



2ej 12

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**" METALOGENESIS DEL SISTEMA DE FILONES DEL AREA
DE SAN RAFAEL, MPID. DE CHARGAS,
SAN LUIS POTOSI "**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO GEOLOGO

PRESENTA

MARIA ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU

MEXICO, D. F.

1983-1984



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.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	
1. INTRODUCCION	
1.1 Objetivos del Estudio	2
1.2 Método de Trabajo	3
1.3 Trabajos Previos	5
2. GENERALIDADES	
2.1 Localización y Extensión del Area	7
2.2 Vías de Comunicación	8
2.3 Clima, Vegetación y Fauna	10
2.4 Población, Economía y Cultura	13
3. FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA	
3.1 Fisiografía	15
3.2 Orografía	17
3.3 Hidrografía	18
3.4 Geomorfología	20
4. GEOLOGIA	
4.1 Estratigrafía y Sedimentología	23
4.1.1 Introducción	24
4.1.2 Sistema Triásico	26
Formación Zacatecas	26
4.1.3 Sistema Jurásico	32
Formación La Joya	32
Formación Zuloaga	33
Formación La Caja	35

	Página
4.1.4 Sistema Cretácico	37
Formación Taraises	37
Formación Cupido	38
Formación La Peña	39
Formación Cuesta del Cura	40
4.1.5 Sistema Cuaternario	42
4.1.6 Rocas Igneas	43
4.1.7 Rocas Metamórficas	46
4.1.8 Consideraciones Estratigráfico-Sedimento lógicas en la Mesa Central	49
4.1.9 Consideraciones Estratigráfico-Sedimento lógicas Locales del Area Triásica	51
4.2 TECTONICA	
4.2.1 Tectónica Regional	54
4.2.2 Tectónica Local	56
4.2.3 Geología Estructural	58
4.3 GEOLOGIA HISTORICA	
Geología Histórica	63
5. METALOGENESIS	
5.1 Introducción	68
5.2 Forma de los Cuerpos Mineralizados	70
5.3 Roca Encajonante	71
5.4 Alteraciones Hidrotermales	73
5.5 Paragénesis y Sucesión	75
5.6 Tipo de Yacimiento	89
5.7 Génesis del Yacimiento	90

6, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones y Recomendaciones 93

7. BIBLIOGRAFIA

Bibliografía 97

Apéndice Petrográfico.

Planos.

RESUMEN.

Este trabajo ha sido resultado de la elaboración de los diferentes estudios, que para un objetivo geológico se requieren, enfocados al área del Valle de San Rafael, Charcas, San Luis Potosí. Esta región se localiza en la parte Nor-Occidental del Estado de San Luis Potosí, en la provincia fisiográfica de la Mesa Central (Raisz, 1964). Los objetivos básicos del trabajo fueron, establecer la metalogénesis de los depósitos en el Valle de San Rafael, así como las diferentes unidades litológicas que conforman el paquete sedimentario de edad Triásica.

Dentro de esta secuencia se reconocieron ocho unidades litológicas, a partir de las cuales se pudo analizar que su depósito se realizó dentro de un ambiente deltaico, de facies flysh y cerca de la región continental.

Esta zona se vió sometida a cuatro fases deformativas de las cuales las más importantes son la Revolución Marathon-Ouachita-Apalaches, que fué la primera en afectar los sedimentos del triásico, y la Revolución Laramide.

Los depósitos metalíferos emplazados dentro de la secuencia triásica corresponden a un sistema filoniano de origen hidrotermal con condiciones mesotermales, cuyos principales elementos de rendimiento económico son oro, plata, plomo y zinc.

En general en la región tenemos depósitos sedimentarios

desde el Triásico hasta el cuaternario, que corresponden a las Formaciones Zacatecas del Triásico Superior; La Joya, - Zuloaga y La Caja del Jurásico; Taraises, Cupido, La Peña_ y Cuesta del Cura del Cretácico, además de los depósitos - aluvionales del Terciario y Cuaternario.

1. INTRODUCCION.

1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El presente estudio tiene como objetivo general, el de establecer una serie de relaciones geológicas y metalogénicas de la zona mineralizada del Valle de San Rafael, con el propósito de formar criterios que permitan orientar la prospección minera a todo nivel. Esto se fundamenta a través del desarrollo de los siguientes objetivos específicos y relacionados:

___ A groso modo determinar las características estrato-estructurales de la secuencia triásica.

___ Establecer el marco geológico en el que se depositaron los yacimientos minerales del área del Valle de San Rafael, para lograr criterios que orienten a una prospección adecuada.

___ Plantear la relación de los eventos tectónicos y sedimentológicos que han influido en el área, y analizar sus posibles relaciones con el origen de los depósitos minerales.

En general, correlacionar tanto a escala regional como local el paquete triásico fundamentándose en los datos obtenidos a partir de los trabajos realizados en diferentes localidades que se han descrito de edad Triásica.

Se pretende establecer la Metalogénesis de los yacimientos minerales del área del Valle de San Rafael.

1.2 METODO DE TRABAJO

El método de trabajo en que se basó el presente estudio consistió fundamentalmente de tres fases:

Fase 1. Trabajo de Gabinete.

Consistió en la recopilación del material bibliográfico de la zona y zonas aledañas, así como la elaboración de la estrategia del trabajo de campo.

Durante esta fase se procedió a la revisión de los trabajos realizados en el área y zonas cercanas, así como de estudios geológicos que tienen estrecha relación con el tema que aquí se trata, con el objeto de planear los trabajos de la "fase 2" de una forma óptima.

Fase 2. Realización del Trabajo de Campo.

Obtención de los datos de campo y muestreo.

Esta fase consistió en llevar a cabo levantamientos geológicos con brújula y altímetro, apoyados en la carta topográfica de Detenal, hoja "Charcas" F-14-A-43 de escala 1:50,000 .

Los caminamientos fueron realizados en su mayor parte a través de los arroyos, en cuyos cauces existen las mejores exposiciones de los afloramientos.

Fase 3. Trabajo de Gabinete.

Esta última fase se conformó de lo siguiente:

Estudios de secciones delgadas para la clasificación petrográfica de las muestras y definición de la secuencia de alteraciones hidrotermales.

___ Estudios minerográficos, para establecer la paragénesis y sucesión de los depósitos.

___ Análisis e interpretación de datos geológicos, para la integración de ellos en planos y secciones tanto a nivel local como regional.

___ Redacción del presente trabajo como tema de tesis profesional.

1.3 TRABAJOS PREVIOS

La parte Norte del estado de San Luis Potosí presenta -- gran interés geológico-minero debido a que en esta zona existen grandes depósitos de yacimientos minerales, como lo es - el de la Unidad Minera Charcas, perteneciente a Industrial - Minera México; por lo mismo se han desarrollado diversos es- tudios enfocados básicamente hacia la prospección en todos - sus niveles.

En especial en el área de estudio solo se tienen los traba- jos hechos por la Gerencia de Estudios Especiales del Conse- jo de Recursos Minerales, reportándose como Informes de Avan- ce del Proyecto "Charcas", S.L.P. (1982) y Metalogénesis y - perspectivas de exploración en el área de San Rafael, Mpio. - de Charcas, S.L.P.

Entre los trabajos más destacados de la región tenemos - los siguientes:

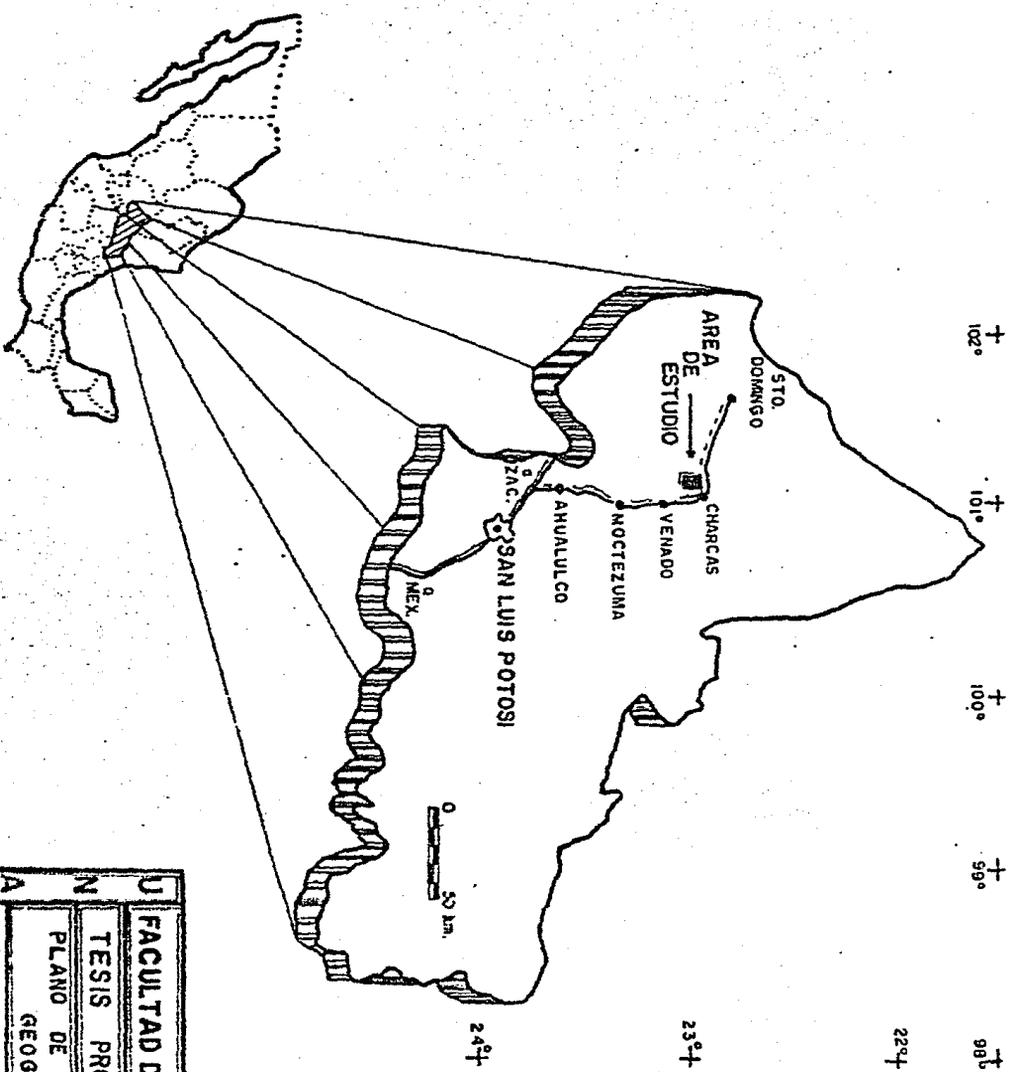
- Carrillo, J. (1971), La Plataforma Valles, S.L.P. Bol. - AMGP, vol. XXIII.
- Martínez, P. J. (1972), Exploración Geológica del área - Estribo-San Francisco, S.L.P.
- Butler, J. (1972), Geology of the Charcas Mineral Dis- - trict, S.L.P., México.
- Carrillo Bravo, J. (1982), Exploración Petrolera de la - Cuenca Mesozoica del Centro de México.
- Jiménez, Porres y Carranco, (1982), Geología de la Re- - gión de Charcas-Venado, S.L.P.

2. GENERALIDADES.

2.1 LOCALIZACION Y EXTENSION DEL AREA

La zona de estudio se encuentra ubicada al noroccidente del estado de San Luis Potosí, a unos 100 km. aproximadamente de distancia en dirección 13°NW en línea recta de la capital del estado. Específicamente, el área se localiza a 7 km. al suroccidente de la ciudad de Charcas, S.L.P., comprendida entre las coordenadas geográficas $23^{\circ}-00'-30''$ y $23^{\circ}-10'-38''$ de latitud norte y $101^{\circ}-10'-21''$ y $101^{\circ}-14'-56''$ de longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich. (Fig. 1)

El sector estudiado es un valle, que abarca una extensión aproximada de 75 km^2 , el cual limita al suroeste con la Sierra Cuchilla de las Arañas, al oriente con la Sierra La Cuesta, al poniente las Lomas Chavira y al norte el Valle de Coyotillos. El área en cuestión está incluida en la porción oeste de la hoja "Charcas" F-14-A-43 de escala 1:50,000, editada por la Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, de la Secretaría de Programación y Presupuesto.



U	FACULTAD DE INGENIERIA
N	TESIS PROFESIONAL
A	PLANO DE LOCALIZACION
M	ADRIANA ESCOBEDO ESPRITU
	ESCI: vdf. FIG. 1 1985

2.2 VIAS DE COMUNICACION

La región de estudio se encuentra en general bien comunicada. Para llegar a la ciudad de Charcas tenemos las siguientes vías de acceso:

a) Carretera.

A partir de la ciudad de San Luis Potosí, se toma la carretera federal número 49, la cual dirige hacia la ciudad de Zacatecas. A la altura del kilómetro 28, existe una desviación a la derecha, la cual consiste en una carretera asfaltada de 2o. orden la cual atraviesa por los poblados de Ahualulco, Moctezuma y Venado, llegando finalmente a la población de Charcas.

b) Ferrocarril.

En ferrocarril se tiene acceso a partir de la línea México-Laredo que viene del estado de Guanajuato, para dirigirse después a la ciudad de San Luis Potosí; posteriormente hacia el norte pasa por el municipio de Moctezuma y llega a la estación "Los Charcos" que está a 7.5 km. al sur-oriental del poblado de Charcas.

c) Avión.

En aviones pequeños también es posible llegar a Charcas, población que cuenta con dos pistas de aterrizaje.

Una vez ubicados en la ciudad de Charcas para dirigirse a la zona de estudio, se toma por un camino de terracería que conduce a la población de Santo Domingo, S.L.P., hasta llegar a la altura del km. 9 a una desviación a la izquierda

que guía al poblado de San Rafael, Dentro del área se tienen un sinnúmero de brechas que se comunican entre sí y que en su mayoría han sido abiertas por el Consejo de Recursos Minerales.

d) Teléfono.

Charcas tiene líneas telefónicas que dan servicio tanto local, como nacional e internacional de la Compañía Teléfonos de México.

e) Telégrafo.

La población de Charcas cuenta con servicio de telégrafos integrado por la red de la Federación y, así como el servicio de correo.

2.3 CLIMA, VEGETACION Y FAUNA

Clima.

El clima en toda la región del Altiplano Mexicano de acuerdo con la clasificación de Köppen (1931) es del tipo "BSKWG" el cual es un clima seco estepario con una temperatura media anual que varía entre los 12° y 18°C. Este clima carece de los vientos húmedos del mar y se presentan en el invierno temperaturas frecuentemente inferiores a los 0°C.

Las lluvias son escasas, de tipo torrencial y generalmente se presentan en el verano y con menos frecuencia a finales de invierno, registrándose una precipitación media anual de 350 mm.

Los vientos dominantes se mantienen con una dirección preferencial hacia el oriente en invierno y primavera variando posteriormente al poniente en verano y otoño.

Vegetación.

Definitivamente la vegetación es reflejo del clima, siendo en esta zona del tipo de matorral desértico, micrófilo y zacatal en las llanuras aluviales, resistente a la sequía según la clasificación de Rzendowsky (1961).

La flora que más destaca es:

Crasi-rusolifolios espinosos:

Maguey (Agave sp), sotol (Desylirion sp.), guayule (Parthenium argentatum) y lechuguilla (Agave lechuquilla).

Matorral espinoso:

Agrito (Lycium sp.), ocotillo (Fouquieria splendens) y granjeno (Celtis sp.)

Matorral subinerme:

Engorda cabra (Dalea sp.), uña de gato (Acacia sp.), y mezquite (Prosopis juliflora).

Matorral inerme:

Candelilla (Eufhobia antisiphilitica), hojasén (Fluorencia sp.), gobernadora (Larrea divaricata) y parraleña (Disodia sp.)

Nopalera:

Duraznillo (Opuntia laucotricha), tazajillo (Opuntia leptocaullys), cardenche (Opuntia imbricata), nopal tapón ---- (Opuntia tuna), biznaga (Achinocactus biznaga) y peyote (Lophophorca cillisamsi).

Izotal:

Palma china (Yuca filífera) y palma real (Yuca carnesosana).

Vegetación halofita:

Zacatón alcalino (Sporobulos sp.) y zacatón salado (Distichlis sp.) (Foto 1)

Fauna.

La fauna silvestre que se desarrolla en esta región es la siguiente:

Zorra (Vulpes macrotis), liebre (Lepus gaillardi), conejo (Sylvilagus auduboni), cacomixtle (Bassariscus astutus), tlacuache (Didelphis mesoamericana), coyote (Canis latrans).

depticus), lagartija (Selaporus microlepidotus), víbora de cáscabel (Crotalus viridis), codorníz (Colinus virginianus - aridus), aguililla (Buteo lineatus elegans), gavián (Circus cyaneus hudsonius), tórtola (Zenaida asiática) y zorrillo -- (Mephitis macroura).

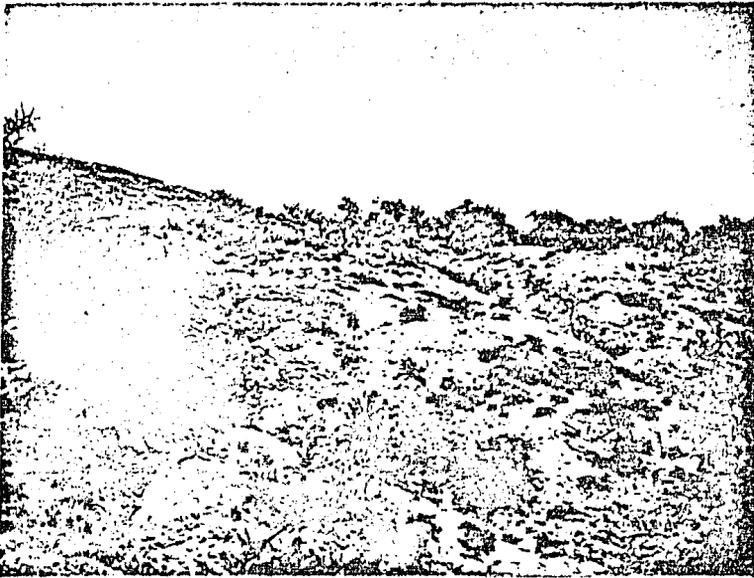


Foto 1. Vegetación característica que domina en la región del Valle de San Rafael, Mpio. de Charcas, S.L.P.

2.4 POBLACION, ECONOMIA Y CULTURA

Charcas es una población en la que aproximadamente el 60% de sus habitantes se dedican a la minería; en consecuencia su economía, ya sea directa o indirectamente, está basada en la industria minera, desarrollándose la mayor parte de este trabajo dentro de la Unidad Minera Charcas perteneciente a la Compañía Industrial Minera México, S.A.

En la región de San Rafael, la población se dedica preferentemente a la cría de ganado, principalmente caprino y en menor escala bovino y equino.

La agricultura es una actividad que no tiene gran desarrollo en esta zona, ya que la escasez de agua es notoria, por lo que se realiza en pequeña escala con el cultivo de temporal del maíz y frijol.

Según el censo de 1970, existen en Charcas 22,127 habitantes, teniendo para su desarrollo cultural: 6 escuelas primarias, 2 escuelas secundarias y una escuela preparatoria incorporada a la Universidad Autónoma del Estado de San Luis Potosí.

3. FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA.

3.1 FISIOGRAFIA

La provincia fisiográfica de la Mesa Central o Altiplano Mexicano definida por Raisz (1964) y Alvarez (1969), --- abarca gran extensión del estado de San Luis Potosí en su - porción central-oeste, el norte de Zacatecas, oriente de Du rango y norte de los estados de Jalisco, Guanajuato y Queré taro. Esta provincia tiene un ancho de 300 km en promedio - y un largo de 475 km, con una superficie de 137,600 km². El área de estudio se encuentra situada en la parte Central-Es te de esta provincia dentro del estado de San Luis Potosí.

(Fig. 2)

El Altiplano Mexicano se halla limitado al Norte por el sistema orogénico transversal Torreón-Salttillo, al Oriente - por los plegamientos de la Sierra Madre Oriental, al Sur es tá limitado por el Eje Neovolcánico y al Occidente por el - escarpado flanco de la Sierra Madre Occidental.

