



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL SITIO CANAL
VENTANAS, MANZANILLO,
COLIMA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓLOGO**

PRESENTA EL C.:

EDGARDO FUENTES MUNGUÍA

DIRECTOR DE TESIS:

ING. MIGUEL I. VERA OCAMPO

MÉXICO, D. F., AGOSTO 2007





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
60-I-855

SR. EDGARDO FUENTES MUNGUÍA
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Miguel I. Vera Ocampo y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

**CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL SITIO CANAL VENTANAS, MANZANILLO,
COLIMA**

- I GENERALIDADES**
- II GEOGRAFÍA**
- III FISIOGRAFÍA**
- IV GEOLOGÍA REGIONAL**
- V GEOLOGÍA DEL SITIOCANAL VENTANAS**
- VI CONCLUSIONES**
- VII BIBLIOGRAFÍA**
- ANEXOS**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo, le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

Cd. Universitaria, D. F., a 7 de agosto de 2007

EL DIRECTOR

MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA

RJPYS*tjh

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a la memoria de mis padres María y Héctor Raúl. Siempre serán recuerdo inmortal. Gracias eternas por su amor.

A mi esposa María Guadalupe por ser mi compañera, mi amiga y apoyo siempre oportuno; el amor y la comprensión necesarios. Porque esto es mucho más.

A mi personita favorita, Judith Guadalupe, por ser siempre mi alegría, mi sonrisa y para que te sirva de impulso durante toda tu vida. Gracias por tu amor, por ser y estar.

A mis hermanos Cecilia del Carmen y Héctor, quienes con sus esposos Leopoldo y Patricia respectivamente, han reforzado mi conciencia en el mundo y me han hecho un ser humano más completo.

A mis cuñados Bety, Marilú y Vicente, Fernando y Lety y Manuel, por su gran apoyo, siempre incondicional, en las buenas y malas.

A mis sobrinos Leopoldo, Julio César, Sara Paulina, Mario y Jorge, para que sepan que siempre existe un camino con corazón. Tómenlo y caminen por él siempre con intención...

Al Ing. Miguel I. Vera Ocampo. Un ejemplo de buen maestro y director. Muchísimas gracias por el tiempo y confianza otorgados.

Deseo hacer patente mi agradecimiento al Sr. Francisco Silva Fernández, Ing. Hernán Cervera Castro y a la Srita. María Antonieta Silva Fernández, representante y suplentes respectivamente, del SUTERM, en la Superintendencia de la Zona Pacífico Norte, por la oportunidad y confianza.

Con gran respeto a los Ing. Jorge Navarro Candelas, Javier Delgado Patiño, Manuel Rojas García y a todos los ingenieros de CFE por todo el apoyo recibido durante la elaboración de este trabajo.

A mis amigos personales: ingenieros Vicente Arturo Camargo Valencia, Alejandro Gómez Macías; Psic. Javier Orozco Torres (†), por su apoyo y amistad siempre invaluable.

A la música, por ser siempre un descanso para mi alma, y por su ayuda a mantener la fe en el sonido que brota, que es disonancia pero canta, que es armonía y melodía entre mis dedos.

C O N T E N I D O

	Página
1. GENERALIDADES	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 MÉTODO DE TRABAJO	2
2. GEOGRAFÍA	3
2.1 LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO	3
2.2 CLIMA	5
2.3 POBLACIÓN Y ACTIVIDADES ECONÓMICAS	6
3. FISIOGRAFÍA	11
3.1 PROVINCIA FISIOGRÁFICA	11
3.2 RASGOS OROGRÁFICOS	13
3.3 CUENCA HIDROLÓGICA	14
4. GEOLOGÍA REGIONAL	17
4.1 MARCO GEOLÓGICO	17
4.2 LITOLOGÍA	18
4.3 ESTRATIGRAFÍA	19
4.3.1 Cretácico Superior	20
4.3.1.1 Granito de biotita (Ksig).....	20
4.3.2 Terciario	25
4.3.2.1 Andesita (Tsvan).....	25
4.3.2.2 Brecha andesítica (Tsvbran).....	27
4.3.3 Cuaternario	28
4.3.3.1 Depósitos de talud (Qdt).....	28
4.3.3.2 Depósitos de aluvión (Qal).....	30
4.3.3.3 Depósitos de litoral (Ql).....	30
4.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	31
4.4.1 Sistema (F1) E – W	33
4.4.2 Sistema (F2) NE – SW	34

	Página
4.4.3 Sistema (F3) NW – SE	36
4.4.4 Sistema (F4) N – S	36
4.4.5 Fallas Regionales	37
4.4.5.1 Zona de Falla de la Cantera Punta de Agua de Camotlán.....	37
4.4.5.2 Zona de Falla en la Cantera Tepalcates.....	41
4.4.5.3 Zona de Falla en el Crucero El Colomo.....	44
4.4.6 Secciones Geológicas Regionales	47
4.4.6.1 Sección A-A´.....	47
4.4.6.2 Sección B-B´.....	48
5. GEOLOGÍA DEL SITIO CANAL VENTANAS	49
5.1 SITIO CANAL VENTANAS	49
5.1.1 Margen Sur	51
5.1.1.1 Andesita (Tsvan).....	51
5.1.1.2 Brecha andesítica (Tsvbran).....	52
5.1.2 Margen Norte	56
5.1.2.1 Andesita (Tsvan).....	57
5.1.2.2 Brecha andesítica (Tsvbran).....	57
5.1.2.3 Depósitos de litoral (Ql).....	59
5.1.2.4 Depósitos de talud (Qdt).....	59
5.1.2.5 Depósitos de rezaga (Qr).....	60
5.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL, SITIO CANAL VENTANAS	60
5.2.1 Análisis Estructural	65
6. CONCLUSIONES	71
7. BIBLIOGRAFÍA	75
ANEXOS	
APÉNDICE A <u>ESTUDIOS PETROGRÁFICOS</u>	
APÉNDICE B <u>ÍNDICE DE MAPAS Y SECCIONES</u>	

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
2.1	Ubicación del área de estudio.(Tomado de INEGI Carta Topográfica Manzanillo E13 B43, escala 1:50 000, 1973).	4
2.2	Detalle de la ubicación del Canal Ventanas, en la parte superior el camino que comunica a la ciudad de Manzanillo y en la parte baja el camino que lleva a las instalaciones de la Termoeléctrica Manzanillo I y II., según base topográfica de CFE 1:2 500.	5
2.3	Localización de los municipios que conforman políticamente al estado de Colima. (Tomado de INEGI, 2000, escala 1:1 000 000).	7
2.4	Distribución de la población en Colima. (Tomado de INEGI, 2000).	9
3.1	Fisiografía del área de estudio. (Tomado de INEGI, año 2000, escala 1:1000 000).	11
3.2	Rasgos orográficos del estado de Colima. (Tomado de INEGI, año 2000, 1:1 000 000).	13
3.3	Cuencas hidrológicas del estado de Colima (Tomado de INEGI, año 2000, 1:1 000 000).	14
4.1	Principales estructuras regionales en el área de estudio. Modificado de "Evolución de la frontera septentrional del bloque de Jalisco, México, desde hace 17 Ma", 1992.	18
4.2	Columna litológica de la geología regional en la zona de estudio.	19
4.3	Alineamientos regionales. Carta topográfica Manzanillo E13 B43, INEGI, 1973.	32
4.4	Orientaciones preferenciales de fracturas en la zona de estudio a escala regional.	35
4.5	Orientaciones preferenciales de fallas en forma global en la zona de estudio a escala regional.	39
4.6	Orientaciones preferenciales de fallas en la zona de La Cantera de Punta Agua de Camotlán.	40
4.7	Orientaciones preferenciales de fallas en la zona de La Cantera de Tepalcates.	43
4.8	Orientaciones preferenciales de fallas en la zona de la cantera de El Colomo.	46
5.1	Columna litológica en el sitio de estudio a detalle.	49
5.2	Orientaciones preferenciales de fracturas en la zona margen sur.	66
5.3	Orientaciones preferenciales de fracturas en la zona margen norte.	67
5.4	Orientaciones preferenciales de fallas en la zona en ambas márgenes.	68

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
2.1	Población por sexo en los diversos municipios del estado de Colima (Tomado de INEGI, 2000).	8
2.2	Total de la población económicamente activa ocupada para el año 2000 (Tomado de INEGI, 2000).	9
2.3	Total de la población ocupada por sector (Tomado de INEGI, 2000).	10
4.1	Resumen de las orientaciones preferenciales al nivel de geología regional.	33
5.1	Resumen de las orientaciones preferenciales obtenidas para las diferentes discontinuidades en ambas márgenes del canal Ventanas.	65

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
4.1	Aspecto de los prismas rectangulares que se forman y quedan expuestos. Carretera Manzanillo-Tepalcates.	21
4.2	Detalle de un corte en la cantera de Tepalcates que corresponde a un granito de biotita, en él se aprecian los diques aplíticos con comportamiento subhorizontal, que siguieron los sistemas de fracturas para su emplazamiento.	21
4.3	Aspectos de la alteración y disgregación (material arenoso) del granito, en los círculos las formas esféricas de la roca que sufren el proceso de exfoliación. Tramo de la autopista del puente canal Tepalcates en dirección al poblado El Colomo.	22
4.4	Roca granítica con formas esféricas en el tramo de la autopista del puente Canal Tepalcates en dirección al poblado El Colomo. (Punto de control geológico MZ-8).	22
4.5	Aspecto de las dimensiones y frecuencia de los prismas rectangulares que forman las rocas graníticas en la cantera Tepalcates.	23
4.6	Detalle de la zona de contacto por medio de relieves de falla entre el granito y la andesita y la toba cristalina andesítica, además de observar una veta de hierro de 20 cm de espesor, (punto de control MZ 13).	24
4.7	En la parte superior del cerro donde se encuentra El Faro de navegación de la API-SCT, se tiene el afloramiento de una andesita muy fracturada, con intensa alteración hidrotermal de hematita que le imprime a la roca un color rojizo.	26
4.8	En la parte baja del Cerro del Faro de navegación, API-SCT, se tiene el afloramiento de flujos andesíticos que entre sus planos tienen fracturas abiertas con espesores desde unos cuantos milímetros hasta 10 cm, rellenas de material triturado con presencia de alteraciones hidrotermales como la propilitización, hematización y presencia de sulfuros (pirita y calcopirita) y óxidos de hierro (especularita). La altura aproximada del afloramiento es de unos 30 metros.	26
4.9	Aspecto de una fractura semivertical que se bifurca en la parte baja, y presenta alteración por soluciones hidrotermales, propilitización, hematización. Afloramiento sobre la margen sur del canal Ventanas, al nivel de playa.	27

4.10	Detalle de la brecha andesítica sobre la margen norte del canal Ventanas. Se aprecian los clastos en una matriz de grano fino, y algunos huecos por desvitrificación.	28
4.11	Aspecto de la margen izquierda del arroyo que desciende al poblado de Villa Florida, en las cercanías a la central termoeléctrica Manzanillo, constituido por depósitos de talud con una altura de 1.5 m, el depósito está compactado y contiene fragmentos de roca andesítica.	29
4.12	En el cauce del arroyo que baja al poblado de Villa Florida, en las cercanías a la Central Termoeléctrica Manzanillo, se tiene la acumulación de bloques de roca con tamaño de boleas de composición andesítica.	29
4.13	Se muestran las grandes extensiones de terreno, en la parte suroriental del poblado de El Colomo, con una superficie plana y rellena por materiales aluviales y suelo vegetal.	30
4.14	Detalle de las arenas de litoral de color pardo y que se aprecian del poblado Campos hacia el poblado Tepalcates.	31
4.15	En la zona del Canal de Tepalcates en un corte de la autopista, se aprecia al granito de biotita que está afectado por el sistema de fracturas con orientación preferencial E-W, la continuidad de las fracturas (líneas de puntos de color azul) y su frecuencia.	34
4.16	Detalle en las andesitas del sistema de fracturas de tendencia NW-SE con un ángulo de buzamiento bajo casi semihorizontal, formando con ello paquetes de roca; éstos se apreciaron a escala regional y en el canal Ventanas.	36
4.17	Detalle en una roca andesítica donde se observa que las fracturas con orientación N-S (líneas punteadas rojas) cortan al sistema de fracturas con dirección NW-SE (líneas punteadas amarillas). Sobre la carretera que lleva al poblado de Jalita, aproximadamente a 2 Km al norte de Manzanillo.	37
4.18	Vista frontal de las paredes de la cantera Punta de Agua de Camotlán, en la parte superior se aprecia la roca intemperizada y en la parte baja los planos de falla.	38
4.19	En la imagen del lado izquierdo se presenta el detalle de una pared del plano de falla normal con altura de 1.5 m y continuidad menor a los 40 m. En la imagen del lado derecho se muestra la superficie de deslizamiento de color verde oscuro en donde están las estrías semiverticales. En la cantera de Punta de Agua de Camotlán.	41
4.20	Detalle de una fractura sellada por material de triturado (líneas amarillas). En el lado izquierdo del martillo se observan superficies semiplegadas, lo cual hace pensar en una zona de cizallamiento donde hubo movimiento entre los planos de falla. En la cantera de Punta de Agua de Camotlán.	41
4.21	En la imagen del lado izquierdo se presenta la traza del plano de falla normal (línea de puntos de color rojo) que afecta al granito de biotita. En la imagen del lado derecho se tienen los diques aplíticos (línea de puntos de color azul), con comportamiento subhorizontal que intrusionan al granito de biotita. Cantera de Tepalcates.	42
4.22	Afloramiento en el corte de la autopista Colima-Tecomán-Manzanillo, en donde se observan dos fallas normales. La primera falla normal está del lado derecho del afloramiento, pone en contacto (línea de puntos de color rojo), al granito de biotita con la andesita, el plano de falla contiene a una veta de hierro con espesor de 20 cm. La segunda falla normal está del lado	44

	izquierdo del afloramiento, coloca en contacto (línea de rayas de color azul), a las andesitas con las tobas cristalinas andesíticas.	
4.23	Dos detalles de la fotografía 4.22, sobre la autopista Colima-Tecomán-Manzanillo. En la imagen del lado izquierdo se observa en las andesitas los sistemas de fracturas persistentes con frecuencia de más de 20 fracturas por metro lineal. En la imagen del lado derecho se muestra una veta de mineral de hierro que sigue el plano de falla principal, en el granito de biotita.	45
4.24	En la imagen de la izquierda se observa la toba cristalina andesítica con intenso fracturamiento subcontinuo, se marcan tres planos de fracturas (líneas de puntos amarillos) los planos inclinados (derecho e izquierdo) tienen una longitud de 20 m, y el plano horizontal (porción superior) tiene una longitud de 50 m. En la imagen de la derecha se muestra el contacto (línea de puntos amarillos) por falla normal entre las tobas cristalinas andesíticas y las andesitas. Sobre la autopista a El Colomo.	47
5.1	Vista de la margen Sur (lado izquierdo) y Norte (lado derecho), al fondo se aprecia la entrada del mar hacia la Laguna de Cuyutlán. También, se observan las paredes del canal y la explanada (lado izquierdo) constituida por material de rezaga muy reciente que cubre a un depósito de arenas de composición andesítica.	50
5.2	Vista frontal de la margen sur, viendo desde la margen norte.	51
5.3	Detalle de la margen sur, aproximadamente a 200 metros en línea recta del canal Ventanas, en donde se aprecia la formación de pequeños crestones constituidos por andesitas y acumulación de depósitos de litoral.	52
5.4	A lo largo de la línea de costa se tiene flujos andesíticos (líneas de rayas de color amarillo) que entre sus superficies se presenta material triturado que llegan a formar bandas que están afectadas por procesos hidrotermales. Hacia el sur del canal Ventanas. El cerro del plano posterior llega a 120 metros de altura.	53
5.5	Afloramiento de andesita ubicado en la línea de costa, donde se observa una fractura sellada, el plano de la fractura es casi vertical y va desde piso del cerro hasta la cima (líneas discontinuas de color rojo). También, existe otro plano de fractura subhorizontal de color amarillo a blanquecino debido a procesos hidrotermales (líneas discontinuas de color azul).	53
5.6	Detalle del contacto directo por falla normal entre la brecha andesítica con un derrame andesítico. Sobre la margen sur del canal Ventanas, a unos 150 metros del mismo.	54
5.7	En ambas imágenes se aprecian, en la brecha andesítica, los fragmentos líticos y huecos que dejan los mismos. Sobre la margen sur del canal.	55
5.8	Detalle de la frecuencia del grado del fracturamiento existente y formación de paquetes de roca sana en la brecha andesítica, ubicado en la zona del canal Ventanas, cerca de la línea de costa.	55
5.9	Vista panorámica del Canal Ventanas en su margen norte, se observa la pared cubierta por mampostería y al final se observa la brecha andesítica.	56
5.10	Panorámica de la margen norte, en primer plano los afloramientos de brecha andesítica y al fondo la andesita, al centro el Instituto de Investigación Pesquera.	57
5.11	Detalle de un afloramiento de andesita en la periferia del Instituto de Investigación Pesquera, la fotografía abarca un área de 4 m ² .	58
5.12	Detalle de una brecha andesítica en la zona del camino de	58

	acceso al mirador, nótese los bloques en forma tabular de color blanquecino y rosáceo por la sílice y recristalización en la roca.	
5.13	Se muestra la forma tabular que presenta la brecha andesítica en el camino de acceso al mirador, nótese las zonas intemperizadas (zonas de color pardo) y recristalizadas (zonas claras en la parte media de la fotografía).	59
5.14	Detalle de la margen sur, en donde se reconocen algunas fracturas semirregionales hacia el lado de los cantiles del mar y que cortan a los pequeños crestones.	60
5.15	Detalla la continuidad de las fracturas ya sea de manera recta o sinuosa, y con espesor de 15 cm de material de roca cizallada entre ambos paquetes de roca. Margen sur, sobre le camino Manzanillo-Villa Florida.	61
5.16	Detalle de fracturas que están conjugadas y forman cuñas hacia profundidad y que presentan a su vez relleno en los mismos planos, margen sur, a 100 metros del canal Ventanas, sobre la explanada de rezaqa y arena.	61
5.17	Se observa una frecuencia de 3 discontinuidades en un metro lineal y escasamente paredes con fracturas y altura mayores a los 1.5 m. Margen sur, cerca de la línea de costa.	62
5.18	Se observa un intenso y marcado fracturamiento subcontinuo en un afloramiento de roca andesítica a orilla del mar hacia la margen sur con una frecuencia de 15 fracturas por metro lineal.	62
5.19	Detalle del intenso fracturamiento en una longitud de 50 cm, observándose así una roca de bloques pequeños con una calidad de roca pobre. Hacia el sur del canal Ventanas, cerca de la línea de costa.	63
5.20	Aspecto de las discontinuidades mayores y que se ven afectadas por los procesos de hidrotermalismo en la margen sur y en la zona de cantiles del mar.	63
5.21	Continuidad de las fracturas y las paredes semiverticales con la orientación N-S en líneas amarillas y la orientación NW-SE en líneas azules. Sobre la margen norte. A la derecha, detalle de la foto izquierda.	64
5.22	Aspecto frontal de la ladera interna de la margen norte. Camino Manzanillo-Villa Florida. A unos 500 metros del canal Ventanas.	65
5.23	En la margen sur del canal Ventanas, en la brecha andesítica se tiene una falla normal oblicua con desplazamiento lateral izquierdo, en el plano de falla se observa la orientación de las estrías (línea de puntos de color amarillo).	69
5.24	Acercamiento de la parte media y superior del cantil donde está la falla normal que pone en contacto litológico a la brecha andesítica (a la izquierda) y la andesita (a la derecha). La línea roja marca la traza y espesor aproximado de la falla, que en parte está cubierta por depósitos de talud	70
5.25	Vista de la parte occidental de la margen sur del canal Ventanas, donde se aprecia en el cantil una falla normal que está cubierta por depósitos de talud, la brecha andesítica (lado izquierdo) y la andesita (lado derecho) de color púrpura.	70

APÉNDICE A

ESTUDIOS PETROGRÁFICOS

CLAVE	NOMBRE
CV-1-05	TOBA ARENO-ARCILLOSA PROPILITIZADA
CV-2-05	ANDESITA ARGILITIZADA, OXIDADA Y SILICIFICADA
CV-3-05	ANDESITA PORFÍDICA ARGILITIZADA, OXIDADA Y CARBONATADA (PROPILITIZADA)
CV-4-05	GRAUVACA LÍTICA (LITARENITA) CONGLOMERÁTICA CALCIFICADA, GRIS VERDOSO CLARO
CV-5-05	TOBA CRISTALINA ANDESÍTICA, CLORITIZADA, CALCIFICADA Y SILICIFICADA
EF-5-05	PÓRFIDO ANDESÍTICO PROPILITIZADO
CVMI-1-05	ANDESITA PROPILITIZADA, GRIS CLARO A VERDOSO
MZ-10-05	GRANITO DE BIOTITA, ROSA NARANJA GRISÁCEO
MAC-51-05	ANDESITA PORFÍDICA, ARGILITIZADA Y EPIDOTIZADA, COLOR GRIS OSCURO
MZ-6A-05	GRANITO DE HORNBLENDA Y BIOTITA TURMALINIZADO
MZ-13A-05	TOBA CRISTALINA ANDESÍTICA, SILICIFICADA
MAC-56-05	GRAUVACA FELDESPÁTICA OXIDADA.

APÉNDICE B

ÍNDICE DE MAPAS Y SECCIONES

CLAVE	TÍTULO	ESCALA
TS-CV-01	GEOLOGÍA REGIONAL (SITIOS CANAL VENTANAS Y TEPALCATES)	1:25 000
TS-CV-02	SECCIONES REGIONALES SITIOS CANAL VENTANAS Y TEPALCATES	1:25 000

1. GENERALIDADES

El canal Ventanas se ubica hacia el suroeste de la ciudad de Manzanillo, Colima, aproximadamente a 3 km, y a menos de 1 km al oeste-noroeste de la Central Termoeléctrica Manzanillo I y II.

Dicho canal, es el conducto por el cual se conectan el Océano Pacífico y la Laguna Chica de Cuyutlán, en cuyas orillas se ubica el Complejo Termoeléctrico Manzanillo I y II.

Actualmente este canal es punto turístico de poca importancia, pues en sus playas se ubican pequeños restaurantes que son solicitados por los lugareños y turistas los fines de semana. Pescadores transitan por él con sus embarcaciones en busca del sustento diario para sus familias.

El presente trabajo se ha realizado con la finalidad de dar a conocer la Geología de esta zona y se ha tratado de la siguiente manera:

En el primer capítulo se dan a conocer las generalidades, objetivos, antecedentes y método de trabajo, donde se explica la manera en que se concretó este trabajo.

En el segundo capítulo, en el que se habla de Geografía, se incluye la localización, las vías de acceso, el clima; datos poblacionales y económicos de los habitantes de este importante puerto comercial del Pacífico Mexicano.

El tercer capítulo trata de la Fisiografía de la zona, en donde se describen los rasgos orográficos más prominentes e importantes, así como la cuenca hidrológica del estado de Colima.

La Geología regional se aborda en el capítulo cuarto, que inicia con el marco geológico regional que influyó en el depósito de los cuerpos de roca. A su vez, la estratigrafía establece, por edades, el orden en que se depositaron las diferentes unidades de roca. El apartado dedicado a la geología estructural, explica los diferentes lineamientos que se encontraron y se realiza el análisis de los datos estructurales tomados en campo.

El capítulo cinco explica la geología de detalle en el canal Ventanas, también trata y puntualiza la litología en ambos márgenes, y finalmente detalla la geología estructural.

Para finalizar, en el capítulo seis se establecen las conclusiones, donde se dan los puntos más relevantes del trabajo realizado en el canal Ventanas, Manzanillo, Colima.

1.1 OBJETIVOS

- Establecer el marco geológico regional y de detalle, en el sitio canal Ventanas, con la descripción y cartografía de las unidades litológicas existentes.

- Describir el marco geológico estructural regional y de detalle, para determinar las direcciones preferenciales de las discontinuidades de la región.
- Integrar la información de la geología regional y de detalle en el sitio de estudio. Para determinar la factibilidad de la ampliación del canal Ventanas.
- Elaborar el escrito final sobre el sitio canal Ventanas.

1.2 ANTECEDENTES

La mayoría de los estudios geológicos que se han realizado, aunque no en el lugar de estudio, pero sí en sus inmediaciones, han sido para definir fenómenos tectónicos y mineros.

Los estudios de tectónica han sido realizados, entre otros por: Campa-Ramírez, (1979); Ferrari-Romero-Castillo, (1992); Ferrari-Delgado-Barrera-Urbe, (2000), Ferrari-López-Rosas, (2002); Delgado-Vargas-Sánchez-Araiza, (2004), entre otros.

Los trabajos de minería han sido realizados por el Consejo de Recursos Minerales (1994).

En el ámbito de los trabajos de la Comisión Federal de Electricidad, se tiene dos trabajos realizados para la Central Termoeléctrica de Manzanillo (1979 y 2005).

1.3 MÉTODO DE TRABAJO

Las actividades realizadas comprendieron las siguientes etapas:

- 1) Recopilación y análisis de la información geológica de la región publicada por instituciones gubernamentales y de investigación.
- 2) Reconocimientos geológicos regionales y de detalle en campo, con el fin de identificar, cartografiar y describir las unidades litológicas y la toma de muestras de roca de mano para su análisis petrográfico.
- 3) Interpretación de los alineamientos estructurales principales, en la carta topográfica Manzanillo E13 B43 escala 1:50 000, editada por el INEGI en 1973; para corroborarlos mediante recorridos geológicos de campo y toma de datos estructurales en las unidades litológicas.
- 4) Elaboración del trabajo escrito.

La superficie de estudio para los trabajos de geología regional fue de 135 Km², en tanto que para la geología de detalle fue de 20 ha. La descripción litológica de las unidades se apoyó en 12 análisis, efectuados por el Laboratorio de Petrografía de CFE.

2. GEOGRAFÍA

2.1 LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO

El estado de Colima se localiza al oeste de la República Mexicana, en la costa del Océano Pacífico, entre las coordenadas geográficas de los meridianos 103° 29´ a 104° 41´ de Longitud Oeste y los paralelos 18° 31´ a 19° 31´ de Latitud Norte.

Al norte y noreste colinda con el estado de Jalisco, al sureste con el estado de Michoacán y al oeste con el Océano Pacífico. El archipiélago de Revillagigedo, geográficamente pertenece a Colima, y se localiza a 716 Km al oeste en línea recta del puerto de Manzanillo. Posee una superficie de 1344 Km² y representa el 0.3% del total de la República Mexicana.

El estado de Colima está bien comunicado porque cuenta con autopistas, carreteras y aeropuertos en sus principales ciudades. Por tierra, cuenta tanto con carreteras libres en buen estado, así como con autopistas de cuota que enlazan las principales ciudades. También se tienen vías férreas que, en otros tiempos servían de enlace comercial y turístico con gran parte del país, y actualmente se utilizan únicamente para el transporte de productos del puerto de Manzanillo a diversos puntos del país. El aeropuerto se encuentra a 29 Km al noroeste de Manzanillo, donde se enlaza vía aérea con el resto del país y con diversos países. Posee un muelle fiscal donde se desarrollan diversas operaciones de importación y exportación de productos, sobre todo con el mercado asiático. También cuenta con un muelle turístico donde los cruceros de gran turismo hacen escala para la captación de recursos turísticos para el país.

Por otro lado, el estado de Colima cuenta con servicios de telefonía por medio de centrales automáticas y de telefonía celular que se conecta al sistema satelital Morelos I y II.

Para acceder a la ciudad y puerto de Manzanillo, se parte de la ciudad de Guadalajara, por la autopista de cuota número 54 Guadalajara-Manzanillo, que tiene un desarrollo aproximado de 276 Km o bien, por la carretera libre Guadalajara-Manzanillo.

Desde el punto de vista regional, la zona de estudio se ubica en el cuadrángulo según las coordenadas UTM en el sistema ITFR- 92 (Figura 2.1).

N (Y)	de	2 119 000 m	a	2 099 900 m
E (X)	de	569 900 m	a	580 000 m

El área de estudio en donde se realizó la geología de detalle del canal Ventanas está en las coordenadas UTM y referenciadas al sistema WGS 84 (Figura 2.2).

N (Y)	de	2 104 200 m	a	2 104 750 m
-------	----	-------------	---	-------------

E (X) de 570 000m a 570 750 m

El acceso al área del canal Ventanas se efectúa por el camino que parte del centro de la ciudad de Manzanillo hacia el suroeste hasta la central termoeléctrica Manzanillo o laguna de Cuyutlán (canal Ventanas) habiendo de transitar 3 Km.



Figura 2.1. Ubicación del área de estudio.(Tomado de INEGI Carta Topográfica Manzanillo E13 B43, escala 1:50 000, 1973)

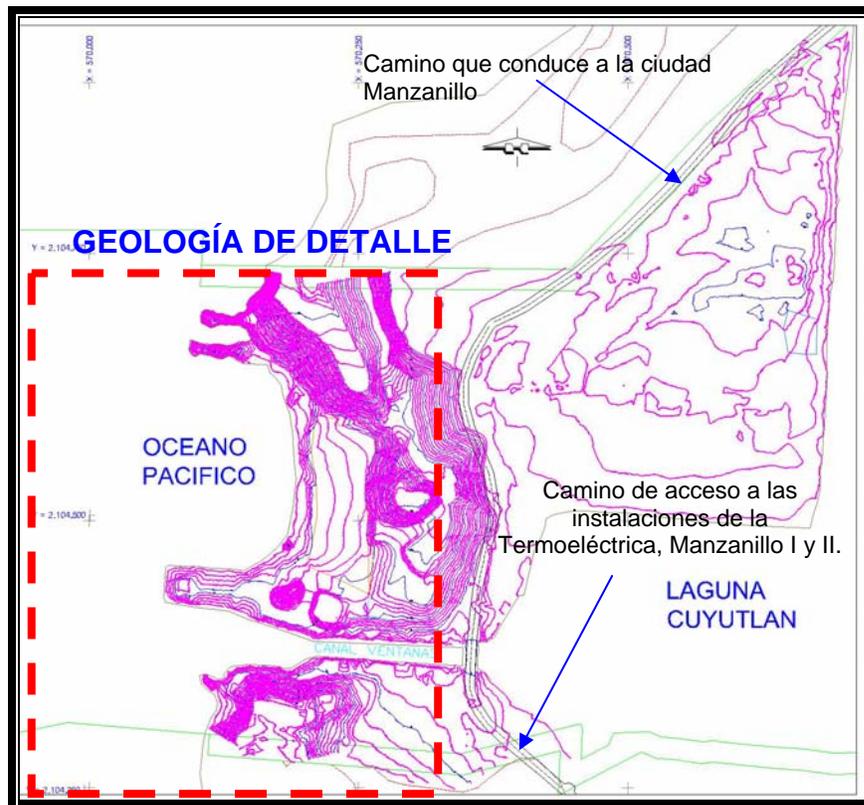


Figura 2.2. Detalle de la ubicación del Canal Ventanas, en la parte superior el camino que comunica a la ciudad de Manzanillo y en la parte baja el camino que lleva a las instalaciones de la Termoeléctrica Manzanillo I y II, según base topográfica de CFE 1:2 500

2.2 CLIMA

En concordancia al sistema de Köppen modificado por la Dra. Enriqueta García, y considerando los valores medios de temperatura ambiente y de precipitación del observatorio de Manzanillo, Colima, se determinó que el clima tiene las siguientes características:

$Aw_0(w)$, que corresponde a: Cálido, subhúmedo con lluvias en verano, precipitación invernal menor al 5% de la total anual, presenta menor humedad de los cálidos subhúmedos, con poca oscilación térmica.

