



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

## ESTUDIO AMBIENTAL DE LA BAHIA DE ACAPULCO, GUERRERO

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**I N G E N I E R A            G E O L O G A**

**P R E S E N T A :**

**ALEJANDRA    BERENICE    MAYO    VERA**

DIRECTOR DE TESIS: DR. ARTURO CARRANZA EDWARDS



MEXICO, D.F.

2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
60-I-301

**SRITA. ALEJANDRA BERENICE MAYO VERA**  
**Presente**

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Dr. Arturo Carranza Edwards y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

**ESTUDIO AMBIENTAL DE LA BAHÍA DE ACAPULCO, GUERRERO**

	<b>RESUMEN</b>
<b>I</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>
<b>II</b>	<b>ÁREA DE ESTUDIO</b>
<b>III</b>	<b>MARCO GEOLÓGICO</b>
<b>IV</b>	<b>USO DE SUELO</b>
<b>V</b>	<b>HURACANES</b>
<b>VI</b>	<b>INUNDACIONES Y DESLIZAMIENTOS</b>
<b>VII</b>	<b>TERREMOTOS Y TSUNAMIS</b>
<b>VIII</b>	<b>PROBLEMAS ANTRÓPICOS</b>
<b>IX</b>	<b>CONCLUSIONES</b>
<b>X</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>

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 abril de 2003  
EL DIRECTOR

**M. en C. GERARDO FERRANDO BRAVO**  
GFB\*JAGC\*gtg

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional  
NOMBRE: Mayo Vera Alejandra B.

FECHA: 2/Agosto/04

FIRMA:

## AGRADECIMIENTOS

*Gracias a Dios*

*Gracias a mis padres Roselia Vera y Rubén Mayo, así como a mi hermana Bricia, por el apoyo constante en todas las etapas de mi vida, y ahora también a mi pequeño sobrino Emmanuel.*

*Gracias a Pedro por su ayuda en todo momento y por ser quien es.*

*Un especial agradecimiento a los ingenieros Jorge Nieto, Héctor Macías, Alberto Arias, al Dr. Baldomero y a mi director de tesis el Dr. Arturo Carranza por su tiempo y ayuda en la revisión y realización de este trabajo.*

*Gracias a la UNAM y a la Facultad de Ingeniería por permitirme ser parte de ella. Al Instituto de Geofísica y al Dr. Juan Carlos Mora, por el aprendizaje que adquirí al efectuar el Servicio Social.*

*Gracias a mis compañeros y amigos por compartir esta parte de mi vida: Claudia Stirnimann, Bertha Sánchez, Esther Leyva, Amelia Castro, Héctor Cabadas, Irasema, Juan Carlos Montaña, Alexis, Isaías, Gerardo Ochoa, Gonzalo Condado, Igor Hernández, Jonathan, Fernando Miguel, Nora Santillán, Selene, Iván Vladimir, Luz Nolasco,...*

# INDICE

## RESUMEN

<b>I INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
I.1 OBJETIVOS .....	3
<b>II ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>4</b>
II.1 LOCALIZACIÓN .....	4
II.2 VÍAS DE COMUNICACIÓN .....	4
II.3 CLIMA.....	6
II.4 VEGETACIÓN.....	9
II.5 HIDROGRAFÍA .....	9
II.6 POBLACIÓN.....	13
II.7 TURISMO.....	15
<b>III MARCO GEOLÓGICO.....</b>	<b>18</b>
III.1 OROGRAFÍA .....	18
III.2 GEOLOGÍA .....	21
III.3 TECTÓNICA.....	24
<b>IV USO DE SUELO .....</b>	<b>27</b>
<b>V HURACANES.....</b>	<b>31</b>
V.1 RELACIÓN ENTRE LOS HURACANES Y EL FENÓMENO DE EL NIÑO .....	36
V.2 EL CASO DEL HURACÁN PAULINA.....	38
V.3 PREVENCIÓN DE DESASTRES OCASIONADOS POR HURACANES .....	41
<b>VI INUNDACIONES Y DESLIZAMIENTOS .....</b>	<b>42</b>
VI.1 INUNDACIONES .....	42
VI.2 DESLIZAMIENTOS.....	44
VI.3 MITIGACIÓN DEL RIESGO CAUSADO POR INUNDACIONES Y DESLIZAMIENTOS.....	48
<b>VII TERREMOTOS Y TSUNAMIS .....</b>	<b>50</b>
VII.1 TERREMOTOS .....	50
VII.2 TSUNAMIS .....	57
VII.3 MEDIDAS DE PREVENCIÓN EN CASO DE SISMOS Y TSUNAMIS.....	62
<b>VIII PROBLEMAS ANTRÓPICOS.....</b>	<b>64</b>

VIII.2.	LA MAREA ROJA .....	68
VIII.3.	CONTAMINACIÓN DEL SUELO .....	69
VIII.4.	PREVENCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCTO DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS .....	69
<b>IX.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>71</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>72</b>

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA II.1 LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE COMUNICACIÓN.....	5
FIGURA II.2 CLIMA.....	7
FIGURA II.3 PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL PARA EL MUNICIPIO DE ACAPULCO DE JUÁREZ.....	8
FIGURA II.4 CUENCAS Y SUBCUENCAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	11
FIGURA II.5 POBLACIÓN DE ACAPULCO.....	15
FIGURA II.6 SITIOS IMPORTANTES DE LA BAHÍA DE ACAPULCO.....	16
FIGURA III.1 LOCALIZACIÓN DE LA SIERRA MADRE DEL SUR CON RESPECTO AL ESTADO DE GUERRERO Y AL COMPLEJO XOLAPA.....	19
FIGURA III.2 OROGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	20
FIGURA III.3 GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	23
FIGURA III.4 PLACAS TECTÓNICAS Y BRECHA DE ACAPULCO.....	26
FIGURA IV.1 MAPA DE USO DE SUELO.....	30
FIGURA V.1 REGIÓN MATRIZ DE HURACANES EN EL PACÍFICO.....	32
FIGURA V.2 ESTRUCTURA DE UN CICLÓN.....	33
FIGURA V.3 TRAYECTORIA DEL HURACÁN PAULINA.....	40
FIGURA VI.1 SITIOS DE RIESGO.....	43
FIGURA VI.2 DIAGRAMAS DE BLOQUE QUE MUESTRAN TRES DE LOS TIPOS DE DESLIZAMIENTOS MÁS COMUNES EN LAS LADERAS.....	46
FIGURA VII.1 ACTIVIDAD SÍSMICA AL SUR DE MÉXICO.....	51
FIGURA VII.2 ÁREA RECEPTORA Y GENERADORA DE TSUNAMIS.....	58
FIGURA VII.3 ESCENARIO SISMO-TECTÓNICO DE LA COSTA DEL PACÍFICO DE MÉXICO Y SU POTENCIAL PARA GENERACIÓN Y RECEPCIÓN DE TSUNAMIS.....	59
FIGURA VIII.1 LOCALIZACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	67



