigas, fueron depositados en un ambiente de mixto acostero;sobre una superficie irregular,cambiando hacia el SE a un ambiente de plataforma somera de aguas tranquilas,con algunas variaciones en la velocidad del depósito. (Cordoba, Rodríguez y Guerrero,1970).

A.1.3. FORMACION CUCHILLO (Kcu)

- DEFINICION

El nombre de Formación Cuchillo fué asignado por Burrows en 1909, a una secuencia de rocas, existente entre las Formaciones Las Vigas y Aurora, que contiene yesos, areniscas, lutitas, que afloran en el Valle del Río Conchos cerca del poblado de Coyame, Chihuahua.

- DISTRIBUCION

Esta formación tiene una distribución amplia en el noreste de Chihuahua, como ejemplo se pueden mencionar las siguientes localidades: Sierra de Los Frailes, Sierra de La Amargosa, Sierra San Ignacio, Sierra Los Olanes, Sierra de San Carlos, Sierra del Hueso, Sierra de San Martín el Borracho y Sierra Cuchillo Parado. En el área de estudio se encuentra expuesta en el flanco oriental de la Sierra El Púlpito, al poniente del área de semidetalle, en el flanco oriental de la Sierra La Calosa y en la Sierra de Tosesihua,

- LITOLOGIA Y ESPESOR

Esta unidad está constituida por lutitas calcáreas, mudstone, wackestone, packstone, grainstone, delgadas coquinas de moluscos y en la parte inferior una unidad de evaporitas de un gran espesor (más o menos 120 m).

Generalmente, estas componentes no tienen un ardenamiento vertical definido, con excepción de la unidad evaporítica, aunque lo más común es ver capas delgadas con lutitas calcáreas o lutitas.

El mayor espesor reportado es de 1236 m, en la Sierra de San Martín el Borracho; sacradas en 1974, la reporta en el flanco oriental de la Sierra del Puerto Frío con un espesor de 1005 m.

- RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

La Formación Cuchillo sobreyace a la Formación Las Vigas, en forma concordante y transicional. El contacto superior es brusco, pero concordante con las calizas masivas de la Formación Benigno.

- EDAD Y CORRELACION

La edad asignada a esta unidad va del Aptiano Superior al Albiano Inferior. Se correlaciona con las Formaciones La Peña, de la Cuenca de Sabinas; Bluff de la Plataforma del Diablo, Horizonte Otates y Caliza El Abra, de la Cuenca Tampico-Misantla y Las Uvas de Acatita-Las Delicias.

- SEDIMENTOLOGIA

Los sedimentos de la Formación Cuchillo indican un origen somero en una amplia plataforma en subsidencia, propiciando en ocasiones, condiciones de aguas restringidas, con fuerte evaporación, lo que originó formación de evaporitas. Hacia la cima de la formación, los sedimentos indican la existencia de un mar abierto con buena circulación de aguas, pero a la vez relativamente quieto, por lo que la secuencia de la Formación Cuchillo se considera transgresiva, (Barradas, 1974). No obstante, lo anterior no explica la existencia del grainstone, el cual es producto de la acción de corrientes (Pettijohn, 1975).

- DEFINICION

En 1958 Nichols dió informalmente el término Benigno a una serie de depósitos observados en la parte oeste de la Sierra de los Fresnos. Esta formación está constituida por caliza nodular con algunas capas de ortocuarcita y que lateralmente cambian a caliza masiva formando generalmente escarpes.

En 1966 Haenggi asoció este nombre a las calizas que forman escarpes entre la infrayacente Formación Cuchillo y la suprayacente Formación Lágrima (Formación Calizas y Lutitas sin Nombre para el presente trabajo), constituida por micrita y biomicrita a calcarenita de grano fino en estratos gruesos de color gris oscuro.

Diego A. Córdoba (1966), situó a la Formación Benigno sobreyaciendo a la Formación Porvenir y subyaciendo a la Formación Cox.

Hace notar que en su base existe un biostroma de 50 m, de espesor; hacia arriba de este cuerpo, se localiza una caliza de estratificación nodular de color gris a gris oscuro que contiene Orbitolina Texana.

- DISTRIBUCION

Se le encuentra expuesta en varias localidades en el Estado de Chihuahua, a continuación se citan algunos ejemplos :

Sierra de La Pelea, Sierra del Consuelo, Sierra del Hueso, Sierra de Las Vacas, Sierra de La Alcaparra, Sierra de San Martín el Borracho, Sierra de Juárez, Sierra de Los Olanes, Sierra de Cuchillo Parado, Sierra de San Carlos, etc. En el área de estudio hay magníficas exposiciones de esta unidad, las principales son el flanco oriental de la Sierra del Fúlpito, así como la Sierra La Calosa casi en su totalidad.

- LITOLOGIA Y ESPESOR

Esta unidad guarda una gran uniformidad litológica, la cual en su mayor parte consta de mudstone, wackestone de color gris en estratos masivos que intemperizan a pardo claro y que contienen abundantes fósiles entre los que se distinguen máliólidos, pellets, algas, toucasias, caprínidos y equinodermos.

Debido al contenido de fósiles, la roca cambia lateralmente, por lo que varía hasta convertirse eventualmente en grainstone.

Existen algunas intercalaciones de mudstone gris de estratificación delgada del orden de 10 a 15 cm. , de aspecto nodular que intemperiza a pardo claro.

Han sido reportados espesores de esta formación que van de 325 m en la Sierra de San Carlos, hasta los 1100 m en la Sierra del Hueso, (Barradas, 1974).

- RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Sobreyace a la Formación Cuchillo en forma concordante y brusca; igualmente el contacto superior con la unidad de calizas y lutitas sin nombre, siempre es muy marcado tanto litológicamente como geomorfológicamente, ya que la Caliza Benigno siempre forma escarpes y las calizas y lutitas sin nombre son muy incompetentes.

- EDAD Y CORRELACION

La edad asignada para los sedimentos de la Formación Benigno, es Albiano Inferior tomando como base su contenido faunístico y su posición estratigráfica.

Se correlaciona con la parte inferior de la Formación Aurora, con una porción de la Formación Gleen Rose en Texas, con la parte media de la Formación U-Bar del SE de Nuevo México y con el miembro superior de la For-

mación Quitman, en las montañas del mismo nombre.

- SEDIMENTOLOGIA

Los sedimentos de la Formación Benigno, se depositaron en aguas tranquilas relativamente, bien aereadas y con un tirante de agua somero; en un ambiente de postarrecife, (Darradas, 1974).

Sin embargo, no queda suficientemente claro el origen del grainstone, cuyo origen se debe a la acción de corrientes, (Pettijohn, -- 1975).

El arrecife en esta época, está representado por la parte baja de la Formación Aurora, que aflora en la parte oriente y sur del área de estudio.

A.1.5. FORMACION CALIZAS Y LUTITAS SIN NOMBRE (Kelsn)

- DEFINICION

Esta unidad ha sido denominada de diferentes maneras por diversos autores, inicialmente se le denominó Formación Walnut por Acevedo

y Márquez en 1952, posteriormente Díaz y Navarro en 1964, utilizan de una manera informal el término: "Calizas y Lutitas sin Nombre. Naenggi (1966 y 1970), propuso el término Formación Lágrima, y por último Cantú y Holguín en 1979, la definen como Formación El Bronce, también de manera informal.

En este estudio se usará la denominación: Formación Calizas y Lutitas sin Nombre, ya que para ciertos fines su uso es más extensivo, aunque el término más correcto sea el de Formación Lágrima.

- DISTRIBUCION

Igual que la anterior, esta unidad tiene gran distribución en la Cuenca de Chihuahua, por lo que las mismas localidades que fueron citadas como exposiciones de la Formación Benigno, pueden ser igualmente aplicadas a las Calizas y Lutitas sin Nombre.

En el área estudiada es posible observar buenas exposiciones de estos sedimentos, aunque generalmente se encuentra cubierta por talud y en ocasiones es difícil locali-

zarla, sin embargo, siempre forma un puerto de erosión suave que le es característico. Se le encuentra a lo largo del flanco oriental de la Sierra El Púlpito.

- LITOLOGIA Y ESPESOR

Esta unidad se presenta como una intercalación de mudstone arcilloso, con una lutita calcárea. La caliza es de color gris que intemperiza en crema amarillento y beige; en ocasiones nodular y de estratificación delgada. La lutita es calcárea, laminar y físil, que varía en color desde verde amarillento hasta tonos grises y rosados, intemperiza en color beige, fisiográficamente forma puertos de erosión y valles.

En promedio su espesor es de 130 m, pero se han llegado a reportar hasta 665 m, en la Sierra de La Ranchera, los fósiles que se han reportado en esta unidad son gasterópodos, bioclastos, miliólidos y griphyaeas, (Barradas, 1974). Durante la realización del presente estudio no fueron observados.

- RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Los dos contactos, tanto el superior como el inferior, se encuentran bien definidos ya que están marcados por el inicio de estratos masivos en la base de la Formación Finlay y en la cima de la Formación Benigno.

- EDAD Y CORRELACION

A esta unidad se le ha asignado una edad de Albiano Medio, con base en el hecho de que entre su fauna se encuentran Juriphaea sp.; Xoira Texana y Orbitolina sp.

Es correlacionable con la Formación Jox de la Plataforma del Diablo, con la parte superior de la Formación U-Bar, con la Formación Walnut de Texas, con la parte media de la Formación Aurora, con la Formación Cedillo de la región de La Amargosa y con la Formación Lágrima de la zona de San Ignacio.

- SEDIMENTOLOGIA

La fauna encontrada sugiere una sedimentación en aguas someras, limpias y tranquilas, las

intercalaciones de lutita indican, la posibilidad de una serie de pulsaciones en el continente que originaron un mayor aporte de sedimentos terrígenos, (Haenygi, 1966).

A.1.6. FORMACION FINLAY (Kf)

- DEFINICION

El término de Formación Finlay fué utilizado por primera vez por Richardson en 1904, (Arradas, 1974), para definir una secuencia litológica constituida por calizas masivas de color gris, con esporádicas intercalaciones de capas delgadas de arenisca parda. Afloran a lo largo del flanco norte de las Montañas Finlay, en la Provincia denominada West Texas en 1954 Brunson (Haenygi, 1966), propuso como localidad tipo, la sección que aflora en el Flat Canyon, localizado en la porción norte de estas montañas.

- DISTRIBUCION

Esta formación posee una amplia distribución en la Cuenca de Chihuahua, siempre con la ca

racterística de una litología constante, generalmente constituye las partes altas de las sierras.

A continuación se enumeran algunas de las localidades donde se encuentran aflorando: Sierra de San Martín El Borracho, Sierra de Los Lamentos, Sierra Caribaldi, Sierra La Alcaparra, Sierra Las Vacas, Area del Juevvo, Area de Ojinaga, Sierra Los Mayos, Sierra de Juárez, Sierra San Blas y Sierra del Consuelo (Barradas, 1974).

En el área de estudio hay magníficas exposiciones de esta unidad, coronando la Sierra El Púlpito, en la cima del Anticlinal El Serrendito, etc.

- LITOLOGIA Y ESPESOR

Esta unidad se compone esencialmente de calizas mudstone-wackestone que en ocasiones se presenta en estratos de hasta 2m, aunque -- también hay algunas capas delgadas de mudstone arcilloso con bandas y nódulos de pedernal gris, toda la roca tiene un característico color de intemperismo pardo claro amarillento.

Entre los fósiles que se han observado en la Formación Finlay, hay gasterópodos, pelecí--
podos, caprínidos, equinodermos, miliólidos, Dyctioconus, y algunos bioclastos no identi-
ficables.

Son características de esta formación, las a
bundantes estilolitas que le dan a la roca u
na apariencia rugosa; la unidad es sumamente
resistente a la erosión, debido a ello por
lo general su morfología es escarpada y por
estar flanqueada por dos formaciones de ero-
sión suave, es fácilmente identificable, ya
sea en f^otos aéreas o en el campo.

Para la Formación Finlay, han sido reportados
por Cordoba y Guerrero (1970), espesores que
varían de 155m (Sierra de Juárez) a 491 m --
(Sierra de Los Lamentos). En el área de estu-
dio se estimó para esta unidad un espesor --
promedio de 200 m.

- RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Debido a la litología de la Formación Finlay
sus dos contactos, inferior y superior están
bien márcados y son concordantes. El primero
con la suave litología de la Formación Cali-

zas y Lutitas sin Nombre, y el segundo con la Formación Benevides, la cual es una unidad fácilmente erosionable.

- EDAD Y CORRELACION

La edad de los sedimentos de la Formación Finlay es Albiano Medio, tomando como base su contenido faunístico, consta esencialmente de:

Toucasia sp., Caprínidos sp., Monopleura sp., Exoira sp., Dyctioconus, walnutensis, Casckinolinoídes sp., presenta además, numerosas huellas de amonites.

Se correlaciona con la Formación Edwards del centro de Texas y el área del Big Bend, con la Formación U-Bar del Noreste de Nuevo México y es correlacionable parcialmente con las Formaciones: Acatita y Tamaulipas Superior del Noreste de México, así como con la parte superior de la Formación Aurora.

- SEDIMENTOLOGIA

Estos sedimentos se depositaron en un ambiente de plataforma con buena circulación de a-

guas, en condiciones transgresivas de un mar relativamente tranquilo, (Haenggi, 1966).

La explicación anterior no trata el origen de las estilolitas, las cuales son estructuras de presión-solución, postdepositacionales y sintectónicas (Pettijohn, 1975), ni el pedernal, aunque se considera de origen poligenético (Pettijohn, 1975), pero se le considera por la asociación faunística, de un ambiente pelágico, cuya fuente silíceo pudo haber sido dicha fauna, (Aguayo, 1978).

A.1.7. FORMACION BENEVIDES (Kbe)

- DEFINICION

En 1957, Amsbury asignó a una secuencia de 50 m de lutita gris oscuro y calcarenita pardo amarillento, el nombre de Formación Benevides, localizada entre las Formaciones Finlay y Loma de Plata, que afloran cerca del Rancho Benevides, en el Cañón Pinto, Condado de Presidio Texas.

- DISTRIBUCION

Su distribución es extensa, ya que se encuentra en todas las sierras y localidades en

que afloran las Formaciones Finlay y Loma de Plata, por lo que todas las localidades en que afloran estas dos últimas, se pueden considerar como localidades de la Formación Benevides, aunque esta, por su naturaleza arcillosa, se encuentra casi siempre cubierta por talud y formando puertos de erosión suave. En el área de estudio, está presente en el Anticlinal el Berrendite, el flanco oeste de la Sierra del Pulpito, aunque siempre está oculta por talud y sólo se observa en algunos cortes de arroyo, debido a su constitución poco resistente a la erosión.

- LITOLOGIA Y ESPESOR

La unidad se constituye esencialmente de una alternancia de mudstone arcilloso y lutita calcárea. El mudstone arcilloso, es de color pardo grisáceo claro, que intemperiza en gris cremoso; es nodular y ocasionalmente varía a wackestone, su estratificación es delgada (más de 10 cm.); presenta foraminíferos.

El color de la lutita calcárea es gris claro que intemperiza en gris con tintes amarillentos de estratificación muy delgada (2cm), -

estos sedimentos poseen abundantes fósiles entre los que se reconocen gasterópodos, equinodermes, pelecípodos, amonitas y bivalvos.

El espesor de esta unidad varía, pues se han reportado desde 95 m (Sierra de la Pelea), - hasta 296 m, que se midieron en el Sinclinal de La Boquilla.

- RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Sobreyace a la Formación Finlay e infrayace a la Formación Loma de Plata en ambos casos el contacto es nítido y concordante. También morfológicamente es muy claro el contacto, - ya que la Formación Benevides, debido a su menor competencia, forma un puerto de erosión suave, entre los escarpes de las calizas masivas de las formaciones que la encajonan.

- EDAD Y CORRELACION

Su edad abarca desde la porción alta del Albiano Medio, a la parte inferior del Albiano Superior, esta edad se le ha asignado en

base a la presencia de la amonita Oxytropi-
deceras sp., y su posición estratigráfica.
Se correlaciona con la Formación Kiamichi
en Oklahoma, con la Formación Sombrerete
del Estado de Nuevo León, con las Formacio-
nes Aurora y Cuesta del Cura en el Estado
de Coahuila y su parte superior es equiva-
lente a la parte inferior de la Formación -
Georgetown en el centro de Texas; se corre-
laciona también con la Formación Sue Peaks
del área de Presidio y en el área del Big
Bend.

- SEDIMENTOLOGIA

Los sedimentos de esta unidad fueron dep^osi-
tados en un ambiente nerítico de aguas poco
profundas. Los cambios de litología, pueden
indicar oscilaciones del nivel del mar o -
pulsaciones tectónicas en el continente, que
se tradujeron en un cambio en el ritmo y can-
tidad de los aportes elásticos del continen-
te. (Haenggi, 1966).

A.1.8. FORMACION LOMA DE PLATA (K1p1)

- DEFINICION

Fué definida por Amsbury (1957), como una se
cuencia de sedimentos de 240 m de espesor, -
compuesta por una alternancia de estratos -
delgados de caliza de color pardo grisáceo,
con bandas de pedernal gris y horizontes de
rudistas silicificados. Su localidad tipo a
flora en el área de Cañón Pinto en el Conda
do de Presidio Texas, cerca de la mina Loma
de Plata.

- DISTRIBUCION

Esta unidad tiene una amplia distribución en
la Cuena de Chihuahua, algunas de las loca-
lidades donde aflora son: la Sierra del Hue
se, la Sierra de la Pelea, Sierra de la Ven
tana, Sierra de Pilares, Sierra de Cuchillo
Parado, Sierra La Mula,, Sierra de Matasaguas
Sierra de San Carlos y Sierra del Puerto --
Frío.

En el área de estudio, se le encuentra en el
flanco oeste de la Sierra el Púlpito.

- LITOLOGIA Y ESPESOR

La litología de esta formación no presenta grandes variaciones, consta de mudstone -- (que en ocasiones llega a ser wackestone), en estratos masivos de hasta 5 m, color -- gris que intemperiza a pardo claro, contiene nódulos de pedernal, abundantes estilolitas y en algunas partes contiene fósiles en mediana a abundante cantidad, entre los que se pueden identificar:

Tencasias, capríidos, gasterópodos, equinodermos, moluscos y miliólidos. Su espesor es variable, se han reportado desde 113 m, en la Sierra de los Borregos, hasta 600 m, en la Sierra de los Pilares. (Barradas, 1974).

- RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Sus dos contactos, inferior y superior, son claros y concordantes, ya que las formaciones que flanquean a la Loma de Plata, están constituidas por rocas arcillosas que son fácilmente erosionables, lo que permite a esta formación resaltar sobre las unidades vecinas y ocupar la parte alta de lomas y -

y cerros. Cubre a la Formación Benevides e infrayace a la Formación Del Río.

- EDAD Y CORRELACION

La edad de esta formación corresponde a la parte baja del Albiano Superior, conforme a su posición estratigráfica y a su fauna fósil.