De acuerdo con los datos obtenidos con ayuda del observatorio de Manzanillo como la estación representativa de la zona de estudio, se concluye lo siguiente:

Las temperaturas medias mensuales oscilan de 26,1 a 28,4 °C.

Los meses más cálidos son de junio a octubre, con un registro de temperatura máxima extrema de 38,2 °C, que correspondió al mes de octubre de 1977.

El mes más frío es enero con un registro de temperatura mínima de 12,5 °C, que fue en el año de 1980.

La variación térmica anual, determinada en la clasificación climática es la siguiente: “poca oscilación térmica”, la cual es producida por la acción de las masas de aire marítimo tropical que afectan a la región, de mayo a noviembre, trayendo consigo elevación de la temperatura y el aire frío que afecta a la región en los meses de diciembre a abril y provocan descenso en la temperatura.

Las lluvias se concentran en los meses de junio a octubre, por el desplazamiento de los sistemas meteorológicos tropicales hacia la zona de estudio.

Los meses más lluviosos son agosto y septiembre cuyas precipitaciones fluctúan entre 215,5 mm y 271,1 mm, como consecuencia de la entrada de humedad que traen las masas de aire marítimo tropical y los sistemas tropicales.

La precipitación máxima en 24 horas fluctúa de 54.7 mm en abril a 282.8 mm, ésta última registrada en el mes de octubre de 1971.

El porcentaje de lluvia invernal respecto a la precipitación total anual es del 5.1 %.

La evaporación media mensual en el área de estudio, varía entre 102.5 mm en diciembre a 181.6 mm en mayo.

Existen dos direcciones del viento dominante en superficie: en primavera – verano es afectado por sistemas tropicales que ocasionan vientos del “Sureste” y “Norte”, mientras que en otoño – invierno es afectada por los vientos contra-alisios y la corriente en chorro que provoca vientos del “Suroeste” y “Oeste”.

De acuerdo a la información meteorológica analizada, se observó que en forma directa 23 ciclones tropicales han afectado el área, ya que su proximidad al centro del ciclón fue menor a 85 Km; de forma indirecta 21 ciclones tropicales han incidido en la región, ya que su proximidad al centro del ciclón fue entre 85 Km y 150 Km y con menor impacto 35 ciclones tropicales han afectado la región, debido a que su proximidad al centro del ciclón fue entre 150 Km y 300 Km.

Los ciclones tropicales provenientes del Océano Pacífico, afectan la región de mayo a diciembre. Los meses con mayor incidencia de ciclones son junio, septiembre y octubre, con un promedio anual de 1.4 ciclones.

2.3 POBLACIÓN Y ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Como parte del estudio se analizaron la demografía y las actividades económicas del estado de Colima, con especial enfoque a la ciudad y puerto de Manzanillo.

El estado de Colima está conformado por 10 municipios (Figura 2.3), de los cuales se describen la población total y la población total de hombres y población total de mujeres en la tabla 2.1. El XII Censo General de Población y Vivienda, realizado por INEGI, al 14

de febrero del 2000 registró 542,627 habitantes en el estado de Colima, 26.6% más que en 1990.



Figura 2.3. Localización de los municipios que conforman la división política del estado de Colima. (Tomado de INEGI, 2000, escala 1:1 000 000)

De acuerdo con la información estadística sobre el estado de Colima, la población se incrementó, en los últimos 100 años, en poco más de ocho veces. En las décadas de 1950–1960 y 1960–1970 se tuvieron los mayores incrementos proporcionales de 46.4 y 46.6%, respectivamente, al pasar de 112 mil 321 a 164 mil 450 y llegar a 241 mil 153 en 1970 y consecuentemente a las mayores tasas de crecimiento promedio anual de la población, 3.88 y 4.05 por ciento.

A partir de la siguiente década la tasa de crecimiento mantiene una tendencia decreciente hasta llegar a ser de 2.20 % en el período 1980–1990, sin embargo, en el de 1990–2000 aumenta ligeramente a 2.41%, debido principalmente a la migración. De mantenerse constante el actual ritmo de crecimiento se requerirían alrededor de 29 años para que la cifra de residentes en la entidad se duplique.

La tasa de crecimiento del estado de Colima (2.41% promedio anual) es más elevada que la del país, que es de 1.85 por ciento. Al interior de la entidad, el crecimiento más acelerado se localiza en el municipio de Villa de Álvarez por encontrarse conurbado a la capital del estado y alcanza una tasa de 7.94%, éste absorbe parte sustancial del crecimiento del área conurbada; otro municipio, Colima, crece a un ritmo mucho más moderado: 1.11 por ciento.

Entidad Federativa	Población Total	Hombres	Mujeres
<i>COLIMA</i>	<i>542,627</i>	<i>268,192</i>	<i>274,435</i>
Municipio	Población por Municipio	Hombres	Mujeres
Armería	28,574	14,232	14,342
Colima	129,958	63,118	66,840
Comala	19,384	9,542	9,842
Coquimatlán	18,756	9,300	9,456
Cuauhtémoc	26,771	13,288	13,483
Ixtlahuacán	5,478	2,775	2,703
Manzanillo	125,143	62,611	62,532
Minatitlán	8,466	4,345	4,121
Tecomán	99,289	49,666	49,623
Villa de Álvarez	80,808	39,315	41,493

Tabla 2.1. Población por sexo en los diversos municipios del estado de Colima (Tomado de INEGI, 2000)

El municipio de Manzanillo, por el desarrollo en su actividad portuaria y turística, alcanza un crecimiento de 3.05 por ciento. Los otros ocho municipios de la entidad, tienen una tasa por debajo del crecimiento estatal. Los municipios con ritmo de crecimiento más lento son Armería, Minatitlán e Ixtlahuacán, con tasas de 0.28, 0.33 y 0.44%, respectivamente. Cabe mencionar que los municipios de Colima y Manzanillo son los más poblados de la entidad; según la tabla mostrada anteriormente, el primero alberga 129,958 habitantes, que representan 23.9% de la población del estado y el segundo 125,143, es decir, 23.1% de los residentes del estado de Colima. Le siguen en importancia con 99,289 y 80,808 habitantes Tecomán y Villa de Álvarez, respectivamente.

En los últimos 10 años, Villa de Álvarez incrementó su participación en la población estatal en 6.1 puntos porcentuales, en números absolutos el crecimiento es de aproximadamente 43 mil personas; en el caso de Manzanillo dicho aumento fue de poco más de 32 mil habitantes.

En Colima y Manzanillo se concentran 47 de cada 100 habitantes del estado, Tecomán y Villa de Álvarez a 18 y 15, respectivamente. En los seis municipios restantes residen 107 mil 429 personas, que representan 19.8% de la población de la entidad. Figura 2.4.

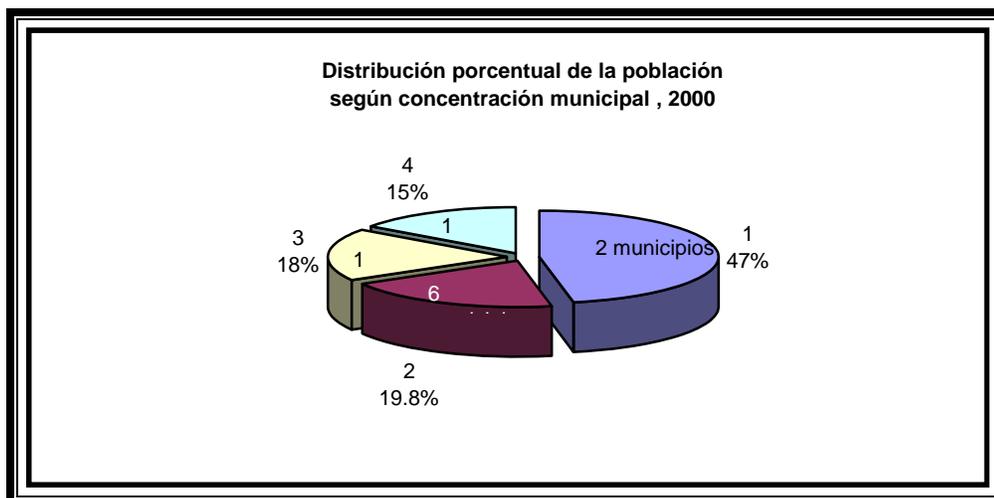


Figura 2.4. Distribución de la población en Colima. (Tomado de INEGI, 2000)

En lo tocante a las actividades económicas, el total de la población económicamente activa ocupada para el año 2000 en el estado de Colima, era de 199 692 personas, como lo muestra la tabla 2.2.

Entidad Federativa	Total de la población económicamente activa ocupada para el año 2000
COLIMA	199 692
Municipio	
Armería	9 247
Colima	51 178
Comala	6 923
Coquimatlán	6 332
Cuauhtémoc	9 239
Ixtlahuacán	1 962
Manzanillo	45 526
Minatitlán	2 392
Tecomán	35 404
Villa de Álvarez	31 489

Tabla 2.2. Total de la población económicamente activa ocupada para el año 2000 (Tomado de INEGI, 2000)

Ahora bien, para la ciudad de Manzanillo, según se ve en la tabla anterior, la población económicamente activa ocupada total es de 45, 526 personas, las cuales se diversifican según la tabla 2.3.

La entidad produce del 50% al 60% del volumen nacional de aceite esencial de limón. La agricultura ocupa un lugar muy importante en el desarrollo económico de Colima. La actividad minera se encuentra representada primordialmente por la explotación de los yacimientos ferríferos de Peña Colorada en el municipio de Minatitlán.

En el aspecto turístico destaca Manzanillo con playas como San Pedrito, Playa Azul, Salagua, El Tesoro, La Audiencia, Santiago, Olas Altas, Miramar, Majagua, Playa de Oro y Playa de Cocos.

Sector de actividad	Total de la población ocupada en Manzanillo, 2000
Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza	4 393
Minería	430
Electricidad y agua	1 041
Construcción	4 041
Industrias manufactureras	3 441
Comercio	7 174
Transporte, correos y almacenamiento	5 007
Información en medios masivos	320
Servicios financieros y de seguros	235
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles	273
Servicios profesionales	510
Servicios de apoyo a los negocios	931
Servicios educativos	1 817
Servicios de salud y asistencia social	1 337
Servicios de esparcimiento y culturales	426
Servicio de hoteles y restaurantes	6 025
Otros servicios, excepto gobierno	3 885
Actividades del gobierno	2 825
Actividad no especificada	1 415

Tabla 2.3. Total de la población ocupada por sector (Tomado de INEGI, 2000)

Otros centros turísticos de interés dentro del estado son Boca de Apiza, situado en la desembocadura del río Coahuayana, Boca de Pascuales en la desembocadura del río Armería, así como la playa El Paraíso y la laguna de Cuyutlán con su balneario.

Además de los atractivos costeros, el estado de Colima cuenta con los parajes próximos a los volcanes; el pueblo blanco de Comala; las aguas termales de Agua Caliente, El Hervidero y Chandiablo; zonas arqueológicas como El Chanal, Buenavista, Chapa, Corralitos, La Capacha, Chichihuitlán, Cardona, Juluapan, Las Ánimas, las grutas de Minatitlán, etc.

3. FISIOGRAFÍA

3.1 PROVINCIA FISIAGRÁFICA

El estado de Colima se encuentra dentro de las provincias fisiográficas del **Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur** (Figura 3.1); sin embargo, la zona de estudio únicamente se encuentra dentro de la segunda y en la subprovincia Sierras de la Costa de Jalisco y Colima.



Figura 3.1. Fisiografía del estado de Colima. (Tomado de INEGI, año 2000, escala 1:1 000 000)

La provincia del Eje Neovolcánico se localiza al N-NE de Manzanillo. Abarca la mayor parte del estado de Jalisco, y en menor porción Nayarit, Michoacán y Colima. Se trata de una elevada cadena con dirección preferencial este-oeste de origen relativamente reciente, donde prevalecen una gran cantidad de aparatos volcánicos, lavas y materiales de caída aérea. Dentro del estado de Colima comprende a la **Subprovincia Volcanes de Colima**, ubicada hacia el nororiente del estado y se extiende hacia el estado de Jalisco. Queda englobada en los municipios de Comala, Villa de Álvarez, Colima, una pequeña parte de Coquimatlán, y casi todo el municipio de Cuahutémoc. Ocupa 888,502 Km², lo que significa 16,02% de la superficie estatal. Tanto el Nevado

de Colima (extinto y curiosamente localizado dentro de Jalisco), que tiene una altitud de 4 240 msnm, como el Volcán de Fuego o de Colima (activo, cuya ladera sur corresponde al estado) de 4 220 msnm, son los rasgos topográficos más característicos de la entidad.

Los suelos en esta provincia son, o bien aluviales, o bien derivados de rocas o cenizas volcánicas. Sus texturas son muy diversas y varían desde gruesas o arenosas, hasta muy finas o arcillosas.

El borde occidental del estado de Colima, es parte de una plataforma continental relativamente angosta, que se ensancha hacia las cercanías del delta del Balsas; la línea de costa es relativamente paralela a la Trinchera Mesoamericana. Se presentan predominantemente costas rocosas, abruptas, a excepción de algunas áreas donde por influencia de corrientes fluviales, se desarrollan incipientes planicies costeras. Regionalmente resaltan grandes batolitos encajonados y coronados por rocas ígneas extrusivas, tanto ácidas como básicas, y en menor cuantía, por rocas de tipo sedimentario.

La provincia de la **Sierra Madre del Sur** abarca casi totalmente el estado de Colima, parte de Michoacán y en menor proporción el estado de Guerrero. Está constituida por sierras altas de 1 800 a 3 000 metros, dando frente al Océano Pacífico y extendiéndose al W del Istmo de Tehuantepec, mientras que los ríos se encuentran a un promedio de 300 m de altura sobre el nivel medio del mar. La provincia incluye además de las montañas del mismo nombre, a la cuenca del Balsas y todas las tierras altas que limitan al sur la sierra y la costa del Pacífico. Comprende la **Subprovincia Sierras de la Costa de Jalisco y Colima** y la **Subprovincia Cordillera costera del Sur**.

La porción de la subprovincia de Sierras de la Costa de Jalisco y Colima que penetra en el estado de Colima, abarca completamente los municipios de Armería, Manzanillo y Minatitlán, y partes de los de Comala, Coquimatlán, Tecomán y Villa de Álvarez; mientras que la subprovincia de la Cordillera Costera del Sur incluye el municipio de Ixtlahuacán, partes de los de Colima y Tecomán, y pequeñas porciones de los de Coquimatlán y Cuauhtemoc y ocupa el 20,01 % de la superficie del estado (Figura 3.1).

La cordillera presenta fundamentalmente dos condiciones: por una parte, sierras de cumbres tendidas, que ocupan prácticamente la mitad de su superficie y no llegan a 2,000 msnm; y por otra, un importante llano de piso rocoso, algunos valles ramificados y una pequeña zona de lomeríos suaves.

Se considera, de manera general, que la Sierra Madre del Sur tiene como basamento rocas cristalinas y metamórficas y hacia la cima calizas plegadas, aunque la geomorfología varía según las unidades litológicas que se estudie, así la parte SW de Jalisco está formada por rocas ígneas y metamórficas. En el portal del Balsas (Colima y W de Michoacán) predominan las sedimentarias marinas y en la porción sur de Michoacán y oeste de Guerrero, aparecen también grandes batolitos mesozoicos que intrusaron rocas sedimentarias y volcánicas que a su vez están cubiertas por rocas extrusivas (andesitas), que forman el parteaguas de la sierra de Guerrero.

El rumbo de los pliegues de los bloques tectónicos de las cuencas tanto del Balsas, Morelos, Guerrero y Tlaxiaco que limitan el norte de la Sierra Madre, es N-S así como las grandes fallas que son E-W y que limitan los mencionados bloques.

3.1 RASGOS OROGRÁFICOS

Indudablemente, los rasgos orográficos más relevantes e importantes a nivel estatal son el Volcán de Colima (extinto) y el Nevado de Colima (activo), que resultan ser los más atractivos, uno por su valor turístico y el segundo por el valor científico que guarda, debido a su reciente y continua actividad.

Como se puede observar en la Figura 3.2, algunos de los rasgos más importantes son los que se mencionan enseguida: el Volcán de Colima tiene 4 220 msnm, seguido de la Sierra Manantlán, cuyo punto más alto posee 2 420 msnm; el cerro La Piedra Colorada tiene 1 760 msnm; el cerro Espumilla tiene 1 400 msnm y finalmente el Cerro Volcancillos 1 300 msnm (Figura 3.2). Sin embargo, dentro de la zona de estudio las alturas más importantes caen en un intervalo entre los 100 a los 500 msnm, entre los que se pueden citar el cerro Milpillas, hacia el este de la zona de estudio; el cerro de la Cruz, hacia el poblado de El Colomo y el cerro Punta de Agua de Camotlán, hacia el norte de la región.

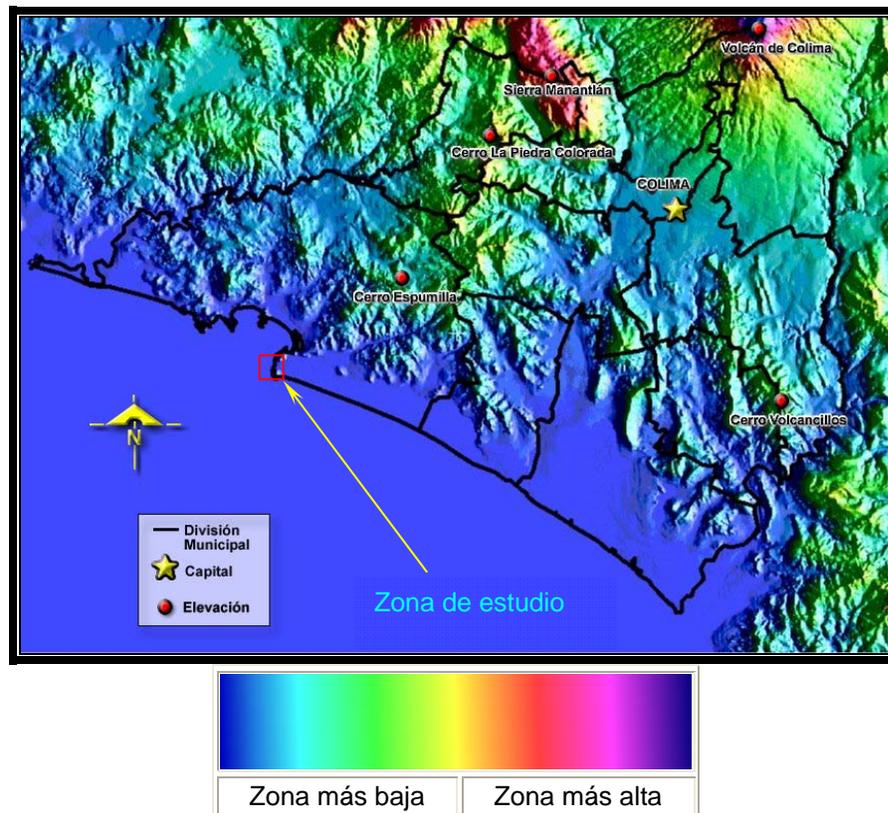


Figura 3.2. Rasgos orográficos del estado de Colima. (Tomado de INEGI, año 2000, 1:1 000 000)

3.2 CUENCA HIDROLÓGICA

El estado de Colima se divide en dos regiones hidrológicas. La primera, ubicada en la porción suroeste, con 1 758,429 km² llamada región hidrológica **Costa de Jalisco** y representa el 31,21 % de la superficie estatal; el resto, con una superficie de 3 784,313 km², se ubica dentro de la región **Armería-Coahuayana** y supone el 68,79% de la superficie del estado (Figura 3.3).



Figura 3.3. Cuencas hidrológicas del estado de Colima (Tomado de INEGI, año 2000, 1:1 000 000).

La región hidrológica Costa de Jalisco está constituida por corrientes poco desarrolladas debido a la cercanía de la sierra con la costa. En esta región se localiza únicamente una porción de la cuenca *río Cihuatlán Chacala-Purificación*.

De las corrientes principales que conforman esta cuenca, una se encuentra en el estado de Jalisco, en el municipio de Cihuatlán (río Purificación) y la otra, en su tercio final, constituye el límite austral de Colima con el estado de Jalisco. Tiene como subcuencas intermedias a la laguna de Cuyutlán y al río Cihuatlán o Marabasco.

En esta cuenca no se localizan almacenamientos de capacidades considerables, únicamente hay pequeñas obras que son utilizadas como abrevaderos. El aprovechamiento actual se hace directamente de los escurrimientos superficiales y de algunas explotaciones del subsuelo.

La región hidrológica Armería-Coahuayana presenta una forma irregular y está constituida por cuencas generales formadas por los ríos Armería y Tuxpan o Coahuayana, que tienen su origen en Jalisco.

La región comprende las porciones norte, noroeste y sureste del estado de Colima y contiene parte de dos cuencas: río Coahuayana y río Armería. El río Coahuayana conduce un caudal considerable la mayor parte del año y su cuenca ocupa una superficie de 665,722 km² de la entidad, desde su nacimiento hasta su desembocadura en Boca de Apiza, al norte de la bahía de San Telmo, recorre una distancia aproximada de 152 km. Tiene como subcuencas intermedias al río Coahuayana y a las lagunas Alcuahue y Amela.

La cuenca del río Armería comprende en Colima una superficie de 1 835,795 km². El río Armería, conocido también como San Pedro, antes de penetrar en el estado, recorre un trayecto de 294 km desde su nacimiento hasta su desembocadura en Boca de Pascuales. Cuenta con una subcuenca intermedia: el río Armería. Este río es una corriente problemática ya que tiene varios meandros en su recorrido que, en épocas de lluvias, pueden llegar a inundar algunas áreas.

El único almacenamiento en uso dentro del estado es la laguna de Amela, la cual cuenta con una capacidad útil de 26,009 millones de m³, que irrigan una superficie de 5 557 hectáreas.

El mayor beneficio se obtiene de la presa Basilio Vadillo, localizada en el municipio de Ejutla, Jalisco, y que cuenta con una capacidad de 116,587 millones de m³ que irrigan 12 860 hectáreas.

Los principales acuíferos subterráneos del estado se localizan a lo largo de la costa, donde los ríos Armería, Salado, Coahuayana, Cihuatlán y otros de menor caudal han acumulado sedimentos deltaicos permeables, que reciben buenas recargas debido a la precipitación abundante y a sus propios escurrimientos.

En los valles de Colima y Tecomán se tienen condiciones adecuadas de explotación de aguas subterráneas, aunque debido a la cercanía del último con el mar se corre el riesgo de una intrusión salina. En la porción correspondiente a la región hidrológica Costa de Jalisco, se tienen mantos acuíferos de reducido espesor que aunados a otros factores (la gran sensibilidad de los niveles de agua al bombeo y la proximidad del litoral), imponen restricciones a su explotación.

En el estado opera la veda elástica, la cual implica que puede incrementarse la explotación de agua subterránea para cualquier uso, pero siempre con el control de la autoridad correspondiente. En general la extracción es inferior a la recarga de los acuíferos.

Con base en las rocas y suelos, se han establecido cuatro tipos de zonas: material consolidado con posibilidades bajas (composición arcillosa de unas rocas y escaso fracturamiento de las demás); material no consolidado con posibilidades altas (suelos aluviales y lacustres, así como conglomerados y areniscas semiconsolidados); material no consolidado con posibilidades medias (aluvión, arenisca-conglomerado y

conglomerados poco consolidados) y material no consolidado con posibilidades bajas (conglomerados mal cementados, suelos residuales y aluviales de poco espesor).

4. GEOLOGÍA REGIONAL

4.1 MARCO GEOLÓGICO

El marco geológico estructural está dado por la Orogenia Larámide que se manifestó en el estado de Colima durante el Cretácico Tardío, la cual trajo consigo la formación de rocas plutónicas que intrusieron a sedimentos preexistentes depositados en una amplia plataforma con pequeñas depresiones. Los esfuerzos de compresión formaron estructuras como pliegues y fallas inversas. Durante el Eoceno, en el territorio de Colima, se tuvo un vulcanismo de composición intermedia que dio lugar a las brechas andesíticas, andesitas y tobas cristalinas andesíticas. Finalmente, hubo una etapa de esfuerzos de tensión que dio lugar al sistema de fallas normales que originaron en las montañas la formación de bloques escalonados, así como la erupción del Volcán de Colima (actualmente activo), del volcán Nevado de Colima (extinto), y las rocas extrusivas originadas por ambos volcanes que se depositaron principalmente en el valle de Colima.

Hacia la porción norte de Jalisco y centro-sur de Colima la columna litológica está formada por unidades geológicas que van del Cretácico hasta el presente. El basamento de esta zona es cristalino y se considera del Cretácico-Eoceno, en su mayoría está constituido por cuerpos batolíticos con una composición Granito-Granodiorita-Diorita. Arriba de estos cuerpos descansan localmente andesitas y brechas andesíticas en discordancia erosional sobre el batolito granítico.

La zona de estudio comprende áreas de las provincias magmáticas más extensas de la República Mexicana, como lo es el Eje Neovolcánico, el cual se ha considerado como uno de los elementos mayores de la geología de México. Se considera que hacia este sector la actividad volcánica inició en el Oligoceno-Mioceno, y se prolongó hasta el Cuaternario, contando con grandes aparatos volcánicos. El carácter químico de estas lavas es calco-alcalino. A lo largo de la historia del eje se han presentado varios eventos volcánicos cercanos al área, como la actividad Talpa-Mascota, la caldera de Ayutla, el volcán de Colima-Fuego y Tancítaro, donde se tiene la característica de una gran emisión de piroclastos, cuyos productos viajaron grandes distancias. La evolución petrográfica y química del vulcanismo del Eje Neovolcánico es característica de un magmatismo de zonas en compresión al nivel del plano de Benioff (subducción). Este vulcanismo de margen continental está relacionado con los movimientos respectivos de las placas Americana y Pacífica en la zona SW del país.

Dentro de los eventos geodinámicos que mayormente han afectado la evolución del sector W-SW del país, han sido el acercamiento y la colisión de la dorsal del Pacífico Oriental. Se ha manejado que dicha colisión empezó hace 24 Ma en el área de California central y se ha prolongado hacia el norte, y el sur, produciendo la separación de la Baja California y su incorporación a la placa Pacífica (Quintero, Michaud y Jacques, 1992). Esta separación fue un proceso gradual que tuvo lugar entre 12 y 15 Ma, y fue acompañado por una tectónica extensional (Campa et al, 1979), de rumbo

ENE-WSW que se encuentra afectando también al Eje Neovolcánico en su sector occidental, apreciándose cuatro grandes estructuras, (Figura 4.1) que resaltan en esta porción del país:

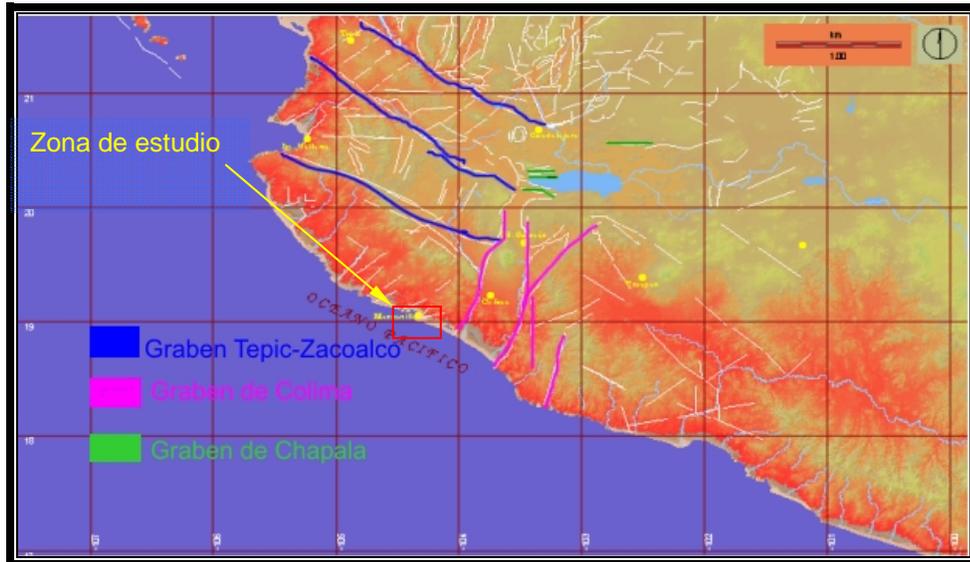


Figura 4.1. Principales estructuras regionales en el área de estudio. Modificado de “Evolución de la frontera septentrional del bloque Jalisco, México, desde hace 17 Ma”, 1992.

Graben Tepic-Zacoalco.- Lo componen una serie de fallas normales de dirección NW-SE con una longitud de unos 200 km que forman un corredor con una anchura de 50 km a partir de la línea de costa hasta la ciudad de Guadalajara.

Graben de Colima.- Está formado por fallas normales con dirección Norte-Sur, se define desde cerca del lago de Chapala, donde se le calcula una anchura de unos 15 Km y termina en la costa con un ancho aproximado de 45 Km, con una longitud cercana a los 145 Km, incluye al volcán de Colima y al volcán de Fuego.

Graben de Chapala.- Este graben está constituido por fallas con dirección E-W, tiene una longitud aproximada de 100 Km y una anchura de unos 25 Km y dentro de él se formó el Lago de Chapala.