## INDICE DE TABLAS

TABLA 1. CLIMAS DEL MUNICIPIO DE ACAPULCO DE JUÁREZ, GRO..	6
TABLA 2. PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL.....	8
TABLA 3. AGRICULTURA Y VEGETACIÓN DEL MUNICIPIO DE ACAPULCO DE JUÁREZ, GRO.....	10
TABLA 4. POBLACIÓN DE ACAPULCO.....	14
TABLA 5. OCUPACIÓN HOTELERA EN 1999.....	17
TABLA 6. GEOLOGÍA DEL MUNICIPIO DE ACAPULCO DE JUÁREZ, GRO..	24
TABLA 7. ESCALA DE BEAUFORT.....	35
TABLA 8. ESCALA SAFFIR-SIMPSON.....	35
TABLA 9. HURACANES QUE HAN TOCADO EL PUERTO DE ACAPULCO ENTRE 1949 Y 1999.....	38
TABLA 10. ESCALA DE VELOCIDADES DE LOS MOVIMIENTOS DE LADERA.....	47
TABLA 11. ESCALA DE INTENSIDAD MERCALLI-MODIFICADA ABREVIADA.....	54
TABLA 12. TEMBLORES DE GRAN MAGNITUD QUE HAN AFECTADO A GUERRERO.....	56
TABLA 13. TSUNAMIS DE ORIGEN LOCAL OBSERVADOS O REGISTRADOS EN ACAPULCO.....	60
TABLA 14. TSUNAMIS DE ORIGEN LEJANO POSTERIORES A 1950, REGISTRADOS EN ACAPULCO.....	61
TABLA 15. TIEMPOS DE PROPAGACIÓN DE LOS TSUNAMIS TRANSPACÍFICOS DESDE SU ORIGEN HASTA SU LLEGADA ACAPULCO.....	61
TABLA 16. TSUNAMIS RELEVANTES QUE HAN AFECTADO AL MUNICIPIO DE ACAPULCO.....	62

# **ESTUDIO AMBIENTAL DE LA BAHÍA DE ACAPULCO, GUERRERO**

## **RESUMEN**

Los estudios ambientales en la Bahía de Acapulco son importantes por ser un sitio turístico reconocido mundialmente y porque la gente se ve atraída por sus condiciones climáticas, sus playas y su infraestructura. El área de estudio considerada, abarca desde el Río Coyuca hasta el Río Papagayo. La importancia de los ríos y cuerpos de agua se debe a que sirven como conducto para la contaminación de la tierra hacia el mar.

Este trabajo tiene como fin dar a conocer los tipos de riesgos o amenazas de desastres naturales y antrópicos que ocurren en el Municipio de Acapulco, en donde la prevención y la cultura de la autoprotección son las mejores maneras de disminuir los riesgos.

El incremento en el número de la población en los últimos años, además de la afluencia turística, hacen de Acapulco una zona de alto riesgo, en el caso de que se presente un fenómeno natural, causando desastres en la población, tales como la pérdida de vidas humanas y daños materiales.

Los principales riesgos o amenazas de desastres naturales que se presentan en la Bahía de Acapulco y sus alrededores son los huracanes, inundaciones, deslizamientos, terremotos y tsunamis, además de los efectos causados por la acción del hombre, tales como la contaminación del agua, aire y suelo. Los daños se incrementan de acuerdo con el número de habitantes, la ocupación de terrenos en zonas de alto riesgo sigue creciendo, la destrucción de los suelos debido a la deforestación y la mala planeación, degradan el ambiente, que al modificar su estado natural contribuyen a la pérdida del equilibrio ecológico.

Tanto los desastres naturales como las actividades antrópicas, generan problemas ambientales y de salud, como es el caso de la contaminación y de las inundaciones que en conjunto pueden producir enfermedades gastrointestinales.

El conocimiento del problema, la alerta oportuna y los efectos que causan son de suma importancia para poder aplicar los planes diseñados por Protección Civil y así reducir los daños, principalmente en las zonas más vulnerables de la Bahía de Acapulco.

## I INTRODUCCIÓN

Los fenómenos naturales han estado presentes a lo largo de la historia de la Tierra y el hombre ha tenido que aprender a vivir y a enfrentarse con sus fuerzas. Durante mucho tiempo éstos fenómenos parecieron no tener explicación, por lo que se les atribuía a seres superiores, pero con el surgimiento del pensamiento científico se intentó darles una explicación racional (Espíndola, 1992).

El estudio del ambiente requiere de la participación de distintas disciplinas, como es el caso de la vulcanología, geomorfología, climatología, meteorología, geofísica y geología física entre otras, que en su conjunto, buscan el entendimiento de los fenómenos, las posibles causas de los desastres naturales y antrópicos así como la manera de reducir sus efectos y la peligrosidad de éstos fenómenos.

Gracias a la recopilación de datos históricos sobre el acontecimiento de algunos fenómenos naturales productores de desastres naturales, se han realizado estadísticas útiles que sirven para conocer la frecuencia con la que éstos fenómenos se presentan y en algunos casos la magnitud de los daños que han ocasionado. Dado que los desastres pueden ser de gran magnitud, repentinos y de corta duración se pueden presentar daños humanos y económicos; por lo que es necesario crear programas de prevención, evacuación y mitigación para la sociedad civil. Por ello, se han creado organismos como el Consejo Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y el Sistema Nacional de Protección Civil entre otros, cuya información es útil cuando se presentan situaciones de desastres naturales.

México, debido a su ubicación geográfica y geológica, es un país que también se ve afectado por los desastres naturales. La región intertropical en la que se encuentra, lo expone a los embates de huracanes, además de que se localiza en una zona de actividad sísmica y volcánica. Las consecuencias económicas por estos daños se han incrementado debido al gran crecimiento demográfico y a los asentamientos

humanos en zonas expuestas a los fenómenos de origen natural y antrópico, principalmente en las zonas costeras que frecuentemente se ven sometidas a huracanes e inundaciones, como es el caso de la Bahía de Acapulco, Guerrero (CENAPRED, 2001a).

Acapulco es una bahía que se ha enfrentado en diversas ocasiones a los fenómenos naturales. Esta bahía ha estado habitada aproximadamente desde hace 2000 años. Gil González de Ávila fundó el puerto en 1521 y comunicaba a España con el Oriente. En el año 1615 se construyó el Fuerte de San Diego para proteger al puerto de los ataques de los piratas ingleses y holandeses. A principios del siglo XX, Acapulco era un pequeño puerto de pescadores, en 1928 se terminó de construir el aeropuerto y en 1933 la carretera que comunicaba con la Ciudad de México. En la década de los años cuarenta, se comenzaron a construir edificios y la red de distribución de agua (CENAPRED, 2001b).