Se correlaciona con la Formación Georgetown del Centro de Texas (parte superior), con la Formación Cuesta del Cura, área de Parras - Coahuila, con las Formaciones Tamaulipas Superior y Calizas el Abra en la Cuenca Tampico-Misantla, con la Formación Espy de las montañas Quitman y con parte de la Formación Mojado de la Sierra Big Hatchet del Sureste de Nuevo México.

- SEDIMENTOLOGIA

Estos sedimentos fueron depositados en un ambiente marino transgresivo, posiblemente nerítico. Los cambios laterales de espesor, pueden deberse a la topografía de la cuenca o bien, a las manifestaciones de pulsaciones iniciales en el Cretácico Medio, (E. López R., 1980)

A.1.9. FORMACION DEL RIO

- DEFINICION

En 1898, Hill y Vaughan usaron el nombre de Formación Del Río (Adkins, 1933), para definir una secuencia de lutitas fosilíferas con intercalaciones delgadas de caliza silicificada y areniscas deleznable de color amarillo y verde, con un espesor de aproximadamente 60 m, cuya localidad tipo se encuentra en Loma de la Cruz, 3 km al sur de la ciudad - Del Río, Condado de Valverde, Texas.

- DISTRIBUCION

Esta formación tiene una distribución amplia en el noreste de México, constituyendo un excelente horizonte índice. El problema de esta unidad es que debido a su carácter arcilloso, la mayor parte de las veces se encuentra cubierta por talud o aluvión, ya que forma valles de erosión y es muy difícil encontrar una buena exposición de esta unidad. A continuación se enumeran algunas de las localidades existentes en el Estado de Chihuahua

hua: Sierra la Ventana, Sierra el Hueso, Sierra Pilares, Sierra de Naica, Camargo, Sierra Peguis, Sierra de La Mula, Sierra el -- Maguey , Sierra Cuchillo Parado, Sinclinal de la Bequilla, Sierra San Pedro, Sierra Ocotillo, Sierra Grande, etc.

En el área existen pequeños afloramientos en el flanco oriental del Anticlinal El Berrendito.

- LITOLOGIA Y ESPESOR

Está formada principalmente por lutita y limolita de color gris amarillento, calcárea con intercalaciones de mudstone arcillosos - gris crema de aspecto nodular en estratos delgados de 5 cm, con abundantes pelecípodos y amonitas mal preservadas; estos sedimentos intemperizan a amarillo ocre y el máximo espesor que se le ha medido es de 117 m, aunque siempre es difícil encontrar una exposición completa de la unidad.

- RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Sus contactos se presentan bien definidos y

concordantes con los cuerpos de caliza, más resistentes a la erosión, de la subyacente - Formación Loma de Plata y la sobreyacente - Formación Buda, en el área de estudio no se apreciaron por estar cubiertos,

- EDAD Y CORRELACION

Estos sedimentos son muy fosilíferos, contienen gasterópodos equinodermos, amonitas mal preservadas y pelecípodos. En base a su conjunto faunístico y a su posición estratigráfica, la edad que se le ha asignado es Cenomaniano Inferior.

Se le correlaciona con la Formación Eagle Mountain, de las montañas Quitman, con la - Marga Grayson del norte de Texas, con el -- miembro superior de la Formación Mojado de las Big Hatchet Mountains del suroeste del Estado de Nuevo México y con la parte media de la Formación Cuesta del Cura, en el Estado de Coahuila.

- SEDIMENTOLOGIA

Los sedimentos de esta unidad indican, que

durante este período la cuenca se encontraba en subsidencia, formando un depósito de ambiente nerítico de aguas someras en una etapa regresiva. (E. López R., 1980).

A.1.10. FORMACION BUDA (Kbu)

- DEFINICION

Vaughan, en 1900,* propone la denominación de Caliza Buda para definir a una secuencia de calizas, con estratificación media, compactas, impuras, de textura nodular y color amarillento, con un espesor de 23 m.

Este nombre fué tomado de la comunidad Buda del Condado de Hays, Texas y su localidad - tipo se encuentra a 32 km al norte de dicho poblado, junto al banco de arena de Shoal - Creek, Austin Texas.

- DISTRIBUCION

Esta formación tiene una amplia distribución ya que existen afloramientos en gran parte de los Estados de Coahuila y Chihuahua en México y en el Estado de Texas, en E.U.A.,

* Maxwell, 1967, pag. 53)

tiene una tendencia a aumentar de espesor - hacia el oriente.

En el área de estudio aflora al oriente del Anticlinal El Berrendito.

- LITOLOGIA Y ESPESOR

Esta unidad está compuesta esencialmente, de mudstone de color pardo y gris claro, que - intemperiza en tonos amarillentos con estratificación media 20 a 60 cm), presenta vetillas rellenas de calcita, restos silicificados de micro-organismos y pequeños nódulos ferruginosos. En el contacto superior con la Formación Ojinaga, se encuentra un horizonte fosilífero con un alto contenido de amonitas y en el resto de la columna se han encontrado muy abundantes globigerínidos, escasos miliólidos y foraminíferos multiloculados. El espesor promedio de esta unidad es de 30 m, en el noreste de Chihuahua, (Barradas, 1974).

- RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Cubre concordantemente a la Formación Del Río y el contacto entre las dos es claro y

bien marcado, debido a su contraste litológico.

El contacto superior con la Formación Ojina ga, no se observa en el área, pero se sabe por referencias de trabajos en zonas cercanas, que es nítido y concordante.*

- EDAD Y CORRELACION

La edad de la Formación Buda es Cenomaniano Inferior, lo cual se ha determinado en base a su contenido fósil (amonitas, globigerínidos, calciesferúlidos, gasterópodos) y a su posición estratigráfica.

Se le correlaciona con la parte superior de la Formación Mojado, en la montaña Big Hatchet al suroeste de Nuevo México, así como con parte de las Formaciones Tamaulipas Superior y Calizas El Abra de la cuenca Tampico-Misantla, con la Formación Cuesta del Cura del noreste de México y con las calizas Monclova de la Sierra de la Gloria, Coahuila.

- SEDIMENTOLOGIA

Los sedimentos de esta unidad fueron dep^ositi

* Barradas, 1974 y Haen^oji, 1966.

tados en un ambiente nerítico interno a medio, que varía a lagunar hacia la Plataforma del Diablo, su espesor constante y litología reflejan un período de estabilidad en la cuenca de depósito, (Barradas, 1974).

En áreas vecinas a la estudiada, se depositó durante la parte alta del Cenomaniano y el Turoniano, la Formación Ojinaga. Sin embargo en la zona objeto de este trabajo, no se depositaron sedimentos en este período, para lo cual se marca un hiatus que abarca desde la parte alta del Cenomaniano, hasta la parte alta, también de el Oligoceno, período en el que se comienzan a depositar los sedimentos continentales terciarios.

A.2. CENOZOICO

- TERCIARIO

A.2.1. TERCIARIO CONGLOMERADOS (Tcg)

- DEFINICION

El origen de esta unidad es tectónico después del fallamiento normal y rellena gran parte de los "graben". Está formada por un conglomerado arenoso polimíctico, con fragmentos subredondeados de calizas, areniscas y rocas ígneas en una matriz arena limosa. Este conglomerado se localiza preferentemente en los bordes de las cuencas intermontanas.

- DISTRIBUCION

En el área de estudio, los principales afloramientos se encuentran en la parte noreste, particularmente en la Sierra de la Calosa y Tesesihua. También existen varias exposiciones de esta unidad en las porciones sureste y suroeste del área.

Morfológicamente estos conglomerados, constituyen lomas suaves y alargadas con drenaje dendrítico.

- LITOLOGIA Y ESPESOR

Esta unidad está formada principalmente, por un conglomerado polimíctico color crema pardusco con manchas negras, que intemperiza a gris blanquesino, constituido por fragmentos redondeados a subangulosos de calizas, areniscas, rocas ígneas intrusivas y extrusivas. Los fragmentos de calizas constituyen el 85 %, los de areniscas y pedernal forman un 5 %, las rocas intrusivas 3%, rocas extrusivas (riolitas y pérfidos riolíticos) 5% y algunos fragmentos de hematita constituyen aproximadamente un 2 % de los clastos. Los fragmentos pueden variar de 2mm a 120 mm y se encuentran en una matriz arena limosa

de color pardo rojizo que representa el 45% de la roca.

El espesor de esta unidad es muy variable, ya que se depositó sobre una superficie muy irregular, el mínimo espesor que se le midió es de unos 4 m y el máximo de 50 m, que fueron medidos en cortes de arroyos, sin embargo, puede llegar a tener espesores mayores, si se tienen en cuenta saltos de falla de 400 m del Cenozoico Medio.

- RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

El contacto inferior no se observó, pero se puede inferir que sobreyacen discordantemente a rocas sedimentarias del Jurásico y Cretácico, a rocas ígneas intrusivas, y a rocas ígneas extrusivas. Son sobreyacidas a su vez en forma discordante por depósitos recientes de talud y aluvión.

- EDAD Y CORRELACION

La edad asignada corresponde al Oligoceno Superior a Mioceno Inferior, inferida en base a su posición estratigráfica, a las correla

ciones con otras unidades de áreas adyacentes y por sus relaciones estructurales, ya que es te conglomerado es post-volcánico y posterior al fallamiento normal.

Se correlaciona con la Formación Cerros Prietos del área de Ojinaga, con Formaciones Duff y Conglomerado Perdiz del sureste de Texas. En el área de estudio se correlaciona con la unidad Terciario Areniscas y Conglomerados.

- SEDIMENTOLOGIA

Los fragmentos de rocas sedimentarias son de edad cretácica, mientras que los clastos ígneos intrusivos, proceden de plutones emplazados durante la tectónica Laramide y las rocas que dieron origen a los clastos volcánicos, fueron extravasadas durante el Oligoceno Medio. Esta unidad es posterior al fallamiento normal, por lo tanto de origen tectónico y rellena parcialmente las cuencas que se formaron debido a esta actividad, principalmente en los bordes de las sierras que limitaban es tas cuencas, cuando se efectuaba el depósito de esta unidad, el nivel base de erosión estaba por encima del depósito, pero en la actua lidad ha bajado hasta el nivel del río Bravo

por lo que han quedado expuestos a los procesos erosivos.

A.2.2. TERCIANO ARENISCAS Y CONGLOMERADOS (Tar-cg)

- DEFINICION

Se hace referencia con este nombre a una unidad constituida por areniscas gravillentas y lentes conglomeráticos que rellenan bolsones (en su parte central), originados por la tectónica de "horst y graben".

- DISTRIBUCION

Se le encuentra generalmente en las partes topográficamente bajas, que constituyen los graben que se formaron a raíz del fallamiento normal. En el área, sin embargo, sólo se observa un pequeño afloramiento de esta unidad en el extremo nororiental del área.

- LITOLOGIA Y ESPESOR

La unidad está constituida por areniscas gravillentas y conglomerados, cortados en algunos lugares por vetillas de yeso.

Las areniscas gravillentas son de color gris que intemperiza a rosado y rojizo de clastos que van de subangulosos a subredondeados, el tamaño del grano es de grava a arena. Contie

ne fragmentos subredondeados de caliza, arenisca y rocas ígneas (extrusivas e intrusivas).

Estos clastos constituyen el 30 % del total de la roca. Los conglomerados son polimicticos constituidos por fragmentos redondeados a subangulosos de calizas, areniscas, rocas ígneas intrusivas y extrusivas, es de color gris que intemperiza a gris con manchas rosadas. Los fragmentos constituyen el 65% de la roca y están incluidos en una matriz arenolimsa de la misma coloración.

El tamaño de los fragmentos varía de 2 mm a 10 cm. Los conglomerados forman cuerpos lenticulares (probablemente canales), dentro de las areniscas gravillentas.

El espesor de esta unidad es muy variable por haberse depositado en una superficie -- muy irregular. El máximo que se midió fué de 30 m, (sobre el cauce de un arroyo) pero se estima que puede llegar a superar los 200 m en áreas aledañas.

- RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Esta unidad cubre de manera discordante a - formaciones sedimentarias del Mesozoico y a las rocas intrusivas y volcánicas que se en

cuentran en el área, y está cubierta de la misma manera por depósitos más recientes de talud y aluviales. Lateralmente cambia en forma gradual a la unidad Terciario Conglomerados con la que se correlaciona, se correlaciona además con las mismas formaciones mencionadas en la unidad anterior.

- SEDIMENTOLOGIA

El origen de esta unidad es similar al de la Formación Terciario Conglomerados, el relleno producido por el fallamiento normal, con la diferencia de que esta unidad representa el relleno de la porción central de la cuenca y no de los bordes, además en este caso los conglomerados constituyen canales que llegaban muy adentro de la estructura, (Groat, 1972)

- CUATERNARIO

A.2.3. DEPOSITOS RECIENTES (Qal-Qt)

- DEFINICION

En base a la interpretación fotogeológica,

se diferenciaron dos unidades del cuaternario, que son:

Aluvi3n (Qal). Unidad constituida por dep3sitos de acarreo en cauces de arroyos, abanicos aluviales y zonas topogr3ficamente bajas.

Talud (Qt). Esta unidad est3 compuesta por dep3sitos residuales de talud, acumulados en los cambios abruptos de pendiente.

- DISTRIBUCION

Estos dep3sitos se pueden observar en los arroyos que cruzan el 3rea, en los abanicos aluviales y zonas topogr3ficamente bajas. Los dep3sitos de talud se ubican al pie de las sierras.

- LITOLOGIA Y ESPESOR

ALUVION

Estos dep3sitos est3n constituidos por clastes y detritos derivados de las rocas aflorantes, sin madurez ni clasificaci3n y de formas irregulares. El espesor del aluvi3n

varía de pocos centímetros a varias decenas de metros.

TALUD

Este material está constituido por fragmentos de todos tamaños, desde bloques hasta arenas y limos.

- RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Estos depósitos cubren discordantemente a todas las rocas preexistentes.

- EDAD Y CORRELACION

Reciente

- SEDIMENTOLOGIA

Son producto del intemperismo de las rocas anteriores, con transportación posterior a las partes topográficamente bajas, en el caso de los depósitos de talud, la transportación es corta e incluso nula.

B. DESCRIPCION DE LAS ROCAS IGNEAS

B.1. GRUPO DE TOSESIHUA

Estas rocas se han agrupado tomando en consideración que son afines tanto genéticamente como cronológicamente, y sus variaciones litológicas son únicamente cambios laterales debidos a procesos de diferenciación durante su emplazamiento.

Este grupo está compuesto por: Cuarzo Monzonitas y Cuarzo Monzonitas de Biotita.

B.1.1. CUARZO MONZONITA (Kcm)

- CLASIFICACION

Las rocas de esta unidad forman parte de un extenso cuerpo plutónico, cuya edad ha sido inferida, tentativamente, sincrónica a la deformación laramídica y que se encuentra intrusando a rocas sedimentarias del Cretácico Inferior, siendo su mecánica de emplazamiento causada principalmente por fenómenos de isostasia. La roca fué clasificada como un pórfido cuarzo monzonítico

- DISTRIBUCION

Las cuarz^o monzonitas se localizan en la -- parte nororiental de la zona, constituyendo la porción oriental de la Sierra de Tosesihua y el Cerro de la Aguja de Tosesihua.

- PETROGRAFIA

Las rocas de esta unidad presentan una coloración rosa claro que intemperiza en gris - pardusco, con estructura compacta y textura fanerítica y en ocasiones porfídica con fractura irregular. Megascópicamente es posible observar: cuarzo, plagioclasas, feldespatos y máficos. En el caso de rocas porfídicas, los fenocristales son por lo regular de feldespatos y alcanzan un tamaño de hasta 2 cm. En el examen petrográfico de una muestra representativa de esta unidad, se observó que la muestra presenta una textura porfirítica en matriz granofídica y esencialmente constituida por Oligoclasa, Andesina, Cuarzo y Anortoclasa.

Como accesorios: Biotita Cloritizada y Magnetita, los minerales secundarios son: Clorita, Calcita, Sericita y Limonita.

Como características especiales, se observa que la matriz presenta intercrecimientos ra

diales de cuarzo y anortoclasa que semejan esferulitas mal formadas y pueden indicar - condiciones subvolcánicas. Los fenocristales de plagioclasas son predominantes.

Como se mencionó, la roca fué clasificada - por las características anteriores como un pórfido cuarzo monzonítico de origen ígneo intrusivo de poca profundidad.

- ORIGEN

Esta roca está genéticamente relacionada con la tectónica Laramide y su origen se debe - principalmente a fenómenos isostáticos en la corteza.

Las cuarzo monzonitas aquí descritas forman parte de un importante cuerpo intrusivo, cu yas raíces deben extenderse ampliamente.

Existen variaciones texturales, desde los - contactos hacia el centro, lo que indi---- ca variaciones en el enfriamiento de rápido a lento, encontrándose características de ro cas de poca profundidad hasta de gran profun didad.

- RELACIONES CON LAS ROCAS ENCAJONANTES

Esta roca intrusiva a sedimentos del Cretácico, a los cuales deformó y metamorfizó. En el campo sólo fué posible observar el contacto de esta roca con sedimentos de la Formación Cuchillo, a la cual recristalizó casi totalmente, además se observan algunos "sills" de hasta 40 cm de espesor, lo que indica una fuerte presión hidrostática de los líquidos magmáticos, en este contacto no se encontraron indicios importantes de mineralización, con excepción de algunas pequeñas manchas de silificación dentro de las calizas.

Es de suponerse que la Formación Cuchillo en esta localidad, es sólo un cuerpo colgado en rocas intrusivas, ya que se encuentra fuertemente recristalizada en todo su espesor medible; además existen otros afloramientos graníticos importantes hacia el noroeste.

Estas rocas intrusivas a su vez, están cubiertas discordantemente por sedimentos clásticos del Terciario (Tcg) y del Cuaternario (Qal y Qt).

B.1.2. CUARZO MONZONITA DE BIOTITA (Komb)

- CLASIFICACION

Esta roca intrusiva, también forma parte del intrusivo de Tosesihua y es sólo producto de diferenciación magmática.

Por lo general constituye la parte central del cuerpo plutónico. Fué clasificada como pórfido cuarzo monzonítico de biotita.,

- DISTRIBUCION

Esta roca se localiza en el extremo nororiental de la zona, en la porción sur de la Sierra de Tosesihua.

Morfológicamente forma lomas suaves y bien redondeadas, debido a que son fácilmente disgregables por su alto contenido de biotita.

- PETROGRAFIA

Las cuarzo monzonitas de biotita presentan una coloración gris rosado, que intemperiza en anaranjado pardusco, con fractura irregular. Son compactas con textura fanerítica -

de grano medio, megascópicamente se pueden observar feldespatos, cuarzo y biotita. Se examinó en el microscopio petrográfico, una muestra representativa de la unidad, en la cual se observó que la roca presenta una textura porfirítica en matriz fanerítica fina. Como minerales esenciales tiene: Oligo---clasa, Andesina, Ortoclasa y Cuarzo; como accesorios: Biotita, Magnetita y Rutilo, y --- como secundarios: Sericita y Clorita. Como características especiales, se observó . que los fenocristales son de plagioclasas parcialmente sericitizadas y de biotita con clo-ritización ligera. En cambio el feldespato alcalino y el cuarzo aparecen sólo en la matriz. Hay además in---tercrecimientos micropegmatíticos y mirmequí-ticos. Debido a las características mencionadas y como se apunta en la parte correspondiente, la muestra se clasificó como un pórfido cuarzo-monzonítico de biotita de origen intrusivo.