Graben de Manzanillo.- Al parecer se trata de una continuación del graben de Colima, principalmente la falla oriente que se trunca con la zona de subducción, mientras que la falla poniente no tiene clara su continuación hacia el mar. En este caso se observa una deflexión hacia el SW30° formando dos lineamientos de iguales características que se pueden asociar a la génesis de este graben.

4.2 LITOLOGÍA

Los recorridos de campo efectuados en el área de estudio (135 Km²) sirvieron para establecer el marco geológico-estructural comprendido en el cuadrángulo de la línea de costa, que de occidente a oriente comprende de la comunidad de Villa Florida hasta

Tepalcates, y de sur a norte va de la zona hotelera de Manzanillo hasta Punta de Agua de Camotlán, hacia el norte del poblado de Jalipa (Figura 2.1, p. 5)

Las unidades litológicas estudiadas fueron cartografiadas y plasmadas en el plano TS-CV-01 (Apéndice B) y su descripción de la más antigua a la más reciente es la siguiente: roca ígnea intrusiva que corresponde a un granito de biotita (Ksig); encima están rocas volcánicas eruptivas: andesitas (Tsvan), brechas andesíticas (Tsvbran), tobas cristalinas andesíticas y arenosas (Tsvtc); por último, depósitos de materiales del Cuaternario como son depósitos de talud (Qdt), depósitos de suelo residual (Qsr), depósitos de aluvión (Qal) y depósitos de litoral (Ql) que fueron originados por la desintegración de las rocas y transporte de las partículas minerales, desde las partes topográficamente altas a las partes bajas (Figura 4.2)

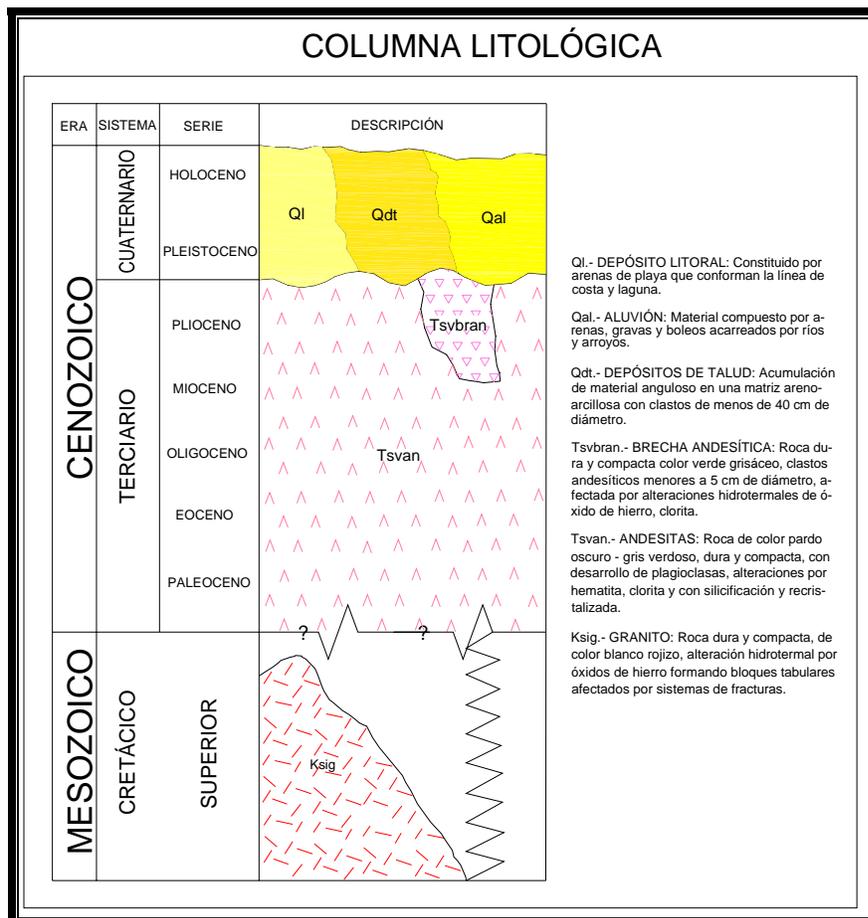


Figura 4.2. Columna litológica de la geología regional en la zona de estudio.

4.3 ESTRATIGRAFÍA

La secuencia litológica que aflora en la zona de estudio comprende unidades cuyas edades varían desde el Cretácico al Reciente. La unidad más antigua es un cuerpo granítico, que fue emplazado durante el Cretácico Superior (CRM, 1994). Descansando en forma discordante a este evento batolítico, se presentan productos volcánicos de composición intermedia de edad terciaria que originan el depósito de andesitas, brechas

andesíticas, tobas cristalinas andesíticas y dacíticas. Procesos tectónicos imprimieron a las rocas terciarias el patrón observable de fracturamiento. Por último, como respuesta a los fenómenos de erosión y denudación de las rocas indicadas, las unidades litológicas se hallan en contacto discordante con depósitos de talud, aluvión y litoral.

A continuación se presenta la estratigrafía del área, desde la más antigua hasta la más reciente:

4.3.1 Cretácico Superior

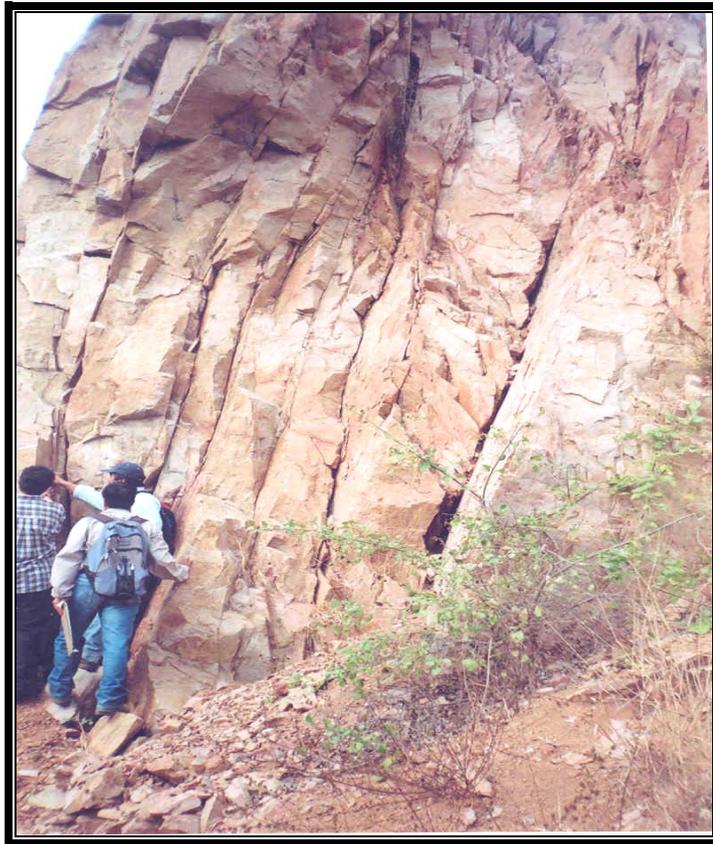
4.3.1.1 Granito de biotita (Ksig)

Los mayores afloramientos del granito de biotita en la región de estudio, están en la porción noroccidental y nororiente del área de Manzanillo, por ello los caminamientos fueron enfocados a la región norte y hacia los poblados de Francisco Villa, Jalipa y Punta de Agua de Camotlán, a la porción oriental del poblado de Tepalcates y Las Nuevas Adjuntas, así como a la porción nororiental en el poblado El Colomo. Otros afloramientos de menores dimensiones se pueden observar al norte y sur del canal Tepalcates, ubicado en la laguna Cuyutlán (Ver mapa TS-CV-01).

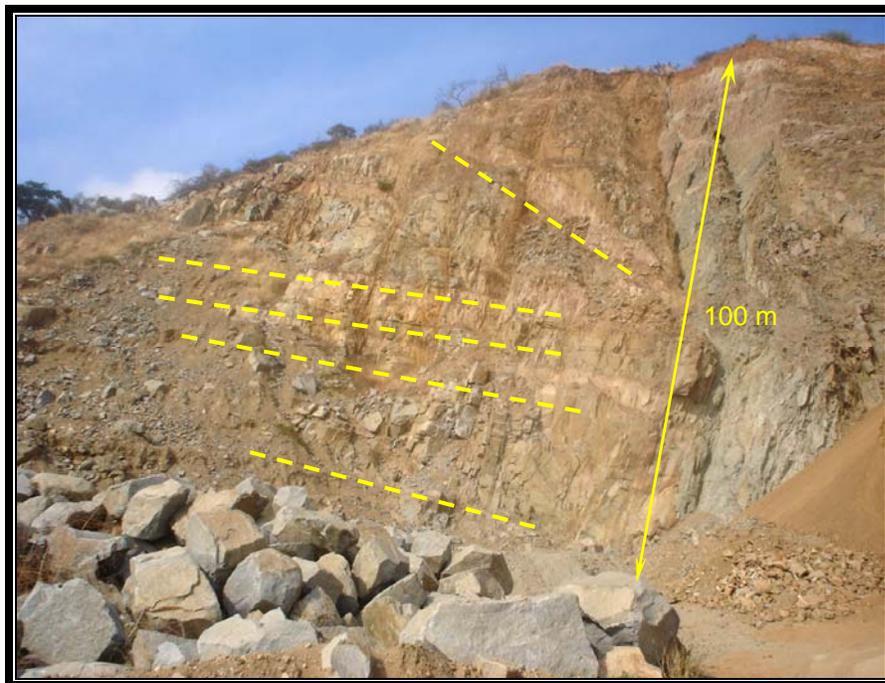
La clasificación de una muestra de roca recolectada (muestra MZ-10-05, Apéndice A), al norte del canal de Tepalcates sobre la autopista; correspondió a un granito de biotita (Fotografía 4.1)

En la zona de la cantera de Tepalcates, hacia el sur de la región de estudio, aflora un cuerpo granítico, afectado por diques aplíticos, cuyo tamaño de grano es fino, con comportamiento subhorizontal. El granito de biotita tiene un tamaño de grano medio, se aprecian alteraciones hidrotermales por hematita, dendritas de manganeso y sericita. La cantera está afectada por una falla normal, cuya zona de brecha de tres metros de espesor, muestra un cambio en la tonalidad de la roca a color verde. La altura del cerro, se estima en 100 m (Fotografía 4.2).

En el tramo de la autopista de Tepalcates a El Colomo, los cortes de taludes denotan una roca dura, con formación de prismas rectangulares, en algunos cortes se apreció un grado de intemperismo intenso en la roca, que provoca su disgregación y desintegración, lo que da lugar a la acumulación de suelo arenoso con tamaño de grano medio (Fotografía 4.3).



Fotografía 4.1. Aspecto de los prismas rectangulares que se forman y quedan expuestos. Carretera Manzanillo-Tepalcates.



Fotografía 4.2. Detalle de un corte en la cantera de Tepalcates que corresponde a un granito de biotita, en él se aprecian los diques aplíticos con comportamiento subhorizontal, que siguieron los sistemas de fracturas para su emplazamiento.



Fotografía 4.3. Aspectos de la alteración y disgregación (material arenoso) del granito, en los círculos las formas esféricas de la roca que sufren el proceso de exfoliación. Tramo de la autopista del puente canal Tepalcates en dirección al poblado El Colomo.

Los agentes de intemperismo han actuado en el granito de biotita provocando exfoliación, que es un tipo especial de intemperismo esferoidal, que da lugar a formas redondeadas y se caracterizan por costras de roca en forma de cebolla. Esta característica se observa en las partes altas de los cerros de la porción norte del poblado El Colomo y sus alrededores (Fotografía 4.4), así como en el poblado de Francisco Villa, y en los cortes de la autopista de Manzanillo al aeropuerto de la ciudad.



Fotografía 4.4. Roca granítica con formas esféricas en el tramo de la autopista del puente canal Tepalcates en dirección al poblado El Colomo. (Punto de control geológico MZ-8).

El granito en estado sano es de color gris claro a rosáceo, en estado intemperizado tiene coloraciones que van de amarillo ocre a rojizo, su estructura es masiva, dura y compacta. La textura es holocristalina, hipidiomorfica, sus minerales principales observables con la lupa son: cuarzo, plagioclasa sódica, feldespatos y biotita. Está afectado por sistemas de fracturas, por lo que se disgrega al golpe del martillo y forma en los cortes al pie de los afloramientos depósitos de suelo del tamaño de la arena. En algunos lugares a lo largo de la autopista, como en el cruce de Tepalcates hacia El Colomo, se aprecian en la textura del granito algunos enclaves de turmalina de 3 a 4 cm de longitud, dando apariencia de manchas en la roca (estudio petrográfico MZ-10-05, Apéndice A).

Los sistemas de fracturas son persistentes en el granito, la frecuencia de las fracturas es de 10 a 15 por metro lineal, que dan lugar a la formación de prismas rectangulares con anchura promedio de 40 cm (Fotografía 4.5), lo que da lugar a la formación de bloques de roca con dimensiones de 1m^3 , de forma ocasional pueden tener un tamaño de 1.5m^3 o mayor. Asimismo, las discontinuidades facilitaron el emplazamiento de los diques aplíticos (estudio petrográfico MZ-6A-05, Apéndice A), que son discontinuos con longitud menor de 30 m.



Fotografía 4.5. Aspecto de las dimensiones y frecuencia de los prismas rectangulares que forman las rocas graníticas en la cantera Tepalcates.

En el tramo de carretera de los poblados de Francisco Villa hacia Punta de Agua de Camotlán, la roca se observa con un mayor grado de intemperismo, en donde se aprecian pequeños depósitos de suelo del tamaño de la arena (Mapa TS-CV-01).

El producto de la erosión de los granitos se caracteriza por ser de color amarillo a pardo claro, conforma grandes acumulaciones de material areno-arcilloso para formar planicies extensas, que se utilizan para cultivo y crianza de ganado.

En la mayoría de los casos, el contacto entre el granito y las demás unidades litológicas no se observa, porque se encuentra cubierto por depósitos de talud y material residual; sin embargo, se encontró y es visible, el contacto entre el granito y la andesita en el punto de control MZ-26.

Al suroeste del poblado El Colomo en el punto de control MZ-13, se puede apreciar de forma gradual el contacto entre el granito y los derrames de andesita, brecha andesítica y de una toba cristalina andesítica (estudio petrográfico MZ-13A-05; Apéndice A) en una extensión aproximada de 130 m (Fotografía 4.6). El granito está afectado por una falla normal (con rumbo $NE86^{\circ}SW$ y echado de 59° al SE) que es ocupada por una veta de hierro de 20 cm de espesor y 50 m de longitud; también se encuentran fracturas subhorizontales en las que llegan a reconocer alteraciones de tipo hidrotermal como propilitización, hematización y sericitización y entre los mismos planos de las discontinuidades se tiene material de cizallamiento. Al alejarse de la zona de fracturas la roca mejora su calidad.



Fotografía 4.6. Detalle de la zona de contacto por medio de relieves de falla entre el granito y la andesita y la toba cristalina andesítica, además de observar una veta de hierro de 20 cm de espesor, (punto de control geológico MZ 13).

El granito de biotita se considera que pertenece al extremo norte-noroeste del emplazamiento del batolito de Tomatlán con edad del Cretácico Tardío Ksig (Maestrichtiano) según dataciones de roca total efectuadas por Fries C., (CRM, 1994) por el método de uranio-plomo arrojando una edad de 61.5 ± 3.5 Ma.

4.3.2 Terciario

4.3.2.1 Andesita (Tsvan)

Se considera que las rocas de composición andesítica fueron originadas en el Terciario (Eoceno al Plioceno, **CRM, 1994**) durante los dos eventos volcánicos explosivos de la región de Manzanillo, en donde se manifiestan andesitas, tobas cristalinas andesíticas y dacíticas, dacitas, latitas y brechas andesíticas.

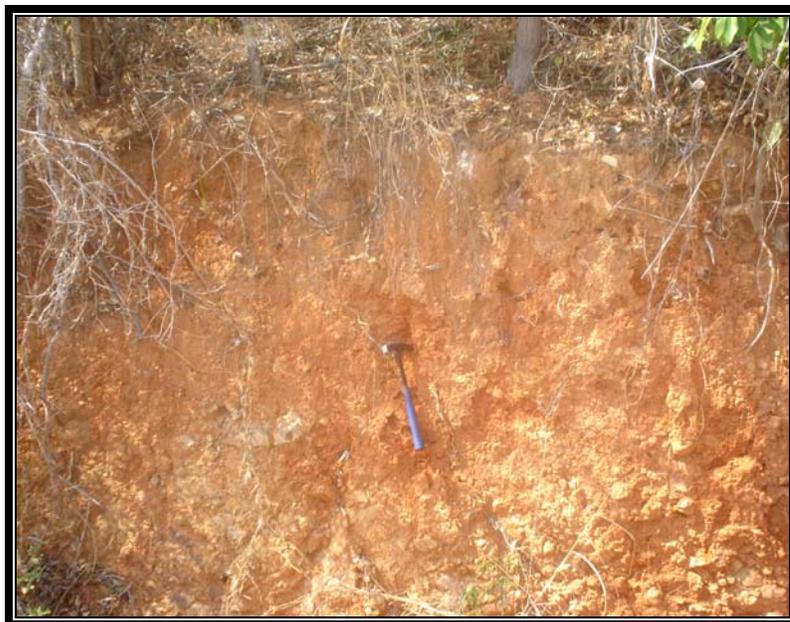
El Terciario volcánico de Colima se divide en rocas del Terciario Medio (Tmv) y rocas del Terciario Superior (Tsv), estas últimas son las que dominan en la región de Manzanillo y Santiago, al sur del poblado de Buenavista, y al norte de la población de Minatitlán (según Demant 1976 en **CRM, 1994**) estas rocas representan la última fase del vulcanismo en el primer periodo de eyección del Terciario Superior.

Los afloramientos de rocas andesíticas se encuentran localizados siguiendo la línea de costa a partir del poblado Villa Florida y Canal Ventanas al suroeste del puerto de Manzanillo; al oriente del puerto de Manzanillo siguiendo la carretera que lleva a la subestación eléctrica de El Colomo, mientras que hacia la parte noreste se extiende hasta los poblados de Tapeixtles y Santa Martha. Asimismo, el afloramiento de las rocas andesíticas se observa sobre los cortes de la autopista desde el cruce de El Colomo hasta 2 Km pasando la caseta de cobro de la autopista que comunica al aeropuerto de Manzanillo (Mapa TS-CV-01).

Los afloramientos de la roca sana están caracterizados por ser de color gris oscuro, verde y púrpura rojizo, de estructura dura y compacta, cuando la roca se encuentra intemperizada es de color amarillo ocre, verdoso, blanquizca y rojiza, de estructura poco dura y deleznable, debido a las fracturas y a las alteraciones hidrotermales. Entre las fracturas se tiene dendritas de manganeso, de acuerdo al estudio petrográfico CV-3-05, (Apéndice A), presenta una textura porfídica, sus minerales observables son plagioclasas (andesina y oligoclasa), vetillas de calcita y de cuarzo con espesores menores a 2 mm.

Las andesitas se encuentran afectadas por procesos hidrotermales, observándose propilitizadas, hematizadas, cloritizadas, caolinitizadas, silicificadas y recristalizadas (Fotografía 4.7).

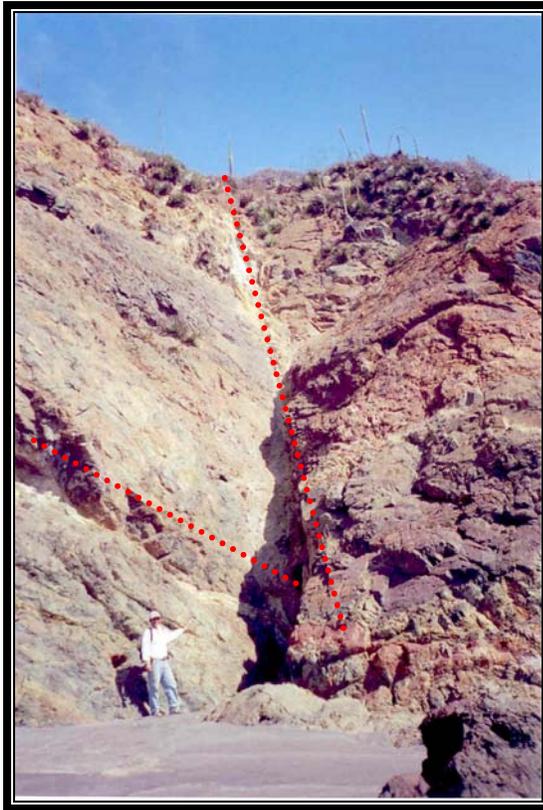
Las alteraciones hidrotermales están presentes entre las superficies de las fracturas. Entre los planos de corrimiento de los flujos andesíticos, se pueden observar pequeñas capas de material triturado en forma de bandas, de color amarillo ocre, que siguen los sistemas de fracturas, las bandas tienen espesores desde unos cuantos milímetros hasta de 10 cm y longitud de 50 m (Fotografía 4.8), con la ayuda de la lupa se observan pequeños cristales de sulfuros diseminados (pirita, calcopirita) y óxidos de hierro (especularita). En ocasiones, el material triturado está hematizado con espesores desde unos cuantos milímetros hasta de 5 cm y con longitudes de 10 m. En otras, el material triturado es de color crema a blanco y verdoso, con textura afanítica, al estar silicificado es muy duro; otros colores del material triturado son el rojo, ocre y blanco; este último por caolinización que lo vuelve muy deleznable (Fotografías 4.8 y 4.9).



Fotografía 4.7. En la parte superior del cerro donde se ubica El Faro de navegación de la API-SCT, aflora una andesita muy fracturada, con intensa alteración hidrotermal de hematita que le imprime un color rojizo.



Fotografía 4.8. En la parte baja del cerro del Faro de navegación, API-SCT, se tiene el afloramiento de flujos andesíticos que entre sus planos tienen fracturas abiertas con espesores desde unos cuantos milímetros hasta 10 cm, rellenas de material triturado con presencia de alteraciones hidrotermales como la propilitización, hematización y presencia de sulfuros (pirita y calcopirita) y óxidos de hierro (especularita). La altura aproximada del afloramiento es de unos 30 metros.



Fotografía 4.9. Aspecto de una fractura semivertical que se bifurca en la parte baja, y presenta alteración por soluciones hidrotermales, propilitización, hematización. Afloramiento sobre la margen sur del canal Ventanas, al nivel de playa.

4.3.2.2 Brecha andesítica (Tsvbran)

Los afloramientos de esta roca son los de menor extensión y a la escala regional (1:25 000) no son cartografiables, se ubican localmente entre los derrames andesíticos que están en el Canal Ventanas.

La brecha andesítica es de color gris verdoso, como roca sana; cuando está intemperizada es de color amarillo ocre, de estructura muy dura y compacta, la textura varía de afanítica a porfídica, y de epiclástica a piroclástica, en la matriz arcillosa de grano fino están contenidos líticos andesíticos angulosos a subangulosos y subredondeados, el tamaño es menor a los 10 cm (Fotografía 4.10); algunos líticos están recristalizados o silicificados, en tonos verdosos y púrpuras. Asimismo, la brecha andesítica se encuentra afectada por las alteraciones hidrotermales como: propilitización, hematización y limonitización que propician que la roca se vuelva deleznable y se convierta en una litarenita conglomerática (estudio petrográfico CV-4-05, Apéndice A).



Fotografía 4.10. Detalle de la brecha andesítica sobre la margen norte del canal Ventanas. Se aprecian los clastos en una matriz de grano fino, y algunos huecos por desvitrificación.

Durante los eventos volcánicos de la región de estudio se depositaron algunas unidades de roca de poca extensión, como las tobas arenosas y tobas cristalinas andesíticas que corresponden al mismo evento de depósito de la andesita y la brecha andesítica. Los afloramientos son de distribución limitada, a escala regional (1:25 000) no son cartografiables en el plano TS-CV-01; sin embargo, se tienen muestras de mano que fueron examinadas en laboratorio y corresponden a las CV-1-05 y CV-5-05 (Apéndice A).

Los depósitos de suelos del Cuaternario corresponden a material de tipo clástico que en algunos casos se encuentran consolidados o bien confinados; se tiene la siguiente descripción de los mismos:

4.3.3 Cuaternario

4.3.3.1 Depósitos de talud (Qdt)

Estos depósitos se pueden observar en los cantiles y en las zonas de cortes de la carretera y autopista, están constituidos por fragmentos de roca de composición andesítica, con tamaños menores de 0.60 m, son angulosos a subangulosos y se encuentran empacados en una matriz areno-arcillosa de composición andesítica. Los depósitos residuales se encuentran semicompactados (Fotografías 4.11 y 4.12), su distribución es de poca extensión, por ello no son cartografiables a la escala regional (1:25 000).



Fotografía 4.11 Aspecto de la margen izquierda del arroyo que desciende al poblado de Villa Florida, en las cercanías a la central termoeléctrica Manzanillo, constituido por depósitos de talud con una altura de 1.5 m, el depósito está compactado y contiene fragmentos de roca andesítica.



Fotografía 4.12 En el cauce del arroyo que baja al poblado de Villa Florida, en las cercanías a la Central Termoeléctrica Manzanillo, se tiene la acumulación de bloques de roca con tamaño de boleos de composición andesítica.

4.3.3.2 Depósito de aluvión (Qal)

Los depósitos aluviales están constituidos por materiales granulares que son producto de la desintegración de las rocas y son transportados por los arroyos y ríos. Generalmente se presentan arenas, gravas, cantos, ocasionalmente algunos bloques de roca con un diámetro de un 1 m. Además, los arroyos forman valles con laderas verticales y en los cauces se llegan a formar playones de pequeña extensión. Los depósitos de aluvión se localizan en los arroyos de Punta de Agua de Camotlán, Las Nuevas Adjuntas y Milpillás. También los depósitos de aluvión están presentes en las partes topográficamente bajas que llegan a constituir grandes planicies aluviales, la mayoría de éstas se utilizan para la agricultura y el ganado, se localizan en la parte oriente y suroeste del poblado El Colomo y la parte sur del poblado de Jalipa (Fotografía 4.13). Además, están presentes los suelos aluviales constituidos por materiales finos de tipo areno-arcilloso, de color pardo oscuro (Mapa TS-CV-01).



Fotografía 4.13. Se muestran las grandes extensiones de terreno, en la parte suroriental del poblado de El Colomo, con una superficie plana y rellena por materiales aluviales y suelo vegetal.

4.3.3.3 Depósitos de litoral (Ql)

Los depósitos de litoral constituyen grandes extensiones de playa, en algunas ocasiones llegan a formar barras de arena de hasta 10 metros de altura, como es la que se encuentra desde el poblado de Campos hasta Tepalcates. Se trata de un alineamiento prominente formado por arena fina de color pardo, es posible que se tengan trazas de arenas ferrotitaníferas (Fotografía 4.14 y Mapa TS-CV-01).



Fotografía 4.14. Detalle de las arenas de litoral de color pardo que se aprecian del poblado Campos hacia el poblado Tepalcates.

Las arenas son producto de la disgregación y desintegración de las rocas andesíticas. En la zona hotelera de Manzanillo, la arena es de grano medio a fino, es de color amarillo ocre y son producto de la desintegración de rocas graníticas de las partes topográficamente altas. En la zona comprendida entre la Laguna de Cuyutlán y el Océano Pacífico, se establece un ancho promedio para los depósitos de litoral de aproximadamente 100 m.

4.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Los recorridos de campo efectuados en el área de estudio sirvieron para establecer el marco estructural comprendido en el cuadrángulo que de oeste a este va de la comunidad de Villa Florida hasta Tepalcates, y de sur a norte comprende la zona hotelera de Manzanillo hasta la parte de Punta de Agua de Camotlán, al norte del poblado de Jalipa (Figura 4.3).

Las discontinuidades observadas y cartografiadas están en el plano TS-CV-01 (Apéndice B).

El análisis de los datos estructurales que se tomaron durante toda la campaña de geología regional arrojó cuatro sistemas de discontinuidades. Estas familias son nombradas F1, F2, F3 y F4 y se definieron así, por su edad relativa y la concentración de datos recabados. Se analizaron fracturas y fallas independientemente. Para las fallas se realizó un análisis en el que se identificaron tres familias, siendo las más representativas de la zona de estudio. En la tabla 4.1 se resumen las orientaciones preferenciales de las discontinuidades.

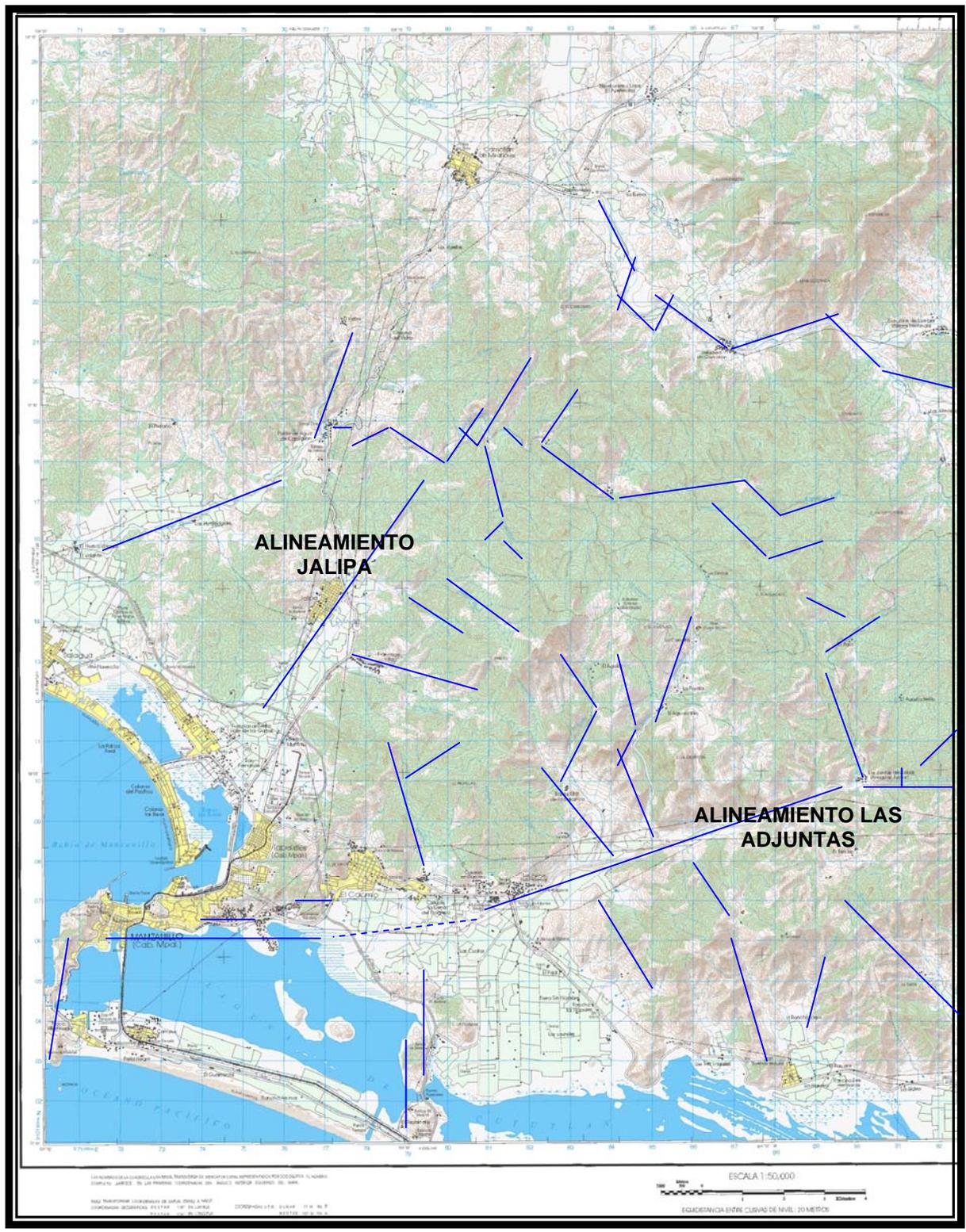


Figura 4.3. Alineamientos regionales. Carta topográfica Manzanillo E13 B43. INEGI, 1973.