Pero el crecimiento acelerado de la Bahía de Acapulco se originó durante el gobierno del Presidente Miguel Alemán, entre los años 1946 y 1952. Debido a la modernización del puerto, comenzaron las grandes inversiones nacionales y extranjeras, se impulsó el turismo de la zona, abriéndose nuevas vías de comunicación, por lo que ahora es uno de los puertos más visitados.

De acuerdo con Keller (1996) el principal problema ambiental es el crecimiento de la población, la cual ha crecido rápidamente en la región de Acapulco, lo que representa un peligro potencial al que se ven expuestos sus habitantes. El Municipio de Acapulco representa el 2.6% de la superficie del Estado de Guerrero. La Bahía de Acapulco, frecuentemente es afectada por sismos, huracanes, tormentas y depresiones tropicales y en algunos casos por tsunamis.

La importancia del estudio de la Bahía de Acapulco se debe a que se trata de un centro turístico de importancia internacional, siendo sus atractivos naturales una causa para la creación de una infraestructura turística. La variedad en hoteles, en

centros de recreación, en sitios nocturnos, además de otros, lo hacen llamativo, todo esto ha incrementado el crecimiento de la población, favoreciéndose los asentamientos humanos en zonas de alto riesgo, con la consecuente problemática ambiental, propiciada por el hombre.

### I.1 Objetivos

Por lo anterior el objetivo general del presente trabajo es:

- Contribuir al conocimiento de la problemática ambiental de la Bahía de Acapulco, en el Estado de Guerrero.

Los objetivos particulares son:

1. Describir y analizar las consecuencias de los desastres naturales que afectan a la población de la Bahía de Acapulco.
2. Evaluar el impacto ambiental derivado de las actividades antrópicas de la región.
3. Analizar las alternativas que permitan prevenir y mitigar los efectos adversos por impactos naturales y antrópicos.

## II ZONA DE ESTUDIO

### II.1 Localización

El Estado de Guerrero, se localiza entre las coordenadas de Latitud Norte 18°59' y 16°17' y de Longitud Oeste entre 98°04' y 102°10'. Cuenta con una superficie de 64,281 km<sup>2</sup>, que es el 3.2% del total de la República Mexicana, siendo su capital Chilpancingo. Se limita al norte con Michoacán, el Estado de México, Morelos y Puebla; al este con Oaxaca; al Sur y al oeste con el Océano Pacífico. Cuenta con 500 km de litorales (CRM, 1996).

La Bahía de Acapulco, pertenece al municipio de Acapulco de Juárez, y éste a su vez al Estado de Guerrero. Tiene una extensión territorial de 1,882 km<sup>2</sup> representando el 2.6% de la superficie total del Estado. Sus límites coordenados son: 17°14' N, 16°41' S, 99°29' E y 100°00' W. Su altitud promedio en las zonas bajas es de 20 m.

Al noroeste colinda con el municipio de Coyuca de Benítez, al Norte con Chilpancingo de los Bravo, al Noreste con Juan R. Escudero, al Este con San Marcos y del Suroeste al Sureste colinda con el Océano Pacífico (INEGI, 2000).

### II.2 Vías de Comunicación

El Estado de Guerrero cuenta con carreteras, federales y estatales, con un total de 2,820 km de carreteras pavimentadas. Acapulco se encuentra a 223.2 km de distancia del Distrito Federal, por la autopista del Sol (95D) Cuernavaca-Acapulco y a 411 km por la antigua carretera federal México-Acapulco No. 95. La carretera federal No. 200 bordea a toda la costa guerrerense. El Puerto de Acapulco tiene un Aeropuerto Internacional con el nombre de Juan N. Álvarez. Dentro del sistema nacional de transporte marítimo, el Puerto de Acapulco, cuenta con un puerto de

altura, cabotaje, marítimo y turístico que presenta una gran capacidad para recibir trasatlánticos y embarcaciones cuyo calado es de 9.41 m. Es uno de los puertos turísticos más importantes del Pacífico Mexicano, por lo que sus servicios se enfocan en la atención a pasajeros en cruceros turísticos y como muelle de altura al manejo semi-especializado de contenedores y carga general. Además, según el CRM (1996), existen el Club de Yates y La Marina Acapulco para el anclaje de embarcaciones de descanso, recreo y deporte (Figura II.1).

