



10
2
0

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**"GEOLOGIA Y ALGUNOS ASPECTOS HIDROLÓGICOS
DE LA HOJA DURANGO (G13-II) EN EL SECTOR
CENTRAL DEL ESTADO DE DURANGO"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO GEOLOGO

P R E S E N T A N :

MANUEL CRUZ PINEDA

RODOLFO RAFAEL NAVA VILLALPANDO



MEXICO, D. F.

1990



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CAPITULOS

RESUMEN

- I. INTRODUCCION**
- II. GEOLOGIA**
- III. ALGUNOS ASPECTOS HIDROLOGICOS DEL AREA**
- IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

APENDICE PETROGRAFICO

BIBLIOGRAFIA

**ANEXO: CARTOGRAFIA GEOLOGICA A ESCALA
1:250 000.**

CONTENIDO

	Pag.
Resumen	1
I. I N T R O D U C C I O N	2
I.1 JUSTIFICACIONES	4
I.2 OBJETIVOS Y TIPO DE TRABAJO	
A) OBJETIVOS	5
B) METODO DE TRABAJO	6
I.3 UBICACION Y VIAS DE COMUNICACION	
A) UBICACION	10
B) VIAS DE COMUNICACION	11
I.4 CLIMAS Y PRECIPITACION	
A) CLIMAS	12
B) PRECIPITACION	13
I.5 USO DEL SUELO Y VEGETACION	15
I.6 CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS	26

11. G E O L O G I A

11.1 ANTECEDENTES GENERALES	70
11.2 CONSIDERACIONES GEOMORFOLOGICAS	82
11.3 PROVINCIA GEOLOGICA	86
11.4 ASPECTOS ESTRATIGRAFICOS	
A) MARCO ESTRATIGRAFICO REGIONAL	
A1 Basamento paleozoico	89
A2 Carpeta mesozoica	41
A3 Cubierta volcánica	43
B) SECUENCIA ESTRATIGRAFICA DEL AREA	
a) Secuencia estratigráfica expuesta	44
b) Secuencia estratigráfica inferida para el subsuelo	45
C) DESCRIPCION DE UNIDADES CARTOGRAFADAS	52
11.5 SINTESIS ESTRUCTURAL	65
11.6 EVOLUCION GEOLOGICA	
a) Bosquejo Global	80
b) Evolución geológica regional	88
11.7 COMENTARIOS GEOECONOMICOS	108

III. A LG U N O S A S P E C T O S H I D R O L O - G I C O S D E L A R E A

III.2 A G U A S S U P E R F I C I A L E S

A) REGIONES HIDROLOGICAS	119
A1. Hidrografia	120
A2. Hidrometria	121
B) CULTIVOS	121
C) ZONAS SUJETAS A INUNDACION	121
D) ZONAS EROSIONADAS	122
E) AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA Cd. DE DURANGO	122
F) APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS	123
G) MANANTIALES	126
H) ESCURPIMIENTO	126
I) CUBIERTA VEGETAL	128

III.1 A G U A S S U B T E R R A N E A S

A) PERMEABILIDAD	131
A1) Acuiferos	134
B) UNIDADES GEOHIDROLOGICAS	138

IV. R E C O M E N D A C I O N E S

APENDICE PETROGRAFICO

BIBLIOGRAFIA

ILUSTRACIONES

ANEXO: CARTOGRAFIA GEOLOGICA A ESCALA 1:250 000

Resumen

El área de estudio localizada en la porción central del estado de Durango, ejemplificada aquí como anteproyecto de adecuación a la cartografía geológica 1:250 000 de INEGI., la cual debe revisarse periódicamente, ya que es susceptible siempre de mejorarse y actualizarse a raíz de nuevos descubrimientos y del progreso de la ciencia y de los métodos de observación.

Se representaron las estructuras regionales más relevantes, mostrando la equivalencia de unidades litológicas-litoestratigráficas, así como cortes esquemáticos, mencionándose posibles riesgos geológicos. En el aspecto hidrológico se tocaron temas tales como constitución de acuíferos, calidad del agua, gastos, permeabilidades, precipitación, escurrimientos, se definieron unidades geohidrológicas con sus posibilidades de obtención de agua subterránea.

Se reconoció una unidad posiblemente del paleozoico, con su presunta cubierta sedimentaria del Berriasiense. Se especuló sobre la posible existencia en el subsuelo de diversas unidades litoestratigráficas inferidas únicamente por correlación con las áreas vecinas. Se cartografiaron: una unidad calcárea mesocretácica y dos del Cretácico Tardío, una calcareo-pelítica y otra pelítico-salítica, ambas correspondientes a la Secuencia turbidítica Mezcalera o Parral.

Además, se delimitaron unidades intrusivas de granito y granodiorita, las cuales podrían representar posibles ventanas del batolito de Sinaloa, que junto con la andesita cretácico-terciaria, riolítica e ignimbritas que se encuentran en los niveles basales de la Sierra Madre Occidental, constituyen el Complejo Volcánico Inferior de Mc. Dowell y Clabaugh, 1981 (84).

Por su parte el Superggrupo Volcánico Superior de dichos autores, está representado principalmente por las unidades oligocénicas: Toba ácida, Riolita, Andesita y volcánoclastico; complementan la columna estratigráfica además, diversas unidades en su gran mayoría volcánicas del Neógeno.

INTRODUCCION

El presente trabajo se elaboró en el marco del Programa de Apoyo a la Titulación, establecido por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, dirigido a los servidores públicos; el cual contempla que los temas de tesis, sean relativos a las actividades profesionales desarrolladas habitualmente por los sustentantes.

I. 1 J U S T I F I C A C I O N E S .

En este trabajo se propone la carta geológica Durango G13-II, a manera de prototipo de adecuación a la cartografía geológica e hidrográfica, basada esencialmente en la cartografía temática 1:250 000, desarrollada por la Dirección General de Geografía y complementada con la información disponible de otras escalas y fuentes, se propone se efectúe una revisión y edición periódica integrada por un comité a partir de diversas instituciones interesadas en dicha cartografía, las cuales podrían patrocinarla o financiarla, ya que considerada como la básica de las temáticas, es de suma importancia que exista una continuidad en la elaboración de ella, no pudiendo esperar a raíz de la situación imperante, que dichos trabajos los siga patrocinando únicamente el Estado, por el inminente riesgo de quedarse estancada la cartografía geológica sistemática, que debe sentar las bases en muchos aspectos del quehacer nacional, principalmente en los encaminados a labores exploratorias básicas de recursos, muchos de los cuales necesita el país con urgencia, así como su utilización en otras actividades que no dejan de tener su importancia, tales como investigación científica, didácticas, prevención de desastres naturales, actualización, mejor aprovechamiento e inventario del contexto físico nacional, sirviendo así mismo de infraestructura cartográfica para documentos más elaborados, por ejemplo de recursos mineros y de materiales pétreos, metalogénicos, geomorfológicos, de riesgos geológicos, así como en la elaboración de boletines, folletos, guías geológicas, etc., sin olvidar los aspectos tradicionales relativos a las industrias extractivas.

1.2 OBJETIVOS Y TIPO DE TRABAJO

A) Objetivos

Objetivo general: Reconocer y cartografiar la geología regional del cuadrángulo en cuestión, desde el punto de vista de su potencial geoeconómico, con énfasis en los aspectos mineros y geohidrológicos; como una aportación o como infraestructura para trabajos posteriores específicos a detalle, ya sean de investigación o explotación, al presentar un panorama integral de los recursos geoeconómicos del área, con el fin de orientar futuras exploraciones.

Objetivos específicos: A partir del estudio geológico regional, que involucre algunos aspectos hidrológicos, se pretende identificar rasgos geológicos de interés; tales como, calderas volcánicas, zonas de alteración, posibles indicios de manifestaciones geotérmicas, de aguas superficiales y subterráneas, además la localización de bancos de material pétreo.

B) METODO DE TRABAJO

Geológico: El trabajo geológico se llevo a cabo de acuerdo a la metodología que para el efecto existe en la Dirección General de Geografía, Caballero et al. (1982): siendo en parte de compilación geológica.

Primero se procedio a seleccionar el material, así como a recoilar y analizar la información disponible; para esto se contó con fotografías aéreas de vuelo alto, escala aproximada 1:40 000, para la mitad occidental y cartas geológicas esc. 1:50 000 para la oriental e imágenes del satélite Landsat 1 de toda el área. así mismo se recoilaron mapas y material bibliográfico diverso tanto de la Dirección General de Geografía como de otras instituciones.

Seguidamente se realizaron labores de fotointerpretación geológica o de interpretación de cartas geológicas esc. 1:50 000, en las cuales se jerarquizaron y delimitaron unidades, asignándoles una clave que involucro en primer término el símbolo de edad y en segundo, entre paréntesis, la clave litológica correspondiente; se marcaron sitios de interés tales como minas, bancos de material, vetas, jales y manantiales, que de acuerdo a la bibliografía y/o análisis de fotografías se detectaron, así como localidades de verificación convenientes; se identificaron así mismo diversos rasgos geológicos regionales en las imágenes de satélite.

Posteriormente se procedió a la verificación de campo, en esta etapa se anotaron características locales de afloramientos y

variaciones regionales en las unidades. Los caminamientos fueron cortos en razón principal del tiempo asignado con base a los recursos (3 geólogos y un jefe de sección durante 10 días) programados para esta etapa, describiendo en lo posible características litológicas macroscópicas, faunísticas preliminares, de posición estratigráfica, de estructuras primarias y secundarias, edad relativa, estructuras geológicas generales, geoformas y aspectos geoeconómicos; con muestreo de rocas donde se creyó necesario para estudios petrográficos.

La reinterpretación se basó en las observaciones de campo, en los resultados de los análisis de laboratorio, se corrigieron los errores y omisiones de las etapas anteriores, también se delimitaron en las fotografías aéreas, unidades que involucraron criterios litológicos y geocronológicos, resaltando así mismo rasgos importantes, todo lo cual se realizó sobre las fotografías aéreas, cartas geológicas e imágenes de satélite.

La siguiente etapa de transferencia, consistió en que los datos consignados en las aerofotos y cartas ya reinterpretadas, se integraron en una base topográfica 1:250 000, mediante stereosketch en el caso de las primeras; en el caso de las segundas, pantógrafo, al vaciar dichos datos en originales topográficos de "stabilene" 1:50 000, posteriormente se redujo a 1:250 000, que dió por resultado la presente carta.

Por último, el trabajo escrito se basó en las etapas anteriores, un informe parcial fue hecho por cada geólogo, la elaboración del primer original estuvo a cargo del jefe de sección, quien lo integró con base en dichos informes parciales, posteriormente fué revisado y corregido por el coordinador.

Hidroológico: El estudio hidroológico también se desarrolló de acuerdo a una metodología existente en la Dirección General de Geografía, (1982); dicho estudio estuvo dividido en Aguas Superficiales y Aguas Subterráneas.

El proceso metodológico es similar al geológico:

En la integración de información se utilizaron las correspondientes cartas elaboradas por la dirección General de Geografía; de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, cuya información sobre aprovechamientos subterráneos y superficiales permitió establecer las principales características generales superficiales tales como regiones hidroológicas, cuencas y subcuencas, tipos generales de vegetación, distribución de lluvias, ubicación de estaciones hidrométricas y climatológicas, obras hidráulicas, pozos, norias, manantiales, tipos de acuíferos, permeabilidad de los materiales, así como zonas de veda; y en conjunto esta información definió además algunos aspectos edáficos, de áreas erosionadas e inundables; por otra parte, las posibilidades para zonas geotérmicas se sustentarian únicamente por las temperaturas excepcionales que se detectase en los manantiales, ayudados por las condiciones requeridas para ello.

Para la interpretación, con el manejo de los factores geomorfológicos, geológicos y de suelos, se definieron las unidades geohidroológicas y sus factibilidades de funcionar como acuíferos; en cuyo análisis de la distribución de regiones hidroológicas, cuencas y subcuencas, de las características de los suelos e intensidad y grado de erosión, de precipitación y condiciones climáticas configuradas en isoyetas e isotermas, cuantificación de escurrimientos, además de información derivada, según el caso, de las de estaciones climatológicas e hidrométricas ubicadas en el

área.

En la verificación de campo se ubicaron las estaciones hidrométricas reportadas o no en los boletines hidrológicos; se definieron en lo posible los tipos de acuíferos de acuerdo a las observaciones de campo y por referencia bibliográfica, infiriendo así mismo condiciones hidrológicas, de barreras, salinidad, etc., se delimitaron y describieron las unidades geohidrológicas, las relaciones suelos-vegetación-permeabilidad, así como la distribución de lluvias y condiciones topográficas que redundaron en las unidades de escurrimiento.

En la etapa de reinterpretación, se efectuaron los cálculos sobre los análisis de las muestras para la definición de la calidad y familia de agua de acuerdo a los diagramas triangulares de Palmer-Piper.

El escrito involucró generalidades acerca del clima e hidrografía, asociados a las características del terreno, de acuerdo a las unidades de escurrimiento detectadas, presentadas a partir de permeabilidades estimadas, cubierta vegetal e isoyetas, los cuales determinaron los rangos de coeficientes de escurrimiento; citando así mismo cualidades de las regiones hidrológicas involucradas.

El capítulo de Aguas Subterráneas incumbe una parte descriptiva que relaciona cualidades hidrológicas tales como tipo, origen, material, calidad del agua, uso, localización, condiciones y en forma breve los desarrollos económicos derivados de los aprovechamientos acuícolas, donde se mencionaron además las zonas de veda y áreas de concentración de pozos; posteriormente se describieron las unidades geohidrológicas.

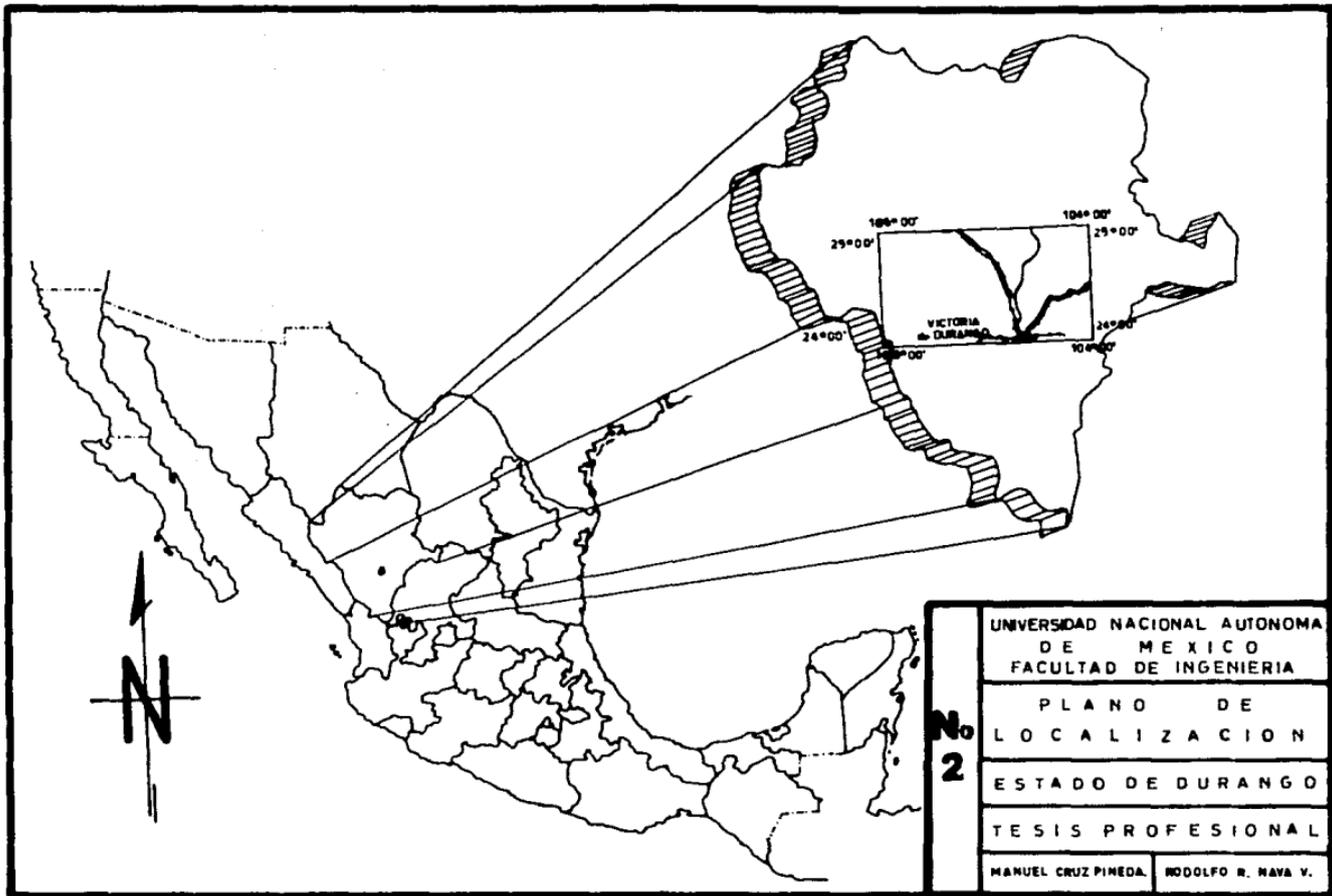
I.3 UBICACION Y VIAS DE COMUNICACION

A) Ubicación

El área que representa esta carta es un cuadrángulo que está comprendido entre los paralelos 24 y 26° norte y los meridianos 104 y 106° oeste; se encuentra en la región centro-austral del estado de Durango, excepto la pequeña porción del suroeste, que corresponde al estado de Sinaloa. Dicha área abarca una superficie aproximada de 22 693 km².

Después de la Ciudad de Durango, los asentamientos humanos más importantes son: Guadalupe Victoria, Canatlán y Nuevo Ideal; con menor población se encuentran: Nicolás Bravo, José Guadalupe Rodríguez, Antonio Amaro, Felipe Carrillo Puerto, Ignacio Allende, Ignacio Ramírez, Ricardo Flores Magón, Guadalupe Aguilera, San Juan del Río, Peñón Blanco, Melchor Ocampo, San José de Morrillitos, La Soledad, Arnulfo R. Gómez e Hidalgo.

Corresponde a la carta G13-11, "Durango", escala 1:250 000, de la Dirección General de Geografía, del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, dependiente de la Secretaría de Programación y Presupuesto.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

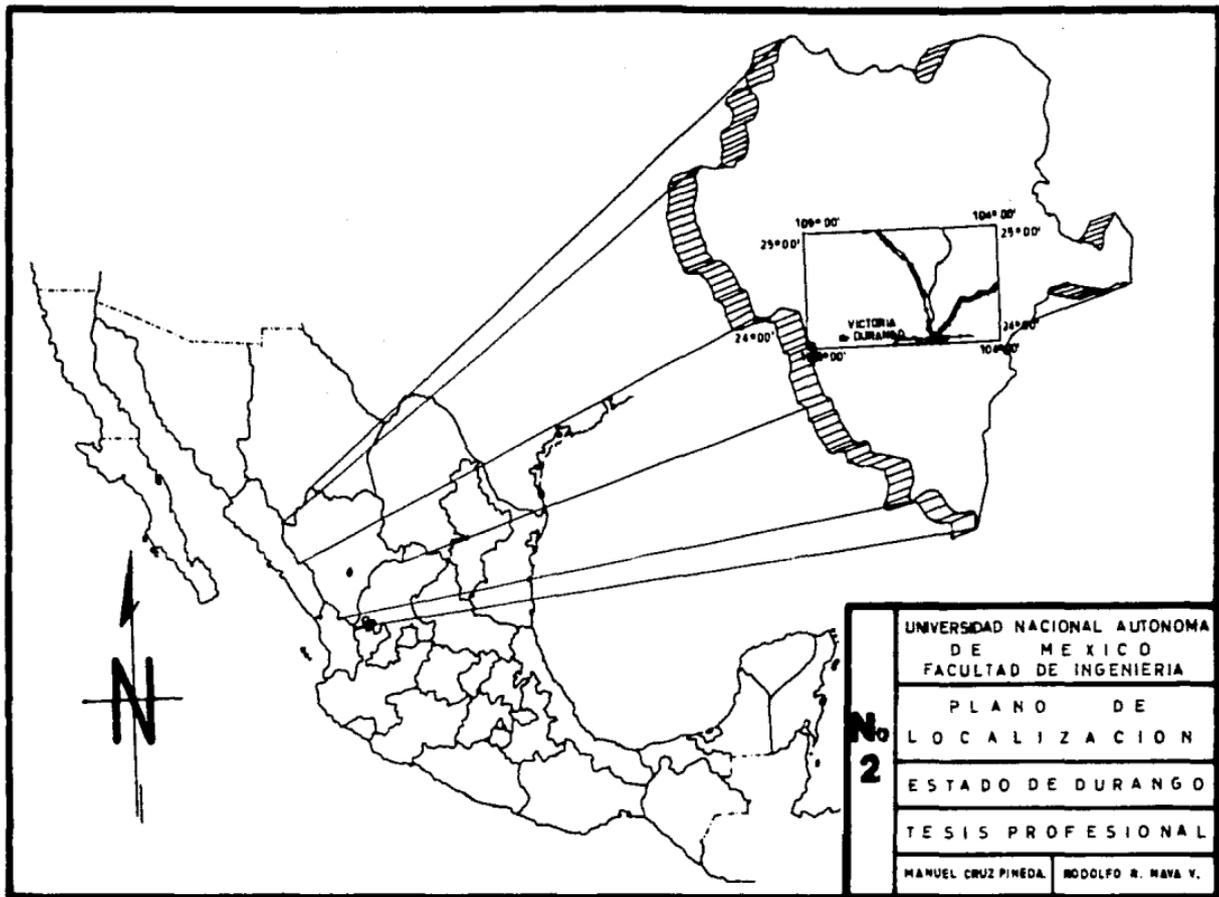
**Nº
2**

PLANO DE
LOCALIZACION

ESTADO DE DURANGO

TESIS PROFESIONAL

MANUEL CRUZ PINEDA RODOLFO R. NAVA V.



No. 2	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
	PLANO DE LOCALIZACION	
	ESTADO DE DURANGO	
	TESIS PROFESIONAL	
	MANUEL CRUZ PINEDA.	RODOLFO R. NAYA V.

B) Vías de comunicación

Las carreteras federales México-Cd. Juárez, No. 45 y Mazatlán-Monterrey No. 40 cruzan el área.

La primera, parte de la Cd. de México, llega a Durango, atraviesa el área de sur a norte, comunicando poblados tales como Morcillo, Guadalupe Aguilera, Donato Guerra y Diez de Octubre; la segunda pasa por poblados tales como Hidalgo, Fco. I. Madero, así como Guadalupe Victoria; la estatal No. 39 va a Tepahuanes, enlaza en el área, entre otras a las poblaciones Guadalupe Aguilera, Canatlán y Nuevo Ideal. En el área existen terracerías transitables en todo tiempo, entre ellas se encuentran las que van de Pañón Blanco a San Juan del Río, de Guadalupe Victoria a Guadalupe Aguilera, de San Juan del Río a Francisco I. Madero, de Guatimape a Ignacio López Rayón, todas localizadas en la porción oriental; hacia la parte central austral el que proviene de la federal No. 40 hacia Ignacio Zaragoza; también son transitables en todo tiempo algunos tramos hacia San Miguel de las Cruces en la porción occidental, así como el que proviene de Santiago Papasquiaro hacia Tenerapa y Alameda en el norte, y en la porción noroccidental, el que se deriva de la estatal No. 39 hacia Dtaez. De las carreteras y brechas principales emanan otras transitables en tiempo seco y que unen a poblados menores, el área se encuentra comunicada en las poblaciones más relevantes, por vía telefónica y telegráfica, así como por vía aérea internacional en la capital del estado, existiendo varias aeropistas para avionetas en poblados tales como Los Arcos y Tayoltita entre otros; mientras que las líneas de ferrocarril que van de Durango al sur, llegan a Regocijo y Aserradero, hacia el noroeste a Tepahuanes y al noreste a Tormedón, Coah.

1.4 CLIMAS Y PRECIPITACION

A) Climas

De acuerdo a su situación geográfica y características fisiográficas en el área existen varios tipos de climas, que según la clasificación de Köpen modificada por E. García (1973), y utilizadas en las cartas de climas elaboradas por la Dirección General de Geografía (1990a); en el área se presentan zonas climáticas con régimen de lluvias de verano y con porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2, esto con excepción de los climas que se encuentran en la esquina nororiental.

El clima semiseco templado de tipo estepario ocurre aproximadamente en la mitad oriental del área, donde se encuentran las poblaciones más numerosas y en la Cuenca del Río Santiago.

En el oeste del área, en lo que es propiamente la Sierra Madre Occidental, predomina el clima templado subhúmedo, delimitado de una manera conspicua por las cuencas de los ríos Los Hornos y Fierria, que en los cañones presenta los microclimas semicalido subhúmedo, subtipos menos húmedo y de humedad media; calido subhúmedo, subtipo menos húmedo.

Coronando, en lo que sería una gran meseta, el clima se torna semifrío subhúmedo, esto es en la porción occidental y en las estradiciones de la Sierra El Epazote, como climas transicionales se tienen dos franjes climáticas de templado subhúmedo: subtipos menos húmedo y de humedad media.

En la esquina nororiental se agrupan en franjes transicionales los climas semiseco semicalido: seco muy calido y calido; cuyas temperaturas más bajas se registran al final del invierno y el porcentaje de lluvia en esta estación es menor de 5.

La temperatura media anual varia de 16 a 18° C. en los valles, y en los cañones asciende a 24° C.

Las temperaturas medias varían de 10 a 24° C. se registran en las partes más bajas del valle del Río Piaxtla; hacia la cabecera, la temperatura disminuye hasta alcanzar valores menores de 12° C. que corresponden a la porción central y poniente del área, mientras que las temperaturas intermedias (14 a 16°C.) se registran en la parte oriental.

La red climatológica en el área está constituida por 37 estaciones, que han registrado temperaturas mínimas de 2° C. en los períodos de diciembre-marzo y temperaturas máximas de 45° C. en los de mayo-julio.

B) Precipitación

La precipitación media varía de 400 a 1200 mm; las menores se registran en el área de las Lagunas de Santiaguillo al noroeste de la Presa San Bartolo; mientras que las mayores alturas pluviométricas, se han constatado en la región de San Miguel de Cruces-Tayoltita, en las cumbres de la sierra. En la ciudad de Durango, la precipitación media anual es de 516 mm con variaciones de 376 a 704 mm.

Las precipitaciones máximas han ocurrido en la estación climatológica Las Truchas, con 1713 mm; al noroeste de San Miguel de Cruces y en la estación Tayoltita se han reportado 1026 mm, ambas en la cuenca del Río Piaxtla.

En el valle de Guadiana la precipitación media anual es de 500 mm, con máxima anual de 800 mm; la estación Canatlán, al oeste de la Presa San Bartolo, registró un máximo de 842 mm; mientras que la ubicada al norte de Guadalupe Aguilera reportó un máximo de 763 mm.

El régimen de lluvias es de verano, con porcentajes bajos de precipita-

cion en invierno.

En el área ocurren dos tipos de precipitaciones: Las ciclónicas, provenientes del Pacífico; y las de montaña, con lluvias en invierno. En las zonas montañosas correspondientes a la Sierra Madre Occidental hacia la Llanura Costera del Pacífico, el volumen precipitado está en equilibrio con la evaporación y gran infiltración, que determinan la abundante humedad del suelo; en la Mesa del Centro, la precipitación y el volumen escurrido son menores que la evaporación y la infiltración, originando una zona seca semidesértica con mínima humedad del suelo (valle de Guadiana).

En la región, la precipitación total anual varía de 400 a 1200 mm; con el principal índice de lluvias en el verano, hacia las partes altas de la sierra estas son del orden de 700 a 1000 mm. En invierno aunque no son significativas las que ocurren, es importante indicar que con frecuencia algunas son en forma de nieve y granizo.

Generalizando, la precipitación total anual es del orden de 400 a 600 mm en las llanuras, aumenta a 800 en las laderas y en las sierras alcanza alturas de precipitación de 1200 mm.

1.5 USO DEL SUELO Y VEGETACION.

En el área la vegetación que domina es el bosque de pino, se encuentra en lo que es la Gran Meseta, es decir en la porción occidental, en ella se ven pequeños manchones de chaparral y pastizal inducido, así como asociaciones de pino-encino, encontrándose también selvas bajas caducifolias. En la mitad oriental forman un mosaico las agrupaciones de pastizal natural, de matorral *causicaule* principalmente de nopaleras, de vegetación secundaria arbustiva, matorral desértico micrófilo espinoso, chaparral espinoso, (Fotos 1 y 2); así como agricultura de temporal y de riego anual, concentrados en los valles de Guadalupe Victoria, Canatlán y Guadiana, siendo pequeñas las áreas de Fco. I. Madero y Nuevo Ideal, esta última se extiende principalmente hacia el noreste, fuera del área, que junto con Canatlán y Guadiana presentan cultivos permanentes. Los cultivos de agricultura son principalmente de manzanas, maíz y frijol, para consumo local y para otros mercados, principalmente México, D. F. y Guadalajara, Jal., la comercialización se realiza por lo general a través de la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO).

A continuación se enuncian las especies que componen a las asociaciones vegetales:

BOSQUE DE PINO

Especie	Nombre local
<i>Pinus lutea</i>	Pino alazán
<i>Pinus ayacahuite</i>	
<i>Pinus leiophylla</i>	Pino chino
<i>Pinus teocote</i>	

Pinus lumholzii Pino triste

Pinus engelmanni Pino real

Pinus spp.

En esta asociación se encuentran como subordinados:

Quercus fulva Encino roble

Juniperus spp. Tascate

Quercus sideroxyla

Arbutus spp. Madroño

Quercus spp. Encino

Arctostaphylos pungens Manzanita

BOSQUE DE PINO ENCINO

Pinus engelmanni Pino real

Pinus chihuahua Pino prieto

Pinus cembroides Pino piñonero

Quercus grisea Encino blanco

Quercus durifolia Encino

Quercus spp.

Quercus microphylla Charrasquillo

Además: *Arbutus xalapensis* Madroño

Juniperus monosperma Tascate

Arctostaphylos pungens Manzanita

Muhlenbergia spp.

Stevia serrata

Cyperus spp.

Panicum bulbosum

Panicum hians

BOSQUE DE ENCINO

<i>Quercus fulva</i>	Roble
<i>Quercus potosina</i>	Encino
<i>Quercus durifolia</i>	
<i>Quercus microphylla</i>	Charrasquillo
<i>Pinus chihuahuana</i>	Pino prieto
<i>Pinus engelmanni</i>	Pino real
<i>Juniperus deppeana</i>	Táscate
	Cedro
<i>Arbutus xalapensis</i>	Madroño
<i>Arctostaphylos pungens</i>	Manzanita
<i>Muhlenbergia monticola</i>	
<i>Dalea thyrsoiflora</i>	
<i>Stevia serrata</i>	
<i>Aristida arcuttiana</i>	
<i>Piptochaetium fibriatum</i>	
<i>Dalea sp.</i>	
<i>Setaria geniculata</i>	
<i>Trachypogon secundus</i>	

Bosque bajo abierto: *Juniperus monosperma*-*Bouteloua* spp.

<i>Juniperus monosperma</i>	Táscate
<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache
<i>Opuntia durangensis</i>	Duraznillo
<i>Opuntia imbricata</i>	Cardenche
<i>Fouquieria splendens</i>	Ocotillo
<i>Yucca filifera</i>	Palma

<i>Bouteloua gracilis</i>	Navajita
<i>Bouteloua curtipendula</i>	Banderita
<i>Bouteloua chondrosioides</i>	
<i>Verbena ciliata</i>	
<i>Agave</i> sp.	

Bosque de tascate-vegetación secundaria arbustiva:

<i>Juniperus</i> sp.	Tascate
<i>Lonicera</i> sp.	
<i>Opuntia robusta</i>	Nopal tapón
<i>Opuntia durangensis</i>	Duraznillo
<i>Mimosa biuncifera</i>	Gatuño
<i>Dodonaea viscosa</i>	Matagusano
<i>Bouvardia</i> sp.	
<i>Stipa lepida</i>	
<i>Calliandra humilis</i>	Anillo
<i>Microchloa kunthii</i>	
<i>Cyperus esculentus</i>	Coquillo
<i>Cyperus acuminatus</i>	
<i>Bouteloua gracilis</i>	
<i>Bouteloua hirsuta</i>	
<i>Gomphrena decumbens</i>	
<i>Tagetes lucida</i>	Yerbanis
<i>Lycurus phleoides</i>	
<i>Setaria geniculata</i>	
<i>Allium rhyzomatum</i>	
<i>Bulbostylis capillaris</i>	

Pastizal natural:

<i>Bouteloua gracilis</i>	Navajita
<i>Bouteloua curtipendula</i>	Banderita
<i>Bouteloua hirsuta</i>	
<i>Bouteloua filiformis</i>	
<i>Microchloa kunthii</i>	Grana
<i>Bouteloua spp.</i>	
<i>Setaria geniculata</i>	
<i>Croton spp.</i>	Encinilla
<i>Lycurus phleoides</i>	
<i>Cyperus spp.</i>	
<i>Aristida spp.</i>	
<i>Calliandra eriophylla</i>	

Pastizal Huizachal:

<i>Acacia schaffnerii</i>	Huizache
<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite
<i>Opuntia durangensis</i>	Duraznillo
<i>Forestiera phillyreodes</i>	
<i>Berberis pinifolia</i>	
<i>Bouteloua gracilis</i>	Navajita
<i>Bouteloua curtipendula</i>	Banderita
<i>Bouteloua spp.</i>	
<i>Microchloa kuntii</i>	

Pantizal halófilo:

<i>Sporobolus airoides</i>	Zacatón
<i>Atriplex elegans</i>	Saladillo
<i>Panicum bulbosum</i>	
<i>Senecio flaccidus</i>	
<i>Sporobolus pyramidatus</i>	Zacatón
<i>Chloris virgata</i>	
<i>Cyperus spp.</i>	
<i>Andropogon barbinodis</i>	
<i>Distichlis spicata</i>	Pasto salado
<i>Buchloe dactyloides</i>	
<i>Aster spp.</i>	
<i>Dyssodia aurea</i>	
<i>Bouteloua spp.</i>	
<i>Eleocharis parishii</i>	

Crasicaule-Nopalera:

<i>Opuntia durangensis</i>	Duraznillo
<i>Opuntia robusta</i>	Nopal tapón
<i>Opuntia leucotricha</i>	Nopal blanco
<i>Yucca filifera</i>	Izote
<i>Acacia schaffnerii</i>	Huizache
<i>Tecoma stans</i>	Tronadora
<i>Forestiera spp.</i>	
<i>Condalia spp.</i>	
<i>Forestiera spp.</i>	
<i>Condalia mexicana</i>	Garambullo

<i>Celtis</i> spp.	Granjeno
<i>Eysenhardtia</i> spp.	
<i>Agave havardiana</i>	
<i>Mimosa biuncifera</i>	Gatuño
<i>Bouteloua gracilis</i>	Navajita
" <i>curtipendula</i>	Banderita
" <i>ramosa</i>	
" <i>decumbens</i>	Gordolobo
<i>Croton dioicus</i>	

Matorral caulescente-Vegetación secundaria arbustiva:

<i>Opuntia robusta</i>	Nopal tapón
<i>Opuntia durangensis</i>	Duraznillo
<i>Opuntia leucotricha</i>	Nopal blanco
<i>Celtis reticulata</i>	Granjeno
<i>Yucca filifera</i>	Palma, Izote
<i>Forestiera</i> sp.	
<i>Acacia schaffnerii</i>	Huizache
<i>Aloysia lycioides</i>	
<i>Tecoma stans</i>	Tronadora
<i>Condalia spathulata</i>	Garambullo
<i>Opuntia imbricata</i>	Cardenche
<i>Dasyliroyon</i> sp.	
<i>Bouteloua gracilis</i>	Navajita
<i>Bouteloua hirsuta</i>	
<i>Bouteloua curtipendula</i>	Banderita
<i>Dalea tuberculata</i>	

<i>Baccharis pteronioides</i>	Jaral
<i>Brickellia veronicas</i>	Folia
<i>Eryngium carlinge</i>	Hierba del sapo
<i>Microhloa kunthii</i>	Gramas
<i>Eysenhardtia texana</i>	
<i>Bouteloua aristidoides</i>	
<i>Lycurus phleoides</i>	
<i>Tridens spp.</i>	
<i>Tagetes lucida</i>	Yerbanis

Matorral desértico rosetófilo-craasi-rosulifolio:

<i>Fouquieria splendens</i>	Dcotillo
<i>Acacia vernicosa</i>	
<i>Dasylirion sp.</i>	
<i>Forestiera phyllireoides</i>	
<i>Cassia wislizenii</i>	
<i>Calliandra biflora</i>	
<i>Baccharis sp.</i>	Jaral
<i>Opuntia durangensis</i>	Duraznillo
<i>Nolina sp.</i>	
<i>Jatropha dioica</i>	
<i>Rhus microphylla</i>	
<i>Agave sp.</i>	
<i>Agave lecheguilla</i>	Lechuguilla
<i>Bouteloua curtipendula</i>	Banderita
<i>Hilaria mutica</i>	
<i>Parthenium incanum</i>	

Matorral desértico micrófilo - Matorral espinoso:

<i>Fouquieria splendens</i>	Ocotillo
<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite
<i>Acacia vernicosa</i>	
<i>Yucca filifera</i>	Palma
<i>Larrea tridentata</i>	Gobernadora
<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache
<i>Forestiera phyllyreoides</i>	
<i>Eysenhardtia texana</i>	
<i>Forestiera spp.</i>	
<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache
<i>Opuntia spp.</i>	Nopal
<i>Jatropha dioica</i>	Sangre drago
<i>Eysenhardtia spinosa</i>	
<i>Mimosa monancistra</i>	
<i>Bouteloua curtipendula</i>	banderita
<i>Bouteloua spp.</i>	
<i>Setaria spp.</i>	
<i>Aristida ternipes</i>	
<i>Muhlenbergia sp.</i>	

Chaparral:

<i>Ceanothus greggii</i>	
<i>Ceanothus fendleri</i>	Hojasé
<i>Arctostaphylos pungens</i>	Manzanita
<i>Mimosa biuncifera</i>	Gatuño
<i>Cercocarpus montanus</i>	
<i>Opuntia spp.</i>	Nopal
<i>Dudonaea viscosa</i>	Matagusano
<i>Calliandria humilis</i>	
<i>Molina sp.</i>	
<i>Dasyllirion sp.</i>	
<i>Muhlenbergia spp.</i>	
<i>Setaria geniculata</i>	
<i>Cyperus spp.</i>	
<i>Microchloa kunthii</i>	Grama
<i>Gomphrena decumbens</i>	
<i>Polianthes variegata</i>	
<i>Selaginella sp.</i>	Doradilla

Mezquital:

<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite
(var. <i>torreyana</i>)	
<i>Acacia schaffnerii</i>	Huizache
<i>Condalia obovata</i>	
<i>Opuntia sp.</i>	Nopal
<i>Dyssodia sp.</i>	
<i>Microchloa kunthii</i>	
<i>Cyperus esculentus</i>	
<i>Solanum sp.</i>	
<i>Lycurus phleoides</i>	
<i>Panicum obtusum</i>	



- A. Nopal (*Opuntia spp.*)
B. Palma Izote (*Yucca filifera*)
C. Gobernadora (*Larrea tridentata*)

Foto No. 1



Lechugilla (Agave techeguilla)



Candellilla (Euphorbia antisiphilitica)

I.6 CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS.

De acuerdo a los conceptos y a la división fisiográfica de la República Mexicana, (Dirección General de Geografía, 1981a), carta fisiográfica Chihuahua, escala 1:1 000 000 y a los rasgos fisiográficos observados en el terreno, el área que se presenta pertenece, según la anterior clasificación casi en su totalidad a la Sierra Madre Occidental, salvo dos pequeñas porciones al oriente, que quedan comprendidas en la Mesa del Centro.

La Sierra Madre Occidental, aquí se subdivide en las subprovincias Sierras y Llanuras de Durango, Gran Meseta y Cañones Duranguenses, y Mesetas y Cañadas del Sur; las dos primeras son las de mayor extensión en el área y la tercera ocupa solo una pequeña parte al suroeste.

La subprovincia Sierras y Llanuras de Durango, incluye topografías tales como sierras altas y bajas, alargadas y amesetadas, con declives y con valles amplios intermontanos de lomeríos (San Juan del Río y Peñón Blanco) y aluviales en Santiaguillo, Canatlán, Guadiana y Guadalupe Victoria, en cuyas llanuras se localizan los asentamientos humanos más importantes; además presentan pequeñas cuencas endorreicas con fase inundable y salina que se expresan en los pequeños lagos de Santiaguillo, así como porciones de mesetas y malpais al sureste en el valle de Tuitán.

La Subprovincia Gran Meseta y Cañones Duranguenses se extiende en el oeste y está caracterizada por su asociación a cañadas y sierras altas con cañones, estos últimos denominados

localmente "quebradas", las más representativas son la de Las Vueltas y de Los Fresnos; en el oriente prevalece un valle intermontano de lomeríos.

La Subprovincia Mesetas y Cañadas del Sur, se esboza en la esquina suroccidental del área analizada, y consiste de mesetas y cañadas que se encuentran en la cuenca del Río Piaxtla, así como sierras altas con profundos y numerosos cañones, rasgos típicos del abrupto borde occidental de la provincia.

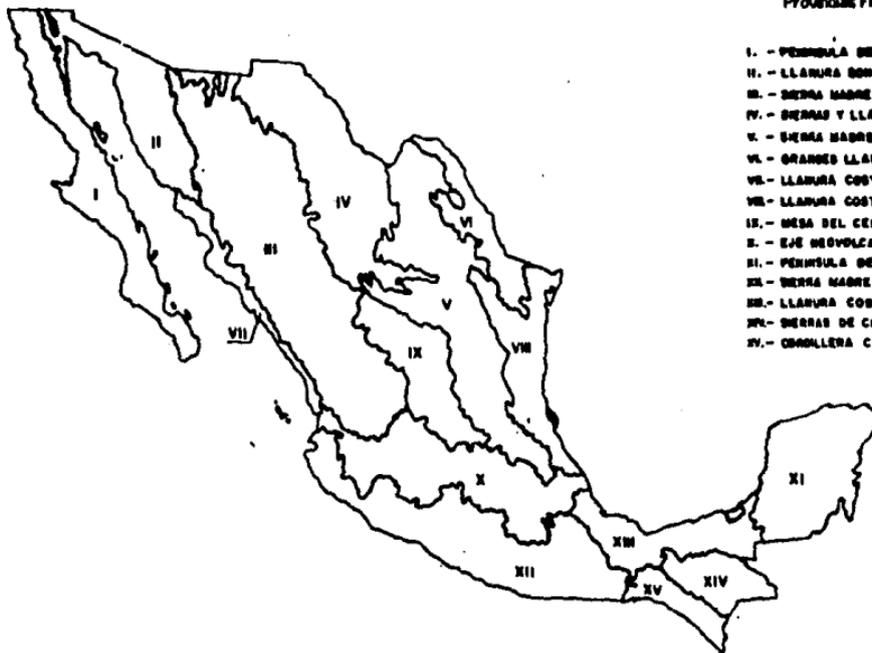
La Mesa del Centro, está representada por la subprovincia Sierras y Llanuras del Norte, para la cual el área aporta dos pequeñas porciones en el noreste y sureste, e involucran sierras alargadas con llanuras, asociadas a lomeríos en la región de Fino Suárez y Antonio Amaro, regionalmente a este tipo de llanuras cuando son amplias, se les denomina "bolsones".

Por otra parte, el área que representa esta carta queda según la clasificación de las provincias fisiográficas de E. Raisz (1964), dentro de las Provincias Fisiográficas Sierras y Cuencas, y Sierra Madre Occidental; la porción oriental en la primera, y la restante dentro de la segunda, principalmente en la Subprovincia Mesetas de Lava y Riolita (ver Plano No. 5). Se menciona esta clasificación fisiográfica, pues en capítulos posteriores se hará referencia a ambas clasificaciones indistintamente. Los valles de los ríos San Juan y Peñón Blanco, en el noreste, tienen una elevación de 1500 m, el del río Santiago 1800 y los lagos Santiaguillo se encuentran a 2000 m.s.n.m. La altura máxima en el área es de 3230 m y se presenta en la sierra El Epazote.

En el oeste los ríos Mezquital, Asientos y Los Remedios son tributarios del San Lorenzo, junto con el Piaxtla exhiben patrones de drenaje dendrítico, subparalelo, de régimen perenne; quedan incluidos dentro de la vertiente del Pacífico-Golfo de California.

Como ya se mencionó, se encuentran cuencas endorreicas en la porción norcentral del área, expresadas en los pequeños lagos Santiaguillo; donde la hidrografía se integra además con los ríos Feñón Blanco, Santiaguillo y San Juan, de régimen perenne, con patrones de drenaje dendrítico y subparalelo, drenan al norte hacia la "Laguna de Mayrán" y comprendidas en la vertiente interior Cuencas Cerradas del Norte.

MARCO FISIOGRAFICO DE LA REPUBLICA MEXICANA



Provincias Fisiograficas

- I. - PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA
- II. - LLANURA SONORENSE
- III. - SIERRA MADRE OCCIDENTAL
- IV. - SIERRAS Y LLANURAS DEL NORTE
- V. - SIERRA MADRE ORIENTAL
- VI. - GRANDES LLANURAS DE NORTeamERICA
- VII. - LLANURA COSTERA DEL PACIFICO
- VIII. - LLANURA COSTERA DEL GOLFO NORTE
- IX. - MESA DEL CENTRO
- X. - EJE NEOVOLCANICO
- XI. - PENINSULA DE YUCATAN
- XII. - SIERRA MADRE DEL SUR
- XIII. - LLANURA COSTERA DEL GOLFO SUR
- XIV. - SIERRAS DE CHIAPAS Y GUATEMALA
- XV. - CORDILLERA CENTROAMERICANA

Geologia

II. GEOLOGIA

II.1 Antecedentes generales

Acerca de la Sierra Madre Occidental se tienen estudios de reconocimiento hechos por Weed (1902); Inlay (1939) proporciona una visión panorámica acerca de la geología en esta provincia; considerando autores cuyos objetivos fueron estudiar las rocas antiguas que se hallan en dicha provincia, destacan Lemisch (1955); Córdoba (1963 y 1965); Mc. Leroy (1965); Randall (1968); Roldán (1969); Frederickson (1971) y Henry et al. (1972); entre quienes contemplaron problemas menores figuran: Santillán (1929 y 1936); Singewald (1936); Waitt (1970) por su parte da un informe detallado de las rocas volcánicas post-eocénicas. (Wahl, Jr. 1976).