FAMILIA (ORIENTACIÓN PREFERENCIAL)	FRACTURAS A ESCALA REGIONAL	FALLAS A ESCALA REGIONAL	FALLAS EN EL SITIO PUNTA AGUA DE CAMOTLÁN	FALLAS EN EL SITIO TEPALCATES	FALLAS EN EL SITIO EL COLOMO
F1 (E-W)	N87°E/88°SE	N88°E/67°SE			N82°E/65°SE
F2 (NE-SW)	N53°E/88°SE N56°E/84°NW	N58°E/66°NW	N52°E/65°NW		N63°E/62°SE
F3 (NW-SE)	N56°W/85°SW N43°W/55°SW	N45°W/75°NE N49°W/74°SW	N47W°/76°NE		
F4 (N-S)	N09°W/72°SW N21°E/80°SE	N09°W/75°SW		N11°W/65°SW N18°W/65°NE	

Tabla 4.1. Resumen de las orientaciones preferenciales de las discontinuidades al nivel de geología regional.

Como se observa en la figura 4.3, las direcciones preferenciales de fracturamiento corresponden a las E-W, NE-SW, NW-SE y N-S. Esto es debido al efecto de la tectónica que prevaleció en esta región desde el Terciario hasta el Cuaternario. De manera regional se tienen dos alineamientos estructurales mayores, que hacia las partes bajas se pierden en las grandes extensiones planas de suelo aluvial, el primero es el alineamiento del arroyo de Jalipa con una dirección de NE 25° SW y una longitud de 6.5 km. El segundo alineamiento es el que viene del poblado de Las Adjuntas (Viejas Adjuntas) con una orientación de NE 60° SW y una longitud de 15 Km (Figura 4.3). Además, existen otros alineamientos menores con una orientación N-NW con una longitud de 4 a 6 Km. También se pueden reconocer alineamientos que presentan orientaciones N-S, NW-SE y E-W con longitudes variadas y que son reflejos de las estructuras regionales, mencionadas en el marco regional.

A continuación se da una breve explicación de cada uno de los sistemas de discontinuidades:

4.4.1 Sistema (F1) E - W

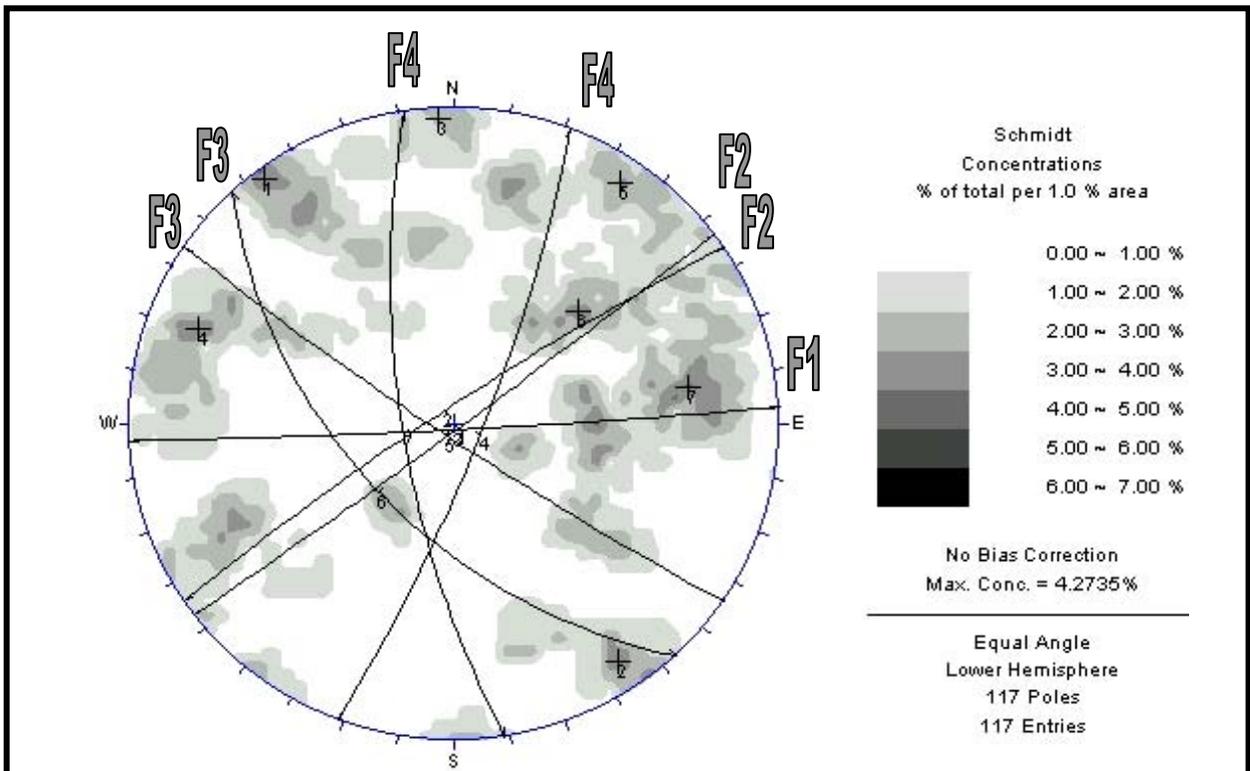
Se establece como el sistema de fracturas y fallas normales más antiguo, dada la asociación de edad con las rocas graníticas del Cretácico Tardío, aunque también se aprecian en las rocas andesíticas. Las estructuras tienden a la verticalidad (mayores a 80°), sus superficies son planas-rugosas, son subcontinuas a continuas, con longitud de 5 a 40 m. Debido a la persistencia de los sistemas de fracturas se tiene una frecuencia de 3 a 12 discontinuidades por metro lineal, que da lugar a la formación de bloques con una anchura promedio de 42 cm. Generalmente, los bloques tienen formas de prismas rectangulares y muy pocos presentan formas subesféricas, como se vio en los afloramientos de las rocas graníticas en la zona del canal Tepalcates y en la cantera de Tepalcates; el sistema dominante en ese sitio es N87°E/88°SE (Figura 4.4 y Fotografía 4.15).



Fotografías 4.15. En la zona del Canal de Tepalcates en un corte de la autopista, se aprecia al granito de biotita que está afectado por el sistema de fracturas con orientación preferencial E-W, la continuidad de las fracturas (líneas de puntos de color azul) y su frecuencia.

4.4.2 Sistema (F2) NE - SW

Este sistema de fracturas y fallas normales se observa como alineamientos mayores hacia la porción norte del poblado de Jalipa, mientras que hacia la zona de Manzanillo escasamente se observan alineamientos con esta orientación. Sin embargo, se tienen estas estructuras en las rocas andesíticas y sus características son las de un sistema de fracturas persistente a escala regional y en particular en la zona de canal Ventanas. Las orientaciones preferenciales son $N53^{\circ}E/88^{\circ}SE$ y $N56^{\circ}E/84^{\circ}NW$, y solamente existe el cambio de buzamiento, con superficies alabeadas y casi verticales (Figura 4.4), las superficies de las discontinuidades son planas rugosas, no se apreciaron escurrimientos de agua entre las fracturas y los sistemas de fracturas llegan a conformar bloques con formas de prismas rectangulares.



- F₁ N87°E/88°SE
- F₂ N53°E/88°SE
- F₂ N56°E/84°NW
- F₃ N43°W/55°SW
- F₃ N56°W/85°SW
- F₄ N21°E/80°SE
- F₄ N09°W/72°SW

117 POLOS DE FRACTURAS REPRESENTADOS

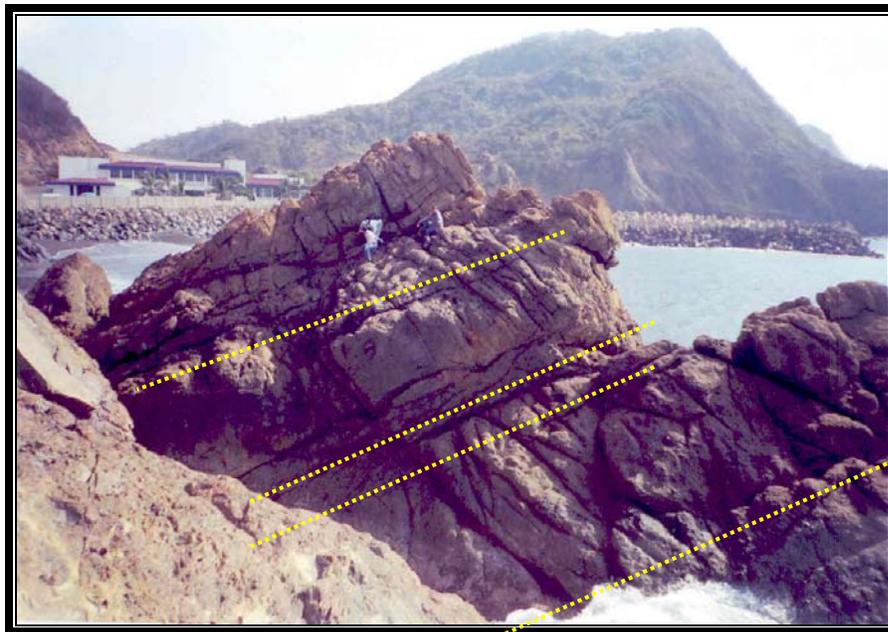


CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL SITIO CANAL VENTANAS MANZANILLO, COL.
 (Geología regional, canal Ventanas y Tepalcates)
Figura 4.4 Orientaciones preferenciales de fracturas en la zona de estudio a escala regional.



4.4.3 Sistema (F3) NW – SE

Corresponde a un sistema de fracturas y fallas normales con presencia a escala regional en ambas litologías (granito y andesitas); corta a los sistemas estructurales anteriores. Las fracturas son continuas a subcontinuas menores a 15 m, la superficie es plana-rugosa y la abertura entre fracturas está rellena por material de roca triturada (milonita) con un espesor de 0.5 a 15 cm, la superficie de la abertura es alabeada. Existe presencia de las alteraciones por hidrotermalismo; la orientación preferencial de este sistema está en el intervalo de $N43^{\circ}W/55^{\circ}SW$ a $N56^{\circ}W/85^{\circ}SW$ (Figura 4.4). En la primera orientación, el buzamiento tiene un ángulo bajo que corresponde a la porción inferior y superior de los prismas rectangulares de roca con inclinación semihorizontal (Fotografía 4.16, se marcó con líneas amarillas), que en muchos casos dan la apariencia como si se trataran de flujos de lava con espesores no mayores a 1,5 m (Fotografía 4.16).



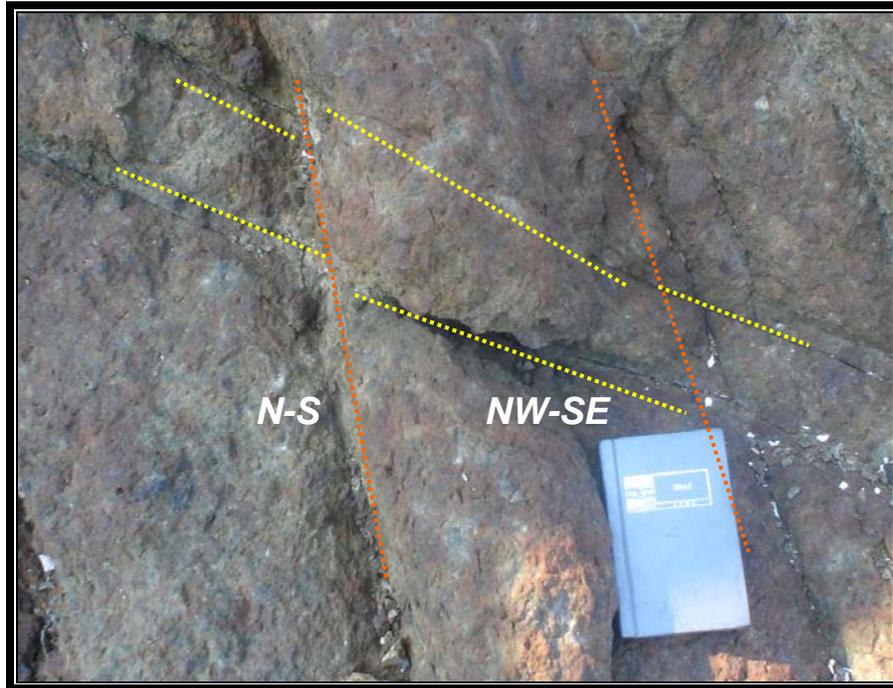
Fotografía 4.16. Detalle en las andesitas del sistema de fracturas de tendencia NW-SE con un ángulo de buzamiento bajo casi semihorizontal, formando con ello paquetes de roca; éstos se apreciaron a escala regional y en el canal Ventanas.

4.4.4 Sistema (F4) N - S

Corresponde al último sistema de fracturas y fallas normales a escala regional, se manifiesta en el rumbo de los cursos de los arroyos, como es el caso del arroyo de Jalipa.

Una de las principales estructuras regionales es el alineamiento que pasa por el poblado de Jalipa y continúa hasta la cantera de Punta de Agua de Camotlán. El sistema de fracturas tiene una orientación preferencial de $N09^{\circ}W/72^{\circ}SW$ y $N21^{\circ}E/80^{\circ}SE$ (Figura 4.4), las discontinuidades son subcontinuas a continuas, presentan superficies planas rugosas, la frecuencia es moderada y del orden de 6 a 9 fracturas por metro lineal. Las discontinuidades se pueden encontrar en contacto roca a roca o bien pueden estar

rellenas por material de roca molida, esta última característica se observa propiamente en las rocas andesíticas. En la fotografía 4.17 se muestra como el sistema N-S corta al sistema NW-SE, en una roca andesítica.



Fotografía 4.17. Detalle en una roca andesítica donde se observa que las fracturas con orientación N-S (líneas punteadas rojas) cortan al sistema de fracturas con dirección NW-SE (líneas punteadas amarillas). Sobre la carretera que lleva al poblado de Jalipa, aproximadamente a 2 Km al norte de Manzanillo.

4.4.5 Fallas Regionales

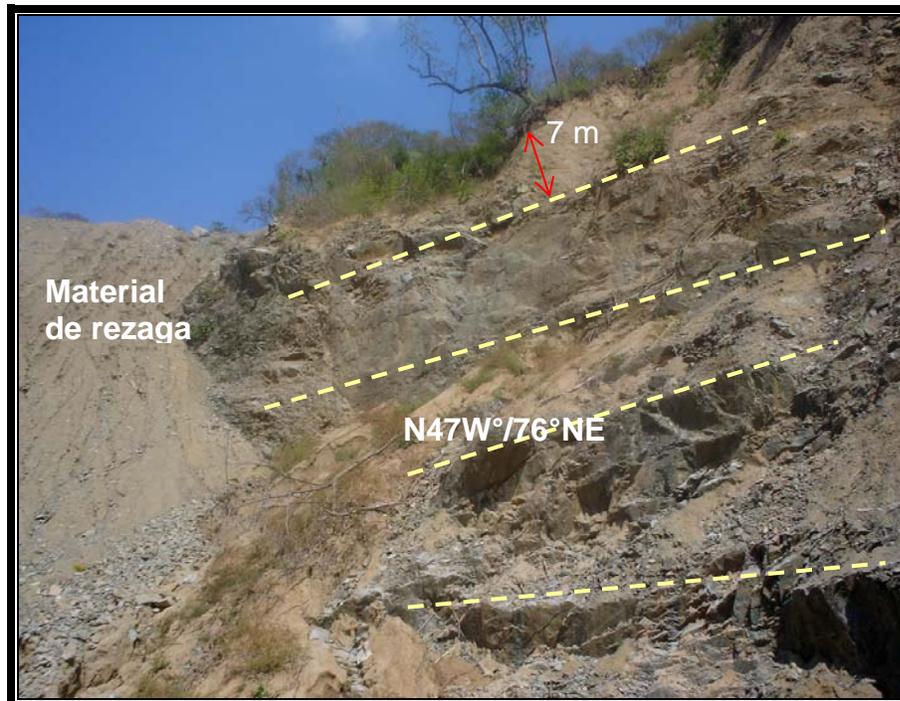
Durante el reconocimiento regional, se observaron y analizaron fallas normales y fallas de desplazamiento lateral izquierdo. La tendencia regional de estas fallas apreciadas en campo se resume en la Figura 4.5. En conjunto presentan planos o relieves de fallas con estrías de tipo semiverticales ($>80^\circ$) y con área de afloramiento menor a 2 m^2 ; son subcontinuas y con longitudes de hasta 2 m, su superficie es plana-lisa a plana-ondulada y con tonos rojizos y brillantes por las estrías marcadas ahí. Las fallas de tipo normal son las que predominan, pero existen en menor proporción fallas con desplazamiento lateral izquierdo marcadas por estrías subhorizontales ($<30^\circ$), con un desplazamiento de 1 a 3 m, las orientaciones preferenciales en conjunto son las siguientes (F3) $N45^\circ W/75^\circ NE$; $N49^\circ W/74^\circ SW$; (F2) $N58^\circ E/66^\circ NW$; (F4) $N09^\circ W/75^\circ SW$ y por último (F1) $N88^\circ E/67^\circ SE$ (Figura 12).

A continuación se describen las tres zonas más sobresalientes a escala regional, en donde se determinaron características de fallas normales en cada una.

4.4.5.1 Zona de Falla de la cantera Punta de Agua de Camotlán

Está localizada al $N 25^\circ E$ del poblado de Jalipa y a una distancia de 4 Km, la cantera es de andesita rodeada por granito. Actualmente, la cantera está en explotación, a fin de

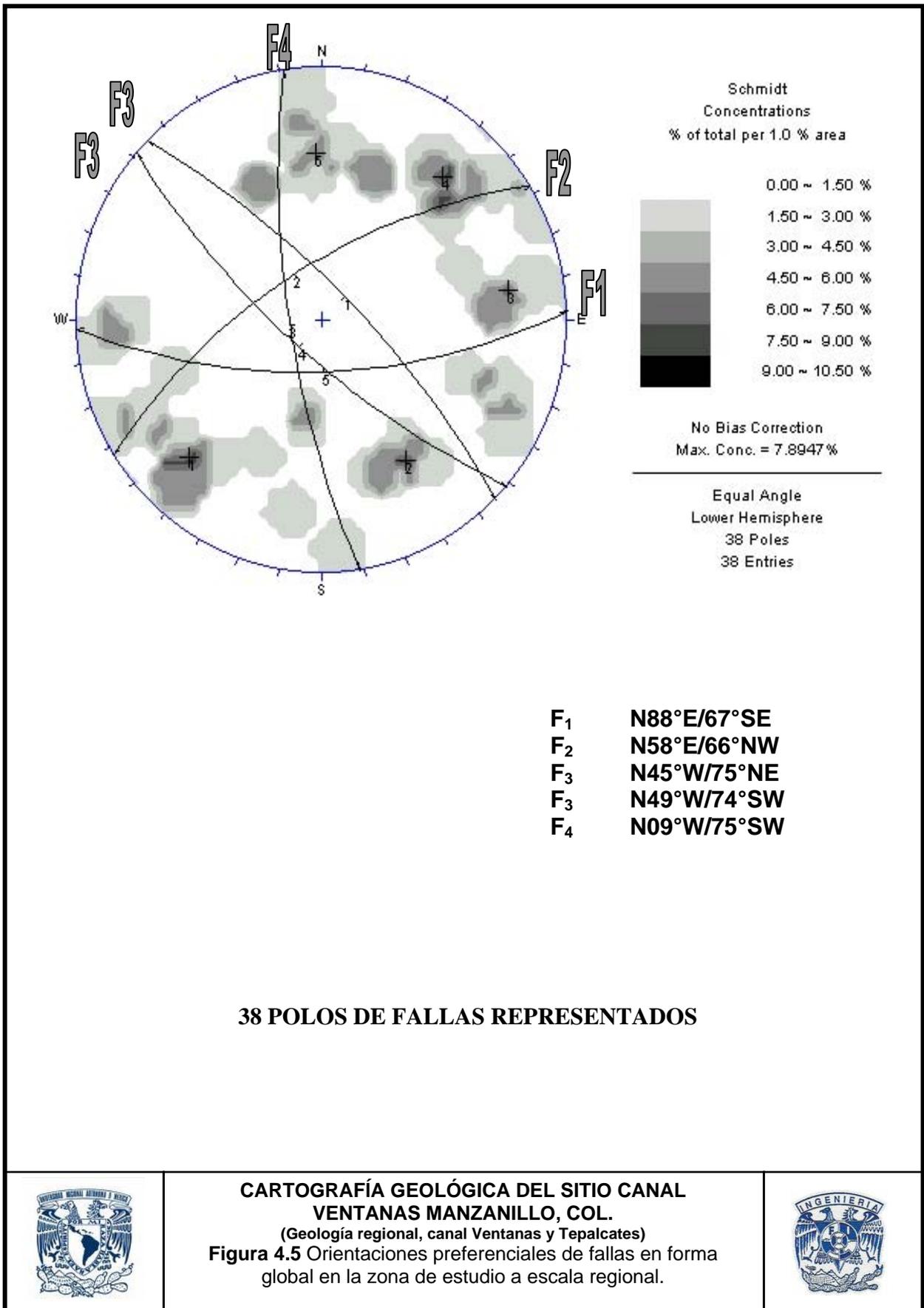
extraer roca para la construcción, por lo que se han efectuado rebajes al cerro que está en la margen derecha del arroyo de Punta de Agua de Camotlán. La altura de la cantera es de aproximadamente 70 m con una cubierta de roca muy intemperizada de 7 m, debajo de esta zona descomprimida la roca está muy fracturada y presenta planos de fallas con orientaciones preferenciales de $N47W^{\circ}/76^{\circ}NE$ (F3) y una componente secundaria con orientación de $N52^{\circ}E/65^{\circ}NW$ (F2) (Figura 4.6). La superficie de deslizamiento está marcada por estrías y surcos alabeados, tiene un color verde oscuro, es brillante y sedosa al tacto, contiene planos con altura de 1.5 m y longitud de hasta 40 m, son continuas a subcontinuas (Fotografías 4.18 y 4.19).

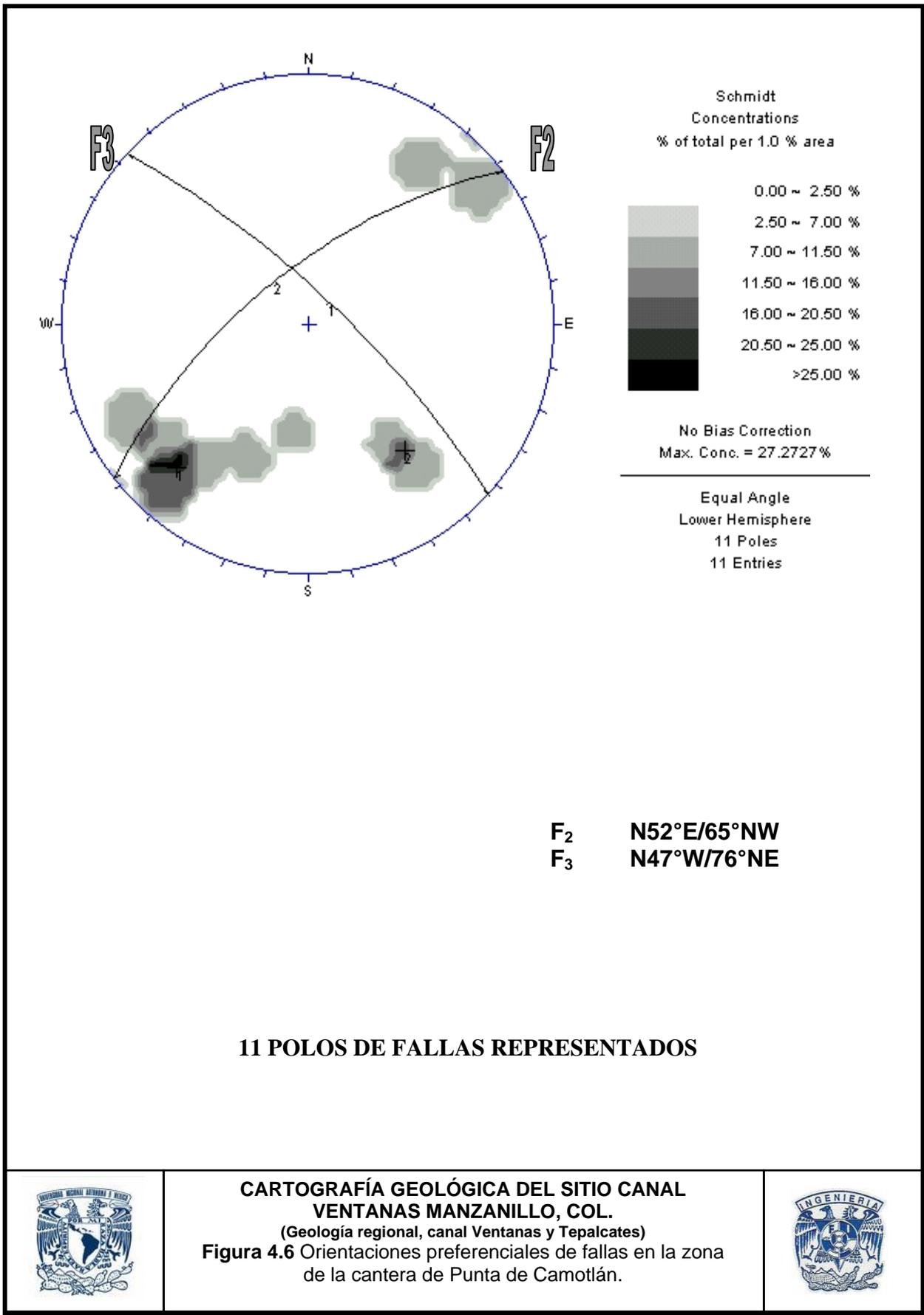


Fotografía 4.18. Vista frontal de las paredes de la cantera Punta de Agua de Camotlán, en la parte superior se aprecia la roca intemperizada y en la parte baja los planos de falla.

En los planos de falla se aprecian claramente las estrías semiverticales y el contacto entre estos bloques es cerrado, la roca está en contacto roca a roca. En algunos planos se tiene material de alteración hidrotermal que recubre a las paredes, como fina películas de color verde oscuro con espesor menor de 2 mm y se desprende en forma de costras, lo que hace pensar que se trata de propilitización (epidota, clorita, calcita, sericita, óxido de hierro, montmorillonita y pirita) (Fotografía 4.20).

Algunas fracturas están selladas por material triturado y en otras se observan superficies semiplegadas, por lo que se infiere movimientos de cizallamiento entre planos (Fotografía 4.20). Los sistemas de fracturas conforman prismas rectangulares con superficies de hasta 1.5 m^2 , la frecuencia del fracturamiento es de 5 a 10 fracturas por metro lineal.





**CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL SITIO CANAL
VENTANAS MANZANILLO, COL.**
(Geología regional, canal Ventanas y Tepalcates)
Figura 4.6 Orientaciones preferenciales de fallas en la zona
de la cantera de Punta de Camotlán.





Fotografía 4.19. En la imagen del lado izquierdo se presenta el detalle de una pared del plano de falla normal con altura de 1.5 m y continuidad menor a los 40 m. En la imagen del lado derecho se muestra la superficie de deslizamiento de color verde oscuro en donde están las estrías semiverticales. En la cantera de Punta de Agua de Camotlán.



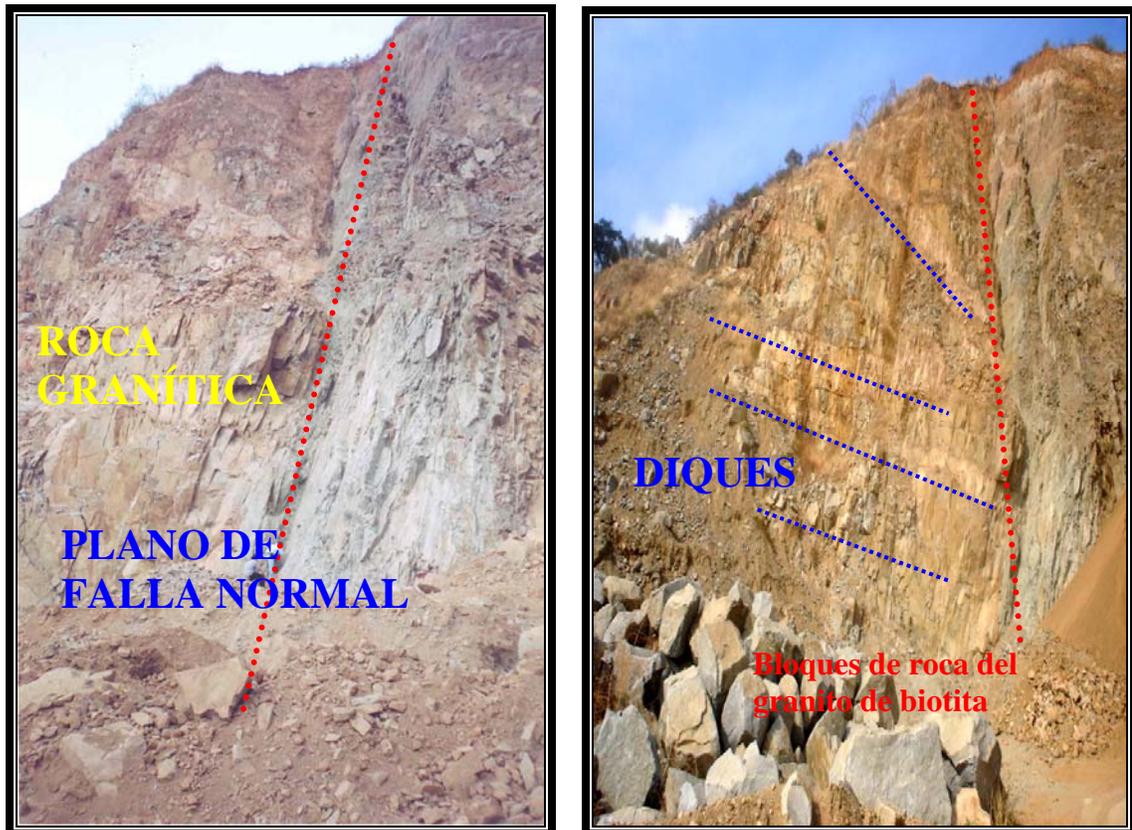
Fotografía 4.20. Detalle de una fractura sellada por material de triturado (líneas amarillas). En el lado izquierdo del martillo se observan superficies semiplegadas, lo cual hace pensar en una zona de cizallamiento donde hubo movimiento entre los planos de falla. En la cantera de Punta de Agua de Camotlán.