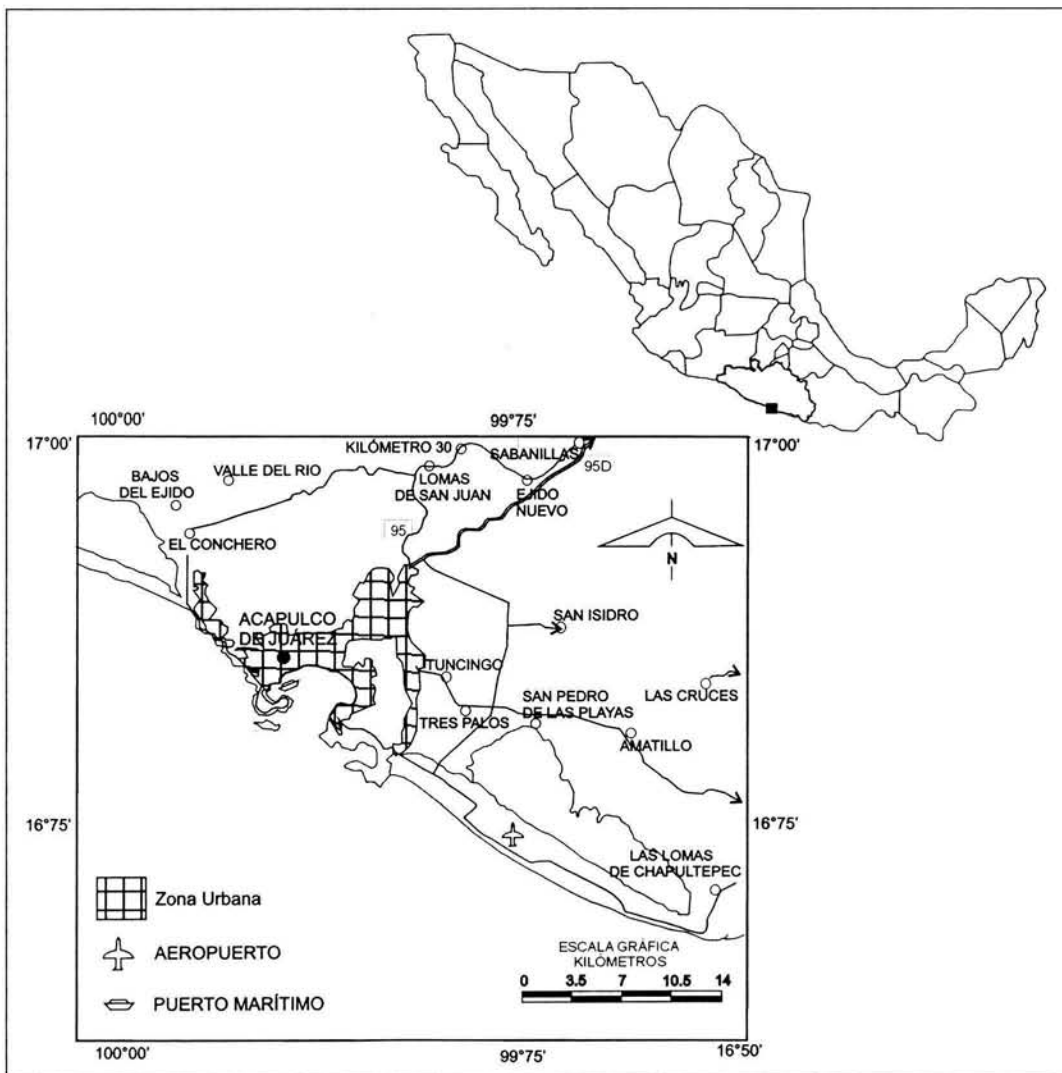


Figura II.1 Localización y vías de comunicación (Tomado de INEGI, 2000).



### II.3 Clima

El Estado de Guerrero cuenta con una diversidad climática, debido a su ubicación geográfica y variaciones de altitud, que están fuertemente influenciadas por la Sierra Madre del Sur y la Depresión del Balsas. Predomina el clima tropical lluvioso con lluvias en Verano (Tabla 1), según la clasificación de Köppen y se caracteriza por presentar temperaturas mayores que 18°C (Tamayo, 2002).

En el área de estudio se presenta (Figura II.2) la diversidad de climas, de acuerdo a la altura, como es el caso del tipo ACm que se presenta en las zonas altas hasta llegar al tipo A(W0) en las zonas más bajas, pasando por A(W2) y A(w1).

Tabla 1. Climas del Municipio de Acapulco de Juárez, Gro.(Tomada de INEGI, 2000).

TIPO O SUBTIPO DE CLIMA	% DE LA SUPERFICIE MUNICIPAL	SÍMBOLO
Semicálido húmedo con abundantes lluvias en Verano	0.73	ACm
Cálido subhúmedo con lluvias en Verano, de mayor humedad	12.17	A(w2)
Cálido subhúmedo con lluvias en Verano, de humedad media	60.43	A(w1)
Cálido subhúmedo con lluvias en Verano, de menor humedad	26.67	A(w0)

En Acapulco, la temperatura media anual registrada en el periodo de 1973-1999 fue de 27.9 °C la temperatura promedio, de 27.1 °C la temperatura del año más frío y de 29.0 °C la temperatura del año más caluroso (INEGI, 2000).

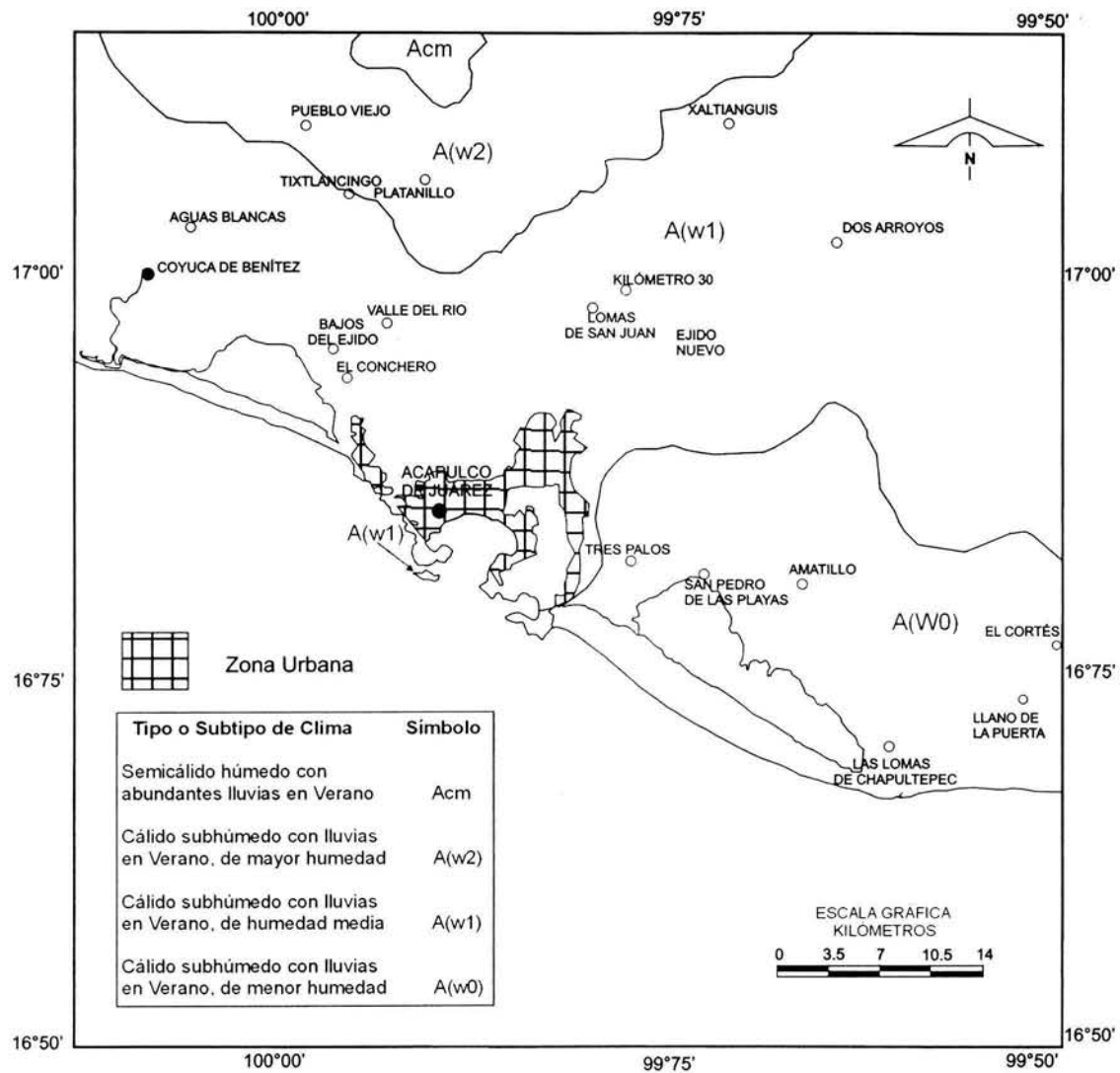


Figura II.2 Clima (Modificada de INEGI, 2000, 2002a y 2002b).