- ORIGEN

Esta unidad es producto de la diferenciación

de las cuarzo monzonitas (Kcm) descritas anteriormente.

Este proceso de diferenciación se debe principalmente a cristalización fraccionada y a la separación de los constituyentes más fusibles de la masa parcialmente consolidada.

- RELACIONES CON LAS ROCAS ENCAJONANTES

Esta roca al igual que la cuarzo monzonita, afecta a rocas sedimentarias del Cretácico Inferior, pudiéndose únicamente observar sus relaciones con la Formación Cuchillo, a la cual recristalizó intensamente. A su vez están cubiertas por sedimentos clásticos del Terciario Superior y reciente.

- EDAD

Se asume que estas rocas (Kcm y Kcmb) son de origen sintectónico, por lo cual se le ha asignado una edad que va del Cretácico Superior al Terciario Inferior. Los procesos de inyección por isostasia pudieron haber actuado hasta el Eoceno.

B.2. GRUPO LOS COLORADOS

Bajo este término se han agrupado tres rocas ígneas extrusivas ácidas, las cuales se relacionan genéticamente y cronológicamente.

Las unidades son: Pórfido Riolítico, Riолitas y Tebas Riолíticas Alcalinas y Riолita Fluidal.

Por esta razón tanto su origen como edad serán tratados en forma conjunta.

B.2.1. PORFIDO RIOLITICO (Tpr)

- CLASIFICACION

Con este término se ha designado a algunos - cuerpos hipabisales, ácidos, con una textura porfídica, que representan conductos volcánicos y diques, los cuales han quedado expuestos por procesos erosivos. Las rocas de esta unidad fueron clasificadas como; Pórfido Riолítico.

- DISTRIBUCION

Los pórfidos riолíticos se encuentran pobre-

mente representados, ya que sólo existen dos afloramientos; uno al noroeste de la Aguja de los Colorados y el otro es un dique que se encuentra al noroeste de la Loma de los Cavilanes.

- PETROGRAFIA

Esta unidad presenta una coloración pardo víláceo claro que intemperiza en pardo rojizo, con fractura concoidea.

Es compacta, con textura porfídica; megascópicamente es posible observarle fenocristales de feldespatos y cuarzo en una matriz afanítica. Los fenocristales alcanzan un tamaño de hasta 2 cm. En ocasiones contiene algunos fenocristales de biotita y piroxenos.

En el exámen petrográfico de una muestra representativa de esta unidad, la roca presenta una textura porfídica en matriz afanítica.

Contiene sanidino, oligoclasa y cuarzo como minerales esenciales; Máficos cloritizados, Magnetita y apatita como accesorios y clorita, caolinita y sericita como secundarios.

La matriz es un mosaico cripto a microcristalino de feldespato alcalino, plagioclasa só-

dica y cuarzo.

Esta roca se clasificó como una riolita Porfídica de origen hipabisal de poca profundidad.

- ORIGEN

Esta unidad es de origen hipabisal de poca profundidad, y representa a los diques y cuellos volcánicos a través de los cuales fluyó el magma que dió origen a cortos derrames riolíticos.

La textura porfídica indica dos etapas de cristalización; una a profundidad y la otra cercana a la superficie.

- RELACIONES CON LAS ROCAS ENCAJONANTES

Las rocas de esta unidad deben cortar a todas las rocas sedimentarias Pre-Cuchillo y están cubiertas discordantemente por sedimentos recientes.

Dentro de la unidad Porfídica riolítica se encuentra aflorando un cuerpo de fierro denominado "La Enana".

B.2.2. RIOLITAS Y TOBAS RIOLITICAS ALCALINAS (Ttra)

- CLASIFICACION

Esta unidad está constituida por dos miembros uno vulcano sedimentario y el otro netamente volcánico.

El primero tiene un espesor variable de 10 a 60 m; y por lo general se encuentra infrayaciendo al cuerpo volcánico.

El segundo miembro consta de riolitas, tobas riolíticas e ignimbritas, que en conjunto forman un paquete volcánico importante, el espesor total de la unidad es de 20 a 180 m.

- DISTRIBUCION

Las rocas de esta unidad se encuentran ampliamente distribuidas en la zona de estudio, se le encuentra en el Cerro Prieto, Aguja de Los Colorados y al norte de esta, en el extremo occidental en la Loma de Las Aguilas, al noroeste de esta y en las Lomas El Púlpito.

- PETROGRAFIA

MIEMBRO INFERIOR *

- TOBA ARENOSA

Esta porción o miembro inferior es de naturaleza vulcanosedimentaria, probablemente depositada en un ambiente lacustre. Presenta una coloración que varía de crema con tintes rosados a rojo pardusco e interperiza en verde claro y pardo con fractura concoidea y planar. La toba es compacta con estructura vesicular, epiclástica, las vesículas son alargadas en el sentido de la estratificación, los fragmentos clásticos están regularmente clasificados y su tamaño varía de 1 a 2 mm, la matriz es limolítica y arcillosa, constituyendo el 40 % aproximadamente del total de la roca, Una muestra representativa de esta unidad fué estudiada al microscopio petrográfico y se observó que presenta una textura epiclástica arenítica en matriz arenosa fina, constituida por fragmentos de roca, cuarzo, sanidino y plagioclasas (escasas) como elementos esenciales. Magnetita como accesorio; y hematita y clorita como secundarios; en una matriz de cuarzo, feldespatos y arcillas, teñidos por hematita. Los fragmentos de roca son de riolitas, vidrios ácidos, esferulitas, riocacitas porfídicas y granitos. Se clasificó como una toba arenosa de origen vulcanosedimentaria.

Es interesante hacer notar, que en la zona al sur de Tosesihua es posible observar algunos granos subredondeados de hematita, como constituyente detrítico de esta.

MIEMBRO SUPERIOR

- TOBAS RIOLITICAS

Presentan un color gris rosado claro y rosa claro con bandas ocre, intemperiza en pardo amarillento y rosa pardusco, con fractura planar. Son compactas, porosas y con textura vitroclástica, donde destacan fenocristales de cuarzo, biotita y feldespatos, en una matriz desvitrificada.

En el examen petrográfico de dos muestras de esta roca, se observó que esta presenta una textura piroclástica en matriz criptocristalina y esferulítica, vesicular por desvitrificación. Mineralógicamente está constituida por sanidino y cuarzo, como minerales esenciales y biotita y magnetita como accesorios. Como elementos secundarios contiene hematita y caolinita. La matriz es un mosaico criptocristalino de feldespato alcalino y cuarzo proveniente de la desvitrificación.

Aún es posible observar vestigios de esquirlas. Se clasificó como una toba riolítica al calina de origen piroclástico.

Las tobas riolíticas constituyen la base de la secuencia y representan un vulcanismo explosivo de tipo freático, depositándose en un ambiente lacustre. Su espesor varía de 10 a 70 cm, con acuñamientos rápidos.

- IGNIMBRITAS

Las ignimbritas presentan una estructura com pacta y textura fluidal con fractura concoidea. Son de color crema claro y violeta grisáceo claro que intemperiza en pardo y pardo rojizo. Megascópicamente es posible observar fenocristales de cuarzo y feldespatos en una matriz desvitrificada.

En ocasiones se encuentra parcialmente epidotizada. En una muestra, vista al microscopio se observó, que la roca presenta una textura piroclástica, eutaxítica, desvitrificada cons tituída esencialmente por sanidino y cuarzo, contiene además escasa biotita como accesorio y caolinita y sericita como secundarios, embe bidos en una matriz constituída por numerosas esquirlas de vidrio con ligera orientación,

feldespato alcalino y cuarzo provenientes de la desvitrificación. Se clasificó como una Ig nimbrita Riolítica alcalina de origen piroclás tico.

En esta roca se observaron numerosas vetillas de hematita parcialmente limonitizadas, con un espesor que varía de 2 a 10 mm, sin orien tación preferente. Esta característica sólo se observa en los afloramientos que se encuen tran al sur de Tosesihua.

Las ignimbritas constituyen una serie de ex plosiones de alta temperatura, probablemente entre 600 y 800 °C, lo que conforma una roca densamente soldada. Constituye un cuerpo estra tiforme con espesores de hasta 80 m.

- RIOLITAS

Son de color gris y crema pardusco, con estruc tura compacta y textura porfídica con matriz a fanítica. Megascópicamente es posible obser varle cuarzo, micas y algunos fenocristales de plagioclasa. Morfológicamente forma cerros abruptos con pendientes fuertes, con intempe rismo en lajas, y pequeñas vetillas de hematit sin orientación definida.

Las riolitas presentan un espesor que varía de 10 a 40 m, con abundantes juntas verticales, son derrames sumamente homogéneos y cortos. Esta unidad representa primordialmente un período volcánico explosivo desarrollándose hacia la cima un ciclo de tipo peleano, con períodos erosivos intermedios, pasando hacia arriba a un vulcanismo ácido de alta temperatura, lo que dió origen a derrames cortos.

- RELACIONES CON LAS ROCAS ENCAJONANTES

Las rocas volcánicas de esta unidad fueron extravasadas a través de una gran parte de la columna sedimentaria. Cubre discordantemente a la Formación Las Vigas en el Cerro Prieto, y a las cuarzozonitas al norte de la Loma de Los Gavilanes. A su vez es cubierta discordantemente por sedimentos clásticos del Terciario Superior y Reciente.

B.2.3. RIOLITAS FLUIDALES (Trf)

- CLASIFICACION

Esta roca es la unidad volcánica más joven que aflora en el área. Litológicamente está cons-

tituída por dos cuerpos riolíticos, uno fuer-
temente silicificado y el otro con abundante
contenido de esferulitas. Su espesor total es
de 0.1 a 60 m.

- DISTRIBUCION

Las riolitas fluidales se distribuyen en las
inmediaciones de la Loma Los Gavilanes y de
la Aguja de Los Colorados, en la porción o-
riental de la zona de estudio; en su extremo
suroccidental se les localiza en las Lomas El
Púlpito, Cerro La Aguja, Cerro Chino y al nor-
te de estos últimos.

- PETROGRAFIA

Esta unidad está constituída por dos miembros;
el inferior es una riolita fluidal fuertemen-
te silicificada y el superior consta de una
riolita fluidal esferulítica.

- RIOLITA FLUIDAL SILICIFICADA

Presenta una coloración pardo rojiza que in-
temperiza en rojo ocre con bandas amarillas.
Es compacta, con textura fluidal y amigdaloi-
dal y fractura irregular. Megascópicamente es

posible observar fenocristales de cuarzo y ferromagnesianos alterados. Las amígdalas varían en tamaño de 0.5 a 7 cm, con una media de 2 cm, y están casi totalmente rellenas por pequeños cristales de cuarzo y en general se encuentran fuertemente silicificadas, lo que imprime a la roca una fuerte compactación y una gran dureza. La roca en ocasiones está sumamente oxidada. Estas rocas fueron depositadas sobre una superficie de erosión, acumulándose en las partes topográficamente bajas. Debido a su alta porosidad, esta roca estuvo sujeta a una silicificación secundaria.

Su espesor varía de 0.1 a 30 m, y probablemente fué originada por un sólo flujo, dada su gran homogeneidad.

- RIOLITA FLUIDAL ESFERULITICA

Presenta una coloración pardo rojiza que intensifica en tonos rosados. Es compacta con textura esferulítica, fluidal; megascópicamente es posible observarle cuarzo, feldespatos y hematita. El análisis petrográfico de una muestra de la roca, presenta una textura criptocristalina por desvitrificación, esferulítica fluidal. Contiene feldespato alcalino y cuarzo como minerales esenciales., hematita y

escasa clorita como secundarios. Las esferulitas son abundantes y prácticamente no hay fenocristales. Se clasificó como una riolita esferulítica y fluidal de origen igneo extrusivo.

Esta roca representa un derrame de alta temperatura, y muy viscoso, ya que no cubre extensiones grandes y sus pendientes en sus frentes son fuertes. Su espesor varía de 0 a 60m.

B.3. PETROGENESIS DE LAS ROCAS VOLCANICAS

Las rocas Cenozoicas alcalinas ocurren en un cinturón difuso a través del margen este de la Cordillera de Norte América, desde Montana hasta México (Sarker, 1974). La provincia magmática de Trans-Pecos, es un segmento de este cinturón, delimitada al este por el río Pecos, al sur y oeste por el río Bravo y en el norte por una línea 12 km al norte de la frontera Texas- Nuevo México y rocas del mismo tipo y edad se extienden por lo menos 200 km al sureste dentro de México (Daugherty, 1965; Sewel, 1968; Bloomfield y Cepeda Dávila, 1973); Robin, 1974).

La región en cuestión se encuentra dentro de la provincia "Basin and Range", que aparentemente fué más activa en el Mioceno (Stevens, 1969), pero se cono-

cen desplazamientos de falla del Cenozoico Inferior y cuaternario (Mc Knight, 1968; Wilson, 1970).

Para el origen de este cinturón volcánico alcalino se sugieren dos teorías:

- Koide y Bhattacharji (1975), han demostrado que rocas ígneas intracontinentales tienden a asociarse con fallamiento extensional, siendo las fallas un efecto del magmatismo, más que una causa. Tal vez magmatismo y fallamiento son síntomas de diapirismo en el manto, (Zarker, 1977).

- Según Chuchla A. y Gregory J. (1981), el vulcanismo de esta región está relacionado con calderas de erupciones de ignimbritas silíceas con edades que van de 27 a 30 millones de años. La geoquímica es consistente con un incremento progresivo en alcalinidad hacia el este, que coincide con el modelo de Coney y Reynolds (1977), modificado por Keith (1973) por subducción a lo largo del suroeste de Estados Unidos. El vulcanismo se desplaza hacia el este de México, desde hace 100 m.a. y alcanza su máxima distancia respecto a la trinchera hace 45 m.a., comenzando el retroceso hacia el este hace 45 a 20 m.a. Esta transgresión y regresión magmática se origina como respuesta a una profundidad de fusión variable

en una zona de Benioff, cuya inclinación cambia respecto al tiempo (Chuchla R. y Gregory J., 1930).

- EDAD

Como ya se vió en el inciso anterior, estas rocas pertenecen al cinturón calco alcalino del oeste de Texas.

Al grupo de Los Colorados se le ha asignado una edad del Oligoceno en base a las siguientes determinaciones radiométricas y paleontológicas:

- Chuchla R. y Gregory J.L. (1931), le asignan una edad de 30 a 27 m.a. a unas ignimbritas silíceas del área de Manuel Benavides, Chihuahua.
- Heiken, G.H. (197F), indica una edad del Oligoceno Temprano, determinada por vertebrados fósiles, encontrados en una toba vítrea en la región Trans-Pecos Texas.
- Bockhoven y Keller (1976), reportan una edad de 34.7 a 37.1 m.a., para una secuencia volcánica ácida en la Sierra del Gallego, Chihuahua.
- Campbell (1977), reporta una edad de 32 m.a. a una

secuencia volcánica de ácida a intermedia, en la
Región de La Perla - Encinillas, Chihuahua.

4.2. TECTONICA

4.2.1. TECTONICA REGIONAL

- A. PRE - LARAMIDICA
- B. LARAMIDICA
- C. POST - LARAMIDICA

4.2.2. ANALISIS TECTONICO ESTRUCTURAL

4.2.3. DESCRIPCION DE LAS ESTRUCTURAS

- A. ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS
 - B. FALLAS
 - C. ESTRUCTURAS PLUTONICAS
- 1

4.2. TECTONICA

4.2.1. TECTONICA REGIONAL

A. PRE-LARAMIDICA

Según Bridges (1962), los sedimentos paleozoicos de Chihuahua, denotan movimientos epirogénicos, -- que actuaron desde el Precámbrico, hasta el Paleozoico Superior. Dichos movimientos actuaron principalmente en forma vertical, dando origen a cuencas y plataformas paralelas relativamente (Barradas, - 1974).

En el Paleozoico Tardío, se originó una zona de debilidad cortical, paralela al extremo oeste de la Plataforma del Diablo, limitando la ancestral Cuenca de Chihuahua.

B. LARAMIDICA

Esta tectónica tuvo lugar a fines del Cretáci

co y principios del Terciario, plegando y fallando más de 6 000 m, de sedimentos clásticos y carbonatados, depositados en una cuenca de subsidencia.

Los pliegues producidos por la Orogenia Laramide, ponen de manifiesto un sistema de esfuerzos compresionales con sentido NN-SW, los que fueron controlados por los elementos paleogeográficos, originando estructuras alargadas en sentido NW-SE.

En la porción noreste del Estado de Chihuahua, se encuentran algunos pliegues recostados con el plano axial buzando hacia el oriente, probablemente afectado por masas evaporíticas del Jurásico Superior, (Gries y Haenggi, 1970). Sincrónico con el plegamiento, existió una fuerte actividad magmática intrusiva, controlada por fenómenos de isostasia.

C. POST-LARAMIDICA

Durante el Cenozoico tuvo lugar una fase de deformación de bloques fallados, característico de fracturamiento extensional (Gries y Haenggi, 1970), que principió cuando menos hace 26 m.a. (Chapin y Seager, 1975). Aparentemente fué más activo en el Mioceno (Stevens, 1969), pero se conocen desplazamientos de Cenozoico Inferior y Cuaternario (Mc Knight, 1968; Wilson, 1970).