Estudios cuyos fines incluyeron trabajos cartográficos los emprendió el Instituto de Geología, a raíz de ello se elaboraron cartas comprendidas entre los paralelos 25 y 26° N: Córdoba (1964) Hoja Apizolaya; Enciso de la Vega (1963) Hoja Nazas; y Pantoja Alor (1963) Hoja San Pedro del Gallo. En fechas más recientes el I.N.E.G.I. llevó a cabo un levantamiento sistemático, elaborando diversa cartografía básica y temática; estudios con finalidad hidrológica fueron hechos por la S.R.H. (1975); S.A.R.H. (1976 y 1985); Pérez (1984) y Randall (1984); de carácter minero son los de Terrones (1940); Flores (1951); Cortés, et al. (1964); Lozano (1966); Proformex (1970); Smith (1972a y 1972b); Carrasco

(1978); de reconocimiento que hicieron incapié en aspectos estra-
tigráficos se encuentran los de Malpica (1972) y Pineda (1972);
principalmente estructurales de prospección, teniendo como fina-
lidad petrolera a rocas del Mesozoico, fueron los realizados por
Aranda (1985); Arellano (1985); GEOCA (1987); Contreras et al.
(1986); Equiluz (1985 y 1986); y entre los de compilación, desta-
can los trabajos de López Ramos (1974, 1980 y 1986); Morán (1984)
y GEOCA (1987); estudios geológico-estructurales relativos a las
rocas volcánicas son los de Wahl (1973 y 1976); Swanson et al.
(1978); Sánchez (1978); Rice (1974); Iparrea et al. (1984); Cla-
baugh (1972); Mc. Dowell y Clabaugh (1972, 1979 y 1984); Córdoba
(1986) y Hernández (1984); enfocados a la tectónica regional se
encuentran los de Smith (1972); Garduño y Zaldívar (1983 y 19-
84a); Flores et al. (1981); Equiluz y Campa (1982 y 1984) así
como el de Nieto (1986).

II.2 CONSIDERACIONES GEOMORFOLOGICAS

Dentro de los agentes formadores del relieve, es el endógeno el de mayor importancia en la región, de carácter ígneo, principalmente volcánico, formó una gran meseta volcánica piroclástica acumulada durante el terciario, cubre parcialmente a un desarrollo tectónico expresado en algunas formas dómicas y de montañas plegadas. El relieve plicativo se encuentra localizado en la porción oriental, tuvo su origen a partir de secuencias sedimentarias del período Cretácico; se insinúan algunas montañas falladas separadas por amplios valles en la porción central, como es el caso de las sierras Coneto y Gamón. Se observaron así mismo varias formas circulares.

El proceso exógeno modificador del relieve más importante en el área es la erosión fluvial, ya que las corrientes disectan profundamente al conjunto montañoso, esculpen cerros y escarpes, dejan formas remanentes y consecuentemente por acumulaciones originan abanicos y extensas planicies aluviales o lacustres.

Con base en la morfología que presenta la porción oriental del área y de acuerdo al ciclo de Davis (Lobeck, 1939) se puede considerar en una etapa geomorfológica de madurez, aunque la erosión en los sedimentos clásticos continentales que rellenan los valles parece indicar que en esta región se inició una etapa de rejuvenecimiento; mientras que, en la porción occidental, las características del relieve aún permiten deducir las geformas ori-

ginales; por lo cual se encuentra dentro de una etapa juvenil avanzada.

De acuerdo a los nuevos conceptos del relieve terrestre, que lo interpretan como el resultado de una interacción de procesos endógenos y exógenos (Lugo, 1984) donde cada vez cobran mayor fuerza los aspectos ligados de la tectonogénesis, más aún donde la tectónica de placas muestra una dinámica terrestre extraordinariamente activa, creándose espectaculares formas continentales que si les vaciáramos de momento la cubierta oceánica adquirirían otra dimensión, dejando al descubierto un relieve submarino igualmente formidable; y que en la actualidad no se puede hablar estrictamente de un ciclo preponderantemente de erosión sino que de un desarrollo geomorfológico de borde continental activo.

En lo que al área se refiere, el aspecto de meseta debido a la actitud casi horizontal de la cubierta volcánica-piroclástica es dominante y característico en toda la provincia de la Sierra Madre Occidental; las corrientes fluviales corren en estrechos valles denominados "quebradas", el origen de todos estos rasgos geomorfológicos son atribuidos a un tremendo levantamiento, que mantiene en su etapa de juventud a las distintas corrientes de agua (Terrones, 1940). El intemperismo se acentúa en las partes altas de la unidad Toba ácida, donde las formas residuales adquieren contornos angulosos. en el caso de las riolitas e ignimbritas y un tanto redondeadas en las tobas ácidas. el primer caso, se refiere con frecuencia a los escarpes y el segundo, a

pilares denominados "bufas" y multitud de pequeños "mogotes" o "pílones", todo lo cual le confiere un aspecto bastante contrastado al paisaje, máxime que generalmente las prominencias rocosas se encuentran delimitadas por espectaculares fallas, con desplazamientos verticales de varias centenas de metros.

Las restringidas ventanas paleozoicas tienen un relieve similar (de lomeríos), a las rocas volcánicas terciarias que les sobreyacen discordantemente, siendo similar el caso de su cobertura infracretácica.

La mayor parte de las formaciones mesozoicas presentan un alto grado de erosión, de tal manera que el plegamiento también es directamente proporcional al factor antigüedad, observándose las rocas paleozoicas intensamente plegadas, deformadas y erosionadas, demarcadas además por sobresalientes discordancias angulares. Por otra parte en las depresiones se han acumulado espesores considerables de detritos, lo cual denota tanto una erosión en gran escala, como dislocación en bloques.

Las corrientes que se hallan en el borde occidental del área drenan con franca dirección al Pacífico. Por su parte los ríos Santiago y San Juan, en la porción noroccidental, drenan con dirección septentrional, estas quedan incluidas dentro de las Cuencas Cerradas del Norte. En la depresión norcentral se encuentran las Lagunas Santiaguillo, con régimen similar al anterior, es decir de cuencas cerradas, sin embargo según la división de regiones hidrológicas de la S.A.R.H. (1976), quedan incluidas dentro de la influencia de las cuencas de los ríos San Pedro y Fresidio.

localizados en el sureste del área. en esta parte, una corriente drena en un tramo hacia el oriente antes de reasumir su curso al occidente, se trata del río Tunal, que se une al Mezquital cerca de la ciudad de Durango, y posteriormente confluye al drenaje del Río Chico; parece ser el resultado de una captura, logro esto al remontarse debido a su mayor poder erosivo, ya que 50 km al sur de Durango experimenta una caída de 2000 metros en 10 km de recorrido (Wahl, Jr. 1976). Originalmente y hasta el Pleistoceno temprano este río formaba parte de la cuenca del Río Bravo, lo cual se evidencia en su afinidad faunística, debido a que la mayoría de peces en los arroyos del Valle Guadiana son similares a los del Bravo (Albritton, 1958; Burrows, 1949), permaneciendo aún el flujo subterráneo hacia el oriente, ocasionado parcialmente por la barrera que representa la Sierra Madre Occidental.

II.3 PROVINCIA GEOLÓGICA

SIERRA MADRE OCCIDENTAL

Constituye uno de los rasgos geológicos más extensos de México, con una superficie aproximada de 250 000 km², López Ramos (1980); siendo el parteaguas entre la Mesa Central-Sierras y Cuencas con la Planicie Costera del Pacífico y que a excepción del Río Conchos su drenaje fluye al Océano Pacífico.

De difícil acceso, no obstante la cruzan obras tales como el ferrocarril Chihuahua-Pacífico y la carretera Durango a Mazatlán, existiendo también terracerías que la atraviezan, en las áreas de Janos y Guadalupe y Calvo.

Localizada al noroeste de la República Mexicana, se extiende desde la línea internacional con los Estados Unidos en dirección sureste, abarcando las porciones noroeste de Sonora, occidentales de Chihuahua, Durango y Zacatecas, orientales de Sinaloa y Nayarit, así como septentrional de Jalisco, tal y como la definieron Demant, Robin y López Ramos (1978), con una longitud aproximada de 1400 km y 200 km de ancho en promedio.

La Sierra Madre Occidental, está limitada al occidente por la provincia de Chihuahua, Sierra Madre Oriental en su sector San Pedro del Gallo, y la Mesa Central; al occidente con la provincia de Sonora y la Planicie Costera del Pacífico, al sur con la Faja Neovolcánica Transmexicana o Cordillera Volcánica Mexicana; al norte, en Arizona es catalogada con montañas semejantes donde aparenta ser la continuación de las Montañas Rocallosas, también

considerada como la prolongación mexicana de la Sierra Nevada según Garfias y Chapin (1949 in López Ramos, 1980).

Se trata de una gran meseta profundamente disectada, donde la erosión, que há avanzado hacia el oriente, há sido la responsable de su transformación, de ahí que se le considere efectivamente como la expresión fisiográfica que es, (sierra madre), sin embargo, al oriente de Chihuahua, continúa en forma fragmentada, es decir, como aisladas mesetas, prolongandose hasta la región de Trans-pecos (suroeste de Texas). Es en su porción norte donde se presenta más obvia la extensión de la Sierra Madre Occidental, y hacia los estados de Arizona y Nuevo México en la Unión Americana; en dichas extensiones conserva la apariencia, posición y edad, como la secuencia volcánica que es característica de la Sierra Madre Occidental, aunque una relación genética con estos afloramientos no ha sido aún demostrada (Swanson et al., 1978).

Por otra parte Mc.Dowell y Clabaugh (1979) calculan entre 200 y 400 el número de calderas, varias de ellas rebasan los 40 km de diámetro, así también con numerosas estructuras de flujos dómicos, algunos igual de inusitadamente grandes (Iparrea et al., 1984) y responsables al parecer de la efusión de grandes cantidades de material volcánico que caracterizan esta provincia.

Según la extensión definida para dicha provincia geológica en la cual la porción occidental del área cartografiada queda comprendida, pasa por la Cd. de Durango el límite aproximado de ella con la de Chihuahua.

Su núcleo principalmente es batolítico mesozoico, lo cual la
Provincia geológica.

caracteriza junto con su cubierta volcánica-ignimbrítica, descansa así mismo dependiendo de la región en rocas metamórficas o sedimentarias del Precámbrico o Paleozoico, D.G.G. (1983a y 1984) lo mismo que en el área de Sonobari, Sin., Rodríguez y Córdoba (1978), o bien en secuencias metamorfolizadas reportadas únicamente como paleozoicas en Pericos, Sin., INEGI (1985); en Sgo. Papasquiario, Dgo., D.G.G. (1988b) y Mazatlán, Sin., (D.G.G., 1981b); así como en las áreas de Hidalgo del Parral, Chih., GEOCA (1987); San José de Gracia, Sin., Carrillo (1971 in López Ramos, 1974) y que de acuerdo con lo reportado por Malpica (1972), se encuentran en el rango Misisípico Superior-Pensilvánico Inferior; a las que sobreyacen a su vez secuencias metavolcano y/o sedimentarias, o bien volcánicas mesozoicas en Culiacán Sin., D.G.G. (1983a); Pericos Sin., I.N.E.G.I. (1985); Santiago Papasquiario, Dgo., D.G.G. (1988b) y El Salto Dgo., (1988a); destaca así mismo como se menciona anteriormente, la cubierta volcánica ignimbrítica piroclástica de esta provincia, lo cual viene a ser el resultado del evento cumbre que definió mayormente a la Sierra Madre Occidental.

II.4 ASPECTOS ESTRATIGRAFICOS.

A) MARCO ESTRATIGRAFICO REGIONAL.

Al Basamento Paleozoico

Los escasos afloramientos que lo atestiguan se encuentran dispersos y aislados, prevalece la duda respecto a la edad, origen y correlación de la mayor parte de ellos, siendo un tanto difícil de explicar su evolución y resulta aún más especulativa su atribución a posibles cinturones orogénicos, tal como son definidos en la mayor parte de Norteamérica.

Los afloramientos en el estado de Coahuila situados 100 km al noreste de Torreón, que corresponden a la Sierra de Acatita y valle Las Delicias fueron estudiados por King (1934), allí se encuentran rocas sedimentarias con fauna indicativa del Pérmico-Pensilvánico, (Foto No. 3), con derrames ígneos intercalados, e intrusiones ocurridas probablemente durante el Triásico.

En San José de Gracia, Sin., Carrillo (1971), menciona sedimentos del Carbonífero, que consisten de calizas, pedernal y rocas arcilloarenosas asociadas a metasedimentos, mencionando además esquistos verdes, pizarras y cuarcitas; estos afloramientos del norte de Sinaloa, fueron subdivididos por Carrillo (op. cit.) en tres miembros de la base a la cima: 1o. pizarras, 2o. cuarcitas y areniscas y 3o. lutitas y pedernal, Malpica (in Lozano, 1975) determino fósiles marinos de probable edad Missisípico-

Pensilvánico.

En el Área de El Rosario, B.C., Gordon Gastil (in Lozano, 1975) indica afloramientos de limolitas parcialmente arenosas e intercalaciones de areniscas fosilíferas, con incipiente y regular metamorfismo, cuyos crinoides y fósiles diversos fueron clasificados por Gastil et al., del Paleozoico tardío; Lozano (op. cit.) menciona además brechas, pedernal y cuarcitas, no habiendo encontrado fósiles y correlacionándolos tentativamente con los afloramientos de San José de Gracia, Sin.

En Caopas y Rodeo, Zac., rocas cataclásticas (brechoides, facoidales, miloníticas y vitrificadas) afloran en la Sierra de San Julián y de Teyra, (Foto No. 4), posiblemente paleozoicas, por subyacer a lechos rojos tentativamente triásico-jurásicos; sin embargo, pueden ser hasta Jurásico Medio (Garduño et al., 1984a). Otros afloramientos y localidades son los que a continuación se enuncian: 15 km al noreste de la ciudad de Zacatecas, existen lutitas y grauvacas, que se especulan permocarboníferas (López Ramos, 1986). Nuevo Casas Grandes, (oeste de Chihuahua) es una localidad recientemente reportada del Paleozoico Sup. (Perez, et al., 1984) cuyos sedimentos contienen fusulinidos del Pensilvánico tardío-Permico temprano; 15 km al noroeste de Villa Aldama, Chih., allí se encuentran lutitas que podrían ser permo-pensilvánicas (Lopez Ramos, op. cit.). Por otra parte en la región de Placer de Guadalupe, Chih., aflora una secuencia de rocas de plataforma, carbonatadas y detriticas que abarcan tentativamente del Ordovícico al Permico y que al parecer sobreyacen a un complejo

precámbrico metamorfozado (Blount, 1983 y Quintero, 1984).

En Santa María del Oro, Dgo., existen afloramientos de metasedimentos con intercalaciones volcánicas, así como bloques calcáreos dentro de una matriz volcánica-turbidítica (Triásico-Jurásico?), en los bloques calcáreos se reporta fauna del Permo-Carbonífero, (Aranda, 1985); cabe señalar que estas calizas no presentan metamorfismo aparente, la edad de la secuencia podría ser pre-Carbonífero. En el noreste del estado de Durango, el pozo Ceballos No.1 evidencia un basamento a partir de rocas volcánicas metamorfozadas, fechadas por el método K/Ar entre 220 y 180±20 m. a., lo cual lo sitúa en el Triásico (Equiluz, 1985).

Por lo que toca al afloramiento del área, constituye un basamento metamórfico posiblemente paleozoico, Garduño y Zaldívar (1984b) reportan un fechamiento pérmico, sin embargo atendiendo a la secuencia suprayacente, podría ubicarse cronológicamente desde el pre-Berriasiense.

A2) Cobertura Mesozoica.

La carpeta sedimentaria en esa región corresponde al denominado Mar Mexicano, Humphrey (1956). Según Equiluz (op.cit.) en su trabajo relativo a este elemento paleogeográfico, menciona que el espesor de esta carpeta sedimentaria varía de 3500 a 6000 m., dicho autor considera cuatro secuencias de ambientes distintos que acusan mayor interdigitación de oriente a poniente:

En la porción oriental se encuentra la paleo-plataforma de Coahuila (Garza, 1973) y cuyos sedimentos corresponden a la Se-

Aspectos estratigráficos. 41

cuencia Coahuilense, misma que Tardy, 1972 (74), había propuesto como Serie Coahuilense. La paleo-plataforma funciono como tierra positiva en el Jurásico Superior y Neocomiano. Al poniente se encuentra la Secuencia Parrense, Tardy, (op. cit.). Estas dos series desarrolladas en dominios oceanográficos principalmente externos, por las transgresiones del Aptiano tardío y Oxfordiano, respectivamente (Serie Coahuilense), pasan a zonas internas (por terrígenos del Cenomaniano superior en la Serie Coahuilense y del Cenomaniano inferior en la Serie Parrense), actualmente imbricados al nivel del frente de la Sierra Madre Oriental.

El Grupo Mezcalera representa la tercera franja al occidente; Equiluz y Campa (1984) mencionan que se encuentra constituida por depósitos turbidíticos; es el equivalente de las formaciones La Caja-La Casita, Taraises, Tamaulipas Inferior y La Peña, según Equiluz (1975).

En el extremo occidental del Mar Mexicano una secuencia volcano-clástica que acusa efectos de metamorfismo regional denominada de Santa María del Oro por Equiluz, (op. cit.) el cual indica así mismo que alternancias similares volcano sedimentarias se encuentran reportadas en Sinaloa por Bonneau (1970) del Aptiano, y en Cucurpe, Son. por Rangin (1977) para el Jurásico. En esta área de Santa María del Oro, Dgo. se tienen reportadas rocas del Triásico-Jurásico equivalentes a la formación Nazas (Equiluz, op. cit.), compuestas de lavas interestratificadas con toba, lutita, limolita, arenisca y conglomerado de color rojo.

A3) Cubierta volcánica.

Por tratarse de tal naturaleza cabría esperar fuera de una gran divergencia dado su espesor formidable, sin embargo en cierta forma persiste una aparente correlación en la mayor parte de sus afloramientos debido a la pseudoestratificación y continuidad persistente en este gran campo volcánico piroclástico-ignimbrito que conforma la Sierra Madre Occidental. Wahl Jr. (1976) esbozó la correlación de cuatro secciones de occidente a oriente hechas en las localidades de El Espinazo, El Salto, Tepalcates y Durango, localizadas en la carretera No. 40 entre Durango y Mazatlán; con base en los fechamientos realizados en las unidades que fueron cartografiadas por Weitt (1970), Swanson et al. (1978) y la de El Salto levantada por el propio Wahl (op. cit.) se deduce la siguiente columna general: Salvo la Andesita Antigua, Toba Registro y el Grupo Carpintero (formaciones Aguila, Cacaria y Santuario); a partir de la Formación Tunal, correlacionable con la base de la sección Tepalcates de Weitt (op.cit.) y también con la base de la sección de El Salto, la mayor parte de las unidades de las cuatro secciones, podrían haber sido extruidas en un tiempo geológico razonablemente corto, al juzgar hasta cierto grado de la uniformidad de la secuencia volcánica, que es sobreyacida a su vez por basaltos del Plioceno y Cuaternario; López Ramos (1980) mostró la localización de dichas secciones en un perfil topográfico de la sierra, donde las cotas de estas localizaciones se encuentran en un rango de 500 m de variación, dándonos idea tanto de la uniformidad como de la diversidad litológica de las columnas representadas. Indicó así mismo que las ignimbritas y tobas silíceas caracterizan la mitad occidental de la zona de El Salto.

B.) SECUENCIA ESTRATIGRAFICA DEL AREA.

a) Secuencia estratigráfica expuesta.

De acuerdo con las observaciones de campo y por referencia de diversa cartografía y bibliografía geológicas, en el área afloran rocas que atestiguan un lapso comprendido entre el Paleozoico y el Holoceno.

El "basamento" de la región, está testificado por un pequeño afloramiento en la porción central del área, consistente de esquistos y calcoesquistos, cuyos fechamientos radiométricos los atribuyen al Pérmico Medio (251 ± 20 m. a., Garduho y Zaldivar, 1984b); con una cobertura cretácica, en partes definida como infra y supracretácica, calcárea-pelítica-samítica, identificada como berriasiana, que podría corresponder a la base del Grupo Mezcalera, constituida por una gran secuencia tipo flysch que fue probablemente depositada en una cuenca de post-arco por corrientes de turbidez (Arellano, 1985). En el oriente se tienen afloramientos calcáreos del Albiano-Cenomaniano, correspondientes a la Formación Cuesta del Cura, en una relación en partes de interdigitación y en otras claramente subyacente, fué cartografiada como Cretácico Inferior; (sin embargo se adopto este criterio dada la escala, por no ser usual y por no apreciarse fácilmente el límite de la clasificación tripartita cretácica en el norte de México) sin embargo esta unidad calcárea básicamente es mesocretácica; co

mo se mencionó anteriormente en parte se encuentra sobreyacida a su vez por el flysch pelítico-calcareo y samítico-pelítico de la gran secuencia desarrollada ampliamente en el Cretácico Medio y Tardío, y que fueron cartografiadas como (cz-lu) y (lu-ar) del Cretácico Superior, correspondientes a las formaciones Indidura y Caracol respectivamente. Cabe hacer notar que 10 km al norte de Tayoltita, Randall (1972a) menciona rocas metavolcánicas y la Carliza Espadañal del Cretácico, con la presencia de un cuerpo intrusivo de composición granodiorítica, que probablemente constituye parte del gran cinturón plutónico-volcánico cartografiado cretácico. Correspondientes al Terciario, están expuestas diversas rocas de origen ígneo extrusivo, en menor proporción intrusivas de composición ácida, y sedimentarias continentales, reflejos aquellas de una intensa actividad volcánica, definidas por fechamientos en dos episodios, el primero de arco magmático que involucró los cuerpos batolíticos y el volcanismo iniciado por andesitas y riolacitas seguidos de riolitas, rocas piroclásticas ácidas e ignimbritas, que definen al Complejo Volcánico Inferior, según Mc.Dowell y Keizer (1977); el segundo episodio es principalmente volcánico piroclástico/ignimbritico y en menor proporción lávico-riolítico, acompañado así mismo de derrames andesíticos y basálticos, a este segundo conjunto se le conoce como Supergrupo Volcánico Superior (Mc. Dowell y Clabaugh, op. cit.); este evento culminó manifestándose en forma esporádica en el Mioceno y con la construcción de la mayor parte del edificio volcánico que es propiamente la Sierra Madre Occidental; por otra parte, dicho Super-

Aspectos estratigráficos.

grupo queda bien definido, debido al espesor considerable de rocas volcánicas que representa, por cierto con un abundante contenido de volcanoclasticos en la base, que podrían corresponder con la cima de la Formación Río Chico descrita por Diego Córdoba (1963).

Durante el Cuaternario el volcanismo es basáltico, acompañado de numerosas extrusiones piroclásticas; las rocas de origen sedimentario de este periodo son travertino y conglomerados; los materiales sueltos conforman planicies y abanicos aluviales principalmente, así como diversas acumulaciones lacustres, residuales y de origen eólico.

b) Secuencia estratigráfica inferida para el subsuelo.

A continuación haremos una breve semblanza de algunas formaciones que se hallan en el Mar Mexicano y que posiblemente se continúen en el subsuelo del área:

La columna estratigráfica para el subsuelo del área se infiere con base en las secuencias que se presentan en las áreas vecinas que involucran principalmente a la Sierra Madre Occidental; existiendo la siguiente cartografía geológica regional editadas por el INEGI en escala 1:250 000: Santiago Papasquiaro, Dgo., (provisional) G13-8; El Salto, Dgo., (provisional) F13-2; Mazatlán, Sin., G13-10; Pericos, Sin., G13-7; Fresnillo, Zac., F13-3; San Juanito, Chih., G13-1; Guachochic, Chih., G13-4; de GEOCA, la carta geológica esc. 1:250 000 Hidalgo del Parral, Chih., G13-5; la cartografía geológica del Instituto de Geología

de la UNAM, escala 1:100 000; Hojas: San Pedro del Gallo, Dgo.; Apizolaya, Zac. y Dgo.; Torreón, Coah., (provisional) y Cuencame, Dgo.

Es probable que en el subsuelo del área cartografiada sobreyaciendo al "basamento" metamórfico de manera discordante se hallen rocas volcánicas y lechos rojos triásico-jurásicos? de la Formación Nazas, término aplicado por Pantoja Alor (1963) a secciones incompletas de 60 y 250 m de espesor en el área de San Pedro del Gallo y Santo Domingo Dgo., consistentes de conglomerados de matatenas con guijas de pedernal y rocas volcánicas verdes, con ligera foliación. Por la abundancia de fanglomerados, conglomerados y rocas volcánicas se infieren de origen continental.

La Formación La Gloria, denominada por Imlay (1936), que sobreyace por discordancia angular-erosional a la anterior formación, consiste de areniscas de cuarzo, ortocuarcitas y lentes calcáreas asignados al Jurásico Superior (Oxfordiano inferior), se interpretan como depósitos infralitorales transgresivos del Jurásico Superior, cuyo espesor varía de 150 a 300 m; es posible que existan acuíferos de esta formación en el subsuelo del noreste del área cartografiada; esta facies arenosa a la cual cubren bancos calcáreos oolíticos de alta energía, subyace a depósitos de facies marina somera, que consisten de arcillas, carbonatos, limos y escasas arenas que marcan una transgresión en el Oxfordiano superior (Contreras, et al., 1988); aflora en San Pedro del Gallo, Santo Domingo y en la Sierra de La Hispana (sur de Torreón) y al sureste de Parras, Coah.

La formación La Casita, denominada así por Imlay (op. cit.); es otra unidad litoestratigráfica que posiblemente figura en el subsuelo del área; Pantoja Alor (op. cit.) indica que se encuentra expuesta en el levantamiento de San Pedro del Gallo, Cinco de Mayo y Santo Domingo, Dgo., en donde afloran aproximadamente entre 25 y 130m.; consiste de margas, lutitas, calizas y areniscas con concreciones calcáreas y arenosas que muestran impresiones de amonitas, de facies marina somera, con algunas vetas de carbón sub-bituminoso, Burckhardt (1910 in Pantoja Alor, 1963) la llamo "capas San Pedro"; en esta parte se considera continua la sedimentación del Jurásico Superior al Cretácico Inferior (Contreras, et al., 1986), que se interdigita hacia las tierras positivas a una sedimentación netamente arcilloarenosa de tipo litoral.

Otra unidad litoestratigráfica que posiblemente figura en el subsuelo del área es la Formación La Casita, ésta se presenta en San Pedro del Gallo de dicha Formación La Casita, la cual fué denominada así por Imlay (op. cit.); Pantoja Alor (op. cit.) indica que están compuestas de areniscas, calizas bituminosas, margas y lutitas con concreciones calcáreas y arenosas con algunas vetas de carbón sub-bituminoso;

La suprayacente Serie Coahuilense (en este caso parte de Taraises, Parritas y Cupido) que no aflora desde el occidente de San Pedro del Gallo, donde ocurre probablemente interdigitándose con el Grupo Mezcalera, por lo que en el subsuelo del extremo occidental del área del presente estudio es posible que se encuentren prolongaciones y quizá en forma repetitiva, de las for-

naciones Taraises y Cupido. A partir de ellas, en la columna considerada, afloran el resto de la secuencia cretácica que se muestra en la cartografía geológica del área, salvo la más joven (Lutita Parras), misma que posiblemente se encuentre como remanente bajo las planicies aluviales y sobreyaciendo a la unidad de lutitas y areniscas del Cretácico Superior:

La Formación Taraises, como se dijo aflora entre otras, en la región de San Pedro del Gallo, Dgo. y consiste de calizas delgadas con interestratificación de lutitas, margas y lentes arenosos rojizos, en el área de Iturbide, N.L.; confinados al Neocomiano inferior por Pantoja Alor (op. cit.) podría corresponder a los afloramientos del Berriasiano reportados en el área por Garduño y Zaldivar (1984b); aunque estos, por el alineamiento estructural de las franjas del Mar Mexicano y de elementos paleogeográficos (GEDCA, 1987) posiblemente pertenezcan al Grupo Mezcalera. Es probable que ocurran interdigitaciones similares a las sugeridas por Equiluz (op. cit.) para dicho Mar Mexicano ya que en la región es muy común encontrar que en distancias cortas ocurran omisiones de varias formaciones, según lo indica Pantoja Alor (op. cit.), debidos también a imbricaciones en el Mar Mexicano, [Tardy, 1972 (74)].

Equiluz (1975), en las áreas de Parral-Rodeo, menciona los pozos Parral No. 1 y Banderas No. 1, este último, localizado al sur del paralelo 24° 30' y que cortó más de 4500 m de rocas turbidíticas de la Secuencia Mezcalera.

La Formación Carbonera, es un cambio de facies que experi-

menta la F. Taraises al oriente de Saltillo y sur de Torreón Coah., que se interdigita a sedimentos arenosos.

La Caliza Cupido, de facies de plataforma de alta energia, que sobreyace a evaporitas, las cuales sellan los clásticos de la F. Carbonera, en el pozo Toronto 1, aflora en el área de San Pedro del Gallo, Dgo., que al occidente, según Equiluz (1975), cambia a facies de lodos calcáreos de cuenca (mudstone y wackestone con planctónicos) que constituyen a la F. Tamaulipas Inferior, y se supone que también forme parte del subsuelo del área de estudio.

En el Aptiano superior, areniscas arcóscicas de facies costeras (F. Las Vigas), cubren discordantes a la paleo-Isla de Coahuila, Humphrey (1949), siendo su equivalente de cuenca la F. La Peña, constituida de lutitas negras carbonosas, que en el Grupo Mezcalera, corresponde a una franja de areniscas, calizas arenosas y lutitas negras indiferenciadas del resto de la secuencia turbidítica.

El binomio Aurora-Cuesta del Cura, que afloran en la esquina noreste del área, son formaciones del Albiano-Cenomaniano, en parte equivalentes, se consideran en conjunto tal y como afloran en el área de San Pedro del Gallo y Santa María del Oro Dgo., así como en diversas localidades del norte de México, donde no se pueden, en la mayor parte de los casos, diferenciar cartográficamente (Pantoja Alor, op. cit.); La Caliza Cuesta del Cura, constituye depósitos pelágicos de cuenca, junto con la Caliza Tamaulipas Superior y la Formación La Paila (Garza, 1973). Su

equivalente al oriente, sobre la Plataforma de Coahuila, lo constituyen evaporitas y calizas dolomitizadas de la F. Acatita, (Garza, op. cit.).

La Formación Indidura-Caracol*, reportada en la región de San Pedro del Gallo, Dgo., probablemente ocurra también interdiqú tándose con la unidad Cretácico No Diferenciado de Pantoja Alor (op. cit.); misma que posteriormente se denominó Formación Mezcalera; la cual incluye indistintamente, fósiles del Cretácico Superior e Inferior, (Neocomiano-Cenomaniano) o Aptiano Tardío - Cognaciano (GEOCA, op. cit.), para el área de Santa María del Oro, Dgo., por la razón de que sus límites inferior y superior transgreden las líneas del tiempo y que se encuentran contactos por ejemplo con formaciones tales como Tamaulipas Inferior, La Peña, Cuesta del Cura, Aurora o La Casita, donde las relaciones muchas veces son simplemente de discordancia y no necesariamente tectónicas, por lo que se infiere un amplio rango estratigráfico, lo cual es mas característico en los grupos formacionales (ver tabla estratigráfica del área).

En la región también es posible que la trilogía de sedimentación del Cretácico Superior exista tal y como lo señala Equiluz (1986) en la confluencia estatal de Durango-Coahuila y Chihuahua y similar a la existente en la antigua Cuenca de Parras compuesta por las unidades litoestratigráficas Indidura, Parras y Grupo Difunta, mismas que sobreyacen al Grupo Washita.

* Como están muchos autores denominarla, se refiere a la sucesión cretácico-paleógena típica "caracolada" por terrigenos de grano grueso.



Al noreste del area en la region de Ixcatitlan-
Las Delicias, Coah., se encuentra la clasica
localidad de rocas permocarboniferas, estudiada
entre otros por R. E. Lind (1944).

Foto No. 3.



F. RODEO. ESQUISTA CRENUCLADA



ESQUISTA CAOPAS . FOLIACION

Foto No. 4

Al oriente en la región de Caopas-Rodeo Zac., se encuentra una secuencia de rocas de metamorfismo cataclástico.



C) DESCRIPCION DE UNIDADES CARTOGRAFIADAS.

(De la más antigua a las más joven)

De las unidades cartografiadas se observó que la mayor parte del área está cubierta por rocas de origen volcánico, le siguen en orden de importancia, pero con escasa distribución: rocas sedimentarias, intrusivas y metamórficas.

Las rocas involucradas tienen un alcance en el tiempo geológico del Paleozoico al Holoceno. Las más antiguas son rocas de metamorfismo regional cartografiadas como esquistos del Paleozoico; las sobreyacen secuencias marinas calcáreo-pelíticas-sañíticas del Berriasiano, que continúan con la misma litología pero ya consideradas mesocretácicas y finicretácicas, para constituir al denominado Grupo Mezcalera.

Rocas presumiblemente originadas por un arco magmático convergente, en una margen continental activa se acrecionan en el área, por lo menos durante el Cretácico Superior-Paleogeno, conforman el Complejo Volcánico Inferior de Mc. Dowell y Keizer (1977); Mc. Dowell y Clabaugh [1981(64)] indican una disminución de dicho magmatismo hace 45 m. a., así como una reactivación vigorosa hace 34 m. a. que produjo de manera explosiva un volcanismo piroclástico igniebrítico silíceo sin paralelo en la historia del planeta, este volcanismo decreció finalmente hace 27 m. a. aproximadamente (Mc. Dowell y Clabaugh, op. cit.).

Un volcanismo andesítico y basáltico, producto de la Perturbación Basin and Range se manifiesta nuevamente en el área, que comprende el Neógeno y Cuaternario.

PALEOZOICO

ESQUISTO, P(E).

Unidad constituida por esquistos y calcoesquistos, fechados en el IMF, por el método Potasio-Arghón, con una edad de 251 ± 20 m. a. (Fermico Medio); Garduño y Zaldivar (1954b) los describen al noroeste de San Lucas y San Agustín de Ocampo, sobre el Arroyo Medrano (Foto No.8), cubiertos parcialmente por rocas volcánicas ácidas terciarias y en donde indican un probable contacto tectónico (enmascarado por intrusivos terciarios no cartografiados), aparentando cabalgar, con vergencia al noreste, a las rocas de la secuencia bermisiana; este afloramiento fué exagerado debido a su importancia estratigráfica por corresponder a las rocas más añejas en el área de trabajo; sus afloramientos son del orden de unas cuantas decenas de metros; en una visita a esa área se observó que en la cima de esta unidad, se intercalan derrames posiblemente espiíticos; cubierto por aluvión la zona de probable contacto entre la secuencia bermisiana y la unidad esquistosa, donde así mismo un sill de riolita porfídica se emplazó contra la secuencia infracretácica, por lo que se dificulta establecer la relación entre ambas secuencias.

La morfología de las rocas metamórficas se confunde con la que poseen las rocas volcánicas ácidas terciarias, es decir de lomeríos de perfil suave cuyo patrón de drenaje no tiene control estructural aparente.

Aunque los datos radiométricos del afloramiento de la presente unidad (Garduño y Zaldivar, 1954b) difieren en 100 m.a.: Aranda (1965) indica que presumiblemente bajo la cubierta meso y cenozoica de la Sierra Madre Occidental, exista una equivalencia o continuidad con el Esquisto Pescaditos, que se encuentra en la región de Santa María del Oro, Dgo., aunque así mismo señala la imposibilidad de tener una correlación más confiable, por lo tanto es importante hacer una reseña de la secuencia que se halla en esa región: El Esquisto Pescaditos, es un nombre informal (Aranda, op. cit.) usado para los micaesquistos de la región de Santa María del Oro, Dgo., distante aproximada-

Descripción de unidades cartografiadas 53

mente 150 km al noroeste del afloramiento del área aquí cartografiada; Davis (1954), le infiere asociaciones mineralógicas de muscovita - clorita y reporta esquistos cuarzo sericíticos, con biotita; así mismo Aranda (op. cit.) indica que: Indi (1981), Eguiluz et al. (1982), así como Berumen y Pavón (1983), lo incluyen dentro de la Formación Gran Tesoro, aunque con ella exista un contraste litológico, pues dicha F. Gran Tesoro (Russell, 1924 in Berumen y Pavón, op. cit.) está formada mayormente de pizarras cloríticas y carbonosas y tanto Flores et al. (1981) como Garduño y Zaldivar (1984a) las agrupan en las unidades tectónicas pre-jurásicas o paleozoicas; mientras que Pacheco et al. (1982) separaron los metasedimentos negros de los micaesquistos y los agruparon en unidades tectónicas diferentes: Una inferior vulcano plutónica con sedimentos pelíticos y conglomeráticos (andesitas, basaltos y ultrabasitas serpentinizadas, rocas hipabisales microdioríticas, lavas pulviniformes con sedimentos calcáreos, tobas filitizadas, areniscas conglomeráticas y conglomerados con foliación penetrante, con clastos de cuarczoarenitas y esquistos; una intermedia con lutitas y limolitas fuertemente deformadas y ocasionalmente carbonosas, con rizaduras de fondo y areniscas intercaladas con estructuras laminares y gradación; la superior corresponde a bloques de sedimentación caótica dentro de una matriz volcánica turbidítica (Triásico-Jurásico), dichos bloques van del orden de centímetros a cientos de metros, constituidos de calizas bioclásticas recristalizadas, limolitas y areniscas que incluyen cuarczoarenitas calcáreas: las calizas presentan briozoarios, fenestélidos, crinoides, braquiópodos y escasos trilobites.

La sección tipo se encuentra en las cercanías del rancho El Picacho en el arroyo Pescaditos, 4.5 km antes de Santa María del Oro, siguiendo la brecha a partir del entronque con la carretera Panamericana, en su tramo Parral-Durango; así mismo, aflora en los cauces de los arroyos Grande del Picacho y Pescaditos. Las descripciones petrográficas corresponden a esquistos de clorita y de muscovita-clorita, de facies de anfibolita, de metamorfismo regional,

con horizontes blastomiloníticos y diques "leucograníticos", donde se encuentran lo que podría corresponder a capas de cuarcita con muscovita; la foliación se indica que se encontró con diversa inclinación, afectada por otra foliación de plegamiento (knicks), ambas con rumbo predominante al noroeste; esta unidad se reportó intensamente deformada y sus relaciones estratigráficas posiblemente sean tectónicas; dada la presencia de bloques calcáreos fosilíferos alóctonos, con fauna misisípica-pensilvánica y posiblemente pérmica, donde quizá dichos bloques al parecer no están metamorfozados y dado que se encuentran dentro de la secuencia pelítica de la Formación Gran Tesoro, podría ser el resultado de una mayor competencia dentro de un paquete fácilmente deformable e incompetente, originando que su grado de deformación y metamorfismo sea incipiente; otros autores como Eguiluz y Campa (1982) interpretan que dichos bloques corresponden a olistostromas dentro de una matriz volcano-sedimentaria de edad Triásico-Jurásico, que pertenece quizá a una secuencia flysch tipificada como una turbidita proximal. Respecto a la Formación Gran Tesoro, fechamientos palinológicos llevados a cabo por Aranda et al. (1988), en muestras de pizarras negras del Arroyo Pescaditos, resultaron con polen fósil del género *Classopollis* Pflug y microplancton del género *Micrhystridium*, por lo cual las pizarras negras de la F. Gran Tesoro las asignan al Jurásico Temprano, coincidiendo esto en cierta forma con la columna de la Sierra Madre Occidental, presentada por Clark et al. (1977) para este tiempo, (ver Fig. No. 1). Quintero (1985 in GEDCA, 1987) observó un contacto por cabalgadura entre el Esquisto Pescaditos y la F. Gran Tesoro; de ahí que se intuye se traten de diferentes unidades litoestratigráficas. El protolito del Esquisto Pescaditos quizá sea una roca mucho más antigua que las reportadas por los fechamientos radiométricos (Carbonífero), dada la evolución geológica del noroeste de México.

La paleofauna en la F. Gran Tesoro colectada por Berumen y Pavón (1983) fueron el crinoide *Baryschr amusus* del Pensilvánico Medio; Zaldivar y Garduño

(1984a) reportaron los braquiopodos *Lynoproductus aff. prattenianus*, *Rugosochenetes sp. cf.*, *Kitakamithyrus sp. cf.*, *Allispirifer sp.* y el briozoario *Fenestella aff. modesta*, del Carbonífero, así como crinoides y algunos corales solitarios; aparentemente estos sedimentos yacen en discordancia a un paquete de lavas andesíticas con algunas estructuras almohadilladas asociadas a tobas y clásticos oscuros. Garduño y Zaldivar (op. cit.) indican así mismo desconocer la relación con los micaesquistos fechados con 326 ± 26 m. a., mencionando un contacto por falla que monta ligeramente a los metavolcánicos sobre los micaesquistos.

Según BECCA (op. cit.) en localidades diferentes al lugar de los bloques calcáreos, y en sedimentos pelíticos, Aranda (op. cit.) mencionó briozoarios de los géneros *Fenestella spinulifera*, *Fenestella aff. spinacristata*, *Fistulipora aff. nodulifera* y *Fistulipora aff. incrustans*, crinoides de la familia *Blothrocrinidae*, además de *Barisichyr sp.* y *Cyclocaudex sp.*, *Antiquatonia sp.*, *Rugosochenetes sp.*, *Puntospirifer sp.*, *Hustedia aff. morroni*, *Spirifer sp.* y trilobites del género *Sevillia aff. nucleata*; todos ellos del Misisípico-Pensilvanico y quizá Misisípico-Permico.

Otros afloramientos de rocas metamórficas en el área, ocurren en la región de Tayoltita, 10 km al norte, en el rancho Espadañal, allí se encuentran rocas metavolcánicas en contacto con calizas cretácicas, según Randall (1972a). En el extremo norte de la Sierra de Yerbanis, al sur del rancho La Hoya, BASIN, S.A., (1981), menciona esquistos cuarzo feldespáticos, y que al microscopio la observaron constituida esencialmente por bandas mas o menos orientadas de cuarzo y oligoclasas-andesinas en cristales anedrales y subhedrales, alterados a finos cristales de biotita, con intercalaciones de hematita, limonita y minerales arcillosos (posiblemente montmorillonita), con epidota parcialmente alterada a hematita.



Foto No. 8

Afloramiento de los esquistos en el Arroyo Medrano, al noroeste de San Agustín de Ocampo.

M E S O Z O I C O

-C r e t á c i o I n f .-

CALIZA-LUTITA-ARENISCA, Kí (cz-lu-ar).

Secuencia de areniscas de grano fino, de color café que alternan con calizas oscuras; hacia la cima aparecen bandas y nódulos de calizas englobados en lechos arcillosos, que se caracterizan por encontrarse alineados en diversos horizontes que posteriormente desaparecen en los estratos superiores, para continuar en esta parte como una secuencia rítmica de lutitas y areniscas, con pequeños pliegues y amonitas fragmentadas de *Subthurmannia aff. dominguense* Cantú de edad berriasiana, los cuales en la visita de campo no se detectaron; una dirección y buzamiento en las capas, medidos aguas abajo del arroyo Medrano, en lo que se considera la cima de la secuencia fué de $552^{\circ}\text{E}-65^{\circ}\text{N}$, el fracturamiento en esta parte es rectangular, y en la porción con concreciones calcáreas las capas tienen un rumbo $\text{N}60^{\circ}\text{W}$, con visibles huellas de alteración hidrotermal e incipiente por actividad neumatolítica, presentan además calcos de corrientes.

Esta unidad fué reportada por Garduño y Zaldívar (1984b) al noroeste de Diez de Octubre, Dgo. y San Agustín de Ocampo; donde describen los afloramientos localizados sobre el Arroyo Medrano, aguas arriba encontraron afloramientos de rocas metamórficas en contacto dudoso con esta cubierta sedimentaria y enmascarado así mismo por rocas intrusivas. Dichos contactos pudieran ser tectónicos con la secuencia berriasiana; la cual fué exagerada en la cartografía debido a su importancia estratigráfica, Garduño y Zaldívar (op. cit.). 2 km al noreste del área por ellos descrita, en el rancho El Suspiro se encuentran pequeños afloramientos que muestran capas verticales no cartografiadas de esta secuencia, en donde predominan las areniscas, de color gris verdoso, con

tendido disperejo de 1-10 cm de espesor, numerosas fracturas y pequeñas fallas, presentan también algunas capas con boudinage, la lutita es de color gris y está silicificada e intemperiza en un color gris claro azulado, se encuentran además algunas capas delgadas de caliza con concreciones ferruginosas.

Se propone incluir a esta unidad en la base del Grupo Mezcalera dado que no existe un contraste litológico para distinguirla de dicho grupo.

Según Contreras et al. (1988), en el lapso del Berriasiano al Hauteriviense continúa la transgresión marina iniciada en el Oxfordiano y la subsidencia en el Mar Mexicano. En la porción occidental consiste de areniscas, limolitas, lutitas, calizas y algunos conglomerados, que representan depósitos de mar abierto; se aprecia un marcado cambio de facies de las formaciones Taraises y Carbonera, que según Eguiluz (1985) serían los respectivos depósitos de plataforma abierta y de litoral. Para Eguiluz (op. cit.) el equivalente occidental de la Formación Taraises es una secuencia monótona constituida de lutitas y calizas arenosas, previamente nominadas como Formación Chilitos, en la región de Sombrerete, Zac., por D'Csarna (1966 in Eguiluz, op. cit.), indicando dicha denominación donde se pierde la proporción de calizas, las cuales son sustituidas por calizas arenosas y más al occidente se convierten en una alternancia de lutitas y areniscas; sin embargo regionalmente la secuencia Mezcalera o Parral, se observó constituida primordialmente por calizas, lutitas y areniscas.