De manera regional (hacia el Oriente y Occidente) esta zona tiene desplazamientos laterales izquierdos y que se marcan en la Figura de Alineamientos Regionales (Figura 4.3).

4.4.5.2 Zona de Falla en la cantera Tepalcates

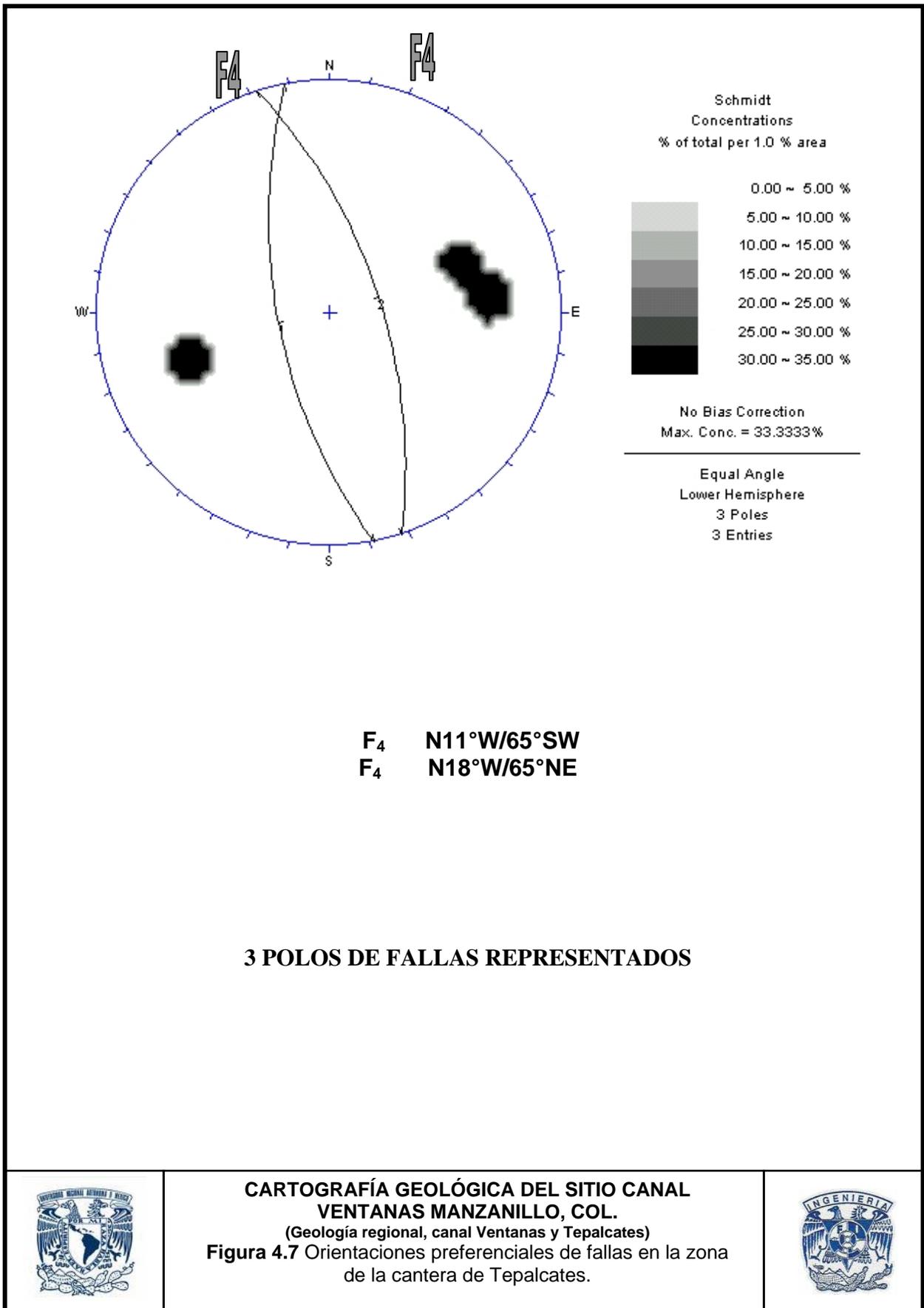
La cantera de Tepalcates se localiza en la porción oriental del Canal Ventanas y distante a 9 Km del mismo, la roca es granito de biotita, y hoy día está en explotación

para obtener roca para la construcción. El granito de biotita está afectado por sistemas de fracturas persistentes a moderados, con una frecuencia de 12 fracturas por metro lineal, y conforman bloques de roca de forma de prismas rectangulares con caras con espesores máximos de 40 cm, como se aprecia en la fotografía 4.21. Los bloques de roca tienen un diámetro de 1 a 1.5 m, es decir, de 4 a 6 toneladas. Además, las fracturas tienen superficies planas rugosas, son continuas y la abertura de las fracturas es de menos de 2 cm y rellenas por arcilla, presentan alteraciones hidrotermales como hematita, clorita y sericita, así como la presencia de dendritas de manganeso.



Fotografía 4.21. En la imagen del lado izquierdo se presenta la traza del plano de falla normal (línea de puntos de color rojo) que afecta al granito de biotita. En la imagen del lado derecho se tienen los diques aplíticos (línea de puntos de color azul), con comportamiento subhorizontal que intrusionan al granito de biotita. Cantera de Tepalcates.

En la cantera de Tepalcates se observó una falla normal con orientación de $N11^{\circ}W/65^{\circ}SW$ a $N18^{\circ}W/65^{\circ}NE$, el plano de la falla es alabeado y sinuoso (Figura 4.7). La zona de falla es de tres metros de anchura, está constituida por material de roca triturado, con presencia de sericita de color verdoso, que al tacto es sedosa. La traza de la falla normal va desde el piso de la cantera hasta la cima del cerro, pero no se aprecia en superficie por estar cubierta por depósitos de suelo residual. El granito de biotita está intrusionado por diques aplíticos de grano fino, con comportamiento subhorizontal, con un espesor de 1 a 2 m y dirección de $N06^{\circ}E/14^{\circ}SE$, Existen fracturas continuas y paralelas a la falla normal, que llegan a estar rellenas por material arcilloso y con presencia de hematita.



4.4.5.3 Zona de Falla en el cruceo El Colomo

El cruceo El Colomo se localiza a 5 Km al oriente de Manzanillo, en un corte de la autopista Colima-Tecomán-Manzanillo; el corte del cerro tiene una longitud de 120 m y una altura de 40 m, (Fotografías 4.22 y 4.23). En este afloramiento se tienen dos fallas normales, la primera pone en contacto directo al granito de biotita y la andesita (Fotografía 4.23, lado derecho). El plano de la falla aloja a una veta de mineral de hierro con un espesor de 10 a 20 cm y con una longitud de 40 m. La segunda falla normal pone en contacto a las andesitas con las tobas cristalinas andesíticas (Fotografía 4.23, lado izquierdo). En los planos de falla se observan alteraciones hidrotermales como son hematización, cloritización y sericitización.



Fotografía 4.22. Afloramiento en el corte de la autopista Colima-Tecomán-Manzanillo, en donde se observan dos fallas normales. La primera falla normal está del lado derecho del afloramiento, pone en contacto (línea de puntos de color rojo), al granito de biotita con la andesita, el plano de falla contiene a una veta de hierro con espesor de 20 cm. La segunda falla normal está del lado izquierdo del afloramiento, coloca en contacto (línea de rayas de color azul), a las andesitas con las tobas cristalinas andesíticas.

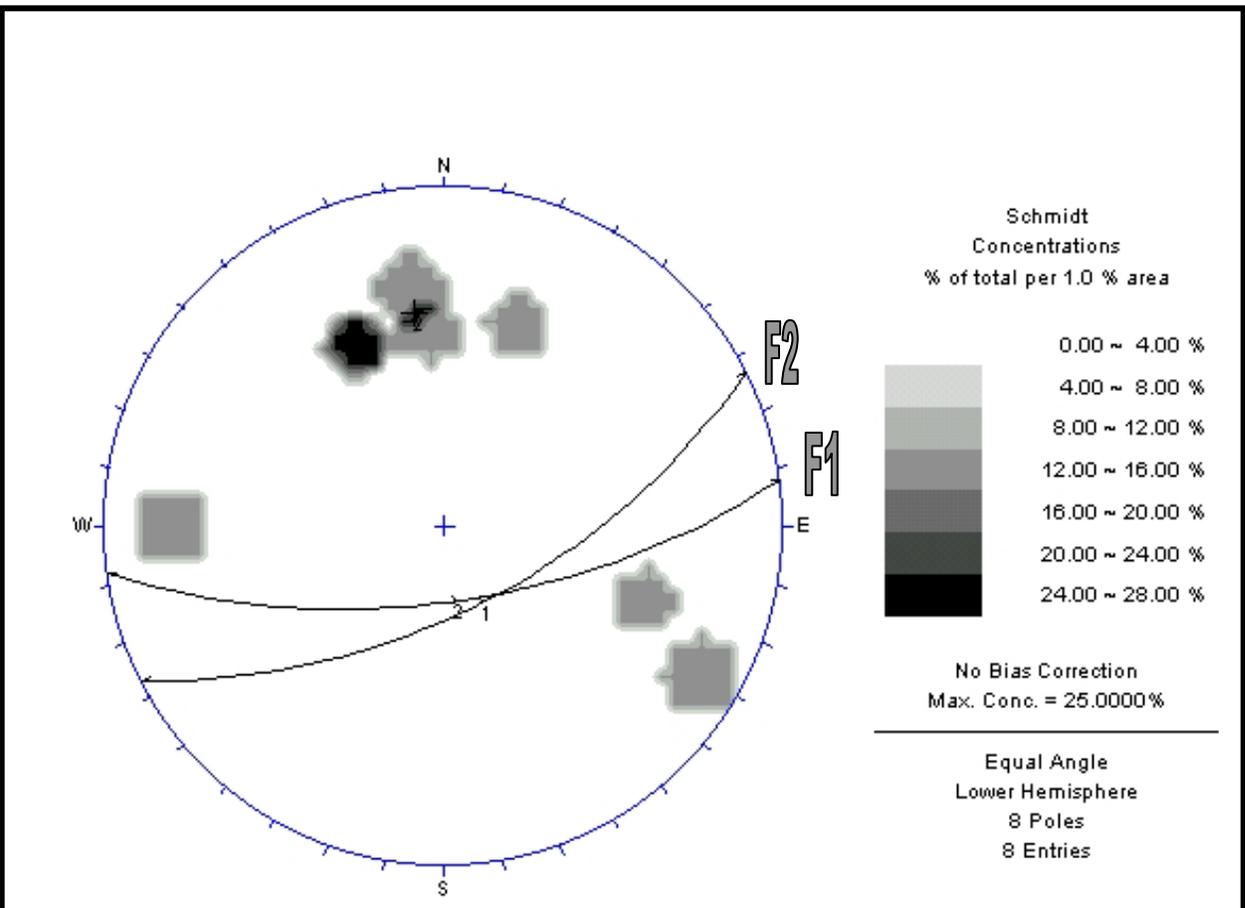


Fotografías 4.23. Dos detalles de la fotografía 4.22, sobre la autopista Colima-Tecomán-Manzanillo. En la imagen del lado izquierdo se observa en las andesitas los sistemas de fracturas persistentes con frecuencia de más de 20 fracturas por metro lineal. En la imagen del lado derecho se muestra una veta de mineral de hierro que sigue el plano de falla principal, en el granito de biotita.

La orientación preferencial de los planos de falla de tipo normal están en el intervalo de $N82^{\circ}E/65^{\circ}SE$ (Figura 4.8), aunque existe una componente secundaria con una orientación de $N63^{\circ}E/62^{\circ}SE$. También se apreciaron algunos pequeños planos de falla con estrías subhorizontales, que denotan una falla de rumbo con desplazamiento lateral izquierdo, los relieves son pequeños y tienen un área de exposición de aproximadamente 40 cm^2 , no son continuos, además de presentarse de manera esporádica.

Las tobas cristalinas andesíticas (Muestra CV-13A-05, Apéndice A) están fuertemente fracturadas, las fracturas están rellenas con material triturado con espesores de 2 a 15 cm, la granulometría de los fragmentos de roca es del orden de 5 mm. Las superficies de las fracturas son alabeadas con evidencias de alteraciones hidrotermales como: hematita, sericita, clorita y epidota. Las trazas de las fracturas son subcontinuas y con longitudes menores a los 30 m. Asimismo, las fracturas son paralelas al plano de la falla normal que afecta a las andesitas y tobas cristalinas andesíticas.

Las tobas cristalinas andesíticas están encima y en contacto directo por falla normal con las andesitas (Fotografía 4.24), su calidad de roca es pobre, pues están afectadas por sistemas de fracturas persistentes. Los sistemas de fracturas conforman bloques de roca con formas de prismas rectangulares con dimensiones de 40 cm^3 .



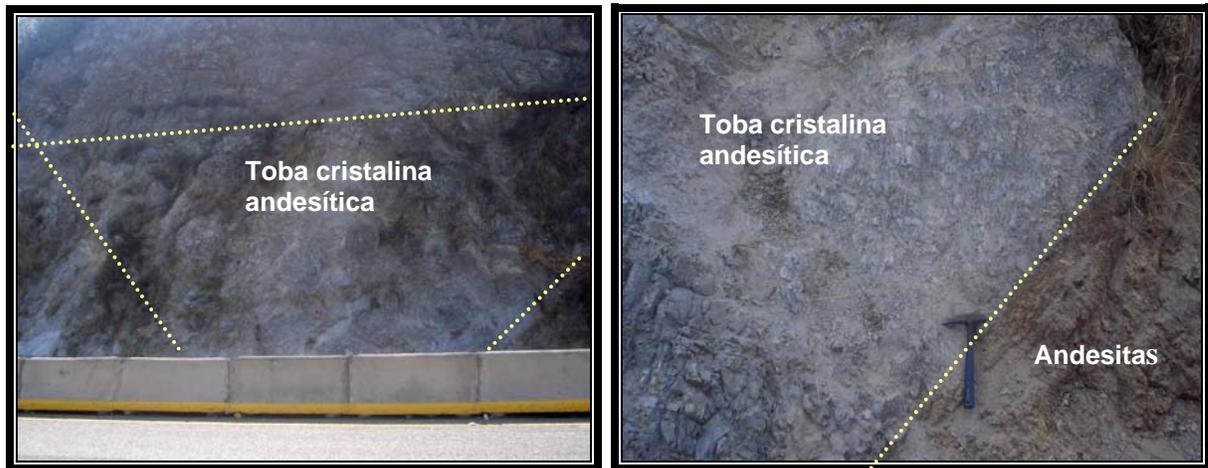
F₁ N82°E/65°SE
 F₂ N63°E/62°SE

8 POLOS DE FALLAS REPRESENTADOS



CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL SITIO CANAL VENTANAS MANZANILLO, COL.
 (Geología regional, canal Ventanas y Tepalcates)
Figura 4.8 Orientaciones preferenciales de fallas en la zona de la cantera de El Colomo.





Fotografía 4.24. En la imagen de la izquierda se observa la toba cristalina andesítica con intenso fracturamiento subcontinuo, se marcan tres planos de fracturas (líneas de puntos amarillos) los planos inclinados (derecho e izquierdo) tienen una longitud de 20 m, y el plano horizontal (porción superior) tiene una longitud de 50 m. En la imagen de la derecha se muestra el contacto (línea de puntos amarillos) por falla normal entre las tobas cristalinas andesíticas y las andesitas. Sobre la autopista a El Colomo.

4.4.6 Secciones geológicas regionales

Como complemento al plano de la Geología Regional de la zona de estudio se elaboraron dos secciones geológico-estructurales. La sección geológica A-A' con una orientación de NE40°SW y la sección B-B' con un rumbo de NE56°SW, las secciones geológicas se realizaron con el fin de interpretar el comportamiento geológico estructural de las unidades litológicas en el subsuelo. Las secciones se hicieron a escala vertical y horizontal 1: 25 000, es decir, secciones 1:1, y secciones para resaltar los detalles geológico-morfoestructurales, donde la escala horizontal es 1:25 000 y la escala vertical es 1:5 000, para que el factor de exageración fuera 5, es decir, secciones 1: 5 (Mapa TS-CV-02, Apéndice B).

4.4.6.1 Sección A-A'

En el extremo izquierdo (NE40°) se observa una morfología de planicie costera seguida por la laguna de Cuyutlán, que en ambos casos están constituidas por arenas tanto de depósitos de litoral como de depósitos aluviales, presenta una longitud de 5.1 Km. En la parte central de la sección afloran las andesitas desde el cerro Punta Grande hasta un poco antes de llegar la falla El Colomo, con una longitud de 6.5 Km, los lomeríos tienen formas de agujas con laderas de fuerte pendiente de 50° a 70° y se presentan algunas bermas cuya formación se infiere que son por los sistemas de fracturas, fallas normales y los alineamientos estructurales de carácter regional. Es de especial mención decir que en la zona de la autopista de Manzanillo a Guadalajara existe la zona de falla El Colomo que consiste de un sistema de fallas normales con una orientación de N63°E/62°SE y N82°E/65°SE. Hacia el extremo derecho (SW40°) el relieve topográfico empieza a elevarse de la cota 210 m a la 310 m, y se forman escalones o bermas con anchura de 0.7 Km, el granito es la roca que predomina y en el que se marcan sistemas de fracturas y dos alineamientos de naturaleza regional.

4.4.6.2 Sección B-B'

El extremo inicial izquierdo (NE56°) constituye una porción de valle aluvial formado por arenas de los depósitos aluviales. En la sección geológica la roca que predomina es el granito, que morfológicamente da lugar a la formación de lomeríos con formas de agujas con laderas con inclinaciones de 50° a 80°, que propician la formación de escalones o bermas (de la cota de 160 a la 180 m) con anchura de 0.1 a 0.4 Km, cuyo origen se infiere que se debe a los sistemas de fracturas, fallas normales o alineamientos de carácter regional. El alto topográfico con cima semiplana, que se localiza de 6.1 a 6.3 Km del extremo izquierdo y con cota de 180 m, se infiere puede corresponder a un pilar tectónico y sus laderas pueden estar limitadas por fallas normales. En el extremo derecho se tiene la zona de falla denominada Punta de Agua de Camotlán con un par de fallas importantes y cuya orientación es de N47W°/76°NE y N52°E/65NW y son el reflejo de las discontinuidades de naturaleza regional.

5. GEOLOGÍA DEL SITIO CANAL VENTANAS

5.1 SITIO CANAL VENTANAS

El estudio de geología de detalle en el sitio canal Ventanas, abarcó un área de 20 ha. En esta zona se reconocieron rocas ígneas extrusivas que incluyen tobas cristalinas, tobas arenosas andesíticas (Tsvtc), brechas andesíticas (Tsvbran) y andesitas (Tsvan), así como depósitos cuaternarios de talud (Qdt), suelo residual (Qsr) y de litoral (Ql) (Figura 5.1), que reflejan fielmente el predominio de un ambiente volcánico.

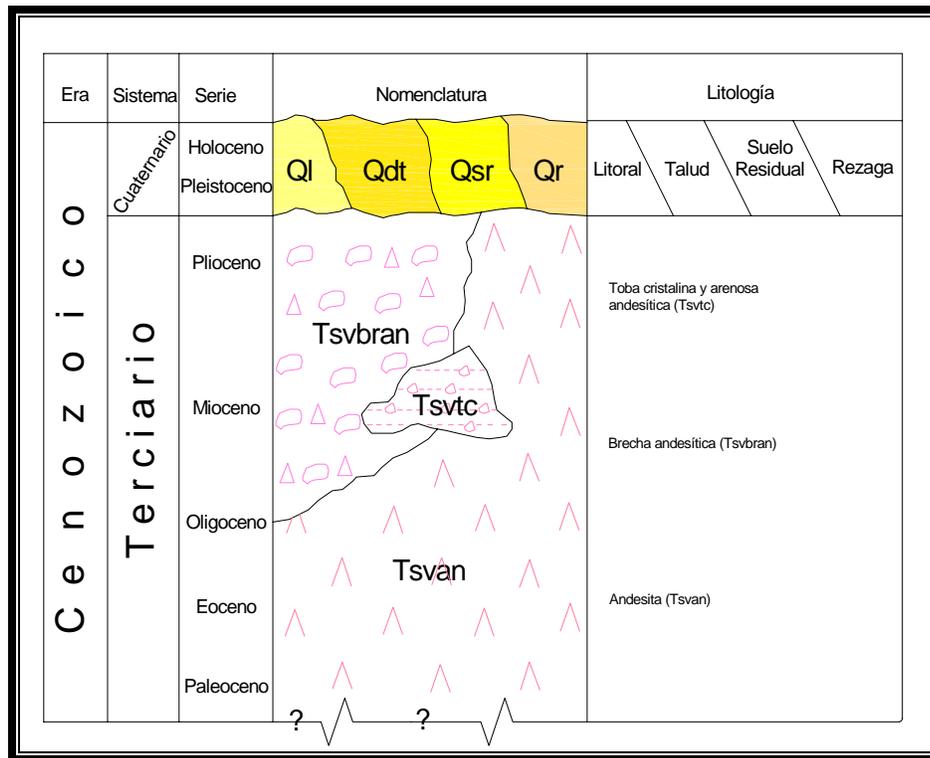


Figura 5.1. Columna litológica en el sitio de estudio a detalle.

Para los caminamientos de geología de detalle se tomó en cuenta la posición del eje del canal Ventanas con una orientación casi E-W, así la margen sur está ubicada en la parte donde queda el cerro con mayor altura, y la margen norte se ubica donde están las instalaciones del Instituto de Investigación Pesquera (Fotografía 5.1).

Las unidades litológicas que se reconocieron en este sitio son andesitas, brechas andesíticas y en menor proporción tobas cristalinas andesíticas. Las andesitas son las de mayor extensión hacia ambas márgenes del canal Ventanas y llegan a formar crestones de roca a lo largo de la línea de costa. En la parte central del canal se encuentra una brecha andesítica y en menor proporción una unidad de tobas cristalinas andesíticas, esta última con una área de exposición reducida, por lo que no se detalla en el mapa y sólo será mencionada en el texto. Los depósitos más recientes están constituidos por depósitos de talud, suelo residual, litoral y rezaga.



Fotografía 5.1. Vista de la margen sur (lado izquierdo) y norte (lado derecho), al fondo se aprecia la entrada del mar hacia la laguna de Cuyutlán. También, se observan las paredes del canal y la explanada (lado izquierdo) constituida por material de rezaga muy reciente que cubre a un depósito de arenas de composición andesítica.

5.1.1 Margen Sur

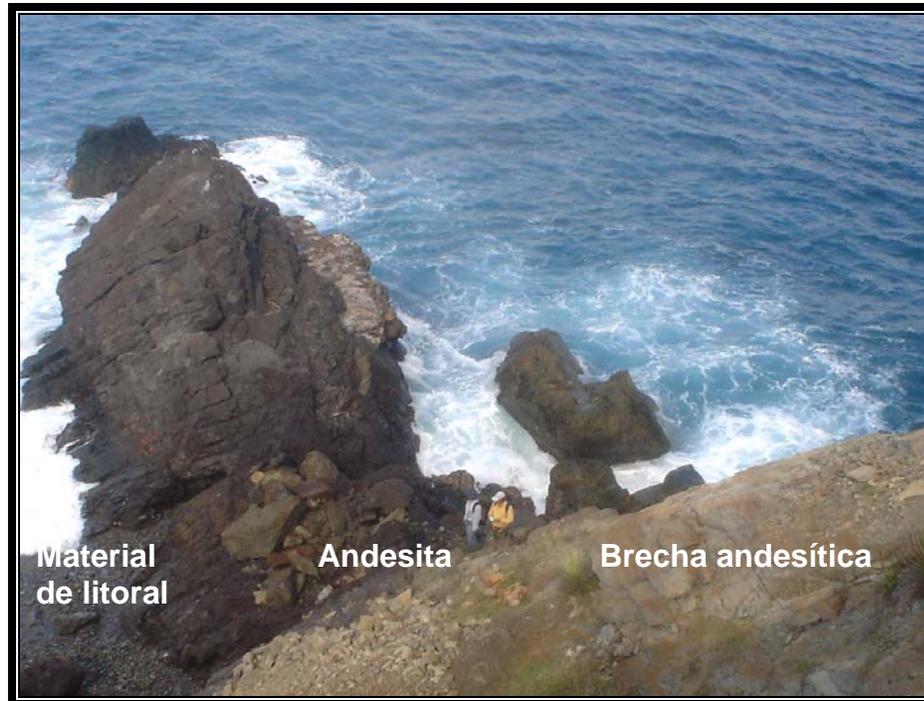
5.1.1.1 Andesita (Tsvan)

Se considera que estas rocas fueron originadas en el Terciario (Paleoceno al Eoceno, en CRM, 1994) durante el evento volcánico conocido regionalmente como Complejo Volcánico Inferior, en donde se manifiestan las andesitas, brechas andesíticas y tobas cristalinas andesíticas (Fotografía 5.2).



Fotografía 5.2. Vista frontal de la margen sur, viendo desde la margen norte.

La margen sur está conformada por cerros con cimas redondeadas, los que se encuentran próximos al canal tienen una altura de 22 m, mientras los cerros más distantes al canal, los que se ubican en la porción sur, rumbo al Faro SCT-API, van incrementando su altitud hasta alcanzar una altura aproximada de 120 m. En la porción oriental (hacia la central termoeléctrica) de la margen sur, los cerros presentan laderas con pendientes moderadas, mientras en la porción oeste (viendo hacia el mar) las laderas tienen fuertes pendientes y dan origen a cantiles semiverticales. A lo largo de la línea de costa están los derrames andesíticos que tienen un comportamiento subhorizontal, con ángulo de buzamiento bajo que tiende a la horizontal. Los cerros próximos al canal están cubiertos casi en su totalidad por una vegetación densa, y están cortados por tres arroyos principales cuyos cursos drenan hacia el predio de la central termoeléctrica Manzanillo. Asimismo, bordeando la línea de costa los crestones de andesitas se alinean con rumbo Este-Oeste, con áreas reducidas y alturas que no sobrepasan los 25 m, y llegan a formar pequeñas bahías donde se forman reducidas playas con depósitos de litoral (Fotografía 5.3).



Fotografía 5.3. Detalle de la margen sur, aproximadamente a 200 metros en línea recta del canal Ventanas, en donde se aprecia la formación de pequeños crestones constituidos por andesitas y acumulación de depósitos de litoral.

La andesita en estado sano se caracteriza por ser de color gris oscura, verdosa y púrpura; intemperizada tiene tonalidades amarillo ocre, verdosa y rojiza; dura y compacta al golpe del martillo, es, a veces deleznable, y depende del grado del fracturamiento y del intemperismo de la roca. Presenta textura de afanítica a porfídica, sus minerales observables son plagioclasas, calcita, cuarzo. Esta roca está afectada por procesos hidrotermales como son hematización, cloritización, epidotización, sericitización (Fotografía 5.4) que se manifiestan de forma muy clara. Además, se tiene la presencia de dendritas de manganeso y vetillas de cuarzo y calcita con espesores menores a 3 mm.

Entre las superficies de los flujos andesíticos, se encuentra material triturado que llega a formar bandas de color amarillo ocre y blanquecino por procesos hidrotermales, y llegan a encontrarse silicificadas, con presencia de vetillas de calcita, sulfuros diseminados (pirita y calcopirita) y óxidos de hierro (especularita) (Fotografía 5.5).

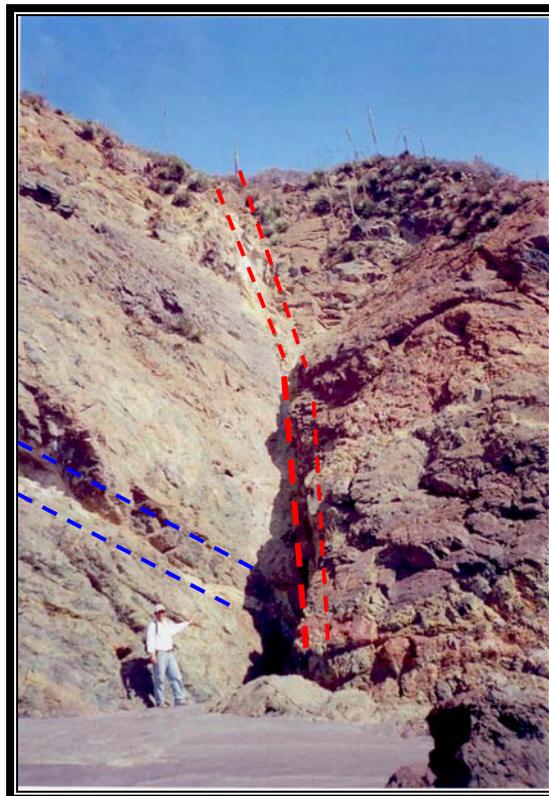
En algunas otras zonas, donde la roca se encuentra muy fracturada e intemperizada se observaron vesículas rellenas por cuarzo y cristales de specularita y en forma diseminada pirita, además de presentarse vetillas con calcita.