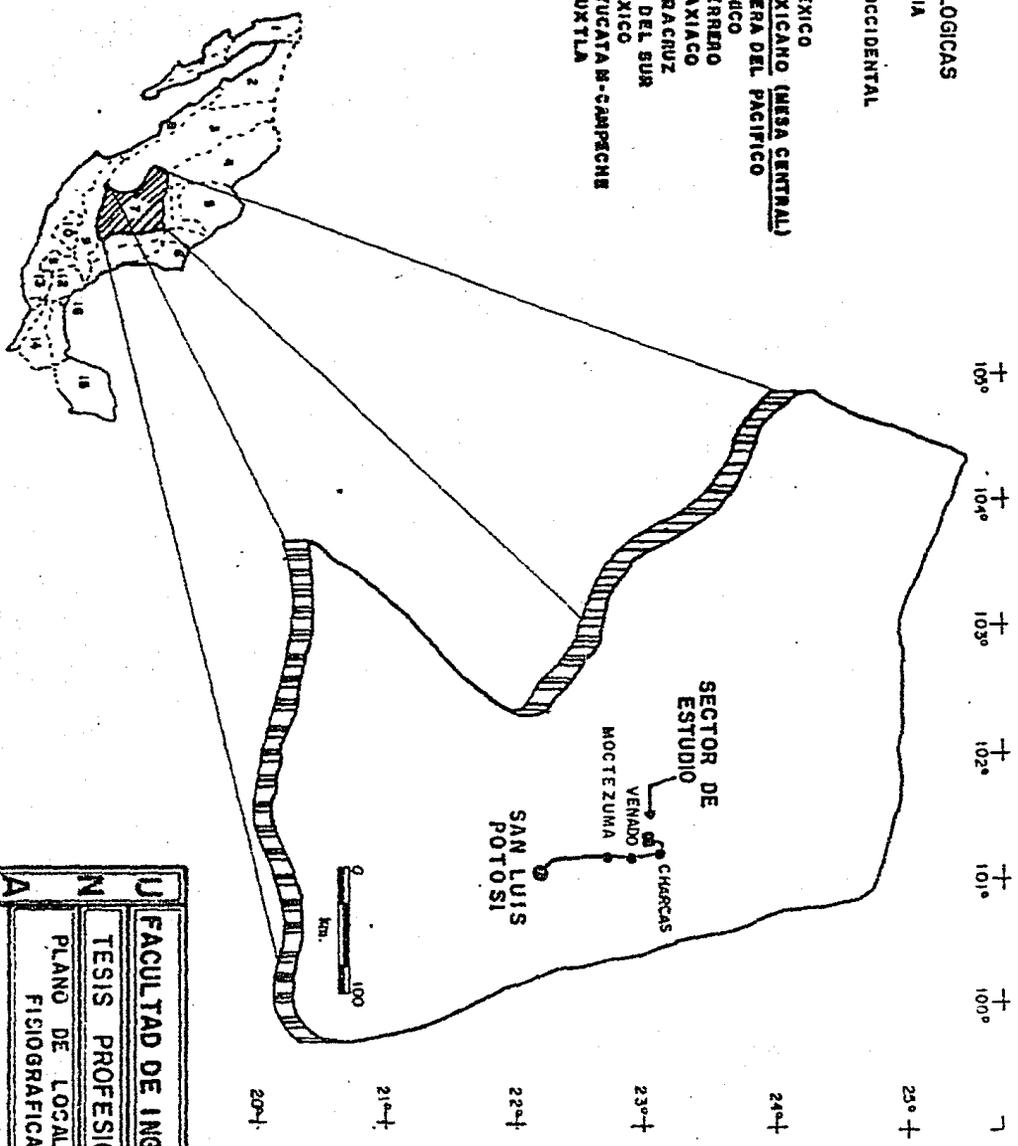
El Altiplano Mexicano, en general se caracteriza por -- sierras semiparalelas, alargadas y con una orientación NNW- SSE, separadas por amplios valles de lomeríos bajos, que en conjunto forman bolsones con cuencas y subcuencas de carácter endorréico y con drenaje generalmente subterráneo.

(Fig. 3)

Las serranías están constituidas eminentemente de rocas calcáreas de edad mesozoica; los valles se encuentran cu--- biertos por depósitos clásticos terciarios y cuaternarios, - o bien suelen aflorar en ellos, depósitos terrígenos del --

Triásico, como es el caso del Valle de San Rafael objeto - de estudio de este trabajo. También es común observar, ce-- rros aislados formados por rocas ígneas básicamente intrusivas.

- PROVINCIAS GEOLOGICAS**
1. BAJA CALIFORNIA
 2. SONORA
 3. SIERRA MADRE OCCIDENTAL
 4. CHIHUAHUA
 5. COAHUILA
 6. HOBBESTE DE MEXICO
 7. ALTIPLANO MEXICANO (MESA CENTRAL)
 8. PLANICIE COSTERA DEL PACIFICO
 9. EJE NEVOLOCANICO
 10. CUENCA DE GUERRERO
 11. CUENCA DE TLAXIACO
 12. CUENCA DE VERACRUZ
 13. SIERRA MADRE DEL SUR
 14. SURESTE DE MEXICO
 15. PLATAYORAMA YUCATAN-CAMPACHE
 16. SAN ANDRES - TUXTLA

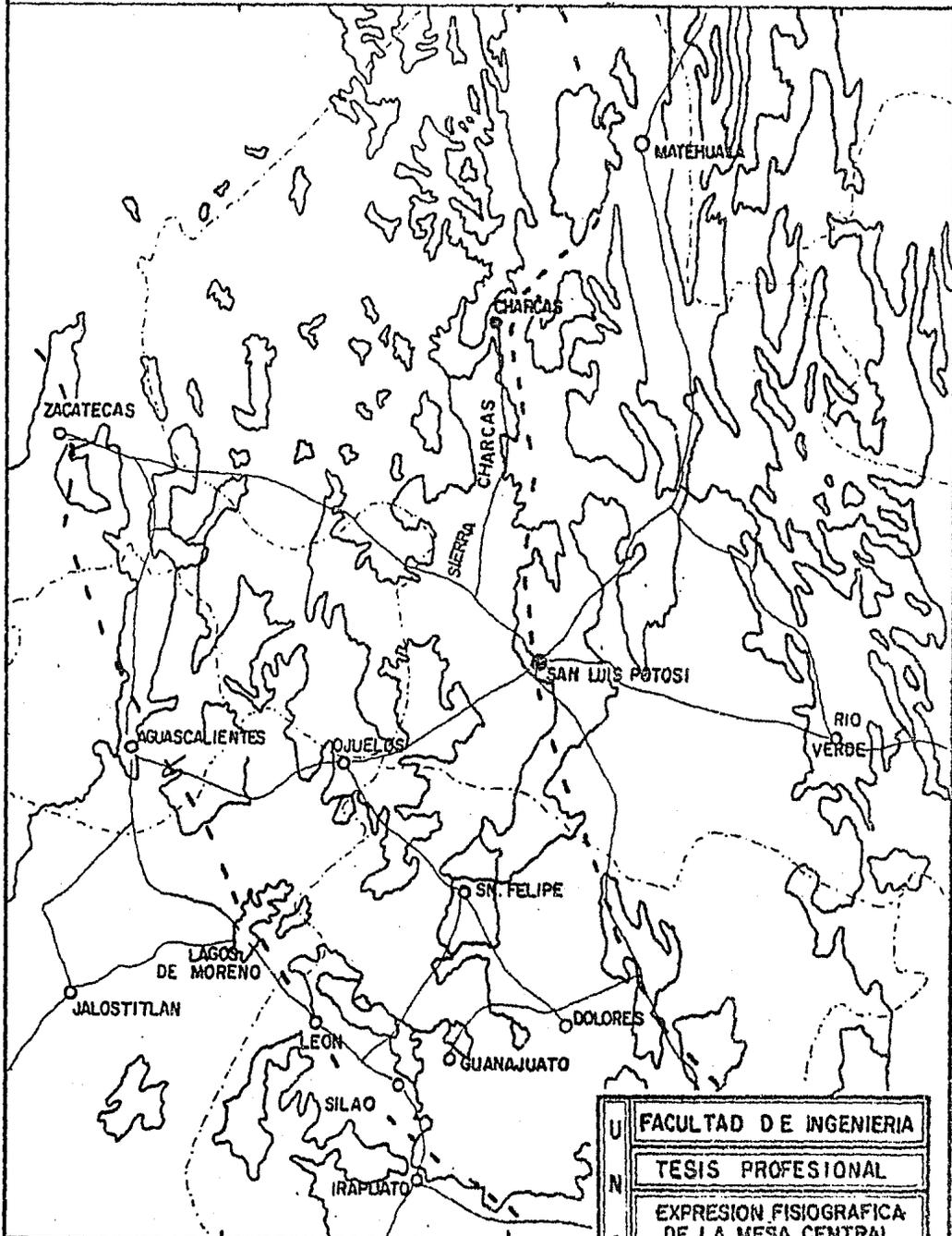


U	FACULTAD DE INGENIERIA
N	TESIS PROFESIONAL
A	PLANO DE LOCALIZACION
M	FISIOGRAFICA
ADRIANA ESCOBEDO ESPRITU	
ESC: VGF.	FIG. 2
1983	

102°

101°

100°



0 10 30 50
KILOMETROS

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA		
	TESIS PROFESIONAL		
	EXPRESION FISOGRAFICA DE LA MESA CENTRAL		
	ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU		
	ESC:GRAE	FIG. 3	1984

3.2 OROGRAFIA

Los rasgos orográficos más sobresalientes de la región son precisamente los que limitan al Valle de San Rafael. Hacia el Oriente se tiene la sierra de La Cuesta que es parte de la sierra de Charcas y sus alturas fluctúan entre los 2400 y 2600 m.s.n.m; limitado al sur-oeste por la sierra Cuchilla Las Arañas que también forma parte de la sierra de Charcas y que tiene alturas entre los 2600 y 2800 m.s.n.m. hacia los bordes del valle. Estas sierras presentan pendientes más abruptas que las que manifiestan hacia sus otros flancos y sus laderas son frecuentemente redondeadas.

Los cerros más prominentes de la Sierra La Cuesta son: El Pedregoso, El Aguila, El Soyate, La Peña, San José, La Culebra, Picacho, El Temeroso y La Bufa. En la sierra Cuchilla Las Arañas tenemos los cerros El Salteador, Picacho Los Lobos y Cuchilla La Culebra.

Las partes más bajas son las que pertenecen al Valle de San Rafael en el que se tienen cotas mínimas de 2020 m.s.n.m. Representados como salientes topográficos se tienen algunos lomeríos como es el cerro del Capulín, Los Chivatos, Loma Larga, Loma El Colorado y las Lomas de Chupaderos, sobresaliendo marcadamente de la suave topografía del Valle de San Rafael.

3.3 HIDROGRAFIA

El patrón de drenaje más enfatizado que se presenta en este sitio es del tipo dendrítico y se manifiesta por arroyos cortos, rectos y otros grandes en zig-zag. Debido al gran paralelismo que se manifiesta entre los grandes arroyos y las condiciones físicas de las rocas que afloran en el valle, se aprecia un patrón en enrejado, que es característico de regiones donde alternan bandas de rocas resistentes y de rocas no resistentes.

Este valle forma una pequeña cuenca de carácter endorréico en la que las corrientes principales drenan hacia el Este de la misma. Esta cuenca está enmarcada por los partaguas que existen en las sierras La Cuesta y Cuchilla Las Arañas.

Los cauces de las corrientes superficiales, son profundos hacia las sierras y mientras se va descendiendo, éstos se restringen hasta perderse en muchos casos. Esta característica implica que no exista una continuidad en la integración de los cauces tributarios. Casi todos los arroyos que bajan de las sierras se infiltran antes de llegar a la planicie, ya que las rocas presentan alta permeabilidad debido al gran fallamiento y fracturamiento que en ellas existe.

Asimismo, la escasez de precipitaciones propicia un drenaje intermitente, con excepción de algunos arroyos que llevan pequeñas cantidades de agua la mayor parte del año como son el arroyo San Antonio, Ojo de Leño y arroyo Hondo. En general las aguas desaparecen por evaporación e infiltración.

Debido a la falta de continuidad en la integración de los cauces se presentan aguas subálveas.

Los arroyos más importantes son: Arroyo Hondo, Ojo de Leño, Puerto Colorado y El Huilote que drenan del SW al NE; Arroyo Charcas Viejas, El Grande, Las Margaritas, San Agustín y Las Palmas que se dirigen del NW hacia el SE, desembocando todos ellos en el Arroyo San Antonio que es el de mayor importancia y tiene una orientación SW-NE.

El patrón de drenaje tiene poca densidad, pero su frecuencia es alta por el gran número de cauces que además son de poca longitud.

3.4 GEOMORFOLOGIA

La denudación que han tenido las estructuras tal como lo muestran sus formas redondeadas, nos presentan un área en -- etapa de madurez dentro del ciclo geomorfológico de erosión.

El agente de erosión que más ha afectado a la zona es -- el agua, que de manera tanto física como química ha labrado cantidad de valles en forma de "U" como son los arroyos Ojo de Leño, Hondo, etc.

Químicamente el agua tiene gran actividad en las rocas de la región. En las calizas, el H_2O junto con el CO_2 provoca gran solución contribuyendo a su desintegración mecánica, esto es notorio en los conos aluviales que se han formado a partir de los depósitos desarrollados por el mismo agente. Dentro de la secuencia de estos conos hay fanglomeras, los cuales han sido el resultado de la unión de los fragmentos de caliza cementados con caliche. Los feldespatos del paquete arcillo-arenoso también son atacados químicamente por el agua originando minerales arcillosos y una intensa oxidación muy notable en este grupo.

La expresión geomórfica de la secuencia triásica arcillo arenosa, corresponde a una planicie, de la que sobresalen algunos lomeríos, dicha secuencia se encuentra sumamente aplanada y fracturada, además de estar afectada por cuerpos ígneos, como diques, de composición intermedia ácida.

Definitivamente en la región han predominado los procesos endógenos dando lugar a las montañas que surgieron del plegamiento de los sedimentos de la cuenca Mesozoica del centro de México. (Foto 2)

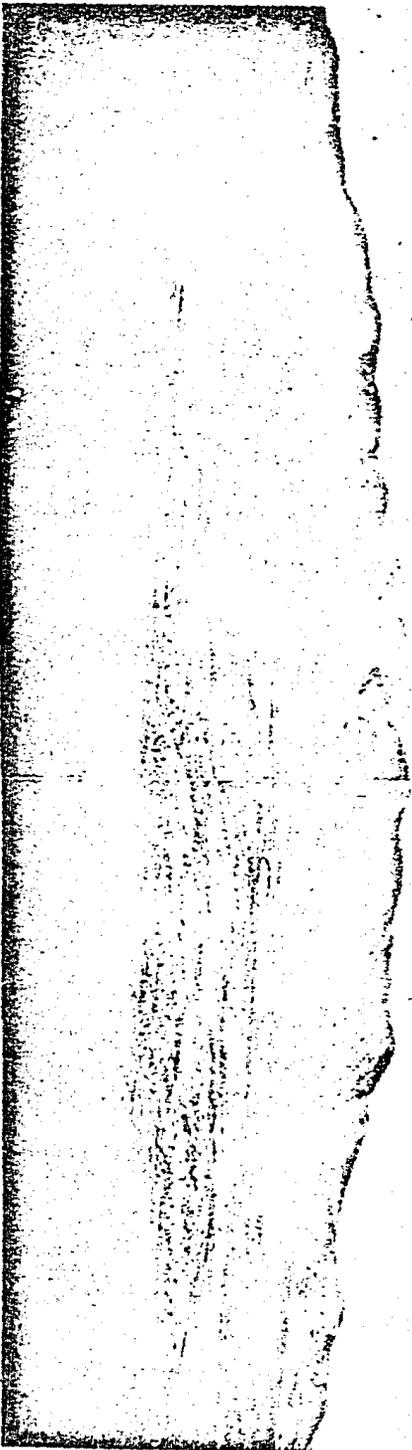


Foto 2. Expresión geomórfica de la región de San Rafael, Charcas, S.L.P.

4.1 ESTRATIGRAFIA Y SEDIMENTOLOGIA.

4.1.1 INTRODUCCION

En la región Suroeste de la ciudad de Charcas, dentro de la extensión considerada en el plano anexo escala ----- 1:25,000, afloran rocas cuya edad varía desde el Triásico -- Medio-Superior hasta el Cuaternario.

La unidad más antigua es la que corresponde al Triásico Medio-Superior, denominada Formación Zacatecas, siendo ésta la de mayor importancia en nuestro estudio. Esta unidad está constituida por areniscas, con alternancias de lutitas y limolitas, las cuales están fuertemente plegadas y falladas, con un metamorfismo de muy bajo grado. Sobreyaciendo en discordancia angular a esta formación se tienen a los lechos rojos de la Formación La Joya del Jurásico Medio-Superior, estando en forma conspicua en el flanco Oriental del anticlinorio La Trinidad. Hacia el costado Occidental del anticlinorio, la Formación La Joya se presenta en afloramientos aislados muy pequeños, pudiéndose apreciar el contacto entre la Formación Zacatecas y la Formación Zuloaga, la cual en la parte oriental está en contacto discordante con la Formación La Joya. A partir de la Formación Zuloaga, los depósitos son de mares de profundidades neríticas a batiales, ambientes a los que pertenecen las Formaciones Zuloaga y La Caja (Jurásico Superior), y las Formaciones Taraises, Cúpido, La Peña y Cuesta del Cura (Cretácico Inferior), encontrándose la secuencia continua estratigráficamente desde la Formación Zuloaga hasta la última mencionada.

Durante el Terciario existe un período de gran actividad ígnea, manifestada en forma de intrusiones y eyecciones de materiales los que dieron lugar a la mineralización y metamorfosearon las zonas aledañas; durante este período se originaron depósitos eluviales a partir de la intensa erosión de las zonas altas. Finalmente, durante el Cuaternario domina la erosión, acumulando los fragmentos en los conos de eyección en forma de aluviones.

A continuación se hará una descripción general de las Formaciones que afloran en el área, con excepción de la Formación Zacatecas, cuya descripción basada en datos de campo, será con mayor detalle considerando el interés geológico-minero.

4.1.2 SISTEMA TRIASICO.

Formación Zacatecas.

Definición.

La Formación Zacatecas fué definida por Burckart y Scalia en (1906) en el arroyo La Pimienta situado al Oeste de la Ciudad de Zacatecas, siendo la primera localidad fosilífera del Triásico Superior descubierta en el país, a partir del estudio de los Lamelibranquios (Halobia y Palaeoneilo) y los Cafalópodos (Trachyceras y Juvavites) con los que concluyó que la secuencia pertenece al Cárnico Inferior. Se le dió el nombre a una secuencia constituida por alternancias de lutitas y areniscas de colores gris verdoso y gris oscuro. Posteriormente J. Martínez P. (1972) le da el nombre de Formación Zacatecas a la nueva localidad Triásica que plantea A. Cantú Chapa al Oeste de Charcas, S.L.P. en (1969) en base al Juvavites sp.

Distribución.

El afloramiento de esta secuencia se encuentra ampliamente distribuido a manera de ventana estructural, constituyendo el núcleo del anticlinorio La Trinidad situado como potrero en el valle de San Rafael.

Litología y Espesor.

La unidad Triásica se encuentra compuesta por una alternancia rítmica de areniscas conglomeráticas, limolitas y lutitas las cuales tienen gran variación en sus características litológicas y se encuentran afectadas por un cier

to grado de metamorfismo que se aprecia con mayor desarrollo en ciertas zonas.

A continuación se describe la secuencia litológica que se presenta en forma más acentuada en la Formación Zacatecas según los levantamientos geológicos, describiéndose de la base hacia la cima:

Unidad "A"

Capas de Estratificación Gruesa de Arenisca Conglomerática.

En esta zona tenemos en mayor proporción rocas del tipo de las sublitarenitas, con coloraciones gris verdosas, tamaños de granos muy variables lo que indica mala selección, -- presentan granos subredondeados con formas obladas. A nivel megascópico se observan dentro de ellas grandes fragmentos de cuarzo de 1 a 5 cm y pequeños nódulos lutíticos. (Foto 3)

Unidad "B"

Capas de Estratificación Delgada de Lutitas en Algunas Zonas Filíticas.