La precipitación media anual se encuentra cercana a los 1400 mm. En el mes de septiembre, la precipitación es mayor a causa de los ciclones que llegan a la costa, como se observa en la Tabla 2 y en la Figura II.3, donde se compara la precipitación total mensual del año 1999 con la de los años 1973 y 1999 en el Municipio de Acapulco de Juárez (INEGI, 2000). En los meses de junio, julio, agosto y septiembre, las precipitaciones son mayores, esto es, una mayor cantidad de agua en poco

tiempo, dando como resultado inundaciones en las zonas bajas del Municipio de Acapulco, porque al no existir la infiltración adecuada se producen escurrimientos.

Tabla 2. Precipitación total mensual (Modificada de INEGI, 2000)

MES	1999	1973-1999
Enero	0	11.1
Febrero	0	3.3
Marzo	0	1.2
Abril	0	3.6
Mayo	0	17.5
Junio	374.3	248.6
Julio	475.5	240.7
Agosto	426.3	295.9
Septiembre	596.4	324.3
Octubre	74.3	145.3
Noviembre	0.2	15.2
Diciembre	0	6.8

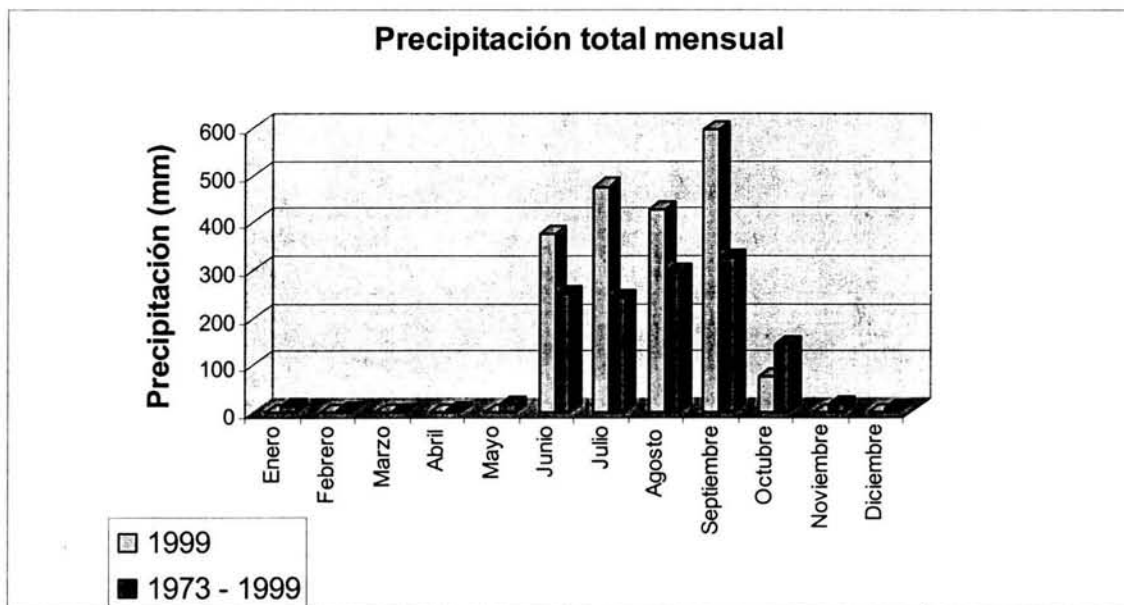


Figura II.3 Precipitación total mensual para el Municipio de Acapulco de Juárez (Modificada de INEGI, 2000).

#### II.4 Vegetación

La vegetación en el Estado de Guerrero está delimitada de acuerdo al suelo, al clima y a la altura, encontrándose en las zonas bajas y cálidas la vegetación de tipo selva mediana subcaducifolia y subperennifolia, palmar, sabana y manglar (CRM, 1996).

La vegetación correspondiente al Municipio de Acapulco de Juárez (Tabla 3) que consiste de agricultura de temporal, pastizales, bosques, selvas y manglares.

#### II.5 Hidrografía

El Estado de Guerrero ocupa el 12° sitio en cuanto a la disponibilidad de recursos hídricos, siendo la más importante la Cuenca del Río Balsas-Mezcala que cubre un área de 109,618 km<sup>2</sup>, seguida por las vertientes del Pacífico que corresponden a la Costa Chica y la Costa Grande (CRM, 1996).

Acapulco se encuentra en la región hidrológica (Rh 19) denominada Costa Grande que se extiende desde el Estado de Michoacán hasta el este de Acapulco (Figura II.4), los cuerpos de agua más importantes son: Laguna Tres Palos, Río La Sabana, Bahía de Acapulco, Laguna de Coyuca y Río Coyuca. Todos los ríos que conforman esta región nacen en la Sierra Madre del Sur. Mientras que el Río Papagayo corresponde a la región hidrológica número 20, llamada Costa Chica.

Laguna Coyuca, de acuerdo con (Yáñez-Arancibia, 1977) se encuentra hacia el noroeste y de manera paralela al litoral de la Bahía de Acapulco, entre los 16° 54' y 16° 58' de latitud norte y entre los 99° 57' y 100° 04' de longitud oeste, pertenece al Municipio de Coyuca de Benítez, una barra de arena la separa del Océano Pacífico, midiendo en el sector de la boca 500 m aproximadamente. Su superficie aproximada es de 34 km<sup>2</sup>, con una anchura máxima de 5 km, una longitud de 10 km y una profundidad media de 2.50 m y la máxima de 5 m (Contreras Espinosa, 1993).

Tabla 3. Agricultura y vegetación del Municipio de Acapulco de Juárez, Gro. (Tomada de INEGI, 2000).