Aflora en el área de San Agustín de Ocampo, en los lechos de los arroyos Medrano, Cerro Blanco y Las Cruces.

CALIZA, K1 (cz).

Calizas negras y grises de textura micrítica, con estratificación delgada, mediana y masiva, depositadas en un ambiente infranerítico, que comprende el nivel estratigráfico Albiano Medio-Cenomaniano Inferior, por lo cual representa también a una parte del Cretácico Superior; contienen esporádicos nódulos, lentes y bandas de pedernal negro.

Esta unidad calcárea aparece en afloramientos aislados en la Sierra Madre Occidental, allí presenta grano fino, estratificación masiva, cuyos escasos fósiles generalmente no son reconocibles; sin embargo en algunas localidades del estado de Sinaloa ha sido reportada con rudistas (Rodríguez Torres y Córdoba, 1978). En el área aparece afectada por diques de composición ácida, responsables al parecer de la presencia de hematita al sur del intrusivo de Peñón Blanco, en esta área se observa que el intrusivo granítico levantó aproximadamente 700 m de calizas negras laminadas, con esporádicas bandas y numerosos nódulos de pedernal negro; calcarenitas recristalizadas, con huellas de metamorfismo de contacto; así como calizas y lutitas que pueden corresponder a la Formación Indidura o al Grupo Mezcalera; algunos autores que han estudiado esta área de Peñón Blanco, (BASIN, S. A. 1981), consideran además que aflora la Formación La Peña, interpretada en esta área conjuntamente con la Formación Cuesta del Cura, y asignándoles una edad Barremiano tardío - Aptiano, a la primera y Albiano - Cenomaniano, por los fósiles reportados por De la Vega, (1963), en el flanco occidental de la Sierra de Yerbanis a la segunda formación: *Planomalina buxtarti*, *Hedbergella trocoidea*, *Radialarios* calcificados y *Globigerinoides sp.*, que sugieren una edad Albiano - Cenomaniano. Esta unidad también fue asignada a la Caliza Cuesta del Cura, en el área de Peñón Blanco, por Rodríguez Torres, (1972a). Es probable una interdigitación parcial al Grupo Mezcalera, por evidencias de abarcar el mismo rango estratigráfico; presenta laminación y esporádicas

capas de areniscas, las cuales intemperizan en amarillo ocre, las calizas contienen vetillas de calcita, fracturamiento ortogonal y lapiaz; subyace por contacto tectónico a areniscas delgadas con escasas lutitas intercaladas, correspondientes quizá a la Formación Caracol en el flanco occidental de la Sierra de Yerbanis. Mc. Leroy (1965), en la Hoja Pedriceras, que colinda en la esquina noreste, la consideró también como Caliza Cuesta del Cura y le asignó de 62 a 130 m de espesor, observó así mismo la clásica estratificación ondulante, con lentes delgadas de pedernal negro penecontemporáneo, en capas delgadas y medianas que alternan con intervalos delgados de lutitas gris oscuras a negras, mientras que al sur de esa área, consiste de calizas delgadas y medianas, con amonitas del género *Hoplites*, gasterópodos y bivalvos.

En el área del cuadrángulo San Juan del Río, cartografiada por Roldán (1970) sobreyace a los estratos calcáreos mesocretácicos una secuencia equivalente a la Formación Caracol (Rodríguez Torres, 1972a).

Aproximadamente 13 km hacia Santa Ana, en dirección noreste, se presentan en estratos masivos, allí se localizan dos minas abandonadas de fluorita; 15 km más también hacia el noreste, se encuentra bajo la cubierta volcánica un afloramiento de esta unidad en contacto con calizas y lutitas que pueden corresponder al denominado Grupo Mezcalera.

Otros afloramientos de caliza en contacto con alternancias de calizas y lutitas se hallan en C. Minas al occidente de Ignacio Ramírez; en donde las calizas presentan mineralización de plomo y zinc.

En el área de Tayoltita, Randall (1972) menciona una formación cretácica de litología similar: la Caliza Espadañal, estos afloramientos se encuentran en las inmediaciones del rancho Espadañal de San Jerónimo, en contacto con rocas metavolcánicas.

Aflora principalmente en el noreste del área con expresión de sierras y cuevas.

-Cretácico Superior-

CALIZA-LUTITA, Ks (cz-lu).

Alternancia de calizas y lutitas, que se depositaron en un ambiente marino de facies de talud. Las calizas son de textura biomicrítica, presentan microlaminación, fauna planctónica y trazas de terrígenos (cuarzo), [E.P.9], biointraclastos (calciesférulas y radiolarios calcificados de *Flustrella*, sp. [E.P. 11]; texturas micrítica, biointraespática y arcillosa; en el área de Cieneguillas contiene los microfósiles *Calcisphaerula innominata*, *Bishopella* sp., *Bishopella alata*, *Pithonella ovalis*, *Praeglobotruncana* cf. y *P. delrioensis* [E.P.24], que indica una posición cronoestratigráfica probable Albiano Medio-Cenomaniano Inferior.

Aflora principalmente en el oriente del área con morfología de lomeríos de pendiente suave.

Al noroeste del poblado Vicente Suárez, un pequeño afloramiento no cartografiado, se intuye de facies de plataforma de aguas relativamente profundas, contiene los foraminíferos *Bishopella alata*, *Bishopella diazi* y *Calcisphaerula innominata* [E.P.6], con biointraclastos (foraminíferos planctónicos indeterminados, bentónicos de la familia *Textularidae*, fragmentos de pelecípodos, gasterópodos y ostrácodos, cuya posición cronoestratigráfica probablemente sea Albiano Medio - Cenomaniano Inferior. Las calizas presentan trazas de terrígenos, cuarzo, plagioclasas y hematitas; con nódulos y bandas de pedernal negro, ocasionalmente con textura micrítica. Las lutitas son arenosas y laminares; de color gris oscuro a negro, amarillentas, que al intemperizarse se tornan de color pardo. En la porción septentrional, al oriente de Nogales, la unidad incluye areniscas; en el resto del área éstas son reemplazadas por limolitas de color verde; se encuentran así mismo desarrollos de margas; sus estratos son principalmente medianos y delgados, predominantemente de color

ración gris rojiza. Al sur del intrusivo de Peñón Blanco y en el área de José Guadalupe Rodríguez se observaron muy plegadas y con abundantes vetillas de calcita. Las calizas se observaron en estratificación de más de un metro de espesor. Se considera a estos afloramientos como pertenecientes a una zona de interdigitación del Grupo Mezcalera con la caliza Cuesta del Cura, y por lo tanto mesocretácicas. BASIN, S.A., reporta en la unidad Cretácico No Diferenciado, los microfósiles siguientes: Radiolarios calcificados, fragmentos de moluscos y equinodermos y los foraminíferos *Pithonella ovalis*, *calcisphaerula innominata*, *Ticinella sp.*, *hedbergella sp.*, con un alcance estratigráfico para los dos primeros del Albiano al Maestrichtiano y del Albiano-Cenomaniano para los dos últimos; mencionándola como un cambio de facies de las formaciones Cuesta del Cura e Indidura.

La unidad fué identificada como Formación Indidura (descrita por Kelly, 1936, cerca de Delicias, Coah.) por Rodríguez Torres (1972a), es probable que únicamente los afloramientos del área de Peñón Blanco e Ignacio Zaragoza, correspondan a dicha formación como las más occidentales; mientras que, los del resto del área incumben a la secuencia Mezcalera. Al norte de I. Zaragoza descansa por contacto transicional y concordante, en la unidad caliza del Cretácico Inferior y subyace en la misma forma, al paquete areno-arcilloso posiblemente de la Formación Caracol. Mc. Leroy (1965), en el área vecina de Pedriceñas, menciona un pequeño afloramiento con un conglomerado basal sobreyaciendo discordante a la Caliza Aurora, indicando que hacia el poniente el contacto con ella es gradacional y atribuyéndole así mismo, varios cientos de metros de espesor, con fósiles tales como *Inoceramus labiatus* Scholotheim e *I. hercynicus* Petraschek, así como fragmentos de esqueletos de pescados, en lutitas que intemperizan en un color amarillo, donde observó también calizas arcillosas, 9 km al sureste del poblado Emilio Carranza; la consideró den-

tro del Turoniano, mencionando además que hacia el sureste (o sea hacia el área del presente estudio) se encuentra interestratificada con areniscas de color café, en contacto transicional y paulatino con la F. Caracol.

Al occidente de Fco. Zarco (Cerro El Jocoque), DETENAL, 1977c, reportó fragmentos de fósiles no identificables, allí la secuencia de calizas y lutitas flexionadas tienen un rumbo general $N52^{\circ}W-70^{\circ}$, en donde las calizas delgadas, de color gris oscuro, presentan laminación y numerosas vetillas de calcita; de Fco. Zarco a José Guadalupe Rodríguez forma una estructura sinforme no muy clara con topografía invertida y colapsada en su flanco oriental, la orientación de esta estructura es al nor-noroeste - sur-sureste, en el extremo sur de dicha estructura, se observaron echados cercanos a la vertical, en capas delgadas y plegadas, cuyo eje flexionado pasa del rumbo nor-noroeste - sur-sureste a casi norte-sur, para posteriormente adquirir junto con una estructura anti-forme conjunta un rumbo noroeste-sureste.

En el área de Cieneguillas, presenta un cambio contrastante en el "trend" estructural, allí se observó un sinclinal con rumbo oeste-noroeste - este-sureste, donde así mismo en los afloramientos más australes las capas tienen orientaciones nor-noreste - sur-suroeste con echados al oeste.

Parece haber continuidad en la sedimentación durante el Albiano Superior-Cenomaniano y Turoniano. En el anticlinal de I. Zaragoza se aprecian más de 200 m de espesor.

De la Vega (1963, in BASIN, S.A., reportó los microfósiles *Hedbergella trocoidea* y *Hedbergella*, sp. del Cenomaniano tardío - Turoniano, pertenecientes a la base de la Formación Indidura, encontrando estéril la parte alta, la cual por posición stratigráfica según él, abarca probablemente del Turoniano tardío al Coniaciano.

LUTITA-ARENISCA, Ks (lu-ar).

Consiste de una alternancia de lutitas y areniscas y en menor proporción de calizas espáticas al sur de Ratia y del intrusivo de Cerro Blanco; la mayor parte de esta secuencia se presume se depositó en un ambiente nerítico. Las areniscas son calcáreas, de grano fino a mediano, con cuarzo, calcita y cementante hematítico, de color pardo rojizo, al intemperismo adoptan tonos de ocre, se observaron así mismo con rizaduras de fondo y estratos delgados y medianos. Las lutitas son de color gris oscuro que al intemperizarse adquieren también una tonalidad ocre; se encuentran interestratificadas en capas delgadas y laminares. Las calizas texturalmente corresponden a intraespatitas; con trazas de hematita y escasos pelecípodos; por posición estratigráfica y estudios micropaleontológicos fué asignada a la Formación Caracol del Coniaciano-Santoniano, (Rodríguez Torres, op. cit.); sin embargo, es muy probable que forme parte de la secuencia del Grupo Mezcalera. Sobreyace en forma concordante a la alternancia calcareoarcillosa de la formación Indidura en el área de Peñón Blanco-I. Zaragoza y subyace en discordancia angular a rocas volcánicas, volcanoclásticas y sedimentarias continentales del Terciario en el resto del área cartografiada. Al sur del intrusivo de Cerro Blanco, en el flanco de la Sierra de Yerbanis se observó aproximadamente 10 metros de afloramiento, en donde predominan las areniscas en capas delgadas, las cuales intemperizan en un color amarillo ocre, que hacia la cima se torna más arcillosa, por lo que la erosión la há cubierto en gran medida.

Se encuentran en el oriente del área en forma de lomerios.

GRANODIORITA, K (Gd).

Conjunto de emplazamientos igneos ocurridos mayormente en el Cretácico tardío y que continuaron probablemente hasta el Terciario temprano, pertenecientes al Complejo Volcánico de Mt. Dowell y Keizer (op. cit.), este Complejo de intrusiones conforman el macizo de la Sierra Madre Occidental, junto con las rocas metamórficas que se observan como afloramientos colgados en varias partes de ella, primordialmente granodiorítico, cuyos minerales accesorios son biotita, hornblenda y zircón [E. P. 27 y 29], con textura holocristalina [E. P. 26], equigranular, alotriomórfica, de color gris claro y moteado, presenta gran cantidad de xenolitos de andesita al suroeste de Tayoltita [E. P. 22'], y diques graníticos [E. P. 28], monzoníticos [E. P. 22] y andesíticos, que le imprimen un metamorfismo de contacto de bajo grado con ligera alteración hidrotermal [E. P. 21], caracterizada por la presencia de pumpellita y prehnita (Nemeth, 1976); intrusión así mismo, algunas andesitas cretácicas, es la probable responsable de la mineralización en el área de Tayoltita donde fué descrita como perteneciente al "Batolito oligocénico Piaxtla", junto con un extrusivo cuarzo-porfirítico, por Randall (1972a); se encuentra cubierta por más de 2000 m de rocas asignadas al Supergrupo Volcánico Superior (Mt. Dowell y Keizer, 1977); ocurridos mayormente en el Cretácico tardío y que continuaron probablemente hasta el Terciario temprano [E. P. 26], pertenecientes al Complejo Volcánico Inferior, de Mt. Dowell y Keizer (op. cit.), siendo estos intrusivos probablemente equivalentes al "Granito Magistral", descrito por Aranda (1985), que se encuentran al norte del área, fechado por Damon et al., 1981 (84), correspondiendo de esta manera el inicio de su emplazamiento al Jurásico tardío. Al sur de Tayoltita cambia a pórfido monzonítico.

Presenta ligera alteración hidrotermal, el cuarzo en algunas muestras se

observó con extinción ondulante (E. P. 27), entre sus plagioclasas se identifican andesinas y oligoclasas con cierto zoneamiento (E. P. 29) y seritización mientras que los feldespatos potásicos son ortoclasas alteradas a arcillas (E. P. 27).

Aflora en las inmediaciones de Tayoltita con expresión morfológica de montañas con escarpes y lomeríos de fuerte pendiente.

ANDESITA, K-T (A).

Roca efusiva, cuyos constituyentes al microscopio son: plagioclasas sódicas y piroxenos, con fenocristales de augita y pigeonita, los cuales presentan bordes de oxidación, así como minerales de alteración, principalmente sericita y clorita. Su textura es micro y criptocristalina, afanítica, de color gris claro, con tonalidades verdes y rojizas, se observaron con fracturamiento intenso. Subyace a las rocas volcánicas ácidas del Oligoceno-Mioceno; corresponden al Complejo Volcánico Inferior, mismo que aflora principalmente en el flanco oeste de la Sierra Madre Occidental y cuya edad es atribuida al rango Cretácico Superior-Paleógeno), en dicho flanco al igual que en el área cartografiada se encuentran intrusionadas por granodioritas, sin embargo en esa región, en ciertas partes las sobreyacen en forma discordante (Carta geológica Pericos, esc. 1:250 000, G13-7, INEGI, 1985; Carta geológica Mazatlán, esc. 1:250 000, F13-1, DGG, 1981b), por lo cual se indica en esta cartografía, que algunas pueden ser francamente sintectónicas (Carta geológica Culiacán, esc. 1:250 000, G13-10, DGG, 1983a).

Smith, Jr., (1972) reporta un espesor de 2500 m de extrusiones volcánicas primordialmente riolíticas y en forma subordinada andesíticas, durante la transición meso-Cenozoica, a consecuencia quizá, de un rápido movimiento de la

placa Americana hacia el oeste; así mismo señala que a principios del Oligoceno, al cesar la subducción de la placa Farallón, se emplazaron plutones de andesita, diorita y granodiorita, formándose las vetas de oro y plata de Tayoltita.

Al norte del área (130 km al noroeste de Tayoltita) en el distrito minero de Topia, Lemisch (1955, in Wahl, Jr., 1976) describió una andesita del Cretácico tardío(?) - Terciario temprano, a la cual le considero 1400 m de espesor, acompañada de rocas piroclásticas y brechas, estas últimas con clastos de antiguas riolitas. Designada como "andesita antigua" por Swanson et al. (1978), subyace discordantemente a las tobas e ignimbritas Registro, una muestra de andesita de la Sierra El Registro fue datada en 52 m. a., (Mc. Dowell y Keizer, 1977), sin embargo estos autores indican que aun es incierta la edad de esta unidad.

La Formación Buena* (andesita inferior) descrita por Lozano (1966), constituida principalmente de tobas andesíticas, volcanoclasticos de composición andesítica y esporádicos derrames andesíticos y riolíticos, constituyen fundamentalmente la presente unidad cartografiada. Lozano (op. cit.) reconoce una diagénesis avanzada, con planos de juntas que cruzan su pseudoestratificación distintiva; la cual desaparece cerca de los intrusivos de la Serie Candelaria; sobreyace a la Formación Socavón (Ignimbrita inferior) y subyace a la Formación Portal (Ignimbrita media), aflora en los flancos del conbaniento de Contra Estaca, Sin., del bloque fallado Noche Buena-Camichín, en el arroyo del poblado San Vicente, Sin., conforma el sustrato del Pico Bolaños, en el sureste de San Dimas, Dgo. y al sur de Tayoltita, Dgo. En las localidades mencionadas sobreyace mediante suave discordancia a la Formación Riolita Socavón; la cual puede ser un sill (Mc Kinstry, 1927). Lozano (op. cit.) cartografió a la

Formación Riolita Portal como la más antigua, reconociendo que podría tratarse de una potente toba soldada que ha sufrido fenómenos termometamórficos incipientes (C.D. Hulin; in Lozano, op. cit.); Mc. Dowell y Clabaugh, 1981(84) identificaron a ambas como ignimbritas.

Siguiendo un criterio de agrupamiento debido a lo pequeño de la escala, en algunas partes, fueron cartografiadas conjuntamente estas dos formaciones descritas por Lozano (op. cit.) bajo la clave K-T(A). Aflora en las inmediaciones de Tayoltita con expresión morfológica de lomeríos de fuerte pendiente.

* Con este nombre Cooper y Arellano (1956) también designaron una formación calcárea paleozoica con algas Girvanella y trilobites del Cámbrico inferior de Sonora.

CENOZOICO

-Paleógeno-

CONGLOMERADO, T1 (cg).

Conglomerado oligomictico de color blanco y rojizo, de origen continental, cuyos clastos subangulosos y generalmente sin clasificacion, consisten predominantemente de peliticos calcareos con diametros de 2 a 20 centimetros, y en menor proporcion cuarzo, cuarcita, filita, esquistos y rocas volcanicas, englobados en una matriz que petrográficamente se observa arenarcillosa con cementante calcareo e incipiente estratificación, es equivalente a la Formacion Ahuichila y se correlaciona con el Conglomerado Guanacevi. Sobreyace a alternancias de calizas-lutitas y lutitas-areniscas del Cretácico Superior. Sobre esta unidad, descansan a su vez discordantemente, rocas de la secuencia volcanica oligomiocénica, conglomerados y gravas pliocuaternarias, asi como basaltos del Cuaternario. Se encuentra cubierta en ocasiones por una delgada costra calichosa. Aflora en Cieneguillas, Guadalupe Victoria y al sur de José G. Rodríguez, con expresion morfologica de lomerios suaves. En el area de Peñón Blanco, en la base incluye brechas, areniscas en capas delgadas, areniscas conglomeraticas, intercalaciones de limolitas, tobas y lentes de conglomerados calcareos asignados a la Formacion Ahuichila (Foto No. 67) subyace a calizas y lutitas de la Formacion Indidura.

GRANITO, Ti(Gr).

La unidad representa al intrusivo granítico de Cerro Blanco (Foto No. 9), localizado al norte de Peñón Blanco. Se trata de un granito de biotita, constituido por ortoclasa con intercrecimientos cuneiformes de cuarzo, las plagioclasas consisten de andesina y oligoclasa, sus minerales accesorios son hornblenda, esfena y circón; con texturas alotriomórfica y gráfica, de colores gris claro y rosa con tonos verdes, así como fracturamiento intenso. Emplazado en forma de tronco en las rocas sedimentarias cretácicas de la porción noreste del área; donde su expresión morfológica es de picachos y altos promontorios redondeados y escarpados, así como de lomeríos, con erosión contrastada en la roca encajonante, tal como se presenta en los intrusivos en la misma Sierra de Yerbánis (Peñón Blanco) y en la Sierra Madre Oriental, Sector San Pedro del Gallo, al norte de Torneón, Coah. (El Samoso). La unidad incluye también, pequeños afloramientos no cartografiados, productos tardíos, quizá de la reactivación magnética del intrusivo granodiorítico cretácico en la región de Tayoltita, donde también se halla en forma de diques que corresponden texturalmente a pórfidos graníticos.

TONALITA, Ti(Tn).

Plutones, en cuyos análisis petrográficos se observaron plagioclasas sódicas, biotita, hornblenda y apatito, de textura porfídica, color gris claro con tonalidades verdes, que interperiza en un color café claro; emplazada en tobas ácidas cerca del poblado de Tejaman, con morfología de lomeríos; así como, en rocas carbonatadas cretácicas al occidente de Ignacio Ramírez, donde constituye crestas; en ambas localidades produjo mineralización de plata, plomo y zinc.

Junto con el granito, constituyen los intrusivos con mayor desarrollo en la Provincia de Sierras y Queencas.

RIODACITA, T1 (Rd).

Sus accesorios son biotita y hornblenda, con textura microcristalina porfídica, de color gris claro, presenta un alto grado de alteración y fracturamiento intenso, así como mineralización de oro y plata en las áreas de Basis y Diez de Octubre, aunque en esta parte, probablemente sea oligomiocénica, subyace a las unidades volcánicas ácidas del Oligoceno-Mioceno. Los derrames de esta unidad corresponden al Complejo Volcánico Inferior de Mt. Dowell y Keizer (1977).

Le sobreyacen probablemente andesitas oligomiocénicas en las inmediaciones de San Antonio de las Truchas, aunque su relación con esta unidad no es muy clara, ya que hacia la unidad conspicua de andesita, desaparece el feldespato potásico y únicamente se encuentra constituida de andesinas, con líticos asimilados de rocas ígneas hipabisales de composición intermedia.

Su morfología es de montañas y cerros en las cercanías de Basis, al occidente del Área así como de lomeríos en Diez de Octubre.

~~Oligomioceno~~

ANDESITA, Tom(A).

Derrames andesíticos en los cuales se observaron plagioclasas sódicas y cálcicas (andesinas y labradoritas), frecuentemente alteradas a sericita y arcillas y accesorios tales como augita, pigeonita y olivino, así como micas oxidadas, y cuyos minerales secundarios son clorita, epidota, sílice, magnetita y hematita [E. P. 2, 3 Y 17]; de textura afanítica a porfídica, de color gris verdoso que interperiza en colores gris oscuro y café, ocasionalmente con estructura fluidal y pseudoestratificación, en la terracería cerca de Otáez se encuentra intrusionada por diques de composiciones intermedia y ácida en San José Avino, presentando además en aquella área mineralización de oro y plata (minas abandonadas), de oro, plata, plomo y zinc en la segunda, y de plata, plomo y zinc en Coneto de Concorfort, así como evidencias de hidrotermalismo

(entre los ranchos Piedra de Anolar y Alanito).

Estas andesitas se presentan generalmente intercaladas en las emisiones volcánicas ácidas oligomiocénicas del Superggrupo Volcánico Superior, Mt. Dowell y Clabaugh, 1981(84), pero en el área de Tayoltita incluye a la "andesita media" de Lozano (1966), la cual queda dentro del Complejo Volcánico Inferior de Mt. Dowell y Keizer (op. cit.).

Lozano (op. cit.) la denominó Formación Andesita Productiva, mencionándola en la brecha a Tayoltita entre Socavón y Cinco Señores, aquí presenta diques de pórfidos dacíticos [E. P. 15], donde le asignó un espesor mínimo de 800 m. Randall y Schmidt (1956) reportaron un espesor de 600 m. dividido en tres miembros: El primero y más antiguo es una andesita de grano fino compuesta de fenocristales de andesina y microlitos de plagioclasa ácida, con augita y hornblenda alterados a clorita y epidota, rastros de biotita representados por estructuras reticulares de clorita e inclusiones de rutilo. El segundo consiste de una andesita porfírica de grano medio, con fenocristales de feldspatos zonados por alteración selectiva de epidota en sus núcleos, con algunas vesículas de calcita y cuarzo, sus minerales de alteración son clorita y sericita. Mientras que el miembro superior está caracterizado por una "andesita fragmental" con intercalaciones de tabas de grano fino, brechas autoclásticas y aglomerados. Según Lozano (op. cit.) existe una relación íntima de la presente unidad con los intrusivos de la Serie Candelaria (Andesita-Diorita). Esta unidad es de gran importancia económica en la región y aloja la mayor parte de la mineralización en la porción occidental.

Aflora en las cañadas de la Sierra Madre y conforma escarpes y lomeríos de pendiente pronunciada en el norte del área.

TOBA ACIDA, Toba (Ta).

Unidad litológica que conforma comúnmente a la secuencia volcánica oligomiocénica y de ella básicamente al Supergrupo Volcánico Superior; también incluye ventanas del Complejo Volcánico Inferior, ambas definidas por Mc. Dowell y Keizer (1977).

La componen eyecciones piroclásticas ácidas, escasos derrames intercalados de composición riolítica e intermedia, así como algunos acuíferos volcánoclasticos con incipiente estratificación cruzada, tal como se pudo apreciar en la brecha que va a Otáez, a la altura de Nuevo San Diego en el área de las rancherías Los Mimbres, San José de la Escalera y Unión Modelo. De una diversidad de rocas que a continuación se describen: Gran parte de las tobas que se hallan son, como se pudo observar al occidente de Durango, de composición riolítica [E. P. 34], riodacíticas, como las que se presentan en la Sierra La Silla, (Foto No. 5), al norte de Ricardo Flores Magón y al sur del poblado Héroe de Nacozari [E.P. 31], mientras que en la porción suroeste predominan las tobas dacíticas [E.P. 10, 12 y 19] así como cerca de Durango [E. P. 30]. Así mismo de gran diversidad textural, v. gr. microcristalina piroclástica, eutaxítica, etc. La estructura que más la caracteriza es la pseudoestratificación; mientras que texturalmente las tobas son principalmente vítreas [E.P. 16, 18A, 20, 25 y 32] y cristalinas [E.P. 10, 12, 19, 30, 31 y 34], así como líticas, cerca del entronque de las terracerías que van a Otáez y Piélagos y en el área de Diez de Octubre, donde es la roca encajonante junto con la riodacita del Terciario Inferior, con mineralización de plata, plomo y zinc y al sur de Nueva Patria en el occidente del área; mientras que en la zona de minas del Cerro de Mercado se aprecian vitrocristalinas, vitrolíticas (Sierra de Coneto al noreste de Once de Marzo), allí presenta mineralización de fluo-

rita; así como cristalolíticas (Los Barracos al occidente de Nuevo Ideal), texturalmente además se observaron tobas de lapilli en diversas partes de la columna volcánica piroclástica oligomiocénica, así como tobas soldadas (en las cercanías de Nuevo Ideal), muy compactas, de color gris, con productos esferoidales por intemperismo, con cuarzo y líticos dentro de una matriz vítrea, con pirita, hematita y sílice rellanando cavidades; cenizas e ignimbritas, estas últimas por lo regular con los siguientes minerales esenciales: cuarzo, plagioclasa sódica y continuamente biotita como accesorio (La Laja en la Mesa La Tinaja), en donde presentan estructura fluidal con bandas de vidrio ácido y cuarzo.

Las riolitas contienen fenocristales de cuarzo y plagioclasas sódicas, esferulitas de ortoclasa y sílice, circón como accesorio, frecuentemente con textura microcristalina porfídica, estructura fluidal y esporádicas zonas de alteración [E.P. 7]; en el área de La Esperanza en estas rocas se presentan yacimientos de caolín actualmente en explotación; al norte de Rodríguez Pueblo, así como en los afloramientos que se hallan en la carretera No. 45 entre Nombre de Dios y Durango y al poniente cercanos a esta ciudad se observaron con gran contenido de esferulitas, con geodas en las localidades de San Jerónimo de Jacales; sobre el arroyo El Jaral en la brecha a Nueva Patria y al occidente de Lázaro Cárdenas, alternan generalmente con algunas brechas volcánicas, vitrófidos y vidrio [E.P.4], incluyen además derrames dacíticos, Cerro Alto El Cabezón y Sierra El Epazole [E.P. 1] y escasos de composición intermedia; así como derrames riódacíticos en Santa Catarina en el oriente del área. Se encuentran así mismo acuíferos volcanoclasticos, que en partes se pudieron cartografiar por separado, principalmente en el Graben Otinapa-Tenepa y sus características se definen en la unidad correspondiente; presentando

yacimientos de uranio en el área de Ratia.

En esta gran secuencia silícica, las ignimbritas son continuamente riolíticas y su mineralogía esencial, consiste por lo regular, de feldespato potásico, plagioclasa sódica y cuarzo, siendo sus minerales accesorios comúnmente circón, hematita, magnetita, apatito y esfena, afaníticas, con estructura fluidal, forman frecuentemente pseudomicroplisques, vesículas alargadas y líticos deformados; en proporción mínima cartografiable se encuentran tobas cristalinas líticas y vítreas de la misma composición, las que en ocasiones presentan cuerpos brechoides, pseudoestratificación y sistemas de diaclasas que semejan estructuras columnares. Lozano (op. cit.) en su trabajo en el distrito minero de San Dimas, nombró a las formaciones Socavón, Fortal y Riolita de Las Dumbres, interpretadas por él como riolitas inferior, media y superior respectivamente, sin embargo esas unidades constituyen fundamentalmente ignimbritas las dos primeras, quedando dentro del Complejo Volcánico Inferior (Mc.Dowell y Clabaugh, op. cit.); la última es una unidad preponderantemente tobácea con aglomerados, ignimbritas y derrames riolítico-dacíticos, que constituyen la base del Supergrupo Volcánico Superior en el área de Tayoltita.

Esta unidad sobreyace discordantemente a las rocas volcánicas del Terciario Inferior, a las rocas sedimentarias cretácicas, y ocasionalmente le sobreyacen derrames basálticos terciarios; tiene una distribución amplia en el área y corresponde a lo que Córdoba (1963) en su trabajo acerca de la geología entre Río Chico y Llano Grande, Dgo. denominó como Formación Río Chico, del Oligoceno, constituida por derrames piroclásticos (Ross y Smith, 1961, p. 1) mencionando en ella diaclasamiento pronunciado e intercalación notable de derrames riolíticos, basaltos (Formación Metates) y tobas riolíticas (Santa Bárbara) e ignimbritas, ambas designadas miocénicas por dicho autor.

En parte por cubrir una amplia gama litológica, que incluye tanto al Complejo Volcánico Inferior y Supergrupo Volcánico superior, se explica que sus relaciones estratigráficas sean en parte aparentemente confusas y contradictorias; dicha unidad por lo tanto subyace y sobreyace discordante e indistintamente a rocas volcánicas y sedimentarias paleógenas así como sedimentarias cretácicas y volcanoclásticas oligomiocénicas (al noroeste y oriente de San Nicolás de Arriba respectivamente) y está cubierta parcialmente por antiguos depósitos aluviales; en general presenta pseudoestratificación horizontal, tal como se observó al sur de Otinapa, y ligeramente inclinada, de colores beige, café, crema y rosa, que por interperismo adquieren tonos de ocre. Básicamente forma parte del Supergrupo Volcánico Superior de Mc. Dowell y Clabaugh, 1981(84) y constituye el rasgo fisiográfico más importante con su morfología de sierras en forma de bloques, con marcada disyunción vertical, así como de mesetas profundamente disectadas que conforman en conjunto un flanco de la Sierra Madre Occidental. Relativo al origen de la secuencia a la que pertenece esta unidad, Mc. Dowell y Clabaugh (op. cit.) descubren rocas volcánicas predominantemente constituidas de ignimbritas riolíticas, extruidas por numerosas calderas complejas, acompañadas por pequeños derrames basálticos, con escasas rocas intermedias, debido probablemente a la asimilación de sedimentos continentales clásticos de una margen continental activa, en este caso por la subducción de la Placa Farallon en la de Norteamérica.

En el occidente del área, sobre esta unidad están localizadas minas importantes de oro y plata (Tayoltita y La Trinidad, esta última perteneciente a San José de Basis) así como minas abandonadas, antiguas productoras de oro y plata en Otaez; en San Miguel de Cruces se encuentran tobas cristalinas de composición básica intercaladas en esta unidad.

RIOLITA, Tom (R).

Sus minerales accesorios son clorita, hematita y circon; intemperiza en un tono gris oscuro; con estructura fluidal y en ocasiones amigdaloides, con exfoliación acentuada por un fracturamiento intenso; se encuentra asociada a depósitos estaníferos en el área de Ignacio Zaragoza. Cubre discordantemente algunas unidades calcáreas y pelíticas calcáreas del Cretácico y le sobreyacen así mismo, conglomerados del Terciario Superior. Su edad se infirió con base en que corresponde a una diferenciación cartográfica de la unidad tobas oligomiocénicas, de las cuales aproximadamente en la porción media oriental se pudieron diferenciar algunas extrusiones dómicas riolíticas, cubiertas en parte por efusiones basálticas cuaternarias. Pertenecen mayormente al Supergrupo Volcánico Superior (Mc.Dowell y Keizer, op. cit.).

Aflora al norte de Francisco I. Madero y al noreste de la Ciudad de Durango, con una morfología de cerros de mediana y gran elevación con escarpes y pendientes pronunciadas, siendo su morfología más característica la de cúpulas de flujo.

Al norte de la Ciudad de Durango (C. Minillas), petrográficamente consiste de fenocristales de andesinas, sanidino y cuarzo con golfos corroídos, en una matriz formada de ortoclasa y sílice microcristalino, [E.P.23].

BASALTO, Tom (B).

Coladas eyectadas a través de distintas fallas de colapso en la vecindad de la Caldera de Chupaderos, a las cuales Swanson et al. (1978) denominaron como Basalto Caleras, forma la Mesa Caleras con cierto grado de erosión.

Sobreyace discordantemente a la unidad Toba ácida oligomiocénica y así mismo en la localidad tipo a depósitos volcanoclásticos, y subyace de igual

manera a los aluviones cuaternarios. Solamente los basaltos expuestos en Dru-paderos se consideraron de esta edad; aunque existen otras en el área, al no apreciarse con mayor claridad las relaciones estratigráficas de las distintas efusiones de la misma composición.

VOLCANOCLASTICO, Tom (vc).

Productos re trabajados que se suceden de modo simultáneo con el evento piroclástico de la Sierra Madre Occidental. Esta unidad atestigua periodos sucesivos de quietud y actividad volcánica, está formada por estratos delgados de areniscas tobáceas de grano grueso y conglomeráticas, constituidas éstas por fragmentos de rocas volcánicas principalmente ácidas y de ellas predominantemente de tobas vítreas, cuarzo y plagioclasas, algunos de estos cristales con extinción ondulante, esquirlas vítreas, homblenda, circon, micas con cementantes de yeso y hematita así como matriz vítrea alterada [E. P. 5], también se observaron líticos sedimentarios (arenisca) y metamórficos (cuarcita), [E. P. 18]. Presentan acuñamientos de tobas con cierto re trabajo, horizontes epiclásticos y lahánicos, tales como los menciona Rodríguez Torres (1972a) para los materiales constituidos en la secuencia cenozoica del área.

Esta unidad se encuentra ampliamente distribuida en diversos niveles estratigráficos, pero comúnmente en los que representan el final del evento volcánico, es decir principalmente miocénicos, los cuales fueron cartografiados en el norte del área y en el Graben Otinapa-Tenerapa.

Su expresión morfológica es de cerros redondeados de poca altura en San Nicolás de Arriba y al oriente de Francisco Primo Verdad, generalmente escarpada en la sierra tal como se observó en el área de Fatia, al occidente de San Nicolás de Arriba.

ARENISCA-CONGLOMERADO, Toa (ar-cg).

Unidad cartografiada con base en las observaciones de Smith (1972) en la región de Tayoltita, Dgo., el cual indica que antes de finalizar el Oligoceno se depositaron capas rojas de arenisca y conglomerado, en cuencas amplias y poco profundas. Wahl Jr., (1976) señala así mismo que sobreyacen a las andesitas, lechos rojos potentes denominados Las Palmas.

Lozano (op. cit.) observó que en la Cordillera Las Palmas tiene un espesor de 80 m y en el Cerro La Petaca, 75; donde descansa sobre un conglomerado denominado Feña, consideró a ambos como una sola unidad estratigráfica a partir de un origen común es decir como depósito aluvial; le sobreyacen derrames riolíticos que denominó Formación Riolita Las Cumbres.

Esta compuesta de material detrítico de composición andesítica, con estratificación conspicua, de coloración lila a rojo ladrillo, en capas de 1 cm a 1m; con componentes que van del tamaño de la arena a cantos rodados.

Néogeno

ANDESITA, Ts (A).

Derrames andesíticos y andesitas basálticas, cuya mineralogía consiste de plagioclasas sodicas (andesinas y oligoclasas) y cálcicas (labradoritas), con zonzamientos, y accesorios tales como augita y pigeonita, cuyos minerales secundarios son pirita, hematita, magnetita y apatito. Ocurren en el Graben de Tenenapa-Otinapa [E. P. 5 y 14] en donde cambian a basaltos, se encuentran también al noroeste de Tayoltita [E. P. 13]. Su textura es afánítica microcristalina porfídica, ofítica y subofítica; de color gris oscuro con tonalidades verdes y rojizas.

Cubre discordantemente a las rocas oligomiocénicas. Se encuentra en el

occidente del área con morfología característica de aparatos volcánicos que coronan la sierra.

Es la continuación septentrional de lo que Córdoba (op. cit.) denominó Formación Metates al sur del área.

BASALTO, T_s (B).

Basalto que al microscopio se le observaron plagioclasas sódicas y calcicas, con zonamientos; minerales accesorios tales como augita y pigeonita y secundarios pirita y apatito, microcristalina, de tono gris oscuro que intemperiza en pardo rojizo, en la porción central, ocurre en forma de coladas que lateralmente cambian a composición andesítica. Los derrames conspicuos de basalto se encuentran medianamente fracturados y morfológicamente constituyen una serie de mesetas en el valle del Río Santiago y en la región de Otinapa. Sobreyace discordantemente a la secuencia volcánica ácida oligomiocénica, tal como pudo observarse en la Cieneguita, porción central, así como a las rocas sedimentarias cretácicas, al oriente de Nogales, en el norte del área.

A los basaltos cercanos y al occidente de la ciudad de Durango, Swanson et al. (op. cit.), los consideraron dentro de la Formación Metates, definida por Córdoba, (op. cit.), del Mioceno, los cuales fueron eyectados a través de fisuras y fallas semejantes en origen y composición (alcalinos) a los de la Provincia de Sierras y Duenas.

Pliocuaternario

CONGLOMERADO, Tpl-Q (cg).

Conglomerado polimictico, de origen continental, en partes bien compactado, mediana y escasamente consolidado, masivo, cuyos constituyentes fueron

originados como consecuencia de la neotectónica, tal como se observó en el área de Las Lajas, a partir de una mayor denudación de las sierras periféricas. Los clastos se encuentran englobados en una matriz arcillosa y arenosa, con presencia de cementante calcáreo (San Vicente Dhapaderos) y ocasionalmente ferruginoso, esto se apreció en el área del poblado Víctor M. Sánchez; donde los líticos se encuentran dispuestos en forma caótica, con rango granulométrico amplio; presenta algunas lentes de arenisca de grano fino, pero principalmente constituido de gravas semiconsolidadas. Esta unidad incluye también a sedimentos gravosos (occidente de San Nicolás de Arriba) que conforman los remanentes de paleoabanicos aluviales y material coluvial; así lo indican los antiguos bordes de las sierras.

En la porción noroccidental comprende a la Formación Santa Inés, nombrada por Pantoja Alor (1963), para clásticos continentales que varían de gravas semiconsolidadas a conglomerados, con matriz arcillosa y limosa y cementante calichoso, depositada durante el Plioceno tardío al Pleistoceno temprano, que cubre discordantemente a la mayor parte de las unidades más antiguas y subyace a la unidad de aluvión. Sus depósitos de terrazas fluviales incluyen guijas y matatenas de caliza semi a bien redondeadas, de basalto, andesita, riolita o cuarcita. Mc. Leroy (1965); y en el área de San Juan del Río y Peñón Blanco, comprende a la Grava Los Llanos, de origen lacustre, en donde en partes cubre discordantemente a la F. Ahuichila, según Rodríguez Torres (1972a).

Su expresión morfológica es de lomeríos de pendientes suaves. se interdigita en la planicie con recientes depósitos aluviales (Pinos Altos), al noroeste de Nuevo Ideal, por lo cual se encuentra ampliamente distribuido en el Área y aflora también de manera esporádica en algunos cauces. Originados desde el Plioceno, continuaron depositándose durante el Cuaternario.

Cuaternario

BASALTO, Q (B).

Los estudios petrográficos reportaron plagioclasas sódicas y cálcicas, con minerales accesorios tales como olivino e iddingsita, microcristalino inequigranular; se encuentran en la región de Adolfo López Mateos, en la porción central; bajo esta clasificación quedaron englobados productos de diversos aparatos volcánicos; por lo cual, pueden ser también de composición andesítica-basáltica. La unidad ocurre en forma de derrames intensamente fracturados que siguieron cauces aluviales y presenta marcada exfoliación al norte de la presa Peña del Aguila. Análisis químicos realizados por Swanson et al. (op. cit.) resultaron cuarzo toleíticos; mientras que, los eruptados por el volcán La Breaña, según Sánchez (1978), son alcalinos, con xenolitos ultramáficos de tipos peridotita y piroxanita.

Los afloramientos mas extensos constituyen un malpaís con abundantes mantales, cubriendo planicies aluviales esbozadas en el Terciario, al norte y oriente de la Ciudad de Durango, norte de Canatlán, en Medina (Foto No. 5), y mayormente en el Valle de Guadiana.

BRECHA VOLCANICA BASICA, Q (Bvb).

Foca producto de la acumulación de piroclásticos de composición basáltica, con fragmentos escoriáceos, en donde los bloques y algunas bombas se encuentran englobados en una incipiente matriz de lapilli. La unidad es de color gris oscuro (Mesa Los Panuqueños, Canatlán, Cerro Santo Domingo) y constituye los aparatos volcánicos localizados al norte y oriente de la Ciudad de Durango. En el volcán La Breaña conforma los bordes internos del cráter principal, intercalados con capas de lapilli. Sánchez (op. cit.).

Toba Básica, Q (Tb).

Toba de ceniza basáltica, con algunos fragmentos líticos y escoriáceos, de color gris que intemperiza en un color rojizo, deleznable y con seudoestratificación al sur de Ricardo Flores Magón, con fracturamientos que atestiguan el colapso del estrato volcán La Breaña y cuyos depósitos representan el evento volcánico más reciente del área. También se encuentran afloramientos de tobas básicas probablemente no tan jóvenes en las cercanías de San Miguel de Cruces en el occidente del área cartografiada.

TRAVERTINO, Q (tr).

Depósitos carbonatados, productos de antiguos manantiales, por lo general son de color café claro; se encuentran bien compactados con un espesor aproximado de 1.5 metros al sur de Tuitán. Sobreyace a un conglomerado terciario de color rojizo, a rocas piroclásticas oligomiocénicas y se encuentra cubierto por una capa de 50 centímetros de suelo residual, de color negro.

-MATERIALES DISGREGADOS-

EDLICO, Q (eo). Constituido por arenas de grano fino, de cuarzo, plagioclasas y líticos, depositados en las cercanías del poblado El Arenal y las Lagunas Santiaguillo en donde se observó con estratificación cruzada.

LACUSTRE, Q (la). Alternancia de arenas finas y arcillas en capas delgadas, deleznales, en algunos sitios presentan horizontes de carbonatos y diversas sales, se acumuló principalmente en la cuenca de las Lagunas Santiaguillo.

ALUVIAL, Q (al). Depósitos aluviales que se localizaron en las porciones de bajo relieve topográfico y en los cauces de los ríos; están constituidos por fragmentos líticos y de minerales, con un rango granulométrico amplio y redondez que varía de subredondeados a bien redondeados (Nuevo Ideal, Santa Teresa e Hidalgo). En el área de Guadiana consiste principalmente de arenas bien graduadas, limosas, y arcillosas, así como gravas mal graduadas. Su espesor es posible que sea de varios cientos de metros e incluye a todos los sedimentos no consolidados, que en su base, fueron depositados desde el Terciario Superior. Se encuentra ampliamente distribuido en el área. En el Valle de Guadiana las formaciones terciarias principalmente procedentes de la región de Río Chico y Llano Grande, dieron origen a la Formación Guadiana (aluvión antiguo) que subyace a derrames basálticos cuaternarios, de limo arenoso, gravas y arcillas inorgánicas; Albritton (1958) lo sitúa a principios del Cuaternario, su expresión fisiográfica es de llanuras y lomeríos suaves, depositada en un fondo rocoso irregular de profundidad desconocida.

RESIDUAL, Q (re). Horizonte superficial de suelos arcillosos formados a partir de la meteorización de rocas basálticas principalmente cuaternarias. La unidad cubre depresiones en el malpaís al noreste de la Ciudad de Durango y norte del poblado Independencia y Libertad.



Foto No. 5

Panorámica de la Sierra La Silla y de los basaltos que se extienden en primer plano, en el costado norte de Medina.

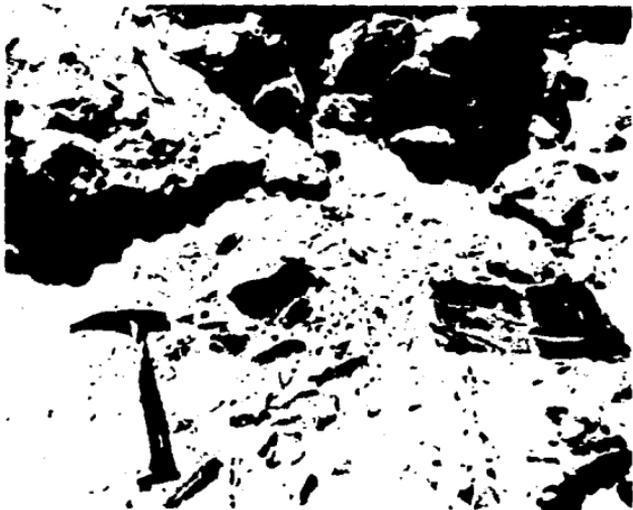


Foto No. 6

Conglomerado del Paleógeno, al norte de Peñón Blanco.