El fallamiento en bloques (horst y graben), produ-

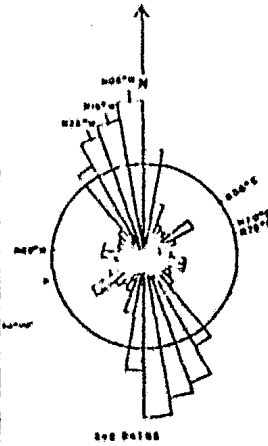
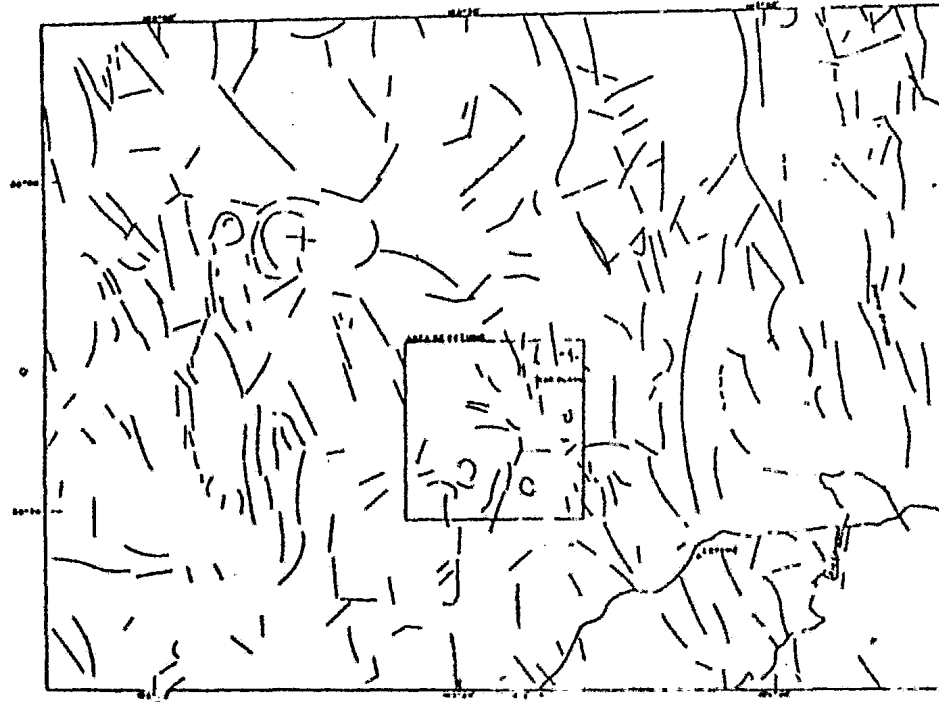
jo cuencas subparalelas, rellenas por rocas volcánicas y sedimentos Cenozoicos, dando origen a los denominados "bolsones"; según De Ford y Bridges (1959) este fallamiento estuvo acompañado por un levantamiento regional de varios cientos de metros. Este fallamiento es de tipo normal y se relaciona con una zona de transición, entre un adelgazamiento anormal de la corteza continental (Mauger, 1981) y fenómenos de asentamiento profundo.

4.2.2. ANALISIS TECTONICO ESTRUCTURAL

Se elaboró un mosaico, a partir de la imagen de satélite E.TS, a escala 1:500 000 (figura 4.2), y en él se interpretó un total de 343 datos o alineamientos, que corresponden a fallas y fracturas importantes. A partir de estos datos se construyó un diagrama de frecuencia (roseta), considerando únicamente el rumbo de las estructuras, sin tomar en cuenta su echado ni longitud.

Analizando la figura resultante, se aprecia que el máximo absoluto tiene una dirección $N50^{\circ}$, y sus asociados quedan comprendidos entre $N20^{\circ}$ y $N10^{\circ}$, que corresponden a los rasgos estructurales larafidicos el rumbo $N75^{\circ}$ representa el mínimo asociado de los esfuerzos y que significa la dirección de los vecto

PLANO TECTONICO PROSPECTO LAS PLAYAS



SYMOLOGIA

RAMO TECTONICO PRINCIPAL	---
RAMO TECTONICO SECUNDARIO	---
RAMO TECTONICO TERCERARIO	---
FALLA NORMAL	---

Diagrama de tensiones tectonicas a partir de los cambios de rumbo en los rios, fracturas y plegas de las rocas de la zona estudiada.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL INGENIERO GEOLOGO
HUGO DELGADO GRANADOS

SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y CENSOS
ESTADISTICA
BOULEVARD DE LA ESTADISTICA S/N
MEXICO D.F. 06060
1982

FIGURA 1 7

res compresionales. El máximo relativo $N35^{\circ}$, corresponde a fallas de desplazamientos laterales que seccionan y limitan a los pliegues laramídicos; esto hace suponer que estas fallas son sintectónicas, es decir, que se produjeron durante la etapa de compresión.

La dirección $N35^{\circ}W$ representa el rumbo de las fallas normales que limitan los bloques de la tectónica de "horst y graben", siendo $N70^{\circ}E$ el rumbo general de los esfuerzos tensionales.

4.2.3. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

En el área comprendida dentro de este estudio, se observaron estructuras, tanto en rocas sedimentarias como en rocas ígneas. Para los fines del presente estudio son de mayor interés estas últimas.

Las estructuras sedimentarias no son muy numerosas, pero es notoria la tendencia N-S y N-E-SW, hacia el sur del área, donde se observa el anticlinal El Serrendito y la parte norte del monoclinal El Púlpito. Hacia el norte del área, el monoclinal La Calosa tiene una tendencia NW-SE.

Todas las estructuras se encuentran fuertemente distorsionadas y falladas, cuanto más cercanas se hallan a los cuerpos intrusivos aflorantes.

Las estructuras ígneas localizadas en la zona, corresponden a apófisis del Domo de Tosesihua. Como ejemplo de dichas apófisis se encuentra aflorando el Intrusivo de Tosesihua. Como se mencionó, los cuerpos ígneos son los responsables en gran parte, del fallamiento en su periferia, pero también un buen número de fallas, deben su origen a la Revolución Laramide.

A. ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

a) ANTICLINAL EL BERRINDITO

Esta es una estructura de pequeñas dimensiones, de poco más de 3.5 km de longitud y 3.5 km de ancho en su parte más amplia. Tiene una orientación sensiblemente N-S y su extremo sur está definido por una falla de desplazamiento horizontal lateral derecho. Es posible que la estructura continúe hacia el sur después de esta falla.

El núcleo del anticlinal abre en la Formación Finlay, la cual aflora en la parte central de una pequeña sierra, al oeste de la Sierra El Múlpito. Afloran también hacia los extremos de la sierra, las Formaciones; Benevides, Loma de Plata, Buda y Del Río. Estos afloramientos no son muy regulares.

El anticlinal se ha inferido como simétrico y bulante hacia el norte.

b) MONOCLINAL EL PULPITO Y MONOCLINAL LA CALOSA

Con estas dos estructuras que han sido fuertemente afectadas por las intrusiones ígneas, al grado de que es difícil reconocer, en ocasiones, sus rasgos principales. El primero se encuentra en la sierra del mismo nombre, la cual es de una topografía de alto relieve y muy accidentada. En el Monoclinal El Pulpito los echados apuntan hacia el oeste y afloran una serie de formaciones que de oeste a este son: Juda, Del.fo, Loma de Plata, Jenevides, Finlay, Calizas y Lutitas sin Nombre, Benigno, Cuchillo y las Vigas.

En el Monoclinal La Calosa, al contrario del anterior, las capas buzan hacia el noreste, en la sierra del mismo nombre.

Las dos estructuras se encuentran fuertemente afectadas por las rocas del Intrusivo de Tosesihua. Es probable que anteriormente los dos monoclinales coincidieran para formar un anticlinal, cuyo núcleo sería Las Vigas, sin embargo, el cuerpo ígneo mencionado los disloca fuertemente.

3. FALLAS

Se detectaron un gran número de fallas que se pueden agrupar en dos: Unas como fallas de tensión es decir, fallas normales ocasionadas por un tectonismo de bloques fallados y que produjo cuencas subparalelas. Otras como fallas de desplazamiento lateral, las cuales se ubican en la periferia de las apófisis del Domo de Tosesihua. Debido al gran número de fallas en esta región, solamente se mencionarán las de mayor importancia.

a) FALLA LA LOCA

La falla La Loca se localiza en el flanco oriental de la Sierra El Púlpito y pone en contacto rocas de la Formación Cuchillo con las de la Formación Finlay. Tiene 8 km de longitud, con una dirección N-S, con flexuras al NW y al NE; su buzamiento es hacia el este.

b) FALLA EL PULPITO

La Falla El Púlpito se halla en el flanco oriental de la sierra del mismo nombre y amplía el espesor de la Formación Finlay, for-

mando un escarpe; mide casi 3 km de longitud con un rumbo ligeramente N70, en este caso el bloque oriental constituye el alto y el occidental el bajo.

C. ESTRUCTURAS PLUTONICAS

De las estructuras plutónicas se describirá sólo la de mayor magnitud, aunque existen diques que no son cartografiables.

En la zona estudiada se ha interpretado, en base a las imágenes de satélite, un sistema de fallas normales, que en conjunto dan origen a un extenso graben, y se les ha estimado un salto de 300 m, aproximadamente.

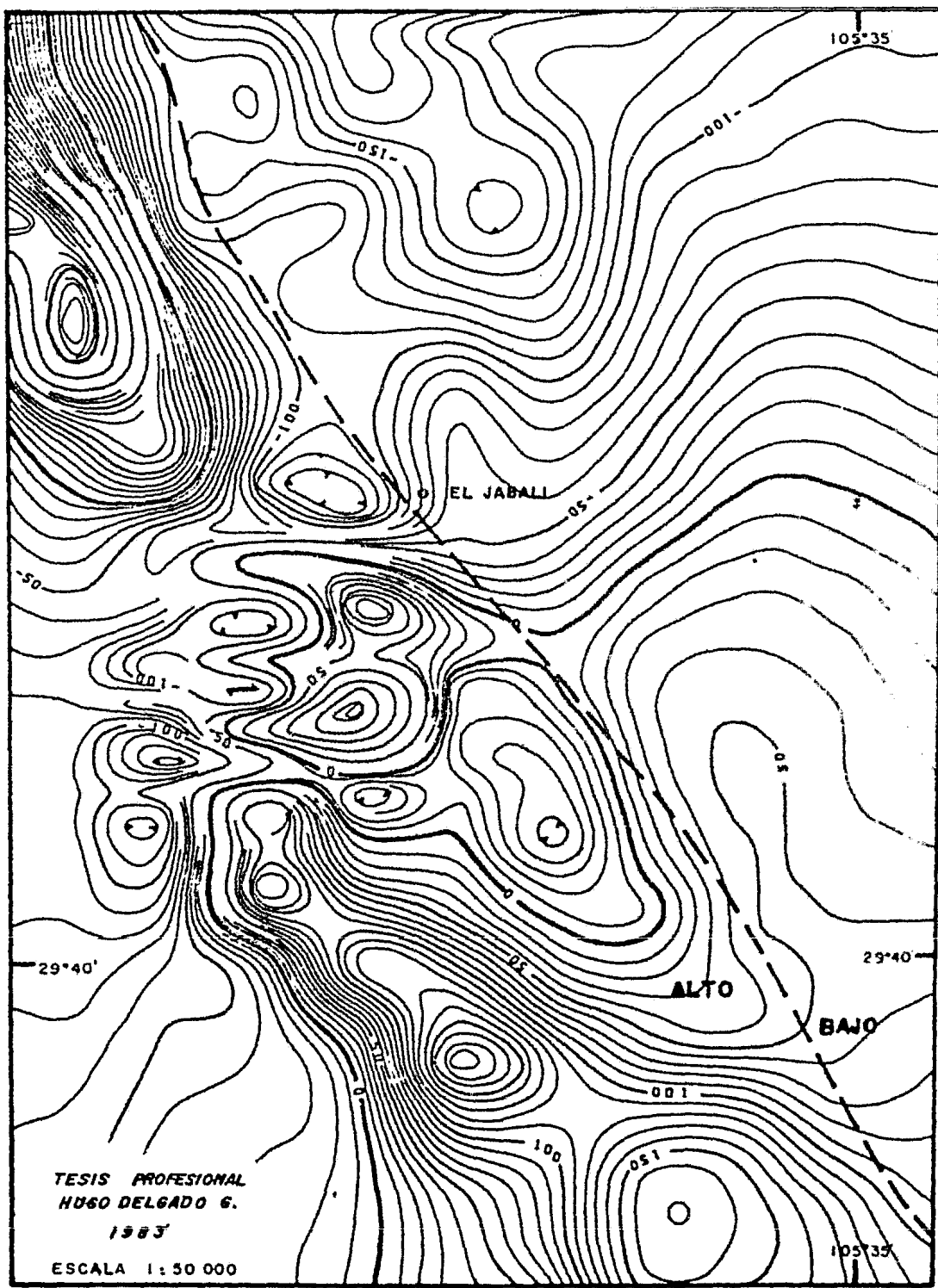
Al norte y centro del prospecto, se localiza el Cuerpo Intrusivo de Tosesihua, con una extensión de cerca de 60 km², que expone rocas ácidas de variada composición, debido a diferenciación magmática. Su expresión topográfica más relevante, la constituye la Aguja de Tosesihua.

4.3. GEOFISICA Y SUS RELACIONES CON LA TECTONICA

Como se mencionó en el primer capítulo, la presencia de una serie de anomalías geofísicas detectadas en el área de estudio, fué una de las razones por las que se llevó a cabo este trabajo. Las anomalías observadas son de carácter magnetométrico y gravimétrico, las cuales en el presente inciso se tratarán de correlacionar con la geología local.

4.3.1. AEROMAGNETOMETRIA

Para el presente estudio se contó con un plano aeromagnetométrico, que cubre toda la zona en cuestión, realizado con un vuelo alto, el cual se efectuó a lo largo de líneas paralelas, orientadas de norte a sur y con una separación entre líneas de aproximadamente un kilómetro. Los valores obtenidos en dicho vuelo se procesaron para obtener el plano de magnetometría corregida a escala 1:50 000, del cual solamente se presentan aquí, las partes de mayor interés.



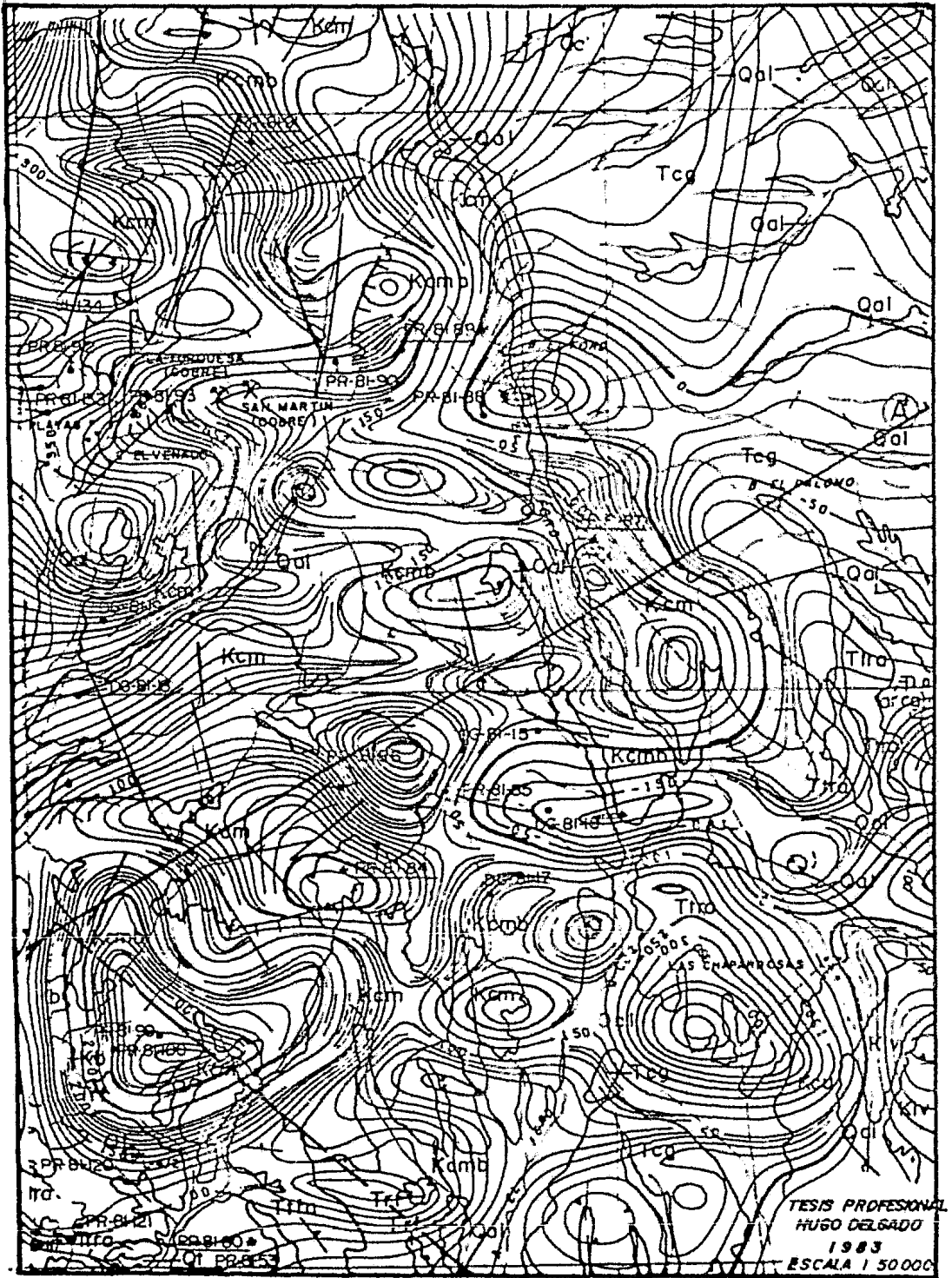
PLANO AEROMAGNETOMETRICO

FIGURA 4.3

En el extremo occidental de la zona existen varias anomalías, que en conjunto forman un lineamiento con orientación N20°W aproximadamente, que concluye al SE del rancho El Negrito; existen también al SW de estas, varias anomalías sin un patrón definido que deben su origen a la existencia de un cuerpo granítico en el subsuelo, que aflora inmediatamente al noroeste del área, profundizándose hacia el sur. Este cuerpo se encuentra limitado al este por una falla normal, donde el cuerpo granítico está representando al bloque levantado. (Figura 4.3).*

En la parte nororiental es notoria la presencia de fuertes anomalías, que deben su existencia al intrusivo de Tosesihua, el cual se encuentra aflorando con una extensión aproximada de 130 km², limitado al oeste por una falla normal. Las formas irregulares son debidas en parte, a la existencia de cambios litológicos en el intrusivo, con variaciones en el contenido de ferromagnesianos, y que se corrobora al comprobar las configuraciones de las anomalías con las de los cuerpos de Cuarzo Monzonita de Biotita, (Figura 4.4),* la cual presenta valores altos de susceptibilidad magnética (570×10^{-6} c.g.s.), como lo atestigua una de las muestras de dicha unidad, en comparación con las muestras de Cuarzo Monzonita, con valores de 50×10^{-6} c.g.s.

*Nota: en las figuras 4.3 a 4.6, las curvas de iso-gamas están equiespaciadas cada 10 gammas.



SUPERPOSICION DE MAGNETOMETRIA
Y GEOLOGIA

FIGURA 4.4



MAGNETOMETRIA Y GEOLOGIA SUPERPUESTAS

FIGURA 4.5

En la porción central del área, las curvas se suavizan, lo que corrobora la existencia de un graben, cubierto por sedimentos del Cenozoico, que en ocasiones sepultan a cuerpos volcánicos.

Entre Tosesihua y la porción norte de la Sierra El Pulpito, existen varios dipolos que en general se alinean en una dirección $N50^{\circ}W$, por lo cual se considera que su origen es diferente al de las rocas intrusivas y deben ser originadas por cuerpos volcánicos aflorantes o sepultados. (Figura 4.5).

Aproximadamente en el cruce de las coordenadas $105^{\circ}24'$ y $29^{\circ}38'$, existe un dipolo con una amplitud de 230 gammas de máximo a mínimo con una orientación $N57^{\circ}W$, este dipolo coincide sensiblemente con un cuerpo de hierro, encajonado en Pérfidos Riolíticos. (Figura 4.6).