CONCEPTO	% DE LA SUPERFICIE MUNICIPAL	NOMBRE LOCAL
Agricultura de temporal	15.50	Maíz, Ajonjolí, Jamaica, Calabaza, coco
Pastizal	3.36	Zacate, Zacate pelillo, jaragua, Estrella africana, Guinea
Bosque de pino	7.40	Ocote, Pino chino, Encino bermejo, Aile
Bosque de pino encino	5.13	Ocote, Encino, Tejocote, Madroño
Bosque de encino con vegetación secundaria arbórea	0.93	Tepescohuite, Copaljiote, Nanche, Huizache
Selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria	0.17	Guarumbo, Zopilote, Roble, Amate
Selva baja caducifolia	0.31	Chaca, Cuajote, Tepehuaje, Ceiba
Selva baja caducifolia con vegetación secundaria arbórea	4.07	Cuerazo, Rabo de iguana, Huizache, Pata de vaca, Huamúchil
Selva baja caducifolia con vegetación secundaria arbustiva	50.72	Cruceto, Cazahuate, Cacahuananche, Cubata
Vegetación de manglar	0.20	Mangle rojo, Mangle salado, Mangle botoncillo, Mangle bobo
Otro	12.21	Uvero Mezquite, Nopal, Tlachicón, Zacatón

Desemboca al oeste por un canal sinuoso, recorriendo cerca de 5 km al borde de la costa conocido como la Barra de Coyuca en su parte norte, el volumen de agua es de  $80 \times 10^6 \text{ m}^3$ . La región hidrológica es la 19 (Rh19) y de acuerdo con Tamayo (2002), pertenece a la Vertiente de la Sierra Madre del Sur. En la laguna los sedimentos que abundan son los limos.

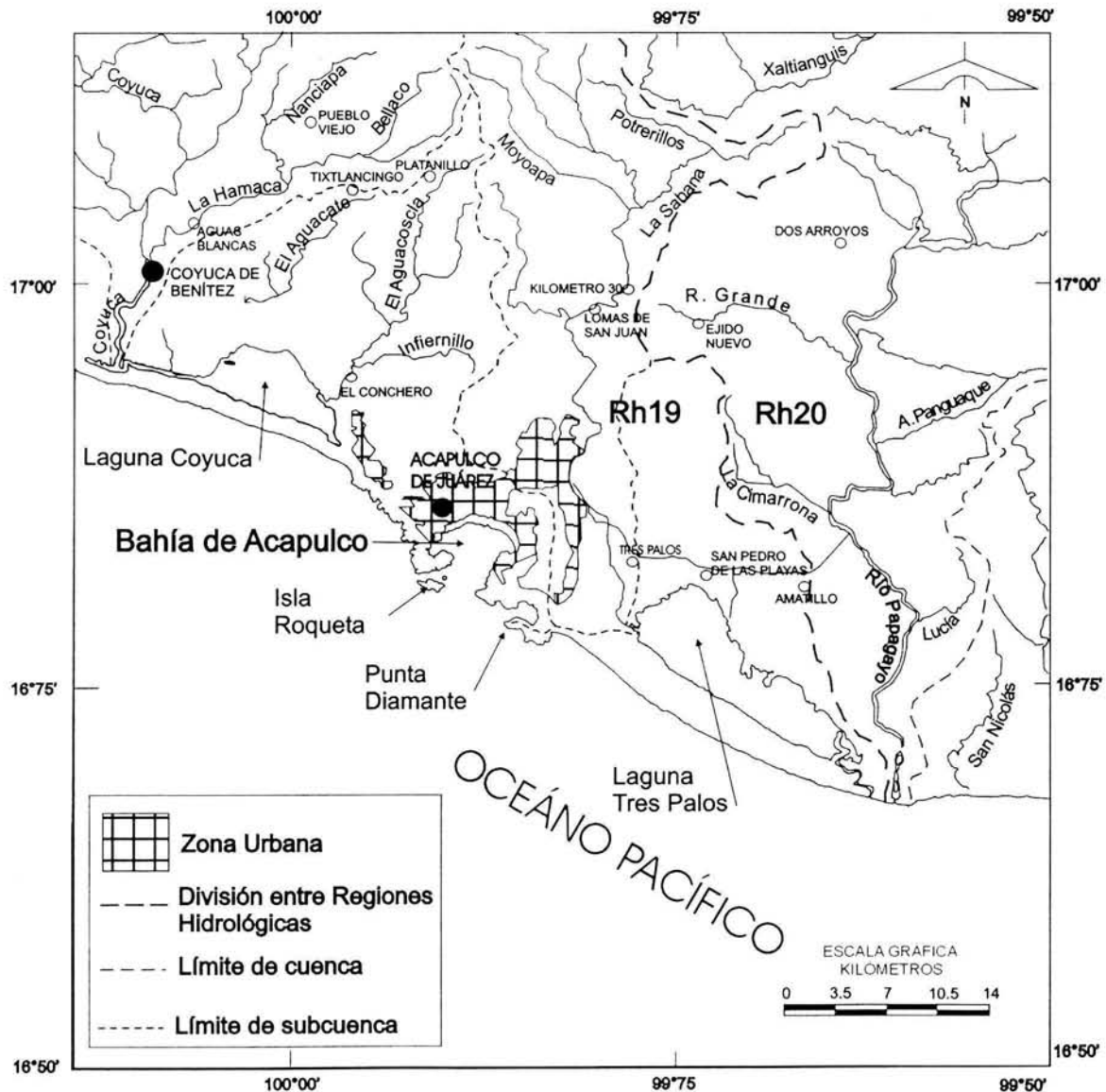


Figura II.4 Cuencas y subcuencas del área de estudio (Modificada de INEGI 1991 y 1992).

Laguna de Tres Palos, se encuentra a 25 km al Suroeste de la Bahía de Acapulco, entre los 16° 42' y 16° 49' de latitud norte y los 99° 39' y 99° 47' de Longitud Oeste, entre el Río Papagayo y el Río Sabana, su longitud es de 15 km y su anchura máxima es de 6 km, la profundidad media es de 2.50 m, orientándose de oeste a este, se comunica con el mar mediante un canal sinuoso de unos 10 km de longitud terminando en la barra, la cual se abre una vez al año por pocos días, al norte de la laguna desemboca el río La Sabana, que nace en la Sierra Madre del Sur, siendo en temporada de secas el aporte mínimo o casi nulo. Ocupa el 16.0% de la superficie municipal abarcando 50 km<sup>2</sup> aproximadamente, se encuentra en la región hidrológica 19, Carranza-Edwards et al. (1975), la clasifican dentro de la unidad VIII, la cual se caracteriza por ser una unidad morfo-tectónica continental que abarca desde Puerto Vallarta, Jalisco, hasta Tehuantepec, Oaxaca, con una longitud de 1,260 km aproximadamente, se localiza en la Planicie Costera Suroccidental limitándose al norte por la Sierra Madre del sur, al Oeste por la Cordillera Neovolcánica y al Este por el Portillo Itsmico. La línea de costa es paralela a la Fosa México Mesoamericana, las costas son rocosas y abruptas. El sedimento que se encuentra en la laguna corresponde a limo, limo-arenoso, tendiendo a ser más arenoso conforme se acerca a la zona de la barra (Contreras Espinosa, 1993).