II.5 SINTESIS ESTRUCTURAL

La mayor parte del área conforma un flanco del conjunto de rocas volcánicas en su gran mayoría ácidas principalmente ignimbríticas; que constituyen la Sierra Madre Occidental, la cual es burdamente similar a un gran anticlinal suave asimétrico de rumbo NW 30°, cuyo limbo occidental más disectado presenta mayor inclinación (Wahl, Jr., 1976) y cuyas estructuras sobresalientes son del tipo de las calderas y domos riolíticos; además de numerosas fracturas y fallas, algunas con desplazamientos verticales de varias centenas de metros; dichas fracturas mantienen un rumbo preferencial noroeste 30°-sureste, como se puede observar en la fig. No. 2, mientras que las fallas presentan mayor desarrollo en el rumbo noroeste 20°- sureste, fig. No. 3.; en la cual; además se aprecia un rumbo subordinado noreste 60°-suroeste; también se encuentra afectada por un batolito del cual emanaron al parecer un conjunto de troncos. El basamento de la Sierra Madre Occidental está conformado por un núcleo posiblemente paleozoico de rocas con metamorfismo regional; por una cobertura mesozoica que incluye rocas epimetamórficas originadas en dominios de cuenca de retroarco en el poniente, (fig. No. 5), mientras que al oriente se observan sierras calcáreas con la orientación general de la Sierra Madre Occidental.

Para efectos descriptivos y de destacar las estructuras existentes en esta porción de la Sierra Madre Occidental, dividiremos al área en tres partes: La primera comprende aproximadamente la mitad oeste; a la cual llamaremos De la Gran Meseta; la segunda corresponde a un graben longitudinal alineado conforme a la orientación predominante de las estructuras del área, sur sureste

- nor noroeste; localizada en la porción central y que denominaremos Graben de Santiaguillo - Guadiana.

La porción restante se encuentra en el oriente, y a esta región la denominaremos De las Sierras y Llanuras de Durango; ya que coincide con la Unidad Fisiográfica homónima.

Estructuras de la Gran Meseta

En el área correspondiente a la Gran Meseta, se observa gran desarrollo en las fracturas y fallas; estas últimas con saltos menores que en los flancos de dicha provincia y con su correspondiente sistema regional ortogonal de diaclasas, este patrón conjugado, contiene sus componentes principales orientados predominantemente al nornoroeste los cuales en la esquina noroccidental adquieren una orientación francamente noroeste, donde así mismo destaca parte de una falla elíptica de proporción estimada mayor de 50 km y dos pequeñas estructuras también elípticas cartografiadas en el sur como fracturamientos anulares, indicativas de posibles bordes de calderas, tal como lo propone Garduño, et al. (1986) al norte del área que cubre el presente trabajo; las calderas están asociadas a la ocurrencia de las ignimbritas, (Yañez, 1984); sobresale así mismo un graben angosto que cruza el área orientado al nornoroeste, cuya porción norte está inclinada hacia Santiago Papasquiaro; dado que hacia esa parte predomina la acumulación de material conglomerático, dejando al descubierto en la ladera noreste a rocas cretácicas pelítico-calcareas. En dicho graben han labrado sus cauces los ríos Santiago que drena hacia el norte y el Chico que fluye hacia el sur; en los valles de Tennerapa y Otinapa respectivamente.

En la Gran Meseta se observaron ventanas de erosión de la

granodiorita que conforma comúnmente el batolito de Sinaloa, Damon et al., 1981(84).

La secuencia volcánica ignimbrítica tabular de aproximadamente 3000 metros de espesor que constituye el núcleo de la Sierra Madre Occidental tiene sus peculiaridades, pues en ella se señala la coexistencia de vulcanismos de tipo compresivo (andesitas) y distensivos (ignimbritas) en una zona de rift atrás de un arco andesítico, Demant y Robin (1975); dicha secuencia la caracteriza además el magmatismo cuyas fases están definidas de la siguiente manera: calcoalcalina cretácica, vulcanismo calcoalcalino oligocénico, emisiones ignimbríticas predominantemente miocénicas, basáltico alcalino pliocuaternario relacionado con la formación de bolsones, así como el desplazamiento de fallas normales con orientación primordial al noroeste asociado a un sistema conjugado de diaclasas que constituye la neotectónica "basin and range" ligada ésta a la apertura del Golfo de California y corrimiento de San Andrés.

Los pseudoestratos generalmente presentan rumbos alineados a los patrones disyuntivos cuando se encuentran inclinados, lo cual es frecuente que sea al oeste en la porción occidental, sin embargo la mayor parte de esta pseudoestratificación se mantiene en posición horizontal; mientras que la secuencia volcánica está inclinada al oriente a partir del borde que constituye la principal masa rocosa de la Sierra Madre Occidental, parcialmente afectada por fallamiento y deformación dómica (Rodríguez Torres, 1972a), es decir en el área, el conjunto al occidente a partir de la Sierra Cacaria.

En el área de San José se cartografió una veta de aproximadamente 5 km de longitud con orientación al noreste, de la cual

se extrae a nivel de gambusinaje estaño y manganeso.

Las rocas volcánicas del Cretácico-Terciario se encuentran afectadas además de los procesos disyuntivos regionales, por un diaclasamiento acentuado, leve combamiento así como alteración en diversos grados, de los cuales en la Sierra Madre predominan las zonas de oxidación, silicificación, potásica, filica, argilitización avanzada y propilitización, Bustamante et al. (1986); Silva (1981); Ortiz et al. (1984); Gamiño et al. (1986); Garduño (1980).

El vulcanismo andesítico finicretácico-paleocénico mantiene una conspicua y distintiva pseudoestratificación, con un sistema regional conjugado de diaclasas de tensión, que a nivel de afloramiento se manifiesta con una retícula ortogonal y visible huella de alteración quíca neumatolítica. Probablemente asociadas a las estructuras previas al vulcanismo ácido ignimbrítico de la Sierra Madre Occidental, se presentan deformaciones tectónicas epimetamórficas que originan rocas metavolcánicas en la secuencia que se encuentra en Espadañal, al norte de Tayoltita. La mineralización aurífera en las andesitas laramídicas está relacionada con el emplazamiento de diversos cuerpos en las áreas de Basis, La Prieta, Trinidad y Tayoltita.

Estructuras del Graben Santiaguillo - Guadiana

La porción central del área, correspondiente al Graben de Santiaguillo-Guadiana, propuesto por y relacionado con las fallas normales cercanas, cuyos alineamientos estructurales conservan la orientación predominante noroeste, actualmente rellenada por depósitos más recientes y rocas efusivas basálticas principalmente cuaternarias.

En la parte central se infirió y cartografió el rasgo circular que corresponde al núcleo de la Caldera de Chupaderos, (Swanson et al., 1978), que fué recubierta posteriormente por efusiones de la Formación Garavito así como por formaciones más jóvenes (Swanson et al., op. cit.) de aproximadamente 8 km de diámetro, esta dimensión en dicha caldera es presumiblemente mayor de 25 km.

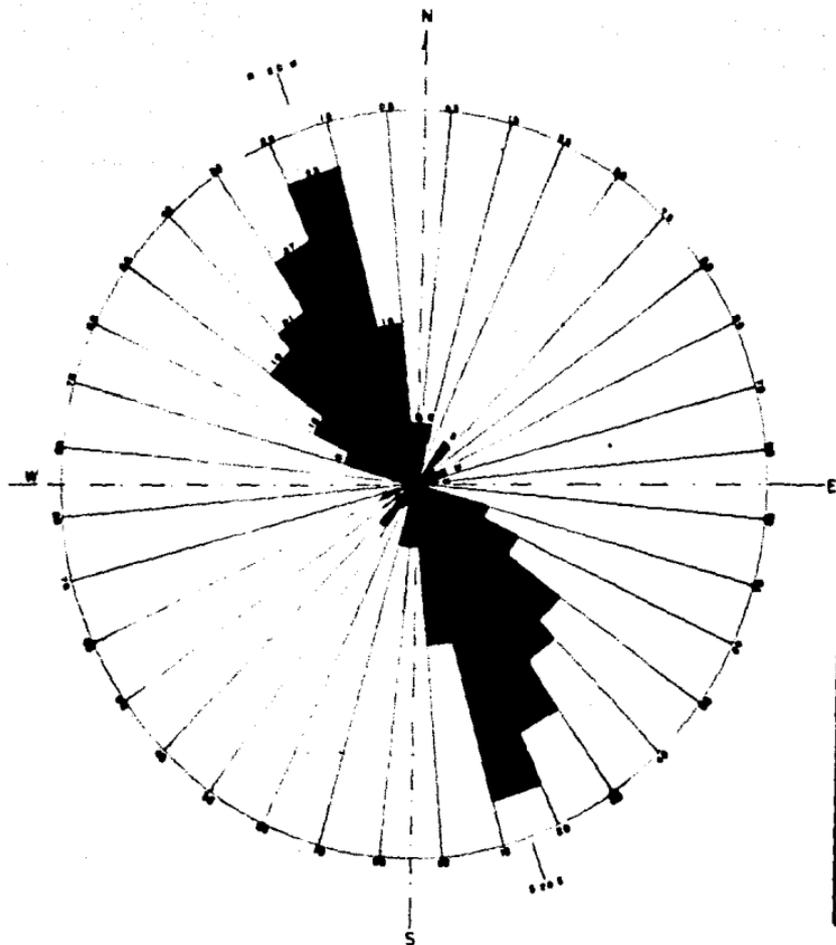
Como consecuencia de una fase distensiva se generaron dos amplios "grabens": De las lagunas Santiaguillo en la porción septentrional, y el de Guadiana en la austral; sus límites en el occidente lo constituyen las fallas que bordean las sierras de El Epazote en el norte y de Cacaria en el sur. El límite oriental lo delimitan las fallas que truncan las sierras de Coneto y Cañas, sus límites en el área de Donato Guerra, son imprecisos; sin embargo, es posible que exista una falla delineando la Sierra de la Silla, ya que esta presenta desarrollo de volcanismo basáltico en el borde, donde la pseudostratificación horizontal se vé interrumpida sin rasgos de basculamiento hacia el valle; en el sur la margen oriental del Graben Santiaguillo-Guadiana está limitada por las fallas aisladas que se presentan en El Toboso y El Arrenal, siguiendo aproximadamente el curso del río El Tunal, juntamente con la interrupción de los derrames basálticos cuaternarios.

La porción oriental contenida dentro de las Sierras y Llanuras de Durango, se presenta como bloques fallados aislados coronados por los depósitos oligomiocénicos.

Montañas falladas emergen de los valles extensos, en algunos casos como el de la Sierra La Pila se encuentran prácticamente cubiertos por los depósitos recientes; en esta parte se observa la

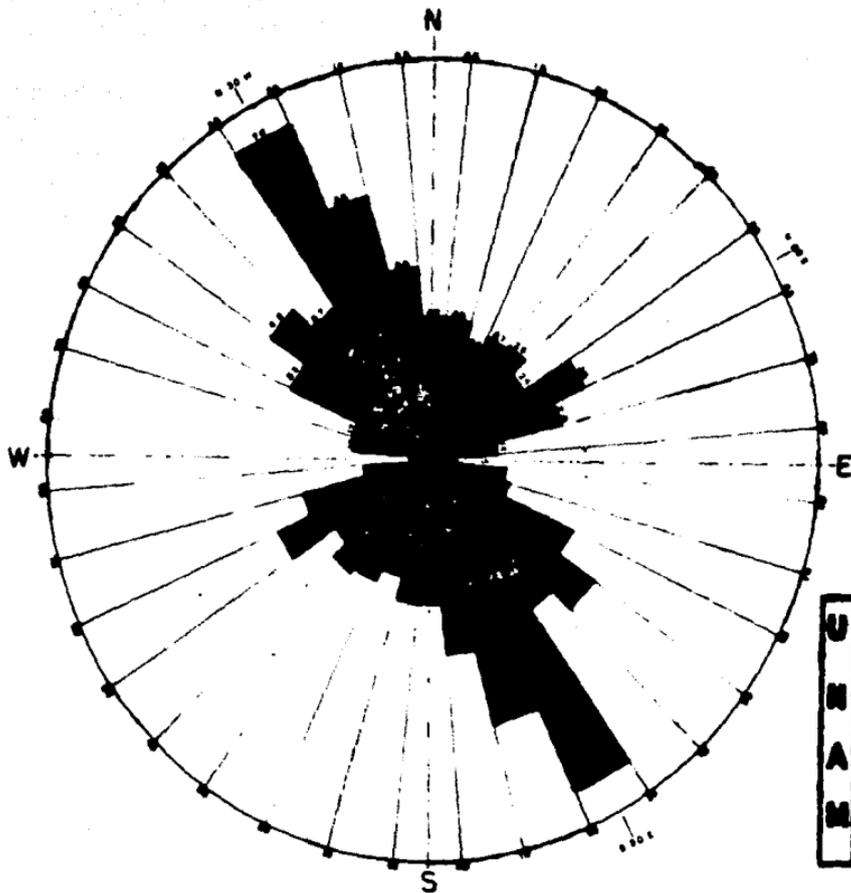
parte del área queda dentro de la Secuencia Mezcalera y Arco Volcánico, que con planos de cizallamiento subhorizontal y pliegues recostados, anisótropos y rotos, que con la Sierra de Baluarte al norte, se sobrepone tectónicamente contra la Sierra de Yerbanis (en el noreste del área), la cual pertenece a la Secuencia Parrense. En este tiempo tiene gran relevancia el emplazamiento del Batolito de Sinaloa que conforma probablemente un arco magnético en la margen occidental de la Placa de Norteamérica. En el Mioceno culminó la edificación de lo que es propiamente la Sierra Madre Occidental, evento singular en el planeta, que al parecer cesó simultáneamente junto con el proceso de subducción según Mc. Dowell y Clabaugh, 1981 (84); otros autores como Atwater (1970), suponen que continuó hasta el Plio-Cuaternario.

Se evidencia así mismo una fase mio-pliocuaternaria, de carácter distensivo, evidentemente basáltica, responsable de la creación del "rift" del Golfo de California, sistema de San Andrés y de la estructura "basin and range" (Summer, 1972) y representada por las emisiones piroclásticas y lávicas, que constituyen uno de los rasgos más notables del área, así mismo se refleja por un sistema de fracturas orientadas al norte y noreste, que propició volcanismo en forma de derrames fisurales y que además dió lugar principalmente como ya se mencionó a fallamiento en bloques, originándose en esta época las estructuras tipo horst, graben y semigraben, agrupando a un volcanismo alcalino en el noroeste de la República Mexicana (Pinacate, B. C., Magdalena, Son., Choix y Mazatlán, Sin., así como en varias localidades de los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas) para constituir con el occidente de México parte de la margen y gran Provincia Pacífica.



Total de fallas: 167

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	DIAGRAMA DE FRECUENCIAS DE FALLAS	
	TESIS PROFESIONAL	
	MANUEL CRUZ PIREDA	
	RODOLFO NAVA VILLALBA	
	FIG. No. 6	1960



Total de fracturas=850

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	DIAGRAMA DE FRECUENCIAS DE FRACTURAS	
	TESIS PROFESIONAL	
	MABUEL CRUZ PIREDA	
	RODOLFO NAVA VILLALPANDO	
	FIG. No. 2	1000

II.6 EVOLUCION GEOLOGICA

a) Bosquejo global

Para explicar mejor el marco de evolución geológica, haremos una breve remembranza de lo que probablemente ocurrió globalmente, a partir de los conceptos de la tectónica de placas y de acuerdo a la reconstrucción de las masas continentales propuesta entre otros por Bullard et al. (1965), Dietz y Holden (1970), así como Engel et al. (1982), quien tomó en cuenta entre otros aspectos la coincidencia de los alineamientos de las cordilleras más antiguas (600 a 300 m. a.).

Al comienzo del Paleozoico, aproximadamente la mitad de las áreas emergidas estaban agrupadas en un supercontinente llamado Gondwana, que incluía áreas positivas que posteriormente llegarían a pertenecer a la Antártida, África, América del Sur, Australia, India, Irán, Arabia y Florida, los demás continentes pequeños, se encontraban cercanos a la latitud ecuatorial, (L. Eicher and Lee Mc. Alester, 1980). Uno de estos protocontinentes ancestrales era Laurentia, que representa aproximadamente la mitad de la actual Norteamérica, incluido allí el norte de México; al suroeste de ella se encontraba Báltica (de tal modo que mediaba entre Laurentia y Gondwana) que llegaría a ser Europa, mientras que al sur se situaban Avalonia y Amórica, las pequeñas masas terrestres involucraban corteza que constituirían posteriormente Siberia, China y Kazakhtania.

Al inicio del Ordovícico, Báltica y Laurentia empezaron a aproximarse, con la subducción de la placa oceánica que se encontraba entre ellas, apilándose las secuencias marinas y de arcos de islas, de tal manera, que al colisionar finalmente en el Devónico-Silúrico, formaron en nuestro continente entre otras la porción sur de los Estados Unidos.

A principios del Carbonífero, Gondwana al derivar hacia el norte empujó a Avalonia y América contra Laurussia (Laurentia-Báltica), al colisionar con Gondwana se originó el supercontinente Pangea, hacia el fin del Paleozoico. Así al estrecharse el océano entre estas dos masas terrestres (Mesogea) resultó que parte de lo que posteriormente sería África septentrional se encontraba unida al sur de Europa y soldada prácticamente al oriente de Norteamérica, mientras que América del Sur probablemente oprimía el borde austral de Norteamérica con una microplaca que actualmente conforma el basamento de la península de Yucatán, aunque el origen de esta última es materia de mayor especulación por constituir una porción antigua, que se conoce únicamente por estudios de subsuelo.

En el Mesozoico, a mediados del Triásico, el mar de Tethys penetraba en el oriente de Pangea, entre Eurasia y África, cuando ya la mayor parte de los continentes se hallaban distribuidos aproximadamente en su posición hemisférica. En el Jurásico temprano, el Mar de Tethys, constituía así mismo un entrante entre Norte y Sudamérica, bordeando el noroeste de África, de tal manera que ya se distinguía en el norte Laurasia y en el sur se agrupaban en Gondwana pero ya desmembrándose África-Sudamérica, Antártida-Australia y la India iniciaba su larga deriva hacia el norte. Se establece la apertura del Golfo de México en el Jurásico Medio, Damon et al., 1981 (84). En el Cretácico se reactivan vigorosamente los antiguos límites de placas continentales que seguían funcionando en unas partes de manera divergente y en otras convergente, se inicia así la apertura del Atlántico.

Procesos de erosión y sedimentación subsiguiente continuaron modelando el paisaje, las secuencias sedimentarias alcanzan en algunos lugares más de 6000 metros de espesor, como es en la región del río Mississippi, así como de los

diversos ríos que confluyen, para ir colmando en forma paulatina el protogolfo de México.

A principios del Cenozoico, el Océano Atlántico se comunicaba con el Pacífico a través de un amplio Mar de Tethys, éste al occidente vino a constituir el Mar Mediterráneo, la India se hallaba a medio camino entre la Antártida y Eurasia, mientras que Australia derivaba a partir de la Antártida hacia el norte. L. Eicher and Lee Mc. Alester (op. cit.).

Provincias Tectónicas y de sedimentación del Paleozoico.

Para el Paleozoico, en Norteamérica se definen el Cratón de Norteamérica como núcleo bordeado en el sureste por el cinturón orogénico Apalachiano-Quachita-Manathon y en el borde occidental, la Faja o Geosinclinal Cordillerana (Cordilleran Thrust Belt and Western Collage). Cebull et al., 1980.

Los eventos deformativos ocurrieron en diferentes épocas en las tres grandes provincias de Norteamérica: para el cinturón orogénico Apalachiano-Quachita-Manathon, tuvieron lugar durante el Misisípico y afectaron en gran medida su faja interna, en tanto que la zona externa o frontal casi no presenta metamorfismo, está caracterizada por contener flexiones y fallas inversas, con una aparente existencia de continuidad sedimentaria del Cámbrico al Devónico. La Faja Cordillerana se distingue por su gran actividad ígnea, similar a la que se establecería en el borde Pacífico durante el Mesozoico; también se han identificado además dos episodios de deformación orogénica para esta región, el primero denominado Orogenia Antler, definida por Roberts et al., (1958) para el Devónico-Misisípico Temprano en el área de la Gran Cuenca de Nevada; y el segundo en el Pérmico - Triásico Medio (Orogenia Sonora), interpretados por Dickinson (1979) como sendas colisiones de arcos intraocénicos

contra el dominio de margen pasiva de la Cordillera Norteamericana, emplazando alóctonos en las Montañas Roberts y Galconda contra la secuencia miogeoclinal cordillerana. En el Cratón de Norteamérica, se infiere únicamente un tectonismo, por el cambio abrupto de la facies de carbonatos de plataforma depositadas en el Cámbrico-Devónico a terrígenos en las cuencas intracratónicas a fines del Paleozoico.

El choque de las placas sudamericana-africana con Norteamérica, dió por resultado la emersión gradual de las rocas antiguas en gran parte de nuestro país, Damon et al., 1981(84), que al efecto combinado del traslado de masas continentales del noroeste, por medio de fallas laterales izquierdas (Pilger Jr., 1978; Walper, 1980; Anderson y Schmidt, 1983), lograron la integración de la mayor parte de la corteza continental de México, Centroamérica y el Caribe.

b) Evolución geológica regional

Al occidente del área en el estado de Sinaloa, Servais et al. (1982) reportan entre otras la fase tectónica del Paleozoico temprano (?), representada por series básicas polimetamorfizadas (metatobas, metalavas con pelitas negras y metacuarcitas) de El Fuerte de Mazatlán, que corresponden a sartas de escamas de corteza oceánica y a secuencias de fosas que fueron sometidas a gran presión y por lo tanto, indicativas de antiguas zonas de subducción, las cuales sobreyacen a un basamento posiblemente precámbrico muy metamorfizado, de gneises con anfibolitas y dioritas (Gneis de Sonobari y Sierra de San Francisco?) y que en conjunto conciernen a zonas de carácter ofiolítico; aquellas, sobreyacidas a su vez por lutitas del Carbonífero menos metamorfizadas, en el área de San José de Gracia, Carrillo (1974 in Servais et al., 1982).

Aranda (1985) atribuye el metamorfismo presente en la región (área de Evolución geológica.

Santa María del Oro, Dgo.) a la Orogenia Antler; cabe hacer notar que, fechamientos hechos por el método de Rubidio/Estroncio en el complejo basal del pozo Mayrán, al oriente de San Pedro de las Colonias, Coah., en rocas volcánicas con metamorfismo, registran una edad de 199±20 m.a., (Eguiluz, 1985); al oriente del área, en el Carbonífero - Pérmico, existieron ambientes marinos de plataforma, con acumulación de sedimentos calcáreos, los cuales incluyen arenitas e impresiones de tallos de crinoides (región de Acatita - Las Delicias, Coah.); dicha sedimentación en mares someros estuvo acompañada con depósitos volcánicos.

La evolución geológica del área se remonta a la Era Paleozoica, de la que se tiene en esta parte un conocimiento escaso, debido a lo limitado de sus afloramientos, aunado a que no existe información de subsuelo; en la porción central, Garduño y Zaldivar (1984b) reportan un fechamiento del Paleozoico, para una pequeña localidad previamente reportada por Cetena (1977) en las cartas geológicas 1:50 000: Donato Guerra, Dgo., G13 D62; y San Juan del Río, Dgo., G13 D62; (Cetena, 1977b). Este basamento paleozoico del área está formado por rocas de metamorfismo regional que afloran como se dijo en la porción central, cerca de Donato Guerra, así como posiblemente de cuarcitas, como lo sugieren algunos líticos contenidos en los volcanoclasticos del área de Cajetas, aproximadamente 20 km al oriente de la Cd. de Durango.

A comienzos del Mesozoico, una de las placas paleopacíficas (Farallon comenzó a acrecionar bloques de corteza contra la costa occidental de Norteamérica. Existen evidencias del establecimiento de un arco magmático de tipo andino en Nevada y Mojave en el Triásico Medio. Damon et al., 1981 (84), como un sistema de arcos-fosa de márgenes continentales, que resulto de la subducción de la litosfera oceánica bajo una placa continental.

En el Jurásico el "megashear" Mojave-Sonora, propuesto por Silver y Anderson (1974), juxtapone dos terrenos metamórficos precámbricos en una zona de corrimiento lateral izquierdo. M. Tandy (1980) divide al país en dos grandes regiones de naturaleza contrastante, que denomina dominios y conjuga conceptos acordes con la tectónica de placas y del ciclo geotectónico tradicional; en su interpretación incluye a la región occidental de México dentro del "dominio cordillerano", el cual evolucionó como un arco vulcano plutónico relacionado con la subducción de la placa Farallón; en tanto que considera a la región oriental dentro del "dominio tethysiano" comprendida aquí la Sierra Madre Oriental-Planicie Costera del Golfo de México y en donde predominan los sedimentos transgresivos jurásicos.

La acreción en el borde occidental de Norteamérica adquirió mayor importancia durante el Jurásico en el Geoclinal de la Costa Norteamericana del Pacífico, y es en este período cuando existen evidencias de un fuerte evento (Orogenia Nevadiana) que afectó mayormente el occidente de las Montañas Rocosas, acompañado de metamorfismo y acusada por una deformación intensa.

En el área de Santa María del Oro, Dgo., Aranda et al. (1988) reportan palinomorfos del Jurásico Temprano, en metasedimentos negros de la Formación Gran Tesoro, que contrasta con los fechamientos hechos en los esquistos de muscovita (326 ± 26 m. a.), ya que se encuentran en contacto tectónico, aquellos podrían tratarse de olistolitos, según la interpretación de Equiluz y Campa (1982).

En el occidente de México, se infieren las raíces de un arco, en una secuencia metabásica de esquistos verdes probablemente del Jurásico Medio-tardío y Cretácico temprano (?), representando la continuación del Arco Insular Alisitos de Baja California y Sonora; que en Sinaloa aflora en las áreas de Recu-

nato, Pericos, Alisitos y Culiacán, conspicuo en el área de El Fuerte, donde es una sucesión de metabasaltos y metaandesites (en Alisitos y Culiacán). El Arco Insular Sinaloa, Fig. No. 4, (Servais et al., 1982), representa diversas unidades de borde, cubierta y corteza oceánica, que afloran principalmente en la región de Bacurato; la cubierta del Cretácico temprano, (F. Bacurato), es una secuencia de alrededor de 1 000 m. de grauvacas, tobas, conglomerados y pelitas negras más frecuentes en la base, con diques andesíticos plegados; que hacia la cima se torna más calcárea, para estar finalmente cubierta por un horizonte de caliza masiva en posible concordancia; la unidad de corteza oceánica (o mar marginal) denominada unidad ofiolítica Pueblo Viejo y de borde o fosa profunda, consiste en depósitos pelágicos en foronui, incluye así mismo tobas finas y radiolaritas del Cretácico Inferior (Ortega et al., 1979, C.R. M.; Servais y Rojo, 1981) con metamorfismo de facies esquistos verdes atribuidas a la orogenia laramídica que afectó poco a la cobertura mesozoica, es durante el Cretácico Tardío cuando en México se infiere con mayor claridad en el "dominio cordillerano" el establecimiento de un borde de arco de tipo andino (Damon, et al., op. cit.).

Conforme la Placa Farallón se hundía, la resistencia aumentaba a tal punto que combó la plataforma continental y levanto las Montañas Rocosas en EE.UU. y la Sierra Madre Occidental en México, consolidando de paso el continuo emplazamiento del batolito de Sinaloa, donde el Arco Magmático Mesozoico trunco las alineaciones de los sistemas Cordillerano y Quachita, dicho emplazamiento ocurrió en una posición aproximada a la que se há ubicado el "mega-shear" Mojave-Sonora.

En el Jurásico Tardío, se originan en las áreas vecinas y posiblemente en algunas partes del subsuelo del área cartografiada, depósitos clásticos y

calcáreos claramente discordantes de las formaciones La Gloria y Zuloaga, representando la mayor parte de este tiempo quizá una área de erosión o no depósito; mientras que hacia el noreste se origina en este lapso una predominante transgresión (Eguiluz, 1985).

Afin a la franja de magnetismo calcoalcalino del Jurásico-Cretácico, se desarrolló una cuenca de retroarco, con sedimentos que constituyeron calizas, lutitas y areniscas, cuyos volcánicos disminuyen hacia el oriente, mientras que hacia el sur, se interdigitan con la secuencia de la Cuenca Mesozoica de México, Morán (1986). Quedando definida de esta manera, el área cartografiada está comprendida dentro de los límites del "Arco Volcánico Tarahumana", Araujo, et al., (1984), al que posteriormente denominaron "Tarahumana-Sonorense", Araujo et al. (1986), localizada en la porción austral de Chihuahua y septentrional de Durango, esta secuencia abarca el intervalo Jurásico Tardío-Cretácico (Grupo Mezcalera), intensamente deformada, con recostamientos y cabalgaduras que acusan notable vergencia hacia el noreste (Morán, op. cit.); de esta manera se define el antiguo Mar Mexicano al oriente, donde la transgresión anteriormente mencionada se ve interrumpida por continuos rejuvenecimientos de las áreas positivas del este (paleopenínsulas); la sedimentación de carbonatos que se generalizó al oriente como un segundo periodo, se reanudó en algunas partes, sin embargo en otras, la tendencia pudo ser de continuidad, Contreras, et al. (1988). Respecto al área, en la región de Tayoltita, Randall (1972a) señala la presencia de la Caliza Espadañal, del Cretácico, asociada a rocas metavolcánicas, indicativo de un desarrollo calcáreo intercalado en la secuencia volcánica de arco, cuyos escasos registros microfauales parecen indicar una interrupción hasta el Aptiano, por otra parte existen también pequeños afloramientos no cartografiables de calizas masivas en la porción central del

área, al noreste de los afloramientos de San Lucas de Ocampo, que podrían ser representativos de este aparente hiatus en el Neocomiano (Valanginiano-Barremiano), lo que significaría por otra parte, la prolongación del período de reintrusión magnética y levantamiento, congruente con la mecánica de emplazamiento del Granito Magistral en el área de Hidalgo del Parral, Chih., también denominado batolito "Cuarenta-La Farrita" (Exploder, 1985) fechado por Damon con 199 ± 7 y 155 ± 3 m.a., que produjo en las rocas metamórficas de esa área (Esquisto Pescaditos) diafóresis a nivel regional y metamorfismo de contacto a nivel local (Aranda, 1985) y que originó también hornfels cuarzo-feldespáticos; en el área de San Lucas de Ocampo, Garduño menciona intrusivos terciarios, lo que evidencia la continua presencia de rocas plutónicas en el área.

En el Aptiano Superior, Eguluz (op. cit.) indica una modificación en el régimen sedimentológico en el denominado Mar Mexicano, donde un gran volumen de arcillas sustituye la sedimentación de carbonatos, que se depositaba al oriente del área cartografiada, coincidiendo dichos depósitos terrígenos con la separación de las placas africana y sudamericana.

En el área de estudio persisten los depósitos de terrígenos tipo flysch, de facies de talud y de plataforma relativamente profundas durante el Albiano Medio al Danoniano Inferior, representados por el Grupo Mezcalera.

Un evento tectonosedimentario ocurrido en el Cretácico tardío, caracteriza las secuencias flyschoides en la mayor parte de México, reflejo de una continua inestabilidad provocada quizá por el emplazamiento de los batolitos occidentales (Gastill, et al., 1981).

Se inicia la emersión del Mar Mexicano entre los 100 a 80 m.a. con el cambio de dirección tangencial a frontal de la placas de Norteamérica con respecto a la Farallón, experimentando una disminución en el ángulo de sub-

Un levantamiento gradual de occidente a oriente ocurre durante el Cretácico Superior-Paleógeno en el noroeste de México, asociado a un vulcanismo calcoalcalino y plutonismo, debidos quizá a la subducción de la Placa Farallón en el borde occidental de Baja California, este tectonismo compresivo cambió el régimen de sedimentación para el oriente de México. Moran, (op. cit.)

Posiblemente contemporáneo a la Orogenia Laramide, ocurrió un evento volcánico, representado por derrames andesíticos en la región de Tayoltita, que constituyó al Complejo Volcánico Inferior de Mc. Dowell y Clabaugh, (1972) indicativo de las primeras emisiones lávicas del gran campo volcánico singular que constituye la Sierra Madre Occidental.

El levantamiento continental, que se hizo más evidente en el Cretácico tardío, continúa hasta el presente, dicho levantamiento dejó una superficie de erosión inclinada al oriente, que determinó la paleogeografía cretácico terciaria de gran parte del país; originado como respuesta quizá a los ajustes isostáticos este levantamiento estuvo ligado a la migración del arco magnético al oriente, quizá como consecuencia del cambio en el movimiento de las placas Farallón-Pacífica en relación a Norteamérica; al respecto Damon et al., (op. cit.) indicaron que hace 90 m.a., el arco magnético mesozoico tuvo un rápido incremento en su progresión al oriente, como resultado de la aceleración de la convergencia de placas entre 90 a 40 m.a. (del Cretácico tardío al Eoceno temprano), que a partir de la trinchera se internó en el continente desplazando la generación magnética al oriente, para retornar finalmente a la zona costera hace aproximadamente 20 m.a. (Mioceno temprano), debido probablemente a la disminución en la velocidad de convergencia de las placas involucradas (Coney y Reynolds, 1977; también se interpreta esta regresión, como el paso de Norteamérica sobre una placa tectónica subducida más caliente y más delgada

que aunado a un levantamiento continental resulto en una profundidad menor de generación magnética lo cual produjo quizá la expulsión del inmenso material volcánico piroclástico-ignimbritico riolítico calcoalcalino, cuyo cese Daron, et al., (op.cit) lo refieren al Mioceno Medio; por otra parte desde un punto de vista geoquímico, en las andesitas de la región de Estacillas se observó que en la proporción de álcalis, los porcentajes isotópicos de Sr indican interacción significativa de magmas primarios con la corteza radiogénica anterior, Cameron et al. (1987).

De un análisis de afloramientos en la Sierra Madre Occidental, se observa que la secuencia volcánica oligomiocénica descansa discordante e indistintamente en un paleo-relieve conformado predominantemente de rocas metamórficas paleozoicas, plutónicas meso y cenozoicas, de flysch cretácico tardío y "molasse" continental paleógeno (Fig. No. 5); Córdoba (1986) refiere seis unidades litoestratigráficas oligocénicas por fechamientos K/Ar (entre 31.8 y 28.6 m.a.) a las cuales suprayacen riolitas y domos riolíticos, así como basaltos de hace 12 m. a.; sería interesante estudiar aparte de los reportes de edades absolutas para este evento volcánico, los escasos indicios de edades relativas que nos brinda la Sierra Madre Occidental, los autores del presente estudio, durante algunos trabajos de campo, tuvieron noticias que en el área de Ratia, al sur de Santiago Papasquiaro, existían afloramientos con troncos petrificados, lo cual no es raro hasta cierto punto, pues Martínez Sanchez, Munguía Alzúpura y Gómez Sosa (URAMEX, 1981), describen características un tanto especiales en el miembro T₂ de la Formación El Salto por ellos denominada, en donde mencionan estructuras tales como huellas de corriente y restos de materia orgánica petrificada (fragmentos de madera), en el Cerro de la Montosa, en la parte central de la Sierra de Coneto.

Posteriormente fallamientos regionales como una consecuencia de la distension ocurrida en las placas litosféricas recientes, originan las "cuencas y sierrras" que se expresan en el tipo de disyunciones observadas en el área; donde se rellenan los grabens con grandes cantidades de material aluvial, acompañados estos con derrames basálticos fisurales de origen primario.

En el área, las Graves Los Llanos (Enciso de la Vega, 1968) y el Aluvión Antiguo de Albritton (1958) cuyos componentes son de similares características, indican un proceso de levantamiento y arqueamiento de las rocas volcánicas cenozoicas medias o tardías de parte de la secuencia oligomiocénica, denominadas por Enciso de la Vega (1968) y Rodríguez Torres (1972a).

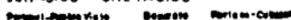
TURONIANO



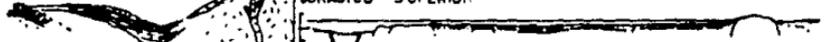
CRETACICO INFERIOR



JURASICO - CRETACICO



JURASICO SUPERIOR



COMPLEJO OFIOLITICO PUEBLI-PUEBLITO
 Sables finos, Tóbas y calizas finas
 Liras alabástricas
 Conchales filicinas (Bolaris-Bolinas)
 Sables y areniscas

COMPLEJO SANGRE DE TOROS Puzos - Calmas
 Calmas de platinas
 Calmas con pedras
 Tóbas con rocas finas y gruesas

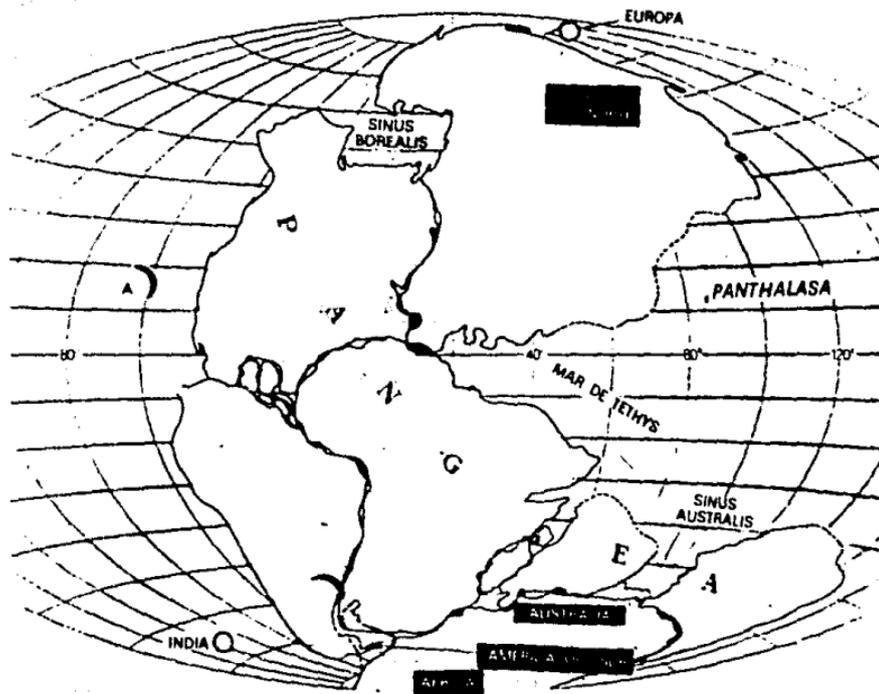
ARCO DE SILES
 Micas azules y Siles blancos
 Ultrabásicas

PALEOGENICA MEXICANA
 Lutitas y arcillas
 Margas
 Conchales pedregos de Siles
 Calmas con Siles de pedras y lutitas
 Calmas pedregas
 Micas de alto rango
 Arcillas

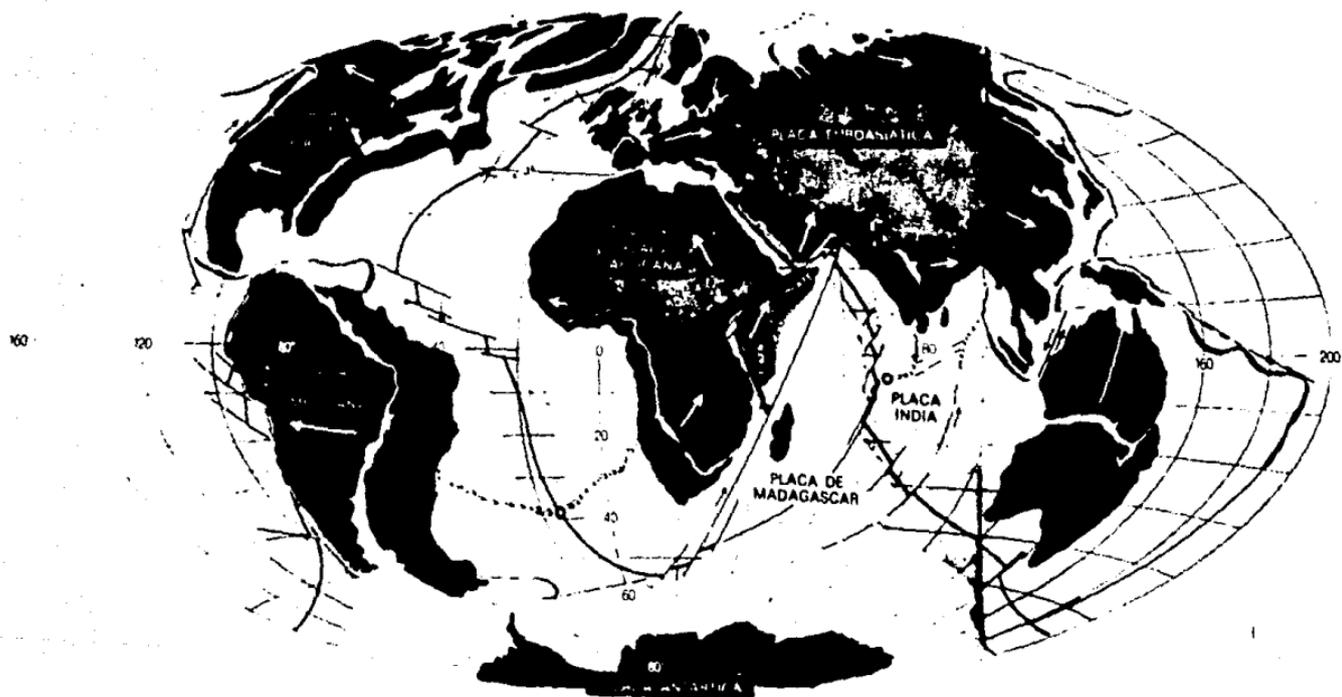
CUATERNARIA
 Tóbas y Siles blancos
 Sables finos y calizas
 conchales

FIG. No 4
SECCION REGIONAL SINALOA-ZACATECAS

M. Servat-E. Cuevas, 1981
 en Servat et al. (1982)



Segu'n Robert S. Dietz y Jhon C. Holden, 1970.



Segu'n Robert S. Dietz y Jhon C. Holden, 1970.

noroeste de El Salto, Dgo. Smith Jr. (1972) señala que las vetas se encuentran en la "andesita productiva" cretácico terciaria, a la cual se le aprecia un espesor de 500 metros aproximadamente, dicha andesita es de color gris con tonalidades rojizas y moradas, en donde se presume que las soluciones hidrotermales ascendentes provinieron de magmas granodioríticos. Se tiene una alteración intensa propilitica que enmascara las vetas en forma de zonificación masiva de epidota-albita-clorita-calcita, misma que penetra aproximadamente diez metros en la roca encajonante con abundante cuarzo como mineral de ganga y además presenta bustamita y adularia. Los sulfuros constituyen menos del cinco por ciento del material de las vetas, reemplazados en parte por argentita, jalpaita, estromeyerita, plata nativa y electrum, con escasas sulfosales de plata, el oro nativo se encuentra en cantidades muy reducidas, siendo la relación de plata-oro de 50 a 1, con mayor cantidad de oro presente en el electrum (Wahl, 1976).

Distrito de San Dimas (Au, Ag)

En el distrito de San Dimas los yacimientos de oro y plata están relacionados de algún modo con la actividad magmática intensa ocurrida en esta área (Iaramídica), de carácter hipogénico, cuyas manifestaciones de minerales secundarios, debidas a oxidación y enriquecimiento supergénico son incipientes y caracterizados por un complejo y abundante sistema de vetas descapotadas por la erosión que há permitido el acceso a estos criaderos minerales de gran riqueza; pertenecientes a la Provincia Metalogenética de oro y plata de la costa del Pacífico. La estructura geológica

principal es de tipo dómico o de suave plegamiento tipo anticlinal sensiblemente orientado al norte y atribuido al emplazamiento batolítico de la Sierra Madre Occidental; las vetas en este distrito están confinadas a estructuras perpendiculares a las fallas mayores, irregulares, cuyo sistema regional varía entre los rumbos 40°-90° NE, con rumbo promedio N 69 °E, con varición de echados de 45° N a 45°S y promedio estimado de 85°N; existen cinco sistemas de vetas locales: Arana, Guadalupe, Cinco Señores, Escondida y Candelaria; el sistema Arana es la veta mas productiva o veta madre, su rumbo varía de N-S a N 15° W, con echado en superficie entre 70 y 80° hacia el este, a profundidad se invierte pues este se proyecta 75 a 85° hacia el oeste; las vetas Arana, Promontorio, Peña, Santa Rita y Tecolote son paralelas a las fallas mayores y por lo tanto perpendiculares al sistema regional de vetas. Las formaciones encajonantes son: Riolita Socavón, Buelna, Riolita Portal, Andesita Productiva, Intrusivos Candelaria y Granito Piaxtla. Existe un "horizonte de mineralización metálica", donde juegan un papel importante la competencia e intensidad de fracturamiento en la depositación mineral; el carácter químico y mineralógico de las rocas de respaldo es de menor importancia; como única evidencia de un incipiente enriquecimiento supergénico han sido los reportes de masas de pirargirita cercanas a la superficie; los minerales secundarios metálicos son: Cerargirita, bornita, calcosina, stromeyerita, covelita, argentiata y plata nativa; los no metálicos: mineral amarillo, pirolusita, limonita, malaquita, yeso, calcita y caolín, donde el mineral amarillo según Richard Moore (in Lozano, 1966) es un silicato de

plomo y aluminio con elementos accesorios tales como Mn, Ca, Ba, Zn, Ag, con trazas de Os, Va, Ga, As y Mg, se trata quizá de un mineral nuevo. La paragénesis mineral es muy compleja y de difícil determinación e interpretación por la escasez de mayores datos y de estudios microscópicos en superficies pulidas, sin embargo Lozano (op. cit.) reportó la siguiente sucesión mineral:

1a. Etapa de deposición de cuarzo blanco y gris cementando y reemplazando líticos presentes en las vetas, con pirita diseminada; debida quizá a la intensa silicificación y cloritización algunos líticos andesíticos se presentan como sombras grises dentro del cuarzo blanco; epidotización acentuada de las rocas encajonantes a expensas de una antigua cloritización.