En esta área tenemos la predominancia de lutitas ligeramente limolíticas altamente quebradizas y físilas con esporádica presencia de capas arenosas. Tienen coloración negro intenso y muestran cierta alteración de clorita y sericita. En la porción Norte de esta unidad, tenemos pizarras y metagravacas que muestran foliación y colores pardo y blanquecino, los cuarzos en estas rocas presentan extinción ondulante.

Unidad "C"

Capas de Estratificación Media a Gruesa de Areniscas y Lutitas.

Aquí se presenta una alternancia normal rítmica de capas medias a gruesas de areniscas (en las que se aprecian con suma claridad marcas de oleaje) y lutitas; dentro de las primeras dominan en ellas las grawacas feldespáticas de color gris verdoso con granos subangulosos a subredondeados, mala selección, ligera cloritización y sericitización, las lutitas son ligeramente compactas con colores de pardo a negro y algún contenido carbonáceo. (Foto 4)

Unidad "D"

Capas de Estratificación Delgada de Lutitas y Limolitas.

En esta zona tenemos una gradación de lutitas y limolitas de color pardo negruzco con estratos muy delgados, los estratos de lutitas son muy delgados haciéndose más gruesos en presencia del contenido limonítico. (Foto 5)

Unidad "E"

Capas de Estratificación Mediana de Lutitas y Areniscas.

Son espesores medianos que alternan rítmicamente en areniscas y lutitas de color pardo, en el que dominan las grawacas con mala selección y poco redondeamiento de sus granos y formas obladas. (Foto 6)

Unidad "F"



Foto 3. Areniscas conglomeráticas de la
Unidad "A"

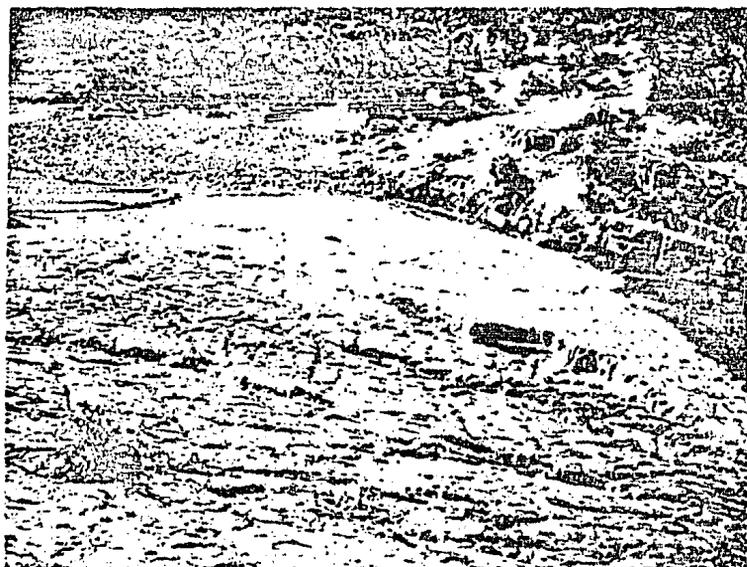


Foto 4. Areniscas con marcas de oleaje de
la Unidad "C"



Foto 5. Capas delgadas de lutitas y limonitas de la Unidad "D"



Foto 6. Capas medias de lutitas y areniscas de la Unidad "E"

Capas de Estratificación Delgada de Lutitas y Areniscas.

Interestratificaciones de lutitas y areniscas de espesores que varían de 4 a 15 cm, de color pardo oscuro sumamente quebradizas y deleznales.

Unidad "G"

Capas Gruesas a Masivas de Areniscas con Zonas Conglomeráticas Predominando sobre Capas Delgadas de Lutitas.

En esta Unidad tenemos la presencia de potentes estratos de areniscas que presentan intervalos que contienen conglomerados oligomícticos. Las areniscas son del tipo de las arcosas presentando granos angulosos, mal seleccionados y la presencia de lutitas es en poca proporción, de color negro y en espesores sumamente delgados. (Foto 7)

Unidad "H"

Capas Gruesas de Lutitas Predominando Sobre Capas Medianas de Areniscas con Nódulos de Limolitas.

En esta zona domina la presencia de lutitas de color pardo a negro con grandes nódulos de limolita, presentándose capas medianas de areniscas grises en muy baja proporción. (Foto 8 y 9)

Relaciones Estratigráficas.

Debido a que la base de la Formación Zacatecas no aflora, se desconoce la relación que tiene en su contacto inferior; en cambio su límite superior en el flanco Oriental del anticlinorio La Trinidad, se encuentra cubierta de mang

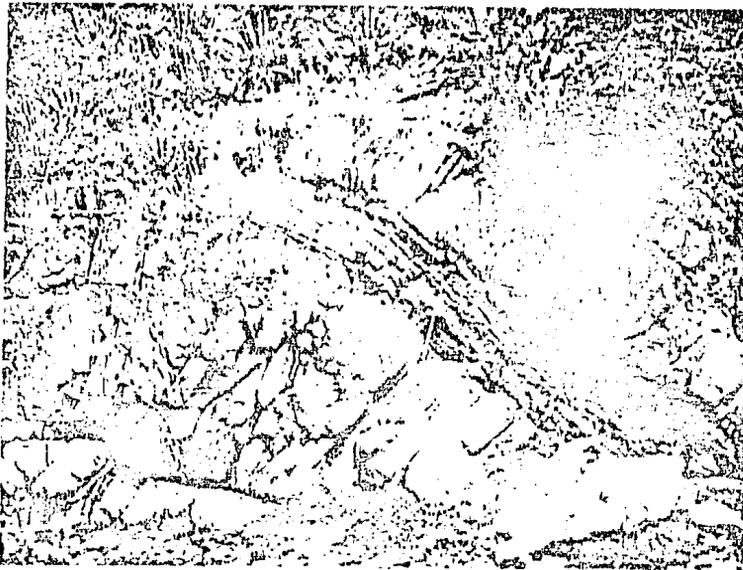


Foto 7. Capas masivas de areniscas conglomeráticas con delgados espesores de lutitas de la Unidad "G".

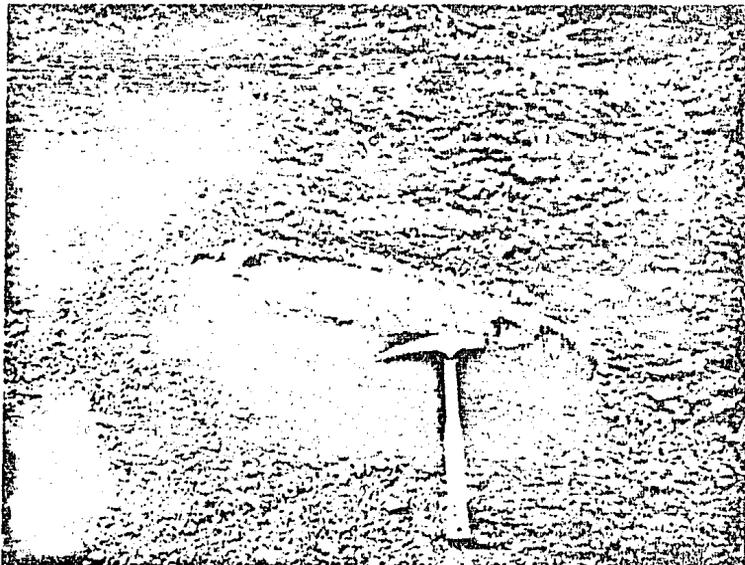


Foto 8. Lutitas con nódulos de limolitas de la Unidad "H".



Foto 9. Lutitas masivas con esporádicas -
capas de areniscas medias de la Unidad "H"

ra discordante por la Formación La Joya; mientras que en el flanco Sur-Occidental está sobreyacida en discordancia litológica por la Formación Zuloaga. En la zona Occidental, se encuentra cubierta por depósitos de aluvión, de tal forma que no se aprecia contacto con alguna de las formaciones -- mencionadas.

Edad.

La edad de la Formación tal como se indicó anteriormente, fué asignada por Burckardt del Cárnico Inferior en el arroyo La Pimienta; en el Nor-Oeste de la región de Charcas por la descripción de Haloritido (*Ammonoidea*) *Juvavites* sp. hecha por A. Cantú Chapa, también le fué asignada una edad de Cárnico Inferior. En la región de estudio, precisamente en el arroyo Hondo, los ingenieros del Consejo de Recursos Minerales encontraron otro amonite llamado de Los Azoges, el cual fué descrito por Cuevas (Comunicación Personal ---- 1983), perteneciendo al Triásico Medio específicamente al Ladiano-Carniano, siendo más bajo que el de Cantú.

Sedimentología.

En base a las estructuras sedimentarias primarias de la secuencia litológica, (marcas de oleaje, estratificación gradada, etc.) al gran contenido de materia orgánica en los sedimentos pelíticos, a la presencia de zonas conglomeráticas (que bien pudieron haber sido canales de aporte) y a la existencia de nódulos de arenisca y limolita dentro de las capas, se puede plantear que el ambiente de depósito es de tipo --- transicional con fuertes fluctuaciones, el cual pudo ser un

ambiente deltáico en el que existió alta turbidez, siendo - un área de gran inestabilidad tectónica que se generó en la Cuenca Mesozoica del Centro de México durante el Triásico, - teniéndose aporte de terrígenos a partir de la Península Va lles-San Luis Potosí, que aún no se encontraba invadida por los mares.

4.1.3 SISTEMA JURASICO

Formación La Joya

Definición.

Esta formación es propuesta por Nixon (1958), para una secuencia de lechos rojos de 65 m de espesor que afloran en el anticlinorio de Huizachal-Peregrina, en la Sierra Madre Oriental; la localidad tipo de esta formación está situada a lo largo del lado norte del valle del Huizachal y del rancho La Joya Verde, ubicado a 20 km al Oeste-Suroeste de Ciudad Victoria, Tamps.

Distribución.

En la región de estudio, los afloramientos de esta formación se encuentran muy restringidos. Su mayor exposición existe en el flanco Este del anticlinorio La Trinidad, aunque hay afloramientos muy pequeños en el flanco Oeste que no son cartografiables. La formación aflora en una superficie aproximada de 8 km².

Litología y Espesor.

Se encuentra integrada por limolitas compactas, areniscas de grano fino a medio y conglomerados de color violáceo y pardo rojizo en capas gruesas. Los conglomerados están compuestos por fragmentos de 5 mm a 5 cm, areniscas rojas, lutitas rojas y negras, cuarzo y roca ígnea de textura afanítica y porfídica fina, de color violáceo, todos ellos conforman fragmentos subangulares y mal clasificados. La secuencia está caracterizada también por derrames ígneos probablemente -

contemporáneos al depósito de los sedimentos. Estos son de textura afanítica y porfídica de color gris claro que intemperizan a gris más claro, masivos y muy fracturados.

El espesor de la formación varía de 50 a 200 m con fuertes acuñaientos hacia el NW, hasta llegar a desaparecer.

Relaciones Estratigráficas.

La Formación La Joya descansa discordantemente sobre la secuencia arcillo-arenosa del Triásico Superior y se encuentra cubierta en forma discordante también por la caliza Zuloaga del Jurásico Superior (Oxfordiano-Kimmerigiano).

Edad.

Su edad es difícil de determinar, debido a la carencia de fósiles, pero de acuerdo con su posición estratigráfica corresponden al Jurásico Medio-Superior. Imlay (1953) las considera del Divesiano.

Sedimentología.

El ambiente de depósito de esta formación se ubica en el continente, dentro de depresiones con alta salinidad y gran oxidación, que bien pudieron ser depósitos aluviales rellenando valles.

Formación Zuloaga.

Definición.

Esta formación fué definida primeramente por Imlay (1930) quién la denominó como Caliza con Nerinea. Posteriormente Imlay (1938) le asignó el nombre de Caliza Zuloaga, cuya lo---

calidad tipo se encuentra en la sierra de Sombreretillo, al Norte de Melchor Ocampo en el Estado de Zacatecas.

Distribución.

Las rocas de esta formación afloran en el margen Oriental y Sur-Occidental del anticlinorio de La Trinidad, definiendo afloramientos que cubren una superficie aproximada de 17.25 ² km .

Litología y Espesor.

La base se forma por calizas ligeramente arcillosas y calizas microcristalinas laminares, con estilolitas y por escasas calcarenitas de grano fino en capas de 10 cm a bancos de 3 m de espesor. Existen bancos de calizas biógenas de abundantes fragmentos de pelecípodos y corales en ocasiones silicificados, éstos alternan con lutitas y limolitas calcáreas de color gris. La parte superior está constituida por calizas microcristalinas de color gris olivo y gris oscuro con vetillas de calcita, capas de calizas oolíticas color gris, la estratificación es de mediana a gruesa, presentando estilolitas bien desarrolladas y abundantes lentes de pedernal color castaño, gris oscuro y negro.

Relaciones Estratigráficas.

Le sobreyacen en forma discordante, tanto a la Formación La Joya en el flanco Oriental del anticlinorio La Trinidad, como a la Formación Zacatecas en el costado Sur-Oriental del mismo e infrayace de manera concordante a las rocas de la Formación La Caja.

Edad.

Según Imlay (op. cit.), pertenece al subpiso Argoviano del Oxfordiano en base a los amonites encontrados en San Pedro del Gallo y Villa Juárez, Dgo. y termina en el Kimmeridgiano según los fósiles de la parte inferior de la Formación La Caja.

Sedimentología.

A partir de la fauna de gasterópodos y corales y características litológicas, indican que el depósito de esta Unidad se efectuó en un ambiente nerítico, de aguas cálidas y clima casi invariable. La formación constituye aquí el inicio de un depósito transgresivo que comienza en el Oxfordiano y dió lugar a la gruesa columna de rocas del Jurásico y Cretácico en la mayor parte de la República.

Formación La Caja.

Definición.

Imlay (1938), define como la Formación La Caja a una secuencia de 91 m de calizas de estratificación delgada, localizadas en la zona meridional de la sierra La Caja, al Norte de Mazapil, Zac.

Distribución.

Teniendo poca distribución horizontal aflora a todo lo largo del sector Este del anticlinorio La Trinidad, así como en su parte Sur-Occidental abarcando una superficie aproximada de 14 km².

Litología y Espesor.

Constituída de una alternancia de margas y calizas arcillosas de color gris oscuro a negro, que intemperizan a gris claro, con estratos delgados a medianos, bandas de pedernal gris y negro, con limolitas y lutitas amarillas, gris oscuro o negras que intemperizan a gris claro a amarillo ocre, en capas de 5 a 10 cm. El espesor de esta secuencia varía entre 10 y 100 m.

Relaciones Estratigráficas.

El contacto inferior es con la Formación Zuloaga y el superior con la Formación Taraises, siendo en ambos casos un contacto concordante.

Edad.

El contenido fosilífero es principalmente de cefalópodos, los que han sido estudiados por Burchardt e Imlay, asignándoles una edad del Kimmeridgiano al Titoniano, - - siendo reafirmada esta edad por amonites y pelecípodos.

Sedimentología.

A partir de descripciones morfológicas de amonites, hechas por Scott (1940), y por las características litológicas, se deduce un depósito lento dentro de un ambiente infranerítico de aguas bien oxigenadas con gran aporte de terrígenos.

4.1.4 SISTEMA CRETACICO

Formación Taraises.

Definición.

Describe esta Unidad Imlay en (1936) en el cañón de Taraises, situado al Occidente de la sierra de Parras, Coahuila, y consta de una secuencia de calizas arcillosas y lutitas.

Distribución.

Al igual que las formaciones anteriores ésta aflora en los flancos Oriental y Sur-Occidental del anticlinorio La Trinidad en una superficie de 20 km² aproximadamente.

Litología y Espesor.

Se encuentra constituida de una alternancia de lutitas calcáreas, margas muy arenosas y calizas puras, son de color gris oscuro a negro, intemperizando a gris claro. Las rocas presentan gran lajeamiento, con muchas vetillas de calcita y algunas veces nódulos de hierro y bandas de pedernal negro. El espesor apreciado para esta secuencia varía entre 70 y 170 m.

Relaciones Estratigráficas.

Tiene su contacto inferior concordante con la Formación La Caja y el contacto superior con la Formación Cupido es gradual.

Edad.

En base a los estudios de macrofauna, se le ha asignado

a esta formación una edad del Berriasino-Hauteriviano Inferior.

Sedimentología.

El ambiente de depósito de la Unidad, ha sido determinado en base a su litología y su contenido faunístico, es de mares de profundidades neríticas a infraneríticas con poca circulación y oxigenación.

Formación Cupido.

Definición.

La caliza Cupido fué definida por Imlay en (1937), en la pared Norte del cañón del Mimbres en la zona meridional de la sierra de Parras.

Distribución.

Esta formación tiene gran distribución tanto en el flanco Norte como Occidental del anticlinorio La Trinidad, siendo expuesta en una superficie de 37 km² aproximadamente.

Litología y Espesor.

La secuencia consta de calizas bien estratificadas, de color gris claro a pardo claro que intemperizan a crema. Presentan numerosos lentes y nódulos de pedernal, estilolitas; la estratificación va de media a gruesa y frecuentemente se aprecian nódulos de pirita. El espesor es variable en un rango de 100 a 500 m.

Relaciones Estratigráficas.

Superyace de manera gradual a la Formación Taraises y --

Subyace a la Formación La Peña concordantemente.

Edad.

En base al contenido faunístico, la edad asignada a esta formación pertenece al Hauteriviano Superior-Barremiano (Imlay, 1944).

Sedimentología.

Su depósito se produjo en un ambiente de plataforma de mar abierto, con poco aporte de terrígenos.

Formación La Peña.

Definición.

Imlay introdujo este nombre para una secuencia de dos miembros de calizas con interestratificaciones arcillosas y calizas con lutitas en capas delgadas, que se localizan en el flanco norte de la sierra Taraises.

Distribución.

Dentro del área considerada tiene muy poca exposición, aflorando solamente en el flanco Occidental del anticlinorio La Trinidad en una superficie de 2.5 km² en promedio.

Litología y Espesor.

Constituida por calizas criptocristalinas color gris, amarillento y rojizo, en estratos de espesor medio a grueso, con capas lenticulares y lentes de pedernal de color castaño y negro. En ocasiones tiene pequeños nódulos de hematita, y alterna con lutitas calcáreas fosilíferas, compactas de color amarillento y rojizo, en capas de 1 a 5 cm de espesor. Su espesor total es muy pequeño no mayor a 40m.

Relaciones Estratigráficas.

Descansa sobre la Formación Cupido e infrayace a la Formación Cuesta del Cura, en ambos casos de manera concordante.

Edad.

En base a su posición estratigráfica, se define que la edad de la Formación es Aptiano-Barremiano Superior.

Sedimentología.

El ambiente que se considera para esta Formación es de aguas profundas con aporte de terrígenos.

Formación Cuesta del Cura.

Definición.

Esta Formación la define Imlay en (1936) para una secuencia de calizas gris oscuro con bandas de pedernal negro y limolitas rosadas que se localizan en la región Cuesta del Cura a 7 km al Oeste de Parras, Coah.

Distribución.

En el área solo se le encuentra en el flanco Occidental del anticlinorio La Trinidad en un área aproximada de 4 km².

Litología y Espesor.

Constituida de calizas microcristalinas, color gris, en ocasiones bandeadas, en capas delgadas a gruesas, con estratificación ondulante; capas delgadas de pedernal negro, alternan con calizas microcristalinas ligeramente arcillosas, color gris, en estratos delgados y con lutitas

calcáreas de color gris amarillento y rosado, compactas, - laminares y violáceas por intemperismo.

Aunque se encuentra altamente plegada debido a sus características físicas se ha estimado un espesor que varía de 65 a 390 m.

Relaciones Estratigráficas.

Infrayace a la Formación Indidura en forma concordante y superyace a la Formación La Peña de la misma manera.

Edad.

En base al contenido de amonites que en ella se tienen, se le ha determinado una edad del Albiano-Cenomaniano Inferior.

Sedimentología.

El ambiente de formación que se le atribuye, corresponde con condiciones que varían de infraneríticas a infrabaciales.

4.1.5 SISTEMA CUATERNARIO

Definición.

Las secuencias de este Sistema son los depósitos sedimentarios aluviales y de pié de monte, en la actualidad se encuentran en procesos de litificación. (Foto 10)

Distribución.

Se encuentran distribuidos a lo largo de cauces de arroyos y en zonas topográficamente bajas, como relleno de pié de monte y formando abanicos aluviales.