En el área de estudio, los principales escurrimientos se deben a los ríos Coyuca, La Sabana y Papagayo.

Río Coyuca. Este río baja del cerro de las Tres Telas, cuenta con numerosos afluentes y una longitud de 65 km, el área de su cuenca es de 1,080 km<sup>2</sup>, su escurrimiento no desaparece en temporada de secas. Descarga sus aguas en la Laguna de Coyuca.

Río La Sabana. Este río nace a una altura de 1600 m con el nombre de Aguacatillo en el Cerro de San Nicolás de la Sierra Madre del Sur, recorriendo 57 km hasta desembocar en la Laguna de Tres Palos.

Río Papagayo. De acuerdo con Tamayo (2002), el río Papagayo se origina en el valle de Chilpancingo con el nombre de río Petaquillas, se dirige hacia el Sureste hasta Colotlipa, cambiando en dirección SSW denominándose Río Azul, continuando por Xochitepec hasta el afluente Papagayo, donde recibe el nombre de Papagayo, descargando así sus aguas al Océano Pacífico. Su cuenca de captación es de 8,200 km<sup>2</sup>, lo que permite un escurrimiento permanente y caudal de estiaje importante, así como una descarga anual en promedio de 5,634 millones de metros cúbicos. Este río abastece de agua y de generación de energía eléctrica al Puerto de Acapulco (Tamayo, 2002).

Con lo que respecta al abastecimiento de agua para Acapulco, ésta se obtiene principalmente del Río Papagayo, mediante los pozos Papagayo I, Papagayo II y El Chorro que se encuentra al norte de la Bahía de Acapulco. El sistema Papagayo I tiene una capacidad promedio de 1,230 lps repartidos en cuatro pozos (Pozo Raney, Pozo Radial, Pozos Someros I y Pozos Someros II), sólo requiere de cloración para su uso, esto es porque el agua es de buena calidad; en cambio el Sistema Papagayo II requiere de una planta potabilizadora llamada El Cayaco, debido a que el agua se extrae directamente del río, la capacidad es de 2,000 lps, ésta planta potabilizadora se encuentra sobre la Avenida Lázaro Cárdenas s/n construida en 1976, en tiempos de lluvias la CAPAMA suspende la operación de ésta planta debido a la gran cantidad de sólidos y partículas en el agua por el desazolve de la presa La Venta que maneja la CFE. El sistema de captación El Chorro aprovecha los caudales procedentes de los manantiales ubicados en el Municipio de Coyuca de Benítez (CAPAMA, 2004).

## II.6 Población

En la Bahía de Acapulco, el desarrollo urbano se originó por el impulso del turismo, por lo que la atracción para vivir en el lugar fué y va en aumento. La población actual



es atraída por el clima y las atracciones naturales que ahí existen. La distribución de los asentamientos humanos es desigual, siendo mayor en las zonas próximas de las playas, en cambio la dispersión se encuentra en los asentamientos rurales.

En el Municipio de Acapulco de Juárez, de acuerdo con los resultados del Censo de Población y Vivienda del año 1995 (INEGI, 2000), fue de 687,292 habitantes. De acuerdo con el censo INEGI para el año 2000, la población total fue de 732,940 habitantes, lo que indica un crecimiento considerable en tan solo cinco años.

En la Tabla 4, se compara el número de habitantes del Municipio de Acapulco de Juárez, con la de la Cabecera Municipal de Acapulco, se observa que en el año 1960 la población tiene un incremento importante.

Tabla 4. Población de Acapulco

AÑO	MUNICIPIO ACAPULCO	DE	CABECERA MUNICIPAL
1900	-		4932
1910	-		5900
1921	-		5768
1930	-		5529
1940	-		9993
1950	55862		28512
1960	84720		49149
1970	238713		174378
1980	409335		301902
1990	593212		515374
1995	687292		592528
2000	721011		620656

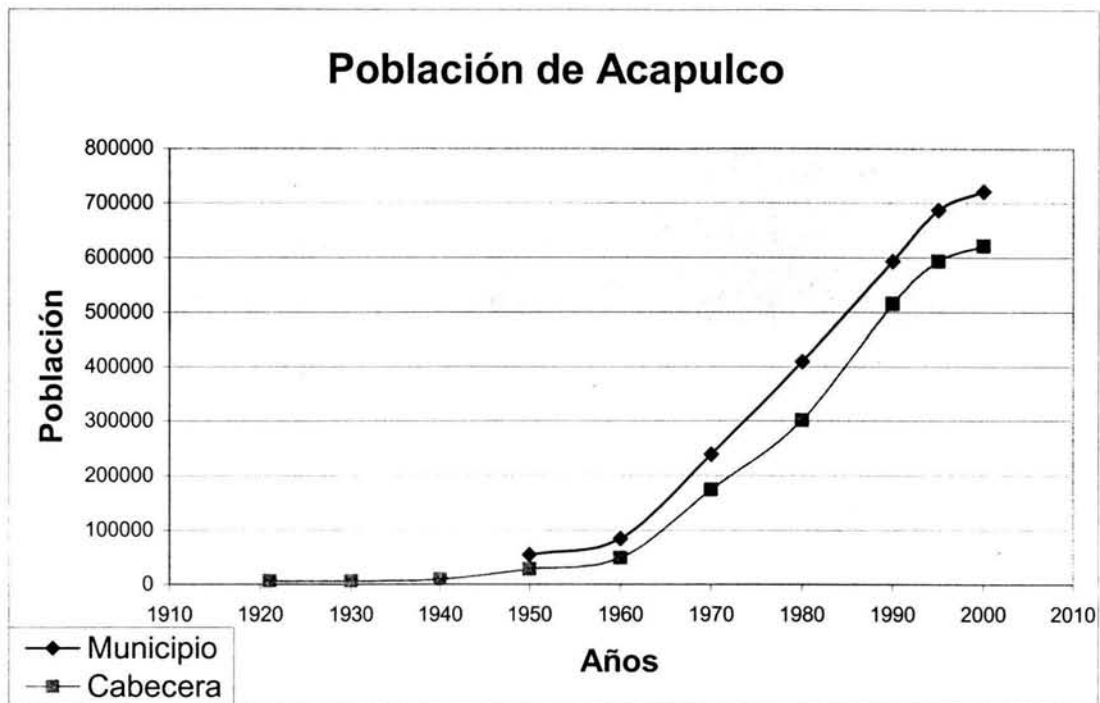


Figura II.5 Población de Acapulco

## II.7 Turismo

La Bahía de Acapulco es reconocida como uno de los puertos turísticos de mayor importancia por sus atractivos naturales y por su infraestructura turística, por lo que constituye uno de los centros turísticos más visitados e importantes a nivel internacional y que siempre se ha distinguido por sus playas.