4.3.2. GRAVIMETRIA

Las presentes observaciones se realizaron en base a un plano gravimétrico escala 1:200 000. Este análisis será únicamente de carácter tectónico-estructural, ya que las variaciones en densidad entre las rocas ígneas y sedimentarias, son mínimas, lo cual, se observó en los resultados de las pruebas de peso específico efectuados a muestras representativas del área estudiada.

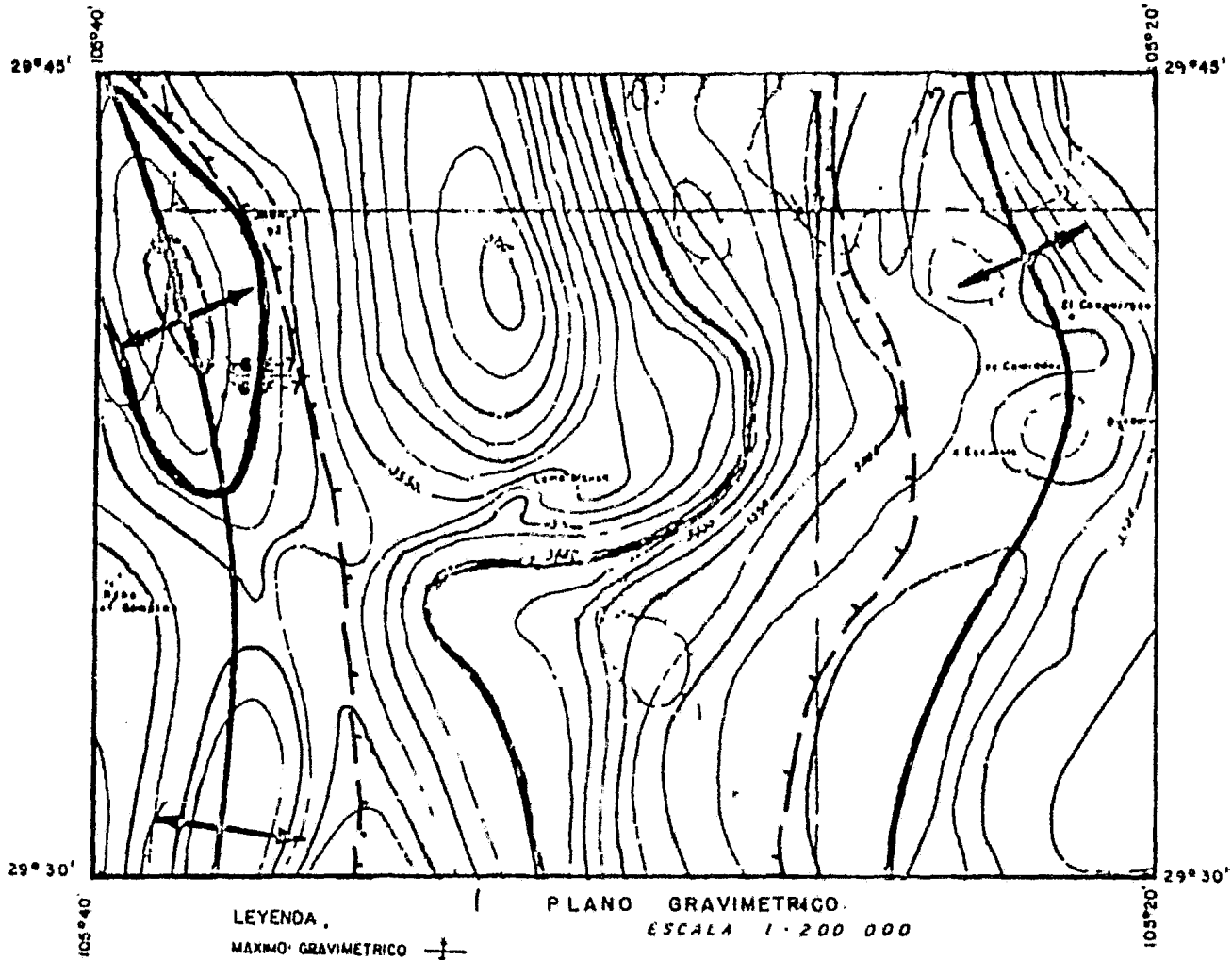
En la porción occidental del área se aprecia un má-



MAGNETOMETRIA Y GEOLOGIA SUPERPUESTA

FIGURA 4.6

ximo gravimétrico que corresponde a un bloque levantado y afectado por un cuerpo granítico hacia el norte. Casi en la parte media en sentido transversal existe un mínimo apreciable, debido esto a la existencia de un graben cubierto por sedimentos del Terciario, los que presentan una baja densidad. (Figura 4.7). En la orilla occidental de la Sierra de Tosesihua y La Calosa, se cartografió una falla normal (ver plano geológico) donde el bloque caído es el de la izquierda, este rasgo tectónico corresponde sensiblemente a una falla normal detectada por métodos gravimétricos. Los valores en miligales aumentan progresivamente hacia el oriente, debido esto en gran parte al Cuerpo Intrusivo de Tosesihua.



4.4. GEOLOGIA HISTORICA

4.4.1. EVENTOS GEOLOGICOS PALEOZOICOS

De esta era no se tiene información con la cual se pueda hacer una interpretación profunda de los eventos ocurridos en el área de estudio, pero en forma generalizada se hará un breve comentario, de los acontecimientos regionales que permitan situarse en el pasado geológico.

Durante el Paleozoico Temprano , la porción centro-norte de la República Mexicana, pertenecía al llamado continente Norteamérica Ancestral, el cual se constituía por tres elementos tectónicos principales, el Geosinclinal Ouachita, el Cratón de Norteamérica y el Geosinclinal Cordillerano. (Figura 4.9).

El geosinclinal Ouachita fué destruído durante la Revolución Apalachiana, en el denominado Orógeno Permiano-Carbonífero del noreste de México y fué plegado por fuerzas de compresión que actuaron del este al oeste, originando el sistema de montañas Ouachita al Sureste de Arkansas y sureste de Oklahoma y las mon

ELEMENTOS TECTONICOS DE NORTEAMERICA ANCESTRAL
DURANTE EL PALEOZOICO TEMPRANO



FIGURA 4.9

tañas Marathon del SW de Texas, los cuales se presentan en forma de arco con una cara cóncava hacia el norte, por lo cual se deduce que las fuerzas actuaron también del SE al NW.

A medida que las fuerzas fueron cesando, se originaron una serie de esfuerzos de distensión que produjeron grandes fallas normales, las cuales dieron origen a cadenas montañosas falladas (pilares) bordeadas por fosas de hundimiento (grabens). Este evento se conoce en Norteamérica como Orogenia Palizada y dió origen a los elementos tectónicos de principios del Mesozoico. Esta orogenia terminó a fines del Jurásico.

El llamado Cratón de Norteamérica, estuvo caracterizado durante esta era por una serie de movimientos epirogénicos lentos y prolongados los cuales influyeron en el comportamiento de la sedimentación de esta zona, dando origen a una serie de ciclotemas y discordancias. (Seyfert y Sirkin, 1979).

Los movimientos que sufrió el Cratón a fines del Paleozoico produjeron dentro de él una zona de debilidad cortical originando esto, una serie de cuencas y plataformas, citándose entre las primeras a la de Midland, Delaware y Pedregosa; y de las segundas la del Diablo, que limitó a la denominada Cuenca de Chihuahua-Pedregosa, la de Florida y finalmente a la de Bavispe. (Gries y Haenggi, 1970).

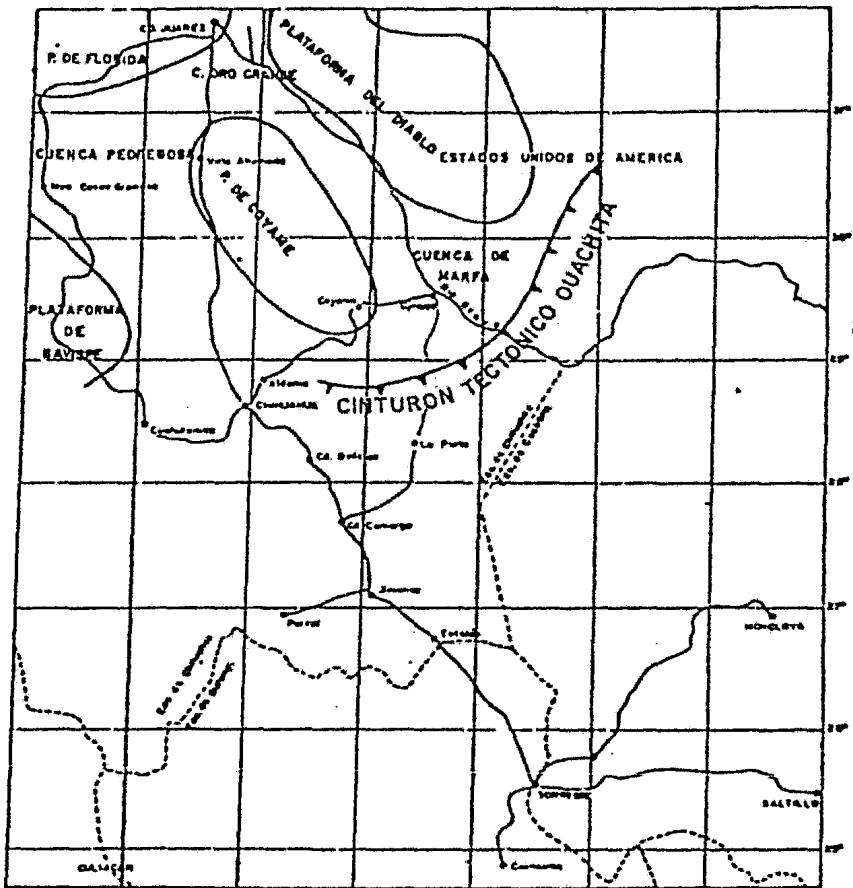
4.4.2. BOSQUEJO DE LOS EVENTOS GEOLOGICOS QUE TUVIERON LUGAR EN EL AREA DE ESTUDIO

Los registros geológicos más antiguos que se tienen en el área, son del Cretácico Inferior, aunque en zonas cercanas como son Plomosas, Placer de Guadalupe y gran parte del Oeste de Texas, existen sedimentos del Triásico al Paleozoico que subyacen discordantemente a las rocas Cretácicas. Las unidades sobre la discordancia, se adelgazan hacia el sur, lo que hace pensar que para ese tiempo la invasión de los mares provino del sur. (Figura 4.10), (Greenlee, 1970).

Para el período Post-Triásico, los registros litológicos indican una lenta subsidencia y una alta estabilidad cratónica, refiriéndose a la región oeste de Texas, como una plataforma con dos proyecciones hacia el sur, denominadas Península de Coahuila y Península de Tamaulipas (Kellum, Imlay, y Kane, 1936).

Ya en el Jurásico Tardío (Kimmeridgiano-Tithoniano), el área se encontraba bajo el nivel del mar, dentro de una depresión conocida como "Cuenca de Chihuahua" (figura 4.11), que estaba bordeada al oriente por la Plataforma del Diablo. Esta cuenca tenía comunicación con las islas de las Esperanzas, La Mula y la de Coahuila, (Smith, 1970).

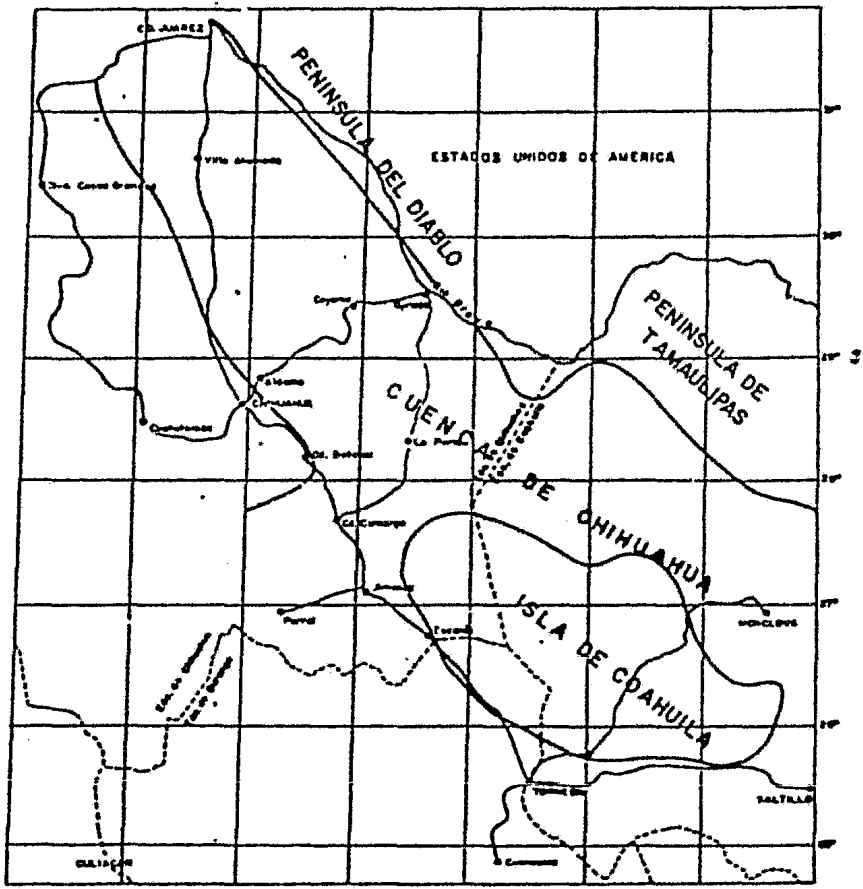
Durante el Neocomiano Medio principia el depósito de



PALEOGEOGRAFIA DEL
PERMICO - PENNSILVANICO

SEGUN R.K. DE FORD, 1969.
MODIFICADO POR: E. MUJECH, 1982.

FIGURA 4.10



PALEOGEOGRAFIA DEL JURASICO SUPERIOR

SEGUN R.K. DE FORO, 1969. MODIFICADO POR: E. MUNECH, 1982

FIGURA 4.11

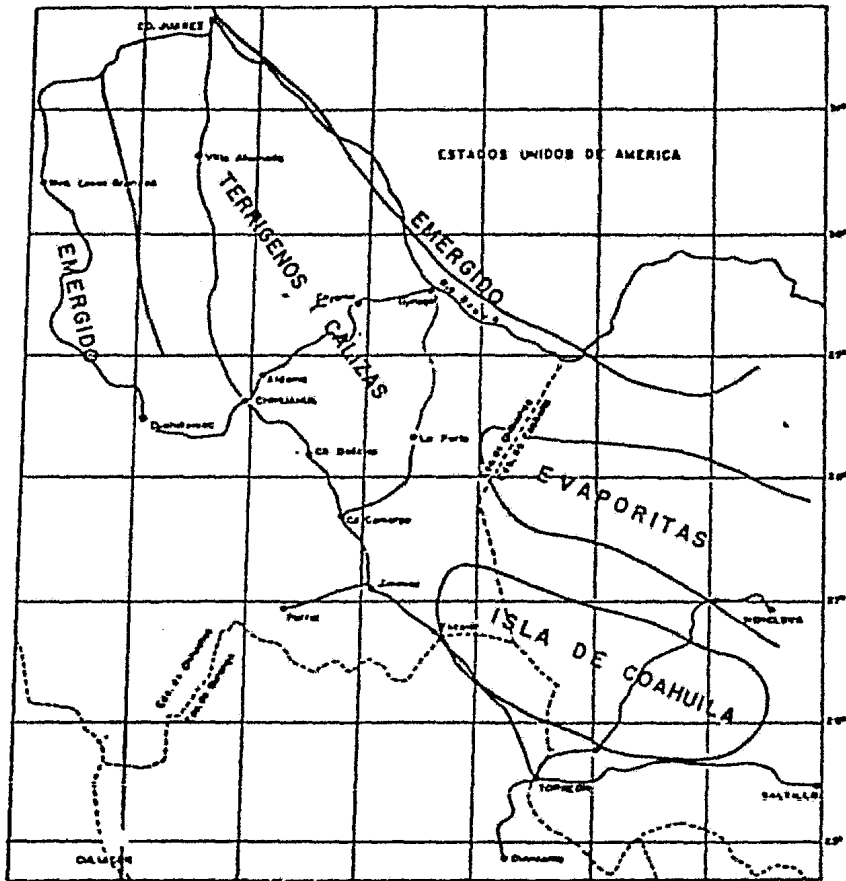
un grueso paquete clástico, lo que indica un levantamiento regional de las zonas positivas. Estas areniscas son en parte de origen continental y pasan hacia el sur a facies evaporíticas en el Golfo de Sabinas (Formación La Virgen), figura 4.12.

En el Aptiano ya no existían características de cuenca en la depresión de Chihuahua, depositándose la Formación Cuchillo que es definitivamente una secuencia transgresiva.

La secuencia del Albiano al Cenomaniano Inferior, indica las facies de aguas someras y tranquilas de plataforma; este paquete sedimentario alcanza espesores de hasta 2 000 m, denotando una subsidencia de la Cuenca de Chihuahua (figura 4.13).

En el Cenomaniano Superior y Turoniano, se manifiesta un período de estabilidad, estando las porciones continentales en una etapa de madurez, lo que dió por resultado un intenso aporte de sedimentos finos y carbónosos.

Durante el Turoniano Superior, comienzan a manifestarse los procesos orogénicos de la Orogenia Laramide, produciéndose un levantamiento regional, acompañado de fuertes plegamientos, fallamientos e intrusiones ácidas, estas últimas controladas por fenómenos isostáticos. El levantamiento dió como resultado la acumulación de areniscas de ambientes litorales, pasando hacia arriba a continentales y lacustres.

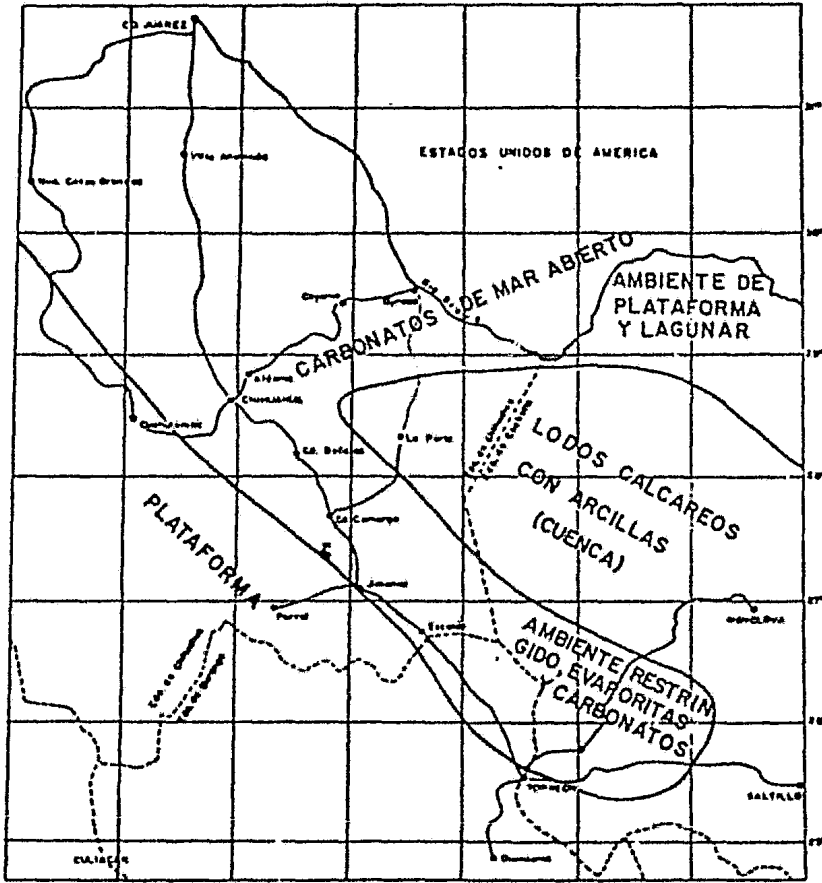


PALEOGEOGRAFIA DEL

NEOCOMIANO

SEGUN R.K. DE FORO, 1969.
MODIFICADO POR: E. MUHECH, 1982.