2a. Etapa de fracturamiento de vetas; depositación rítmica de cuarzo, rodonita y clorita negra en espacios abiertos con estructuras orbiculares, con clorita como mineral de reemplazamiento o de alteración de líticos o bien rellenando drusas y cavidades dentro de las vetas; subsiguiente cloritización de rocas encajonantes en venillas, asociada a cuarzo.

3a. Etapa de fracturamiento de vetas; depositación abundante de argentita en bordes removidos y paredes libres de vetas, con argentita diseminada por reemplazamiento metasomático de rodonita y clorita, diseminación por reemplazamiento de clorita de los minerales nativos de oro y plata.

4a. Aparición subsiguiente de rodonita y manganocalcita; nueva depositación de argentita densa y diseminada libre o por reemplazamiento metasomático de minerales de manganeso.

5a. Fracturamiento incipiente y ligero desplazamiento de fragmentos, esto quizá debido a presión de soluciones hidrotermales; depositación finamente bandeada

de cuarzo y rodonita; bandeamiento de cuarzo blanco, rodonita pura y argentita pura, esta quizá como reemplazamiento metasomático selectivo de manganocalcita. 6a. Fracturamiento y movimiento en las vetas asociado a actividad tectónica; silificación abundante en forma de drusas de cuarzo blanco masivo, amatista masiva, nuevamente cuarzo blanco masivo y finalmente crecimientos cristalinos de cuarzo blanco y amatista; esporádicos acompañamientos de sulfuros pueden representar una disolución incipiente de minerales anteriores. 7a. Desarrollos de yeso cristalino como una manifestación tardía de hidrotermalismo o de soluciones descendentes de aguas meteóricas. La producción total del distrito San Dimas de sus minas (principal, Candelaria, Contra Estaca y otras) se estima tomando en cuenta los periodos antiguo, inactivo y moderno, en 400 000 000 oz. de plata y 8 000 000 oz. de oro. Lozano (op. cit). San Dimas produjo en 1982, 1100 kg. de oro, con lo cual ocupó el segundo lugar en producción nacional y con 60 000 kg de plata, Ladislao (1985).

Actualmente el estado de Durango ocupa el primer lugar en la extracción del dorado metal, su producción es enviada a Torreón, Coah., dicha producción tiene castigo por contener sulfuro de arsénico. Recientemente se busca tratar por aspersión en los voluminosos jales y usando métodos microbacterianos para formar sulfatos de arsénico, con el fin de separar el azufre y quitar la costra carbonosa de los valores auríferos en estos depósitos, los cuales llegan a ser de 5 a 8 grs./ton. Leyva (1989); este método facilita la extracción del 80% de contenido de metales preciosos en comparación con el 50% con las tecnologías tradicionales, en

Japón el método microbacteriano se utiliza para la extracción de cobre, aquí se busca la bacteria ideal para la plata y el oro, Herrera (1989).

El origen volcanogénico para algunos yacimientos del área, ya ha sido manifestado por diversos autores (Lyons, 1975) así como la relación común de las vetas de oro y plata con diversas estructuras geológicas existentes en el área; I. Smirnov (1976) indica su pertenencia a un cinturón pacífico, arguyendo entre otras cosas que esta clase de yacimientos son de pequeña dimensión, del tipo "bonanza", es decir menas esporádicas, con frecuencia muy ricas, que se acuñan rápidamente a profundidad de cientos de metros y cuya característica es una alteración hidrotermal específica entre otras la argilización (caolinización) que expone el carácter ácido de las soluciones formadoras de las menas, así como las asociaciones paragenéticas complejas y variables, en las cuales se consideran entre otros los sulfatos, y óxidos de hierro (magnetita, hematita y goethita).

Minas Santo Niño y La Bocona.

Aquí, la mineralización se encuentra en rocas carbonatadas del Cretácico, formada por metasomatismo en el proceso de intrusión de una roca granítica; de la que se extraen minerales de plomo y zinc con valores de plata.

Minas de San José de Avino.

Al oriente de las anteriores se encuentra la zona de minas de San José de Avino, la cual fué por cierto la primera explota-

ción a cielo abierto de plata en el mundo, productora actual de plata, plomo, cobre y zinc, con leyes de cabeza de 120 grs/ton para ser tratadas en una planta de concentración con capacidad de 500 ton/día. Garduño (1980). Este autor indica así mismo la importancia de las alteraciones hidrotermales, estando en un segundo plano las debidas a procesos de intemperismo, considerando las siguientes: Piritización. Se presenta en forma de reemplazamiento en ferromagnesianos, principalmente en las andesitas y brechas volcánicas andesíticas, así como en cristales aislados de los diques de pórfidos andesíticos. Silicificación. Junto con la oxidación constituyen las guías más importantes, se presenta relleno intersticial, en los bordes minerales, llegando a sustituirlos y confiriéndole mayor dureza a la roca. Propilitización. Restringido mayormente a los diques de pórfidos andesíticos, en los cuales se les nota por su coloración verde característica por contener clorita, epidota y pirita. Oxidación. Es la guía más importante debido al intemperismo, caracterizada por óxidos a partir de los diversos sulfuros presentes, de fácil detección ya que se encuentra en forma de extensas manchas de coloraciones ligeramente amarillentas a pardo rojizas. Caolinización. Es la alteración de mayor extensión en la Sierra de Gamón, debida a la alteración de plagioclasas, se encuentra tanto en brechas volcánicas como en diques, teniendo amplios desarrollos de caolín, en coloraciones muy claras que llegan al blanco, es debida a procesos combinados de intemperismo e hidrotermalismo. Sericitización. Se presenta de manera similar a la caolinización, pero en coloraciones crema a amarillentas. Aquí la mineralización se manifiesta

ta en sulfuros, con hábitos cristalinos bien desarrollados, y óxidos correspondientes a las etapas de mineralización hidrotermal, las primeras, y de oxidación y enriquecimiento supergénico incipiente las segundas. Como principales minerales de mena dentro de los sulfuros figuran la Argentita (Ag_2S), Galena (PbS) y Bienda (ZnS); y en segundo término aparecen la calcopirita (CuFeS_2), covelita (Cu_2S) bornita (Cu_5FeS_4) y calcosina (Cu_2S); sulfosales: Pirargirita (Ag_3SbS_7), Proustita (Ag_3AsS_7) y Polibasita ($\text{Ag}_3\text{Sb}_2\text{S}_7$); importantes minerales económicos lo constituyen además el oro y la plata nativa, el cobre también se encuentra en esta forma; dentro de los silicatos figura la Crisocola ($\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{Si}_2\text{O}_7$). Se presentan además diversos minerales secundarios tales como óxidos (Zincita, Cuprita y limonitas), carbonatos (Cerussita, Smithsonita, Malaquita y Azurita, sulfatos (Broncatita, Calcantita y Antlerita). Dentro de los minerales de ganga se tienen óxidos tales como Especularita, Hematita, Limonita, Goethita, Pirolusita, Psilomelano y Manganita; carbonatos: Calcita y Siderita; dentro de los grupos del sulfuro y silicato se tienen Pirita y Cuarzo respectivamente, y como minerales debidos a la alteración hidrotermal se tienen Silice, Clorita y Sericita. Garduño (1980).

Cerro de Mercado (HIERRO)

Durango es uno de los principales centros productores de hierro, su producción en 1982 fué de 400 000 ton., Ladislao (19-85). El Cerro de Mercado (Foto No. 7), localizado al norte de la Ciudad de Durango, es el principal centro productor de hierro en

el estado, es único en México porque se presenta en rocas extrusivas ácidas tales como latita, toba riolítica y riolita; la latita es porfídica, con vesículas alineadas y cortadas por láminas delgadas de óxido de fierro. La secuencia en el Cerro de Mercado consiste de una riolita basal (roca encajonante) y una cubierta de latita y toba. La riolita es de colores rojo, café y amarillo, con fenocristales de cuarzo, ortoclasa, vetillas de augita y láminas hexagonales de hematita, frecuentemente se puede observar con pequeños emplazamientos de pórfidos cuarcíferos. La toba riolítica, de color rojo, presenta una silicificación distintiva, fenocristales de cuarzo, augita y fragmentos de muscovita. Este yacimiento consiste de cuerpos tabulares con inclinación general al poniente, con espesor variable de 5 a 65 metros. Afloran cuatro cuerpos principales de mineral, los cuales contienen un alto porcentaje de hierro, el mas grande tiene 800 metros de largo por 150 de ancho y están cortados por dos fallas maestras, con rumbos al noroeste y norte respectivamente. Las especies ferríferas que predominan son: martita (una variedad de hematita, seudomorfa de magnetita) en grandes cristales octaédricos, goethita y limonita, y como accesorios magnetita, apatito, dahllita y augita. El origen de este depósito ha sido discutido por diversos autores, Foshag (1929) señala tres métodos de génesis posibles: 1) Intrusión de un magma de magnetita en la riolita, latita y toba. 2) Reemplazamiento de esas rocas por solución con contenidos de fierro. 3) Actividad fumarólica. James Lyons (1973 in Wahl, Jr. 1976) propone un origen volcánogenético para estos depósitos y apoya la evidencia en la geometría laminar de algunos óxidos de

fierro, el aparente emplazamiento sobre un paleo-relieve y la presencia de aspectos igneos en los yacimientos, en donde los minerales metálicos se formaron después del emplazamiento de algunas de las tobas riolíticas e ignimbritas de la región, pero antes que la mayor parte de las rocas piroclásticas. Mc. Dowell y Clabaugh, 1981(84), las relacionan con la formación de las calderas mas jóvenes del área. Las reservas minerales del Cerro de Mercado han sido estimadas en un mínimo de 25 000 000 de toneladas y un máximo de 75 500 000, Salazar (1923). Respecto a la planta instalada en la Ciudad de Durango productora de mineral de hierro, la de Medio Pesado tiene una capacidad de 1 000 toneladas diarias y la de Concentración Gravimétrica y Flotación de 6250 toneladas diarias. Esta producción se enviaba a Altos Hornos de México, S. A., en Monterrey, a raíz del cierre de la fundición se encuentra actualmente parada esta mina.

Al norte y noreste de la Ciudad de Durango se realizan ocasionalmente explotaciones de manganeso alojado como mineral de pirolusita; y fluorita en las rocas volcánicas ácidas oligomiocénicas; así como estaño en forma de casiterita genéticamente relacionado con las rocas jóvenes del área (Mc. Dowell y Clabaugh, op. cit.). Se utilizan así mismo tobas para acabados y en el área de Peñón Blanco se extrae caolín de estas rocas, mientras que los materiales piroclásticos básicos que se hallan al noroeste de la Ciudad de Durango se utilizan como agregados. El estaño que se halla en las regiones de Ignacio Zaragoza y Rio Verde se encuen-

tra sobre todo en esta última, asociado con manganeso; Fabregat (1966) investigó además en el área las zonas estaníferas productivas de Canatlán, Yesunta en el límite norte y Cerro de los Remedios, al occidente de Durango, mencionando también las siguientes zonas estaníferas productivas: Las Palmas, al norte de Tayoltita, Ciénega de Batres al noroeste de Durango, El Maguey al norte de Río Verde, Cerro de Los Terreros al occidente de Canatlán, Peñón Blanco y la Sierra de Gamón, además de manifestaciones en las siguientes partes, todas en el occidente del área: El Huehueto, El Piloncillo, Cerro del Gallo, Los Piélagos, Los Artículos, Piedras Azules y Las Cuevillas. Cabe hacer notar que las arenas de los placeres estaníferos en Durango son notables por sus ejemplares de casiterita y topacio, en ellos se hallan también hermosos cristales holoédricos bipiramidales de color rojo carmín y aspecto resinoso, de brillo vítreo, que Brusch (1869) identificó como un nuevo mineral al cual denominó durangita, $\text{Na (Al, 2Fe) (F, O, I, As O}_3\text{)}$, en Saporis al norte del área.

Respecto a minerales no metálicos se tienen: barita en Coneto de Comonfort, fluorita en Vicente Suárez y caolín en La Esperanza, al sur de Peñón Blanco, así como arcillas bentoníticas alojadas en la Formación Vizcarra, pirovolcánica del Terciario, De la Vega (1988). Este autor indicó además que la Sierra de Coneto tenía posibilidades de contener yacimientos de Uranio, en el área existe una mina abandonada al sur de Ratia.

En el aspecto geohidrológico se cartografiaron en la porción sur sureste abundantes manantiales, algunos son termales, como los del área de San José del Pachón al sur de Santiago Papasquia-

ro y en Navacoyan al oriente de la Ciudad de Durango.

La Provincia de la Sierra Madre Occidental, reviste interés en virtud de la similitud de dominio en que se originan los dos tipos de yacimientos del cinturón de fuego del Pacífico (vid: Fiebre del oro en el Pacífico, Paris, 1989) tomando en cuenta este marco de evolución se tiene: El primero formado por yacimientos epitermales originados a escasa profundidad (menos de un kilómetro de profundidad con fluidos de alrededor de 150 a 300 ° C., con cuerpos mineralizados frecuentemente de dimensiones verticales entre 100 y 500 metros, localizados en terrenos volcánicos asociados a materiales productos de erupciones explosivas, donde predominan los basaltos y andesitas; las menas situadas en "stock-works", cuyos fluidos provinieron quizá de la fusión parcial detrás de las áreas de subducción (arcos volcánicos), ricos en cloro, y que en el curso del ascenso pasaron por una fase de ebullición por caída drástica de presión, calentó el agua subterránea que halló a su paso, originando la actividad hidrotermal. Los fluidos ácidos sulfatados y ricos en C O₂, oro, plata, mercurio, arsénico y antimonio, se constituyeron en complejos sulfurados que precipitaron en o cerca de la superficie; mientras que, los sulfuros de metales de base (plomo, zinc) se depositaron a 200 metros aproximadamente.

Los yacimientos de pórfidos cupríferos son el segundo tipo, de bajo contenido pero de importantes reservas, situados en el seno de extensos macizos rocosos, donde dichos macizos mineralizados se encuentran encima de antiguas zonas calientes y profundas (de 2 a 8 km) y cuyos fluidos (de alta temperatura, 450-700°

C.) suben a lo largo de fracturas y microfracturas, que dieron origen al mineral diseminado en contraposición con los elevados porcentajes de oro y plata debidos en algunas partes a enriquecimiento supergénico donde el clima y topografía lo propiciaron, estos se encuentran en la parte superior del macizo rocoso tras su levantamiento y erosión, situación que no se presenta en esta región, sin embargo puede serlo en el sur de la Sierra Madre Occidental. Es importante también señalar que un yacimiento de pórfidos cupríferos puede contener fácilmente miles de millones de toneladas de mineral mientras que las reservas de oro llegan a cientos de millones de toneladas. También es importante recalcar que un programa típico de exploración comienza por establecer los objetivos a partir de las cartas y datos geológicos disponibles; que involucran como objetivo principal las zonas de alteración hidrotermal y apoyados con una prospección geoquímica y evaluación del nivel de erosión así como posible profundidad de mineralización, para confirmarse o evaluarse posteriormente con una fase de sondeos los potenciales yacimientos. (Paris, 1988).



Foto No. 7. Panorámica del Cerro de Mercado.

ALGUNOS ASPECTOS HIDROLOGICOS DEL AREA

III. ALGUNOS ASPECTOS HIDROLOGICOS DEL AREA.

III.1 AGUAS SUPERFICIALES

A). REGIONES HIDROLOGICAS

El área cartografiada está incluida en las siguientes regiones hidrológicas (ver Plano No. 4): sur de la No. 26 Nazas Aguanaval, norte de la No. 11 Presidio San Pedro; y porción occidental de la No. 10 Sinaloa. Los ríos Sinaloa y Presidio San Pedro corresponden a la Vertiente del Pacífico y Golfo de California, y el Nazas Aguanaval vierte sus aguas a las Cuencas Cerradas del Norte.

La mayor parte del área queda incluida dentro de la **Región Hidrológica Presidio San Pedro** y comprende corrientes que de manera intermitente alimentan a los ríos El Mimbre, La Sauceda y El Tunal, en la Cuenca San Pedro, y a los ríos Tabillas, Arenales y El Jaral, en la cuenca del Río Presidio.

La **Región Hidrológica Nazas Aguanaval** está representada en menor proporción que la región anterior, pero es de mayor importancia porque incluye grandes escurrimientos que alimentan a los ríos Santiago, San Juan y Peñón Blanco, que drenan hacia el norte y fuera del área; en la parte central de la zona, de una manera longitudinal se dispone la cuenca formada por las corrientes que alimentan al Río Santiago, mientras que las que sustentan a los ríos San Juan y Peñón Blanco son parte de la cuenca Nazas-Rodeo y drenan hacia el noreste.

En la porción occidental queda comprendida la **Región Hidrológica Sinaloa**, que incluye parte de las cuencas de los ríos San Lorenzo, Piaxtla y Elota-Quelite que drenan hacia el Océano Pacífico.

Al Hidrografía

Las principales corrientes de la Región Hidrológica Presidio-San Pedro son los ríos El Mimbres y La Sauceda, que drenan con dirección sureste y sus aguas son captadas en las presas San Bartolo y Peña del Aguila, que al fluir hacia el sur se unen con el Río El Tunal.

Las corrientes más importantes que aportan sus aguas a las Lagunas de Santiaguillo son los ríos La Quebrada, Los Caballos y Guatimape en su parte más austral.

Los ríos Tablillas, Arenales, El Jaral y Corral de Piedra vierten sus caudales hacia el sur, fuera del área cartografiada y son tributarios del Río Presidio.

Las corrientes de los ríos San Juan, Peñón Blanco y sus afluentes escurren hacia el norte y son tributarios del Río Nazas ya fuera del área.

El Río Santiago y sus afluentes al noroeste confluyen con el río Tepehuanes.

Las corrientes más importantes de la región hidrológica Sinaloa son: Los Remedios, San Antonio, Santa Clara y Los Fresnos, tributarios del Río San Lorenzo. Dentro de esta región drenan también los ríos San Jerónimo, Piedra Parada y El Pilar, tributarios del Piaxtla, que al igual que el San Lorenzo vierten sus aguas en el Océano Pacífico.

A2 Hidrometría

La red hidrométrica está constituida por 11 estaciones de las cuales 7 están ubicadas en ríos y 4 en canales; todas pertenecientes a la región Presidio San Pedro.

Las estaciones que reportan los máximos volúmenes de agua son: Peña del Aguila y Peña Blanca en el río La Sauceda, con 102.9 y 53 millones de m^3 respectivamente y la de San Felipe en el Río El Tunal, con 113 millones de m^3 . Sobre el río Sauceda, la estación Caboraca reporta 48 millones de m^3 , mientras que la estación Canatlán, en el canal alimentador y la estación Juan B. Ceballos, en el Arroyo El Carpintero, reportan ambas 8 millones de m^3 .

El gasto medio más importante corresponde al reportado por la estación San Felipe con 3.61 m^3 /seg. en el período 1953-1973.

El escurrimiento medio anual para el Río Piaxtla es de 1356.6 millones de m^3 y para el Río San Lorenzo es de 1576.4 millones de m^3 .

B) CULTIVOS

Los cultivos en la entidad son frijol, maíz, algodón, trigo, alfalfa, sorgo, manzana, vid y nogal. El clima es favorable para el cultivo de árboles frutales típicos de zonas templadas especialmente ciruelos, duraznos y manzanos.

C) ZONAS SUJETAS A INUNDACION

Las áreas de inundación están confinadas en las partes bajas de las subcuencas, Lagunas Santiaguillo y Río Sauceda, dichas zonas son inundables en la temporada de lluvias y durante el resto del año permanecen secas, como se pueden observar en la Laguna de Santiaguillo en la parte sur y en las Lagunas de Miguel Hidalgo e

Ignacio Altamirano al norte de la Presa San Bartolo; estas áreas presentan fases químicas sólidas debido a la precipitación de las sales que existen en los cuerpos de agua intermitentes.

D) ZONAS EROSIONADAS

Las áreas de erosión observadas en la zona son debidas a un sobrepastoreo y ausencia de aprovechamiento agrícola y en ellas la de mayor extensión, se encuentra en el valle de Otinapa y Jesús González Ortega.

E) AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA Cd. DE DURANGO

La ciudad de Durango se abastece de 50 pozos profundos, perforados dentro del programa para la ciudad, denominado de fraccionamiento y sistemas independientes.

El gasto obtenido es de 1600 lts/seg. con dotación de 300 lts/seg. para una población de 294 000 habitantes (censo de 1980).

El nivel de servicio es de 85% con pérdidas de fuga, el volumen abastecido al año es de 27.364 millones de m³, con demandas de 32.193 millones de m³ que representa un déficit de 4.829 millones de m³ (15%). El abastecimiento de agua por pozos es clorurada en la planta Cerro Remedios, pero en general el volumen destinado para uso doméstico no recibe ningún tratamiento de esterilización.

El sistema de alcantarillado descarga mediante tuberías de cemento asbesto (de 30 y 24 pulgadas de diámetro en el centro de la ciudad y otras menores de 20 pulgadas) en la acequia grande que cruza la ciudad de norponiente a oriente, recolecta aguas negras y residuales y las conduce a un cuerpo receptor, formado por 6 lagunas de oxidación, el mayor llamado Laguna La Charca, al oriente de la ciudad. El volumen de aguas negras es de 22 360

Aguas superficiales.

millones de m³ y el de contaminantes es de 70 miligramos/lit, dicho volumen es descargado hacia el río El Tunal. El 61% del volumen abastecido se descarga mediante el sistema de alcantarillado, tipo mixto de 6 pulgadas de diámetro, aunque también se encuentra con sistema separado en las partes nuevas de la ciudad.

El agua pluvial fluye en su mayor parte por superficie y parte por los colectores, la conducción de aguas negras presenta problemas de azolve y obstrucción de tuberías viejas; de su reparación se encarga la Junta Federal de Agua Potable y Alcantarillado.

Las fuentes de contaminación son domésticas e industriales y las aguas residuales presentan contaminantes orgánicos de 3,230 kg/día; grasas y aceites con 360 m³/día y sólidos con 25 000 kg/día.

La contaminación de los acuíferos disminuye la calidad del agua y la sobreexplotación de pozos produce concentración de arsénico (0.05-0.47 mg/lit) y flúor (1.518 mg/lit). Dentro de la futura infraestructura para el agua potable e industrial (1988) se tiene proyectada la perforación de 3 pozos en la ciudad, con un gasto de 50 lit/seg. para proporcionar 300 litros al día por habitante, con un volumen de 4.708 millones de m³ anuales. También se tiene en proyecto (para 1991) una planta potabilizadora con volumen de 11.059 millones de m³.

F) APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS

Las obras hidráulicas más importantes dentro del área son las presas San Bartolo, Peña del Aguila y Las Truchas.

La presa San Bartolo se localiza en el municipio de Canatlán, se inició en el año 1926 y se concluyó en 1940, sobre el cauce del Aguas superficiales.

rio La Sauceda; la presa es de tierra con protección de enrocamiento sobre ambos taludes, de materiales graduados y núcleo impermeable con altura de 5 m, 2 km de longitud y 46.5 millones de m^3 de capacidad, con aguas utilizables para irrigación y piscicultura.

La presa Santa Lucía, construida en 1908 sobre el cauce del arroyo Los Mimbres, es de tierra, con 6 m de altura, 809 m de longitud, capacidad de 10 millones de m^3 , se utiliza en irrigación.

La obra Los Pinos, terminada en 1957 en el cauce del arroyo Los Mimbres, es de tipo de gravedad, con 6 m de altura, 524 m de largo, capacidad de 1.7 millones de m^3 , empleada para riego.

La presa El Baluarte, con capacidad de embalse de 14 millones de m^3 , posee una cortina de materiales graduados, usada como almacenamiento, aprovechando las aguas del arroyo El Mimbres, su capacidad útil es de 13.4 millones de m^3 , se utiliza en riego y beneficia a 750 has.; fué inaugurada en el año de de 1984.

La presa Tejaman, terminada en el año de 1980, es de almacenamiento y tiene un volumen máximo de 3.08 millones de m^3 .

Otras obras localizadas también en el municipio de Canatlán son: El Progreso, con capacidad de almacenamiento de 0.734 millones de m^3 ; Las Grullas, en el arroyo El Molino, con un almacenamiento de 1500 millones de m^3 ; Lagunas de Santiaguillo, con 260 millones de m^3 ; Alisos con 1.1 millones de m^3 ; Las Tenerías con 1 millón de m^3 ; Los Mimbres con 1.19 millones de m^3 y Arnulfo Gómez con 3 millones de m^3 .

La presa de almacenamiento Villa Hermosa, en el municipio de Canatlán, tiene una capacidad total de 7 millones de m^3 y una capacidad útil de 6.040 millones de m^3 , beneficia a 550 has.

La presa Peña del Aguila, se encuentra en el municipio de Durango, terminada en 1954, sobre el cauce del río La Sauceda, es de núcleo impermeable, de materiales graduados y enrocamiento, tiene una altura de 25 m, una longitud de 750 m, cuya capacidad es de 54 millones de m³, cuenta con un vertedor, se utiliza como almacenamiento, en irrigación y actividades recreativas.

Otras obras hidráulicas del municipio de Durango son: Garavito con capacidad de 3.5 millones de m³; La Tinaja, con 0.750 millones de m³ y Nicolás Romero con 1 millón de m³.

Dentro del municipio Peñón Blanco, se encuentran las presas derivadoras Guadalupe en el arroyo El Alamo, con capacidad de 0.6 millón de m³; Peñón Blanco en el río del mismo nombre, con 1.09 millón de m³ y Colonia Benito Juárez en este mismo río, con 0.18 millón de m³.

En resumen dentro del área existen 24 presas para almacenamiento y derivadoras, con una capacidad de almacenamiento mayor de 500 millones de m³ para riego.

En el municipio San Dimas (Tayoltita), se localiza la presa hidroeléctrica Las Truchas, en el arroyo cañada de Cruces, tiene una capacidad de almacenamiento de 7.789 millones de m³ y capacidad instalada de 1.2 megawatts/hora, surte de energía eléctrica a Tayoltita y a la ciudad de Durango. Dentro del mismo municipio se encuentra en proceso de construcción La Presa Corral de Piedra, en el arroyo Ancón, con volumen de almacenamiento de 5.178 millones de m³ y proyectada para generar 8 megawatts/hora.

Al noreste de la ciudad de Durango se encuentra la Unidad Peña del Aguila, que forma parte del distrito de riego 52, con una superficie de irrigación de 95 312 has. y 16,906 usuarios del municipio de Durango.

El abastecimiento de agua para la agricultura y uso pecuario tiene un gasto de 1,298 millones de m³/año, con eficiencia de conducción de 78.4%, las fuentes de abastecimiento son las presas San Bartolo y Peña del Aguila, mediante derivación y conducción a través de canales; con auxilio de pozos perforados en el distrito.

G) MANANTIALES

Existen numerosos manantiales, localizados generalmente en los valles, con gastos bajos y cuyas aguas son aprovechadas para uso doméstico y de riego en pequeña escala, por medio de canales y tuberías, siendo un ejemplo los que se localizan dentro de la Unidad Peña del Aguila. En la parte noreste del área, en el poblado Victor Manuel Sánchez (Jacales); existen manantiales termales con temperaturas que varían de 37 a 43° C, cuyos aprovechamientos son para uso doméstico únicamente. En el poblado La Concha, situado 8 km al suroeste de Peñón Blanco, existe una zona con 8 manantiales que cubren un área de 150 m², cuyas temperaturas varían de 35 a 37° C, constituyendo un atractivo turístico, siendo este su principal empleo. Foto No. 8.

H) ESCURRIMIENTO

Unidades de escurrimiento: Una unidad de escurrimiento es el área que debido a sus características de permeabilidad, cubierta vegetal y precipitación media, presenta un escurrimiento uniforme. A estas unidades se les asigna un coeficiente de escurrimiento, que es un parámetro representativo del porcentaje de agua precipitada que drena superficialmente. Con base en los parámetros de: permeabilidad, cubierta vegetal y precipitación media, se han definido tres unidades de escurrimiento en el área, (ver plano No. 5),

Aguas superficiales.

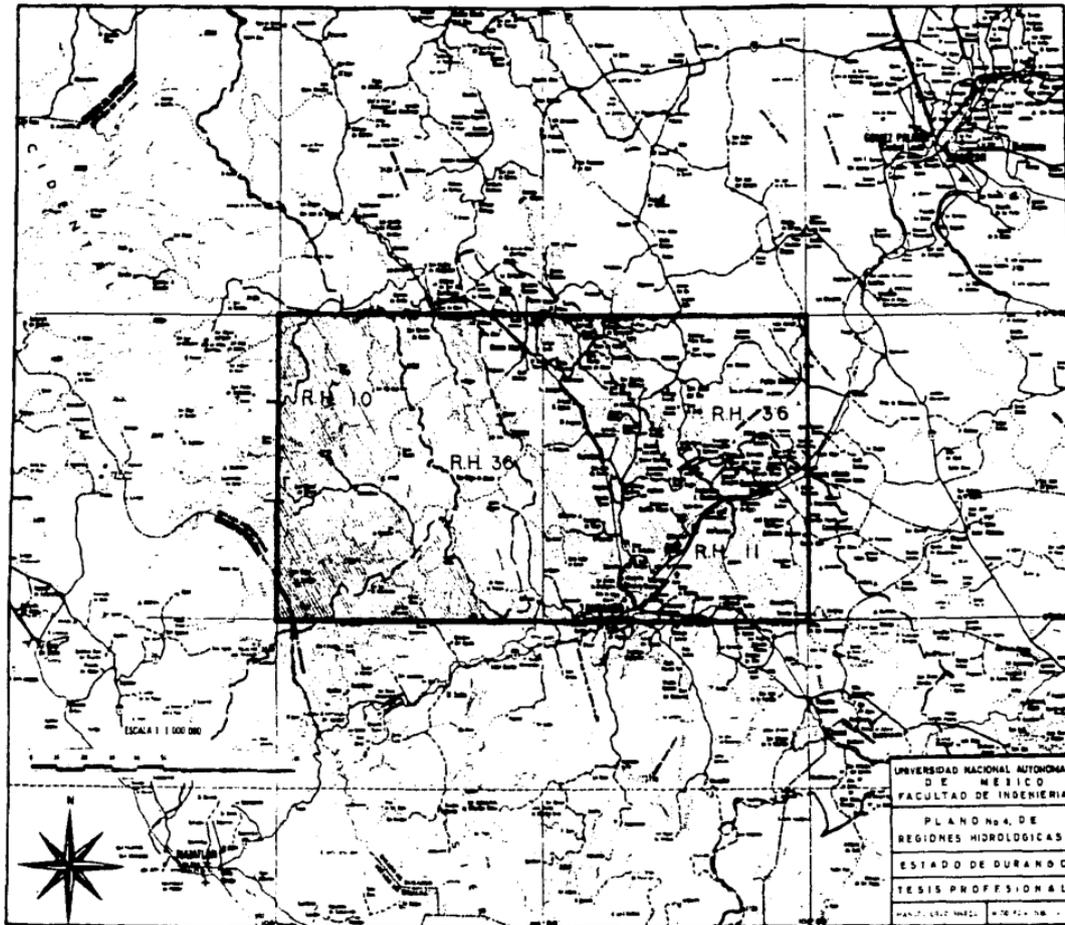
donde el mayor escurrimiento observado está confinado a la zona de transición de la Sierra Madre Occidental con la Llanura Costera del Pacífico; cuyo rango oscila entre 10 y 20% y constituye la superficie más importante dentro del área, allí las rocas de la Sierra Madre Occidental tienen permeabilidad baja, aunque la cubierta vegetal es densa y las variaciones de precipitación van de 500 a 1200 mm; mientras que las unidades que presentan porcentajes de 0 a 5 y 5 a 10% se encuentran en las zonas de topografía baja y en los cambios de pendiente de las sierras a los valles, principalmente en el centro y oriente del área, con una precipitación variable de 400 a 700 mm y una cubierta vegetal mediana y escasa; donde los lugares que presentan mínimo escurrimiento, es decir menos del 5% del volumen precipitado que escurre sin acumularse, se localizan en el norte y centro del área, con régimen pluvial de 400 a 500mm.

RANGO	PORCENTAJE DE ESCURRIMIENTO
1	0 a 5 %
2	5 a 10 %
3	10 a 20 %

1). CUBIERTA VEGETAL

La cubierta vegetal es un factor de considerable importancia en la determinación y definición de las unidades de escurrimiento.

La vegetación que cubre la mayor parte del área consiste principalmente de coníferas; representadas por bosques de pino y encino que constituyen esencialmente la cubierta vegetal de la Sierra Madre Occidental y siendo la más densa del área; los bosques de pino, principalmente en la región de San Miguel de Cruces y Vencedores constituyen una fuente importante de los recursos forestales de la región y en ella abundan diversas especies típicas de coníferas tales como: pino real (*Pinus pseudostrobus*), pino triste (*Pinus patula*), cahuite (*Pinus ayacahuite*), pinabete (*Cupressus bentaniana*), pino piñón (*Pinus com-broides*). Los bosques de encino predominan a medida que se asciende a las diversas sierras del área y consisten de las especies: encinos comunes (*Quercus crassipes*) y encinos rojos (*Quercus virens*). En la porción centro-oriental del área predomina la vegetación de tipo matorral crasicaula y matorral huizachal, huizaches (*Acacia tortuosa*), chaparros (*Mimosa lactifera*), táscates (*Juniperus virginiana*). El primer tipo (matorral crasicaula) está representado por grandes cactáceas de tallos aplanados o cilíndricos que se desarrollan en las zonas bajas de los valles, como sucede en el Valle de Guadiana y se presenta asociado con matorrales de Huizachal y zonas de pastizal inducido, así como zonas agrícolas de riego, por lo que la densidad de la vegetación resulta mediana. En la región de Tuitán y Felipe Carrillo, la vegetación tiene una densidad baja, compuesta de matorral huizachal y nopalar, con zonas de pastizal inducido asociado.

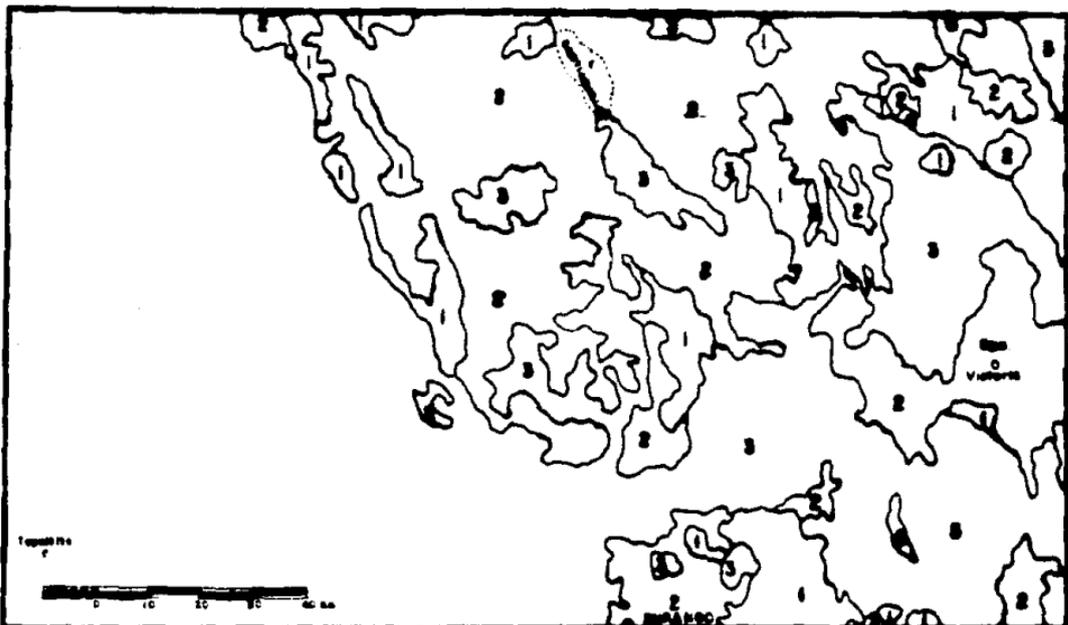


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

PLANO N.º 4 DE
REGIONES HIDROLÓGICAS
ESTADO DE DURANGO

TESIS PROFESIONAL

PANZ. 01.07. 1983. 10 DE FEB. DE 1984.



COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO		UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MEXICO	FACULTAD DE INGENIERIA	
1 DE 0 A 5 %	4 DE 20 A 30 %		UNIDADES DE ESCURRIMIENTO	
2 DE 5 A 10 %	5 MAYOR DE 30 %		TESIS PROFESIONAL	
3 DE 10 A 20 %			MANUEL CRUZ PIEDRA	
			RODOLFO B. BAYA VILLALPARDO	
			PLANO N° 5	1988

III.2 AGUAS SUBTERRANEAS

La baja precipitación en el área conlleva a que sea necesaria la explotación del agua subterránea.

Los acuíferos se aprovechan actualmente con mayor intensidad, ya que en el área existe una gran concentración de pozos, los cuales se localizan en los valles Guadiana, Canatlán-Santiago-Muerto-Nuevo Ideal, Francisco I. Madero-Guadalupe Victoria y Poanas, en menor grado en los valles de Santiago Papasquiaro, San Juan del Río y Peñón Blanco. Dichos acuíferos están formados principalmente por depósitos aluviales sin compactar que constituyen los rellenos de los valles, consisten estos de gravas, arenas, limos y arcillas, conglomerados semiconsolidados, así como diversas rocas volcánicas; en el sureste del área destacan los derrames basálticos que confieren a los acuíferos el carácter de semiconfinantes, dentro de la generalidad que representan los de tipo libre.

El agua que se extrae casi siempre es dulce, los pozos perforados se encuentran normalmente equipados con bombas y aportan gastos de 4 a 50 l.p.s., con niveles estáticos de 2 a 30 m, destinados generalmente para agricultura, uso industrial y pecuario; se observaron norias de extracción manual, con niveles estáticos de 4 a 12 m, destinadas para uso doméstico.

En el resto del área no existen acuíferos de importancia de este tipo, debido al poco espesor de los suelos aluviales, donde esporádicamente se aprovechan aguas subálveas en pequeñas gale-

rias, la mayoría de los ranchos en estas partes utilizan los escurrimientos superficiales, existen algunos manantiales que aportan gastos relativamente considerables, mismos que abastecen en forma suficiente a poblados pequeños como Rio Verde.

Dentro del área existe una zona de veda decretada por la S. A.R.H., denominada Valle Guadiana, publicado el 19 de diciembre de 1956, y que comprende únicamente el municipio de Durango.

En abril de 1983 fué propuesta por la Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica, Delegación Estatal de Durango, dependiente de la S.A.R.H., una zona de veda que en el área abarca parte de los municipios de Durango, Villa Unión, Guadalupe Victoria, Santiago Papasquiaro y la totalidad del Municipio de Canatlán.

Debido a que en partes la densidad de pozos es grande, los cartografiados son únicamente representativos; agrupándolos en algunos casos según el criterio de más de tres pozos por 6.25 km².

A). PERMEABILIDAD

Según las cartas geológicas de uso actual del suelo y de precipitación total anual, escala 1:250 000 y 1:1 000 000 de la Dirección General de Geografía, consultadas, y atendiendo a las observaciones de campo que en ellas se indican, basados así mismo en diversa bibliografía para definir la permeabilidad de los materiales comprendidos dentro del área de estudio, se aplicó la definición de permeabilidad según la clasificación de las principales rocas y suelos, (ver Tabla No. 1) formulada por la citada Dirección General de Geografía, donde se determinaron grados de permeabilidad con base principalmente en sus características físicas in situ, naturaleza, consolidación, intensidad y condiciones de fracturamiento, densidad de drenaje, así como antigüedad, textura y origen; en este último aspecto según el caso: estratificación, pseudoestratificación y foliación; atendiendo a los depósitos granulares sedimentarios, la porosidad está en función con la distribución por tamaños y relacionada con la existencia relativa de relleno intersticial, cementación y compactación, también estimada según la Tabla No. 2, (Keith, 1973); definiéndose de esta forma clasificaciones de permeabilidad alta, media alta, media baja y baja; la permeabilidad media se agrupó en las clasificaciones media alta y media baja, dependiendo de las características combinadas de las rocas y suelos, según se aproximaran a las permeabilidades alta o baja.

Los materiales con permeabilidad alta se encuentran en los valles del Río Santiago, Lagunas Santiaguillo, Canatlán, Río La Aguas subterráneas.

Sauceda, Valle de Durango, Hidalgo, Guadalupe Victoria y San Juan del Río. Los materiales con escasa consolidación constituyen excelentes cuerpos almacenadores de agua, siendo su característica la actitud levemente inclinada que generalmente presentan. Las unidades litológicas que tienen esta permeabilidad generalmente son: conglomerados semiconsolidados terciarios; conglomerados semiconsolidados, arenas, gravas y basalto del Cuaternario, este último en el caso de presentar fracturamiento conspicuo.

Los materiales de permeabilidad media alta se encuentran restringidos en la porción central del área, en el límite occidental del valle de Canatlán y Nicolás Bravo; la unidad litológica con esta permeabilidad es un cuerpo formado de una mezcla de conglomerado y brecha sedimentaria del Cuaternario, medianamente consolidado.

Las rocas de permeabilidad media-baja afloran en la mayor parte del área, y son principalmente las que forman la Sierra Madre Occidental. Dichas unidades son cuerpos de toba y riolita pseudoestratificadas; aquellas alternan con materiales inconsolidados.

Los materiales de permeabilidad baja tienen una amplia distribución en la parte oriental del área, consisten principalmente de limo y arcilla de origen aluvial y lacustre originados durante el Cuaternario y se presentan de manera conspicua en las Lagunas Santiaguillo; basaltos compactos holocénicos, localmente fracturados en la región de Tuitán, con porosidad secundaria, que puede contribuir a que la permeabilidad llegue a ser mediana; rocas

sedimentarias de origen marino, del Cretácico tardío, que se encuentran al sur de José Guadalupe Rodríguez y en la porción nor-oriental del área; se consideraron aquí las rocas intrusivas cretácicas de composición silícea que afloran en el municipio de San Dimas, así como las unidades de basalto compacto y andesita presentes en las áreas de Otinapa, Jesús González Ortega e Ignacio Zaragoza.

TABLA 2. Variación de la porosidad para los materiales sedimentarios.

M A T E R I A L	Porosidad %
Suelos.....	50-60
Arcilla.....	45-55
Limos.....	40-50
Arenas grandes.....	35-40
Arenas medianas.....	30-40
Arenas pequeñas.....	30-35
Gravas.....	30-40
Gravas y arenas.....	20-35
Areniscas.....	10-20
Lutitas.....	1-10
Pizarras.....	1-10

según Keith Todd, D., 1973.

Al. Acuíferos.

Los acuíferos de las subcuencas Río de Santiago y Lagunas Santiaguillo, son de tipo libre, contienen como roca almacenadora a una toba riolítica poco consolidada, conglomerados, arenas y gravas aluviales. La recarga es de 85 millones de m³ por año y la extracción es de 50 millones de m³ anuales, lo que indica que los acuíferos están subexplotados. De acuerdo a la información obtenida de la S.A.R.H., el nivel estático de los pozos fluctúa de 3 a 68 m de profundidad y el nivel dinámico varía 15 a 80 m, la calidad del agua dentro de la zona de veda de los acuíferos es buena para uso agropecuario, abrevadero e industrial y regular para uso doméstico. Las corrientes superficiales como los ríos Santiago y Guatimape son de buena calidad de agua.

El acuífero de la subcuenca Río Saucedá es de tipo libre y en el valle de Canatlán tiene una recarga de 60 millones de m³/año y una extracción del mismo valor por lo que se encuentra en equilibrio. El acuífero tiene como roca almacenadora a materiales de grava y arena originados por corrientes intermitentes y depósitos conglomeráticos del Cuaternario. El nivel estático registrado en los pozos de esta parte, según datos de la S.A.R.H., fluctúa de 1 a 75 m y el dinámico de 16.7 a 70 m de profundidad.

En general la calidad del agua extraída y superficial de la subcuenca del Río Saucedá es buena.

Las subcuencas Río Tunal y Durango, contienen al acuífero "Valle Guadiana", con disponibilidad de agua potable para la ciudad de Durango.

Dicho acuífero presenta características de tipo libre y semiconfinado; la roca almacenadora está constituida por arena y grava aluviales holocénicas y sobreyacen discordantemente a tobas riolíticas terciarias impermeables, como se puede observar en el valle Hidalgo-Durango-Nombre de Dios.

Las características del acuífero libre están definidas por cuerpos de arenas y gravas aluviales en Tuitán sobre el río El Tunal y las características de semiconfinado son definidas por depósitos aluviales más antiguos, sobreyacidos por basaltos del Cuaternario, compactos y ampliamente fracturados, que en actitud subhorizontal sobreyace discordantemente a tobas riolíticas impermeables del Terciario. La recarga del acuífero es de 90 millones de $m^3/año$ y la extracción es de 70 millones de $m^3/año$. El nivel estático en los pozos perforados varía de 2 a 35 m de profundidad y el dinámico de 13.6 a 76 m.

La calidad del agua subterránea es buena para todos los usos, excepto la de los ríos La Sauceda y El Tunal que es mala debido a la descarga de aguas residuales provenientes de la ciudad de Durango, que contamina principalmente en la región de Tuitán; y pertenece a la familia mixta con tendencia sódica-potásica, cálcica, magnésica-bicarbonatada, clorurada. (Diagrama 1).

La subcuenca Río Durango, contiene el acuífero libre subexplotado Llanos de Madero-Guadalupe Victoria, que se encuentra en material de alta permeabilidad, constituido por conglomerados del Terciario Superior, cubiertos por arenas y gravas de origen aluvial del período Cuaternario. La recarga es de 23 millones de

m³/año, con extracción de 10 millones de m³, cuyos niveles estáticos en los pozos varían de 18 a 76 m de profundidad y los niveles dinámicos de 20 a 97 m. La calidad del agua en general es buena y pertenece a la familia cálcica, sódica, magnésica-bicarbonatada (ver Diagrama No. 2).