5.1.1.2 Brecha andesítica (Tsvbran)

Se consideran como un evento volcánico que ocurrió de forma contemporánea a los derrames andesíticos, por lo que se les atribuye una edad del Terciario (Paleoceno a Eoceno, CRM, 1994).



Fotografía 5.4. A lo largo de la línea de costa se tiene flujos andesíticos (líneas de rayas de color amarillo) que entre sus superficies se presenta material triturado que llegan a formar bandas que están afectadas por procesos hidrotermales. Hacia el sur del canal Ventanas. El cerro del plano posterior llega a 120 metros de altura.



Fotografía 5.5- Afloramiento de andesita ubicado en la línea de costa, donde se observa una fractura sellada, el plano de la fractura es casi vertical y va desde piso del cerro hasta la cima (líneas discontinuas de color rojo). También, existe otro plano de fractura subhorizontal de color amarillo a blanquecino debido a procesos hidrotermales (líneas discontinuas de color azul).

Los afloramientos que existen en el área de estudio, son de menor extensión que los derrames andesíticos, en la margen sur se encuentran aflorando las brechas andesíticas que cubren un 80% del cerro que se extiende en forma paralela al canal. Las brechas andesíticas y los derrames de andesíticos se encuentran en contacto directo por una falla normal (Fotografía 5.6).



Fotografía 5.6. Detalle del contacto directo por falla normal entre la brecha andesítica con un derrame andesítico. Sobre la margen sur del canal Ventanas, a unos 150 metros del mismo.

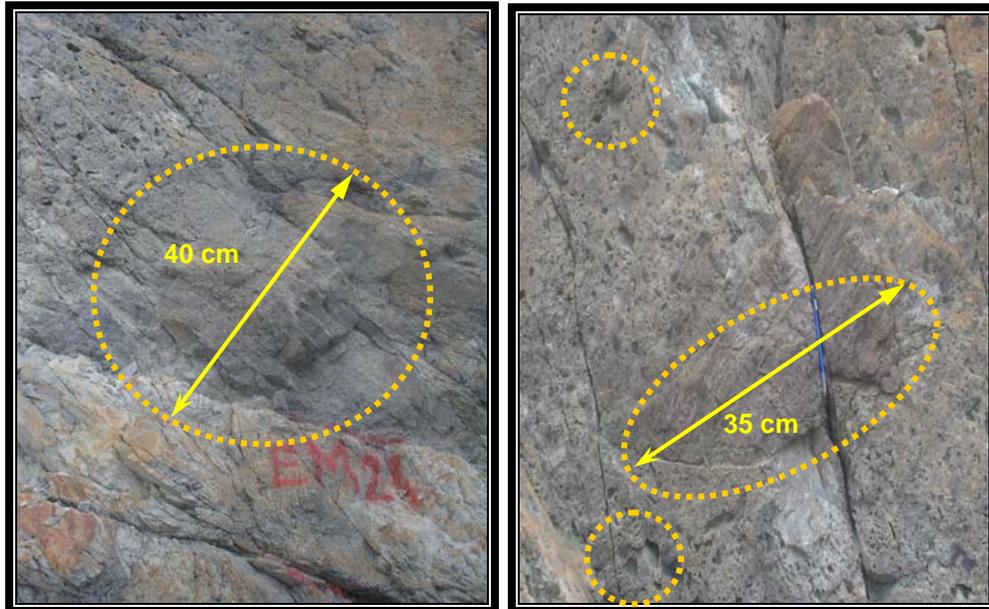
La brecha andesítica está constituida por fragmentos líticos andesíticos angulosos a subangulosos y algunos subredondeados; generalmente, se encuentran recristalizados o silicificados, son de tonos verdosos y púrpuras, el tamaño es menor a los 10 cm, aunque se llegan a encontrar algunos de tamaños mayores (Fotografía 5.7). Presenta textura afanítica a porfídica, y de epiclástica a piroclástica, y tiene una matriz de grano fino La roca es muy dura y compacta, algunos huecos en la roca son por la descomposición del vidrio

Asimismo, la brecha andesítica se encuentra afectada por las alteraciones hidrotermales como: propilitización, hematización y limonitización que propician que la roca se vuelva deleznable y se convierta en una litarenita conglomerática (estudio petrográfico CV-4-05, Apéndice A).

Además, se observó la presencia de huecos u oquedades que se forman en la roca, debido al desprendimiento de líticos, estos huecos aumentan la porosidad secundaria de la roca.

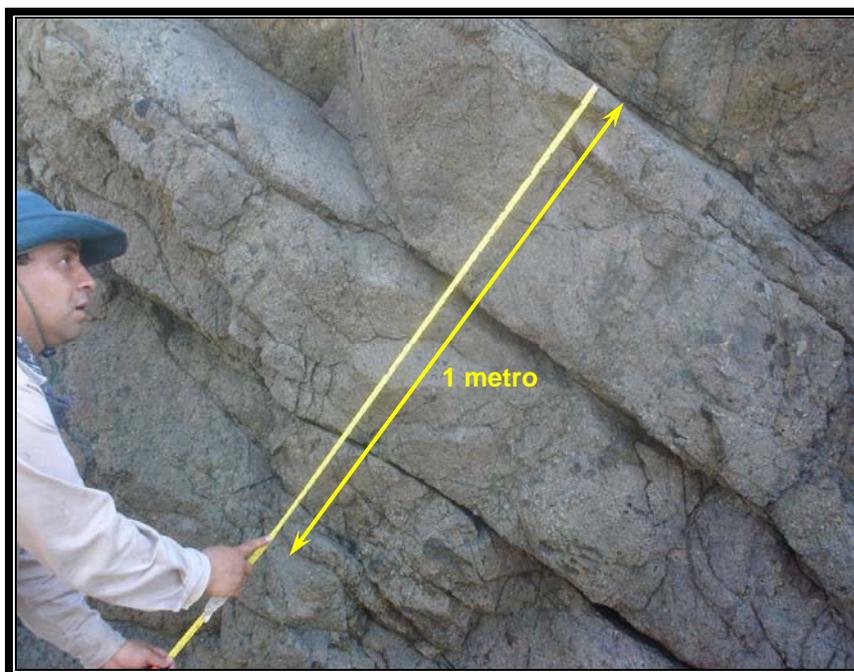
Las brechas andesíticas al igual que las andesitas, se encuentran afectadas por un grado de fracturamiento de persistente a medio, que sigue los patrones preferenciales de la zona: E-W, NE-SW, NW-SE y N-S; la frecuencia de las fracturas varía de 5 a 10 por metro lineal; la mayoría de ellas son cerradas y discontinuas; las fracturas abiertas

sólo lo están unos milímetros, pueden estar rellenas de calcita o cuarzo, que en pocos casos llegan a formar pequeñas concentraciones de estos minerales.



Fotografía. 5.7. En ambas imágenes se aprecian, en la brecha andesítica, los fragmentos líticos y huecos que dejan los mismos. Sobre la margen sur del canal.

El grado de fracturamiento produce cuerpos tabulares de roca como si se trataran de pseudoflujos andesíticos, con espesores de 20 a 40 cm (Fotografía 5.8).



Fotografía 5.8. Detalle de la frecuencia del grado del fracturamiento existente y formación de paquetes de roca sana en la brecha andesítica, ubicado en la margen sur del canal Ventanas, cerca de la línea de costa.

5.1.2 Margen Norte

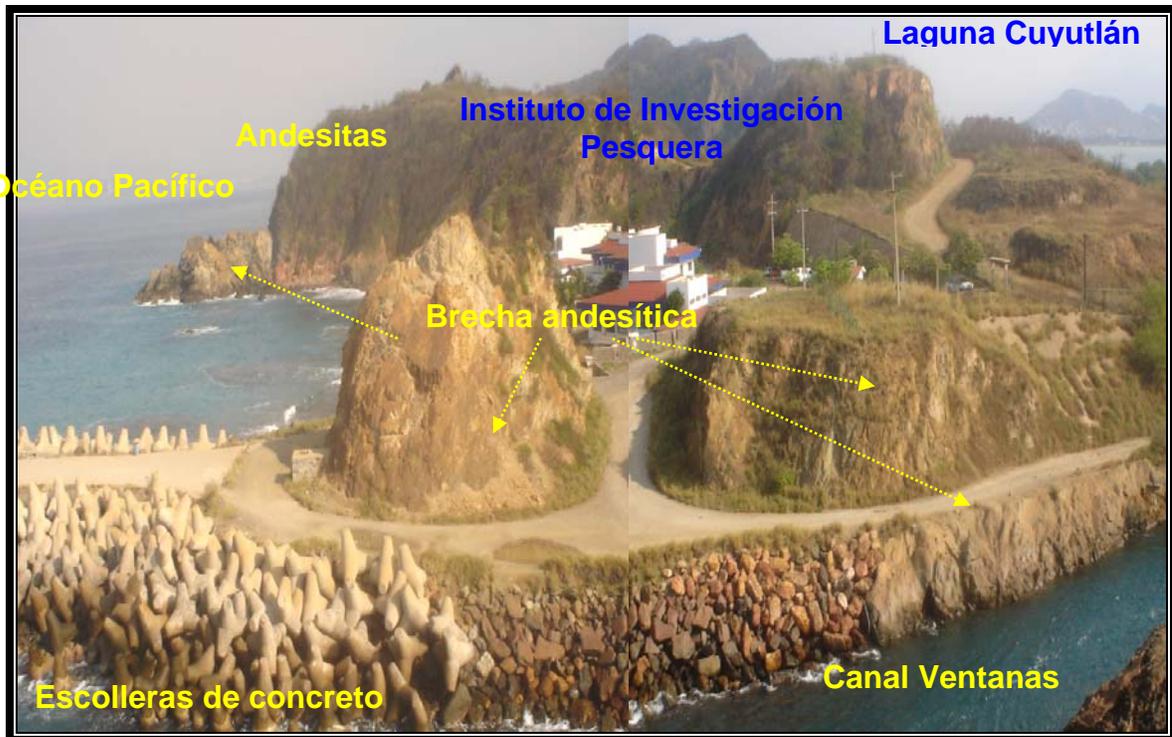
Al igual que en la margen sur, las unidades litológicas que afloran en esta margen están representadas por derrames andesíticos y brechas andesíticas.

Las geoformas que se observan en esta margen están representadas, por una zona de playa extensa, se extiende desde la escollera del mirador hacia el norte donde se presentan pequeños escarpes rocosos como peñas, con aproximadamente unos 200 m de largo y 10 de ancho. Además, existe un escarpe de roca andesítica de forma paralela a la playa y se eleva con aproximadamente 20 m de altura, el que limita el predio del Instituto de Investigación Pesquera (Fotografías 5.9 y 5.10).

El límite norte de la playa está interrumpido por una serie de crestones constituidos por brechas andesíticas, que se proyectan hacia el mar con una dirección Oeste-Este, y con aproximadamente 60 m de largo por 12 m de altura. Más allá de los crestones, continúa la línea de costa limitada por un cantil vertical de roca andesítica, de aproximadamente 60 m de altura.



Fotografía 5.9. Vista panorámica del canal Ventanas en su margen norte, se observa la pared cubierta por mampostería y al final se observa la brecha andesítica.



Fotografía 5.10. Panorámica de la margen norte, en primer plano los afloramientos de brecha andesítica y al fondo la andesita, al centro el Instituto de Investigación Pesquera.

5.1.2.1 Andesita (Tsvan)

Afloran básicamente en la periferia de la instalación del Instituto de Investigación Pesquera y continua hasta el mar, con las mismas características litológicas y alteraciones hidrotermales a las descritas en la margen sur.

Hacia la línea de costa se reconocen paredes semiverticales de andesita, mientras que hacia la porción oriental rumbo a la laguna de Cuyutlán, existe formación de suelo de color amarillo ocre por acción del intemperismo y erosión.

La andesita es una roca muy dura y compacta, características que se observan en la fotografía 5.11.

5.1.2.2 Brecha andesítica (Tsvbran)

La roca se observa en la parte del camino de acceso al mirador, el afloramiento presenta una forma de colina con una altura promedio de 15 m y de extensión limitada; además, existe una parte donde la roca está cubierta con concreto para proteger la pared del canal y evitar la erosión por la fuerza del oleaje; hacia el interior de la laguna la roca está cubierta por una pared de concreto y la parte superficial por suelo arenoso.

La roca es de color blanquecino, rosáceo y amarillo, compacta y llega a formarse una fractura concoidea, presenta un mayor porcentaje de contenido de sílice y el grado de recristalización aumenta, debido a efectos de hidrotermalismo. El tamaño de los clastos es más pequeño en comparación con los de la margen opuesta, llega a observarse una textura granular o piroclástica, el contacto con la roca andesítica no se aprecia en

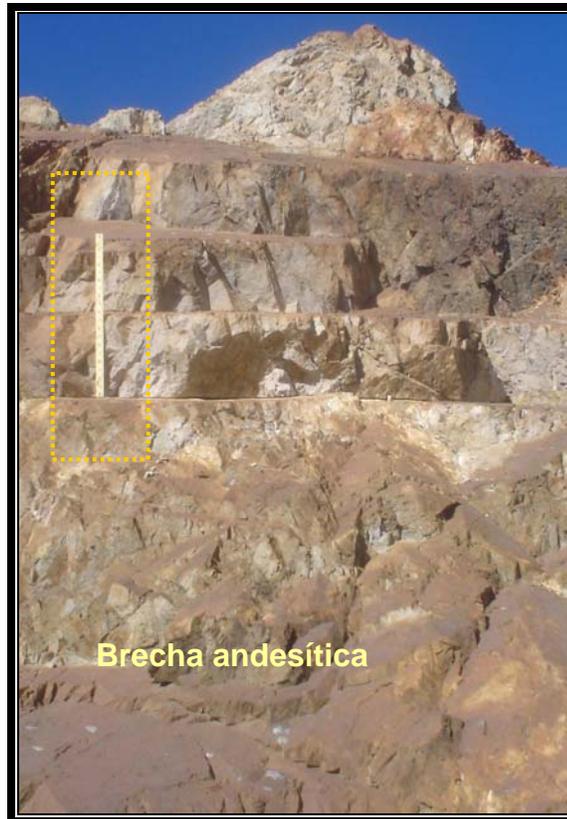
ningún afloramiento, por estar cubierto por suelo. En las fotografías 5.12 y 5.13 se ven bloques de roca de forma tabular con superficies lisas-rugosas.



Fotografía 5.11. Detalle de un afloramiento de andesita en la periferia del Instituto de Investigación Pesquera, la fotografía abarca un área de 4 m².



Fotografía 5.12. Detalle de una brecha andesítica en la zona del camino de acceso al mirador, nótese los bloques en forma tabular de color blanquecino y rosáceo por la sílice y recristalización en la roca.



Fotografías 5.13. Se muestra la forma tabular que se tienen en una brecha andesítica en el camino de acceso al mirador, nótese las zonas intemperizadas (zonas de color pardo) y recristalizadas (zonas claras en la parte media de la fotografía).

En ambas márgenes los materiales Cuaternarios que se apreciaron son los siguientes.

5.1.2.3 Depósitos de litoral (Ql)

Están constituidos por material de arenas de grano medio a fino, de color pardo, se presentan en las playas de las pequeñas bahías y están restringidas a las áreas donde se tiene una pendiente baja para lograr el depósito.

En otros lugares, se encuentran de manera artificial para ganarle terreno a la laguna y empezar a edificar estructuras y asentamientos humanos. Las arenas se encuentran cubiertas por una capa de material de roca y sedimentos con tamaños areno-limosos, que conforman una plataforma de terreno natural.

5.1.2.4 Depósitos de talud (Qdt)

Se trata de material que se ha acumulado al pie de los cantiles y de la ladera de los cerros, está constituido por bloques angulosos a subangulosos y envueltos en una matriz areno-limosa derivados de la roca circundante. Se presentan en una extensión muy restringida.

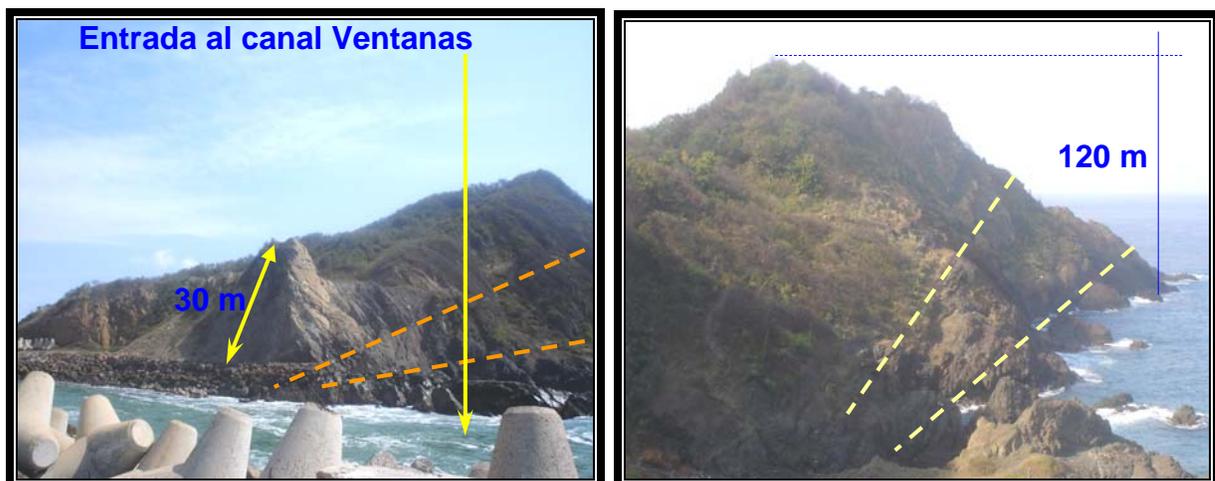
5.1.2.5 Depósito de rezaga (Qr)

Corresponde a una extensión limitada de material y en especial a la margen sur en la parte superior del cerro, que fue depositado debido a trabajos previos de remoción de materiales para utilizarlos como relleno en la parte de la termoeléctrica y en la zona de estudio.

5.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL, SITIO CANAL VENTANAS

Posterior a los reconocimientos de campo en cada una de las márgenes del canal Ventanas, se determinaron las siguientes características con relación al fracturamiento que presentan las rocas.

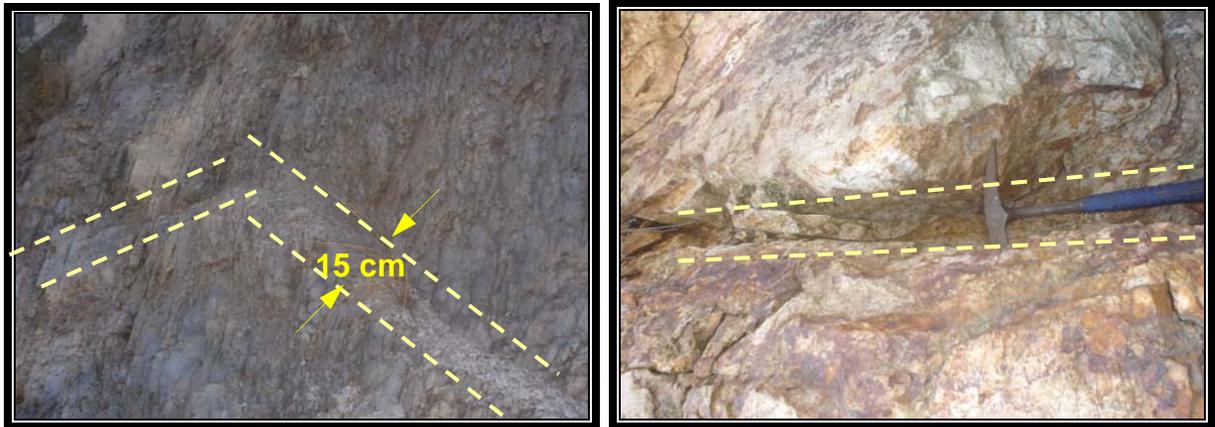
Las fracturas que se apreciaron son muy marcadas, van de continuas a subcontinuas con una longitud de hasta 40 metros promedio las más notorias, existen otras que son de longitud y proyección mayor pero son escasas y propiamente se pudieron observar hacia la margen sur de los cantiles del mar (Fotografía 5.14).



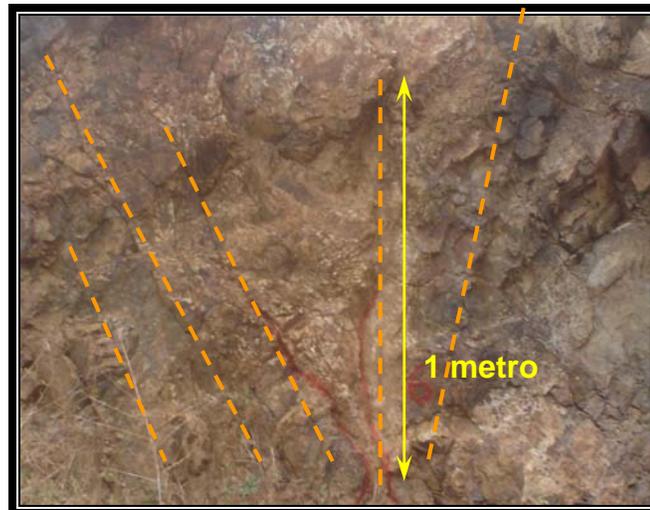
Fotografías 5.14. Detalle de la margen sur, en donde se reconocen algunas fracturas semirregionales hacia el lado de los cantiles del mar y que cortan a los pequeños crestones.

Las paredes de estas discontinuidades son planas-rugosas, llegan a formar bloques en forma de prismas rectangulares y cuyas dimensiones son en promedio de 40 a 60 cm³ aunque estas dimensiones varían de acuerdo a la intensidad de fracturamiento; en ningún caso se encontró filtración o escurrimiento de agua a través de las propias fracturas, la apertura de las fracturas es desde 2 mm hasta 15 cm, el relleno es de roca molida (cizallada), en otras ocasiones el material es de milonita (Fotografía 5.15) dado los esfuerzos y posible corrimiento entre bloques que se suscitó, llega a tomar tonalidades de verdosas a pardas, difícilmente se pueden apreciar rellenos de arcilla superficialmente.

Estas fracturas pueden apreciarse por tramos rectas o bien alabeadas y la longitud de las mismas es hasta de 6 m. En la Fotografía 5.16 se muestran fracturas semiverticales y subcontinuas las cuales forman cuñas.

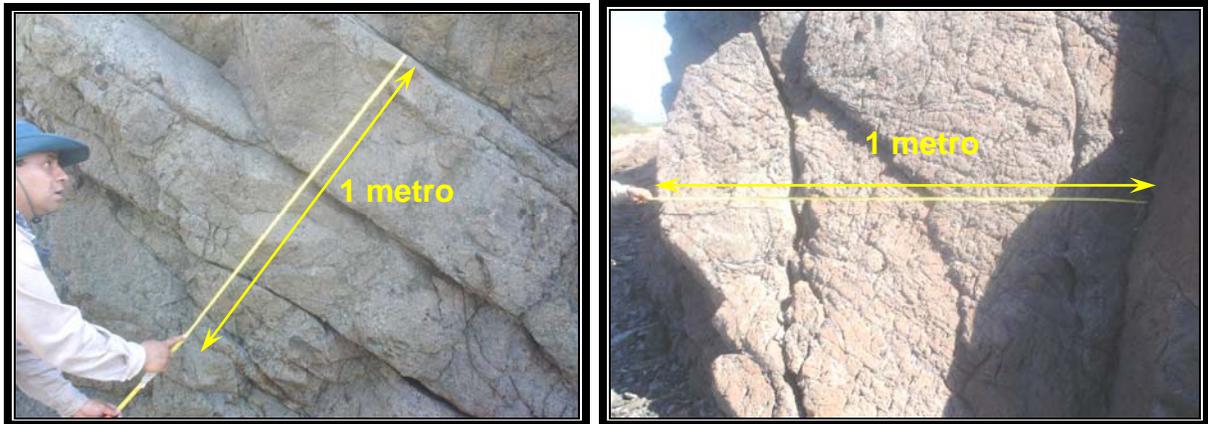


Fotografía 5.15. Detalla la continuidad de las fracturas ya sea de manera recta o sinuosa, y con espesor de 15 cm de material de roca cizallada entre ambos paquetes de roca. Margen sur, sobre el camino Manzanillo-Villa Florida.



Fotografía 5.16. Detalle de fracturas que están conjugadas y forman cuñas hacia profundidad y que presentan a su vez relleno en los mismos planos, margen sur, a 100 metros del canal Ventanas, sobre la explanada de rezaga y arena.

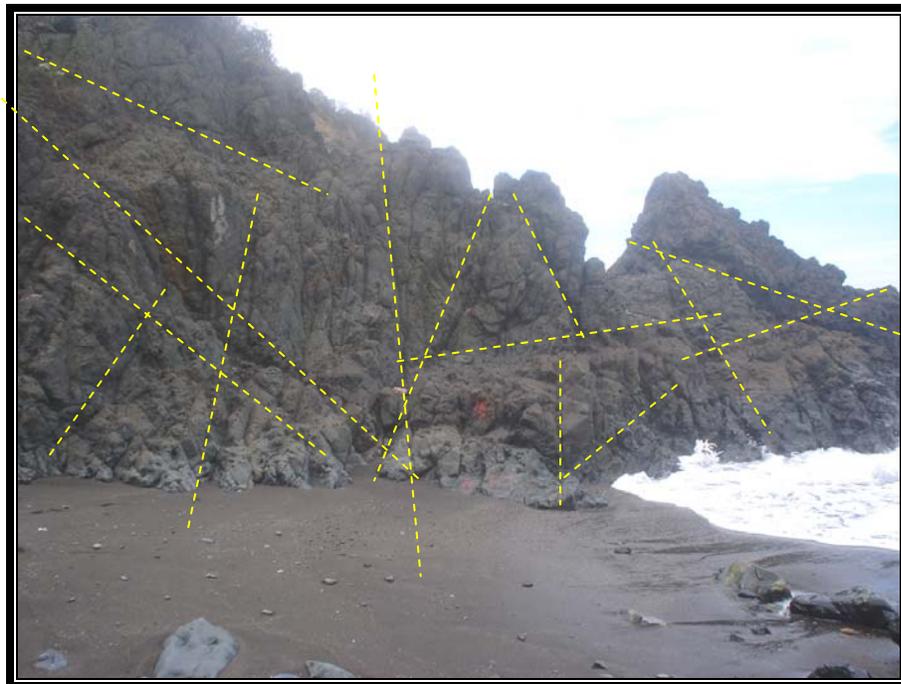
La frecuencia de las fracturas varía de lugar y de afloramiento de roca en ambos márgenes, no existe una uniformidad o parámetro para establecer la intensidad de las fracturas, ésta puede ser desde ligera a muy intensa y se puede encontrar con un intervalo menor de 3 a 4 fracturas por metro lineal (Fotografías 5.17) o bien hasta 15 discontinuidades por metro lineal (Fotografía 5.18).



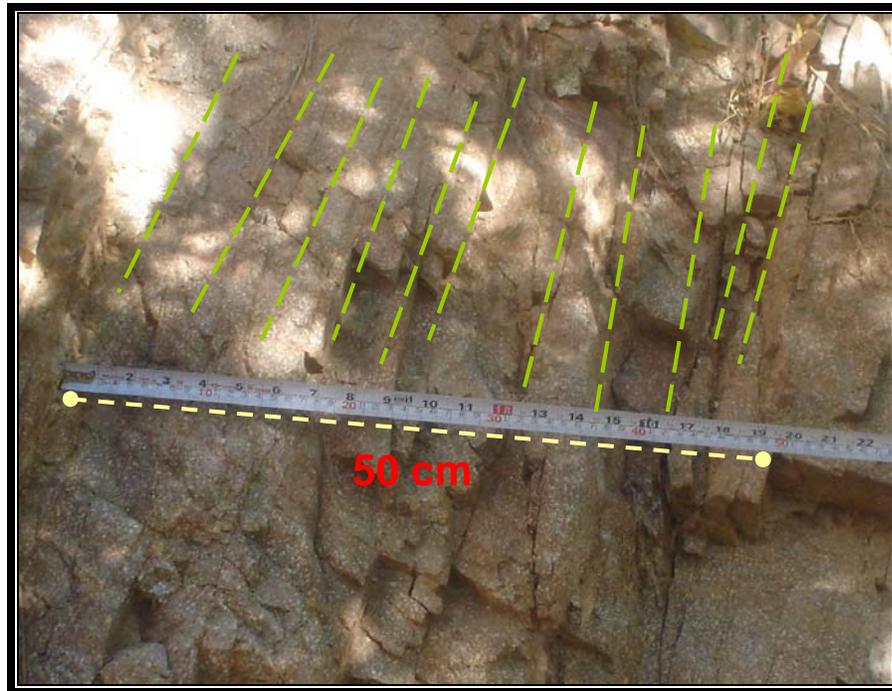
Fotografías 5.17. Se observa una frecuencia de 3 discontinuidades en un metro lineal y paredes escasas con fracturas y altura mayores a los 1.5 m. Margen sur, cerca de la línea de costa.

Debido al intenso fracturamiento existente en la zona de estudio, los bloques llegan a tener una longitud de 40 a 60 cm y la frecuencia que presentan es de 12 fracturas por metro lineal, lo que induce a tener diámetros pequeños y una calidad de roca pobre (Fotografía 5.19).

En los dos casos las unidades litológicas se ven afectadas por los procesos de alteración hidrotermal, mismos que siguen los planos de las discontinuidades reconociéndose bloques de roca con tonalidades verdosas, amarillentas, blancas y rojizas.