Litología y Espesor.

Constituidos por material clástico y caliche con detritos de subangulosos a subredondeados que en algunos casos se han cementado formando fanglomerados.

El espesor de estos depósitos es muy variable desde algunos centímetros hasta espesores de más de 20 m.

Relaciones Estratigráficas.

Descansan indistintamente sobre todas las formaciones anteriores al Cuaternario en discordancia angular y erosional.

Edad.

En estos depósitos se observan restos óseos mal conservados de mastofauna fósil, la cual pertenece al Pleistoceno-Holoceno.

Sedimentología:

Son de ambiente continental derivándose a partir de la destrucción de las rocas preexistentes de la región.

4.1.6 ROCAS IGNEAS

Rocas Igneas Intrusivas.

Definición.

Corresponden con rocas ígneas intrusivas hipabisales - de composición ácida o básica, que se encuentran emplazadas en forma de troncos así como pequeños diques y sills.

Distribución.

El afloramiento más representativo de estas rocas se encuentra localizado al occidente de la población de Charcas, formando el cerro denominado como la Bufa, que es donde se encuentra situado el yacimiento de Charcas. Asimismo, se hallan otros pequeños cuerpos, como diques, en el valle de San Rafael los cuales intrusionan los sedimentos triásicos.

(Foto 11)

Petrografía.

El tronco de Charcas de tipo granítico está compuesto por rocas de textura porfídica, de estructura masiva, color gris claro, que por intemperismo produce colores pardo claro y amarillento, presentan fenocristales de cuarzo, feldespatos y biotita.

Relaciones con las Rocas Adyacentes.

El "Stock" de Charcas intrusiona a la secuencia de calizas Jurásico-Cretácico, produciendo en ellas una aureola de metamorfismo compuesta de calizas marmorizadas y skarn, con intenso fracturamiento y fallas locales, en los que se encuentra la mayor parte de la mineralización.



Foto 10. Depósitos sedimentarios de tipo aluvial que se generan en la región.

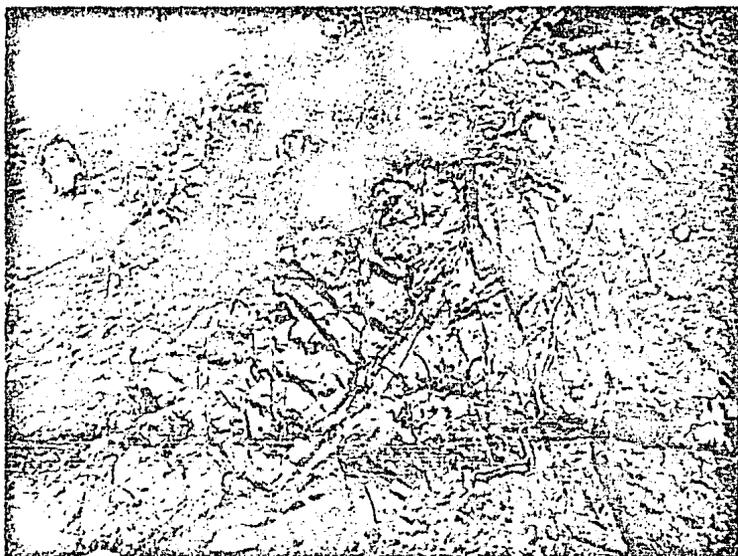


Foto 11. Dique de Composición Traquítica que intrusióna la secuencia Triásica.

La secuencia Triásica se presenta frecuentemente atravesada por diques que seguramente son evidencias de algún cuerpo intrusivo que se localice a mayor profundidad.

Edad.

A estas rocas se les ha atribuido una edad del Terciario aún cuando no atraviezan toda la secuencia Mesozoica — específicamente del Eoceno-Oligoceno (Madrigal, J. 1979).

Origen.

El origen de estas rocas es intrusivo de emplazamiento hipabisal.

Rocas Igneas Extrusivas.

Definición.

Son esencialmente derrames lávicos de fisuras de tipo ácido, identificados como tobas, ignimbritas y lavas riolíticas.

Distribución.

Afloran al Este de Charcas en el arroyo Cañada Verde — al Sur de la rancharía del mismo nombre.

Petrografía.

Las tobas riolíticas están sumamente alteradas, de color amarillo ocre y muy deleznales. Existen tobas, e ignimbritas de composición riolíticas, todas ellas de color gris claro, con textura de grano fino, sana y resistente con ligera cloritización y gran contenido de vidrio.

Relaciones con las Rocas Adyacentes.

Los derrames riolíticos se encuentran descansando discordantemente sobre las rocas sedimentarias del Cretácico Inferior y descansan sobre éllas depósitos aluviales.

Edad.

En base a la posición que guardan con las rocas adyacentes se supone que esta unidad pertenece al Oligoceno.

Origen.

Fundamentalmente su origen se debe al resultado de --- eyecciones piroclásticas y a la efusión de material a lo largo de fisuras.

4.1.7 ROCAS METAMORFICAS.

Estas rocas afloran en la región de manera muy reducida, siendo éstas las que manifiestan cambios en su estructura, textura y composición mineralógica, de tal forma que se ajustan a las variantes de condiciones físico-químicas que en ellas imperaron.

Distribución.

En la región de Charcas tenemos localizadas estas rocas en el flanco oriental del anticlinorio La Trinidad, --- constituyendo una aureola de metamorfismo producto del contacto de los cuerpos intrusivos con las calizas del Cretácico que afloran en la Unidad Minera de Charcas.

En la porción Norte del Valle de San Rafael, específicamente en las Lomas de Chupaderos, dentro de la secuencia Triásica se manifiesta una zona con cierta influencia de metamorfismo regional, lo cual no sucede en el resto del paquete Triásico de la Formación Zacatecas que aquí aflora.

(Foto 11)

Finalmente, en menor proporción en las márgenes de las vetas existen rocas resultado de procesos dinamotérmicos generando las rocas de metamorfismo cataclástico.

Petrografía.

Las temperaturas y presiones que aportó el cuerpo intrusivo de Charcas, reemplazaron a las rocas de la secuencia calcárea del Cretácico, dando como resultado una aureola de metamorfismo de contacto la cual muestra la zonación típica de los skarns.



Foto 11. Zona ligeramente metamorfoseada de la porción Norte del Valle de San Rafael.

El metamorfismo regional en la porción Norte del Valle de San Rafael, está representado por pizarras, filitas y metagrawacas que presentan colores gris, gris negro, pardos y ocre, con texturas foliadas. Estas rocas están constituidas por cuarzo, fragmentos de roca, feldespatos (en su mayoría alterados), sericitas, clorita, biotita, óxidos de hierro y minerales arcillosos; es común una intensa alteración hidrotermal principalmente representada por una sericitización y cloritización. Estas rocas pertenecen a la clase química pelítica o cuarzo-feldespática de la zona inferior de bajo -- grado de la facies de esquistos verdes. A pesar de la influencia de metamorfismo en estas rocas, todavía es apreciable en ellas su estructura y textura originales.

Relaciones con las Rocas Adyacentes.

Las rocas metamórficas de la zona del contacto ígneo sedimentario están precisamente en relación con el cuerpo intrusivo cuarzo-monzonítico y con las secuencias arcillo-calcareas de las Formaciones Taraises, Cupido, La Peña y Cuesta del Cura del Cretácico.

La zona metamorfoseada del área de Chupaderos forma parte del paquete de las rocas arcillo-arenosas del Triásico, por tanto la relación en la base se desconoce y su relación en cima es en contacto discordante con la Formación La Joya del Jurásico Medio-Superior.

Edad.

La aureola de metamorfismo se generó de manera simultá-

nea a la intrusión del cuerpo ígneo, por consiguiente se -- puede inferir que este metamorfismo debió ser de edad Ter-- ciaria, o sea, probablemente del Oligoceno-Mioceno.

La edad del metamorfismo en la zona de Chupaderos es -- difícil de establecer, aunque bien puede estar en relación_ con la influencia de los cuerpos intrusivos existentes en__ las zonas aledañas a la región metamorfoseada.

Origen.

La aureola de metamorfismo fué originada por metamorfis_ mo de contacto producto del emplazamiento de un cuerpo ---- ígneo-intrusivo, el cual aportó soluciones magmáticas impli_ cando en su alrededor un reemplazamiento metasomático que _ dió lugar a nuevas texturas y asociaciones mineralógicas tí_ picas.

La porción de las lomas de Chupaderos manifiesta un me- tamorfismo de tipo regional el cual pudo originarse por la_ presencia de un posible cuerpo localizado a profundidad y _ del cual pudieran provenir los apófisis que afloran en su-- perficie. Las soluciones mineralizantes que produjeron a -- los rellenos de fisuras, así como los efectos de las intru- siones provocaron cambios texturales y no precisamente mine_ ralógicos que transformaron a la alternancia de areniscas y lutitas y meta-areniscas y esquistos, marcando un metamor-- fismo de muy bajo grado.

4.1.8 CONSIDERACIONES ESTRATIGRAFICO-SEDIMENTOLOGICAS DEL AREA TRIASICA EN LA MESA CENTRAL.

Correlación Hacia El Este.

Los depósitos triásicos en la parte Oriental del país -- están representados por la Formación Huizachal definida por D.R. Semmes (1921). Esta se encuentra constituida por un conjunto de sedimentos de lutitas hematizadas, areniscas mal -- clasificadas y bien consolidadas y conglomerado regularmente cementado, con tonos de color verde claro, gris verdoso y rojo violáceo.

Esta formación es de origen continental y de acuerdo con Coney (1983) se depositó cuando dió inicio la separación de Africa y América del Sur a partir de un sistema de fallas en bloques, que conformaron "Horst y Graben", estos últimos fueron rellenados por el producto de la fuerte erosión del basamento Paleozoico, durante la formación de la Zona de Rifts. (Fig. 8).

Si bien, algunas de las características descritas anteriormente para la Formación Huizachal, son similares a las de la Formación Zacatecas, en términos generales, geológicamente presentan diferencias. La Formación Huizachal y la Formación Zacatecas aunque coinciden en período de depositación se generaron en ambientes completamente distintos, de lo contrario la Formación Zacatecas formaría parte de la Formación Huizachal.

Correlación Hacia El Oeste.

Hacia la porción Occidental del Altiplano Mexicano, la edad Triásica está representada por la Formación Nazas (aclarando que algunos autores la ubican en el Jurásico, pero en general se considera Triásico Superior-Jurásico Medio).

La Formación Nazas consiste de una secuencia de tobas, lutitas, limonitas, areniscas y conglomerados de color rojo con lavas interestratificadas. Escencialmente es una secuencia sedimentaria-volcánica compuesta por toba, toba arenosa, ignimbrita y aglomerado, con intercalaciones de derrames ríolíticos, que se derivaron de los depósitos del Arco Magmático Continental en el límite Oeste de la placa de América del Norte, Coney (op. cit.). (Fig. 8).

Definitivamente la Formación Zacatecas en la zona de estudio no presenta las características mencionadas de la Formación Nazas, por lo que, no se le puede incluir dentro de alguno de los dos grandes depósitos del Triásico. Entonces, habrá que plantear la posible fuente de origen de los sedimentos así como, su probable ambiente de depósito. Esto se desarrollará en el siguiente inciso.

La Formación Zacatecas, marca el límite entre la Formación Nazas y la Formación Huizachal y aflora en la porción central del Altiplano Mexicano, esto puede indicarnos que entre las dos grandes formaciones existió un área con condiciones físicas especiales dentro de las cuales se depositó la secuencia de la Formación Zacatecas. (Fig. 4 Correlación de las Unidades Triásicas en la Mesa Central).

4.1.9 CONSIDERACIONES ESTRATIGRAFICO-SEDIMENTOLOGICAS LOCALES DEL AREA TRIASICA.

Como ya se mencionó en la descripción de sedimentología de la Formación Zacatecas, el ambiente dentro del cual se formaron estos depósitos, fué un ambiente deltáico de facies Flysch, lo cual se puede apoyar en base a lo siguiente:

En primer término se tiene una litología conformada por una alternancia de lutitas y areniscas que de inmediato sugiere un ambiente relacionado con condiciones áreas y subáreas, es decir, un ambiente transicional como los correspondientes a los depósitos deltáicos.

La coloración de los diferentes miembros litológicos, varía de negros, gris-verdosos, gris y diferentes tonalidades rojizas y pardas y siendo éstas últimas adquiridas por oxidación y probable desecación en condiciones subáreas de depósito.

Los espesores de las capas en la secuencia, varían de delgados a masivos, aunque es notorio ver en muchas ocasiones la gradación de areniscas conglomeráticas, areniscas, limolitas y lutitas.

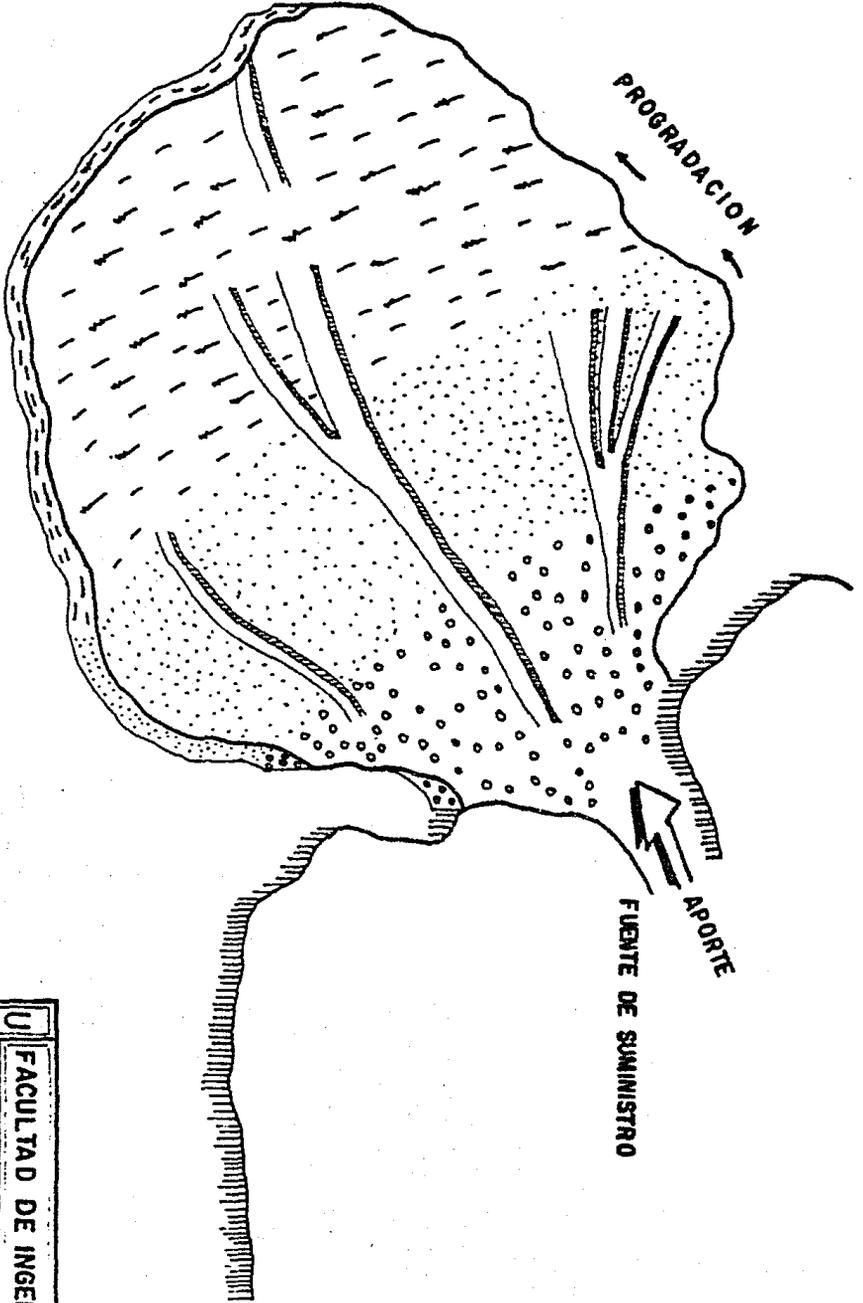
En las capas de areniscas es notorio distinguir zonas donde se presentan concentraciones de fragmentos conglomeráticos, los que pueden ser indicativos de las áreas que funcionaron como cauces de arriba de nuevos sedimentos, siendo a su vez las zonas más cercanas al continente.

Las capas arcillosas son sumamente micáceas, y en algunas zonas con gran contenido de materia carbonosa marcada por la coloración negra. Las areniscas son inmaduras y con gran presencia de fragmentos líticos, esto nos sugiere que la región estuvo situada en las proximidades del continente.

La presencia de estructuras sedimentarias primarias como lo son la estratificación gradada (se debe a la llegada con alta velocidad de grandes masas de agua con materiales en suspensión a sitios con aguas de fondos comparativamente quietos), permitieron que la arena y el lodo se acumularan en el mismo sitio con retraso de los lodos por su menor peso y textura más fina, provocando en el área el *siglo Bouma* repetidas veces. Las marcas de oleaje en las arenas (Foto 4) se originaron en los sedimentos aún no consolidados por la reacción de las olas en las margenes laterales del delta hacia la playa. Los nódulos de limolitas presentes tanto en los estratos de lutitas como de areniscas, se formaron por acreción del material limoso al descender la corriente por fuertes pendientes, producto del flujo sedimentario hacia el delta. (Fig. 5)

Las características anteriormente citadas van de acuerdo en lo que plantea F.J. Pettijohn para los depósitos orogénicos de tipo *Flysch*.

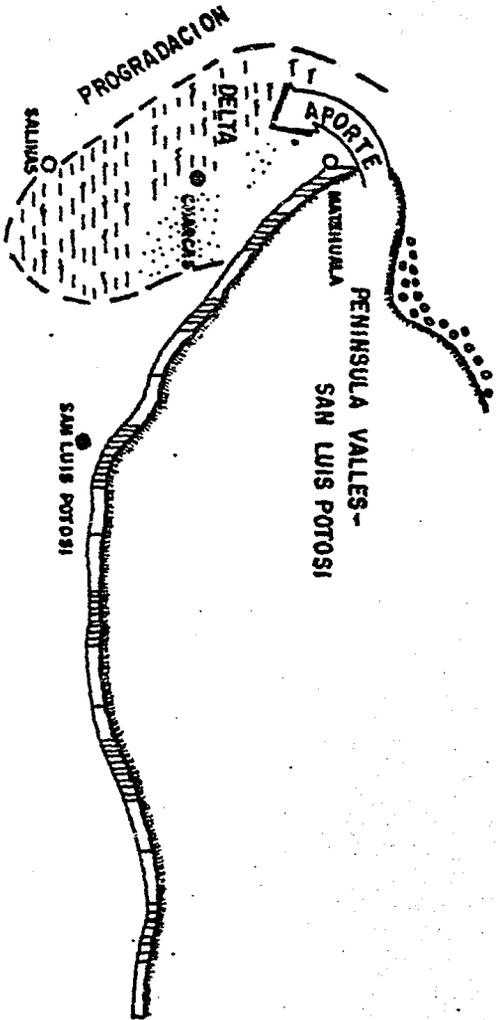
La probable fuente de origen de los terrígenos fué la Península de Valles-San Luis Potosí, que durante el Triásico, aún no se encontraba cubierta por los mares, suministrando el material hacia la Cuenca Mesozoica del Centro de México. (Fig. 6 y 7).