Los acuíferos que se encuentran en el Valle de Poanas son de tipo libre, en partes semiconfinados por los sedimentos arcillosos que funcionan como barreras laterales; el agua que se extrae de los pozos y norias son para riego y uso doméstico, cuya calidad es tolerable y perteneciente a la familia mixta cálcica, sódica-bicarbonatada; (Diagrama No. 3). La temperatura oscila entre los 22 y 23°C, y sus niveles estáticos varían de 50 a 52 m, la dirección del flujo subterráneo es hacia el sur y suroeste; mientras que la recarga se lleva a cabo por precipitación directa e infiltraciones superficiales y laterales.

La dirección del flujo subterráneo se presume es al sureste; destinándose la mayor parte del agua para uso doméstico, industrial, agrícola y pecuario, la recarga se efectúa por precipitación e infiltración de escurrimientos, canales y retornos de riego, así como recargas laterales, provenientes de las sierras circundantes estimadas en el Valle Vicente Guerrero-Poanas en 90 millones de m³ anuales (S.R.H., 1985); dicho acuífero se considera subexplotado, debiéndose contemplar quizá como reserva, tratando de evitar a largo plazo la sobreexplotación ya que provoca desequilibrios que pueden afectar la calidad del agua. I.N.G.E.-S.A. (1973) estimó la recarga natural a estos acuíferos del orden

de $65 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$.

Los principales acuíferos son de tipos libre y semiconfinante, cuyos niveles estáticos en los pozos está entre 18 y 76 m, con gastos de extracción de 1 a 60 l.p.s. mientras que en las norias los niveles estáticos se encuentran entre 1 y 40 m. La temperatura oscila entre 21 y 23°C.; los manantiales son escasos en este valle y sólo al noroeste de Guadalupe Victoria se encuentran algunos; se destina el agua principalmente para uso doméstico, pecuario y en menor proporción agrícola; con dos direcciones de flujo subterráneo de acuerdo a los valores del nivel estático, una proveniente de la porción noroeste que fluye con dirección sureste y otra que viene del sureste y se dirige al oriente de dicho valle, la recarga se efectúa principalmente por precipitación directa e infiltraciones superficiales y laterales. Con base en estudios geohidrológicos cuantitativos realizados por la S.A.R.H. estatal de Durango se estimó que este acuífero está subexplotado, ya que tiene una recarga de 23 millones de metros cúbicos y una extracción por medio de 257 aprovechamientos activos, de 10 millones de metros cúbicos anuales, siendo posible por lo tanto aumentar el bombeo en 13 millones de metros cúbicos adicionales.

Los niveles estáticos en el Valle de Canatlán varían de 1 a 73 m, con gastos de extracción de 3 a 60 l.p.s. aprovechándose el agua generalmente para riego y uso doméstico, de calidad dulce, perteneciente a la familia cálcica, sódica-bicarbonatada, clorurada, (Diagrama No. 4). Con temperaturas entre 21 y 23°C; el flu-

jo subterráneo ocurre hacia el sureste y la recarga por precipitación e infiltración de escurrimientos, lateralmente recibe aportes provenientes de las rocas circundantes que delimitan el valle y que al norte consisten de pequeñas sierras, al oeste corresponde a las estribaciones de la sierra El Epazote, al este provenientes de la sierra de La Silla y al sur de las mesetas de basalto. Los gastos de extracción anual son de 60 millones de metros cúbicos y la recarga es igual, por lo que se considera un acuífero en equilibrio.

Los acuíferos de los valles de Santiaguillo, San Juan del Río y Peñón Blanco, muestran niveles estáticos de 2 a 30 m, con gastos variables de 4 a 50 l.p.s., cuya calidad de agua es dulce, debido a que el total de sólidos disueltos es menor de 434 mg/l, las familias de agua son: cálcica, sódica, potásica-bicarbonatada; (Diagrama No.5). La dirección del flujo subterráneo vá de las sierras frontales al centro del valle Santiaguillo, concordante con el flujo superficial, empleándose principalmente en actividades domésticas, agrícolas y pecuarias.

B). UNIDADES GEOHIDROLÓGICAS

Estas unidades se han definido considerando las posibilidades de las rocas de contener agua, tomando en cuenta las características físicas, litológicas, estructurales y la influencia que estas tienen en el comportamiento geohidrológico de cada unidad.

Según los materiales que constituyen las unidades se determi

naron dos grupos: consolidados y no consolidados, con posibilidades altas, medias y bajas, para funcionar como acuíferos. En el área se delimitaron las unidades que se describen enseguida y que se muestran en el Plano No. 3.

Unidad de material consolidado con posibilidades medias.

Predomina en la porción central y sureste del área que refiere esta carta y en la cuenca del Río Santiago; lo constituyen extensas coladas, conglomerados y algunas tobas. Las coladas fueron originadas en el periodo Cuaternario, intensamente fracturadas a nivel de afloramientos, con un grado de intemperismo avanzado que ha originado algunos suelos residuales de aproximadamente un metro de profundidad, en partes con intemperismo esferoidal, estos basaltos tienen un espesor de 10 a 12 m, cubren a una antigua planicie aluvial en el sureste del área y ocupan una pequeña franja alargada al sur de San Juan del Río, presentan en superficie suelos residuales impermeables que originan pequeños bordos, no se encuentran saturadas. Los conglomerados denominados Formación Los Llanos y Santa Inés, son polimícticos, de origen continental, semiconsolidados en unas partes y en otras bien compactados, masivos y en estratos gruesos, cuyos clastos subangulosos y subredondeados, fueron originados principalmente de rocas piroclásticas ácidas, además de diversas rocas ígneas, calizas y pedernal, los cuales se encuentran dispuestos en forma caótica, con rango granulométrico amplio, cuya matriz arcillo-arenosa y escasamente cementada, presenta gravas, lo que la caracteriza

como una unidad semiconsolidada, se encuentran así mismo algunos lentes arenosos; su expresión morfológica es de lomeríos medianamente disectados. En cuanto a las tobas, sobresalen una parte de los depósitos post-Santuario, que conforman tobas híbridas, pumíticas e ignimbritas, que presentan texturas clásticas y eutaxíticas con abundante vidrio, porosas, fofas y densas, cuyos pseudos-tratos son de algunas decenas de metros, dando la impresión de ser depósitos de arena, clasificadas como tobas pumíticas arenosas riódacíticas, constituyen la unidad volcánica más permeable. Se considera que los conglomerados bien consolidados y los basaltos tienen de mediana a baja permeabilidad, mientras que los conglomerados semiconsolidados de mediana a alta, y junto con las tobas antes descritas, sirven de áreas de recarga, funcionan también como rocas almacenadoras que generan en condiciones propicias acuíferos de tipo libre y semiconfinados.

Existen numerosos aprovechamientos; pozos, norias y manantiales, cuyas temperaturas varían de 23 a 35°C., de calidad dulce, para fines domésticos y recreativos.

Respecto al flujo subterráneo, en la porción austral se presume hacia el sur, donde la temperatura del agua se mantiene entre 21 y 22°C, la mayoría de los pozos que se encuentran en esta unidad están equipados con aeromotores y el agua que extraen es para uso doméstico y pecuario; mientras que, en la porción septentrional, el flujo subterráneo se infiere con dirección al norte.

Unidad de material consolidado con posibilidades bajas.

Esta unidad abarca la mayor parte del área, constituida por rocas ígneas, sedimentarias, volcanosedimentarias y metamórficas.

Las primeras divididas en intrusivas y extrusivas, donde los intrusivos consisten de granodiorita, granito y tonalita. La granodiorita pertenece al Batolito de Sinaloa, se encuentra en el occidente del área, con incipiente metamorfismo de contacto al ser intrusionada por diques graníticos, monzoníticos y andesíticos, su expresión morfológica es de lomeríos de fuerte pendiente. El granito presenta en partes fracturamiento intenso y junto con la tonalita afloran en el oriente del área y se encuentran como troncos afines a los intrusivos terciarios desarrollados en la Provincia de Sierras y Cuencas (Foto No 9), su expresión morfológica es de picachos, altos promontorios y lomeríos. Las rocas volcánicas son riodacita, andesita, riolita y basalto, se encuentran en forma de derrames y por lo general intercalados en la secuencia eminentemente piroclástica ácida; las primeras tienen una exigua porosidad primaria y las segundas con valores altos, la permeabilidad se vuelve significativa al presentar fracturamientos de grado moderado a intenso; sus posibilidades de contener agua se ven un tanto restringidas por sus características morfológicas de alto relieve y estructurales; sin embargo por la localización cada vez mayor de acuíferos en este tipo de rocas, no se descarta la posibilidad de que en algunas partes se encuentren rocas almacenadoras, donde la mayor parte funciona como restringidas zonas de recarga de los manantiales, siendo es-

tos de calidad dulce y pertenecientes a la familia cálcica-sódica bicarbonatada, sulfatada, cuyas temperaturas varían de 13 a 24° C. La secuencia volcánica-piroclástica, que conforma el cuerpo principal de la Sierra Madre Occidental, aquí incluida, geohidrologicamente está constituida en su mayor parte por rocas impermeables no saturadas, a continuación se describen de una manera breve:

En Chupaderos, Swanson et al. (1978) reconocen el núcleo de la caldera compleja Chupaderos en la localidad homónima e infieren dos emisiones de depósitos piroclásticos del Oligoceno que se expresan en los miembros Aguila y Santuario, consistentes básicamente de ignimbritas y tobas pumíticas pseudoestratificadas, con fracturamiento moderado a intenso, separados por algunos domos riolíticos; tobas, ignimbritas y volcanoclásticos, constituyen al miembro o "Formación Cacaría", caracterizada por la presencia de estaño y óxidos de hierro. Las tres "formaciones" constituyen al "Grupo Carpintero", que subyace a los derrames del Basalto Caleras; esta manifestación basáltica ocurrió probablemente a causa de la subsidencia en el cráter, posteriormente la caldera es cubierta por depósitos tobáceos más jóvenes que incluyen entre otras las formaciones Río Chico Inferior-Superior, y más al occidente por la Formación Santa Bárbara. Los depósitos post-Santuario, Mc. Dowell y Keizer [1977, in Mc. Dowell y Clabaugh, 1981 (B4)], los agruparon entre otros a los siguientes miembros: Tunal, Santa María, Garabitos, Cantera, etc.

Las rocas sedimentarias de esta unidad consisten, de pequeños afloramientos en el norte, pertenecientes a una secuencia de

calizas, lutitas y areniscas del Berriasiano, que cubren a rocas metamórficas. También se presentan algunos escarpes de calizas del Albiano-Cenomaniaco, pertenecientes a la Formación Cuesta del Cura, en estratos medianos y delgados, con nódulos, lentes y bandas de pedernal, productos de levantamientos como consecuencia de las intrusiones ígneas terciarias en el oriente del área, sobreyacen a las calizas una alternancia de calizas y lutitas del Turoniano, en estratos medianos y delgados, muy plegadas y con fracturas rellenas de calcita, pertenece a la Formación Indidura y sus afloramientos se restringen básicamente a la porción oriental del área; le sobreyacen pequeños afloramientos del flysch pelítico-samítico, asignado a la Formación Caracol, dispuesta en estratos medianos, delgados y laminares con morfología de lomeríos de pendiente suave. Estas rocas pueden actuar como sello o transmisores de fluidos a las unidades contiguas, debido principalmente a la presencia de fracturamiento moderado y capas.

Las rocas volcanoclásticas, consisten de areniscas con cementantes de yeso, hematita y matriz vítrea; presentan acuñamientos de tobas retrabajadas y posibles lahares, su expresión morfológica es de lomeríos; la posibilidad que tienen estas rocas de almacenar agua o de funcionar como zonas de recarga son muy reducidas, debido a la limitante de características físicas que presentan, tales como el gran contenido de sedimentos arcillosos, capas de muy reducido espesor frecuentemente intercaladas con capas-sello, fracturas generalmente rellenas de calcita y la presencia continua de cementantes.

Las rocas metamórficas comprenden esquistos y calcoesquistos reportados al noroeste de San Lucas de Ocampo, donde las mismas características inherentes al origen de dichas rocas, metamorfismo regional que implica condiciones físico-químicas extremas, les confieren atributos de materiales generalmente impermeables, que funcionan como "basamentos".

Unidad de material no consolidado con posibilidades altas.

Se encuentra ampliamente distribuida en el oriente del área y la constituyen mayormente aluviones y "piedmont" antiguos y recientes, tal como la Grava Duraznillos, denominada así en estudios elaborados por la S.A.R.H., acumulados en los bordes de las sierras y en los valles de Guadiana, Fco. I. Madero-Guadalupe Victoria, Santiaguillo-Canatlán, Poanas, San Juan del Río y Peñón Blanco; esta unidad incluye además depósitos de origen residual, lacustre y eólico;

En la porción noreste del área, está constituida principalmente por gravas y conglomerados semiconsolidados pliocénicos y cuaternarios, de origen continental, con matriz arenosa y escaso cementante calcáreo, clastos de rocas piroclásticas y ácidas; su permeabilidad es alta y ofrece posibilidades de presentar acuíferos, con rastros de porosidad secundaria; al norte y noreste de la ciudad de Durango consiste de una acumulación de piroclásticos, principalmente escorias, bloques y escasas bombas, englobados en una matriz de lapilli; estos materiales conforman una serie de aparatos volcánicos (no cartografiables) que de acuerdo al

acomodo de sus partículas y su fracturamiento moderado tienen una permeabilidad media, por sus características morfológicas, pero sin grado de consolidación, constituyen excelentes zonas de recarga. También se encuentran pequeños afloramientos de travertino en el límite austral del área. Algunos componentes similares a los descritos en esta unidad, en el subsuelo, son los que alojan a la mayoría de los acuíferos que se explotan actualmente en el área. Corresponde a los afloramientos sin consolidar, de las Formaciones Santa Inés de Pantoja Alor (1963) y Formación Los Llanos de Enciso de la Vega (1968) que se extienden desde San Pedro del Gallo y Cuencamé, Dgo., respectivamente.

El Valle de Guadiana es de origen tectónico, se encuentra bordeada por mesetas de basalto al norte y oriente; en tanto que, al occidente limita con la sierra El Epazote, lo forman básicamente cuatro unidades geohidrológicas: aluvión, basalto, toba ácida y conglomerado. Este valle compartió su origen con actividades volcánicas acaecidas durante la conformación de la Sierra Madre Occidental y por lo tanto tiene como sustrato a la unidad cartográfica toba ácida, descrita en la unidad de materiales consolidados con posibilidades bajas. En el Mioceno es eruptado de manera simultánea con piroclásticos ácidos a través de las fallas normales que limitan esta caldera los basaltos alcalinos con megacrístales y xenolitos de la Formación Metates, posteriormente es cubierta por depósitos aluviales a causa de los "grabens" que vinieron a modelar este paisaje en el Plio-Cuaternario, donde los aluviones con un amplio espectro granulométrico, se interdigitan

en algunas partes con materiales lacustres y eólicos, emergen en este valle algunos mogotes de riolita. Córdoba (1978) menciona que el origen de dichos valles es tectónico y apreció desplazamientos verticales de más de 300 m, por lo que se infiere que tienen dichos aluviones un espesor considerable, INGESA (1973) apreció espesores de 50 m para el aluvión reciente y mayor de 100 m para el antiguo, acumulados principalmente sobre las rocas volcánicas piroclásticas ácidas; así mismo se tienen depósitos conglomeráticos polimícticos cuaternarios, que posiblemente desde el Plioceno (aluvión antiguo; S.R.H., 1973) se encuentran bordeando y rellenando dicho valle, tales como los que se aprecian en el borde de la sierra El Epazote en las cercanías del poblado Morcillo, con matriz arenosa, cementantes de óxidos de hierro y escasos lentes de arenisca; los depósitos más jóvenes lo constituyen basaltos con fase de malpaís que en algunas partes cubren antiguos suelos aluviales. Se encuentran así mismo depósitos carbonatados, productos de antiguos manantiales, con un espesor aproximado de 1.5 m. Las características de los materiales de acarreo según la S.R.H. (1973) consiste para el reciente de arenas bien graduadas, arenas limosas, gravas mal graduadas y arenas arcillosas; y el antiguo, constituido de clásticos derivados de tobas y riolitas, tobas retrabajadas intercaladas con limos arenosos, gravas y arcillas inorgánicas, que de hecho constituyen el principal acuífero del área estudiada, así pues los abundantes acuíferos en explotación en este valle lo conforman los antiguos abánicos aluviales y los materiales conglomeráticos.

Valle de Fco. I. Madero-Guadalupe Victoria, también de origen tectónico, se localiza hacia el noreste de la ciudad de Durango, los materiales que lo constituyen son principalmente depósitos holocénicos, formados por arenas, gravas, sedimentos lacustres y conglomerados del Terciario Superior y Cuaternario que generalmente se encuentran sobreyaciendo a rocas volcánicas, entre las que destacan tobas y derrames riolíticos, existen también basaltos cuaternarios que cubren antiguos suelos aluviales. El acuífero en explotación está constituido principalmente por antiguos abanicos aluviales y basaltos cuaternarios que presentan una permeabilidad variable, mismos que funcionan como transmisores y receptores del agua e hidrológicamente actúan como una sola unidad almacenante, contenida por barreras laterales de tobas, andesitas y rocas calcareoarcillosas que la delimitan; generalmente los sedimentos que rellenan este valle están constituidos de materiales granulares provenientes en mayor grado de rocas volcánicas, que en conjunto presentan de mediana a buena permeabilidad.

El valle de Canatlán, al igual que los anteriores, es de origen tectónico, se localiza en el centro del área y está constituido por el mismo tipo de material que los anteriormente descritos y por lo tanto cuentan con las mismas características geohidrológicas, formando un buen acuífero de tipo libre en el cual se encuentran distribuidos 297 aprovechamientos activos. Los valles de Santiaguillo, San Juan del Río y Peñón Blanco, son de similares características.

El valle de Poanas, también de origen tectónico, queda ubi-

cada en la parte sureste del área, ocupando una pequeña porción, los materiales que lo conforman, son principalmente gravas, arenas y sedimentos arcilloarenosos.

Material no consolidado con posibilidades medias.

En la esquina suroriental del área hay una pequeña porción de esta unidad que está formada por material conglomerático y arenoso; el primero con clastos subredondeados y medianos incluidos en una matriz areno-limo calichosa, el segundo se encuentra intercalado en forma de lenticulas; características que le confieren regulares posibilidades a la presente unidad.

Material no consolidado con posibilidades bajas

Se encuentran en la porción noreste del área, constituyen suelos limosos y arcillosos, derivados de limolitas de color verde, lutitas y areniscas conglomeráticas, terciarias a las cuales sobreyacen; productos estas a su vez del retrabajo de areniscas y tobas ácidas de la Formación Ahuichila.

Tabla No. 1

CLASIFICACION DE ROCAS Y SUELOS Y CORRESPONDIENTE GRADO DE PERMEABILIDAD

 PERMEABILIDAD BAJA PERMEABILIDAD MEDIA PERMEABILIDAD ALTA

Igneas:

Granito.
 Diorita.
 Riolita.
 Toba ácida.
 Brecha volcánica ácida.
 Andesita.
 Toba básica.
 Brecha volcánica básica.
 Basalto.

Riolita fracturada
 Toba ácida fracturada y medianamente consolidada.
 Andesita fracturada.
 Basalto fracturado y alterado.
 Toba básica fracturada.
 Brecha volcánica básica fracturada, medianamente consolidada.

Tobas ácidas (arenosas, pumíticas y lapillis).
 Aglomerados sueltos.
 Tobas básicas arenosas y pumíticas (escoria y arena volcánica).
 Basalto fracturado, reciente, lava de bloques.

Sedimentarias:

caliza (arcillosas, margosas, silicificadas).
 arenisca (compactas, bien cementadas).
 conglomerado (bien cementado).
 caliza-lutita.
 lutita-arenisca.

caliza (puras, rocas calcáreas fracturadas)
 arenisca (fracturadas, mal consolidadas).
 conglomerado (fracturados y medianamente consolidados).

caliza (arrecifal fracturada, solubles).
 arenisca (sin cementante).
 conglomerado (matriz arenosa, no cementados).

Metamórficas:

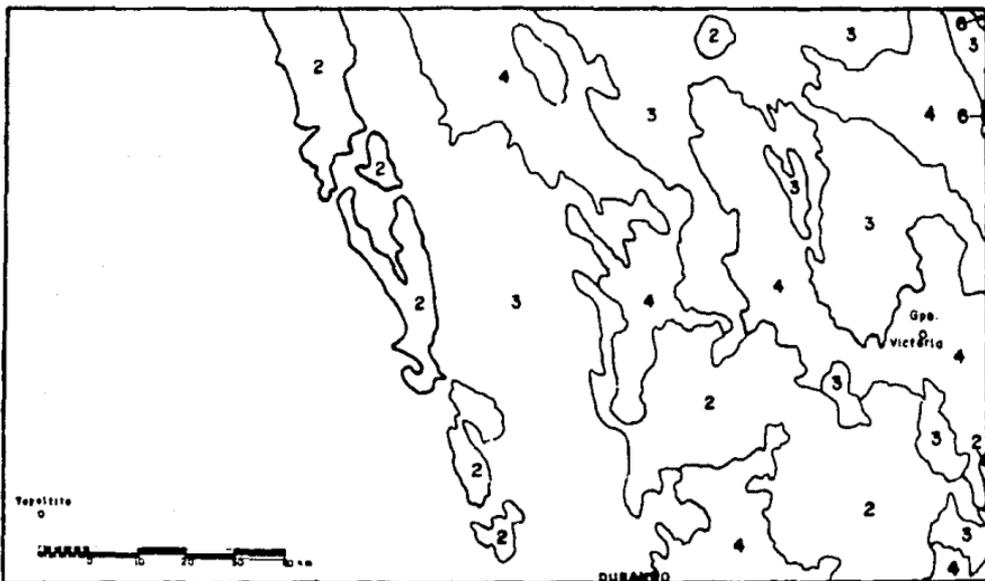
Esquisto

Suelos:

aluvión (arcillas y limos)
 residual (arcillas y limos).
 lacustre

aluvión (areno-limoso)
 residual (areno-limoso)
 lacustre (con facies arenosas)

aluvión (arenoso o gravoso).
 residual (arenoso o gravoso).
 edílico.



Topolito



DURANGO

ESC. 1:1,000,000

- | | |
|---|--|
| 1. MATERIALES CONSOLIDADOS
CON POSIBILIDADES ALTAS. | 4. MATERIALES NO CONSOLIDADOS
CON POSIBILIDADES ALTAS. |
| 2. MATERIALES CONSOLIDADOS
CON POSIBILIDADES MEDIAS. | 5. MATERIALES NO CONSOLIDADOS
CON POSIBILIDADES MEDIAS. |
| 3. MATERIALES CONSOLIDADOS
CON POSIBILIDADES BAJAS. | 6. MATERIALES NO CONSOLIDADOS
CON POSIBILIDADES BAJAS. |

U
N
A
M

FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDADES
GEOHIDROLOGICAS

TESIS PROFESIONAL

MANUEL CRUZ P. RODOLFO R. NAVA V.

PLANO N° 3

1 9 9 0

Diagrama No 1

DIAGRAMA TRIANGULAR PARA REPRESENTACION
GRAFICA DE ANALISIS DE AGUA -

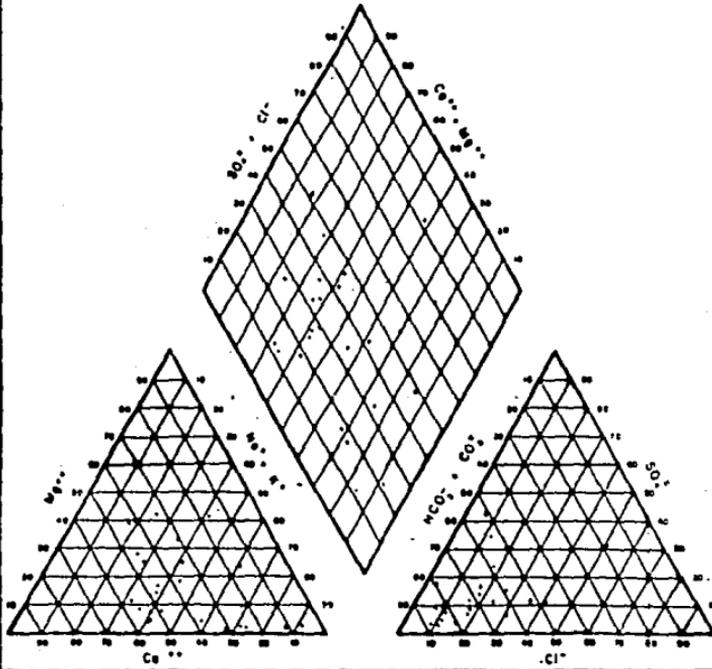


Diagrama No. 1000 1000

Muestras representativas del Valle del Guadiana, donde se observa que la familia del agua es mixta con tendencia sodio-potasio, sulfato, magnesio-bicarbonato, cloruro.

Diagrama No. 2

DIAGRAMA TRIANGULAR PARA REPRESENTACION
GRAFICA DE ANALISIS DE AGUA

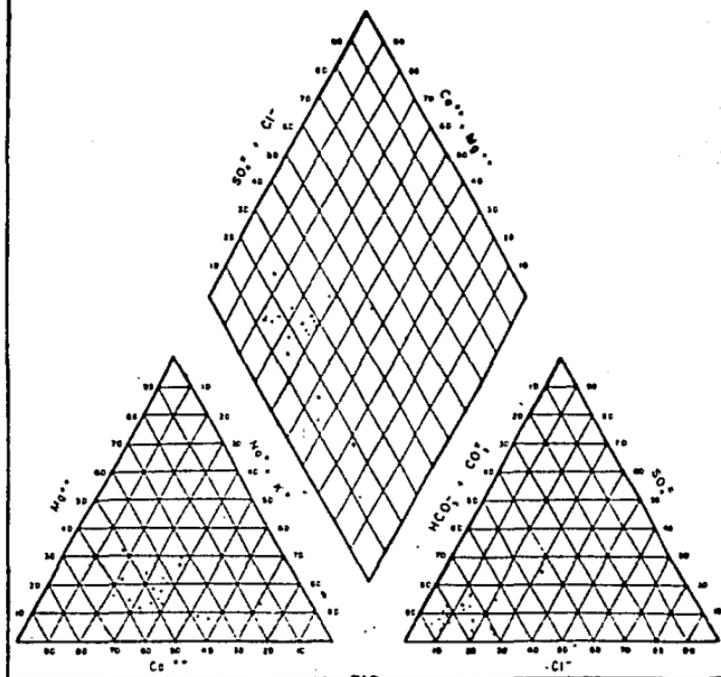


Diagrama de M. G. S. P. P. P. P.

Las muestras representativas del agua del Valle Francisco I. Madero- Guadalupe Victoria, pertenecen a la familia, cálcica, sódica, magnesio-bicarbonatada.

Diagrama No. 3

DIAGRAMA TRIANGULAR PARA REPRESENTACION
GRAFICA DE ANALISIS DE AGUA

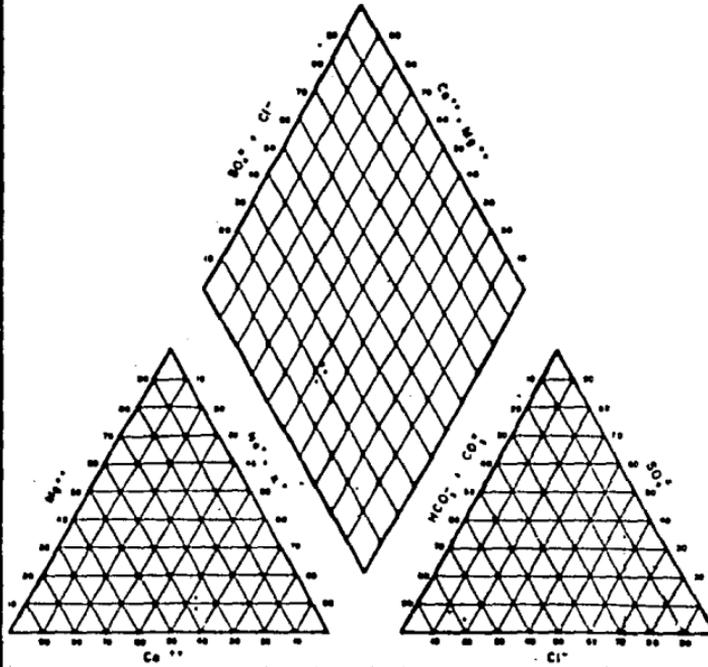


Diagrama de M. W. Piper

Valle de Paenas. familia predominante del agua: bicarbonato, sulfato-cloruro.

Diagrama No. 4

DIAGRAMA TRIANGULAR PARA REPRESENTACION
GRAFICA DE ANALISIS DE AGUA

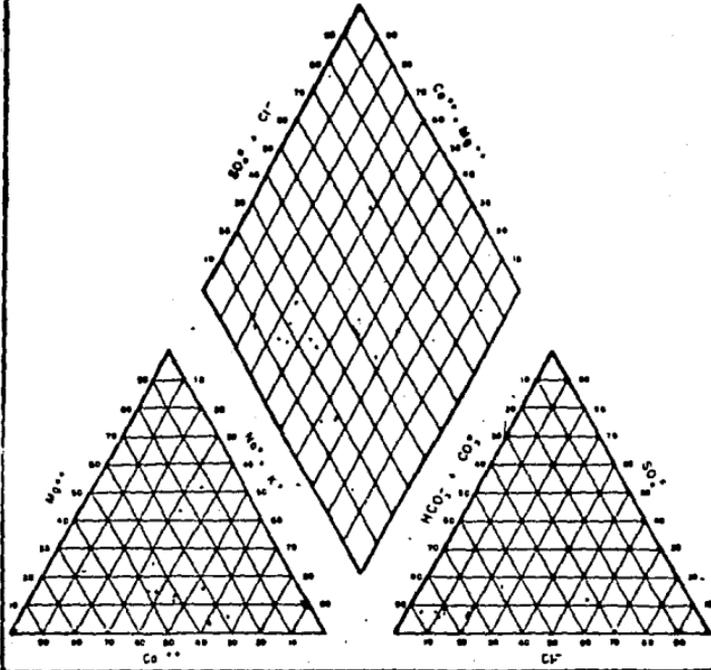


Diagrama de análisis de agua

Muestras representativas del Valle de Comalán; en donde la familia de agua es principalmente, sulfato, sódico-bicarbonato, cloruro.

Diagrama No 8

DIAGRAMA TRIANGULAR PARA REPRESENTACION
GRAFICA DE ANALISIS DE AGUA

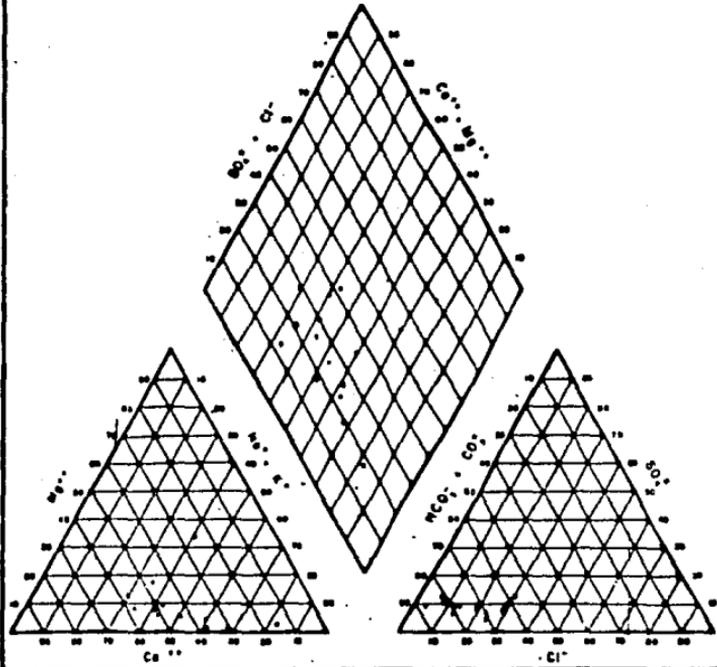


Diagrama No. 8, 1950-1951

En el Valle de Sanjiquillo la familia de agua predominante es: calcio, sodio, potasio-bicarbonato.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Hidrotermalismo

El sistema NW SE de fracturamiento regional de la Sierra Madre Occidental asociada a franjas de rocas silicificadas (andesitas), sobrepuesta al sistema N,NW S,SE o casi N S que representa el sistema regional de la provincia Basin and Range, parece ligado a la mayoría de las manifestaciones hidrotermales en diversas partes de la Sierra Madre Occidental (Garduño, et al., 1986), en este trabajo consideramos ambos sistemas dentro de esta provincia y como conjugados; el alcance vertical de los bloques de las fosas y pilares que afectan en forma burda mayormente de norte a sur el área, son de afectación cortical y de grandes dimensiones, pues en ellas se encuentran gran cantidad de conos basálticos volcánicos, extravasaciones basálticas en fisuras, esta actividad volcánica en partes explosiva, es deducida por la presencia de abundantes bombas volcánicas en sus inmediaciones donde incluyen en algunas partes xenolitos de peridotitas y piroxenitas (Rodríguez Torres, 1972b; Sánchez, 1978).

Mineras

Las calderas revisten interés económico en el área y hacia ellas se deben enfocar parte de las prospecciones, sobre todo en la intersección de los rasgos circulares, con los sistemas de fracturamiento, en donde ocurren yacimientos minerales.

Estudiar los jales que se encuentran en el área.

Utilizar en mayor grado el apoyo de la geofísica; por ejemplo, si el yacimiento de el Cerro de Mercado está ligado a la

Caldera de Chupaderos, sería interesante corroborar su posible extensión bajo los depósitos aluviales.

En la prospección superficial, los índices de alteración son muy significativos; en el área se encuentran delimitadas zonas de alteración en las siguientes localidades:

En San José de Avino, dicha zona de alteración está comprendida por silicificación y oxidación en rocas andesíticas, en donde se presentan además diques riolíticos asociados aparentemente a la mineralización de origen hidrotermal, a cuyas vetas se les atribuye por otra parte incipiente enriquecimiento supergénico en bolsas.

En el área de La Esperanza, en el cerro El Fuste, se encuentra la mina La Mancuerna, en una zona de alteración, posiblemente hidrotermal, que combinado con el intemperismo há producido caolinización a partir de tobas dacíticas vítreas devitrificadas, de donde se extrae caolín de buena calidad, mismo que se transporta a la Cd. de Torreón, Coah.

En el Cerro de Mercado, la oxidación es conspicua en los yacimientos ferríferos.

Existen además, muchas zonas de propilitización, esta guía es importante, ya que se encuentra asociada a la mineralización metálica en la Sierra Madre Occidental, en donde afloran andesitas cretácico-terciarias y oligomiocénicas, así como riodacitas del Paleógeno, en el área, en las regiones de Tayoltita, andesitas oligomiocénicas en Otaez, y en la Sierra de Gamón, en las minas de San José de Avino y en la Sierra de Coneto de Comonfort; riodacitas, en Diez de Octubre y en el occidente del área en Sapioris, San José de Basis y La Trinidad. En la región de Tayoltita, también se presentan restringidas zonas de albitización.

Es importante la aplicación conjunta tanto de la geología, como de la geofísica, en la exploración minera, en particular ha sido exitosa esta última en la prospección de yacimientos de oro en México (Villegas et al., 1986), cuyos requerimientos exigen una conceptualización e identificación del ambiente y modelo geológico de mineralización, así como del "background" o respuestas de fondo de la roca encajonante y cobertura.

Geotérmicas

De acuerdo a evaluaciones geotérmicas hechas en la Sierra Madre Occidental, las calderas ofrecen algunas posibilidades, pues se sabe que en otras partes de esta provincia, particularmente en Piedras de Lumbre, estado de Chihuahua, en donde Maciel (1986) reporta 94° C, es tangible el potencial geotérmico en esta provincia geológica, así como en la de Sierras y Cuencas, por lo que estudios a detalle y de geoquímica son recomendables para la determinación de la posible temperatura a profundidad, encaminado a un programa de sustitución energética, pues cuando no es susceptible de transformarse en o generar electricidad redituable, la energía geotérmica es susceptible de aprovecharse además en otros múltiples usos, amén de que desde el punto de vista de la metalogénia es importante conocer los sistemas fisicoquímicos y evolución térmica de los campos, incluyendo el origen del agua y elementos químicos así como del calor y alteraciones hidrotermales y de la composición química de dichos fluidos, Nuñez et al., (1984), por lo que cada vez es más importante realizar en lo posible estudios tales como de inclusiones fluidas en cristales hidrotermales, composición química del basamento, de actividad magmática, entre otros, a fin de poder comprender épocas metalo-

genéticas, distribución espacial y temporal e importancia de los distintos yacimientos minerales.

Geohidrológicas

En la búsqueda de acuíferos para abastecer poblaciones pequeñas son recomendables métodos similares a los empleados por Randall (1984) en rocas volcánicas, los cuales incluyen métodos de potencial natural con sondeos eléctricos verticales (SEV), de antemano se asume que las tobas pueden funcionar como colectores y almacenes del vital líquido, visualizando riolitas e ignimbritas como unidades impermeables, donde también las calderas volcánicas pueden contener grandes acuíferos "superficiales", todo ello encaminado a la recomendación y ubicación de pozos. En las áreas donde existen o existieron zonas de malpais, tal como se observó en la porción sur central, existe la posibilidad de acrecentar el abastecimiento del agua subterránea, sobre todo donde es posible que terrenos basálticos se encuentren cubiertos por materiales de acarreo, ya que cualquiera de ellos pueden funcionar como acuíferos, constituyendo el otro una frontera de contención, en vista de que fácilmente presentan transmisibilidades altas; a pesar de que mantos acuíferos de este tipo se encuentran generalmente demasiado profundos y frecuentemente con nulas zonas de saturación, Alfaro, et al. (1984), estas rocas son de las que más éxito han reportado en las perforaciones efectuadas en México, siendo necesario buscar y localizar recónditos recursos hidráulicos por la necesidad cada vez mas urgente de contar con el preciado líquido.

Por el crecimiento demográfico, es necesario implantar medidas a largo plazo, para prever el abastecimiento y un uso racio-

nal delpreciado líquido, se deben tomar medidas que sean benéficas a futuro, tales como una necesaria racionalización, uso adecuado, tratamientos para recirculación, utilización masiva de métodos agrícolas que ahorren agua, etc.

Con fines hidroeléctricos

Con propósitos hidroeléctricos, por ejemplo en ubicación de embalses, cabe mencionar las grandes estructuras propicias que reportaron Iparrea, et al. (1984), en el área del río San Pedro, en el extremo sur de la Sierra Madre Occidental, tales como calderas, domos y fallas, estas últimas asociadas a manantiales termales, donde indican que las fracturas y fallas dada su antigüedad ya tienen un determinado grado de sellamiento, debe tenerse especial cuidado con las fallas activas y más recientes; en cuanto a las estructuras dómicas hasta cierto punto son favorables. Por lo cual se hacen extensivas estas observaciones al área de trabajo.

Petroleras

En la búsqueda de hidrocarburos se han realizado trabajos en los límites de Durango y Zacatecas (Castro, 1986) y en el área de Parral-Rodeo (Equiluz, 1985), los cuales intentaron detectar la profundidad del basamento en esa región a partir de datos aeromagnéticos y de recopilación geológica, así como trabajos de geología superficial, sedimentología, estratigrafía y sismología; estudios similares son recomendables en la porción oriental del área perteneciente al denominado Mar Mexicano para lograr una correlación geológica-geofísica más confiable y apropiada en la prospección de nuevas reservas que permitan al abastecimiento de

combustibles de la zona fronteriza. Es recomendable que las exploraciones petrolíferas se encaminen hacia la zona de plataforma, ya que las rocas generadoras son escasas a pesar de que la mayoría de ellas alcanzaron la zona catagenética, siendo esto común en las cuencas de tipo post-arco, según estudios hechos por Rueda et al. (1986) en la porción del Mar Mexicano comprendida en los estados de Durango y Chihuahua; aunado esto a que formaciones favorables como almacenadoras se encuentran aflorando, reduce las posibilidades del área en este renglón. Por otra parte los fósiles son muy escasos en la secuencia post-arco del Mar Mexicano, donde los únicos fósiles índices reportados por Rueda et al. (op. cit.) fueron cocolitos y nanoconus, sin embargo esto permitió la determinación y correlación de algunas de las palinozonas que propusieron. Para la porción occidental por su inaccesibilidad son recomendables además técnicas geofísicas que puedan aplicarse desde el aire, las cuales incluyen comúnmente métodos magnetométricos, espectrométricos y electromagnéticos que se emplean también en programas de búsqueda de uranio y de metales básicos (Figueroa, 1984), por ser la Sierra Madre Occidental un área de considerables dimensiones.

Según Equiluz (1985), es posible que bajo la carpeta alóctona, exista una secuencia autóctona menos perturbada y con facies apropiada para la exploración petrolera, tomando en cuenta la historia paleotermal de estas rocas.

Por tal fin, con previos levantamientos aeromagnéticos que detecten la profundidad del basamento, para establecer el posible espesor de la carpeta sedimentaria; tal vez sea conveniente por ser más económico efectuar estudios que complementen los levantamientos cartográficos geológicos regionales y de semidetalle

existentes, con secciones esquemáticas del subsuelo, que se correlacionen con afloramientos, para así tener una buena idea del comportamiento estructural y de las rocas a profundidad, siendo necesario detallar en cuanto a la amplitud de las estructuras antiforales y segmentos de ellas, así como otras características de posibles trampas que se manifiesten en el área, en rocas capaces de contener hidrocarburos de importancia económica.

Estratigráficas

Por los problemas litoestratigráficos especiales que plantean las rocas volcánicas de esta provincia, sería aconsejable una revisión exhaustiva y efectiva unificación acerca de las unidades definidas e informales usadas por los diversos autores que han trabajado en la región. Para una adecuada sucesión estratigráfica debe tomarse en cuenta las sugerencias hechas por Rodríguez Torres y Diego Córdoba (1978), sin embargo hay algunos aspectos que conviene enfatizar: la discontinuidad y falta de homogeneidad en mucha de la aparente secuencia monótona volcánica piroclástica estéril desde el punto de vista de contenido de fósiles, se ve frecuentemente intercalada por depósitos continentales volcanoclasticos, que en algunas partes como sucede en las áreas de San Juanito y Guachochic Chih., (Ruiz J., e Iruretagoyena, J. A., comunicación verbal) al participar en el levantamiento cartográfico-geológico, esc. 1:250,000, indicaron impresiones de lo que consideraron pisadas de pajaros en una secuencia tobacea, que delata la presencia de fósiles continentales en esta provincia; sería interesante estudiar aparte de los reportes de edades absolutas para este evento volcánico, los escasos indicios de edades relativas que nos brinda la Sierra Madre Occidental, los

autores del presente estudio, durante el reconocimiento de campo, tuvieron noticias que en el área de Ratia, al sur de Santiago Papasquiaro, existían afloramientos con troncos petrificados, lo cual no es raro hasta cierto punto, pues Martínez Sanchez, Munguía Aizpúrua y Gómez Sosa (URAMEX, 1981; in S.R.H., 1981), describen características un tanto especiales en el miembro Ts2 de la Formación El Salto por ellos denominada, en donde mencionan estructuras tales como huellas de corriente y restos de materia orgánica petrificada (fragmentos de madera), en el Cerro de la Montosa, en la parte central de la Sierra de Coneto. La conformación tabular de la mayor parte de las unidades es favorable, sin embargo muchas de ellas son irregulares y de diversa composición y con distintos espesores, debido en parte a sus diferentes centros de origen. Las distintas rocas piroclásticas y epiclásticas de manera general se encuentran intercaladas, intrusivas, falladas, con alteración hidrotermal, así como distribuidas irregularmente en la secuencia de la Sierra Madre Occidental; en este aspecto es aconsejable tomar en cuenta en futuras definiciones formacionales las recomendaciones de la Guía Estratigráfica Internacional (Subcomisión Internacional de la Clasificación Estratigráfica, 1980), que indica que la desaparición de una o varias formaciones que componen un grupo, justifica la reducción de dicho grupo al rango de formación.

Cartográficas.

Es importante que la cartografía geológica en diversas escalas, que actualmente realizan nuestras instituciones sea dinámica, con un organismo coordinador que canalice las mejoras y sustente las demandas de una manera más realista y efectiva, a

provechando los avances que actualmente nos brinda la tecnología, de tal manera que la producción sea por ejemplo anual, con un determinado tiraje, revisado conjuntamente, con cargo alternado de instituciones y cooperación interdisciplinaria que involucrara comisiones permanentes de personal.

Con este marco de referencia, sería factible emprender tareas más ambiciosas, con el apoyo de empresas interesadas en ellas, que redundarían en cartografías más especializadas en los campos de la micro y paleontología, geología, geohidrología, geofísica, investigación, prospecciones minera, geotérmica, petrolera, de materiales pétreos, etc.

De carácter general.

Los asentamientos humanos que se localizan en la Cd. de Durango, entre el cerro Guadalupe y el cerro La Cruz, presentan el inconveniente de invadir el cauce de los arroyos intermitentes Las Mangas y El Hielo, es importante que los futuros asentamientos hacia las cabeceras, dejen libre cierto margen a partir del cauce inmediato, en previsión de futuras y excepcionales avenidas provenientes de la sierras; las fallas que se localizan en la Sierra Cacaria, como la generalidad de la Sierra Madre Occidental son fallas antiguas e inactivas por lo que aparentemente no representan gran riesgo; la pseudoestratificación se mantiene cercana a la horizontal con ligera inclinación hacia el valle; el riesgo de actividad volcánica en el área es latente, por la presencia del campo volcánico al noreste de la Cd. de Durango que ha originado los aparatos y extensas mesetas basálticas mayormente en las áreas de Tuitan-Carlos Real-Ricardo Flores Magon, frecuentes derrames de fisura algunos pequeños conos en la Sierra Ca-

caría al noroeste de Durango.