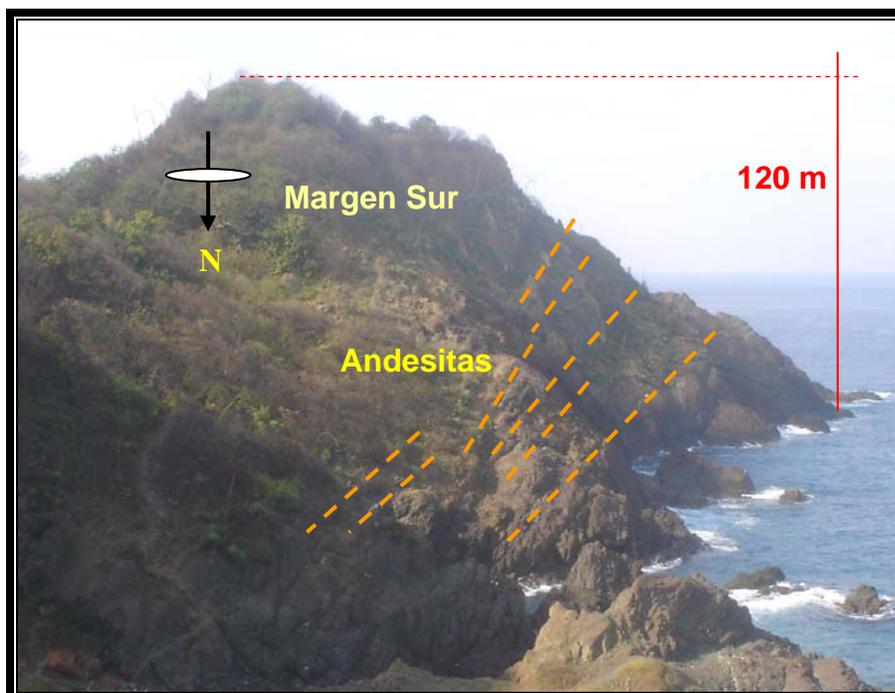


Fotografía 5.18. Se observa un intenso y marcado fracturamiento subcontinuo en un afloramiento de roca andesítica a orilla del mar hacia la margen sur con una frecuencia de 15 fracturas por metro lineal.



Fotografía 5.19. Detalle del intenso fracturamiento en una longitud de 50 cm, observándose bloques pequeños con una calidad de roca pobre. Hacia el sur del canal Ventanas, cerca de la línea de costa.

Estas alteraciones hidrotermales pueden seguir planos semihorizontales o bien planos casi verticales y pueden bifurcarse como es el caso de la alteración en la margen sur y que se observa hacia la zona de cantiles en el mar (Fotografía 5.20).



Fotografía 5.20. Aspecto de las discontinuidades mayores y que se ven afectadas por los procesos de hidrotermalismo en la margen sur y en la zona de cantiles del mar.

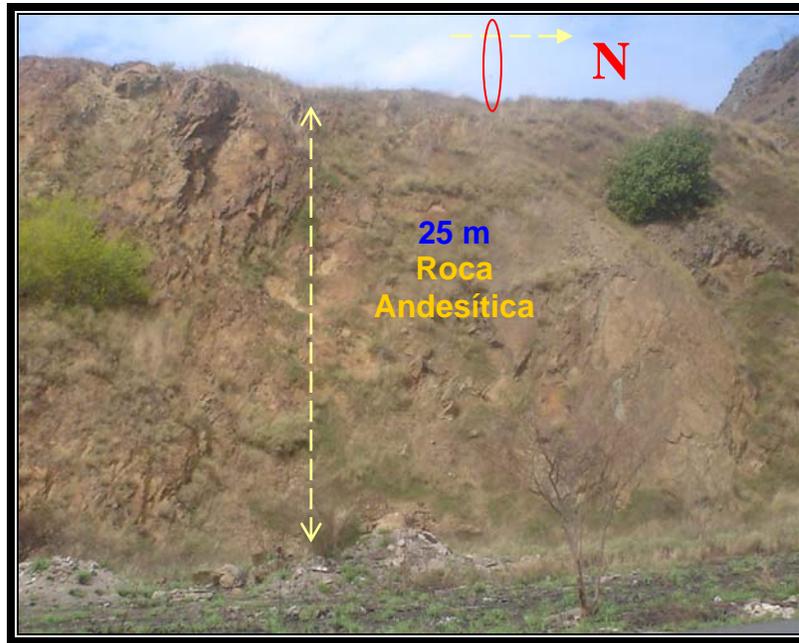
En la zona donde quedaron ubicados los puntos de control geológicos MAC-10 al 14 y

que corresponden a la margen derecha se reconoce una continuidad de las fracturas con la orientación N-S y marcada por una pared semivertical con una altura de 30 m rugosa y áspera, además, se apreciaron claras fracturas que marcan bloques de hasta 2 m de alto pero con unas discontinuidades muy marcadas (Fotografía 5.21).



Fotografía 5.21. Continuidad de las fracturas y las paredes semiverticales con la orientación N-S en líneas amarillas y la orientación NW-SE en líneas azules. Sobre la margen norte. A la derecha, detalle de la foto izquierda.

La Fotografía 5.22 representa la pared interna de la margen norte. A pesar de que no fue posible efectuar los reconocimientos geológicos-estructurales en toda la margen por falta de permiso de accesibilidad, se efectuaron de manera periférica, es decir, en las orillas de la pared interna y de la pared que da hacia la zona del mar, en donde los sistemas son similares en ambas laderas de esta margen del canal Ventanas. Tiene una altura aproximada de 25 m, en ella se tiene un rebaje del cerro ya semiplano, además, se muestra la intensidad del fracturamiento.



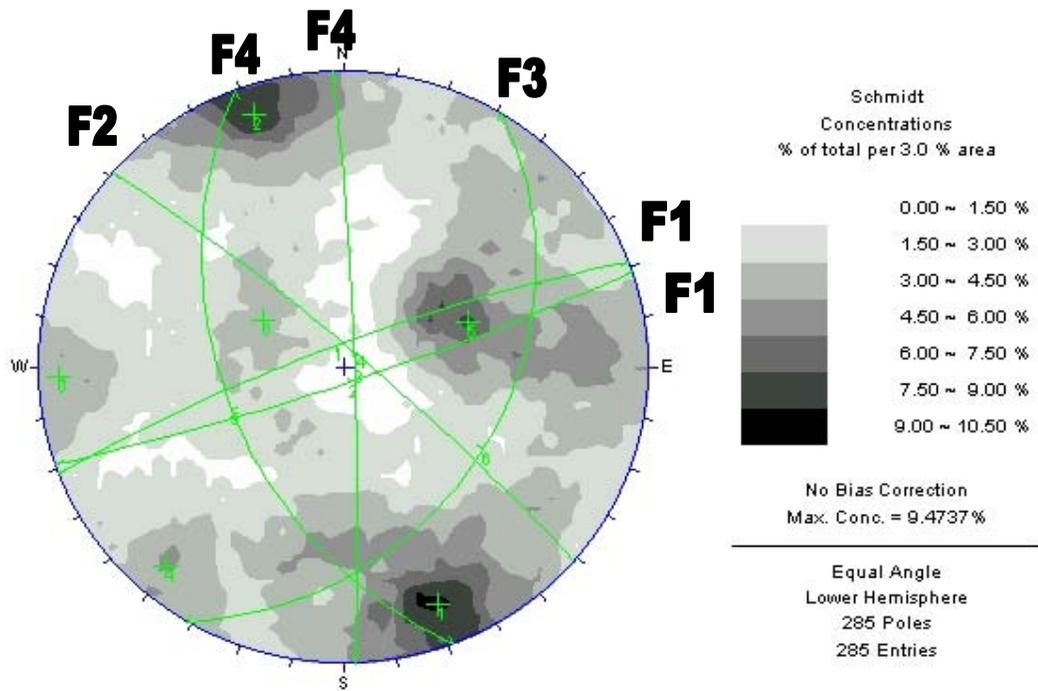
Fotografía 5.22. Aspecto frontal de la ladera interna de la margen norte. Camino Manzanillo-Villa Florida. A unos 500 metros del canal Ventanas.

5.2.1 Análisis Estructural

Por las características y descripciones mencionadas en ambas márgenes y a partir de los datos estructurales colectados se tienen las orientaciones preferenciales indicadas en la Tabla 5.1; asimismo, se tienen las figuras 5.2; 5.3 y 5.4 que muestran la representación estereográfica de las discontinuidades.

FAMILIA (ORIENTACIÓN PREFERENCIAL)	MARGEN SUR		MARGEN NORTE	
	FRACTURAS	FALLAS	FRACTURAS	FALLAS
F1 (E-W)	N69°E/81°NW N71°E/84°SE		N77°E/73°SE N87°E/85°NW	
F2 (NW-SE)	N49°W/83°NE		N45°W/47°SW	
F3 (NE-SW)	N29°E/34°SE	N56°E/54°NW N69°E/50°NW	N37°E/72°SE N64°E/88°SE N66°E/89°NW	N26°E/60°NW
F4 (N-S)	N02°W/86°NE N21°W/47°SW	N12°E/77°NW N16°W/87°SW	N06°W/79°NE N14°E/63°NW	N13°W/41°SW

Tabla 5.1 Resumen de las orientaciones preferenciales obtenidas para las diferentes discontinuidades en ambas márgenes del canal Ventanas.



F₁	N69°E/81°NW
F₁	N71°E/84°SE
F₂	N49°W/83°NE
F₃	N29°E/34°SE
F₄	N02°W/86°NE
F₄	N21°W/47°SW

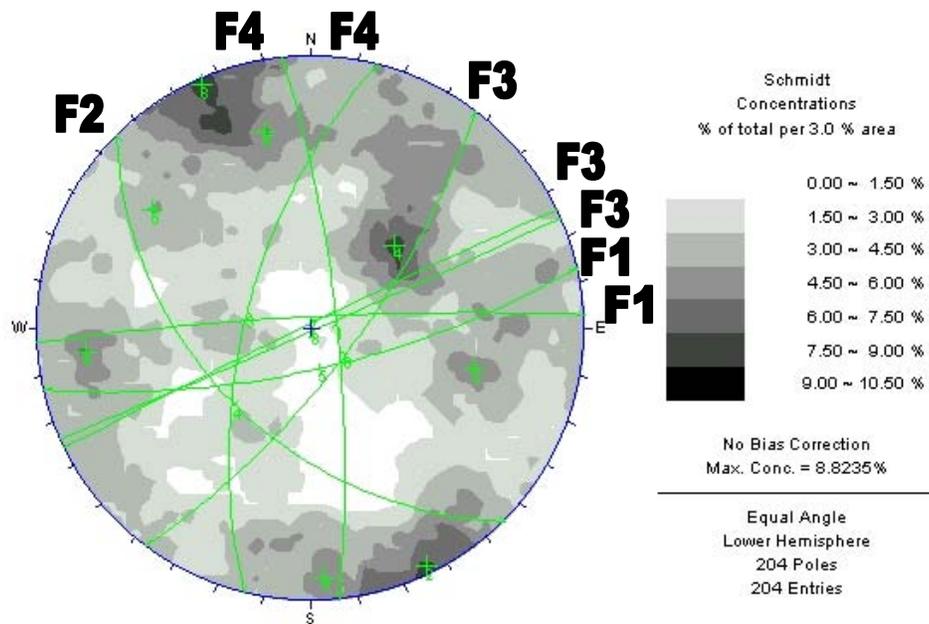
285 POLOS DE FRACTURAS REPRESENTADOS



**CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL SITIO CANAL
VENTANAS MANZANILLO, COL.
(Geología de detalle, canal Ventanas)**

Figura 5.2 Orientaciones preferenciales de fracturas en la zona de marea sur.





F ₁	N77°E/73°SE
F ₁	N87°E/85°NW
F ₂	N45°W/47°SW
F ₃	N37°E/72°SE
F ₃	N64°E/88°SE
F ₃	N66°E/89°NW
F ₄	N06°W/79°NE
F ₄	N14°E/63°NW

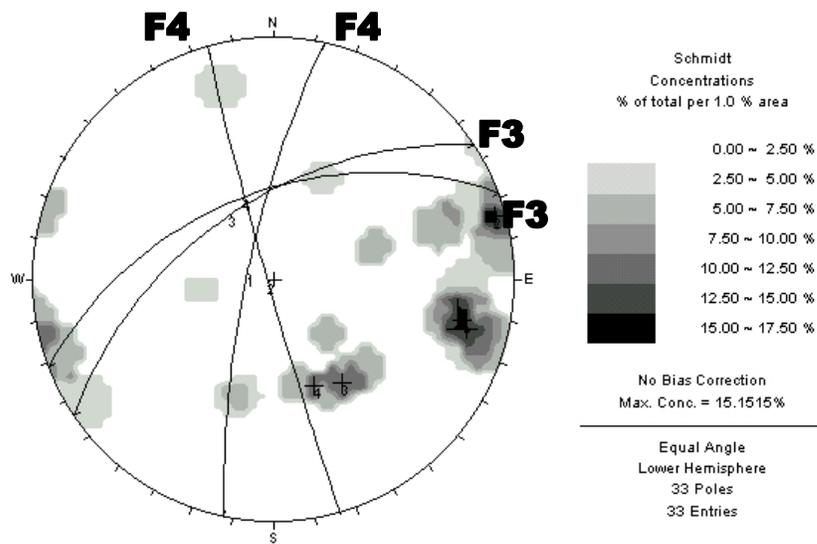
204 POLOS DE FRACTURAS REPRESENTADOS



**CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL SITIO CANAL
VENTANAS MANZANILLO, COL.**
(Geología de detalle, canal Ventanas)

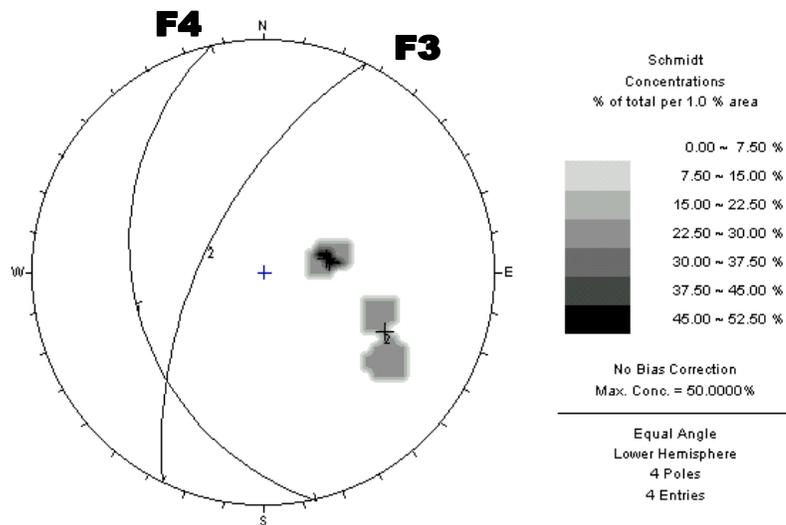
Figura 5.3 Orientaciones preferenciales de fracturas en la zona marden norte





MARGEN SUR
33 POLOS DE FALLAS

F₃ N56°E/54°NW
F₃ N69°E/50°NW
F₄ N16°W/87°SW
F₄ N12°E/77°NW



MARGEN NORTE
4 POLOS DE FALLAS

F₃ N26°E/60°NW
F₄ N13°W/41°SW



**CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL SITIO CANAL
VENTANAS MANZANILLO, COL.**
(Geología de detalle, canal Ventanas)

Figura 5.4 Orientaciones preferenciales de fallas en ambas márgenes.



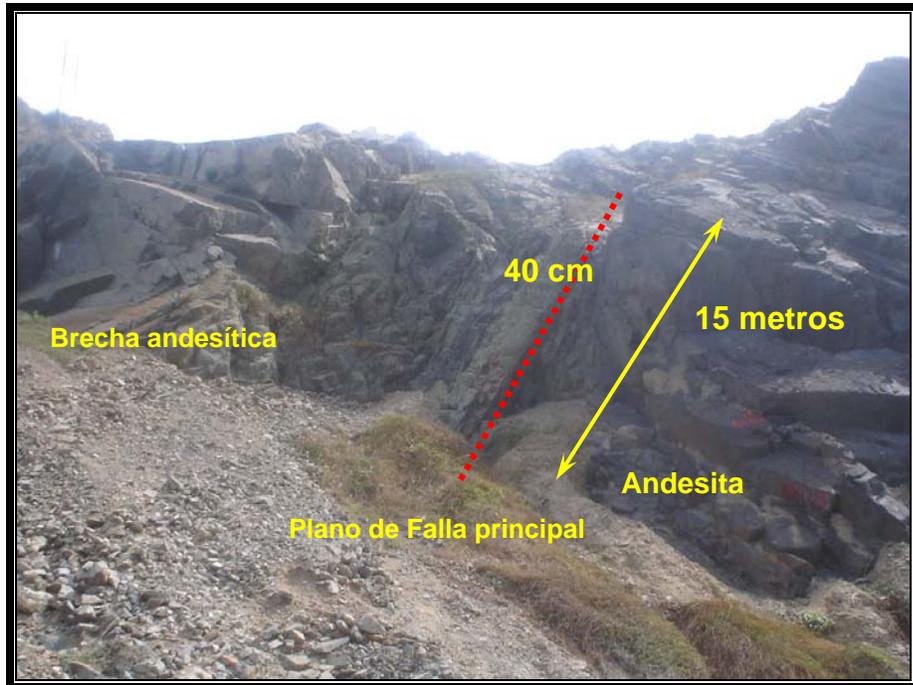
Como se puede observar en el resumen de la tabla 5.1, la dirección F(3) NE-SW corresponde al contacto litológico entre la andesita y la brecha andesítica en la zona próxima a los cantiles.

En la margen sur y próxima al canal Ventanas, existe un afloramiento que muestra una falla normal oblicua con desplazamiento lateral con movimiento izquierdo, la cual se ubica en la proximidad del contacto de la brecha andesítica con la andesita, tiene 1.5 m de altura y 0.5 m de anchura, su superficie presenta una serie de surcos que corresponden a las estrías con deslizamiento subhorizontal, el contacto con la roca es cerrado (Fotografía 5.23).



Fotografía 5.23. Detalle en la margen sur del canal Ventanas, en la brecha andesítica se tiene una falla normal oblicua con desplazamiento lateral izquierdo, en el plano de falla se observa la orientación de las estrías (línea de puntos de color amarillo).

En la margen sur del canal Ventanas, a unos 150 metros del mismo, existe un cantil donde se aprecia otra falla normal que pone en contacto litológico a la brecha andesítica y la andesita. El plano de la falla es subcontinuo, tiene material de roca triturada como relleno, de color verdoso, la zona de falla tiene un espesor de 40 cm. En la parte baja del cantil se reconoce sólo la traza de la orientación de la falla, la cual está en contacto roca a roca y se observa un fracturamiento paralelo a la dirección preferencial de la falla normal. En la parte superior del cantil únicamente se observó la traza de la falla; sin embargo, en la parte media del mismo la falla está cubierta por depósitos de talud (Fotografías 5.24 y 5.25).



Fotografía 5.24. Acercamiento de la parte media y superior del cantil donde está la falla normal que pone en contacto litológico a la brecha andesítica (a la izquierda) y la andesita (a la derecha). La línea roja marca la traza y espesor aproximado de la falla, que en parte está cubierta por depósitos de talud.



Fotografía 5.25. Vista de la parte occidental de la margen sur del canal Ventanas, donde se observa en el cantil una falla normal que está cubierta por depósitos de talud, la brecha andesítica (lado izquierdo) y la andesita (lado derecho) de color púrpura.

6 CONCLUSIONES

Los trabajos de Geología regional del canal Ventanas se efectuaron en una superficie de 135 km², comprendida en el cuadrángulo de la línea de costa que de occidente a oriente inicia en las comunidades de Villa Florida hasta Tepalcates, y de sur a norte de la zona hotelera de Manzanillo hasta Punta de Agua de Camotlán, hacia el norte del poblado de Jalipa.

Las rocas que se identificaron corresponden a un ambiente ígneo. Las edades de las unidades litológicas encontradas e identificadas en los recorridos de campo, varían desde el Cretácico hasta el Cuaternario y corresponden, de la más antigua a la más reciente: granito de biotita (Ksig) del Cretácico Superior; por encima y en discordancia descansan rocas del Terciario (Eoceno al Plioceno) andesitas (Tsvan), brechas andesíticas (Tsvbran), tobas cristalinas andesíticas y arenosas (Tsvtc); por último, depósitos de materiales del Cuaternario como son: depósitos de talud (Qdt), depósitos de suelo residual (Qsr), depósitos de aluvión (Qal) y depósitos de litoral (Ql).

La unidad cretácica se encuentra ampliamente localizada a escala regional, sobre todo hacia el norte de la zona de estudio. Hacia el sur, los afloramientos se hallan hacia el canal Tepalcates y la zona de El Colomo.

Las unidades de edad terciaria, es decir, las unidades extrusivas, se ubican hacia la zona centro y sur-suroeste a escala regional.

Los eventos geodinámicos que influyeron de manera determinante en la zona de estudio fueron el acercamiento y la colisión de la dorsal del Pacífico Oriental. Se calcula que esto se originó hace 24 Ma y la separación fue un proceso gradual entre 12 y 15 Ma. Por otro lado se tuvo una tectónica extensional, de rumbo general ENE-WSW que afectó al Eje Neovolcánico en su parte occidental y que originó cuatro grandes estructuras: el Graben Tepic-Zacoalco, el Graben de Colima, el Graben de Chapala y el Graben de Manzanillo.

Como consecuencia del análisis estructural de las rocas aflorantes a escala regional, se identificaron cuatro familias de discontinuidades principales. Sus características geológico-estructurales son las siguientes:

El sistema (F1) presenta una orientación preferencial E – W, y se establece como el sistema de fracturas y fallas normales más antiguo, dada la asociación de edad con las rocas graníticas del Cretácico Tardío. El sistema predominante es N87°/E88°SE. Sus longitudes van de 5 a 40 metros, son subcontinuas a continuas y sus superficies son planas-rugosas.

El sistema (F2) NE – SW, presenta alineamientos mayores hacia la porción norte del poblado de Jalipa, mientras que hacia la zona de Manzanillo escasamente se observan alineamientos con esta orientación. Las direcciones preferenciales son N53°E/88°SE y

N56°E/84°NW. Sus superficies alabeadas y casi verticales, en las que se presenta un cambio de buzamiento.

El sistema (F3) NW – SE, corresponde a un sistema de fracturas y fallas normales con presencia a escala regional en ambas litologías (granito y andesitas); corta a los sistemas estructurales anteriores, la orientación preferencial de este sistema está en el intervalo de N56°W/85°SW y N43°W/55°SW. Sus fracturas son continuas a subcontinuas menores a 15 metros, con superficies planas rugosas.

El sistema (F4) N – S, corresponde al último sistema de fracturas y fallas normales a escala regional, con una orientación preferencial de N21°E/80°SE y N09°W/72°SW. Sus discontinuidades son subcontinuas a continuas y presentan superficies planas rugosas

Se identificaron tres zonas sobresalientes, a escala regional, en donde se determinaron características de fallas normales en cada una, estas son:

ZONA DE FALLA DE LA CANTERA DE PUNTA DE AGUA DE CAMOTLÁN: Está localizada al N 25° E del poblado de Jalipa y a una distancia de 4 km, la cantera es de andesita rodeada por granito. La roca está muy fracturada y presenta planos de fallas con orientaciones preferenciales de N47°W/76°NE (F3) y una componente secundaria con orientación de N52°E/65°NW (F2).

ZONA DE FALLA EN LA CANTERA TEPALCATES: La cantera de Tepalcates se localiza en la porción oriental del canal Ventanas y distante a 10 km del mismo, la roca es granito de biotita, y hoy día está en explotación para obtener roca para la construcción. Los bloques de roca tienen un diámetro de 1 a 1.5 m. En la cantera de Tepalcates se observó una falla normal con orientación de N11°W/65°SW a N18°W/65°NE, el plano de la falla es alabeado y sinuoso.

ZONA DE FALLA EN EL CRUCERO EL COLOMO: se localiza a 5 Km al oriente de Manzanillo, en un corte de la autopista Colima-Tecomán-Manzanillo; el corte del cerro tiene una longitud de 120 m y una altura de 40 m, En este afloramiento se tienen dos fallas normales, la primera pone en contacto al granito de biotita y la andesita. La segunda falla normal es resultado del contacto de las andesitas con las tobas cristalinas andesíticas. En los planos de falla se observan alteraciones hidrotermales. La orientación preferencial de los planos de falla de tipo normal está en el intervalo de N82°E/65°SE, aunque existe una componente secundaria con una orientación de N63°E/62°SE. También, se identificaron algunos pequeños planos de falla con estrías subhorizontales, que denotan una falla de rumbo con desplazamiento lateral izquierdo, los relieves son pequeños y tienen un área de exposición de aproximadamente 40 cm².

El estudio de Geología de detalle en el sitio canal Ventanas, abarca un área de 20 hectáreas, y se dividió para su estudio en dos márgenes: sur y norte En esta zona se reconocieron rocas ígneas extrusivas únicamente e incluyen tobas cristalinas, tobas arenosas andesíticas (Tsvtc); brechas andesíticas (Tsvbran) y andesitas (Tsvan); así como depósitos cuaternarios de talud (Qdt), suelo residual (Qsr) y de litoral (Ql).

La margen sur está conformada por cerros con cimas redondeadas, los que se encuentran próximos al canal tienen una altura de 22 m. A lo largo de la línea de costa están los derrames andesíticos que tienen un comportamiento subhorizontal, con ángulo de buzamiento bajo que tiende a la horizontal. Asimismo, bordeando la línea de costa están los crestones de andesitas que se alinean con rumbo Este-Oeste, con áreas reducidas y alturas que no sobrepasan los 15 m, y llegan a formar pequeñas bahías donde se forman reducidas playas con depósitos de litoral.

Las brechas andesíticas se consideran como un evento volcánico que ocurrió de forma contemporánea a los derrames andesíticos, los afloramientos que existen en el área de estudio, son de menor extensión que los derrames andesíticos. En la margen sur se encuentran aflorando las brechas andesíticas que cubren un 80% del cerro que se extiende en forma paralela al canal. El grado de fracturamiento presente en la zona, produce cuerpos tabulares de roca como si se trataran de pseudoflujos andesíticos, con espesores de 20 a 40 cm.

Las unidades litológicas que afloran en la margen norte están representadas por derrames andesíticos y brechas andesíticas con las mismas características que en la margen sur. Cabe aclarar que la margen norte no fue detallada en su totalidad y en especial la parte central, debido a que es propiedad privada y no se tuvo autorización para acceder a ella.

El análisis estereográfico realizado a las fracturas estudiadas en ambos márgenes, arrojó cuatro familias que tienen las siguientes orientaciones: E –W, NW – SE, NE – SW y N – S, que son similares a las analizadas a escala regional.

Las fracturas que se reconocieron en ambos márgenes son muy marcadas, van de continuas a subcontinuas con una longitud promedio de 40 metros las más notables, existen otras que son de longitud y proyección mayor pero son escasas y propiamente se pudieron ver hacia la margen sur en los cantiles cercanos al mar. En cuanto a la frecuencia de las fracturas, ésta varía de lugar y de afloramiento de roca en ambos márgenes, no existe una uniformidad o parámetro para establecer la intensidad de las fracturas, ésta puede ser desde ligera a muy intensa y se pueden encontrar con un intervalo menor de 3 a 4 fracturas por metro lineal o bien hasta 15 discontinuidades por metro lineal lo que induce a tener diámetros pequeños y una calidad de roca pobre.

Las orientaciones identificadas son las siguientes:

La familia (F1) varía de N69°E a N87°E y su buzamiento tiene un intervalo de 73°SE a 85°NW.

La familia (F2) varía de N45°W a N49°W, mientras que el buzamiento lo hace de 83°NE a 47°SW.

La familia (F3) está en el intervalo de N29°E a N66°E, y buza 89°NW a 34°SE.

La última familia (F4) varía de N14°E a N21°W, mientras el buzamiento lo hace de 79°NE a 47°SW.

Para las fallas identificadas en ambos márgenes, las familias se redujeron a dos orientaciones: una NE – SW y la otra N – S.

La orientación (F3) varía de rumbo desde N26°E hasta N69°E, y su buzamiento lo hace de 54° a 60° al NW. Esta es la familia a la que corresponde el contacto litológico entre la andesita y la brecha andesítica en la zona próxima a los cantiles.

La familia N –S, varía de N12°E a N16°W con buzamientos que cambian de 77°NW a 41°SW.

7 BIBLIOGRAFÍA

Campa, M. F. y Ramírez Joel, 1979. *La evolución geológica y metalogénesis del noroccidente de Guerrero*. Serie tecnicocientífica de la Universidad de Guerrero, N° 1, 102 p.

Consejo de Recursos Minerales (COREMI), 1994. *Monografía Geológica-Minera del Estado de Colima*; México, COREMI, publicación M-11e, 90 p.

Delgado M. A., Barrera D., Uribe A., (2000). *Modelo tectónico del subsuelo de Guadalajara*; Memorias del II Reunión de Ciencias de la Tierra

López, Loera Héctor, 2002. *Estudio de las anomalías magnéticas y su relación con las estructuras geológicas y actividad eruptiva de los complejos volcánicos activos de Colima y Popocatepetl, México*; México, UNAM-Instituto de Geofísica, Tesis doctoral (inédita), p. 68-70.

Márquez Ramírez, Víctor H., 2003. *Localización de réplicas del sismo de Armería, Colima, del 22 de Enero de 2003*; México, Universidad de Colima-Facultad de Ciencias, Tesis profesional (inédita), p. 4-8.

Quintero-Legorreta, Odranoel; Michaud, François; Bourgois, Jacques y Barrier, Eric, 1992. *Evolución de la frontera septentrional del bloque de Jalisco, México, desde hace 17 Ma*, UNAM, Instituto de Geología, Revista, vol. 10, núm 2, p. 111-117.

Rosas-Elguera, José; Ferrari, Luca; Garduño-Monroy, Víctor H.; Urrutia-Fucugauchi, Jaime, 1996. *Continental boundaries of the Jalisco block and their influence in the Pliocene-Quaternary Kinematics of western Mexico*; USA, Journal of Geology, Volumen, 24, p. 921-924.

Vallarino Guzmán, Jaime R., 1979. *Estudio geológico-marino de las Alternativas 1 y 5, para la obra de Toma de la Planta Termoeléctrica Manzanillo*; Colima, México. UNAM

Rodríguez, Lara Virgilio, *GEODINAMICA. Dinámica de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM)*, www.geociencias.unam.mx/SGM.html

Comisión Federal de Electricidad, 2004. *Gestión para Estudios Regionales*; México, CFE, GEIC, Clave DGL-02

Comisión Federal de Electricidad, 2004. *Gestión para Estudios de Detalle*; México, CFE, GEIC, Clave DGL-04

Comisión Federal de Electricidad, 2004. *Obtención y Análisis de datos en afloramientos de roca*; México, CFE, GEIC, Clave DGL-07

INEGI, 1973 y 1998 *Carta topográfica, Manzanillo, Col., clave E13 B43*; México, INEGI, Escala 1:50 000.

INEGI, *Conjunto vectorial y toponímico de la hoja Topográfica E13 B43 Manzanillo, Col.*; México, INEGI, Escala 1:50 000.

INEGI, 1977. *Carta geológica, Manzanillo, Col., clave E13 B43*; México, INEGI, Escala 1:50 000.

INEGI, 2003.- *XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Perfil Sociodemográfico "Colima"*.