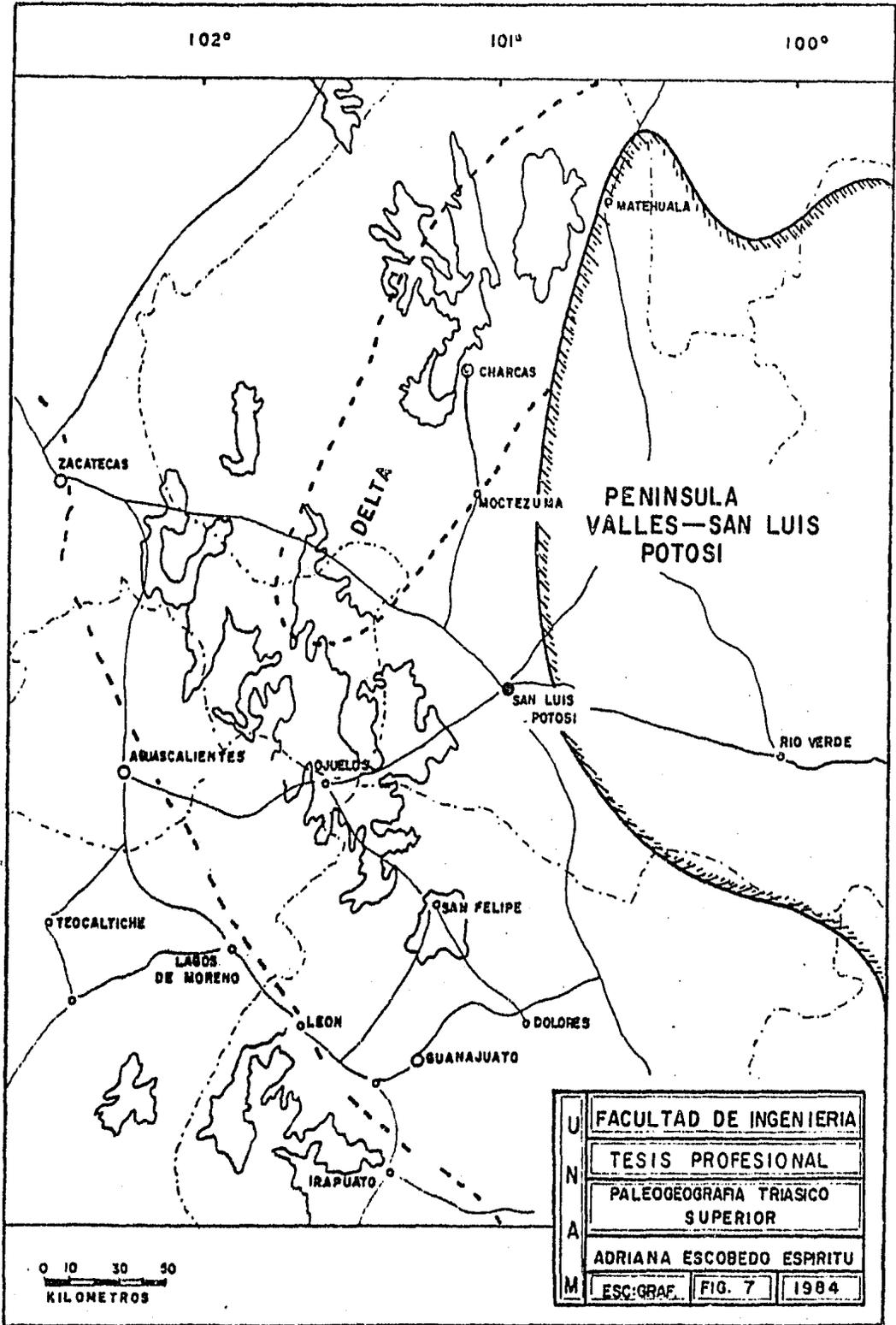
M	U	FACULTAD DE INGENIERIA
A	N	TESIS PROFESIONAL
		MODELO CONCEPTUADO
		ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU
		ESC. Vot
		FIG. 5
		1984



ZACATECAS



U	U
N	N
A	A
M	M
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
MODELO SEDIMENTARIO	
TRIASICO SUPERIOR	
ADRIANA ESCOBEDO ESPRITU	
Esc. graf.	FIG. 6
	1984



4.2 TECTONICA.

4.2.1 TECTONICA REGIONAL.

La zona de estudio está incluida en el borde Oeste de la Unidad Tectónica de la Plataforma Valles-San Luis Potosí, siendo ésta, parte de la Cuenca Mesozoica del Centro de México. La Cuenca Mesozoica pudo haber dado inicio a su desarrollo en el Triásico Medio con el depósito de la Formación Zacatecas, ocurriendo inmediatamente una primer etapa de plegamiento en esta formación representada por la orogenia Marathon-Ouachita-Apalaches ocurrida en el Triásico. Posteriormente, manifestando una gran subsidencia de esta cuenca, a la par de una etapa distensiva, se presenta una fase continua de su desarrollo a partir del Jurásico Medio Superior -- hasta el Cretácico Superior, en que da inicio otra fuerte -- etapa de plegamiento representada por la Revolución Laramídica.

Es obvio, que la expresión que manifiesta el relieve ha sido resultado de los esfuerzos de tipo compresivo originados al Oeste por la Orogenia Laramide, a la que algunos autores asocian su origen con la subducción de la placa Farallón por debajo de la placa Norteamericana, durante el Eoceno Tardío, sobre las secuencias sedimentarias del Mar Mexicano provocando la emersión de las zonas plegadas. (Fig. 10)

El origen de la Formación Zacatecas es difícil de describir, pero bien pudiera marcar el límite entre las Formaciones Nazas y Huizachal, que son los dos grandes depósitos del Triásico, así como el inicio de la deformación Marathon-Ouachita-Apalaches, debiendo estar situada estratigráficamente

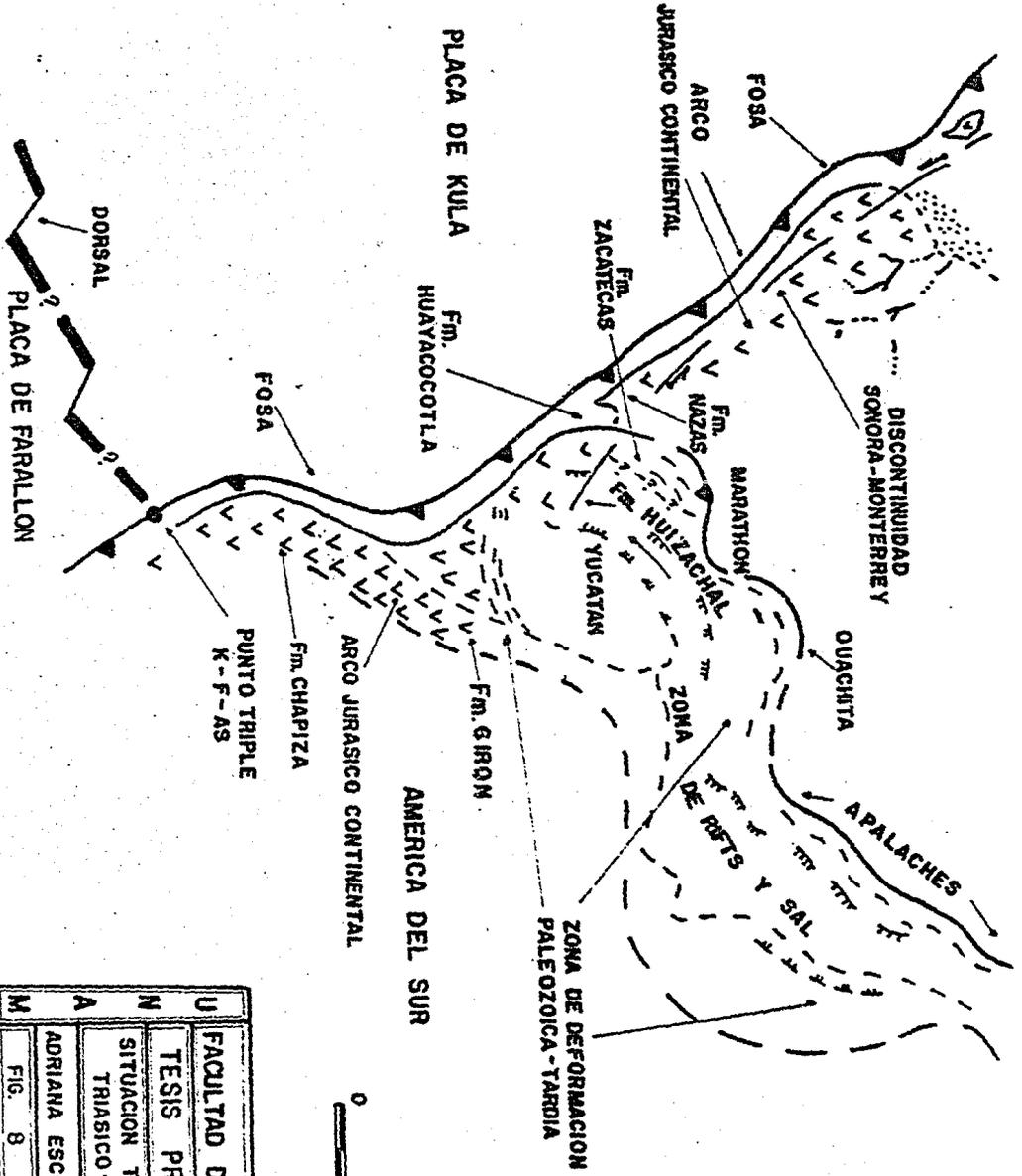
más bajo que las dos Formaciones antes mencionadas (Fig. 8)

Durante el Jurásico se inicia la etapa distensiva que produce un sistema de fallas en bloques (horst y graben) -- con grandes asentamientos, y posterior sumersión del área -- produciendo fosas y pilares tectónicos, propiciado por el inicio de la separación de Africa de América del Sur y América del Norte y la apertura del Golfo de México. (Fig. 9)

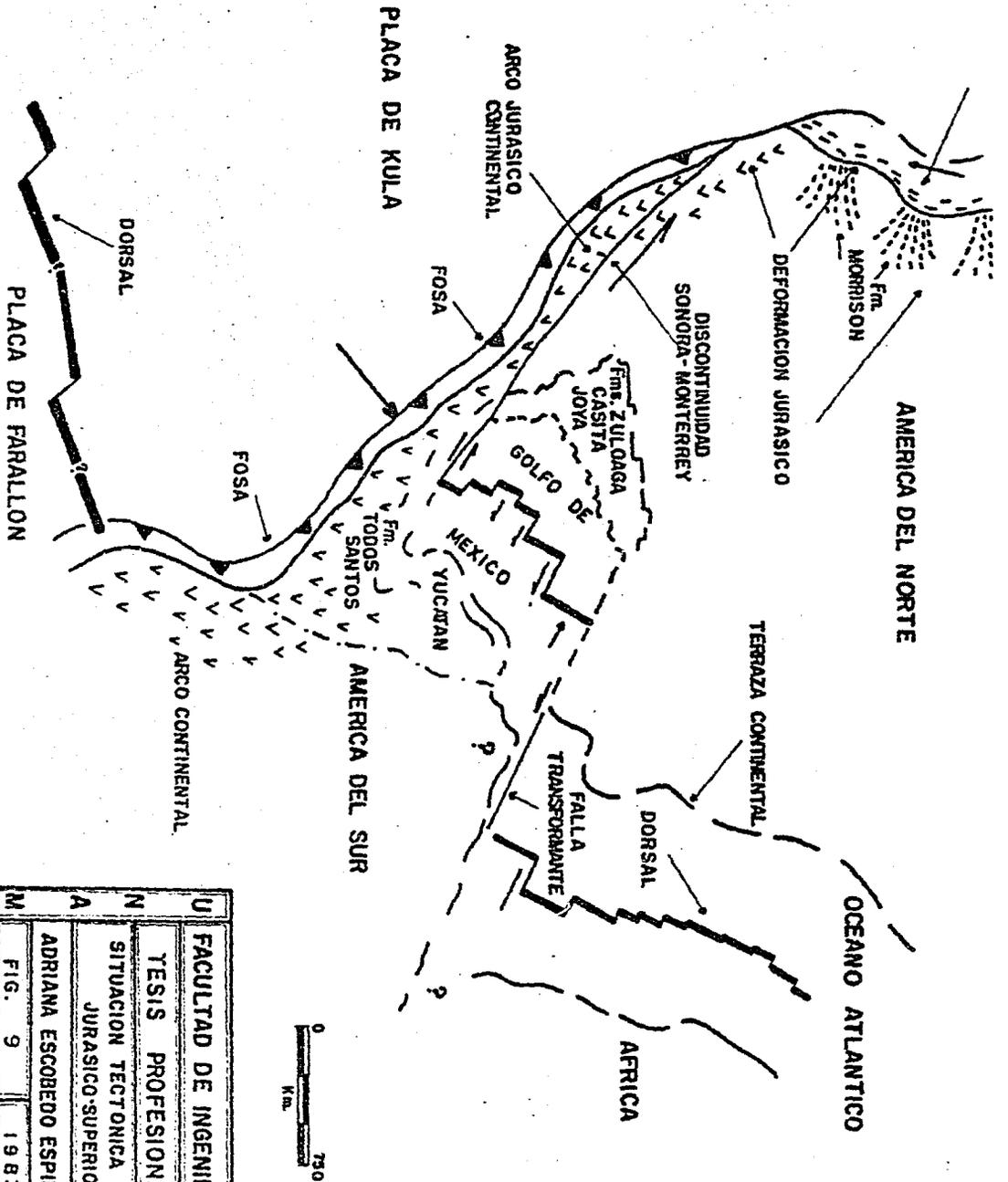
Del Jurásico Superior al Cretácico Superior se registra una etapa de tranquilidad tectónica factible para la formación de depósitos estratigráficamente continuos del Cretácico que se dieron lugar en las zonas de la Plataforma de Valles-San Luis Potosí y La Cuenca Mesozoica del Centro de México.

Para el Cretácico Superior se da lugar a los depósitos de tipo flysch de la Formación Caracol, secuencia que marca el comienzo de la etapa deformativa Laramide que plega a las rocas en una serie de anticlinales asimétricos, recurrentes y discontinuos de forma semidómica y alargada. Este proceso tiene fin hasta el Eoceno generándose inmediatamente la etapa tafrogénica de distensión o relajamiento que da lugar a fallas normales, nuevas fosas y pilares tectónicos. (Fig. 3)

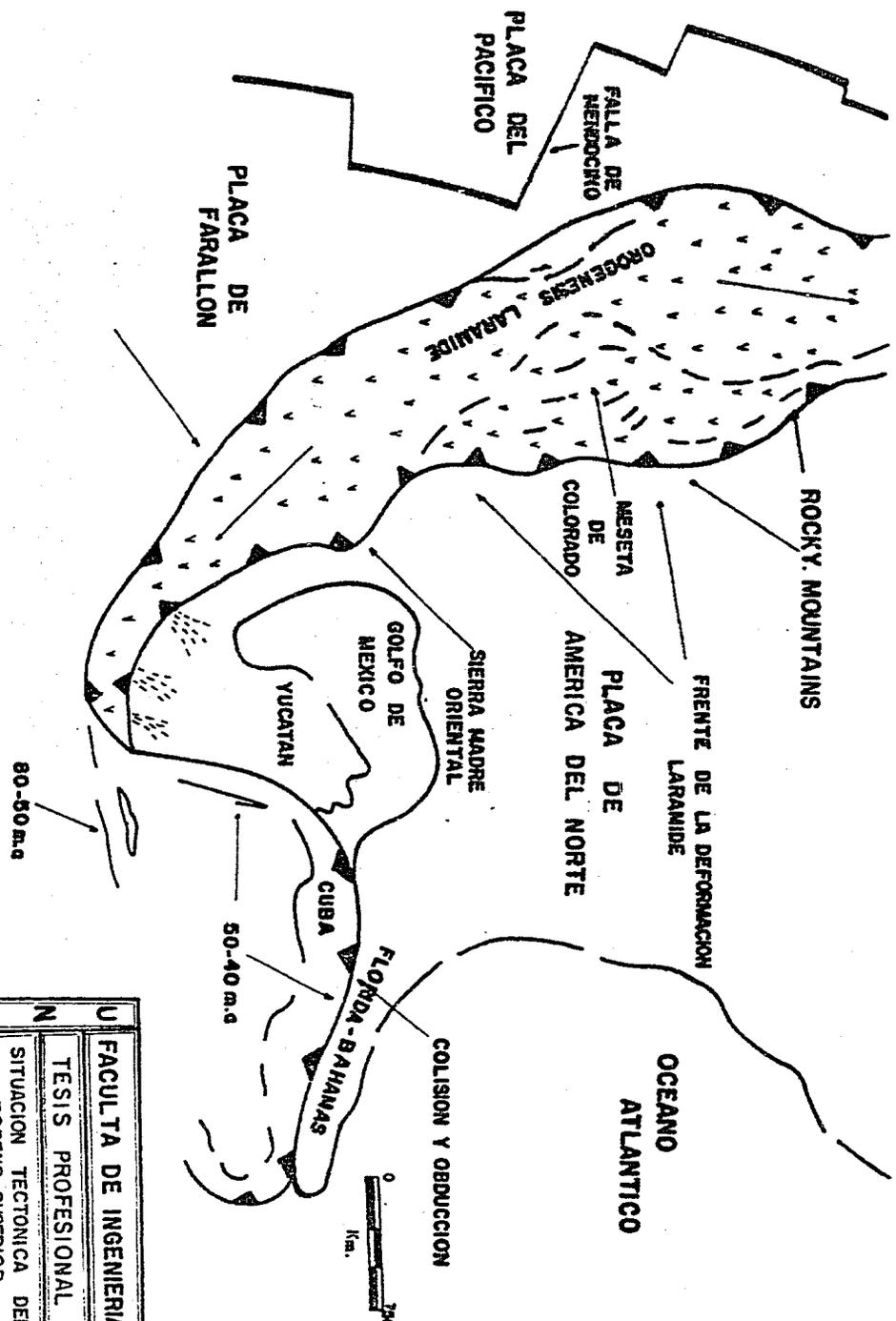
Posteriormente a fines del Terciario y a la fecha ocurren levantamientos ocasionales por la actividad ígnea intrusiva, así también se tiene presente la extravasación de lavas y tobas de composición riolítica.



U	FACULTAD DE INGENIERIA
N	TESIS PROFESIONAL
A	SITUACION TECTONICA DEL TRIASICO - JURASICO
M	ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU
	FIG. 8
	1983



U	FACULTAD DE INGENIERIA
N	TESIS PROFESIONAL
A	SITUACION TECTONICA DEL
M	JURASICO-SUPERIOR
	ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU
	FIG. 9
	1983



U	FACULTA DE INGENIERIA
N	TESIS PROFESIONAL
A	SITUACION TECTONICA DEL EOCENO SUPERIOR
M	ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU
FIG.	10
	1983

4.2.2 TECTONICA LOCAL.

La principal estructura en la zona de estudio la constituye el anticlinorio La Trinidad, conteniendo en su núcleo las rocas de edad triásica.

La formación de esta gran estructura, estuvo controlada por elementos paleotectónicos de carácter regional, considerando que la región de estudio está situada en el borde de la Plataforma Valles-San Luis Potosí, la que actuó como antepaís, implicando plegamiento, al acercarse el traspais y originando la mayor parte del plegamiento de la región con dirección predominante de sus ejes NNW-SSE.

La secuencia triásica se presenta más deformada que el resto de las unidades, lo cual obviamente indica que ésta ha estado sometida a un mayor número de etapas deformativas.

La discordancia tanto en tiempo como en espacio de la Formación La Joya sobre el Triásico puede sugerir, que esta fase fue de una gran inestabilidad tectónica que no permitió ningún depósito.

Tanto los plegamientos como el fallamiento de la zona, tienden a mostrar un patrón paralelo predominando la dirección NW-SE. (Fig. 3). Esto indica que los esfuerzos que los originaron debieron actuar en dirección perpendicular a ellos, es decir, del SW al NE. Asimismo el recostamiento de los pliegues es hacia el NE lo que implica que los esfuerzos vinieron del SW.

Las características físicas de los materiales que han participado en las deformaciones son de gran importancia, ya

que dan lugar a ciertos estilos tectónicos como son: pliegues en chevron, dicollement, así como intenso fallamiento y fracturamiento en diferentes direcciones y escalas.

En general, el área se encuentra sumamente afectada -- tanto por procesos distensivos como compresivos, lo cual -- está evidenciado a nivel local, por pequeños pliegues como por estructuras de asalchichonamiento en las capas de areniscas y limolitas, que incluso en algunos casos llegan a fragmentarse y formar brechas tectónicas locales. (Foto - 12).