El estado de Durango es famoso por sus paisajes, es importante que las explotaciones mineras y de materiales de construcción cuiden este aspecto, lo recomendable sería declarar algunas áreas como parques nacionales custodiados efectivamente para preservar además fauna y flora; un ejemplo de mala ubicación de bancos de materiales se observa en el poblado de Chupaderos.

El tratamiento de aguas residuales es cada vez más necesario en el ámbito nacional, por el crecimiento que los asentamientos humanos tienen, y la repercusión que los desechos industriales y orgánicos ejercen en el campo y el medio rural, así como en mantos freáticos y corrientes; actualmente el río El Tunal presenta graves problemas de contaminación, pues frente a la Sierra El Registro se encuentra establecida una industria papelera, que vierte hacia este río sus desechos, contaminantes que agravan la situación de este sistema hidrológico, ya que poblados tales como El Arenal, Independencia y Libertad entre otros, se encuentran seriamente amenazados, por lo que es urgente mejorar la calidad de la descarga, ya que el deterioro de esta cuenca cada día vá en aumento, siendo responsable en gran medida también los provenientes de la capital duranguense.

La promoción turística debe aprovechar los recursos naturales existentes en el área, como en el caso de los manantiales de La Concha, cuyas aguas termales, de temperatura muy agradable y acceso pavimentado son un ejemplo. (Foto No. Ba).

APENDICE PETROGRAFICO

Se desconocidamente de la edad de los reportes petrográficos, pues a raíz del terremoto de 1905, se extraviaron los de la porción norte del área, sin embargo a fin de complementar y comparar esta información se contó para ello con los reportes con la cartografía geológica 1:50,000 de CENAMSA a continuación se enlistan únicamente los de la porción austral:

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 1 (LA-47)

LOCALIDAD: W 105° 07' 30''; N 24° 30' 00''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Derrame masivo, con exfoliación, esto último origina bloques arredondados de varios metros de diámetro en la Sierra El Epazote.

DESCRIPCION MEGASCOPICA: Roca ígnea extrusiva ácida, compacta.

Color: Café rojizo.

Estructura y Textura: Fluidal, porfídica con matriz afánítica.

Minerales y aloquímicos observables:

Primarios: Fenocristales de cuarzo y feldespatos.

Secundarios: Óxidos.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Textura: Filotaxítica.

Minerales esenciales: Fenocristales de plagioclasas sódicas zonadas en una matriz de cuarzo criptocristalino y plagioclasas sódicas.

Minerales accesorios: Micas oxidadas y apatito.

Minerales secundarios: Hematita.

CLASIFICACION: **DACITA**

COMENTARIOS: Perteneciente a la unidad Tom (Ta).

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 2 (LA 10) LOCALIDAD: W 105°56'00"; N 24°27'00".

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Derrames andesiticos intensamente fracturados, con exfoliacion, en Cuevecillas, al occidente de San Miguel de Cruces.

DESCRIPCION MEGASCOPICA: Andesita compacta.

Color: Cafe rojizo con tonos claros.

Estructura y textura: Masiva, presenta vesiculas rellenas de calcita y silice; afanítica porfídica

MINERALES Y/O ALQUIMICOS OBSERVABLES:

Primarios: Plagioclasas, fragmentos de rocas oxidadas, anfiboles: en una matriz oxidada.

Secundarios: Calcita.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Textura: Hialoplítica.

Minerales esenciales: Fenocristales de andesinas, fragmentos de rocas ígneas hipabisales intermedias esmalzadas en una pasta de microlitos de plagioclasa escaza y vidrio oxidado.

Minerales accesorios: Miras oxidadas y pirroxenos.

Minerales secundarios: Silice, calcita y hematita.

CLASIFICACION: ANDESITA

COMENTARIOS: Indudablemente se trata del segundo miembro de la Formación Andesita Productiva de Lozano (1956).

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 3 (LA-15) LOCALIDAD: W 105°50'30''; N 24°4'50''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Depósitos tobáceos máficos al oriente de San Miguel de Cruces.

DESCRIPCION MEGASCOPICA:

Color: Café rojizo.
Estructura y textura: Compacta, piroclástica.

MINERALES Y/O ALOQUIMICOS OBSERVABLES:

Primarios: Plagioclasas, líticos, ferromagnesianos; en una matriz oxidada.
Secundarios: Oxidos.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Textura: Piroclástica, cristalina.
Minerales esenciales: Labradoritas, andesinas, líticos de composición intermedia y básica; en una mesostasis vítrea completamente oxidada.
Minerales accesorios: Augita con serpentización y olivino.
Minerales secundarios: Hematita, serpentina y magnetita.

CLASIFICACION: TOBA BASICA CRISTALINA.

COMENTARIOS: Posiblemente sea el miembro superior de la Formación Andesita Productiva descrita por Lozano (1966).

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 4 (LA 44)

LOCALIDAD: W 105° 14' 20''; N 24° 4' 15''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Secuencia ignimbrítica con exfoliación pronunciada.

DESCRIPCION MEGASCOPICA:

Color: Café rojizo.

Estructura y textura: Compacta, eutaxítica afanítica.

Minerales y aloquímicos observables:

Primarios: Silice microcristalino.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Textura: Vitroclástica relicta.

Minerales esenciales: Silice criptocristalino, fibras de feldespato.

Minerales secundarios: Hematita.

CLASIFICACION: **TOBA SOLDADA**

COMENTARIOS: Parte de la secuencia Tom (Ta).

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 5 (LA-43) LOCALIDAD: W 105° 14' 40''; N 24° 3' 20''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Derrames fisurales en la porción central del Graben de Otinapa-Tenexapa, C. Tenexhontla, cerca de San Jerónimo de Jacales, presentan marcada exfoliación.

Color: Gris oscuro que intemperiza en café claro.

Estructura y textura: Compacta y ligeramente vesicular, afanítica.

Minerales observables:

Primarios: Plagioclasas.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Textura: Ofítica.

Minerales esenciales: Plagioclasas sodicas (andesinas, oligoclasas) y cálcicas (labradoritas).

Minerales accesorios: Augita, pigeonita.
(característicos)

Minerales secundarios: Magnetita, apatito.

CLASIFICACION: ANDESITA DE PIROXENOS.

COMENTARIOS: Por el índice de color, la presencia de labradorita y pigeonita, además de la textura ofítica, se trata mas bien de una andesita basáltica (Williams et al. 1968, p. 30) la cual se cartografió indistintamente como andesita o basalto del Neógeno.

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 7 (LA 52)

LOCALIDAD: W 105° 03' 05''; N24 20' 50''

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Riolita masiva, forma grandes bloques ligeramente arredondados.

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Color: Gris claro con tonos rosas.

Estructura y textura: Fluidal, Porfídica con matriz afanítica.

Minerales observables:

Primarios: Algunos fenocristales de cuarzo y feldespatos; en una matriz afanítica.

Secundarios: Oxidos.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Textura: Eutaxítica esferulítica.

Minerales esenciales: Fenocristales de cuarzo y plagioclasa sódica, esferulitas de feldespato potásico (ortoclasa) y sílice, cuarzo microcristalino.

CLASIFICACION: RIOLITA FLUIDAL.

COMENTARIOS: Perteneciente a la unidad Tom (Ta).

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 10 (LA 17) LOCALIDAD: W 105°57'30''; N 24°18'55''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Toba ácida con exfoliación esférica en las cercanías de Puenteillas.

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Color: Rojizo.

Estructura y textura: Compacta, diroclástica.

Caracteres especiales: Fluidal.

Minerales observables:

Primarios: Plagioclasas, vidrio, micas y óxidos.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Cristalovítrea, lítica.

Minerales:

Esenciales: Andesinas, cuarzo, fragmentos de rocas volcánicas ácidas en una matriz vítrea ácida fluidal ligeramente oxidada que incluye bandas de sílice microcristalino.

Accesorios: Biotita.

Secundarios: Hematita, pirita, apatito.

CLASIFICACION: Toba cristalina dacítica.

COMENTARIOS: Toba cristalina dacítica soldada, perteneciente a la unidad Tom (Ta): donde el vidrio ha sido reemplazado por mezclas felsíticas densas de cuarzo y plagioclasa sódica.

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 12 (LA-8) LOCALIDAD: W 105° 50' 40''; N 24° 18' 20''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Toba riolítica pseudofluidal.

Descripción macroscópica:

Color: Café rojizo.
Estructura y textura: Compacta, piroclástica.

Minerales observables

Primarios: Cuarzo, plagioclasas y micas, en una matriz oxidada.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Cristalolítica.

Mineralogía: Cuarzo, oligoclasas, fragmentos de rocas ígneas extrusivas ácidas.

CLASIFICACION: Toba dacítica cristalina.

COMENTARIOS: Toba cristalina dacítica soldada, en donde el vidrio ha sido reemplazado por una mezcla felsítica densa de cuarzo y plagioclasas sodicas. Pertenecer a la unidad Tom(Ta).

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 13 (LA 29) LOCALIDAD: W 105°58'20"; N 24°2'25".

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Andesita, masiva, al occidente de Santa Rosa de los Alvarado, en la region de Tayoltita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Rojizo.
Estructura y Textura: Compacta, porfidica.

Minerales observables:

Primarios: Feldespatos y ferromagnesianos (magnetita).

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Traquitica porfidica, algunas plagioclasas están oxidadas.

Minerales

Esenciales: Fenocristales de plagioclasas sódicas (andesinas) y pocas cálcicas (labradorita), en una matriz de plagioclasas sódicas y piroxenos.

Accesorios: Fenocristales de augita y pigeonita, con sus bordes oxidados.

Secundarios: Pirita, hematita y magnetita.

CLASIFICACION: Andesita.

COMENTARIOS: Andesita basáltica, posiblemente del Neógeno.

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 14 (LA-67)

LOCALIDAD: W 105° 04' 00''; N 24° 11' 30''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Andesita de color negro, vesicular que se encuentra formando mal país al norte de la Luz y Jesús González Ortega.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Color: Gris oscuro.

Estructura y textura: Vesicular. afanítica.

Minerales observables:

Primarios: Plagioclasas.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Textura: Subofítica.

Minerales

Esenciales: Plagioclasas sódicas (andesinas), plagioclasas cálcicas (labradorita), algunas de ellas presentan coneamiento.

Accesorios: Augita y pigeonita.

Secundarios: Pirita y Apatito.

ORIGEN DE LA ROCA: Ignea extrusiva.

CLASIFICACION: Andesita basáltica.

COMENTARIOS: Andesita asignada al Neógeno, equivalente septentrional de la Formación Metates, de Diego Córdoba (1963): subyace a tobas ácidas oligomiocénicas (F. Santa Bárbara, miocénica, de Diego Córdoba, op. cit.).

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 15 (LA-19)

LOCALIDAD: W 105°56'00''; N 2489'30''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Dique emplazado en andesita, región de Tayoltita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Color: Gris, con tonos verdosos.

Estructura y textura: Compacta, porfídica.

Minerales observables

Primarios: Feldespatos, cuarzo, ferromagnesianos y pirita.

DESCRIPCIONMICROSCOPICA: Roca hipabisal ácida, alterada por hidrotermalismo.

Textura: Porfídica.

Minerales

Esenciales: Fenocristales de andesinas y cuarzo en una matriz microcristalina de plagioclasas sódicas y cuarzo, cloritizada y silicificada.

Accesorios: Probables anfíboles completamente alterados a epidota, esfena y clorita; pirita.

Secundarios: Sericita y fenocristales de calcita.

CLASIFICACION: Pórfido dacítico.

COMENTARIOS: Probablemente forme parte de los conductos alimentadores de los derrames dacíticos oligomiocénicos.

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 16 (LA 53)

LOCALIDAD: W 104°58'40"; N 24°08'40".

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Toba ácida, masiva.

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Color: Rosa.

Estructura y textura: Semicompacta, piroclástica de grano fino.

Minerales observables: Cuarzo y algunos ferromagnesianos en una matriz vítrea.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Textura: Piroclástica, cristalina.

Minerales

Esenciales: Fenocristales de cuarzo y sanidino en una matriz con vidrio ácido desvitrificado.

Secundarios: Pirita.

CLASIFICACION: Toba vítrea ácida.

COMENTARIOS: Los fenocristales están rotos, la matriz presenta estructura vermicular; pertenece a la unidad Tom (Ta).

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 17 (LA 20)

LOCALIDAD: W 105°55'00"; N 2408'00".

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Color: Gris verdoso, que intemperiza en gris os
curo.

Estructura y textura: Compacta, afanítica.

Minerales observables: Plagioclasas.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Textura: Intergranular.

Minerales

Esenciales: Andesinas alteradas a sericita y arcillas.

Secundarios: Clorita, epidota, sílice, magnetita y hematita.

CLASIFICACION: Andesita.

COMENTARIOS: Perteneciente a la unidad Andesita Productiva de
Lozano (1966). cartografiada como Tom (A).

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 18A (LA 54') LOCALIDAD: W 104°56'40''; N 2486'30''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Toba riolitica, con intemperismo esferoidal, subyace a la unidad Tom (volcanoclastico).

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Color: Gris con tonos quinda y morado.
Estructura y textura: Compacta, piroclástica porfídica.
Caracteres especiales: Fractura concóidea.

Minerales observables:

Primarios: Cuarzo en matriz vítrea.
Secundarios: Sílice relleno de cavidades.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Textura: Piroclástica, vitrocrystalina.

Minerales:

Esenciales: Fenocristales de cuarzo y plagioclasa sodica en una matriz vítrea ácida parcialmente desvitrificada.
Secundarios: Magnetita.

CLASIFICACION: Toba vítrea ácida

COMENTARIOS: Unidad Tom (Ta) correspondiente probablemente a la cima de la Formación Rio Chico de Diego Cordoba (1957).

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 19 (LA 32)

LOCALIDAD: W 105°39'30''; N 24°06'00''

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Toba ácida riolítica, masiva.

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Color: Gris rosado.

Estructura y textura: Compacta, piroclástica.

Minerales observables:

Primarios: Cuarzo, ferromagnesianos, fragmentos de rocas.

Secundarios: Magnetita, hematita.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Textura: Piroclástica cristalovitrea ífica.

Minerales

Esenciales: Fenocristales de plagioclasas sódicas (oligoclasa - andesina), algunos están zonados y rotos; líticos volcánicos de composición ácida, en una matriz vítrea ácida desvitrificada.

Accesorios: Fenocristales de biotita oxidada y hornblenda.

Secundarios: Magnetita, hematita.

Clasificación: Toba dacítica cristalina

COMENTARIOS: Pertenece a la unidad Tom (Ta).

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 20 (LA 4)

LOCALIDAD: W 105°26'40''; N 24°06'00''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Afloramiento de tobas pseudoestratificadas.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris

Estructura y textura: Compacta, piroclástica.

Minerales observables

Primarios: Cuarzo, fragmentos de rocas, matriz vítrea, hematita y magnetita.

Secundarios: Hematita.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Piroclástica vitrocrystalina, lítica.

Minerales: Fenocristales de cuarzo y sanidino, fragmentos de rocas ígneas extrusivas, en una matriz vítrea ácida parcialmente desvitrificada.

Secundarios: Hematita.

CLASIFICACION: Toba vítrea de composición ácida

COMENTARIOS: Pertenece a la unidad Tom (Ta), F. Rio Chico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 21 (LA 21) LOCALIDAD: W 105°56'00''; N 2405'35''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Granodiorita masiva con gran contenido de diques andesiticos en la región de Tayoltita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris claro.

Estructura y textura: Compacta, fanerítica.

Minerales observables

Primarios: Cuarzo, plagioclasas, feldespatos.

Secundarios: Micas.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Aplítica.

Minerales

Esenciales: Cuarzo, andesinos y oligoclasas alteradas a sericita, ortoclasas alteradas a arcillas.

Accesorios: Biotita.

Secundarios: Clorita como producto de alteración de la biotita, pirita, epidota y esfena.

CLASIFICACION: Granodiorita, con ligera alteración hidrotermal.

COMENTARIOS: Cartografiado como K(gd), pertenece al "Granito Piaxtia".

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 22 (LA 22) LOCALIDAD: W 105°56'40''; N 24°05'30''

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Intrusivo moteado, con gran contenido de biotita, en la región de Tayoltita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris con tonos verdes.

Estructura y Textura: Compacta, porfídica.

Caracteres especiales: Silicificación.

Minerales observables

Primarios: Plagioclasas.

Secundarios: Clorita, epidota y sílice.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Porfídica.

Minerales

Esenciales: Fenocristales de plagioclasas sódicas alteradas hidrotermalmente así como las ortoclasas, englobados en una matriz de plagioclasas sódicas y feldespato.

Secundarios: Sericita (producto de la alteración de plagioclasas) arcillas (producto de la alteración de ortoclasas), clorita, sílice, epidota y pirita.

CLASIFICACION: Pórfido monzonítico

COMENTARIOS: Pertenece a la unidad K (Gd).

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 22' (LA 22') LOCALIDAD: W 105°56'40''; N 24°5'30''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Fragmento de un xenolito dentro de intrusivo intermedio, en la región de Tayoltita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris oscuro con tonos verdosos.

Estructura y textura: Compacta, afanítica.

Minerales observables

Primarios: Plagioclasas y ferromagnesianos.

Secundarios: Pirita.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Holocristalina. Porfídica.

Minerales

Esenciales: Fenocristales de plagioclasas sódicas alteradas, en u na matriz de plagioclasas sódicas.

Accesorios: Piroxenos alterados.

Secundarios: Arcillas (producto de la alteración de plagioclasas), clorita (producto de la alteración de piroxenos), epi dota, sericita, sílice y pirita.

CLASIFICACION: **Pórfido andesítico**

COMENTARIOS: Es posible que se trate de un fragmento de la Andesita Productiva, afectada por pirometamorfismo.

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 23 (LA 33) LOCALIDAD: W 104°40'45''; N 24°4'58''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Riolita masiva, intensamente fracturada, con intemperismo esferoidal, (C. Minillas).

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris con tonos rojizos.

Estructura y textura: Compacta, porfídica.

Minerales observables

Primarios: Cuarzo y feldespatos en matriz afanítica.

Secundarios: Oxidos.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Holocristalina, Porfídica.

Minerales

Esenciales: Fenocristales de sanidino, andesina y cuarzo este último con golfos corroides: en una matriz de ortoclasas y sílice microcristalina.

Secundarios: Arcillos, sílice, pirita y hematite.

CLASIFICACION: Riolita

COMENTARIOS: pertenece a la Unidad Ton (E).

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 25 (LA 36)

LOCALIDAD: W 104° 59' 20''; N 24° 4' 47''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Toba ácida, con pseudoestratos gruesos y masivos.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris claro y rosa.

Estructura y textura: Semicompacta, piroclástica.

Minerales observables

Primarios: Cuarzo y ferromagnesianos en matriz vítrea.

Secundarios: Hematita.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Vitrocristalina

Minerales

Esenciales: Fenocristales de cuarzo y sanidino, fragmentos de rocas ígneas extrusivas ácidas, en una matriz de vidrio ácido desvitrificada parcialmente.

Secundarios: Pirita, hematita, cuarzo, cavidades rellenas con sílice.

CLASIFICACION: Toba vítrea ácida

COMENTARIOS: Todos los fenocristales están rotos, pertenece a la unidad Tom (T₂); cima de la Formación Río Chico.

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 26 (LA 24)

LOCALIDAD: W 105°56'35"; N 24°4'30".

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Granito, intrusiva a granodiorita, en la región de Tayoltita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Rosa con tonos verdes.

Estructura y textura: Compacta, fanerítica.

Minerales observables

Textura: Gráfica.

Primarios: Feldespatos, cuarzo y ferromagnesianos.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Gráfica.

Minerales

Esenciales: Ortoclasa con intercrecimientos gráficos de cuarzo, cuarzo, andesinas y oligoclasas.

Accesorios: Estena.

Secundarios: Caolín, epidota, sericita, hematita y clorita.

CLASIFICACION: Granito gráfico

COMENTARIOS: Pertenece a la unidad k (Gd), el afloramiento presenta alteración hidrotermal.

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 27 (LA 25) LOCALIDAD: W 105°59'40''; N 24°4'20''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Granodiorita masiva, en la región de Tayoltita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris claro con tonos verdes.

Estructura y textura: Compacta, fanerítica.

Minerales observables

Esenciales: Cuarzo, feldspatos y micas cloritizadas.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Granular alotriomórfica.

Minerales

Primarios: Cuarzo con extinción ondulante, oligoclasas alteradas, ortoclasas alteradas.

Accesorios: Biotitas alteradas, hornblenda y circón.

Secundarios: Sericita, arcillas y clorita como productos de alteración de oligoclasas, ortoclasas y biotita respectivamente, esfena y pirita.

CLASIFICACION: Granodiorita

COMENTARIOS: Pertenece a la unidad K (Gd).

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 28 (LA 27) LOCALIDAD: W 105° 59' 40": N 24° 41' 20":

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Dique emplazado en granodiorita, en la región de Tayoltita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris

Estructura y textura: Compacta, porfídica.

Minerales observables

Primarios: Feldespatos, cuarzo y ferromagnesianos.

Secundarios: Hematita.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Inequigranular porfídica.

Minerales

Esenciales: Fenocristales de ortoclasa y cuarzo, algunos en intercrecimientos micrográficos; en matriz de plagioclasas sódicas (oligoclasas) y cuarzo.

Accesorios: Granate.

Secundarios: Sílice, clorita, caolín, sericita y hematita.

CLASIFICACION: Pórfido granítico

COMENTARIOS: Pertenece a la unidad K (Gd).

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 29 (LA 23) LOCALIDAD: W 105°57'30''; N 24°44'20''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Granodiorita que conforma comúnmente el batolito de la región de Tayoltita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris claro, moteado.

Estructura y textura: Compacta, fanerítica.

Minerales observables

Primarios: Cuarzo, plagioclasas y micas.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Equigranular alotriomórfica.

Minerales

Esenciales: Cuarzo, plagioclasas (andesinas y oligoclasas) ligeramente alteradas, algunas de ellas presentan zoneamiento, ortoclasas ligeramente alteradas.

Accesorios: Biotitas parcialmente cloritizadas, hornblenda.

Secundarios: Sericita (producto de la alteración de plagioclasas), arcillas (producto de alteración de ortoclasas, epidota, pirita y apatito).

CLASIFICACION: Granodiorita

COMENTARIOS: Pertenece a la unidad K (Gd), presenta ligera alteración hidrotermal.

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 30 (LA 61)

LOCALIDAD: W 104° 46' 20"; N 2400' 58'

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Toba ácida con intemperismo esférico.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Rojizo.

Estructura y textura: Compacta, piroclástica.

Minerales observables

Primarios: Cuarzo, plagioclasas, vidrio y fragmentos de rocas.

Secundarios: Óxidos.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Cristalovítrea, lítica.

Minerales

Esenciales: Cuarzo, oligoclasa, andesina, fragmentos de rocas ígneas extrusivas ácidas, en una abundante matriz vítrea ácida ligeramente hematizada, que incluye bandas de sílice microcristalino.

Secundarios: Hematita y pirita.

CLASIFICACION: Toba dacítica cristalina

COMENTARIOS: Unidad Tom (1a), Formación Garavito.

Apendice petrográfico.

186

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 31 (LA 79) LOCALIDAD: W 104°23'35''; N 24°0'35''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Ignimbrita que presenta gran cantidad de tramas, con intemperismo estereoidal, al sur de Héroe de Nacozari, Sierra El Registro.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Rojizo.

Estructura y textura: Compacta, piroclástica.

Caracteres especiales: Ligeramente vesicular.

Minerales observables

Primarios: Cuarzo, plagioclasas, vidrio, fragmentos de rocas.

Secundarios: Oxidos.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Cristalovitrea

Minerales

Esenciales: Cuarzo con golfos corroídos, plagioclasas sódicas, sanidino, en una matriz vítrea ácida oxidada y parcialmente desvitrificada.

Accesorios: Piroxenos.

Secundarios: Hematita y pirita.

CLASIFICACION: Toba riódacítica, cristalina.

COMENTARIOS: Toba riódacítica vitrocrystalina, dentro de la secuencia tobacea ignimbritica que es la Formación Registro; Swanson et al. (1978) menciona además las texturas vítreas, vitrolíticas, extremadamente eutaxítica de tobas soldadas e ignimbritas.

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 32 (LA 81)

LOCALIDAD: W 104°16'35" : N 24°0'10"

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Toba ácida de color rosa, con interperismo esferoidal.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Cafe pálido.

Estructura y textura: Compacta. Piroclástica.

Minerales observables

Primarios: Plagioclasas y vidrio.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Vitrocristalina, lítica.

Minerales

Esenciales: Cuarzo, plagioclasas sodicas, fragmentos de rocas ígneas ácidas, en una matriz vítrea ácida parcialmente desvitrificada y oxidada.

CLASIFICACION: Toba vítrea ácida

COMENTARIOS: Pertenece a la unidad Tom (Ta) . Formación Registro.

Apéndice petrográfico.

168

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 33 (LA 1)

LOCALIDAD: W 105°26'30"; N 2460'00".

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Toba ácida masiva y en pseudoestratos, intensamente fracturada.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Gris claro.

Estructura y textura: Compacta, Piroclástica.

Minerales observables

Primarios: Plagioclasas, vidrio y fragmentos de rocas.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Lítica vitrocrystalina

Minerales

Esenciales: Fragmentos de rocas ígneas extrusivas (ácidas, vidrio, tobas vítreas), algunos de ellos oxidados, cuarzo, oligoclasas, algunas presentan zoneamiento, fragmentos de esferulitas de ortoclasas, en una matriz vítrea ácida.

Accesorios: Biotita cloritizada.

Secundarios: Arcillas, pirita y hematita.

CLASIFICACION: Toba lítica ácida

COMENTARIOS: Perteneciente a la unidad Tom (Ta).

ESTUDIO PETROGRAFICO

MUESTRA: 34 (LA 62)

LOCALIDAD: W 104°45'18"; N 2480'00".

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Toba riolitica, con intemperismo esferoidal.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Café claro.

Estructura y textura: Compacta, porfídica.

Minerales observables

Primarios: Matriz vítrea con fenocristales de cuarzo

Secundarios: Hematita.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Cristalovítrea.

Minerales

Esenciales: Fenocristales rotos y con golfos de corrosión de sanidino y cuarzo, en una matriz de vidrio ácido parcialmente desvitrificada con pequeñas vesículas.

Secundarios: Magnetita y hematita.

CLASIFICACION: Toba riolitica, cristalina

COMENTARIOS: Pertenece a la unidad Tom (Ta), Formación Río Chico.

ESTUDIO PETROGRAFICO - MICROPALAEONTOLOGICO

MUESTRA: 6 (LA-43A) LOCALIDAD: W 105° 16' 15''; N 24° 22' 12''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Volcanoclástico intercalado con toba ácida riolítica.

Espesor expuesto: 15 m.

DESCRIPCION MEGASCOPICA:

Color: Pardo amarillento en diferentes tonos.

Textura y estructura: Volcanoclástica: compacta con laminación y gradación.

ESTUDIO PETROGRAFICO:

Mineralogía (y/o aloquímicos): Matriz vítrea con fenocristales de plagioclasas e inclusiones de cuarzo y apatito; arcilla, trazas de fragmentos de toba vítrea, hematita, algunos fragmentos de roca ígnea de composición ácida, en su gran mayoría oxidados.

Textura: Volcanoclástica, matriz vítrea con microlaminación. Los minerales se encuentran bien clasificados; la mayoría con trazas de transporte (subangulosos, angulosos y rotos).

CLASIFICACION: VOLCANOCLASTICO

OBSERVACIONES: Se encuentra distribuida en varios niveles en la secuencia oligomiocénica, pero mayormente en el límite del Complejo Volcánico Inferior con el Supergrupo Volcánico Superior, teniendo mayor desarrollo en el último.

ESTUDIO PETROGRAFICO - MICROPALAEONTOLOGICO

MUESTRA: 9 (LA-75) LOCALIDAD: W 104° 07' 20''; N 24° 19' 10''

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Secuencia de calizas y lutitas que forman un sinclinal amplio, está cubierta por conglomerado y rocas volcánicas ácidas.

Unidad estratigráfica probable: Grupo Mezcalera.

DESCRIPCION MEGASCOPIA:

Color: Gris amarillento.

Textura - estructura: wackstone

ESTUDIO PETROGRAFICO:

Mineralogía (y/o aloquímicos): calcita microespática y micrita, espátita como relleno de fracturas, trazas de cuarzo del tamaño de la arena fina, hematita diseminada.

Textura: Biomicrita con trazas de terrígenos representada por cuarzoes.

Clasificación petrográfica: Caliza microcristalina aloquímica.

Fósiles y/o aloquímicos asociados: Biointraclastos (radiolarios calcificados y calciesferulas).

Microfacies: De biomicrita con fauna planctónica y trazas de terrígenos, representada por cuarzo, con microlaminación.

Facies estratigráficas: Talud.

OBSERVACIONES: Afloramiento del Grupo Mezcalera al occidente de José Guadalupe Rodríguez.

ESTUDIO PETROGRAFICO-MICROPALEONTOLOGICO

MUESTRA: B (LA70)

LOCALIDAD: W 104° 27' 20"; N 24° 0' 40".

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Conglomerado calcáreo en la cima de la unidad (c-1u); a la que sobreyacen discordantemente tobos ácidos riolíticos.

Espesor expuesto: 15 m.

Unidad estratigráfica probable: Oligoceno.

DESCRIPCION MEGASCOPICA:

Color de la muestra: Rojizo.

Textura de la muestra: Clástica.

ESTUDIO PETROGRAFICO:

Minerales y/o aloquímicos: Calcita (espatita), fragmentos de roca sedimentaria de texturas micrítica, biomicrítica; cuarzo tanto de origen autógeno como clástico, plagioclasas, silice en fracturas, pedernal, trazas de hematita.

Textura: Biointraespática.

CLASIFICACION: CALIZA ESPATICA ALOQUIMICA.

OBSERVACIONES: Se le hizo estudio micropaleontológico a un lítico calcáreo.

ESTUDIO MICROPALEONTOLOGICO

Fósiles con valor estratigráfico

Clase	Orden	Familia	Genero-especie
Rhizopodea	Foraminiferidae	Incertae sedis	<i>Bishopella alata</i> (1)
Rhizopodea	Foraminiferidae	Incertae sedis	<i>Bishopella diazi</i> (2)
Ciliata		Calcispherulidae	<i>Calcisphaerula</i> <i>innominata</i> (3)

Fósiles y/o aloquímicos asociados: Biointraclastos (algunos foraminíferos planctónicos indeterminados, bentónicos representados por la familia Textulariidae, con fragmentos de pelecípodos y escasos de gasterópodos y ostrácodos. En los fragmentos de roca se identificaron algunos calcispherulidos, radiciarios calcificados y ostrácodos.

Microfacies: De biointraespatita con clastos y fauna planctónica y bentónica.

Facies estratigráfica: De plataforma de aguas relativamente profundas.

Posición cronoestratigráfica: Cretácico inferior (Albiano medio).

Observaciones: Afloramiento no cartografiado de calizas y lutitas, perteneciente al Grupo Mezzalana.

(1) Albiano medio

(2) Albiano medio - Albiano superior

(3) Albiano - Cenomaniaco.

ESTUDIO PETROGRAFICO - MICROPALAEONTOLOGICO

HUESTRA 11 (LA-74)

LOCALIDAD: W 104° 07' 35''; N 24° 18' 25''

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Similar a la anterior muestra.

DESCRIPCION MEGASCOPICA:

Color: Gris rojizo.

Textura - estructura: wackstone

ESTUDIO PETROGRAFICO:

Mineralogía (y/o aloquímicos): Calcita micrita, espatita como relleno de fracturas, trazas de cuarzo autígeno, abundancia de hematita, plagioclasas de origen detrítico.

Textura: Blomícrita con trazas de terrígenos.

Clasificación petrográfica: Caliza microcristalina aloquímica.

Fósiles y/o aloquímicos asociados: Biointraclastos (calciesférulas, radiolarios calcificados del género *Flostrella*)

Microfacies: Blomícrita de fauna planctónica.

Facies estratigráfica: Talud.

OBSERVACIONES: Afloramiento del Grupo Mezcalera al occidente de José Guadalupe Rodríguez.

ESTUDIO PETROGRAFICO - MICROPALAEONTOLOGICO

MUESTRA: 18 (1A-54) LOCALIDAD: W104°56'40''; N 24° 06'30''

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO: Volcanoclástico cuyos fragmentos muestran exfoliación.

Estructuras primarias: Estratificación y gradación.

Relaciones estructurales: Sobreyace a tobas vitreas y subyace a conglomerados tentativamente pliocénicos, que pueden corresponder a los conglomerados de la F. Rio Chico.

Color de la muestra: Rosa.

DESCRIPCION MEGASCOPICA:

Color: Gris con líneas blancas.

Textura y estructura: Clástica de grano grueso. compacta.

Minerales y/o aloquímicos observables: Fragmentos de roca ígnea, cuarzo, yeso?, plagioclasas y micas.

ESTUDIO PETROGRAFICO:

Minerales y/o aloquímicos: Cuarzo y plagioclasas, algunos con extinción ondulante, feldespatos, biotita, líticos de tobas vitreas, relictos de vidrio que al igual que la toba vítrea se encuentran alterados a sericita y arcilla, texturalmente contiene material volcánico y sedimentario asimilado: sericita, arcilla, hematita, algunos líticos de cuarzitas y de areniscas, incluidos en una matriz vítrea con desvitrificación, con yeso, así como esporádicas inclusiones de apatito, trazas de hornblenda y de calcita secundaria.

Textura: Volcanoclástica, cuya matriz vítrea se encuentra alterada a arcillas y sericita y reemplazadas por yeso y calcita secundarias.

Clasificación: Volcanoclástico

Comentarios: Cartografiada como Tom (volcanoclástico) = Tom (vc), pertenece a la Formación Rio Chico de Diego Córdoba (1963).

ESTUDIO PETROGRAFICO - MICROPALEONTOLOGICO

MUESTRA: 24 (LA 77) LOCALIDAD: W 104°01'35''; N 24°4'55''.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO

Litología y espesor de estratos. Estratos medianos y delgados de calizas y lutitas que se encuentran formando un sinclinal amplio.

Relaciones estructurales: Se observaron cubiertas por conglomerado y rocas volcánicas ácidas.

DESCRIPCION MEGASCOPICA

Color: Pardo rojizas.

Textura y estructura: Clástica, compacta con laminillas.

ESTUDIO PETROGRAFICO

Minerales y/o aloquímicos: Calcita (micrita), trazas de calcita (microespatita), arcilla, hematita, cuarzo de origen clástico y principalmente autígeno del tamaño de arena fina y limo, plagioclasas y trazas de calcita (espatita) relleno de fracturas.

Textura: Biomicrítica, ligeramente clástica pelítica.

Clasificación petrográfica: Caliza arcillosa fosilífera

ESTUDIO MICROFALEONTOLOGICO

Fósiles con valor estratigráfico

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO - ESPECIE
Ciliata		Calcisphaerulidae	<i>Calcisphaerula</i> <i>innominata</i> (1)
Rhizopodea	Foraminiferida	Incertae saedis	<i>Bishopella</i> sp. (2)
Rhizopodea	Foraminiferida	Incertae saedis	<i>Bishopella</i> <i>alata</i> (3)
Ciliata		Calcisphaerulidae	<i>Pithonella</i> <i>ovalis</i> (4)
Foraminiferida	Foraminiferida	Globotruncanidae	<i>Praeglobotruncana</i> <i>cf. P. delrioensis</i> (5)

Microfacies: De biomicrita, clástica pelítica; cuya paleofauna planctónica y terrígenos se encuentran orientados en estructuras microlaminares.

Facies estratigráfica: De turbidez.

Posición cronostratigráfica: Albiano medio-Cenomaniense inferior.

Observaciones: Grupo Mezcalera.

(1) Albiano - Cenomaniense

(2) Albiano medio

(3) " "

(4) Albiano - Maestrichtiano

(5) Cenomaniense inf. - Turoniense inf.

R e f e r e n c i a s

REFERENCIAS

- ALBRITTON, C., 1958. Quaternary stratigraphy of the Guadiana Valley, Durango, México: *Geol. Soc. America, Bull.*, v. 69, pp. 1197-1216. *in*: Córdoba (1963).
- ALFARO, W. R. y PIRSON, M., 1984. Agua subterránea en rocas volcánicas. *Resúmenes de la VII Convención Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana*. México, D. F., p. 151.
- ALOR, I. y URIBE, J., 1986. Estudio geológico del área de La Piedad de Cabadas y paleomagnetismo del norte del estado de Michoacán. Tesis profesional, U.N.A.M. México, D.F.
- ALVAREZ, Jr., M., 1949. Unidades tectónicas de la República Mexicana. *Boletín de la Soc. Geol. Mex.* vol.14, pp. 1-19.
- ANDERSON, T. H., SILVER, L. T., CORDOBA, D. A., PEARSON, M. y BAEN TELI, G., 1972. Observaciones geocronológicas sobre los complejos cristalinos de Sonora y Oaxaca, México. Resúmenes. -*Memoria- II Conv. Nac. de la Soc. Geol. Mex.* pp. 115-119
- ANDERSON, T. H. and SILVER, L. T., 1974. Late cretaceous plutonism in Sonora, México, and its relationship to Circum-Pacific magmatism. *Geol. Soc. America, Abs. with Programs*, v. 6, No. 5. p. 484. *in*: Demant y Robin (1975).
- ANDERSON, T. H. and V. A., SCHMITDT, 1983. The evolution of Middle America and the Gulf of Mexico-Caribbean Sea region during mesozoic time. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 94, 941-966. *in*: Morán (1986).
- APPLEGATE, S., 1988. ¿Es México un país de dinosaurios? *Revista CIENCIA y desarrollo*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Vol. XIV, Num. 83. Nov.-Dic. 1988. pp. 69-74.
- ARANDA, M., 1985. Informe geológico de detalle estratigráfico-estructural del Prospecto "El Palmito". NE-M-2069. Reynosa, Tamps. (Inedito).
- ARANDA, M., QUINTERO, O. y MARTINEZ, E., 1988. Palinomorfos del Jurásico temprano de la Formación Gran Tesoro, Santa María del Oro, Durango. Instituto de Geología, UNAM. *Revista del Instituto de Geología*. vol. 7, núm. 1. pp. 112-115.
- ARAÑA, V. y LOPEZ, J., 1974. Volcanismo; dinámica y petrología de sus productos. Madrid, España. Ediciones Istmo.
- ARAUJO, J. y ARENAS, R., 1984. Estudio tectónico-sedimentario del Cretácico, en el area Camargo - El Palmito, estados de Chihuahua y Durango. *Programa y Resúmenes del 1er. Simposio de Geología Regional de México*. Organizado en ocasión del centenario de la fundación del Instituto de Geología de la U.N.A.M. México, D. F. pp. 178-179.
- ARAUJO, J. y ESTAVILLO, C., 1986. Estratigrafía y sedimentología del Jurásico Superior y Cretácico Inferior en el NE de Sonora, México. *Resúmenes de la VIII Convención Geológica Nacional*. pp. 62-63.
- ARELLANO, S., 1985. Estudio estratigráfico sedimentológico, Cretácico Superior, Prospecto Satevo, Petróleos Mexicanos, Explotación. Informe NE-M-2024. (Inedito).

- ATWATER, T., 1970. Implications of plate tectonics for the Cenozoic tectonic evolution of Western North America. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 81, pp. 3513-3536. *in*: Demant y Robin (1975).
- BARRET, T. W., 1972. Geología entre los kilómetros 125 y 152 a lo largo de la carretera Durango-Mazatlán-México. Resumen. *Memoria de la II Conv. Nac. de la Soc. Geol. Mex.* pp. 127-128.
- BASIN, S. A., 1981. Estudio fotogeológico en la zona Peñón Blanco, estado de Durango. Contrato 62 A-81-150-FD. S.A.R.H. Subsecretaría de Infraestructura hidráulica. Dirección General de Programas de Infraestructura Hidráulica. Subdirección de Geohidrología y de Zonas Áridas.
- BERUMEN, E. R. y PAVON, L. R., 1983. Estudio geológico-minero del área de Santa María del Oro, Dgo.: Tesis, U.N.A.M. *in*: Contreras et al. (1988).
- BIGNOT, G., 1988. Los microfósiles. Los diferentes grupos; aplicaciones paleobiológicas y geológicas. Traducido por I. Meléndez y revisado por B. Meléndez. Editorial Paraninfo, S. A. Madrid, España.
- BONNEAU, M., 1970. Una nueva área cretácica fosilífera en el estado de Sinaloa. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 32, No. 2, pp. 159-167. *in*: Aranda (1985).
- BRUSH, G. D., 1869. On Durangite, a fluocarsenate from Durango in México. Contributions from the Scheffeld Laboratory of Yale College. *Amer. Jour. Science*, No. XX, (II) 48:143, pp. 179-182. *in*: Fabregat (1966).
- BULLARD, E. C., J. E., EVERETT and A. G. SMITH, 1965. The fit of continents around the Atlantic. *in*: P.M.S. Blackett, E.C. Bullard and S.K. Runcorn, A. Symposium on continental drift. *Royal Society of London. Phil. M.A.* 258, 41-51. *in*: Morán (1986)
- BURROWS, R. H., 1949 (1953). Evolution of the western Sierra Madre of México: Pacific Sci. Cong., 7th, New Zealand, Proc., v.2 p. 82-91. *in*: Córdoba (1963).
- BUSTAMANTE, J. y MALDONADO, R., 1986. Geología y metalogía del cuerpo dómico piritizado del Cerro Pelón y las brechas e ignimbritas auríferas del Cerro Cebadillas, Municipio de Compostela, Nay. *Resúmenes de la VIII Convención Geológica Nacional*, pp. 38-39.
- CABALLERO, C. I., PALOMINO, FCO. R., MORAN, D. J., SILVA, G., COSIO J. A. y MORENO, J.L., 1982. Metodología para la elaboración de la carta geológica, escala 1:250 000. Departamento de geología, Dirección General de Geografía, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, S.P.P. México, D. F.
- CAMERON, M., SPAULDING, K. and CAMERON, K., 1987. A synthesis and comparison of the geochemistry of volcanic rocks of the Sierra Madre Occidental and Mexican Volcanic Belt. *Revista de la Unión Geofísica Mexicana*, auspiciada por el Inst. de Geofísica de la UNAM, Vol. 26, No. 1, México, D.F. pp. 29-84.
- CAMPA, Ma. F., RAMIREZ, J. y J. CONEY, P., 1981. Conjuntos estratotectónicos de la Sierra Madre del Sur, región comprendida entre los estados de Guerrero, Michoacán, México y Morelos. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Tomo XLII,

- Nos. 1 y 2, México, D. F. pp. 45-67
- CARDENAS, J. y ARRIAGA, G., 1972. Relaciones ambientales de algunas paragénesis de la Sierra Madre Occidental. Resumen. *Memoria II Conv. Nac. de la Soc. Geol. Mex.* pp. 131-132
- CARDENAS, J. y CARRASCO, M. L., 1966. El greisen aurífero de San Fernando, Municipio de Tamazula, Durango. *Resúmenes. VIII Convención Geológica Nacional.* pp. 37-38.
- CASTRO, F. M., 1966. Un modelo de basamento para la Cuenca Mesozoica en el límite entre los estados de Durango y Zacatecas. *Resúmenes, VIII Convención Geológica Nacional.* pp. 157-158.
- CARRASCO, M., 1978. Diferentes épocas de mineralización y rocas huésped en el Edo. de Durango. Resumen, IV Convención Geológica Nacional. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana.* Tomo XXXIX, No. 1, Sept. 1978. México, D. F. p. 14.
- CARRASCO, M., 1980. Carta Provincias Metalogenéticas del estado de Durango. *Consejo de Recursos Minerales. Publicación 22E,* p. 63.
- CEBULL, S. E. and SHURBET, D. LL., 1980. The Ouachita Belt in the evolution of the Gulf of México. Department of Geosciences, Texas Tech University. Symposium the origin of the Gulf of México and the early opening of the Central North Atlantic Ocean. Baton Rouge, Louisiana. pp. 17-25.
- CETENAL., 1973. Carta geológica Presidente Guadalupe Victoria, Dgo., F13 B11, esc. 1:50 000. Comisión de Estudios del Territorio Nacional.
- CETENAL., 1977. Carta geológica Donato Guerra, Dgo., G13 D62, esc. 1:50 000. Comisión de Estudios del Territorio Nacional, Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F., Marzo de 1977.
- CHIÑAS, R., 1972. Estudios hidrogeológicos y los recursos de agua subterránea en la parte alta del Río San Pedro, estado de Durango. Resumen. *Soc. Geol. Mex. Memoria II Conv. Nal.* pp. 135-138.
- CLABAUGH, S., 1972. Geological Roadlog Durango, Mazatlán, 1972. *Libro Guía de la II Convención Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana.* Mazatlán, Sinaloa. pp. 80-96.
- CLABAUGH, S. y Mc. DOWELL, F., 1976. Volcanismo cretácico-cenozoico y su relación con la evolución tectónica del occidente de México. *Resúmenes III Congreso Latinoamericano de Geología,* Acapulco, Gro.
- CLARK, F., CARRASCO, M., DAMON, P. y SANDOVAL, H., 1977. Posición, tiempo, estratigrafía y distribución espacial de la mineralización en la provincia Sierra Madre Occidental, Durango, México. XII Convención Nacional de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México.
- CLARK, K., DAMON, P., SHUTTE, S., SHAFIQUILAH, M., 1980. Magmatismo en el norte de México en relación a los yacimientos metalíferos. *Revista Geomimet,* No. 106, pp. 49-71.
- CLEMONS, R. y Mc. LEROY, D. F., 1968. Hoja Torreón 13 R-1 (1), con resumen de la geología de la Hoja Torreón, edos. de

- Coahuila y Durango: U.N.A.M., cartas geológicas de México, esc. 1:100 000.
- CONEY, P. J. y REYNOLDS, S. J., 1977. Cordilleran Benioff zones: *Nature*, v. 270, p. 403-406. *in*: Damon (1984).
- CONEY, P. J. y CAMPA, Ma. F., 1981. Terrenos sospechosos de aloc-tonía y acreción del occidente y sur del continente norteamer-ricano. Tomado de : Paleomagnetismo and tectonics of Middle America and adjacent regions. *Geofísica Internacional*, v. 21, nov. - dic. 1981. 26 pags.
- CONTRERAS, B., MARTINEZ, A., GOMEZ, M. E. y MORALES, S., 1988. Biostratigrafía del Jurásico Superior de San Pedro del Gallo, México. *VIII Convención Geológica Nacional, Mé-xico*, D. F. p. 61.
- CONTRERAS, B., MARTINEZ, A. y GOMEZ, M. E., 1988. Biostratigra-fía y sedimentología del Jurásico Superior en San Pedro del Gallo, Durango, México. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*. Vol. XX, No. 3, Julio, 1988. pp. 5-49.
- CORDOBA, D., 1963. Geología de la región entre Río Chico y Llano Grande, Municipio de Durango, estado de Durango: U.N.A.M., *Instituto de Geología, Bol. 71*, pte. 1, pp. 1-22.
- CORDOBA, D., 1964. Hoja Apizolaya. Resumen de la geología de la Hoja Apizolaya, estados de Zacatecas y Durango. Carta Geoló-gica de México, Serie 1:100 000. Instituto de Geología de México, serie 1:100 000. Instituto de Geología de la UNAM. México, D. F.
- CORDOBA, D., 1966. Aspectos geológicos de la Sierra Madre Occiden-tal al norte de la Cd. de Durango, Dgo. *Resúmenes del Ier. Simposio de Geología Regional de México*, Centenario de la fundación del Instituto de Geología, UNAM. México, D.F. p.31.
- CORTES, C. S. et al., 1964. Recorrido geológico-minero de Culia-cán, Sin., a Tepshuanes, Durango. *Publicación 14*, E. CRNNR.
- C.R.N.N.R., 1960. Inventario de los yacimientos ferríferos de Mé-xico. Publicación del Consejo de Recursos Naturales No Reno-vables. pp. 17-27.
- C. MOORE, G. LALICKER and FISCHER, A., 1952. *Invertebrate fossils*. Mc Graw-Hill Book Company, inc. New York-Toronto-London.
- DAMON, P., SHAFIQUILAH, M. y CLARK, K., 1981(84). Evolución de los arcos magmáticos en México y su relación con la metalogénesis. *Revista del Instituto de Geología, U.N.A.M.*, vol. 5, No. 2, pp. 223-239.
- DAVIS, I. R., 1954. The geology and ore deposits of Santa María del Oro gold cooper distric, Durango, Mexico: Ann Arbor, Univ. Michigan, disertación doctoral, 246 p. (inédita). *in*: Aranda et al. (1988).
- DAVIS, N. STANLEY, DE WIEST D. M. ROGER, 1971. Hidrogeología. Ediciones Ariel, pp. 124-168.
- DE LA VEGA, E., 1968. Hoja Cuencaamá, 13 R-1 (7), con Resumen de la Geología de la parte del estado de Durango. Instituto de Geología, U.N.A.M.