FIGURA 4.12



PALEOGEOGRAFIA DEL
ALBIANO - CENOMANIANO

SEGUN R. K. DE FORD, 1969.
MODIFICADO POR: E. MUJECH, 1982

FIGURA 4.13

Los procesos orogénicos se manifiestan hasta el Paleoceno.

En el Oligoceno, principia un intenso período volcánico de carácter ácido-alcalino (Barker, 1974), este magmatismo fué contemporáneo con el esparcimiento rápido Cenozoico de las Placas Pacífico-Farallón -- (Larson y Pitman, 1972).

El vulcanismo del Terciario, principió con el depósito de tobas lítico-vitreas y lahares, cubiertas -- por riolitas e ignimbritas.

En el Oligoceno Tardío principió un fallamiento en bloques (horst y graben), lo que produjo una morfología de cuencas paralelas, que fueron rellenas durante el Mioceno y Plioceno por materiales clásticos derivados de las sierras aledañas y depositados en ambientes netamente continentales. El relleno de estas cuencas dió origen a los denominados "bolsones".

Durante el Cuaternario se ha desarrollado un período erosivo, debido a la disminución del nivel base de erosión del río Bravo (Groat, 1972), desarrollándose barrancas y cuencas intermontanas cortadas por el drenaje.

CAPITULO V. YACIMIENTOS MINERALES

- 5.1. FORMA Y DISTRIBUCION DE LOS AFLOAJIENTOS
- 5.2. COMPOSICION MINERALOGICA
- 5.3. GENESIS DEL YACIMIENTO
- 5.4. RELACION TECTONO-METALOGENICA DEL
YACIMIENTO

CAPITULO V. YACIMIENTOS MINERALES

5.1. FORMA Y DISTRIBUCION DE LOS AFLORAMIENTOS

En esta zona existen dos manifestaciones de hierro, las cuales son diferentes genética y cronológicamente. La primera se localiza al noroeste del Cerro Aguja de Los Colorados, en el cruce de las coordenadas $29^{\circ}38'10''$ de latitud norte y $105^{\circ}26'40''$ de longitud oeste del Meridiano de Greenwich. El segundo se encuentra a 2 km, del rancho Las Playas en dirección $N30^{\circ}E$.

El afloramiento de la Aguja de Los Colorados, está constituido por bloques compactos de magnetita y limonita, sus dimensiones son 30 x 10 m, con espesor desconocido y una forma elíptica, estando su eje mayor en dirección NW-SE. Figura 5.1

La manifestación del rancho Las Playas, se presenta como una costra de hematita en un cuerpo colgado de calizas - recristalizadas dentro del Intrusivo de Tosesihua. Sus dimensiones son de 8 x 7 m en una forma semicircular. Es importante hacer notar la existencia de vetillas en las riolitas de la Aguja de Los Colorados, cuyas direcciones se ilustran en la red estereográfica, (figura 5.2), estas por lo general tienen un espesor promedio de un centímetro y aparente-

PLANO TOPOGRAFICO DEL YACIMIENTO LA ENANA

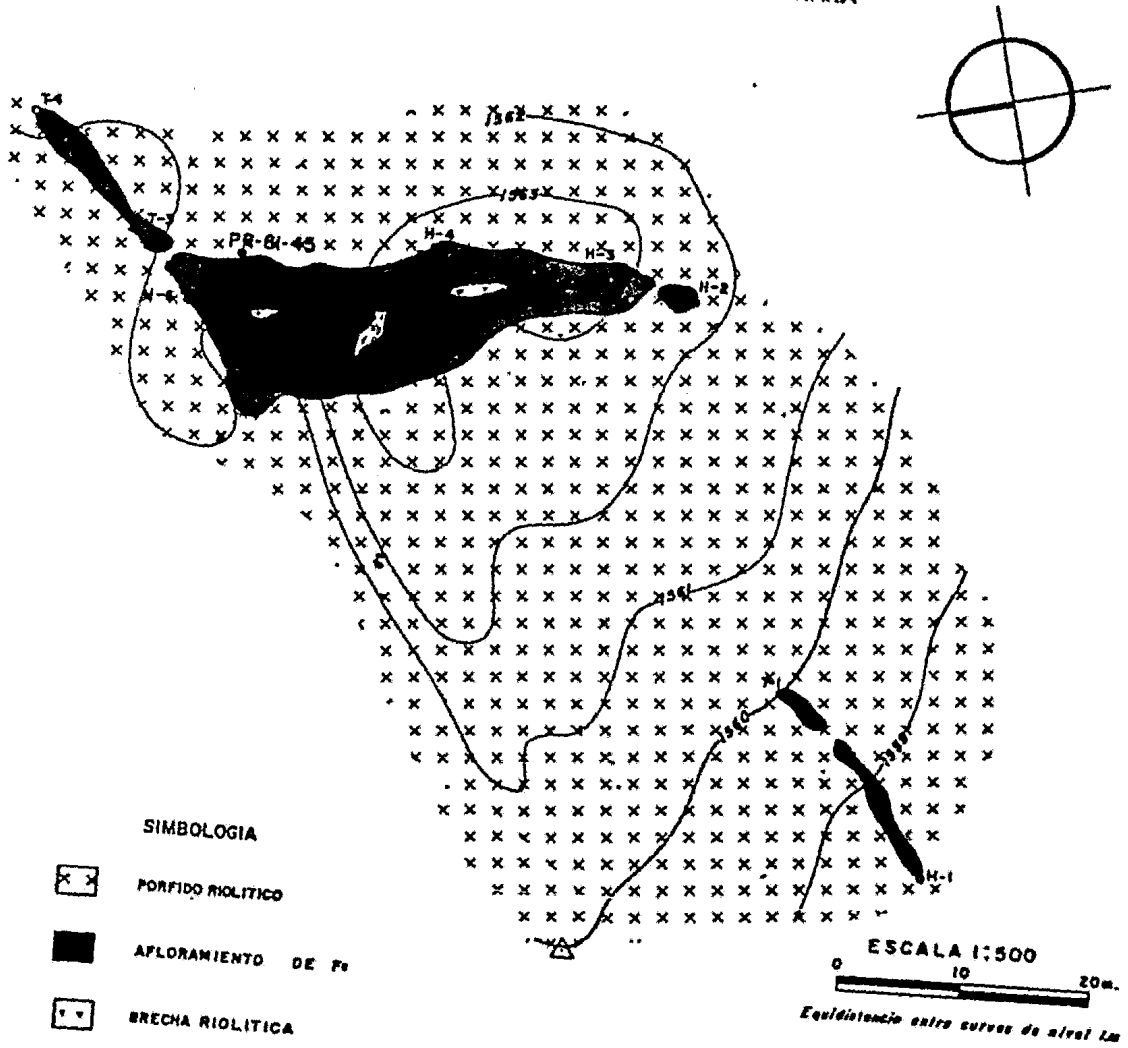


FIGURA 5.1

mente existe continuidad en el subsuelo.

5.2. COMPOSICION MINERALOGICA

Los minerales presentes en este yacimiento son: Hematita (Fe_2O_3), Magnetita (Fe_3O_4), y especularita. La hematita y magnetita son los minerales predominantes; se piensa que la hematita es originada por alteración de magnetita. Además se observaron algunos pequeños cristales de apatita, íntimamente relacionada con los minerales de fierro.

El análisis químico de este mineral es:

Fe_2O_3	53.53 ..
SiO_2	19.24 ..
CaO	0.0 ..
P	0.91 ..
S	0.0 ..

Se analizó una muestra de riolitas alcalinas, con vetillas de hematita, reportando el análisis químico:

Fe_2O_3	15.14 ..
SiO_2	65.56 ..
CaO	0.0 ..
P	0.71 ..
S	0.42 ..

3.2. GENESIS DEL YACIMIENTO

- AGUJA DE LOS COLORADOS

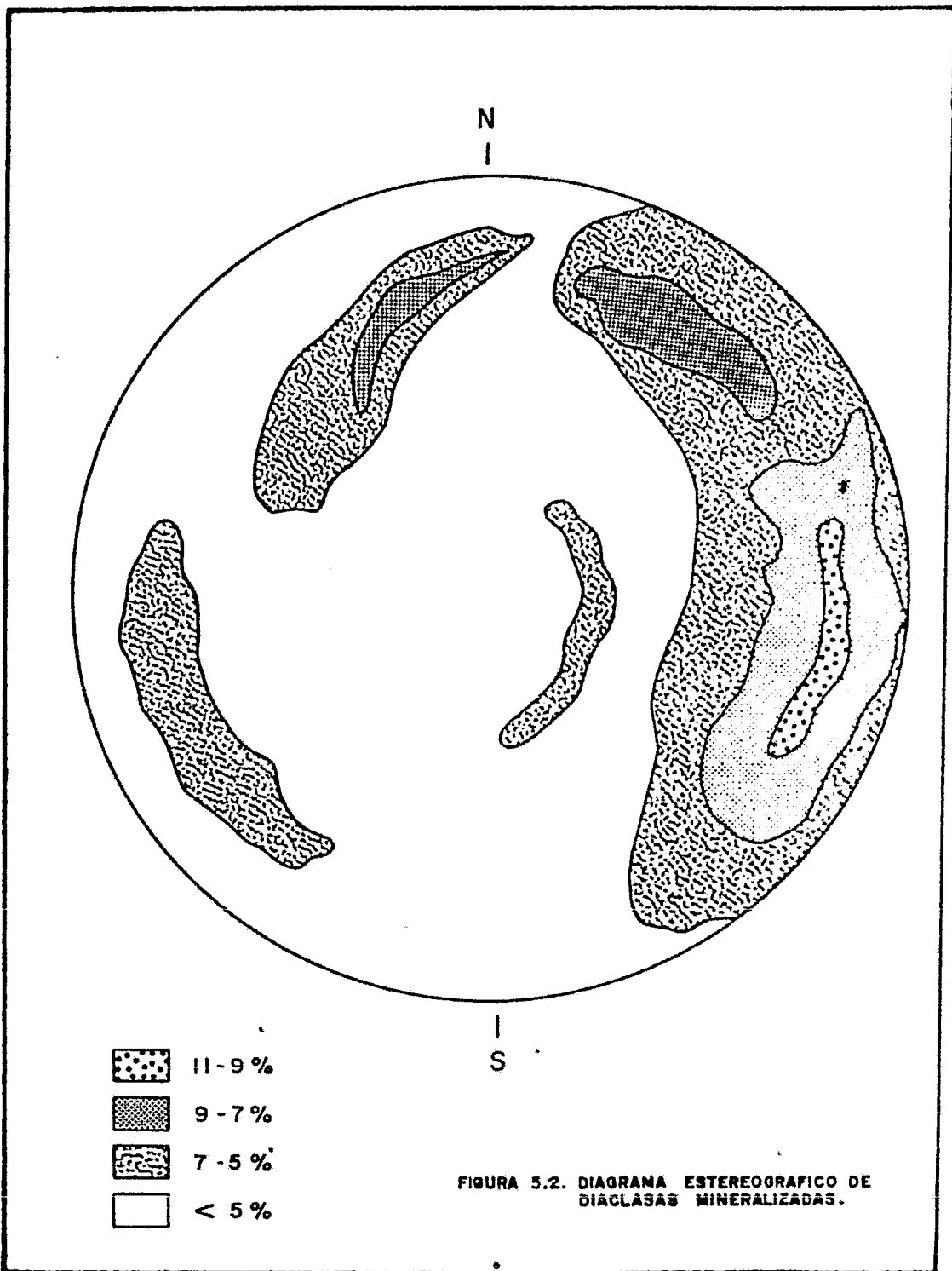
Este yacimiento presenta características de un depósito de segregación magmática. Esto supone a un magma ácido sujeto a procesos de diferenciación y cristalización fraccionada en una cámara magmática (Wagner and Brown, 1967); al mismo tiempo se desarrolló una fuerte actividad volcánica de tipo ácido, que provocó un enriquecimiento de líquidos inmiscibles con un alto contenido de fierro y fósforo.

Casi al final de la etapa efusiva y cuando las rocas volcánicas ácidas se encontraban parcialmente solidificadas, sobrevino una reactivación ígnea dentro de la cámara magmática, lo que provocó una fuerte presión hidrostática en los líquidos residuales, los cuales fueron inyectados hacia la superficie junto con un magma ácido.

Esta hipótesis se atestigua con el análisis petrográfico de una de las muestras, la cual fué reportada como brecha riolítica. Esta roca está íntimamente relacionada con el depósito de fierro, ya que se encuentra dentro de este, en cuerpos irregulares de pequeñas dimensiones.

La brecha riolítica presenta una textura cataclástica, formada por fragmentos angulosos de pórfido riolítico fuertemente cloritizados, la mesostasis es también de composición ácida, pero de enfriamiento rápido, y se encuentra fuertemente oxidada con abundante hematita y limonita. Esto supone una reactivación magmática, donde una riolita porfídica, fué rota y dislocada por un magma riolítico, con una fuerte concentración de líquidos inmiscibles, enriquecidos en magnetita y apatita por procesos de diferenciación magmática.

Se construyó una proyección estereográfica en una malla de Wulff (figura 5.2), con 92 datos de diaclasas mineralizadas, estas se midieron en la Aguja de Los Colorados y se encuentran rellenas de hematita y magnetita, con un espesor promedio de 0.5 cm; se observa que las fracturas en general presentan una forma semicircular que se carga a las orillas del estereograma, o sea a los valores cercanos a 90° , lo que supone que las diaclasas mineralizadas tienen un foco común, o sea que la hematita y magnetita fueron inyectadas dentro de las fracturas preexistentes. Esto presenta otra prueba de una inyección de líquidos mineralizados.



- RANCHO LAS PLAYAS

Este afloramiento es de origen pirometasomático, estando el mineral emplazado en calizas recristalizadas, probablemente de la Formación Juchillo y representan sólo un cuerpo colgado sobre un extenso cuerpo intrusivo de cuarzo monzonitas. Por lo cual es de suponerse que no existe continuidad del yacimiento a profundidad.

3.4. RELACION TECTONO-METALOGENICA DEL YACIMIENTO

La génesis de un yacimiento no puede ser analizada como un evento independiente, sino que es necesario encontrar su relación con la tectónica regional.

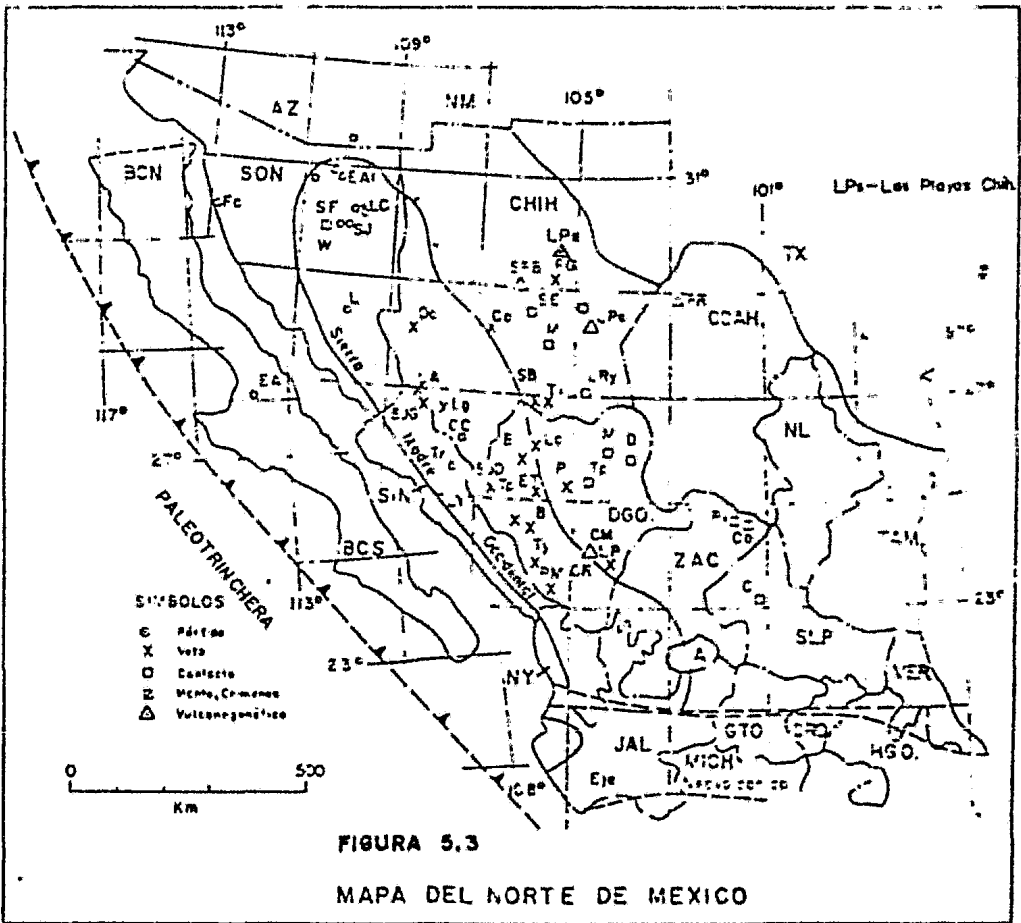
Durante los últimos años se han venido desarrollando numerosos estudios en las rocas ígneas, que afloran en la parte norte del país, algunos de ellos dirigidos a la investigación de la relación de los depósitos minerales, especialmente a los que contienen metales, y su ocurrencia en fases intrusivas y extrusivas de varios regímenes magnéticos.