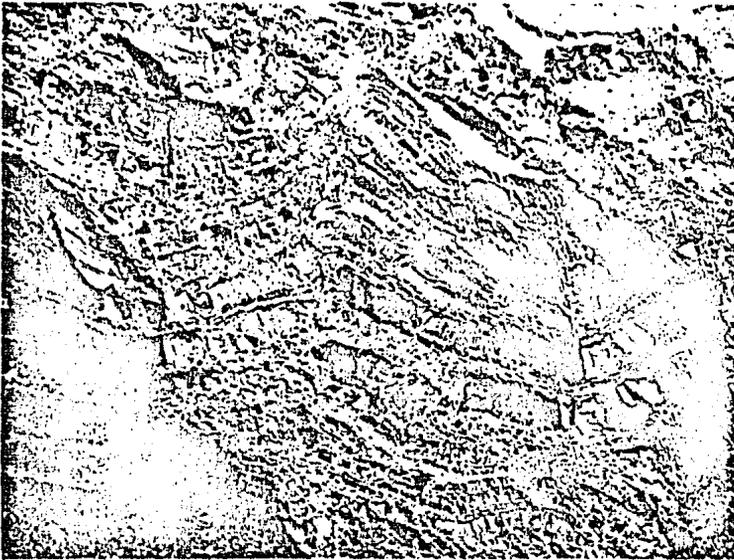


Foto 12. Plegamientos clásicos en la Formación Zacatecas.

4.2.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Pliegues.

En nuestra zona sobresale un gran pliegue que es el - que corresponde al Anticlinorio La Trinidad, denominado así por Martínez (1972) o Anticlinorio San Rafael dándole este nombre Butlar (1972). Este Anticlinorio incluye las sierras: Cuchilla Las Arañas, El Salteador, La Cuesta y Cerro San José, en el área de estudio, aunque se continúa hacia el Norte incluyendo a otros rasgos morfo-estructurales, como el Anticlinorio Cerro Blanco-La Tapona. El plegamiento que conforma el Anticlinorio La Trinidad, presenta las siguientes características generales:

a) Expresión Topográfica:

El núcleo de este pliegue ha sido fuertemente erosionado, o bien ha quedado al descubierto por desplazamiento de bloques, por medio de fallas inversas, de tal forma, que su parte central se presenta a manera de "potrero" aflorando en él, la secuencia arcillo-arenosa de la Formación Zacatecas.

Su flanco Oriental está conformado por las sierras: La Cuesta y San José y la sierra Cuchilla Las Arañas, El Salteador y Las Lomas Chavira al Oeste y Sur-Oeste, alcanzando elevaciones máximas sobre el nivel del valle de 350 m, y constituidos esencialmente por las formaciones Zuloaga y Cupido.



Foto 13 Pliegues locales con micropliegues -
resultado del esfuerzo a que se ha sometido -
la Formación Zacatecas.

b) Apertura.

El ángulo interlímbico de esta estructura fluctúa entre los 70° y 120° , por lo que se le considera como un pliegue abierto.

c) Simetría.

En general se trata de un pliegue asimétrico que presenta gran cantidad de pliegues secundarios a un nivel muy local con inclinaciones hacia el NE.

d) Orientación.

En base a los ejes de los pequeños pliegues que se presentan con mucha frecuencia dentro del gran pliegue, se puede inferir que la dirección general del eje del Anticlinorio es NW 30° SE, con una inclinación del plano axial que oscila entre los 50° y 80° hacia el NE. La línea de charnela se buza hacia el sur por lo que se trata de un pliegue buzante en esa dirección (Foto 13).

e) Actitud.

Las capas de este plegamiento tienen echados que varían entre los 10° y 60° con rumbos normalmente NW-SE.

f) Dimensiones.

Tiene un ancho promedio de 24 km y en su parte central, en que aflora la Formación Zacatecas, tiene una amplitud de 9 km. La longitud no es fácil de determinar ya que el Anticlinal Cerro Blanco-La Tapona ubicado al Norte y el Anticli

nal de La Trinidad constituyen el mismo rasgo morfo-estructural.

g) Rocas Aflorantes del Pliegue.

Su parte central o núcleo lo constituye la Formación Zacatecas y sus flancos los componen las Formaciones: La Joya, Zuloaga, La Caja, Taraises, Cupido y La Peña.

h) Clasificación.

Por todas las características mencionadas, se trata de un pliegue inclinado, según la clasificación de After Rickard (1971)

Fallas.

La zona se encuentra sumamente afallada debido a los procesos de compresión y de distensión a los que ha estado sometida; son dos fallas que destacan en el área por su tamaño y se describen a continuación:

a) Falla 1.

Esta falla es de tipo inverso y se localiza en el borde que da al Valle de San Rafael en la sierra de La Cuchilla Las Arañas, tiene una dirección de NW 70° SE, es fácil de identificar ya que en la zona afectada por ella se logran ver bloques desplazados (caídos) y en muchas ocasiones espejos de falla como remanentes. La falla marca el contacto de la Formación Zuloaga con la Formación Zacatecas.

b) Falla 2.

Una pequeña falla de gran importancia se encuentra en

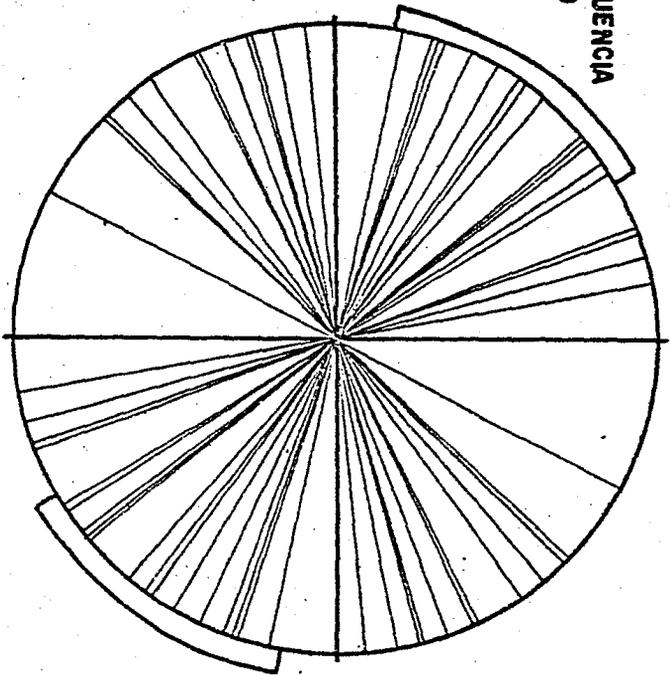
la parte Occidental del Anticlinorio La Trinidad en los bordes de las Lomas Chavira; atravieza en una dirección ----- NE 10° SW, siendo ésta una falla de tipo normal que marca el contacto entre la Formación Cupido y la Formación Zacatecas teniendo efectos solo a nivel local.

La zona tiene gran cantidad de fallas locales las cuales siguen un patrón general entre los 30° y 80° con dirección NW-SE (Fig. 11) y son de suma importancia, ya que forma parte de uno de los controles para la mineralización, puesto que sirvieron como conductos por donde ascendieron las soluciones mineralizantes, que constituye al sistema de filones del Valle de San Rafael. (Foto 14)

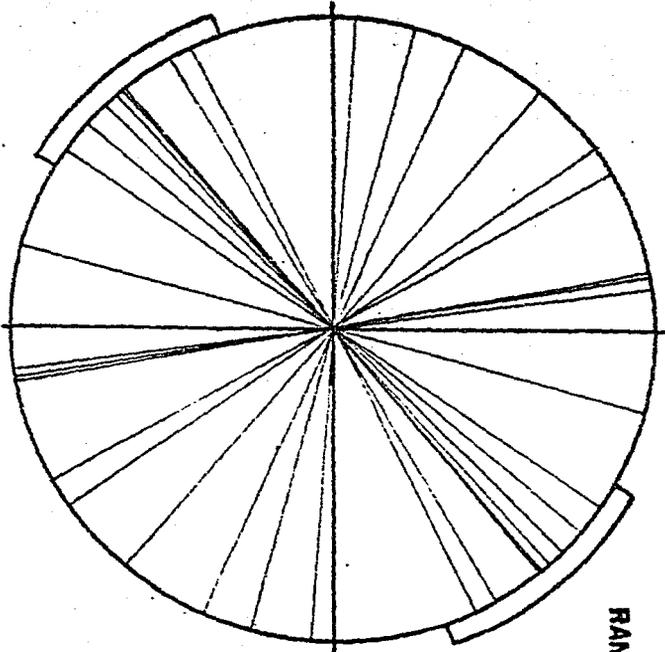
Fracturamiento.

El fracturamiento es de gran intensidad y se observa en todas direcciones aunque preferentemente en dirección NE-SW entre los 30° y 60° . (Fig. 12). El fracturamiento se concentra hacia las zonas de falla y en muchas ocasiones también es oblicuo a las fracturas mineralizadas, sobre todo aquellas que están normales a las vetas, esto indica que el fracturamiento es otro de los controles de la mineralización.

**RANGO DE MAYOR FRECUENCIA
DE FALLAMIENTO
30°-80° NW-SE**



U	FACULTAD DE INGENIERIA
N	TESIS PROFESIONAL
A	DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE FALLAS
M	ADRIANA ESCOBEDO ESPRITU
	FIG. 12
	1983



RANGO DE MAYOR FRECUENCIA
DE FRACTURAMIENTO
30° - 60° NE - SW

U	FACULTAD DE INGENIERIA
M	TESIS PROFESIONAL
A	DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE FRACTURAS
M	ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU
	FIG. 11
	1983

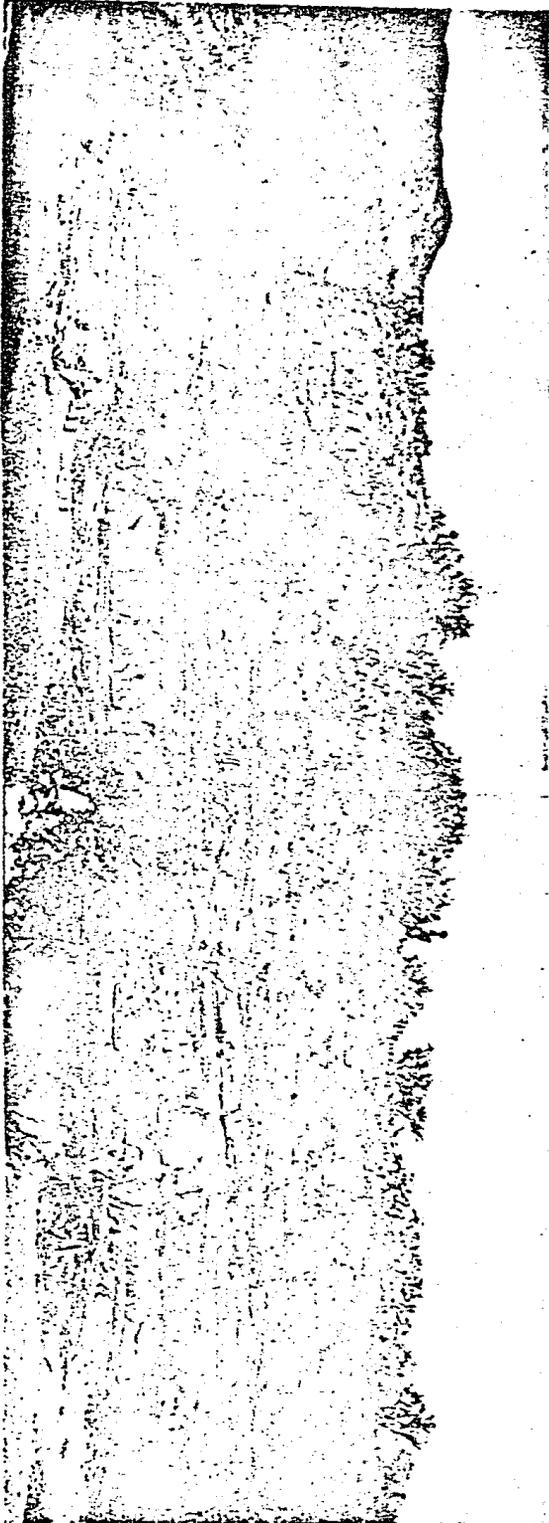


Foto 14. Sistema de Fallamiento que presenta la secuencia Triásica

4.3 GEOLOGIA HISTORICA.

4.3 GEOLOGIA HISTORICA.

Las rocas marinas del Triásico Medio-Superior son las rocas más antiguas que afloran en el área. Se encuentran -- constituyendo un grueso espesor de depósitos clásticos que indican un gran aporte de sedimentos producidos por la fuerte erosión a que estuvo sujeta la tierra emergida situada al Este, que constituyó durante el Jurásico la Plataforma Valles-San Luis Potosí.

En base al carácter cíclico de estas rocas, indicado -- por la alternancia rítmica de lutitas, areniscas y limolitas, (las cuales presentan un aspecto pre-orogénico, tipo Flysch), se infiere que el depósito se efectuó en una cuenca con un ambiente poco profundo, inestable y un hundimiento considerable que permitió la formación de esta gruesa columna sedimentaria.

A fines del Triásico y hasta el Jurásico Medio la Formación Zacatecas sufre su primer etapa deformativa, provocada por la orogenia Marathon-Ouachita-Apalaches que suscita la emersión de estos terrenos. Posteriormente se lleva a cabo una fase de distensión o liberación de energía con fallamiento, dando como resultado la generación de fosas y pilares tectónicos.

En el Jurásico Medio-Superior se presenta una intensa etapa de erosión generando el depósito de la Formación La Joya dentro de una topografía muy irregular, por lo que esta formación se encuentra en forma de lentes o en acúñamien

tos; entre los clastos que la constituyen se tienen algunos de origen volcánico, así como también existen dentro de ella algunos derrames ígneos que evidencian la actividad ígnea que existió en esa época. Los depósitos de la Formación La Joya pueden considerarse como de tipo Molasse Continental.

El Jurásico Superior se inicia con la presencia del conglomerado basal de la Formación Zuloaga, el cual contiene abundantes fenoclastos de las Formaciones La Joya y Zacatecas, debido a una subsidencia de la cuenca y al inicio de una gran transgresión marina.

En el Oxfordiano-Kimmeridgiano se efectúan depósitos de mares extralitorales, acumulándose lodos calcáreos, y ocasionalmente, el fondo marino tuvo pulsaciones, lo que se evidencia por la presencia de calizas oolíticas y corales, siendo notable la ausencia de material clástico.

Desde finales del Kimmeridgiano hasta el Tithoniano, se deposita la Formación La Caja, la que por su litología indica que la profundidad de las cuencas disminuyó, formándose mares someros en los que la profundidad de las cuencas fue menor. Probablemente influyeron cambios climáticos a un ciclo más árido de las fuentes proveedoras de sedimentos.

Del Berriasiano hasta mediados del Valanginiano, se deposita la Formación Taraises aumentando la profundidad de la cuenca debido a una mayor subsidencia y existiendo zonas de ambiente reductor según lo demuestran las amonitas hematizadas y nódulos de marcasita.

Desde el Hauteriviano al Aptiano Temprano se tienen condiciones de plataforma de mar abierto y con escaso aporte de terrígenos en que se deposita la Formación Cupido.

La Formación La Peña se deposita en el Aptiano en un ambiente de mares profundos con gran aporte de terrígenos.

A partir del Albiano hasta mediados del Cenomaniano Temprano, se efectuó el depósito de la Formación Cuesta del Cura, que por su litología indica que se formó en aguas batiales e infranerfíticas, indicando un hundimiento del área.

En el Cretácico Superior (del Cenomaniano al Turoniano) se deposita la Formación Indidura, que marca el comienzo de una nueva regresión de los mares. En esta edad hay un cambio muy notable en las condiciones de depósito observándose un gran aporte de clásticos y según de Cserna (1950) la Formación Indidura representa el inicio de un depósito cíclico tipo Flysch, que duró del Turoniano hasta el fin del Santoniano, el cual se encuentra evidenciado por la Formación Caracol.

A fines del Cretácico y principios del Terciario se lleva a cabo el plegamiento y levantamiento del gran paquete de las rocas sedimentarias, estos eventos se deben a la Orogenia Laramide que resulta de la subducción de la placa Farallón bajo la placa Norteamericana.

Posteriormente se suscita la etapa tafrogénica o de relajamiento, en la cual se originan fallas normales y fracturas distensivas; estas sirven como conductos a partir del

Eoceno para el emplazamiento de cuerpos intrusivos y la extravasación de rocas ígneas volcánicas de composición ácida.

Al mismo tiempo, las zonas más altas son erosionadas, estos sedimentos implicaron depósitos de talud y abanicos aluviales. Los clastos durante el Plio-Pleistoceno fueron cementados por caliche, ya que las condiciones del clima árido y semiárido, fueron propicias para dar como resultado el depósito de fanglomerados.

En la actualidad se tienen depósitos de aluvión y talud como consecuencia de la intensa erosión de las rocas preexistentes.

5. METALOGENESIS.

5.1. INTRODUCCION.

El Distrito Minero de Charcas es tan antiguo como los -
Distritos Mineros más importantes del país, que han sido ex-
plotados desde la Colonia; dentro del mismo, se ha trabaja-
do a diferentes escalas, es decir, desde el típico gambusi-
naje hasta la producción en gran escala de importantes com-
pañías mineras, (IMMSA, actualmente explota 2200 ton/día, -
extrayendo básicamente plata, plomo, zinc y cobre).

Dentro de este Distrito Minero tenemos diversos índices
de mineralización que evidencian ciertos tipos de yacimien-
tos. Dentro de éstos, los más importantes en cuanto a su: --
abundancia, son las vetas o filones de fisura, que han sido
explotadas durante toda la vida de este Distrito; posterior-
mente la misma explotación de tales vetas condujo al hallaz-
go de cuerpos minerales del tipo de reemplazamiento en cali-
zas que son de grandes tonelajes, a diferencia de las vetas
que en general son estructuras delgadas de espesores varia-
bles y leyes de plata, plomo y zinc muy erráticas.

En el área del Valle de San Rafael han sido encontrados
únicamente filones de fisura, los cuales precisamente son -
el objeto de este trabajo. Estos filones, aunque se encuen-
tran en todo el Valle, no todos son de rendimiento económi-
co, por un lado influyen las texturas de las menas y por --
otro las leyes, tonelaje y comportamiento estructural.

Es de hacer notar que aunque las vetas del área de San-
Rafael no son de gran potencialidad, el rendimiento económi-

co de la zona pudiera estar controlado por la alta frecuencia con que se presentan estas estructuras mineralizadas.

5.2 FORMA DE LOS CUERPOS MINERALIZADOS.

Los yacimientos minerales del Valle de San Rafael son - cuerpos emplazados en zonas de fallamiento y fracturamiento, siguiendo patrones bien definidos en cuanto a rumbo y echado es decir, se comportan como filones de fisura, siendo por lo tanto, cuerpos en forma tabular. (Foto 16)

Cabe aclarar que estos yacimientos tabulares presentan_ ciertas flexiones tanto en sentido vertical como horizontal. Esto se debe al típico fallamiento que suele desarrollarse _ en este tipo de secuencias sedimentarias. Asimismo las vetas han sufrido dislocaciones que hacen variar su comportamiento espacial, debidas a movimientos posteriores a la mineraliza- ción.

Las vetas de este distrito presentan en general un pa- trón estructural bien definido con una dirección NW-SE entre 30 y 75° buzando hacia el SW, por lo tanto, las estructuras_ mineralizadas conforman un sistema de vetas paralelas, ha- - - ciendo notar que existen ramaleos en algunas de las vetas -- principales y también las vetas secundarias en cuanto a di- - - mensiones que presentan rumbos generales E-W.

Estos yacimientos muestran longitudes variables entre _ los 600 y 800 m., sus profundidades son difíciles de determi- nar pero algunas de las vetas conocidas en el Distrito alcan- zan por lo menos 220 m, el espesor de estos cuerpos oscila _ entre 0.20 y 4 m incluyendo a veces, ramaleos de las mismas_ estructuras.

5.3 ROCA ENCAJONANTE

Las vetas dentro de la zona estudiada se encuentran alojadas principalmente en areniscas del tipo de las grawacas y arcosas aunque también se arman en las lutitas. Las vetas siempre están asociadas a zonas de debilidad estructural como son las fallas con sus correspondientes brechas, las fracturas o en zonas de plegamiento intenso.

Debido a que esta área ha sido afectada intensamente por fenómenos tectónicos en muchas ocasiones la estratificación de areniscas y lutitas presenta buzamientos muy fuertes contrastando con otras zonas, en donde los echados son muy suaves, todo ello originó que las diferentes vetas en ocasiones sean concordantes con la estratificación o casi paralelas y en otros casos cortan a los estratos en diferentes ángulos.

En las márgenes de los filones se aprecian zonas de metamorfismo dinámico con rocas o minerales característicos de este tipo de metamorfismo, por ejemplo cataclasitas, milonitas, salvanda o simples harinas de falla.