- DEMANT, A. y ROBIN, C., 1975. Las fases del vulcanismo en México: Una síntesis en relación con la evolución geodinámica desde el Cretácico. *Revista del Instituto de Geología de la UNAM*. No. 1. México, D. F. pp.70-82.
- D.E.T.E.N.A.L., 1977a. Carta geológica Durango Este, G13 D82, esc. 1:50 000. Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, Coordinación General del Sistema Nacional de Información, Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F., febrero de 1977.
- D.E.T.E.N.A.L., 1977b. Carta geológica San Juan del Río, Dgo., G13 D52, esc. 1:50 000. Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, Coordinación General del Sistema Nacional de Información, Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F., marzo de 1977.
- D.E.T.E.N.A.L., 1977c. Carta geológica Tuitán, Dgo., G13 D83, esc. 1:50 000. Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, Coordinación General del Sistema Nacional de Información, Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F., marzo de 1977.
- D.E.T.E.N.A.L., 1977d. Carta geológica Guadalupe Victoria, Dgo., G13 D73, esc. 1:50 000. Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, Coordinación General del Sistema Nacional de Información, Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F., mayo de 1977.
- D.E.T.E.N.A.L., 1978a. Carta geológica Guatimape, Dgo., G13 D51, esc. 1:50 000. Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, Coordinación General del Sistema Nacional de Información, Secretaría de Programación y Presupuesto. Méx. D. F.
- D.E.T.E.N.A.L., 1978b. Carta geológica Ignacio Ramírez, Dgo., G13 D63, esc. 1:50 000. Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, Coordinación General del Sistema Nacional de Información, Sria. de Programación y Presupuesto. Méx. D.F.
- D.E.T.E.N.A.L., 1978c. Carta geológica Peñón Blanco, Dgo., G13 D53, esc. 1:50 000. Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, Coordinación General del Sistema Nacional de Información, Sria. de Programación y Presupuesto. Méx. D.F.
- D.E.T.E.N.A.L., 1978d. Carta geológica Canatlán, Dgo., G13 D61, esc. 1:50 000. Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, Coordinación General del Sistema Nacional de Información, Secretaría de Programación y Presupuesto. Méx. D.F.
- D.E.T.E.N.A.L., 1978e. Carta geológica Durango Oeste, G13 D81, esc. 1:50 000. Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, Coordinación General del Sistema Nacional de Información, Secretaría de Programación y Presupuesto.
- D.E.T.E.N.A.L., 1978f. Carta geológica Guadalupe Aguilera, Dgo., G13 D71, esc. 1:50 000. Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, Coordinación General del Sistema Nacional de Información, S.P.P. México, D. F., julio de 1977.
- DEWEY, F., 1980. Tectónica de Placas. *Revista INFORMACION Científica y Tecnológica*, vol. 11, No. 33, 15 de Noviembre. México, D. F. pp. 2-7.
- D.G.E.T.N., 1979. Descripción de la Leyenda de la Carta Edafológica

- DETENAL, S.P.P.** Coordinación General del Sistema Nacional de Información, Dirección General de Estudios del Territorio Nacional. México, D. F.
- D.G.G., 1980a.** Carta Climatológica Chihuahua, esc. 1:1 000 000. Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, S.P.P. México, D. F., pp. 81, 86, 87, 99, 104, 105, 117, 122 y 123.
- D.G.G., 1980b.** Carta edafológica Chihuahua, esc. 1:1 000 000. Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, S.P.P. México, D. F.
- D.G.G., 1981a.** Carta fisiográfica Chihuahua, esc. 1:1 000 000. Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, S.P.P. México, D. F.
- D.G.G., 1981b.** Carta geológica Mazatlán, F13-1, esc. 1:250 000. Dirección General de Geografía. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, S.P.P. México, D. F.
- D.G.G., 1982.** Metodología de elaboración de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas y superficiales a escala 1:250 000. Secretaría de Programación y Presupuesto, Dirección General de Geografía, Subdirección de Geohidrología, Departamento de Hidrología. México, D. F.
- D.G.G., 1983a.** Carta geológica Culiacán, G13-10, esc. 1:250 000. Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, S.P.P. México, D. F.
- D.G.G., 1983b.** Carta geológica Nacozari, H 12-6, esc. 1:250 000. Dirección General de Geografía, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, S.P.P. México, D. F.
- D.G.G., 1984.** Carta geológica Cananea, H 12-5, esc. 1:250 000. Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F.
- D.G.G., 1987.** Carta geológica Durango, G13-11 (Provisional), esc. 1:250 000. Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F.
- D.G.G., 1988a.** Carta geológica El Salto (provisional), esc. 1:250 000. Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, S.P.P. México, D. F.
- D.G.G., 1988b.** Carta geológica Santiago Papasquiaro (Provisional), G13-8, esc. 1:250 000. Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F.
- DICKINSON, W. R., 1979.** Plate tectonics and the continental margin of California. In Ernest, W. G. (Ed.). The tectonic development of California (Rubey vol. 1) Prentice Hall, pp. 1-28. *in:* Morán (1984).
- DIETZ, R. S. and J. C., HOLDEN, 1970.** Reconstruction of Pangea breakup and dispersion of continents, Permian to present. *J Geophys. Res.*, 75, 4939-4956. *in:* Morán (1986).

- DUMBAR, C., 1976. *Geología Histórica*. Traducido por J. Manuel López Rubio y revisado por Raúl Ortíz Asiain. Ed. John Wiley and Sons, Inc. Nueva York. Impreso en México, D. F.
- EGEOCISA, 1980. *Estudio geológico del Prospecto Buendía*. Informe No. NE-M - 1644, PEMEX. (Inédito).
- EGEOCISA, 1981. *Informe geológico final del Prospecto Ceballos, estados de Durango y Coahuila*. NE-M-1675. Suptcia. Gral. de Dtos. de Explotación. Z. NE. PEMEX. México, D. F. (Inédito).
- EGUILUZ, S., 1978. *Estudio geológico del Prospecto Buendía*. Informe Núm. NE-M-1417. PEMEX. (Inédito).
- EGUILUZ, S. y CAMPA, Ma. F., 1982. *El Geosinclinal Mexicano en el Sector San Pedro del Gallo, Dgo. Sociedad Geológica Mexicana. VI Convención Nacional, Resúmenes*. p. 3.
- EGUILUZ, S., 1985. *Posibilidades petroleras en el Mar Mexicano*. *Revista Ingeniería Petrolera*. Volumen 25, No. 6. México, D. F. pp. 39-62.
- EGUILUZ, S., 1986. *Estratigrafía del Cretácico Superior, area Mapimi, estado de Durango. VIII Convención Geológica Nacional, Resúmenes*. VIII México, D. F. pp. 194-195.
- ENCISO DE LA VEGA, S., 1963. *Hoja Nazas, 13 R-K (6), con resumen de la geología de la Hoja Nazas, edo. de Durango*. Instituto de Geología, U.N.A.M.
- ENGEL, A. J. y ENGEL, C. G., 1982. *La deriva de los continentes*. *Revista INFORMACION, Científica y Tecnológica*, vol. 4, No. 62, 1º de febrero. México, D. F. pp. 5-16.
- EXPLODER, S. A., 1985. *Informe final de geología superficial de detalle estratigráfico-estructural, prospecto Estación Rosario, estado de Chihuahua*. NE-M-2029. Sptcia. Gral. de Dtos. de Explotación, Zona Noreste, Petróleos Mexicanos. (Inédito). *in: GEOCA*. (1987).
- FABREGAT, F. J., 1966. *Los minerales mexicanos. 3. Durangita*. *Bol. letín 77, Instituto de Geología, UNAM*. México, D. F.
- FERREIRO, R., 1979. *Informe geológico final del Prospecto Las Nieves*. NE-M-1600. Suptcia. Gral. de Dtos. de Explotación, Zona Noreste. PEMEX. (Inédito).
- FIGUEROA, J. L., 1984. *Exploración aérea con métodos geofísicos. Resúmenes, VII Convención Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana*. p. 213.
- FLORES, L. R., PACHECO, C., CASTRO, R. y GOMEZ, M. A., 1981. *Estudio tectónico-estructural a partir de imágenes de satélite del estado de Chihuahua y norte de Durango*. Instituto Mexicano del Petróleo. (Informe inédito).
- FOSHAG, W. F., 1929. *Mineralogy and geology of Cerro Mercado, Durango, México*: *U. S. Nat. Museum Proc.*, vol. 74, Art. 23. *in: Wahl Jr.* (1976).
- FRIES, CARL, 1962. *Reseña geológica del estado de Sonora, con énfasis en el Paleozoico*. *Asoc. Mexicana de Geólogos Petroleros, Bol.* 14. pp. 257-273. *in: S.P.P.* (1982).

- F.Y.S.P.S.A., 1980. Informe final de geología superficial de sedimento del Prospecto Allende, estado de Chihuahua. NE-M-1671. Suptcia. Gral. de Dttos. de Exploración, Zona Noreste. PEMEX. (Inédito).
- GAMINO, H. e ISLAS, J., 1986. Geología del distrito aurífero de Mulatos, Municipio de Sahuaripa, Sonora, México. *Resúmenes, VIII Convención Geológica Nacional*, México, D.F. pp. 35-36.
- GARCIA, E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. Ed. U.N.A.M. México, D. F.
- GARDUÑO, F., 1980. Estudio geológico-minero de la primera explotación a cielo abierto de plata en el mundo, en el área de San José de Avino, Durango. Tesis profesional. E.S.I.A. I.P.N. México, D. F.
- GARDUÑO, V. H. y ZALDIVAR, J., 1983. Estudio tectónico estructural de Durango y Zacatecas. Instituto Mexicano del Petróleo, Proyecto C-1163. (Inédito).
- GARDUÑO, V. H., LOPEZ, M., BRAVO, P. R., GUTIERREZ, G. y FERNANDEZ, J., 1984a. Estudio petrográfico y tectónico de las rocas metamórficas del área Caupas-Rodeo, Zacatecas. 80 Aniversario. Sociedad Geológica Mexicana, *Resúmenes VII Convención Nacional*. México, D. F. pp. 17-18.
- GARDUÑO, V. H. y ZALDIVAR, J., 1984a. Estudio estratigráfico y estructural de las rocas del Paleozoico Superior de Santa María del Oro, Durango, y sus implicaciones tectónicas. Instituto Mexicano del Petróleo, Sociedad Geológica Mexicana, Resumen, VII Convención Nacional. México, D. F. pp.37-38.
- GARDUÑO, V. H. y ZALDIVAR, J., 1984b. Una nueva localidad en Durango del basamento paleozoico y su cubierta mesozoica, dentro del flanco oriental de la Sierra Madre Occidental. Sociedad Geológica Mexicana, *Resúmen, VII Convención Nacional*. México, D. F. p. 214.
- GARDUÑO, V.H., MACIEL, R. y ROCHA, V.S., 1986. Estudio geológico-estructural de la zona geotérmica de Piedras de Lumbre, Chih. *Resúmenes de la VIII Convención Geológica Nacional*. p. 172.
- GARZA, G. R., 1973. Modelo sedimentario del Albiano Cenomaniano en la porción sureste de la Plataforma de Coahuila. *Bol. Asoc. Mexicana de Geólogos Petroleros*. V. 2, No. 5-6. pp. 311-340.
- GASTIL, G., MORGAN, G. and KRUMMENACHER, D., 1981. The tectonic history of peninsular California and adjacent Mexico. *in: Equiluz (1985)*.
- G.E.D.C.A., 1987. Informe final de los trabajos de compilación y evaluación geológica petrolera en el Prospecto Hidalgo del Parral, edos. de Chihuahua y Durango. Petróleos Mexicanos, Superintendencia General de Distritos de Exploración Zona Noreste. Informe NE-M-2170, vol. 1. (Inédito).
- GONZALEZ, G., 1976. Bosquejo geológico de la Zona Noreste. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. vol. XXVIII, mes 12.
- GONZALEZ, M. G., MIRANDA, L. R. y FLORES, R., 1986. Carta de terrenos y conjuntos estratotectónicos de la República Mexicana. Geografía. *Revista del Instituto Nacional de Estadística*,

- Geografía e Informática*. No. 1, año 1, julio, 1985.
- HERNANDEZ, D., 1984. Estratigrafía continental de la región noroccidental del estado de Durango. *Sociedad Geológica Mexicana, Resúmenes. VII Conv. Nal. Méx. D. F.* pp. 46-47.
- HENRY, C. D. y FREDIKSON, G., 1972. Edades de intrusiones, Sinaloa México. Resumen. *Memoria II Convención Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana*. pp. 155.
- INDI, 1981. Estudio de geología superficial de reconocimiento para minerales de hierro del prospecto Indé, estado de Durango. NE-M-1900, Suptcia. Gral. de Dtto. de Exploración, Zona Noreste. *Petróleos Mexicanos*. (inédito). *in*: GEOCA (1987).
- IMLAY, R. W., 1936. Geology of the Coahuila Peninsula, México. Part. IV. Geology of the western part of Sierra de Parras. *Geol. Soc. Am. Bull.*, vol. 47, pp. 1091-1152.
- IMLAY, R. W., 1939. Paleogeographic studies in northeastern Sonora. *Geol. Soc. of Am. Bull.*, vol. 50, pp. 1723-1744.
- I.N.E.G.I., 1984. Carta uso del suelo y vegetación, Durango, G13-11, esc. 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- I.N.E.G.I., 1985. Carta geológica Pericos, G13-7, esc. 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D. F.
- I.N.E.G.I., 1987. Carta topográfica Durango, esc. 1:250 000. 2a. Impresión. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D. F.
- I.N.G.E.S.A., 1973. Estudio geohidrológico en el valle de Guadalupe, Durango. *Memoria. Ingeniería y Geotecnia. S. A.*
- I.N.R.M., 1940? Geología de los yacimientos de fierro de México. *Instituto Nacional de Recursos Minerales*. pp. 8-13.
- IPARREA, V., ALVAREZ, J., BELLO, A., MARTINEZ, V. y MORENO, S., 1984. Algunas grandes estructuras geológicas en la porción sur de la Sierra Madre Occidental. Comisión Federal de Electricidad. *Resúmenes de la VII Convención Nacional de la Soc. Geol. Mex. México, D. F.* p. 171.
- I.T.E.P.S.A., 1984. Estudio geohidrológico de la zona de Vicente Guerrero, Durango. Subsecretaría de infraestructura hidráulica, S.A.R.H. México, D. F.
- KEITH, TODD, D., 1973. Hidrología (Agua subterránea). Traducido por J. Ma. Pérez C. Ed. Paraninfo. Madrid, España.
- KELLY, W. A., 1936. Evolution of the Coahuila Peninsula Part II, Geology of the Mountains bordering the Valley of Acatita and Delicias. *G.S.A. Bull.* V.47. *in*: Mc. Leroy (1965).
- KENNETH, I.C., FOSTER, T.C. and DAMON, E.P., 1982. Cenozoic magmatic deposits and subduction-related magmatic arcs in Mexico. *Geol. Soc. of America Bull.*, vol. 93, p. 533-544. *in*: Eguluz (1985).
- KING, E., 1934. The Permian of Southern Coahuila, México. *Am.*

- Jour. Sci. 5th. Ser. vol. 27, pp. 28-112.
- KING, P., 1989a. Tectonic Map of North America, scale 1:5 000 000.
- LADISLAO, U., 1985. ¿La riqueza subterránea de México. Factor de desarrollo. Revista *INFORMACION Científica y Tecnológica*. vol. 7, No. 102. México, D. F. pp. 36-38.
- L. EICHER, D. and LEE, Mc. ALESTER, A., 1980. History of the Earth. Prentice-Hall, Inc. pp. 202-217, 248-256, 282-304 y 316-326.
- LEYVA, J. A., 1989. ¿Bacterias mineras?. Los cultivos del Instituto Tecnológico de Durango. Revista *INFORMACION Científica y Tecnológica (ICYT)*. vol. 11, No. 154, julio de 1989. pp.35-38
- LOBECK, K., 1939. Geomorphology. An introduction to the study of landscapes. Mc. Graw Hill Book Company. London.
- LOPEZ, J., 1978. Tectónica de placas y volcanismo. Boletín Geológico y Minero. T. LXXXVII-VI. Madrid, España. pp. 612-614.
- LOPEZ RAMOS, E., 1972. Bosquejo geológico del estado de Nuevo León. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, vol. XXIV, Nos. 4 - 6, abril - junio, pp. 203-234.
- LOPEZ RAMOS, E., 1974. Geología General y de México. 2a. edición. México, D. F. Tomo II.
- LOPEZ RAMOS, E., 1980. Geología de México. 2a. edición. Tomo II, edición escolar. México, D. F.
- LOPEZ RAMOS, E., 1986. Panorama del Paleozoico del norte y nor-este de México. *Primer simposio, Geología Regional de México. Programa y Resúmenes*. Organizado en ocasión del centenario de la fundación del Instituto de Geología, U.N.A.M. México, D. F. pp. 13-15.
- LOZANO, F., 1975. Evaluación petrolífera de la península de Baja California, Mex. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, vol. XXVII, Nos. 4-6, abril-junio, A.M.G.P. pp. 104-329.
- LOZANO, M., 1966. Estudio geológico del distrito minero de San Dimas. Tesis profesional. Fac. de Ing. UNAM. México, D. F.
- LUGO, H., 1984. Las etapas de juventud, madurez y senectud del relieve: un concepto obsoleto. *Sociedad Geológica Mexicana. Resúmenes*. Convención Nacional. México, D.F. pp. 159-160.
- MACIEL, R., 1986. Evaluación geotérmica del estado de Chihuahua. *Resúmenes de la 8a. Convención Geológica Nacional*. pp.171-172.
- MALPICA, C., 1972. Rocas marinas del Paleozoico tardío en el área de San José de Gracia, Sin. Resumen. *Memoria, II Convención Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana*. Mazatlán, Sinaloa. pp. 174-175.
- Mc. DOWELL, F. y CLABAUGH, S., 1972. Edades Potasio/Argón de rocas volcánicas de la Sierra Madre Occidental al noroeste de Mazatlán. Resumen. *Memoria de la II Convención Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana*. Mazatlán, Sin. pp. 182-185.
- Mc. DOWELL, F. W. and KEIZER, R. P., 1977. Timing of mid-Tertiary

- volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango City and Mazatlán, México. *Geol. Soc. America Bull.*, v.88, p. 1479-1487. *in*: Mc. Dowell y Clabugh, 1981(1984).
- Mc. DOWELL, F. and CLABAUGH, S., 1979. Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and their relation to the tectonic history of western México. In *Ash-Flow Tuffs*. Geol. Soc. of America, *Special Paper* 180, pp. 113-124.
- Mc. DOWELL, F. and CLABAUGH, S., 1981 (84). The igneous history of the Sierra Madre Occidental and its relation to the tectonic evolution of western México. *Revista del Instituto de Geología, U.N.A.M.* vol. 5, No. 2, pp. 195-206.
- Mc. KINSTRY, H. E., 1927. Notes of the geology of the vicinity of Tayoltita. State of Durango, México. Informe privado, 25 p. *in*: Lozano (1966).
- Mc. LEROY, D. F., 1965. Carta geológica de México, serie de 1:100 000. Hoja Pedriceñas, 13R1(4). Traducido por Zoltan de Csérna, con resumen de la geología de la Hoja Pedriceñas, estados de Coahuila y Durango. México, D. F.
- MELENDEZ, B., 1977. Paleontología. Parte general e invertebrados. Tomo 1. Editorial Paraninfo. Madrid, España.
- MELENDEZ, B., 1977. Paleontología. Vertebrados. Tomo 2. Editorial Paraninfo. Madrid, España.
- MITRE, L. M. y ROLDAN, J., 1986. Terrenos tectonoestratigráficos en el centro y noreste de México. *Programa y Resúmenes del Ier. Simposio de Geología Regional de México*. Organizado en ocasión del centenario de la fundación del Instituto de Geología, U.N.A.M. México, D. F. pp. 33-34.
- MORAN, D. 1984. Geología de la República Mexicana. 2a. ed. Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, coedición por convenio con la UNAM. México, D. F.
- MORAN, D. J., 1986. Breve revisión sobre la evolución tectónica de México. *Revista de la Unión Geofísica Mexicana*. auspiciada por el Instituto de Geofísica de la U.N.A.M., vol. 25, No. 1. México, D. F. pp. 9-38.
- MULLAN, H. S., 1972. La geología de los esquistos del Rio Fuerte. Resumen. Sociedad Geológica Mexicana. *Memoria II Convención Nacional*. p. 189.
- NEMETH, K. E., 1976. Petrography of the lower volcanic group Tayoltita-San Dimas District, Durango, México. [M. A. thesis]: Austin, Univ. Texas, 141 p. *in*: Mc. Dowell y Clabugh, 1981 (1984).
- NUÑEZ, A. y TORRES, V., 1984. Analisis metalogenético regional de la porción suroccidental de la República Mexicana. Tesis profesional. Facultad de Ingeniería, UNAM. México, D. F.
- ORTEGA, F., PRIETO, R., ZUÑIGA, Y. y FLORES, D., 1979. Una secuencia volcano-plutónica-sedimentaria cretácica en el norte de Sinaloa; Un Complejo ofiolítico 7. *Revista del Inst. de Geología, U.N.A.M.*, vol.3, No.1, pp. 1-8. *in*: Servais et al. (1982).

- ORTEGA, F., 1964. Relaciones estratigráficas del basamento pre-orzofordiano de la región Coapas-Rodeo, Zacatecas, y su significado tectónico. *Resúmenes de la VII Convención Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana*. México, D. F. pp. 56-57.
- ORTIZ, L. E. y MEDINA, F. J., 1964. Yacimientos minerales y criterios de prospección en el distrito minero de Tahuahusto, Tepehuanes, Durango. *Resúmenes de la VII Convención Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana*. México, D.F. pp. 100-101.
- PACHECO, C., CASTRO, R. Y GOMEZ, M. A., 1962. Confluencia de terrenos estratotectónicos en Santa María del Oro, Durango, al oeste del "Mar Mexicano"; *Resúmenes de la VI Convención Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana*. México, D. F., p. 44. *in*: Aranda et al. (1966).
- PADILLA y SANCHEZ, R., 1966. Post-Paleozoic tectonics of northeast Mexico and its role on the Gulf of México. *Revista Geofísica Internacional*, vol.25, No.1. México, D.F. pp. 157-206.
- PANTOJA ALOR, J., 1963. Hoja San Pedro del Gallo, estado de Durango, esc. 1:100 000. Instituto de Geología, UNAM. México, D.F.
- PARIS, I., 1966. Fiebre del oro en el Pacífico. *Revista MUNDO CIENTIFICO. La Recherche*, versión en castellano. Vol.8, No. 79, pp. 436-440. Editorial Fontalba. Barcelona, España.
- PERA, M. J., 1964. Amonitas del Jurásico superior y del Cretácico inferior del extremo oriental del estado de Durango, México. *Paleontología Mexicana* No. 20. Instituto de Geología, México, D. F. 33 p.
- PEREZ, C., CHARLESTON, S. y MALPICA, R., 1964. Una nueva localidad del Paleozoico en México. *Sociedad Geológica Mexicana. Resúmenes, VII Convención Nacional*. México, D. F. p.40.
- PEREZ, J. D., 1964. Posibilidades acuíferas de las rocas volcánicas del área El Fuerte, estado de San Luis Potosí. *Sociedad Geológica Mexicana. Resúmenes, VII Convención Nacional*. México, D. F. pp. 151-152.
- PILGER, R. H., Jr., 1978. A closed Gulf of Mexico, pre-Atlantic Ocean plate reconstruction and early rift history of the Gulf and north Atlantic. *Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions*. *in*: Morán (1986).
- PINEDA, A., 1972. Contribución al conocimiento geológico de la Sierra Madre Occidental en el estado de Durango. *Resumen. Memorias. II Convención de la Sociedad Geológica Mexicana*, Mazatlán, Sin. p. 211.
- PROFORMEX, 1970. Estudio fotogeológico y reconocimiento de campo de la porción occidental del Área "Proformex" en el estado de Durango. Informe inédito.
- QUINTERO, O., 1964. El basamento precámbrico de Chihuahua en el rancho El Carrizalillo, municipio de Aldama, Chih. *Resúmenes de la VII Convención Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana*. p. 55.
- RAISZ, E., 1964. Landforms of México. 2nd. ed. Cambridge. Prepared for the Geography Branch of the Naval Research scale map. 1:4 000 000.

- RANDALL, J., and SCHMIDT, R., 1956. Geologic report of the San Luis Sheet-San Dimas Mining district, Sinaloa - Durango, Mexico. San Luis Mining Company, Tayoltita, Dgo., México. (Inédito).
- RANDALL, J., 1972a. Secuencia de metalización en la región de Tayoltita, Dgo. y Sin. Resumen. Sociedad Geológica Mexicana - Memoria II Convención Nacional. p. 216.
- RANDALL, J., 1972b. Metallization sequence in the Tayoltita región San Dimas, Durango, México. 24th, Inter. Geol. Congr. Montreal, Canadá. *in*: López Ramos (1980).
- RANGIN, C., 1977. Sobre la presencia del Jurásico Superior con amonitas en Sonora septentrional, México. *Revista del Inst. de Geología, U.N.A.M.*, vol. 1, No. 1, pp. 73-76.
- RAMIREZ, J. y ACEVEDO, F., 1957. Notas sobre la geología de Chihuahua. *Bol. A.M.G.P.*, vol. 9, pp. 538-777.
- RICE, S. E., 1974. Petrology and volcanic stratigraphy of the Durango área, Durango, México. Thesis presented to the Faculty of the graduate school of the University of Texas at Austin in partial fulfillment of the requirement for the degree of Master of Arts. The University of Texas at Austin.
- ROBERTS, J. R., HETZ, E. P., GILLULY, J. and FERGUSON, C. R., 1958. Paleozoic rocks of north-central Nevada. *A.A.P.G., Bull.* Vol. 42, No. 12. *in*: Aranda (1985).
- RODRIGUEZ TORRES, R., 1972a. Itinerario geológico - Torreón-Durango y Resumen. Excursión Torreón - Mazatlán. Soc. Geol. Mex. *Memoria II. Conv. Nac.* pp. 17-77.
- RODRIGUEZ TORRES, R., 1972b. Breve panorama geológico regional, a la luz de los nuevos datos y teorías. Introducción. Exc. Torreón-Mazatlán. *II. Conv. Nac. Soc. Geol. Mex.* pp. 1-14.
- RODRIGUEZ TORRES, R. y CORDOBA, D., 1976. Atlas geológico y evaluación geológico-minera del estado de Sinaloa. Instituto de Geología, U.N.A.M. y Secretaría del Desarrollo Económico del estado de Sinaloa, 702 pags.
- RODRIGUEZ, S., 1986. Placer de Guadalupe-Mina Plomosas: un modelo de evolución tectónica. *1er. Simposio de Geología Regional de México. Programa y Resúmenes.* Organizado en ocasión del centenario de la fundación del Instituto de Geología, U.N.A.M. México, D. F. pp. 25-27.
- ROLDAN, J., 1969. Geología del área de Peñón Blanco, estado de Durango, México. Tesis (Geólogo) IPN. E.S.I.A. México, D. F.
- ROLDAN, J., 1970. Estudio geológico de reconocimiento de la región de Peñón Blanco, Durango. *Soc. Geol. Mexicana, Bol.*, vol. 31, No. 2, pp. 79-105.
- ROLDAN, J. y SOLANO, B., 1978. Contribución a la estratigrafía de las rocas volcánicas del estado de Sonora. *Bol. Depto. Geol. UNI-SON.* vol. 1, No. 1, pp. 17-26.
- ROSS, C. S. y SMITH, R. L., 1961. Ash-flow tuff; their origin, geologic relations and identification. *U.S. Geological Survey, Prof. Paper 366*, 81 p. *in*: Cordoba (1963).

- RUEDA, J., RODRIGUEZ, J. L. y PEREZ, J. A., 1986. Evaluación de las posibilidades petroleras de la cuenca post-arco del Mar Mexicano, en los estados de Durango y Chihuahua. *VIII Conv. Geol. Nacional. Resúmenes*. México, D. F. p. 141.
- RUIZ CASTELLANOS, M., RUIZ, R. y FREDRIKSON, G., 1977. Hoja Gavilanes, 13R-k(10), esc. 1:100 000. Instituto de Geología, UNAM.
- SALAZAR, L., 1923. El Cerro de Mercado, Durango: *Inst. Geol. México, Bol.* 44, p. 44. *in:* I.N.R.M. (1940?).
- S.A.R.H., 1976. Presas de México. *Boletines de las regiones hidrologicas* 10, 11 y 36. Código de cuencas y subcuencas, planos 7, 8 y 22. Dirección General de Estudios. México, D.F.
- S.A.R.H., 1983. Programa Pider de obras y estudios. Dirección General de Aprovechamiento Hidráulico. Geohidrología y Zonas Áridas. Subprograma de Geohidrología.
- S.A.R.H., 1985. Estudios geohidrológicos del estado de Durango. Dirección General de Planeación. México, D. F.
- SANCHEZ, G., 1978. El volcán La Breña, estado de Durango. *Revista del Inst. de Geología, UNAM*. vol.2, No. 1, pp. 75-79.
- SERVAIS, M. y ROJO, R., 1981. Estudios de las rocas básicas y ultrabásicas de Sinaloa y estudio preliminar de las zonas ofiolíticas de San Juan de Otuates. Informe interno-Proyecto Rocas Ultrabásicas. C.R.M. *in:* Servais et al. (1982).
- SERVAIS, M., ROJO, R. y LIEVANO, D., 1982. Estudio de las rocas básicas y ultrabásicas de Sinaloa y Guanajuato; Postulación de un Paleogolfo de California y de una digitación thethysiana en Mexico Central. *Revista Geomict*, No. 115, enero-febrero, pp. 54-71.
- SILVA, D., 1981. Petrología, alteraciones y oclusiones fluidas en el stockwork de Molibdeno "Los Chicharrones", Norcoribia, Mpio. de Babiraguato, Sin. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Tomo XLIII, Nos. 1 y 2, pp. 1-44.
- SMIRNOV, V. I., 1976. *Geología de Yacimientos Minerales*. Editorial MIR. Moscú.
- SMITH, Ch. I., 1970. *Lower Cretaceous Stratigraphy, Northern Coahuila, Mexico*. Bureau of Economic Geol., The University of Texas. Report of inv., number 65, 101 p.
- SMITH, Jr., D. M., 1972. Comentario sobre la Geología Histórica de la parte central de la Sierra Madre Occidental y sobre la nueva tectónica global. *Memoria, II Convención Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana*, Mazatlán, Sinaloa. p. 242.
- S.P.P., 1982. *Geología de la República Mexicana*. Dirección General de Geografía, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F.
- S.R.H., 1973. Estudio geohidrológico en el valle de Guadiana en el estado de Durango. Plano fotogeohidrológico. Secretaría de Recursos Hidráulicos, Dirección General de Irrigación y Control de ríos. Dirección de Geohidrología y de zonas áridas.
- S.R.H., 1975. Actualización al Boletín Hidrológico No. 30. Re-

- gión hidrológica No. 11, zona de los ríos Presidio a San Pedro. Tomo III, S.R.H., Subsecretaría de Planeación, Dirección General de Estudios, Dirección de Hidrología.
- S.R.H., 1981. "Reporte final del estudio geofísico en las áreas de San Juan del Río y Ramón Corona, estado de Durango". Subdirección de Geohidrología y Zonas Áridas (Contrato No. GZA-81-168-ED con Estudios Físicos de la Tierra, S. A.).
- SUBCOMISION INTERNACIONAL DE CLASIFICACION ESTRATIGRAFICA DE LA COMISION DE ESTRATIGRAFIA DE LA U.I.C.G., 1980. Guía Estratigráfica Internacional. Versión española por Cecily Petzall, Amos Salvador, Salvador Reguant y José Francisco Longoria. Edición original en inglés por John Wiley and Sons Inc., New York, Editorial Reverte, S. A. Barcelona-Bogotá-Buenos Aires-Caracas-Mexico-Río de Janeiro.
- SUMNER, J. R., 1972. Tectonic significance of gravity and aeromagnetic investigations at the head of the Gulf of California. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 83, pp. 3103-3120. *in*: Demant y Robin (1975).
- SWANSON, E., KEIZER, R., LYONS, J. AND CLABAUGH, S., 1978. Tertiary vulcanismo and caldera development in the Durango City area, Sierra Madre Occidental, México. *Geol. Soc. America Bull.*, vol. 8, pp. 1000-1012. *in*: Mc. Dowell and Clabaugh, 1981(1984).
- TARDY, M., 1972 (74). Sobre la estratigrafía de la Sierra Madre Oriental en el Sector de Parras, Coah.: Distinción de las series Coahuilense y Parrense. *Sociedad Geológica Mexicana. Bol.* 33, No. 2, pp. 51-70.
- TARDY, M., SIGAL, J. y GLACON, G., 1974. Bosquejo sobre la estratigrafía y la paleogeografía de los flysch cretácicos del Sector Transversal de Parras. Sierra Madre Oriental, México. *Revista del Inst. de Geología, UNAM.* vol.1, No.2, pp. 12-18.
- TARDY, M. y RUIZ, B. R., 1974. Sobre la observación directa del "decollement" de la cobertura mesozoica del Sector Transversal de Parras, sobre el flanco oriental del anticlinal de San Julián Sierra Madre Oriental, estado de Zacatecas, México. *Revista del Inst. de Geología, UNAM.* vol. 1, No. 2, pp. 29-37.
- TARDY, M., 1980. Contribution a l'étude géologique de la Sierra Madre Oriental du Mexique. *Mém. de Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. Pierre et Marie Curie de Paris.* 459 pp. *in*: González et al. (1986).
- TERRONES, T., 1940. Estudio de la zona noroeste del Distrito minero de Guanaceví, Durango. Tesis profesional, M. C., Facultad de Ciencias, U.N.A.M. 45 pags.
- TRUJILLO, J. A., 1976. Las cuencas lacustres terciarias del Altiplano Mexicano. S.R.H., *Boletín de divulgación técnica*. Subsecretaría de construcción, Dirección General de Irrigación y Control de ríos, Dirección de Geohidrología y de zonas áridas, Depto. de información y control de datos. Boletín No. 5, 1 de enero. pp. 1-6.
- URRUTIA, J., 1986. Late Mesozoic-Cenozoic evolution of the north-western Mexico magmatic arc zone. *Revista de la Unión Geofísica Mexicana*, auspiciada por el Instituto de Geofísica de la UNAM. México. S. F. vol.25, No.1, pp. 61-84.

- VARET, J., 1966. La previsión volcánica : un reto a la cooperación técnica. *Revista MUNDO CIENTIFICO La Recherche*, versión en castellano. No 57. pp. 440-441.
- VEGA, F. J. y PERRILLIAT, M. C., 1966. El Grupo Difunta y la presencia del Terciario marino en la Cuenca de La Popa, Nuevo León. *Primer simposio de Geología Regional de México. Programa y Resúmenes*. Organizado en ocasión del centenario de la fundación del Instituto de Geología, UNAM. pp. 29-30.
- VILLASENOR, A. B. y GONZALEZ, C., 1966. Fauna de amonitas y presencia de *Lamellaptychus Hurocostatus* Trauth del Jurásico Superior de la Sierra de Palotes, Durango. *Revista del Instituto de Geología*, UNAM. No. 1, Vol. 7. pp. 71-77.
- VILLEGAS, C. J. y HERNANDEZ, I., 1966. El papel de la geofísica en la exploración por yacimientos de oro en México. *Resúmenes. VIII Convención Geológica Nacional*. p. 33.
- WAHL, Jr., D. E., 1972. Geología de la región de El Salto, Dgo. Mex. Resumen. Soc. Geol. Mex. -*Memoria- II Convención Nacional*. p. 145.
- WAHL, Jr., D. E., 1976. Geología de la Faja del Salto, Durango, México. Tesis que presentó a la Facultad de la Escuela de Graduados de la Universidad de Texas, en Austin, como requisito hacia el grado de Maestro de Artes. *Boletín del Instituto de Geología*, UNAM. Bol. 96. pp. 93-182.
- WATT, R. B., 1970. Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental between Durango and Mazatlán, México. [M. A. thesis]: Austin, Univ. Texas. 133 p. *In*: Swanson et al. (1978).
- WALL, J. R., MURRAY and DIAZ, T., 1961. Geology of the Monterrey area, Nuevo León, México, Gulf Coast. *Assoc. Geol. Soc. Trans.* 11, pp. 57-71.
- WALPER, J. L., 1980. Tectonic evolution of the Gulf of Mexico *in*: R. H. Pilger (Ed). The origin of the Gulf of Mexico and the early opening of Central North Atlantic. *Proceedings of a Symposium at Louisiana State University*, Baton Rouge, Louisiana, 87-98. *In*: Morán (1983).
- VEGENER, A., 1915(24). El origen de los continentes y los océanos. Versión española de Vicente Inglada Ors (1924). *Bibl. Rev. de Occidente*, Madrid España. 169 págs. *In*: Araña et al. (1974).
- WESTERCAMP, D., 1966. La previsión de las erupciones volcánicas. *Revista MUNDO CIENTIFICO, La Recherche*, versión en castellano. No. 57, pp. 436-441.
- WILLIAMS, H., TURNER, F. J. y GILBERT, CH. M., 1968. Petrografía. Introducción al estudio de las rocas en secciones delgadas. Traducido por: Ing. José Manuel López Rubio. Cia. Editorial Continental, S. A. México, D. F.
- YANEZ, C., 1984. Exploración geológica de la caldera de Huichapan, edo. de Hidalgo. *Resúmenes, VII Convención Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana*. pp. 171-173.

I L U S T R A C I O N E S



Localidad del Miembro Santuario, el cual se constituye primordialmente de ignimbritas riolíticas.



Una de las dos plantas de beneficio de la Mina Cerro de Mercado



El pelecípodo *Inoceramus undulatopectatus* Roemer, del Coniaciano-Santoniano; caracteriza al Grupo Austin en el noreste de México.



Mc. Leroy (1965) cita al *Inoceramus hercynicus* Petraschek en el área vecina de Pedriceñas en afloramientos de la F. Indidura. este fósil es frecuente en rocas del Turoniano y del Cenomaniano Superior-Coniaciano Inferior.



El sistema de fracturamiento es conspicuo en la secuencia piroclástica oligomiocénica, dejando una morfología característica de bufas, como se pudo apreciar al sur del área, en Sombrerete, Zac.



Inoceramus, sp.



Foto No. 9 Vista del intrusivo de Cerro Blanco, desde el poblado de Covadonga, en el extremo norte de la Sierra de Yerbániz.



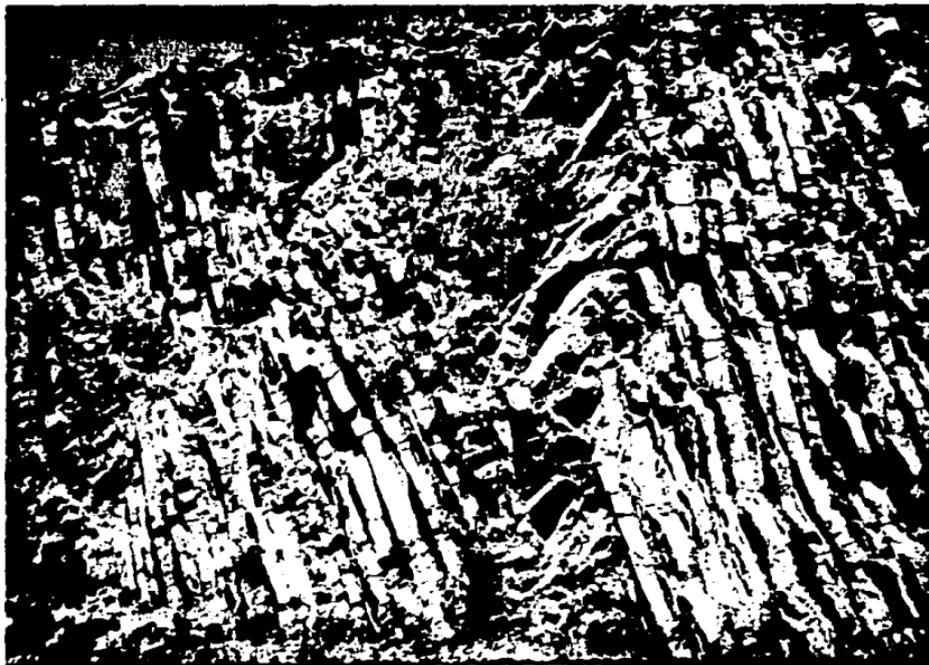
Bandamiento en los esquistos que se localizan en el Arroyo Medrano.



Los grupos Indidura-Caracol y Mezcalera, se interdigitan al noroeste (Chihuahua-Cosahuila) con los grupos Eagle Ford y Austin; aquí se muestra un afloramiento de este último, donde se observa un sill de diabasa.



En algunas partes como en San José de Félix, al sur del área, se puede observar discordante a la Ignimbrita Registro sobre la secuencia cretácica.



Al sur del área, en San José de Félix, se puede apreciar en la secuencia cretácica allí expuesta, pliegues en chevrón.



Martita, (variedad de Hematita, pseudomorfo de Magnetita), es una de las especies ferríferas predominantes en el Cerro de Mercado, junto con la Goethita y Limonita.



Macrofoto de la Ignimbrita Aguila.



Nódulos de pedernal en las calizas mesocretácicas del área de Peñón Blanco.



En el poblado La Concha, existe una zona con 8 manantiales, que cubren una área de 150 m², cuyas temperaturas varían de 35 a 37° C., constituyendo un atractivo turístico, siendo este su principal uso.



Calcos de corrientes en la Secuencia berriasiána.



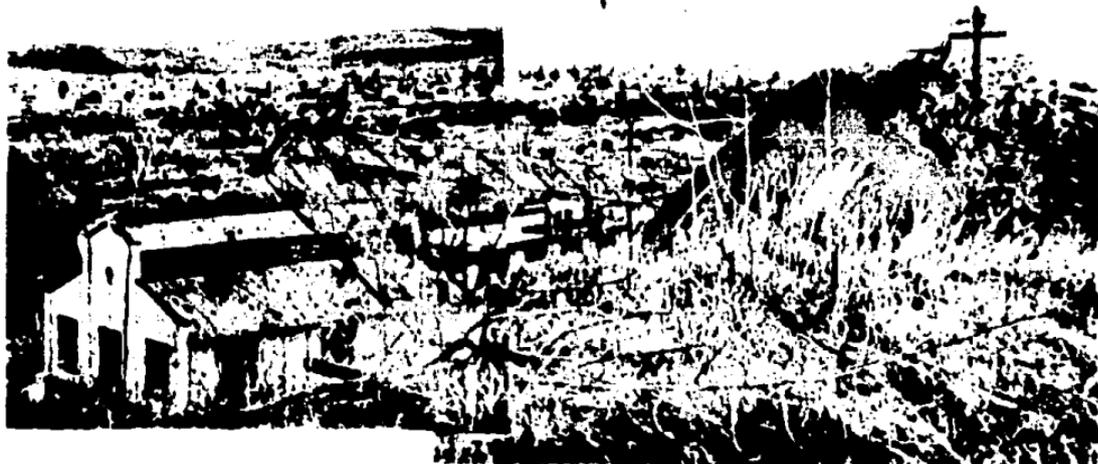
Derrames dacíticos posiblemente espiliticos, sobreyacen a los esquistos del área de Diez de Octubre.



Manantial La Concha.



Canto granítico en el conglomerado del Paleógeno, área de Peñón Blanco.



Vista de la Sierra Cacaria desde el Cerro de Mercado



Vista de la Laguna Santiaguillo, al fondo la Sierra Cañas.