Clark, Damon, Schutter y Shaffiqullah, en 1980, demuestran que existe una relación sistemática entre los magmas y los depósitos minerales en el norte de México. Según Coney y Reynolds (1977), el magmatismo es inducido por subducción en un régimen de placas convergentes en el margen continental, el

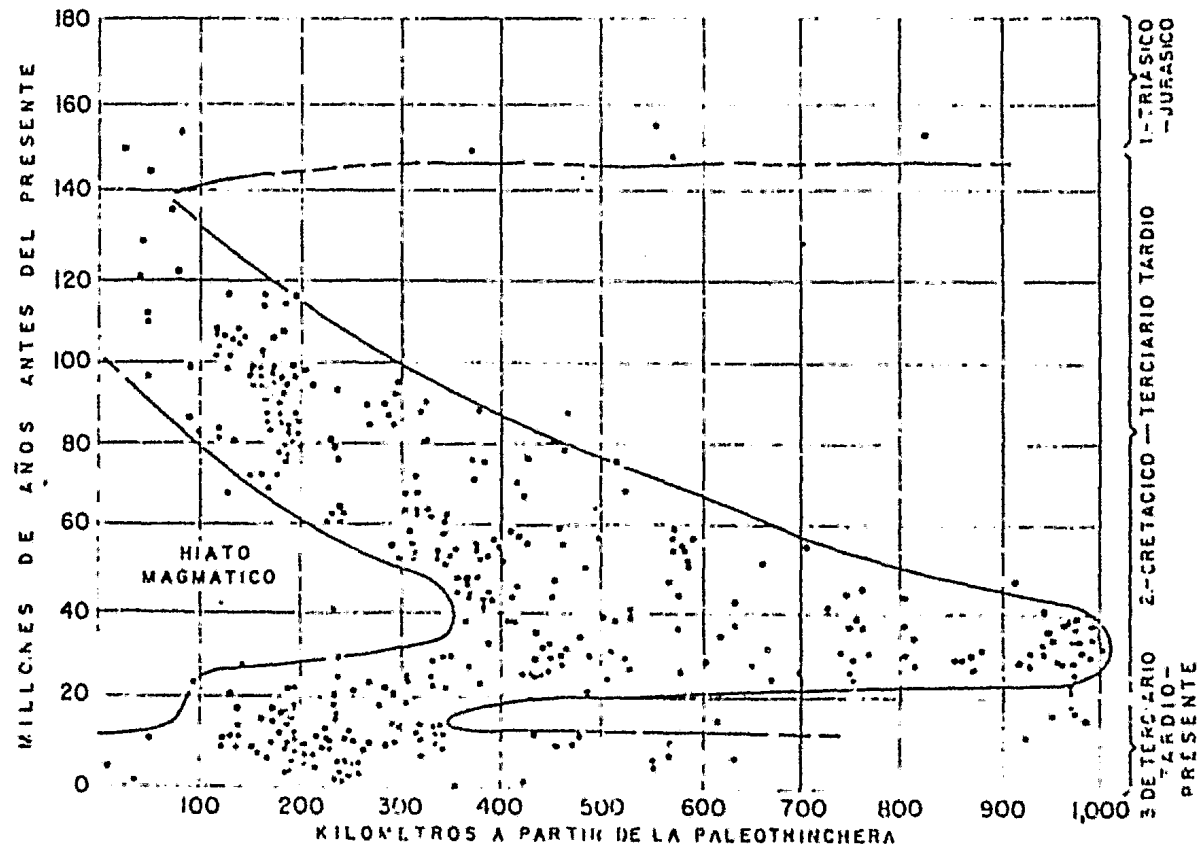
cual es continuo desde hace 130 m.a., hasta hace 15 m.a., aunque su ubicación geográfica sea variable. En 1973, Keith verificó la curva de Coney y Reynolds (modelo de migración de un arco magmático y su subsecuente regresión a la cercanía del margen continental de los Estados Unidos), usando un índice de alcalinidad de K 57.5, que permite el cálculo de la profundidad variable del foco magmático, cerca de una zona de Benioff inclinada y últimamente el cambio de inclinación con lapsos de tiempo.

En 1973, Damon, Clark y otros, reconocieron en la parte norte de México un modelo similar al mencionado, por lo que se hicieron una serie de trabajos de datación de muestras (461 determinaciones isotópicas de edades de 33 fuentes), en una región de 1 200 km paralelos a la costa noroeste del país y 1 000 km hacia dentro de la paleotrinchera (figura 5.3), estas investigaciones reconocieron tres regímenes magmáticos durante los últimos 130 m.a., como se observa en la figura 5.4.

Según Clark y otros (1930), el magnetismo comenzó cerca del margen continental, hace 140 m.a.; avanzó por 1 000 km, hacia el este hasta hace 40 m.a., después regresó hacia el oeste a la margen continental hace 16 m.a. Durante esta actividad continua, el magnetismo fué predominantemente calco-alcalino en su migración hacia el este, pero de 300 a 950 km, de la paleotrinchera; este se convirtió a facies altas en K y finalmente se convirtió en alcalino, más o menos a los 1 000 km hacia dentro, en el noroeste de México y oeste de Texas. Desde



Según: Clark, Damon, Schutter y Shaffique, 1980.



CURVA DE DISTRIBUCION DE EDADES

FIGURA 5.4

hace 16 m.a. el vulcanismo se convirtió en bimodal, a la vez empezando el tectonismo extensional, siguiendo la regresión del arco magmático hacia la costa del Pacífico y los primeros movimientos de la Falla de San Andrés. La mineralización está contenida dentro de las rocas ígneas de edades que van de 106 a 40 m.a.

La parte central y este de Chihuahua es caracterizada por riolitas, ignimbritas y rocas extrusivas traquíticas (Cameron y Cameron, 1976; Bockhoven y Keller, 1977; Mauger, 1977), ocupando el intervalo de 54-26 m.a. Las andesitas tan ampliamente distribuidas y potentes en la Sierra Madre Occidental, están en su mayor parte ausentes en el este de Chihuahua (Clark y De la Fuente, 1973).

La figura 5.5 muestra la distribución temporal y espacial de depósitos metálicos dentro de la cubierta de magnetismo entre los 120-16 m.a.; puede observarse que la metalización está estrechamente ligada al magmatismo.

El yacimiento de Las Playas cae en un cinturón rico en fierro en el este de Chihuahua, a más de 300 km de la paleo trinchera (figura 5.6), que contiene también el yacimiento de La Perla, el cual está localizado en un vitrófido riódacítico que ha sido fechado por determinaciones concordantes de biotita y feldespatos entre 31.3 (+.5) y 31.5 (+0.7) m.a., respectivamente (Van Allen y otros, 1973). Amplio brechamiento y reemplazamiento es característico de la roca huésped en La Perla.

Según Clark, Damon y otros (1930), la zonificación

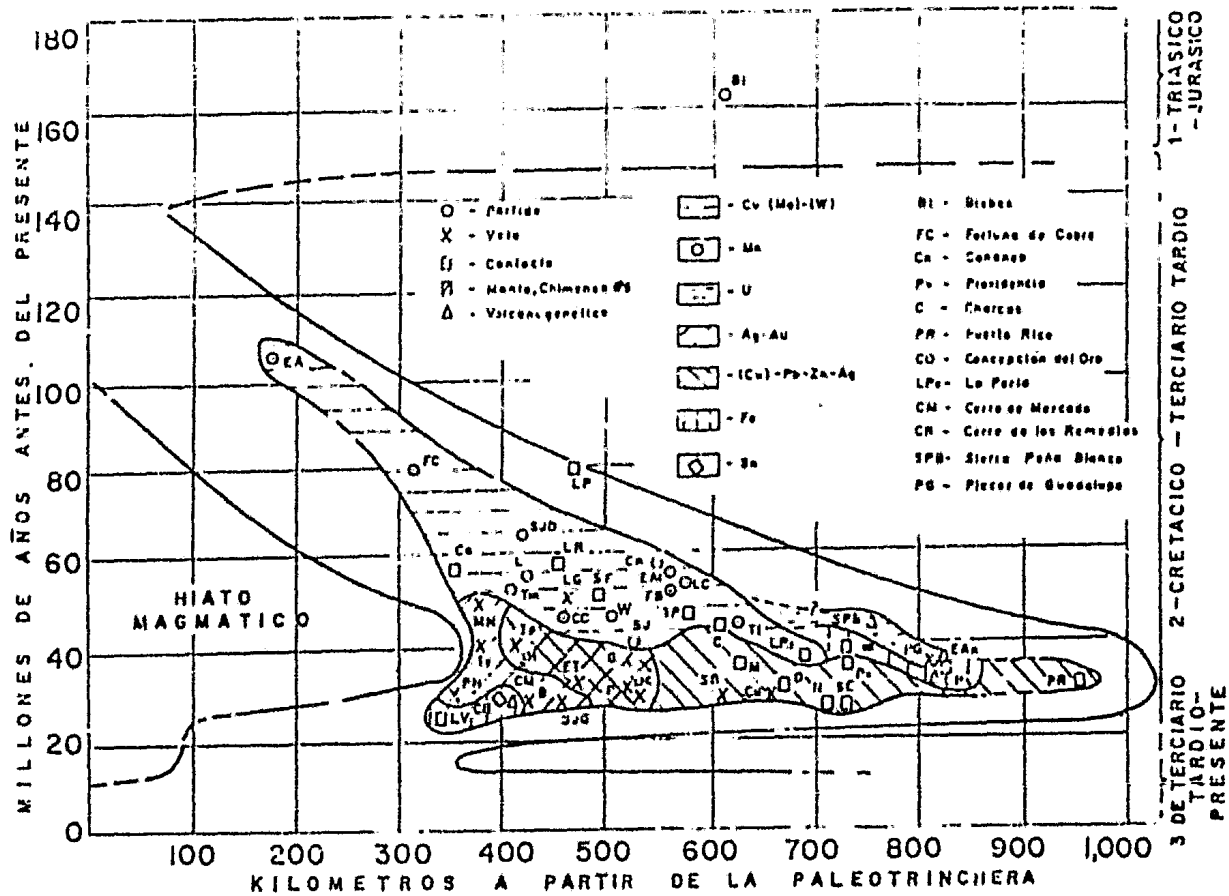
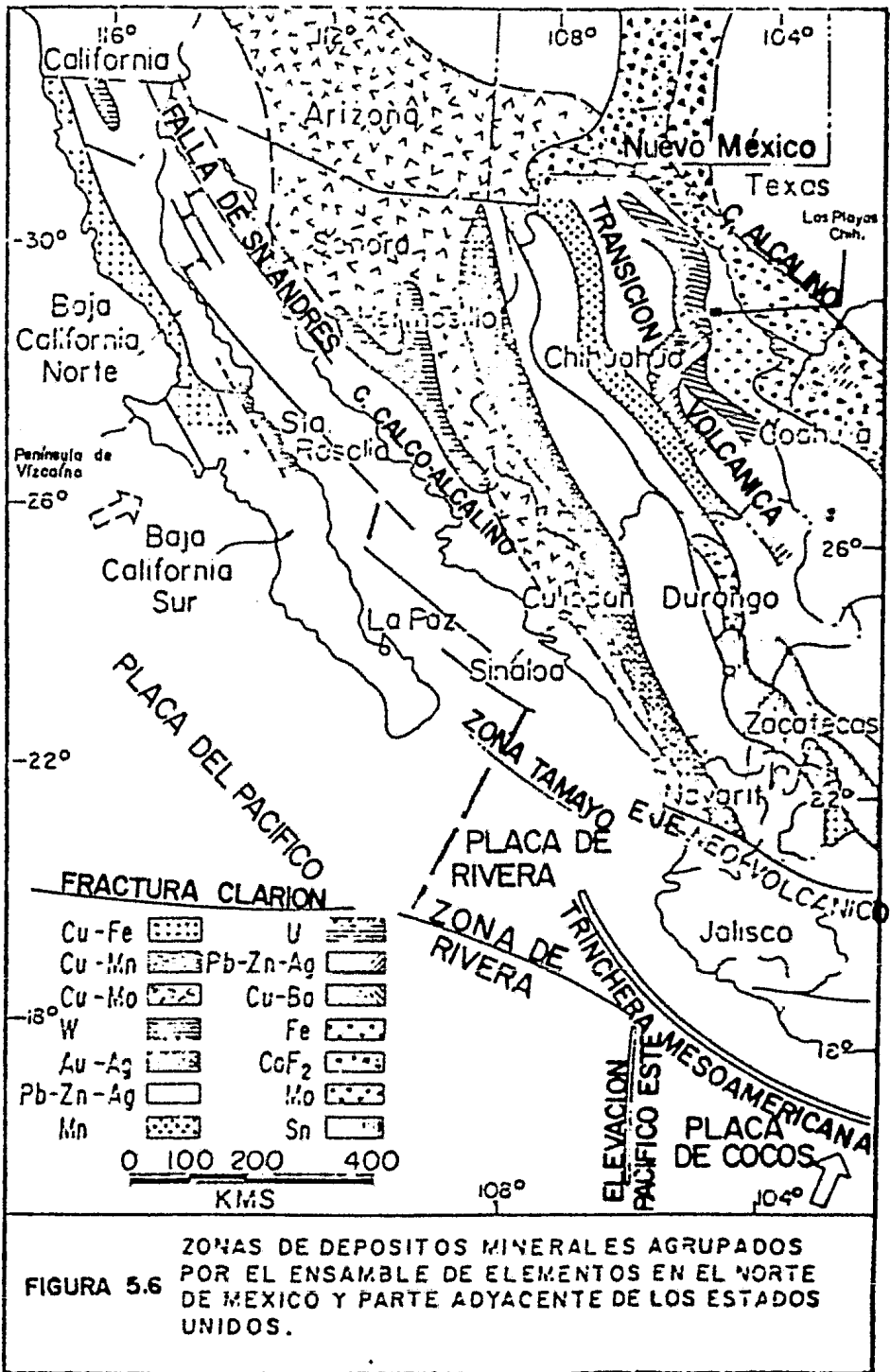


FIGURA 5.5

Según Clark, Damon, Schutter y Staffigelle, 1980



Según Clark, Damon, Schutter y Sheffiquita, 1980.
Modificado por: Hugo Delgado G.

TESIS PROFESIONAL, 1983.

de depósitos minerales en espacio y tiempo (figuras 5.5 y 5.6) permite la conclusión, de que el intervalo Cretácico Tardío-Oligoceno (106-2, m.a.), es más favorable para la localización de depósitos asociados con rocas ígneas. Esta zonificación apoya el concepto vago, pero tradicional de la distribución de asociaciones y clases de depósitos minerales en el norte de México, lo cual permite la formulación y predicción del tipo de yacimientos posibles de encontrar a través de proyectos de exploración en el futuro.

CAPITULO VI. CONSIDERACIONES ECONOMICAS

6.1. INTRODUCCION

6.2. OBSERVACIONES ECONOMICAS

CAPITULO VI. CONSIDERACIONES ECONOMICAS

6.1. INTRODUCCION

Las siguientes observaciones económicas son el resultado del análisis de la información recabada sobre el área, — tanto en la etapa de gabinete, como en la de campo y se trata, como puede verse, de un resumen de las principales actividades económicas de la zona.

6.2. OBSERVACIONES ECONOMICAS

AGRICULTURA

En esta zona la agricultura se encuentra pobremente desarrollada, debido principalmente a la escasa precipitación pluvial. Sin embargo, cabe hacer notar que existen considerables espesores de conglomerados y areniscas conglomeráticas que pudieran servir como acuíferos. Por lo anterior, puede ser factible desarrollar algunas áreas para cultivo de árboles frutales, principalmente cítricos dadas las condiciones climáticas del área.

GANADERIA

Esta es la principal actividad económica de la región y se localiza principalmente en los bolsones. El agua para abrevadero de los animales, se extrae de pozos someros, accionados por el viento (papalotes), los cuales son de pequeño diámetro, debidd a lo cual su gasto es escaso. Como ya se comentó anteriormente, se infiere la existencia de acuíferos en el subsuelo, los cuales podrían ser de interés para desarrollar zonas de riego para pastos, aumentando la capacidad pecuaria de la región.

MINERIA

Este ramo económico, está pobremente explotado, ya que existen sólo dos laboríos mineros. Las dos obras se encuentran al norte del Cerro del Venado en la zona nororiental de la zona y se trata de dos pequeños socavones, de donde en alguna época se extrajo Malaquita y Azurita.

Se estima que el yacimiento no presenta atractivos para la explotación de cobre, sin embargo, los minerales pudieran tener atractivo como elementos de ornato, o sea como piedras semipreciosas como son; Turquesa y Malaquita.

Durante el desarrollo de este estudio se constató la

existencia de un probable yacimiento importante de hierro, el cual se encuentra al noroeste del Cerro Aguja de Los Colorados, encajonado en un Fórfido di lítico y se trata de un yacimiento de segregación - magmática, pudiendo ser similar al de "La Perla" en la porción sur del Estado de Chihuahua.

CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

7.2. RECOMENDACIONES

CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

En el área estudiada aflora una columna de sedimentos que comprende a las formaciones: Las Vigas, Cuchillo, Benigno, Calizas y Lutitas Sin Nombre, Finlay, Benevides, Loma de Plata, Del río y Buda; que van del Neocomiano al Cenomanio Inferior.

Los sedimentos fueron depositados en la parte central de la Cuenca de Chihuahua por mares transgresivos del Mesozoico, desarrollados en ambiente de plataforma.

En el Neocomiano se depositó un grueso paquete clásico, derivado de los elementos paleogeográficos positivos -- que limitaban la cuenca, así como el Cinturón Tectónico Ouachita, (Formación Las Vigas).

Durante el Aptiano se depositó una secuencia transgresiva con depósitos de gran amplitud y desarrollo de zonas de evaporación, (Formación Cuchillo).

Durante el período que abarca del Albiano al Cenomanio Inferior, la Cuenca de Chihuahua se encontraba en subsidencia con oscilaciones rítmicas que propiciaron el depósito de una secuencia calcáreo-arcillosa en un ambiente de aguas someras y tranquilas de plataforma, (Formaciones Kc, Kcln, Kf, Kbe, Klpl, Kdr, y Kju).

En el Cenomaniano Superior y Turoniano se manifiesta un período de estabilidad con las porciones continentales en etapa de madurez, que dió por resultado un intenso aporte de sedimentos finos, (Formación Ojinaga de áreas adyacentes).

Para el Turoniano Superior se comienzan a manifestar procesos orogénicos caracterizados por levantamiento regional, fuertes plegamientos, fallamientos e intrusiones ácidas, estas últimas controladas por fenómenos isostáticos, (Kcm y Kcmj).

Lo anterior fué controlado por esfuerzos compresionales en sentido N₂-S₁; y estando los pliegues de la porción noroeste del Estado de Chihuahua afectados por masas evaporíticas del Jurásico Superior estos procesos orogénicos se manifiestan hasta el Paleoceno.

Durante el Oligoceno principia un intenso período volcánico de carácter ácido alcalino (Ttra, Tpr y Trf), a partir de un magma ácido sujeto a procesos de diferenciación magmática y cristalización fraccionada, lo que en ocasiones provocó un enriquecimiento de líquidos inmiscibles, con un alto contenido de fierro y que posteriormente fueron inyectados, por presión hidrostática hacia la superficie. Los procesos mencionados dieron origen al Yacimiento de la Aguja de Los Colorados.