Foto 16. Filones de fisura, típicos del emplazamiento en la Formación Zacatecas.

Las rocas de la Formación Zacatecas, no fueron lo suficientemente favorables para producir un reemplazamiento que hubiera dado lugar a cuerpos como los mantos, sino que únicamente el fracturamiento y fallamiento en ellas sirvió como conductos y sitios propicios para el depósito.

5.4 ALTERACIONES HIDROTERMALES.

Las rocas que encajonan a las vetas han sufrido ciertas alteraciones hidrotermales, las cuales son observables a nivel megascópico, aunque se logran ver con mayor precisión al microscopio.

El tipo de alteraciones resultantes, depende básicamente de la naturaleza mineralógica de las rocas, del grado de fracturamiento, y a su vez, de los factores químicos así como de la temperatura y presión de las soluciones mineralizantes.

Debido a que existen un gran número de vetas y vetillas a través de todo el Valle no se logran definir halos de alteración bien marcados, ya que las alteraciones de unas a otras vetas se traslapan, aunque si son muy conspicuas en la vecindad de los filones.

En la región del Valle de San Rafael las alteraciones principales son:

Cloritización.

Esta alteración se presenta de manera ubicua en el yacimiento y es la que más desarrollo presenta. Se manifiesta en forma de leptocloritas rellenas de vetillas en intercrecimientos con cuarzo y reemplazando a la matriz de las rocas. Asociada a esta alteración se tiene desarrollo de epidota, sobre todo a profundidad, en forma de cristales anedrales.

La clorotización indica que los fluidos hidrotermales lo gran el máximo abrimiento por lixiviación de las soluciones en su principal etapa de mineralización.

Silicificación.

La mayor parte del sistema de fracturamiento se encuentra relleno por cuarzo y hacia las márgenes de las vetas, el sílice se percoló por los espacios porosos de las rocas encajonadas haciéndolas sumamente compactas. Los sulfuros, así como la mayor parte de la mena ocurren dentro de esta zona de alteración.

Sericitización.

Esta alteración también se encuentra ampliamente distribuida, se aprecia principalmente relleno de vetillas y como alteración de plagioclasas, se le observa con hábito fibroso y acicular asociada regularmente a clorita.

Carbonatación.

La calcita se encuentra principalmente reemplazando a las plagioclasas, conformando cristales anedrales aislados se logra observarla comúnmente asociada alrededor del cuarzo con clorita rica en magnesio. Esta alteración es la de menor desarrollo en el yacimiento.

Desde el punto de vista metalogénico, las relaciones texturales a partir de los fenómenos de oxidación y enriquecimiento supergénico presentan demasiada ambigüedad; no obstante las alteraciones superficiales pasan a constituir buenas guías para la localización de los cuerpos mineralizados.

5.5 PARAGENESIS Y SUCESION.

La asociación mineralógica que ha resultado de los procesos geológicos o geoquímicos que han imperado en la región del Valle de San Rafael, es de manera general la siguiente:

Minerales de Mena.

Esfalerita $(Zn,Fe)S$, galena PbS , calcopirita $CuFeS_2$, freibergita $(Ag,Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13}$, tetraedrita $(Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13}$, boulangerita $5PbS \cdot 2Sb_2S_3$, pirargirita $3Ag_2S \cdot Sb_2S_3$, argentita Ag_2S , estromeyerita $CuAgS(?)$, diaforita $Pb_2Ag_3Sb_3S_8$, smithsonita $ZnCO_3$, cerucita $PbCO_3$ y menas de oro Au .

Minerales de Ganga.

Pirita FeS_2 , arsenopirita $CuFeS_2$, pirrotita $Fe_{1-x}S$, hematita Fe_3O_4 , cuarzo SiO_2 , adularia $KAlSi_3O_8$, calcita $CaCO_3$, cloritas $Mg_5(Al,Fe)(OH)_8(Al,Si)_4O_{10}$, sericita $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$, barita $BaSO_4$, limonita $H_2Fe_2O_4(H_2O)_x$, caolinita $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ y minerales arcillosos no diferenciados.

La paragénesis mineralógica es esencialmente de origen primario aunque ciertas texturas, sobre todo de relleno de cavidades, muestran mineralización argentífera por enriquecimiento supergénico.

Rasgos Texturales de la Mena y sus Minerales de Ganga.

Pirita.

Es un mineral ubícuo, y se presenta a manera de agregados y cristales individuales, o bien, relleno de vetillas en

la matriz, con textura fibrosa, radial y fractura concoidea (primera etapa de depósito); también se presenta en forma de agregados de cristales euedrales (segunda etapa de depósito) y grano fino (tercera etapa de depósito), asociada a minerales de plata, con relaciones texturales de reemplazamiento con calcopirita, esfalerita y galena.

Arsenopirita.

Se presenta en agregados megascópicos y diseminada; euedral en secciones rómbicas con formas esqueléticas y aciculares, frecuentemente está intercrecida con pirita. Este mineral es importante, ya que puede ser el portador de los metales preciosos, principalmente representados por el mineral eléctrum.

Esfalerita.

Es el mineral más abundante y se presenta en cristales finamente diseminados en agregados de 1 a 2 cm; se halla intercrecida con la mayoría de los sulfuros, siendo reemplazada por sulfosales de plata. También muestra inclusiones de calcopirita, así como de sulfosales de plata.

Galena.

Se presenta con menor frecuencia que la esfalerita y está íntimamente relacionada a ésta formando intercrecimientos, así como con la pirita y boulangerita. Sus granos son de cristales microscópicos hasta agregados a simple vista; algunas veces presenta inclusiones de sulfuros y sulfosales de plata.

Calcopirita.

Este mineral no se distingue fácilmente a simple vista, microscópicamente se le observa intercrecido con esfalerita y tetraedrita, a menudo se presenta en forma de inclusiones y venillas en la esfalerita y otras veces dentro de la freibergita. También reemplaza a la pirita y forma ensambles -- con los fulfuros y sulfosales de plata.

Pirrotita.

A este mineral se le observa solamente en intercreci--- mientos con pirita y en forma de agregados y cristales espo--- rádicos diseminados en la matriz.

Boulangerita.

Esta sulfosal se encuentra comúnmente asociada con galena, observándose en forma de cristales aciculares y de formas irregulares en microfracturas, dispuestas en los contornos de las secciones de cuarzo.

Minerales de Plata.

La mayor parte de éstos se presentan como sulfuros y -- sulfosales. La freibergita es el principal mineral de plata, ocurriendo en intercrecimientos con esfalerita, tetraedrita, argentita y calcopirita y en menor proporción con pirita y galena. En general las plata rojas forman inclusiones en la esfalerita. La argentita se halla intercrecida con calcopirita y platas rojas e inclusiones con galena lo mismo que la diaforita. La arentita puede ser un mineral primario o se-- cundario; la estromeyerita es por lo general de origen super

génico y la freibergita y diaforita son comúnmente, de acuerdo a Mc. Kinstry Vikre (1980), de origen hipogénico.

Tetredrita.

Este mineral persiste en diferentes niveles y predomina entre los sulfuros y sulfosales de plata. Manifiesta altos contenidos de plata, por lo que se considera la variedad argentífera (freibergita), estando en ocasiones exento de ésta; se observa en cristales subedrales erráticos y esporádicamente en agregados, muestra relaciones texturales con calcopirita, esfalerita y minerales de plata, los valores aumentan hacia las zonas más superficiales, lo que indica, que la deposición de plata se da a temperaturas relativamente bajas.

Oxidos.

Los óxidos comunes son la hematita y limolita. Se plantean dos generaciones para la hematita, la primera ocurre en forma de specularita, fibrosa y radial en cristales eudrales y la segunda como alteración de minerales de hierro, generalmente en relleno de fracturas, en los agregados de pirita o como reemplazamiento intergranular del mismo mineral.

Menas de Oro.

El oro sólo se comprobó por el análisis químicos y no se sabe como ocurre, es posible que el oro pueda venir finamente distribuido en la pirita, o bien, en la arsenopirita en forma de electrúm, de acuerdo con lo que se plantea para este tipo de yacimientos (Vikre, (1981) y Slack, (1980).

SUCESION.

De acuerdo con Lindgren (1926), las etapas de sucesión para este yacimiento serían:

Etapa I

Cuarzo, clorita, silicatos, sericita, adularia, fluorita claita, rodocrocita y barita.

Etapa II

Hematita especular.

Etapa III

Pirita y arsenopirita.

Etapa IV

Pirrotita y calcopirita.

Etapa V

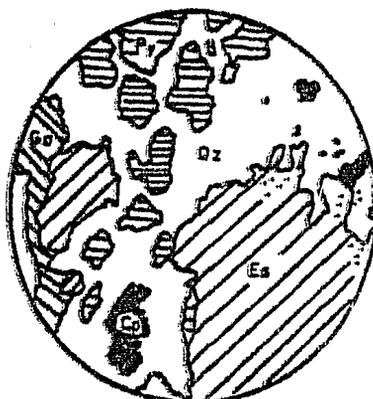
Esfalerita, tetraedrita, calcopirita, galena, estromeyerita, argentita, platas rojas, sulfosales y sulfuros de plata, electrú y oro nativo.

Esta sucesión no es estricta ya que puede haber inversiones en la secuencia y depósitos de un mismo mineral en varias etapas, como es el caso de los minerales de ganga que continúan, y a menudo se repiten durante toda la secuencia.

ETAPAS DE DEPOSITO

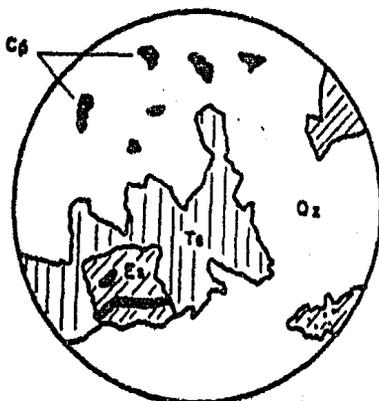
MINERAL	I	II	III	IV	V
Pirita	████████████████████				
Esfalerita					████████████████████
Galena					████████████████████
Arsenopirita			████████████████████		
Calcopirita				████████████████████	████████████████████
Tetraedrita					████████████████████
Freibergita					████████████████████
Pirrotita				████████████████████	
Boulangerita					████████████████████
Pirargirita					████████████████████
Argentita					████████████████████
Estromeyerita					████████████████████
Diaforita					████████████████████
Oro					████████████████████
Cerusita					
Smithsonita					
Cuarzo	████████████████████				
Adularia	████████████████████				
Calcita	████████████████████				
Hematita	████████████████████	████████████████████			
Cloritas	████████████████████				
Sericita	████████████████████				
Epidota	████████████████████				
Limonita					████████████████████
Rodocrosita	████████████████████				
Barita	████████████████████				
Fluorita	████████████████████				
Caolinita					████████████████████

A continuación se presenta la descripción de algunas secciones mineralógicas de muestras de núcleos que apoyan este inciso.



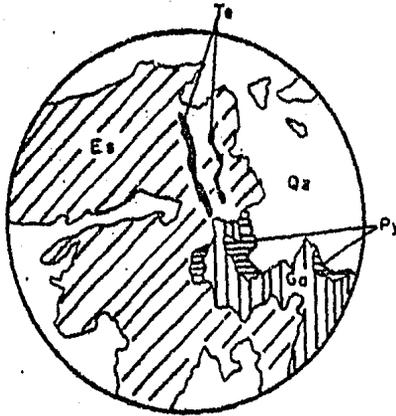
Muestra No. BA-7-12

En la superficie pulida de la muestra tenemos agregados - de pirita en forma irregular asociada a esfalerita y en ocasiones a calcopirita y galena, este mineral se ve corroído, - pero también se aprecian cristales euedrales; a manera de agregados se halla la esfalerita con escasas inclusiones de calcopirita y ocasionalmente reemplazando a pirita; la calcopirita se presenta en cristales aislados de gran tamaño intercrecida con pirita y como inclusiones en esfalerita; la galena se intercrece con pirita y ocasionalmente con esfalerita diseminada y en zonas de pirita. La ganga principal es de cuarzo y - feldespatos.



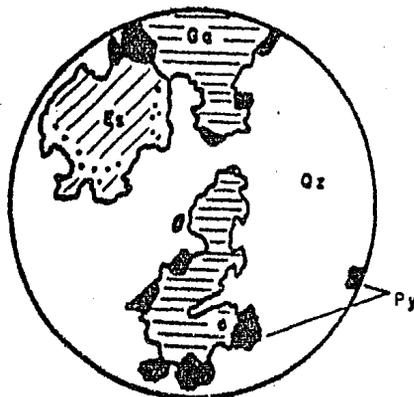
Muestra No. EJ-13.

En esta muestra tenemos el siguiente comportamiento mineralógico; la pirita se presenta en agregados de secciones -- euedrales, diseminada en cristales anedrales y algunas veces rellenando fracturas en cuarzo, siendo la más abundante; la esfalerita está diseminada, de contornos irregulares asociada a pirita, presenta inclusiones de calcopirita, se inter-- crece con tetraedrita que en ocasiones la reemplaza; la calcopirita está incluida en esfalerita o bien diseminada e intercrecida; la tetraedrita es en cristales esporádicos intercrecidos también en esfalerita y asociada a calcopirita; la marcasita reemplaza a veces a la pirita y arsenopirita. Los minerales translúcidos de la ganga se presentan principalmente el cuarzo, los feldespatos y en menor proporción calcita.



Muestra No. BR-1-24

La mineralogía de este ejemplar presenta agregados masivos de pirita muy fracturados y corroídos que se reemplazan por galena, también se le ve diseminada y en forma euedral; la calcopirita abunda como inclusiones en esfalerita y erráticamente diseminada; la esfalerita está como agregados mono minerales y diseminada, en ésta se ven vetillas o hilillos de posibles minerales de plata este mineral es reemplazado por galena; la galena se aprecia como agregados masivos relacionada a la esfalerita a la que reemplaza, e intercrece con pirita a través de sus fracturas y bordes; los minerales de plata se aprecian como hilillos o vetillas en esfalerita --- siendo visibles la tetraedrita, argentita y como inclusiones en galena. La ganga se constituye básicamente de cuarzo y feldéspatos.



Muestra No. EJ-25

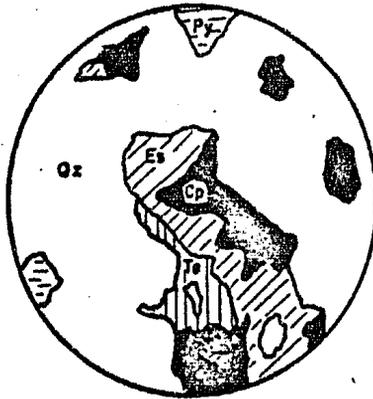
La muestra presenta pirita de tamaño variable y diseminada, se reemplaza por esfalerita y galena; la pirrotita se -- presenta esporádicamente en pequeños minerales; la esfalerita abunda y está ampliamente distribuida en diferentes tamaños, -- tiene inclusiones de calcopirita y de posibles platas rojas, reemplaza a la pirita y se intercrece con ésta lo mismo que con la galena (argentífera); la galena es notable, aunque en proporción menor a la esfalerita, intercrece con pirita y a -- veces se incluye dentro de ésta, suele intercrecerse con esfalerita y está aislada en el cuarzo o finamente diseminada; esfalerita, este mineral presenta inclusiones o hilillos y -- vetillas de sulfosales de plata y calcopirita.

La ganga principal es el cuarzo, calcita y feldespatos.



Muestra No. BR 1-25

Aquí se observan en agregados monominerales a la esfalerita que a su vez está intercrecida con galena y calcopirita y minerales de plata, tiene gran cantidad de inclusiones de calcopirita y de sulfosales, probablemente tetraedrita y platas rojas; la pirita se presenta en vetillas o hilillos dentro de fracturas en el cuarzo y algunos agregados en huecos; de la arsenopirita solo se ven cristales pequeños asociados a pirita; los minerales de plata están como intercrecimientos en calcopirita, esfalerita y erráticamente en galena, -- los principales de éstos deben ser la tetraedrita argentífera o las platas rojas; la calcopirita intercrece con la esfalerita y minerales de plata y comúnmente está como inclusiones en esfalerita. La ganga, como en la mayoría de los casos, es de cuarzo y feldespatos.



Muestra No. EJ-50

Esta muestra está constituida de: pirita, ésta varía en tamaño y se presenta como cristales, agregados y diseminados de forma eudral; en cristales pequeños ampliamente distribuidos tenemos a la calcopirita que algunas veces reemplaza a la pirrotita o existe en inclusiones dentro de la esfalerita con cierta orientación de ellas; la esfalerita se presenta en pequeños cristales asociada a la calcopirita o bien incluida en el cuarzo; en pequeños agrupamientos de cristales aciculares se presenta la arsenopirita; la pirrotita se aprecia aquí en pequeños cristales rosados anisotrópicos, aislados o intercrecidos con pirita o calcopirita; existe tetraedrita intercrecida con esfalerita y calcopirita la cual presenta valores de plata, por lo que llega a denominarse freibergita. La matriz se encuentra constituida principalmente de calcita y en menor proporción de cuarzo.

5.6 TIPO DE YACIMIENTO.

Como ya se ha descrito, los yacimientos se encuentran -- alojados en zonas de brechamiento y fracturamiento cerrado de bidas a movimientos tectónicos. Las soluciones mineralizantes fluyeron a través de estas zonas de debilidad estructural, -- aprovechando principalmente los espacios abiertos preexistentes. Tales soluciones provinieron de fuentes ígneas, pudiéndose se relacionar a los cuerpos intrusivos granodioríticos presentes al Este aproximadamente a 7.5 km del Valle de San Rafael, precisamente los que afloran dentro de la Unidad Minera Charcas y que constituyen el cerro de La Bufa. Por otro lado, se pueden mencionar las texturas presentes dentro de los yaci--- mientos, incluyendo la crustificación, el relleno de espacios abiertos, la existencia de drusas (Foto 17), además de los diferentes tipos de alteración hidrotermal de temperatura intermedia y presión moderada de relleno de fisuras.

El yacimiento corresponde con los de condiciones mesotermales, en base a las texturas y estructuras clásicas de relleno de fisuras y/o cavidades; en menor importancia por su paragénesis, asociación de galena, esfalerita, calcopirita y minerales de plata como mena y como ganga: cuarzo, clorita, sericita, calcita y óxidos de hierro principalmente; finalmente -- por las temperaturas de las soluciones hidrotermales, las cuales según los datos reportados por el Departamento de Investigaciones Metalogenéticas en Oclusiones Fluídas del C.R.M., -- son del rango de los 200 y 250°C.



Foto 17. Drusamiento en las márgenes de las -
vetas.

5.7 GENESIS DEL YACIMIENTO.

La Formación Zacatecas operó como un conjunto rocoso, es estructuralmente favorable para la captación de los fluidos mineralizantes ya que se vió sometida, por lo menos a cuatro -- fases deformativas tanto de esfuerzos compresivos como dis-- tensivos que fracturaron y afallaron las rocas.

El posible origen de los metales que generaron el depósi to del yacimiento Mineral del Valle de San Rafael, está rela cionado, por una parte con fenómenos de tipo sedimentológico esto es de acuerdo a que en la secuencia Flysch se muestran_ anomalías litogeoquímicas, manifestadas por concentraciones_ de Zn, Pb, Cu y Ag y otros elementos, lo que indica, que las sustancias pudieron existir con anterioridad diseminados en las rocas; por otro lado los eventos de diferenciación magmá tica pueden constituir la fuente más importante de las solu ciones hidrotermales que transportaron los elementos y que - con sus condiciones de temperatura y presión con las que flu yeron, dieron lugar a una remobilización metálica produciend o ciertas concentraciones y a su vez, al ir disminuyendo -- progresivamente la temperatura y presión al fluir a través _ de los diferentes conductos hacia la superficie, rellenaron_ las cavidades ya existentes en la Formación Zacatecas, dando lugar a los filones de fisura.

Estas soluciones mineralizantes pueden relacionarse con_ los cuerpos intrusivos que forman el cerro de La Bufa en la_

Unidad Minera Charcas, es decir, que estos cuerpos bien pudieron ser la fuente de estas soluciones.