PAQUETES DE CÓMPUTO EMPLEADOS

Rocscience Inc. 1986-2001. Dips, plotting, analysis and presentation of structural data using spherical projection techniques; Canada, Geomechanics software & research.

Autodesk AutoCAD 2004 Map

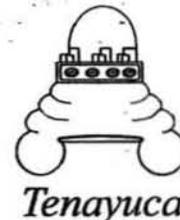
Rockwork, 2002, version 2.12.3, USA, RockWare, Earth Science & GIS Software.

ANEXOS

ESTUDIOS PETROGRÁFICOS



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA
GERENCIA DE INGENIERÍA CIVIL
SUBGERENCIA DE GEOLOGÍA
SUPERINTENDENCIA DE ESTUDIOS ZONA CENTRO
ESTUDIO PETROGRÁFICO



I.- DATOS DE CAMPO

Muestra N°: MZ-10-05

Colector: Ing. Miguel Ángel Carranza Alcántara

Localidad: Proyecto Tanque de Gas Natural, Manzanillo.

Descripción del afloramiento: Sin descripción

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Rosa naranja grisáceo (5YR 7/2).

Estructura y textura: Compacta, fanerítica de grano fino.

Minerales observables: Cuarzo, feldespatos, máficos.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Equigranular, holocristalina, hipidiomórfica.

Mineralogía:

a) Minerales esenciales:	Cuarzo	31%
	Feldespato potásico	37%
	Plagioclasa sódica	20%
b) Minerales accesorios:	Biotita	10%
	Minerales opacos	2%
	Apatito	Trazas
c) Minerales secundarios:	Clorita	
	Hematita	
	Sericita	
	Arcillas	

d) Matriz o cementante:

e) Caracteres especiales: Cristales anedrales de cuarzo de forma anedral formando un mosaico equigranular con los feldespatos potásicos (peritita, microclina) y plagioclasas sódicas (andesina) las cuales presentan una forma tabular que varía de anedral a subedral predominando estos últimos y los que se observan con una débil e incipiente alteración a sericita y a minerales arcillosos, cristales tabulares euedrales de biotita la cual presenta una alteración variable a clorita.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Ígneo intrusivo. Familia riolita-granito.

V.- CLASIFICACIÓN GRANITO DE BIOTITA, ROSA NARANJA GRISÁCEO.

Fecha: 01 de Febrero de 2005

Petrógrafo: Ing. Miguel Ángel Carranza Alcántara



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA
GERENCIA DE INGENIERÍA CIVIL
SUBGERENCIA DE ESTUDIOS GEOLÓGICOS
SUPERINTENDENCIA DE ESTUDIOS ZONA CENTRO
ESTUDIO PETROGRÁFICO



I.- DATOS DE CAMPO

Muestra N°: MZ-6A-05

Colector: Ing. Miguel Ángel Carranza Alcántara

Localidad: P.H. Manzanillo.

Descripción del afloramiento: Roca densa, compacta, dique de color rosáceo, color de intemperismo verdoso, de textura fanerítica de grano fino, con cuarzo, plagioclasas y máficos, hornblenda y biotita, existen enclaves de máficos. Probable dique granítico. Coordenadas X: 57 9205, Y: 21 01202.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Rosa Naranja grisáceo 5YR 7/2

Estructura y textura: Compacta-masiva, fanerítica de grano medio

Minerales observables: Cuarzo, feldespatos, máficos, turmalina?

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Equigranular, holocristalina, alotriomórfica.

Mineralogía:

a) Minerales esenciales:

Cuarzo	25%
Pertita	30%
Albita	10%
Andesina	20%

b) Minerales accesorios:

Hornblenda	5%
Biotita	5%
Turmalina	5%
Apatito	Trazas
Minerales opacos	Trazas

c) Minerales secundarios:

Sericita
Arcillas
Calcita
Clorita

d) Matriz o cementante:

e) Caracteres especiales: Cristales de cuarzo de forma anedral, feldespatos de forma tabular euedral alterados ligeramente a sericita y a arcillas y algunos reemplazados por calcita, hornblenda de forma tabular subedral, biotita de forma tabular euedral y alterada considerablemente a clorita, presencia de turmalina, apatito y minerales opacos.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA **Ígneo intrusivo Familia riolita-granito.**

V.- CLASIFICACIÓN **GRANITO DE HORNBLENDA Y BIOTITA TURMALINIZADO**

Fecha: 22 de Febrero de 2005

Petrógrafo: Ing. Miguel Ángel Carranza Alcántara



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA
GERENCIA DE INGENIERÍA CIVIL
SUBGERENCIA DE ESTUDIOS GEOLÓGICOS
SUPERINTENDENCIA DE ESTUDIOS ZONA CENTRO
ESTUDIO PETROGRÁFICO



I.- DATOS DE CAMPO

Muestra N°: MAC-56-05

Colector: Ing. Miguel Ángel Carranza Alcántara

Localidad: P.H. Manzanillo.

Descripción del afloramiento: Roca de color rojiza, el color de alteración es pardo claro, presenta costras de alteración, de textura afanítica. Probable Andesita. Coordenadas X:57 2600, Y: 21 06731

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Rojo pálido (5R 6/2)

Estructura y textura: Masiva, samítica

Minerales observables: Feldespatos, cuarzo, líticos, óxidos de fierro .

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Epiclástica samítica.

Mineralogía:

a) **Minerales esenciales:** Cuarzo
Feldespatos
Líticos

b) **Minerales accesorios:** Minerales opacos

c) **Minerales secundarios:** Arcillas
Sericita

d) **Matriz o cementante:** De óxidos de fierro

e) **Caracteres especiales:** Mosaico de cristales de cuarzo anguloso de forma elongada, feldespatos tabulares euedrales e irregulares, algunos alterados fuertemente a arcillas y sericita, y presencia de escasos fragmentos de roca (líticos) cuarzo felespática, los tamaños varían de la arena fina (0.5mm) a la arena gruesa (2mm) y aglutinados por óxidos de fierro.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentario - Continental

V.- CLASIFICACIÓN GRAUVACA FELDESPÁTICA OXIDADA

Fecha: 22 de Febrero de 2005

Petrógrafo: Ing. Miguel Ángel Ruvalcaba Sepúlveda



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA
GERENCIA DE INGENIERÍA CIVIL
SUBGERENCIA DE ESTUDIOS GEOLÓGICOS
SUPERINTENDENCIA DE ESTUDIOS ZONA CENTRO
ESTUDIO PETROGRÁFICO



I.- DATOS DE CAMPO

Muestra N°: MAC-51-05

Colector: Ing. Miguel Ángel Carranza Alcántara

Localidad: P.H. Manzanillo.

Descripción del afloramiento: Roca de color gris oscuro, el color de alteración es pardo a rojizo por oxidación y desarrollo de dendritas (manganeso), de textura afanítica. Probable andesita. Coordenadas X: 57 6318, Y: 21 06523

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Gris oscuro N3

Estructura y textura: Masiva, porfídica

Minerales observables: Feldespatos, epidota, óxidos de hierro

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Porfídica en matriz intergranular

Mineralogía:

a) **Minerales esenciales:**

Andesina	70%
Oligoclasa	30%

b) **Minerales accesorios:** Augita
Minerales opacos

c) **Minerales secundarios:** Sericita
Arcilla
Epidota

d) **Matriz o cementante:** De material feldespático cuyos intersticios están ocupados por granulos de piroxenos y minerales opacos.

e) **Caracteres especiales:** Escasos fenocristales de plagioclasas intermedias de forma tabular subedral y alteradas moderadamente a sericita, arcillas y epidota, estos se observan englobados en material microcristalino feldespático en cuyos intersticios se tiene la presencia de abundantes granulos de piroxenos y minerales opacos.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Ígneo extrusivo o intrusivo hipabisal somero (depende de la relación de campo). Familia andesita – diorita.

V.- CLASIFICACIÓN ANDESITA PORFIDICA, ARGILITIZADA Y EPIDOTIZADA, COLOR GRIS OSCURO.

Fecha: 22 de Febrero de 2005

Petrografo: Ing. Miguel Ángel Ruvakaba Serúveda



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA
GERENCIA DE INGENIERÍA CIVIL
SUBGERENCIA DE GEOLOGÍA
SUPERINTENDENCIA DE ESTUDIOS ZONA CENTRO
ESTUDIO PETROGRÁFICO



I.- DATOS DE CAMPO

Muestra N°: EF-5-05

Colector: Ing. Miguel Ángel Carranza Alcántara

Localidad: Proyecto Tanque de Gas Natural, Manzanillo.

Descripción del afloramiento: Sin descripción

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Gris verdoso (5GY 6/1).

Estructura y textura: Compacta, porfídica.

Minerales observables: Feldespatos, calcita, óxidos de hierro.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Porfídica en matriz intersertal.

Mineralogía:

a) **Minerales esenciales:**

Andesina	45%
Oligoclasa	55%

b) **Minerales accesorios:** Minerales opacos

c) **Minerales secundarios:**

Sericita
Arcillas
Calcita

d) **Matriz o cementante:** de microlitos cuyos intersticios lo ocupa clorita.

e) **Caracteres especiales:** Abundantes fenocristales de plagioclasas intermedias con forma tabular eudral y algunas totalmente reemplazadas por calcita, aunque también presentan alteración considerable a sericita y a minerales arcillosos y bien alterados a calcita-óxidos de hierro, estos se presentan en una matriz constituida por microlitos de plagioclasas los cuales son escasos y en cuyos intersticios se observa abundante clorita.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Ígneo intrusivo hipabisal o extrusivo (depende de la relación de campo). Familia andesita-diorita.

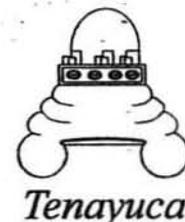
V.- CLASIFICACIÓN PORFIDO ANDESÍTICO PROPILITIZADO.

Fecha: 01 de Febrero de 2005

Petrógrafo: Ing. Miguel Ángel Benavente Sepúlveda



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA
GERENCIA DE INGENIERÍA CIVIL
SUBGERENCIA DE GEOLOGÍA
SUPERINTENDENCIA DE ESTUDIOS ZONA CENTRO
ESTUDIO PETROGRÁFICO



I.- DATOS DE CAMPO

Muestra N°: CVMI-1-05

Colector: Ing. Miguel Ángel Carranza Alcántara

Localidad: Proyecto Tanque de Gas Natural, Manzanillo.

Descripción del afloramiento: Sin descripción

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Gris claro (N7) a gris verdoso (5GY 6/1).

Estructura y textura: Compacta, porfídica.

Minerales observables: Feldespatos, óxidos de fierro.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Porfídica en matriz intersertal.

Mineralogía:

a) **Minerales esenciales:** Andesina 65%
Oligoclasa 35%

b) **Minerales accesorios:** Minerales opacos

c) **Minerales secundarios:** Sílice en vetillas
Calcita en vetillas
Sericita
Arcillas

d) **Matriz o cementante:** de microlitos cuyos intersticios lo ocupan clorita, calcita, óxidos de fierro y opacos.

e) **Caracteres especiales:** Escasos fenocristales de plagioclasas de forma tabular subedral a eudral y alterando ligeramente a sericita y a arcillas, algunas afectadas por calcita, estas se encuentran en una matriz de microlitos de plagioclasas en las que sus intersticios los ocupan minerales secundarios (clorita, calcita, óxidos) y opacos. Se observa considerable fracturamiento cerrado por sílice y calcita.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Ígneo extrusivo. Familia andesita-diorita.

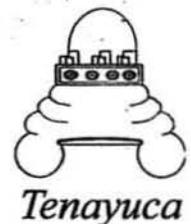
V.- CLASIFICACIÓN ANDESITA PROPILITIZADA, GRIS CLARO A VERDOSO.

Fecha: 01 de Febrero de 2005

Petrógrafo: Ing. Miguel Ángel Rivalcaba Sepúlveda



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA
GERENCIA DE INGENIERÍA CIVIL
SUBGERENCIA DE GEOLOGÍA
SUPERINTENDENCIA DE ESTUDIOS ZONA CENTRO
ESTUDIO PETROGRÁFICO



I.- DATOS DE CAMPO

Muestra N°: CV-5-05

Colector: Ing. Miguel Ángel Carranza Alcántara

Localidad: Proyecto Tanque de Gas Natural, Manzanillo.

Descripción del afloramiento: Sin descripción

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Gris parduzco (5YR 4/1).

Estructura y textura: Compacta, piroclástica.

Minerales observables: Fragmentos de roca, feldespatos, clorita.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Piroclástica.

Mineralogía:

a) Minerales esenciales:

Andesina	30%
Oligoclasa	70%

Fragmentos de rocas ígneas (andesitas)

b) Minerales accesorios: Minerales opacos

c) Minerales secundarios:

Calcita
Clorita en vesículas
Sílice en vesículas

d) Matriz o cementante: Criptocristalina cuarzo feldespática y arcillosa por desvitrificación.

e) Caracteres especiales: Abundantes cristales de plagioclasa sódica (Oligoclasa – andesina) de forma tabular subedral y pocos fragmentos tabulares líticos de rocas andesíticas englobados en una matriz de grano muy fino feldespática la cual deriva de la alteración del vidrio y que a su vez ha sido alterada a arcillas; se presenta calcita reemplazando de ligera a moderadamente a plagioclasas y junto con clorita en algunas vesículas, esta última a su vez con sílice rellena vesículas.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Ígneo volcánico explosivo. Familia andesita-diorita.

V.- CLASIFICACIÓN TOBA CRISTALINA ANDESÍTICA, CLORITIZADA, CALCIFICADA Y SILICIFICADA.

Fecha: 01 de Febrero de 2005

Petrógrafo: Ing. Miguel Ángel Revellón Sepúlveda



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA
GERENCIA DE INGENIERÍA CIVIL
SUBGERENCIA DE GEOLOGÍA
SUPERINTENDENCIA DE ESTUDIOS ZONA CENTRO
ESTUDIO PETROGRÁFICO



I.- DATOS DE CAMPO

Muestra N°: CV-4-05

Colector: Ing. Miguel Ángel Carranza Alcántara

Localidad: Proyecto Tanque de Gas Natural, Manzanillo.

Descripción del afloramiento: Sin descripción

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Gris verdoso claro (5G 8/1).

Estructura y textura: Compacta, no cristalina.

Minerales observables: Fragmentos de rocas, feldespatos, clorita.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Epiclástica samítica-sefítica.

Mineralogía:

a) **Minerales esenciales:** Fragmentos de rocas (andesitas, latitas, dioritas, riolitas)
Cuarzo
Feldespatos

b) **Minerales accesorios:**

c) **Minerales secundarios:** Calcita

d) **Matriz o cementante:** Arcillosa > 15%.

e) **Caracteres especiales:** Abundantes fragmentos líticos principalmente de rocas ígneas de composición intermedia a ácida y teniendo forma tabular, variando de subangulosos a subredondeados con tamaños que varían de la arena muy fina 0.07 mm hasta las guijas 14 mm, también se tienen escasos cristales representados principalmente por feldespatos de forma tabular subedral variando de arena media 0.4 mm a la arena gruesa 1 mm y por cuarzo de forma anedral y teniendo tamaños de la arena gruesa 0.7 mm, estos se encuentran aglutinados por una matriz de grano muy fino arcillosa que representa mas del 15%. Algunos fragmentos se observan alterados por calcita.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentario continental fluvial.

V.- CLASIFICACIÓN GRAUVACA LÍTICA (LITARENITA) CONGLOMERATICA
CALCIFICADA, GRIS VERDOSO CLARO.

Fecha: 01 de Febrero de 2005

Petrógrafo: Ing. Miguel Ángel Ruvalcaba Sepúlveda



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA
GERENCIA DE INGENIERÍA CIVIL
SUBGERENCIA DE GEOLOGÍA
SUPERINTENDENCIA DE ESTUDIOS ZONA CENTRO
ESTUDIO PETROGRÁFICO



I.- DATOS DE CAMPO

Muestra N°: CV-3-05

Colector: Ing. Miguel Ángel Carranza Alcántara

Localidad: Proyecto Tanque de Gas Natural, Manzanillo.

Descripción del afloramiento: Sin descripción

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Gris verdoso (5GY 6/1).

Estructura y textura: Compacta-amigdaloides, porfídica.

Minerales observables: Feldespatos, óxidos de hierro, calcita, pirita.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Porfídica en matriz intersertal.

Mineralogía:

a) Minerales esenciales:

Andesina	30%
Oligoclasa	70%

b) Minerales accesorios: Minerales opacos

c) Minerales secundarios:

- Calcita
- Clorita en vesículas
- Limonita en vesículas
- Sericita
- Arcillas

d) Matriz o cementante: de microlitos en cuyos espacios se presenta clorita.

e) Caracteres especiales: Fenocristales de plagioclasa sódica de forma tabular subedral a eudral y alterando ligeramente a sericita y a arcillas y reemplazadas algunas moderadamente por calcita, estas se presentan en una matriz constituida por microlitos de plagioclasas afectadas igual que los fenocristales y en cuyos intersticios se observa material también alterados considerablemente y en cuyos intersticios se observa material secundario principalmente clorita, aunque calcita y limonita también se presentan, estos tres últimos también se observan relleno de vacuolas.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Ígneo extrusivo o intrusivo hipabisal (depende de la relación de campo). Familia andesita-diorita.

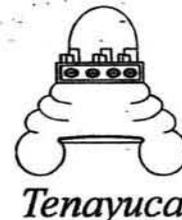
V.- CLASIFICACIÓN ANDESITA PORFIDICA ARGILITIZADA, OXIDADA Y CARBONATADA (PROPILITIZADA).

Fecha: 01 de Febrero de 2005

Petrografo: *Ing. Miguel Ángel Carranza Alcántara*



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA
GERENCIA DE INGENIERÍA CIVIL
SUBGERENCIA DE GEOLOGÍA
SUPERINTENDENCIA DE ESTUDIOS ZONA CENTRO
ESTUDIO PETROGRÁFICO



I.- DATOS DE CAMPO

Muestra N°: CV-2-05

Colector: Ing. Miguel Ángel Carranza Alcántara

Localidad: Proyecto Tanque de Gas Natural, Manzanillo.

Descripción del afloramiento: Sin descripción

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Pardo amarillento moderado (10YR 5/4).

Estructura y textura: Compacta-vesicular, porfídica brechoide.

Minerales observables: Feldespatos, óxidos de fierro, sílice.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Porfídica en matriz pilotaxítica.

Mineralogía:

a) **Minerales esenciales:**

Andesina	60%
Oligoclasa	35%
Sanidino	5%

b) **Minerales accesorios:** Minerales opacos

c) **Minerales secundarios:**

- Limonita
- Sílice en vetillas
- Hematita
- Sericita
- Arcillas

d) **Matriz o cementante:** de microlitos cuyos intersticios están ocupados por material microcristalino feldespático.

e) **Caracteres especiales:** Escasos fenocristales de feldespato potásico (sanidino) y de plagioclasas de forma tabular euedral y presentando una alteración de moderada a muy intensa por sericita, arcillas y óxidos de fierro, estos últimos también rellenan fracturas, estos se presentan en una matriz de microlitos de plagioclasa también alterados considerablemente y cuyos intersticios los ocupa material fino feldespático. Se observan abundantes fracturas rellenas por sílice dándole aspecto brechoide a la roca.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Ígneo extrusivo o intrusivo hipabisal (depende de la relación de campo). Familia andesita-diorita.

V.- CLASIFICACIÓN ANDESITA ARGILITIZADA, OXIDADA Y SILICIFICADA.

Fecha: 01 de Febrero de 2005

Petrógrafo: Ing. Miguel Ángel Ruizakaba Sepúlveda



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA
GERENCIA DE INGENIERÍA CIVIL
SUBGERENCIA DE GEOLOGÍA
SUPERINTENDENCIA DE ESTUDIOS ZONA CENTRO
ESTUDIO PETROGRÁFICO



I.- DATOS DE CAMPO

Muestra N°: CV-1-05

Colector: Ing. Miguel Ángel Carranza Alcántara

Localidad: Proyecto Tanque de Gas Natural, Manzanillo.

Descripción del afloramiento: Sin descripción

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Pardo amarillento moderado (10YR 5/4).

Estructura y textura: Compacta masiva, porfídica.

Minerales observables: Feldespatos, óxidos de fierro, calcita.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Piroclástica – epiclástica samítica.

Mineralogía:

a) **Minerales esenciales:** Cuarzo
Andesina
Oligoclasa
Fragmentos de roca ígneas (andesitas-latitas)

b) **Minerales accesorios:** Minerales opacos

c) **Minerales secundarios:** Calcita
Clorita
Hematita
Sericita
Arcillas

d) **Matriz o cementante:** Arcillosa-cloritica.

e) **Caracteres especiales:** Cristales de feldespatos plagioclasas de forma tabular euedral y alterados de moderada fuertemente a sericita y a arcillas, algunos reemplazados por calcita, con cristales anedrales de cuarzo y fragmentos angulosos a subredondeados de rocas ígneas intermedias algunos oxidados y alterados o reemplazados por óxidos de fierro y calcita, el conjunto se observa aglutinado por una mesostasis la cual es en partes una mezcla de arcilla-clorita-óxidos de fierro, esta matriz es derivada de la desvitrificación de material vítreo el cual posterior fue alterado a esta mezcla.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Ígneo volcánico explosivo. Familia andesita-diorita.

V.- CLASIFICACIÓN TOBA ARENO-ARCILLOSA PROPILITIZADA.

Fecha: 01 de Febrero de 2005

Petrógrafo: Ing. Miguel Ángel Ruvalcaba Sepúlveda



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA
GERENCIA DE INGENIERÍA CIVIL
SUBGERENCIA DE ESTUDIOS GEOLÓGICOS
SUPERINTENDENCIA DE ESTUDIOS ZONA CENTRO
ESTUDIO PETROGRÁFICO



I.- DATOS DE CAMPO

Muestra N°: MZ-13A-05

Colector: Ing. Miguel Ángel Carranza Alcántara

Localidad: P. H. Manzanillo.

Descripción del afloramiento: Roca de color gris oscuro, textura afanítica, presenta marcas de fluidez y minerales alargados y aplastados, fracturamiento intenso. Probable Ignimbrita. Coordenadas X: 57 6919, Y:21 07129

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Gris medio N5

Estructura y textura: Masiva Piroclástica

Minerales observables: Feldespatos, fragmentos, óxidos, vidrio?.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Piroclástica en matriz felsítica, fluidal

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Andesina
Oligoclasa
Líticos (andesita)

b) Minerales accesorios: Biotita
Minerales opacos

c) Minerales secundarios: Sericita
Óxido de fierro
Sílice en Vetillas

d) Matriz o cementante: Criptocristalina feldespática.

e) Caracteres especiales: Cristales de feldespatos de forma tabular subedral alterados a sericita y remplazados por óxidos de fierro, con fragmentos de rocas ígneas extrusivas (andesitas), el conjunto englobados en una matriz fluidal criptocristalina feldespática producto de la desvitrificación. Fracturas rellenas por sílice.

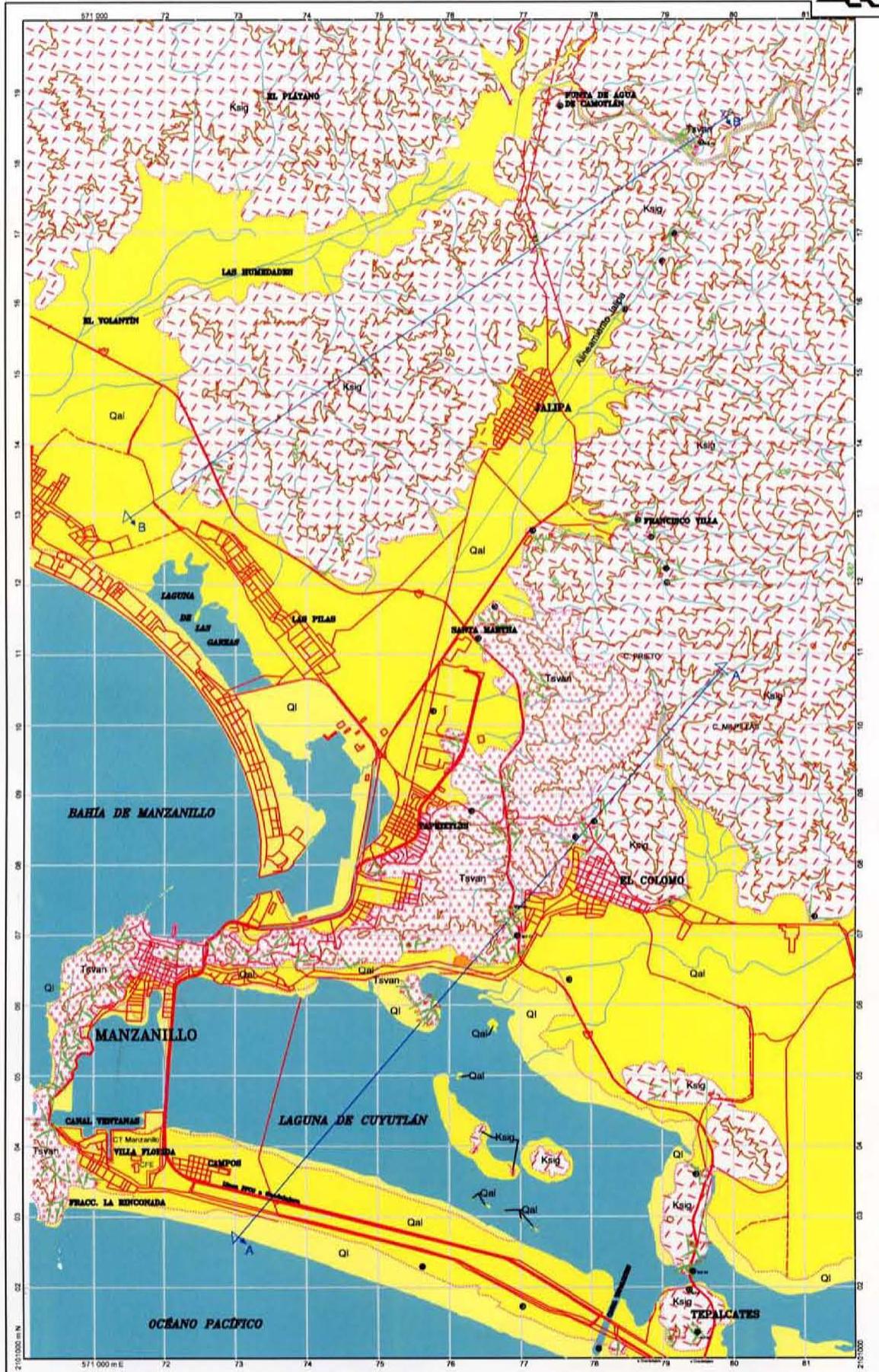
IV.- ORIGEN DE LA ROCA Ígneo piroclástico. Familia andesita-diorita.

V.- CLASIFICACIÓN TOBA CRISTALINA ANDESITICA, SILICIFICADA.

Fecha: 22 de Febrero de 2005

Petrografo: Ing. Miguel Ángel Carranza Alcántara

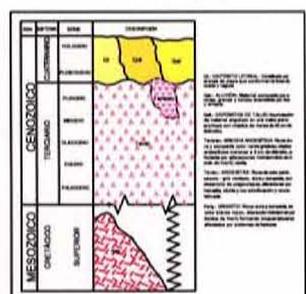
MAPAS



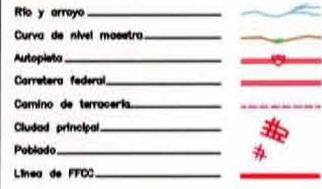
Croquis de localización



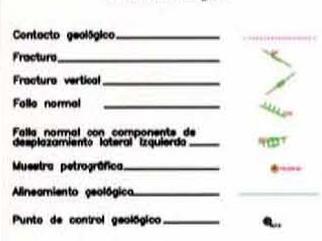
Columna Litológica



Símbolos Topográficos



Símbolos Geológicos



Nota: Este documento es producto del trabajo realizado y financiado por el Gobierno del Estado de Colima, México, febrero 1/2007

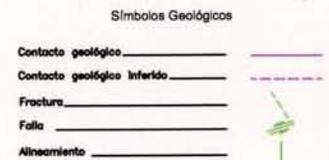
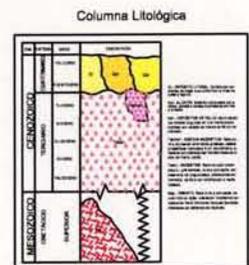
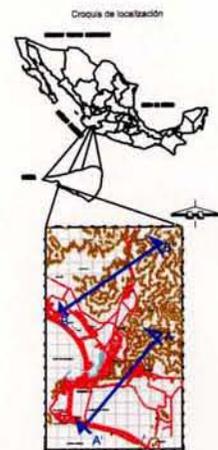
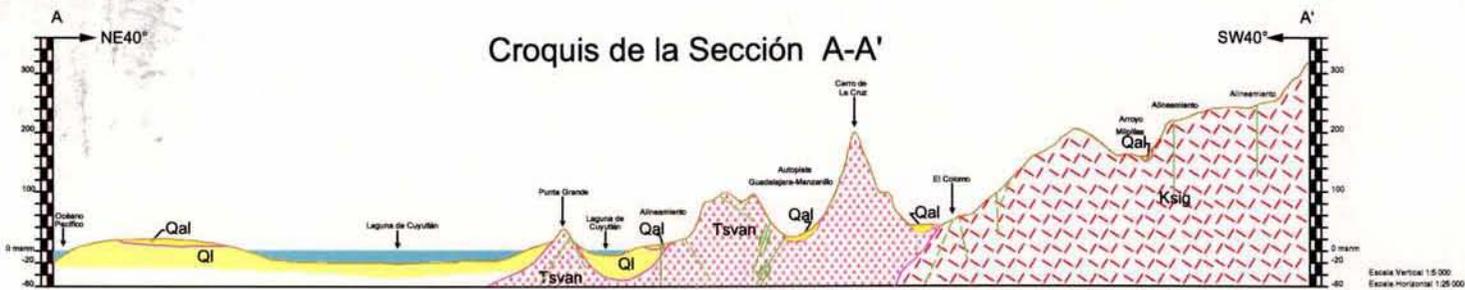
Escala 1:25 000



Tesis Profesional

Cartografía Geológica del sitio Canal Ventanas, Manzanillo, Colima

Geología Regional



Tesis Profesional	
Cartografía Geológica del sitio canal Ventanas, Manzanillo, Colima	
Secciones Regionales	
Autor: Edgardo Fuentes Munguía Tema: TS-CV-02	Fecha: Edgardo Fuentes Munguía Fecha: Agosto de 2007