Este fallamiento normal se relaciona, con una zona de transición entre un adelgazamiento de la corteza continental y fenómenos de asentamiento profundo, el fallamiento dió

origen a cuencas subparalelas, que fueron rellenadas por detritos durante el Mioceno y el Plioceno (Tcg y Tar-c₃), dando origen a los denominados bolsones.

7.2. RECOMENDACIONES

En base a los estudios geológicos realizados, se recomienda lo siguiente:

- Como en la zona se infiere la presencia de un cuerpo de fierro, sepultado y encajonado en un Pórfido andolítico, que podría ser de interés económico, se recomienda efectuar trabajos de detalle, tanto gravimétricos como magnetométricos en las inmediaciones del afloramiento. Una vez localizado el cuerpo, en caso de que exista uno, desarrollar un programa de barrenación con objeto de conocer las características físicas del yacimiento.
- Se sugiere también, incrementar en el futuro estudios tendientes a esclarecer y ordenar la estratigrafía de la región.

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

BIBLIOGRAFIA

- Acevedo C.F. y Márquez C.B., 1952. Reconocimiento de la parte Norte y Noreste del estado de Chihuahua. PEMEX. Informe Inédito.
- Adkins, H.S., 1933. The Mesozoic System in Texas, in the Geology of Texas, Vol. 1, Stratigraphy University of Texas Bull. 1232.
- Aguayo, C.J., 1978. Diagénesis en Nódulos de Pedernal de la Formación Tamaulipas Superior. Bol. Soc. Geol. Mex. Tomo -- XXXIX, No. 2 (Sept.), p. 9-13.
- American Geological Institute, 1972. Dictionary of Geological Terms, Double Day Anchor Press, 472 p.
- Ansbury, D.L., 1957. Geology of Pinto Canyon Area, Presidio County, Texas: University of Texas, Ph. Dissertation, 202 p.
- Barker, D.S., 1974. Alkaline rocks of North America, in Sorensen H., Ed., The Alkaline Rocks: New York, John Wiley & Sons p. 160-171.

, 1977. Northern Trans-Pecos Magmatic Province,

Introduction and Comparison with Kenya Rift. Geol. Soc. Amer. Bull., Vol. 33 p. 1421-1427.

- Barradas, J., 1974. Estudio Geológico del Prospecto Coyame, PEMEX, Informe Inédito.
- Blank, J.H., and Hoover, M.J., 1966. Geological Interpretation of an Aeromagnetic Survey of the Iron Springs District, Utah. Geophysical Field Investigations. Geophysics p. 31-314.
- Bloomfield K. and Cepeda, D.L., 1973. Oligocene Alkaline Igneous Activity in Northeastern Mexico, Geology Magazine, V. 110 p. 551-555.
- Bockhoven, N.T and Keller P.C., 1977. Volcanic Geology of the Sierra del Gallego Area, Northcentral Chihuahua: Geol. Soc. Amer. V.9, No. 1, p. 8.
- Bridges, J.L., 1962. Geology of Mina Plomosas Area, Chihuahua Mexico, Dissertation University of Texas at Austin.
- Burrows, J.H., 1909. Geology of Northern Mexico: Mining and Scientific Press, V. 9, N.9, whole 2562 (aug 23) p 290-294.
- , 1910, Geology of Northern Mexico, Bol. Soc. Geol. Mex. V.7, p25-103.

- Cameron, K.L. and Cameron, M., 1975. Reconnaissance Investigation of Volcanic Rocks from south eastern Chihuahua, Mexico: A Comparison with the Sierra Madre Occidental and Adjacent West Texas: Proc. Cenoz. Geol.; Trans-Pecos, Volc. Field Texas, p. 1-2.

- , Saaby, W.C., Moll, E.J., and Drake R.E., 1978. Petrologic Characteristics of Mid Tertiary Volcanic Suites, Chihuahua, Mexico, Geol. Mag. V. 3, p. 87-91, 1978.

- Campbell, A.R., 1977. Volcanic Rocks of the La Perla Area, Chihuahua, Mexico. M.A. Thesis, University of Texas at Austin, 110 p.

- Cantú Ch. A., 1976. Nuevas Localidades del Kimmeridgiano y Tithoniano en Chihuahua, revista del I.M.F., Vol. VIII, No.2.

- Cárdenas, J.V. y Del Castillo, J.L., 1964. Yacimientos de Hierro de La Perla y La Negra, Municipio de Camargo, Chihuahua, Boletín 69, C.R.N.N.A.

- Chuchla, R. and Gregory J.L., 1931. Volcanic Geology of the Manuel Benavides Area, Chih., Mexico and its relation to Magmatism in the Sierra Madre Occidental and Trans-Pecos Texas. Abstracts with Programs 1931. Geol. Soc. Am. Meeting, Cordillera Section, Hermosillo, Sonora, Mexico.

- Clark K.F., Damon P.E., Schutter S.R., Shaffiqullah M., 1930. Magmatismo en el norte de México en relación a los Yacimientos Metalíferos. Sobretiro de la Revista Geomimet julio-agosto, 1930, No. 106, 23p.
- Clark K.F. and De la Fuente L.F.E., 1973. Distribution of Mineralization in Time and Space in Chihuahua, Mexico: Mineral Deposita, V.13, p.27-49.
- Chapin, C.E. and Seager, W.R., 1975. Evolution of the Rio Gran de Rift in the Socorro and Las Cruces Areas, in New Mexico Geological Society Handbook, 26 th Field Conference. p.297-321.
- , 1979. Ash Flow Tuffs. Geological Society of America, Special Paper 130. New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources. 210 p.
- Cordoba, D.A., 1966. Informe Geológico de la Hoja de Los Lamentos, Estado de Chihuahua, Instituto De Geología, U.N.A.M. carta geológica de México, serie 1:100 000.
- , Rodríguez T.R., and Guerrero G.J., 1970. Mesozoic Stratigraphy of the Northern Portion of the Chihuahua Trough, in the Geologic Framework of the Chihuahua Tectonic Belt, a symposium in honour of Professor Ronald K. De Ford, University of Texas, p. 33-97.

- Coney, P.J., and Reynolds, S.J., 1977. Cordilleran Sennioff Zones, V. 270, p.403-405. Nature Magazine.
- Cserna, Z. de, 1961, Tectonic Map of Mexico: Geol. Soc.Amer. scales 1:250 000, compiled 1956-1959.
- Damon, P.E., 1973. Mineralization in Time and Space in North western Mexico and Southwestern United States: 1o. Simp. Geol. Pot. Min. Edo. de Sonora, (res.). p.41-44.
- Daugherty, F.W., 1965. Aligned Intrusive Complexes in Northern Coahuila, Mexico (Abstract). Geol. Soc. Am. Spec. Paper 37, p. 41-42.
- De Ford, R.K., 1958. Tertiary Formations of Rim Rock County, Trans-Pecos Texas, Texas Journal Sci. V. 10, N. 1(march).
- , and Bridges L.W., 1959. Tarántula Gravel, Northern Rim Rock County, Trans-Pecos Texas; Texas Journal Sci. V. 11,p. 286-295.
- , 1969, Some Keys to the Geology of Northern Chihuahua, New Mexico Geological Society. Field Trip Guidebook, 20th.
- , and Haenggi W.T?, 1970. Stratigraphic Nomen-

clature of Cretaceous rocks in Northeastern Chihuahua, in The Geologic Framework of the Chihuahua Tectonic Belt. A Symposium in Honour of Prof. A.K. De Ford. West Texas. Geol. Soc. and Texas University at Austin.

- Díaz T. y Navarro A. Litología y Correlación Estratigráfica del Paleozoico Superior en la Región de Palomas, Chih. Méx. Bol. Asoc. Mex. Geol. Pet. V. 16, p. 107-120.
- E.F.I.T.I.S.A., 1930. Estudio de Geología Superficial de Reconocimiento para Mineral de Hierro. Prospecto El Presón, Edo. de Chihuahua. Informe Inédito.
- Friedman, G.H., and Snaders J.A., 1973. Principles of Sedimentology, John Wiley & Sons, New York. 792 p.
- Greenlee, D.J., 1970. Paleozoic History of the Diablo Platform South of Van Horn Texas. The Geologic Framework of the Chihuahua Tectonic Belt. A Symposium in Honour of Prof. A.K. De Ford. West Tex. Geol. Soc. and Texas Univ. at Austin, p. 65-66.
- Gries, J.C., and Haenggi, W.T., 1970. Structural Evolution of the Eastern Chihuahua Tectonic Belt. The Framework of the Chihuahua Tectonic Belt. A Symposium in Honour of Prof R.K. De Ford. West Tex. Geol. Soc. and Tex. Univ. at Austin p.119-128.

- Griffiths, D.H. and King, R.F., 1972. Geofísica Aplicada pa Ingenieros y Geólogos. Edit. Paraninfo, Madrid. 231 p.

- Groat, G.Ch., 1972. Presidio Bolson, Trans-Pecos Texas and Adjacent Mexico Geology of a Desert Basin Aquifer System, Report of Investigations, N. 76, University of Texas at Austin 44 p.

- Haenggi W.T., 1966. Geology of the El Cuervo Area, Northeastern Chihuahua, Mexico. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy. The Univ. of Tex. at Austin.

- , and Gries, J.C., 1970. Structural Evolution of Northeastern Chihuahua Tectonic Belt, in Geology of Southern Quitman Mountains Area, Trans-Pecos Texas: Permian Basin Section, S.E.P.M, Guidebook pub. 70-12.

- Heiken, J.H., 1971. Tertiary Stratigraphy of Cerros Prietos, Municipio de Ojinaga, Chihuahua, Mexico. Tex. Jour. Sci. V. 22, N.4, p.327-342.

- Heinrich, W.M., 1956. Descriptions of Igneous Rocks. Mc Graw Hill, Book Co. U.S.A. 247 p.

- Hodges, F.N., 1977. Mineralogy of Intrusions in the Diablo Plateau, Northern Trans-Pecos Magmatic Province Texas and New Mexico. Geol. Soc. Am. bull.V.88, p.1428-1436.

- Imlay, R.W., 1936. Evolution of the Coahuila Peninsula, Geology of the Western Part of the Sierra de Parras. Geol. Soc. Am. Bull. V.47, p. 1091-1153.

- Keith, S.B., 1978. Paleosubduction Geometries Inferred from Cretaceous and Tertiary Patterns in Southwestern North America Geology Magazine, V. 6, p. 526-521.

- Kellum, L.B., Imlay R.W., and Kane W.G., 1936. Evolution of the Coahuila Peninsula, Mexico, Part I. Relation of Structures, Stratigraphy and Igneous Activity to an Early Continental Margin: Geol. Soc. Am. Bull. V.47, p.969-1008.

- Kerr, F.P., 1965. Mineralogía Optica. 3a. Edición. Ediciones Castillo, S.A., Madrid España. 451 p.

- Koeppen, W. von, 1943. Climatología. Fondo de Cultura Económica, México. 473 p.

- Koide H. and Battcharji S. 1975. Mechanistic Interpretation of Rift Valley Formation. Science V. 139, p. 791-793.

- Lamphere M.A., Cameron K.L., Cameron M., 1930. Sr Isotopic Geochemistry of Voluminous Rhyolitic Ignimbrites and Related Rocks, Batopilas Area, Western Mexico, Nature, N. 286, p. 594-596.

- Larson A.L., and Pitman, W.C., 1972. World Wide Correlation of Mesozoic Magnetic Anomalies and its Implications; Geol. Soc.Am.Bull., V. 33, p. 3645-3662.
- Long L.E., Hoops J.K., Hodges F.N., 1977. Petrology and Rb-Sr Isotope Geochemistry of Intrusions in the Diablo Plateau, Northern Trans-Pecos Magmatic Province Texas and New Mexico. Geol. Soc.Am.Bull. V. 33, p. 1437-1446.
- López Ramos E., 1930. Geología de México, Tomo II, Segunda Edición, Publicaciones Científicas CONACYT. 434 p.
- Mattauer, M., 1976. Las Deformaciones de la Corteza Terrestre Ediciones Omega S.A. Barcelona, España, 523 p.
- Mauger, A.L., 1977. A Progress Report on the Geology of the Sierra de La Calera-Sierra del Nido block, Chihuahua Mexico: Geol.Soc.Am. Bull. (South Central Section) V.9,n.1,p.52 (abs.)
- , 1931. Mid Eocene to Oligocene Bimodal Volcanism in Central Chihuahua, Mexico. Abstract with programs 1931. Geol. Soc. Am. Meet. Cordilleran Section, Hermosillo, Sonora, Mexico, Congress, p.94.
- Mc Knight, J.F. 1963. Geology of Bufecillos Mountains Area Trans-Pecos Tex. Ph. dissertation, Univ. of Tex. at Austin, 120p.

- Maxwell R.A., Lonsdale J.T., Hazzard R., and Wilson J.A., 1967. Geology of the Big Bend Natinal Park: University of Texas at Austin. Bureau of Economic Geology Pub. 6711, 270 p.
- Muhech, J.E., 1932. Estudio de Geología Superficial de Reconocimiento y Semidetalle para mineral de Hierro en el Area de San Eduardo Chihuahua. Tesis Profesional. Fac. de Ingeniería, U.N.A.M. 115p.
- Nichols, J.C., 1953. Stratigraphy of Sierra de los Pinos, Chih. Mexico. Thesis (M. of A.) University of Texas, 64p.
- Ordóñez, E., 1946. Principales Provincias Geográficas y Geológicas de la República Mexicana, Sobretiro de la "Guía del Explorador Minero", 43 p.
- Pettijohn, F.J., 1975. Sedimentary Rocks. Harper & Row, New York. 628 p.
- Raisz, Erwin, 1964. Landforms of Mexico. Cambridge Massachu setts. Second Edition, map with text, aproximate scale 1: 5 000 000. Prepared for Office of Naval Research, Geography Branch.
- Ramírez, M.J. y Acevedo, C.F., 1959. Notas sobre la Geología de Chihuahua. Bol. Asoc. Mex. Geol. Pet. V. 9, N. 9-10, p. 665-772.

- Rodríguez T.A. y Guerrero G.J., 1969. Hoja Villa Ahumada 13..
-a(9), con resumen de la geología de la Hoja Villa Ahumada,
Chih.:U.N.A.M., Instituto de Geología, Carta Geológica de Mé
xico, Serie 1:100 000.
- Richardson, G.B., 1904. Report of reconnaissance of Trans-
Pecos Texas north of the Texas Pacific Railway; Univ. Tex.
Min. Sur. Bull. N. 9 (Nov) Univ. Tex.Bull. 23, 119 p.
- Rzedowski, Jerzy, 1973. Vegetación de México. Editorial LIMU
SA, México. 237 p.
- Sellards, E.H., 1966. The geology of Texas. The University
of Texas Bull. N. 2252.
- Sewell, C..., 1955. Igneous Petrology of Candelaria Area, Fre
sidio County Texas: Texas University. M.A. Thesis.
- , 1968. The Candela and Monclova Belts of Igneous
Intrusions, a petrographic province in Nuevo León and Coahu
la Mexicó (Abs.). A Mtg. Geol. Soc Am. Abstr. 270 p.
- Seyffert C.K. and Sirkin L.A., 1979. Earth History and Plate
Tectonics: An introduction to Historical Geology. Second Ed
Harper & Row Publishers Inc. N.Y. 600p.

Smith, C.I., 1970. Lower Cretaceous Sedimentation and Tectonics of the Coahuila and West Texas Platform. The Geologic Framework of the Chihuahua Tectonic Belt, in a Symposium in Honour of Prof. A.K. De Ford. West Tex. Geol. Soc. and Tex. Univ. at Austin, p. 75-82.

Stevens, J.B., 1969. Geology of Castolon Area, Big Bend National Park, Brewster County, Texas. Unpublished Ph.D. dissertation. Univ. Tex. at Austin. 129 p.

S.A.H. Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1974. Atlas del Agua. p. 69.

Robin C., 1974. Premières Données sur les séries magmatiques alcalines de la Sierra de Tamaulipas (Est Mexicain): Acad. Sci. Comptes. Rendus, V.279, Ser.D, p. 1741-1744.

Tamayo, L.J., 1962. Geografía General de México. Segunda edición. Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas 7, 1, - y 2.

Turner, F.J. and Verhoogen J., 1960. Igneous and Metamorphic Petrology. 2nd. Edition, Mc Graw Hill Co.

Twiss, P.C. and De Ford, A.K., 1967. Potassium-Argon Dates from Vieja Group, Kim Rock County, Trans-Pecos Texas: Geol. Soc. Am. Abs. Annual Mtg., South Central Section.

- Van Allen, B.H., Campbell, A.H., Lara, Ch.A., Mc Dowell, F., and Smith, D., 1973. Iron Ore in Oligocene Volcanic Rocks, La Perla, Chih., Mex: Geol. Soc.Am. (Cordilleran Section) V.10, N.3, p. 151 (Abs.)

- Wilson J.A., Twiss P.C., De Ford R.K, and Clabaugh S.L., 1968. Stratigraphic Succession Potassium-Argon Dates and Vertebrate Faunas, Vieja Group Lim Rock County, Trans-Pecos Texas: Amer. Jour. Sci. V. 266. p. 590-604.

- , 1970. Vertebrate Biostratigraphy of Trans-Pecos Texas, The Univ. of Texas at Austin. Symposium in Honour of Prof. R.K. De Ford. p. 139-166.

- , 1977. Stratigraphic Occurrence and Correlation of Early Tertiary Vertebrate faunas, Trans-Pecos Texas. Part I: Vieja Group . The Texas Memorial Museum Bull. 25.

- García, Enriqueta, 1964. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koeppen para adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana, 71 p.

LISTA DE ILUSTRACIONES

FIGURA	TITULO	PAGINA
2.1	Plano de localización	9
2.2	Plano índice	10
2.3	Ubicación del área de semidetalle	11
2.4	Localidades por entidad federativa y municipio, con algunas características de población y vivienda.	13
3.1	Provincias fisiográficas	21
4.1	Columna estratigráfica del área de las Playas, Chihuahua	27
4.2	Plano tectónico Prospecto Las Playas	97
4.3	Plano aeromagnetométrico	104
4.4	Superposición de magnetometría y geología	106
4.5	Magnetometría y geología superpuestas	107
4.6	Magnetometría y geología superpuestas	109
4.7	Plano gravimétrico	111
4.8	No existe	
4.9	Elementos tectónicos de Norte América ancestral durante el Paleozoico temprano	113

4.10	Paleogeografía del Pérmico-Pensilvánico	116
4.11	Paleogeografía del Jurásico Superior	117
4.12	Paleogeografía del Neocomiano	119
4.13	Paleogeografía del Albiano-Cenomaniano	120
5.1	Plano topográfico del yacimiento "La Enana"	124
5.2	Diagrama estereográfico de diaclasas mineralizadas	123
5.3	Mapa del norte de México	131
5.4	Curva de distribución de edades	132
5.5	Relación de los depósitos minerales al magnetismo en el norte de México	134
5.6	Zonas de depósitos minerales agrupados por el ensamble de elementos en el norte de México y parte adyacente de los Estados Unidos	135