El patrón estructural que manifestó la zona fue uno de los factores de gran importancia que determinaron el comportamiento de la mineralización, debido a que los gradientes geotérmicos presentan sus mayores expresiones hacia las porciones de mayor flexión, fracturamiento y fallamiento, esto es, con mayor énfasis hacia la parte Norte del Valle de San Rafael.

Posiblemente, correlacionando con la edad del emplazamiento de los cuerpos intrusivos, la mineralización pudo tener lugar simultáneamente o quizá posteriormente a dicho emplazamiento, es decir, durante el Oligoceno-Mioceno.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1.- En base a las características sedimentológicas y estratigráficas encontradas en la secuencia de la Formación Zacatecas, se concluye que, la Formación Zacatecas fué depositada en un ambiente de facies Flysh en una cuenca donde las profundidades fluctuaban de neríticas a infraneríticas e inclusive batiales, indicando ésto, que durante el período de depósito de esta formación existió un proceso de gran pulsación, lo cual en consecuencia manifiesta que el Triásico -- fué un rango de tiempo de suma inestabilidad tectónica.

2.- En función de las evidencias estructurales que presenta la Formación Zacatecas se deduce que esta formación ha sido sometida por lo menos, a cuatro fases deformativas, siendo las más importantes las de las Revoluciones Marathon-Ouachita-Apalaches. Generada desde su depósito de la formación -- hasta el Jurásico-Medio y la de la Revolución Laramide en el Cretácico Superior-Eoceno.

3.- La porción Norte del Valle de San Rafael en el que se manifiesta un mayor énfasis de metamorfismo de bajo grado, podría ser representativa de la zona más antigua de la secuencia Triásica, y asimismo, la que ha estado sometida a procesos de presión y temperatura mayores, que el resto de la secuencia; por tanto esta región sería la indicada a explorar para poder determinar la configuración del basamento, el espesor del paquete sedimentario y el comportamiento de las distintas unidades litoestratigráficas para llegar a --

una reconstrucción paleogeográfica detallada..

4.- Las Unidades limitadas para la secuencia Triásica pueden ser de importancia en la prospección, estando basadas en un mapeo realizado en función de la frecuencia con que se presentan las variantes litológicas, dentro de la misma.

5.- Hasta el momento la mayor parte de las estructuras de este yacimiento están localizadas dentro de la Formación Zacatecas y se trata de un sistema de filones de fisura concentrados hacia las zonas de mayor flexión y debilidad estructural.

6.- El yacimiento es de origen hidrotermal de relleno de fisuras con las condiciones de temperatura (220° - 234°), detectadas por el departamento de Investigaciones Metalogenéticas en Oclusiones Fluídas del C.R.M., lo cual indica ser una mineralización con factores que la determinan como Mesotermal.

7.- Existen para este yacimiento por lo menos dos etapas de mineralización en las cuales los fluidos mineralizantes, precipitaron las sustancias que aportaron las soluciones y el oro como oligoelemento dentro de éstos, a su vez, los sulfoantimoniuros de plata, plomo y zinc básicamente; lo anterior se deduce de acuerdo a las características de formas, hábitos e interrelaciones texturales que mantienen los minerales entre sí. Finalmente, una tercera etapa puede estar constituida por el enriquecimiento supergénico debido a las aguas me--

teóricas circulantes en el Distrito.

8.- Debido a que la zona presenta una fuerte problemática estructural, que en muchos casos desplaza las estructuras y no es fácil mantener un comportamiento normal de las mismas en un intervalo de espacio considerable, es recomendable realizar un estudio de Geología Estructural a detalle, con la finalidad de dirigir y orientar los trabajos exploratorios a desarrollar para lograr resultados óptimos y satisfactorios.

9.- La recuperación de los elementos depende directamente de la facilidad de separación de la sustancias, durante el tratamiento metalúrgico, la gran cantidad de fierro y la relación de intercrecimiento de los minerales, presentes en este yacimiento pudieran dificultar la operación y no lograr recuperaciones aceptables, lo cual pudiera hacer incosteable el proyecto, por lo anterior se recomienda realizar pruebas metalúrgicas que apoyen las evaluaciones.

10.- Las posibilidades de que estas estructuras se extiendan más de lo conocido vertical ó longitudinalmente son muy altas, sobre todo hacia la porción Norte del Valle de San Rafael que es la más cercana a la mineralización de Charcas.

11.- A pesar de las bajas leyes, el tonelaje y la distribución tan irregular de los sulfuros en sentido vertical, la -

factibilidad de este proyecto dependerá directamente de grado de recuperación en beneficio y fundición y se verá favorecido por la cercanía de infraestructura de la Unidad Minera Charcas (IMMSA), lo cual son factores determinantes para que este proyecto pudiera ser rentable o no.

7. BIBLIOGRAFIA.

- BATEMAN, M.A. 1974 Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico, Tercera Edición. Ed. Omega.
- CARRANCO, R.E. et.al 1982 Geología de la Región de Charcas-Venado, S.L.P. Tesis Profesional.
- CEPEDA, D.L. 1976 Apuntes de Yacimientos Minerales, Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
- CONEY, P.J. 1983 Un Modelo Tectónico de México y sus Relaciones con América del Norte, América del Sur y el Caribe, Rev. I.M.P. Vol. XV.
- CRUZ, P.M. 1982 Informes Anuales de Avance del Proyecto Charcas, S.L.P. (Inedito).
- DE CSERNA, Z. 1956 Tectónica de la Sierra Madre Oriental de México entre Torreón y Monterrey, XX Cong. Geol.
- GARZA, G.V.C.E. 1983 Metalogénesis y Perspectivas de Exploración en el Area de San Rafael, Mpio. de Charcas S.L.P. - C.R.M.
- HEINRICH, E.M. 1970 Identificación Microscópica de los Minerales, Ed. Omega.
- KERR, F.P. 1977 Optical Mineralogy, Ed. McGraw Hill. Kook Co.
- KOPPEN, W. 1931 Climatología. Fondo de Cultura Económica.
- LOPEZ, R.E. 1982 Geología de México, Tomo II. Ed. Escolar.

- MARTINEZ, P.J. 1972 Exploración Geológica del Area Estribo San Francisco, S.L.P. Bol. Asoc. Mex. de Geólogos, - Petrolero, Vol. 24 Nos. 7-9.
- RAGAN, R.M. 1978 Geología Estructural, Segunda Edición. Ed. Mc Graw Hill.
- RAISZ, E. 1964 Landforms of México, Cambridge Map Scale aprox. 1: 300 000.
- RZEDOWSKY 1961 Vegetación del Estado de San - Luis Potosí, México, U.N.A.M., Facultad de Ciencias, Tesis Profesional, p.p. 228 (Inedita)
- SLACK, J.F. 1980 Multistage Vein Ores of the Lake City District, Western San Juan Mountains Colorado, Econ. Geol. Vol. 75 No. 7 p.p. 963--989.
- SOC. GEOL. MEX. 1982 VI Convención Geológica Nacional. Exc. Geológica a la Cuenca del Centro de México, Edos. de San Luis Potosí y Zacatecas.
- VIKRE, P.G. 1980 Fluid Inclusions in Silver-Antimony-Arsenic. Mineral From - Precious Metal Vein Deposits. Econ. Geol. Vol. 75, No. 2, -- p.p. 338-339.
- WILLIAMS, et. al. 1968 Petrografía. Tercera Edición. Ed. Continental.
- WINKLER, H.G.F. 1978 Petrogénesis de Rocas Metamórficas, Cuarta Edición. Ed. --- Blume.
- ZARATE, V.P.F. 1982 Geología y Análisis Metalogénico de la Sierra de Catorce - S.L.P. Soc. Geol. Mex. Tomo -- XLIII, No. 1.

APENDICE PETROGRAFICO.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO PETROGRAFICO

DATOS DE CAMPO

Muestra No.: L-83-1591

Colector: Adriana Escobedo E.

Localidad: Arroyo Puerto Colorado, Charcas, S.L.P.

Descripción del afloramiento: Areniscas de estratificación gruesa
altamente silícificadas.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris verde.

Estructura y Textura: Clástica compacta.

Minerales observables: Cuarzo, feldespatos y arcillas.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Clástica, epigenética de grano grueso.

Mineralogía: Cuarzo 40%, feldespatos (oligoclasa) 30%, fragmen-
tos de roca 10% matriz (Qz-Fd) 15%. sericita 3%, -
pirita 1% y hematita 1%.

Los granos son de forma oblada, subredondeados con
mala selección.

ORIGEN DE LA ROCA Marino somero.

CLASIFICACION Grawaca feldespática.

Fecha: 1983-84

ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU

Petrógrafa

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO PETROGRAFICO

DATOS DE CAMPO

Muestra No.: L-83-1581

Colector: Adriana Escobedo E.

Localidad: Arroyo Hondo, Charcas, S.L.P.

Descripción del afloramiento: Areniscas medias, color gris-pardo muy fracturadas.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris claro.

Estructura y Textura: Clástica poco compacta.

Mínerales observables: Cuarzo, feldespatos, arcillas y micas.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Clástica, epigenética de grano medio.

Mineralogía: Cuarzo 55%, feldespatos 11%, matriz-cementante (arcillas, clorita-sericita) 24%, fragmentos de roca 9%, hematita 1.5%, limonita 2% y circón -- 0.5%. Existe mala selección, los granos son de subangulosos a subredondeados con formas obla-- das y proladas.

ORIGEN DE LA ROCA Marino de profundidades neríticas.

CLASIFICACION Grawaca feldespática:

Fecha: 1983-84,

ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU

Petrógrafa

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO PETROGRAFICO

DATOS DE CAMPO

Muestra No.: L-83-1587

Colector: Adriana Escobedo E.

Localidad: Arroyo Majadas Viejas, Charcas, S.L.P.

Descripción del afloramiento: Areniscas de color gris en estratificación media.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris

Estructura y Textura: Clástica Compacta.

Minerales observables: Cuarzo, feldspatos y arcillas.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Clástica, epigenética de grano grueso.

Mineralogía: Cuarzo 50%, feldspatos 6%, fragmentos de roca 6%, matriz-cementante (Qz-Fd clorita-sericita) 33% y hematita 1%.

Se observan pequeños nódulos limoníticos.

ORIGEN DE LA ROCA Marino somero.

CLASIFICACION Grawaca.

Fecha: 1983-84

ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU

Petrógrafa

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO PETROGRAFICO

DATOS DE CAMPO

Muestra No.: L-83-1589

Colector: Adriana Escobedo E.

Localidad: Arroyo El Membrillo, Charcas, S.L.P.

Descripción del afloramiento: Alternancia de areniscas y lutitas -
de estratificación media.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris oscuro con puntos blancos.

Estructura y Textura: Clástica.

Minerales observables: Cuarzo, feldespatos y nódulos lutíticos.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Clástica, epigenética de grano fino.

Mineralogía: Cuarzo 50%, feldespato (oligoclasa) 15%, matriz -
(Qz-Fd) 15%, sericita 4%, hematita 0.5% circón --
0.5%.

Granos subredondeados a redondeados con formas --
obladas y mala selección.

ORIGEN DE LA ROCA Marino somero.

CLASIFICACION Subarcosa.

Fecha: 1983-84

ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU

Petrógrafa

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO PETROGRAFICO

DATOS DE CAMPO

Muestra No.: L-83-1585

Colector: Adriana Escobedo E.

Localidad: Arroyo Puerto Colorado, Charcas, S.L.P.

Descripción del afloramiento: Areniscas masiva conglomeráticas con grandes nódulos limolíticos.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris, blanco y negro.

Estructura y Textura: Clástica.

Minerales observables: Cuarzo, limonita y arcillas.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Clástica, epigenética de grano medio.

Mineralogía: Cuarzo 80%, feldespatos (oligoclasa-andesina) 5%, matriz-cementante 10%, fragmento de roca 2%, sericita 1%, hematita 1%, pirita 0.5% y clorita 0.5%.

Granos subredondeados con muy mala selección.

ORIGEN DE LA ROCA Ambiente transicional.

CLASIFICACION Arenisca conglomerática.

Fecha: 1983-84

ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU

Petrógrafa

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO PETROGRAFICO

DATOS DE CAMPO

Muestra No.: L-83-1595

Colector: Adriana Escobedo E.

Localidad: Arroyo Hondo, Charcas, S.L.P.

Descripción del afloramiento: Areniscas de estratificación gruesa sumamente compacta.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris-verdoso y pardo.

Estructura y Textura: Clástica compacta.

Minerales observables: Cuarzo, feldespatos y arcillas.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Clástica, epigenética de grano grueso.

Míneralogía: Cuarzo 50%, feldespatos (andesina-oligoclasa) 10%, fragmentos de roca 15%, matriz-cementante (arcillas y clorita-sericita) 25%, calcita 3% y hematita 3%.

Los granos son de subangulosos a subredondeados - con gran variedad de tamaños.

ORIGEN DE LA ROCA Marino somero.

CLASIFICACION Grawaca lítica.

Fecha: 1983-84.

ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU

Petrógrafa

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO PETROGRAFICO

DATOS DE CAMPO

Muestra No.: L-83-1596

Colector: Adriana Escobedo E.

Localidad: Arroyo El Membrillo, Charcas, S.L.P.

Descripción del afloramiento: Conglomerado de fragmentos ígneos y derrames lávicos.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris-crema.

Estructura y Textura: Porfídica muy compacta.

Minerales observables: Feldespatos y óxidos de fierro.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Porfídica en matriz criptocristalina.

Mineralogía: Plagioclasas (oligoclasa-andesina), feldespatos al calinos en menor proporción, cuarzo de segregación, sericita, clorita y hematita.

Matriz con relieve aproximadamente igual al bálsamo, con desvitrificación.

ORIGEN DE LA ROCA Igneo extrusivo.

CLASIFICACION Toba andesítica.

Fecha: 1983-84

ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU

Petrógrafa

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO PETROGRAFICO

DATOS DE CAMPO

Muestra No.: L-83-1588

Colector: Adriana Escobedo E.

Localidad: Arroyo Hondo, Charcas, S.L.P.

Descripción del afloramiento: Derrames lávicos de roca de composición intermedia.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris-crema.

Estructura y Textura: Compacta, porfídica ligeramente fluidal.

Minerales observables: Cuarzo, feldespatos y óxidos de hierro.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Hipidiomórfica, porfídica en matriz pilotaxítica.

Mineralogía: Cuarzo, clorita, calcita, plagioclasas (andesina-oligoclasa) limonita y hematita.

ORIGEN DE LA ROCA Igneo hipabisal.

CLASIFICACION Tráquita.

Fecha: 1983-84.

ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU

Petrógrafa

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO PETROGRAFICO

DATOS DE CAMPO

Muestra No.: L-83-1580

Colector: Adriana Escobedo E.

Localidad: Arroyo Chupaderos, Charcas, S.L.P.

Descripción del afloramiento: Arenisca rojizas de estratificación delgada en las que se nota cierta foliación.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris-pardo.

Estructura y Textura: Clástica, compacta foliada.

Minerales observables: Cuarzo, feldespatos y arcillas.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Foliada granular.

Mineralogía: Cuarzo 50%, feldespatos alterados a sericita 15%, Matriz-cementante (Qz-Fd sericita) 25%, clorita - 3%, limonita 1% y hematita 1%.

El cuarzo presenta extinción ondulante en granos subredondeados y mala selección.

ORIGEN DE LA ROCA Metamorfismo regional de poca intensidad.

CLASIFICACION Meta-Grauwaca.

Fecha: 1983-84

ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU

Petrógrafa

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO PETROGRAFICO

DATOS DE CAMPO

Muestra No.: L-83-1586

Colector: Adriana Escobedo E.

Localidad: Arroyo San Rafael, Chorcas, S.L.P.

Descripción del afloramiento: Areniscas y limolitas en estratos pequeños con variación gradual de unas a otras.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Negro verdusco.

Estructura y Textura: Delesnable, pizarrosa, ligeramente foliada.

Minerales observables: Cuarzo y materia carbonosa.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Cataclástica granular.

Mineralogía: Cuarzo, feldespatos sumamente alterados, sericita, clorita limonita y hematita.

ORIGEN DE LA ROCA Metamorfismo dinámico.

CLASIFICACION Pizarra.

Fecha: 1983-84.

ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU

Petrógrafa

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO PETROGRAFICO

DATOS DE CAMPO

Muestra No.: L-83-1590

Colector: Adriana Escobedo E.

Localidad: Arroyo San Agustín, Charcas, S.L.P.

Descripción del afloramiento: Lutitas y areniscas con cierto grado de metamorfismo en espesores -- muy delgados.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Negro y pardo.

Estructura y Textura: Foliada poco compacta.

Minerales observables: Arcillas.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Microcristalina, foliada.

Mineralogía: Cuarzo, sericita, clorita, limonita y hematita. Pertenece a la clase química pelítica o cuarzo-feldespática.

ORIGEN DE LA ROCA Metamorfismo regional de muy bajo grado de la facies de esquistos verdes.

CLASIFICACION Filita.

Fecha: 1983-84,

ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU

Petrógrafa

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO PETROGRAFICO

DATOS DE CAMPO

Muestra No.: L-83-1593

Colector: Adriana Escobedo E.

Localidad: Arroyo Hondo, Charcas, S.L.P.

Descripción del afloramiento: Intercalaciones delgadas de limolitas, lutitas y areniscas con nodulos limolíticos.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Negro y pardo oscuro.

Estructura y Textura: Compacta con tamaño de grano limolítico.

Minerales observables: Cuarzo en cristales muy pequeños, limonita y arcillas.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Clástica, epigénética de grano muy fino.

Mineralogía: Matriz arcillosa en un porcentaje de un 80%, cuarzo 15%, feldespatos 3%, calcita 2%.

Los feldespatos se aprecian sumamente alterados.

ORIGEN DE LA ROCA Marino de profundidades batiales.

CLASIFICACION Limolita.

Fecha: 1983-84.

ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU

Petrógrafa

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO PETROGRAFICO

DATOS DE CAMPO

Muestra No.: L-83-1592

Colector: Adriana Escobedo E.

Localidad: Arroyo San Antonio, Charcas, S.L.P.

Descripción del afloramiento: Zona de brechamiento en lutitas y -
areniscas delgadas.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris-verdoso.

Estructura y Textura: Compacta de grano extremadamente fino.

Minerales observables: Cuarzo, clorita, limonita y arcillas.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Ligeramente foliada, cataclástica.

Mineralogía: Cuarzo, arcillas, sericita, hematita, pirita y -
limonita.

Esta roca probablemente fué resultado de una lu-
tita.

ORIGEN DE LA ROCA Metamorfismo dinámico.

CLASIFICACION Filonita.

Fecha: 1983-84.

ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU

Petrógrafa

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO PETROGRAFICO

DATOS DE CAMPO

Muestra No.: L-83-1584

Colector: Adriana Escobedo E.

Localidad: Arroyo Las Palmas, Charcas, S.L.P.

Descripción del afloramiento: Alternancia de areniscas y lutitas, gris y negras, en espesores delgados.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris-claro y negro.

Estructura y Textura: Clástica muy compacta.

Minerales observables: Cuarzo, feldespatos, limolitas y arcillas.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Clástica, epigenética de grano muy fino.

Mineralogía: Cuarzo 40%, feldespatos (oligoclasa) 9%, matriz-cementante (Qz-Fd, clorita-sericita) 38% y fragmentos de roca 11%.

Granos mal seleccionados, subangulosos y de forma oblada.

ORIGEN DE LA ROCA Marino somero.

CLASIFICACION Grawaca.

Fecha: 1983-84.

ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU

Petrógrafa

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO PETROGRAFICO

DATOS DE CAMPO

Huestra No.: L-83-1582

Colector: Adriana Escobedo E.

Localidad: Arroyo Hondo, Charcas, S.L.P.

Descripción del afloramiento: Areniscas de estratificación media - gruesa con pequeños horizontes de lutitas.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris-pardusco.

Estructura y Textura: Clástica.

Minerales observables: Cuarzo, feldespatos, micas y minerales arcillosos.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Clástica, epigenética de grano fino.

Mineralogía: Cuarzo 60%, feldespatos (oligoclasa-andesina) 10% fragmentos de roca 3%, (sericita-clorita) matriz - cementante 25%, hematita 1% y limonita 1%.

Los granos son angulosos, mal seleccionados, de formas obladas y proladas.

ORIGEN DE LA ROCA Marino somero.

CLASIFICACION Arcosa Wacka.

Fecha: 1983-84.

ADRIANA ESCOBEDO ESPIRITU

Petrógrafa