Existe un gran desarrollo hotelero, centros nocturnos, restaurantes, también cuenta con los recursos naturales y las instalaciones ideales para la práctica de deportes, sobre todo los acuáticos. Es por esto, que el turismo es la principal fuente de trabajo para sus habitantes. Los atractivos naturales y las playas (Figura II.5) que se puede visitar son: La Quebrada, Caleta y Caletilla, Honda, Manzanillo, Tlacopanocha, Domingullo, Tamarindo, Hornos, Condesa, La Redonda, Icacos, Playuela, Playuelita, del Secreto, Guitarrón, Punta Diamante y Revolcadero, entre otras. En la

Tabla 5 se muestra el porcentaje de la ocupación hotelera en el año 1999, siendo el mes de septiembre el de menor afluencia turística, mientras que el mes de febrero registra el mayor porcentaje de ocupación, de acuerdo con INEGI (2000).

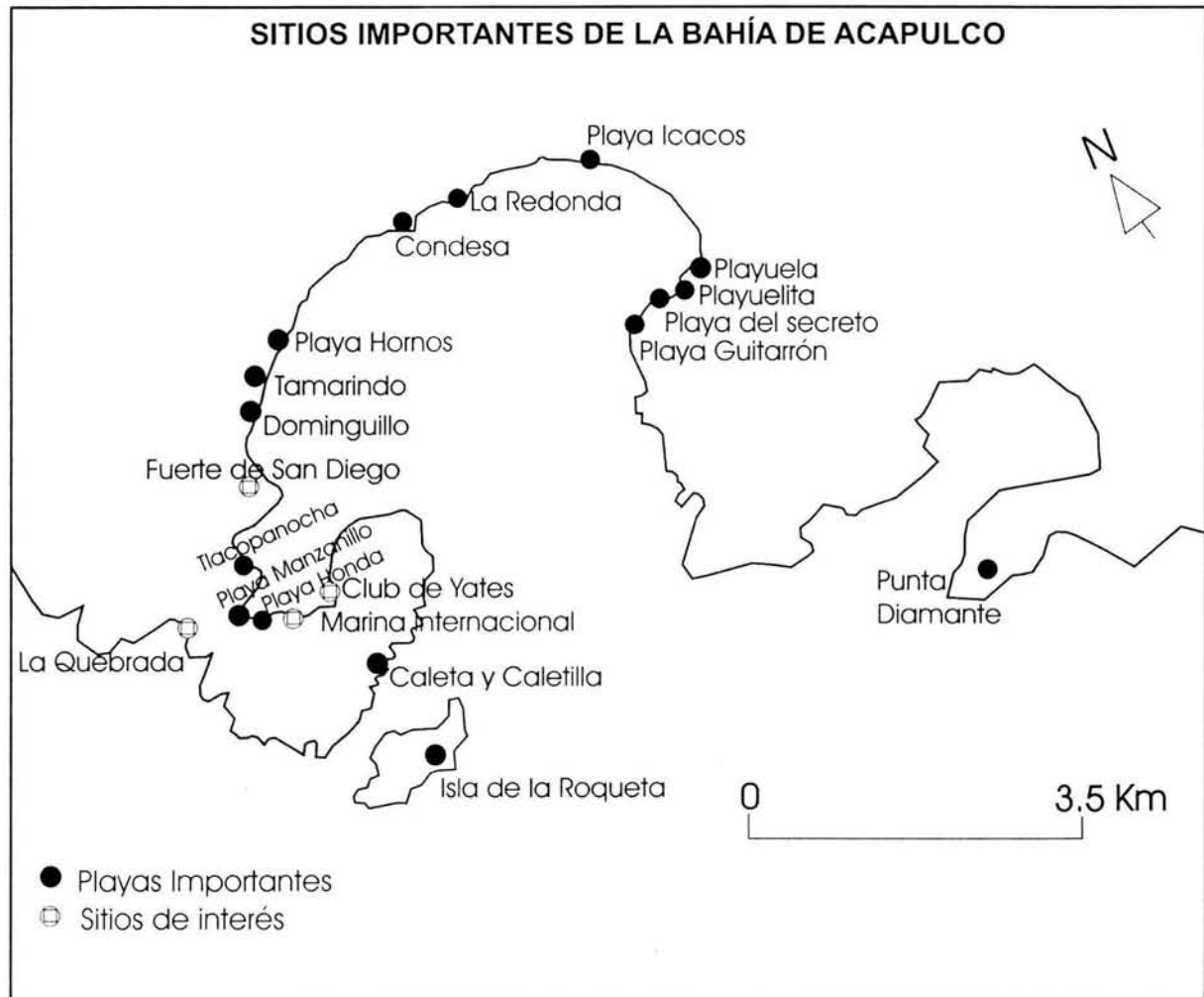


Figura II.6 Sitios importantes de la Bahía de Acapulco (Tomada de INEGI, 1991).

Tabla 5.Ocupación hotelera en 1999 (Tomado de INEGI 2000).

MES	OCUPACIÓN HOTELERA (%)
Enero	64.9
Febrero	70.2
Marzo	61.1
Abril	54.8
Mayo	39.6
Junio	35.9
Julio	54.1
Agosto	51.1
Septiembre	27.6
Octubre	30.9
Noviembre	41.5
Diciembre	48.3

### III MARCO GEOLÓGICO

La corteza terrestre ha estado y sigue estando sujeta a las fuerzas que produce la dinámica interna y externa del planeta. La geología histórica del Estado de Guerrero es complicada debido a los distintos eventos geológicos que la integran.

#### III.1 Orografía

La Bahía de Acapulco pertenece a la provincia de la Sierra Madre del Sur, la cual se limita al norte por el Eje Neovolcánico y por las entrantes sedimentarias que corresponden a la Cuenca Morelos-Guerrero y a la Cuenca de Tlaxiaco. También se limita al Sureste por la Sierra de Juárez y al Oriente por la provincia del Sureste de México. Al este con la Llanura Costera del Golfo Sur, las Sierras de Chiapas y la Llanura Costera Centroamericana del Pacífico y al Sur con el Océano Pacífico.

La Sierra Madre del Sur es una de las más extensas de la República Mexicana, porque tiene unos 1,100 Km de largo y unos 120 Km de ancho, cubriendo una superficie de 130,000 Km<sup>2</sup> aproximadamente (López Ramos, 1981). La provincia incluye parte de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, México, Morelos, Puebla, Oaxaca, Veracruz y todo el Estado de Guerrero. La Sierra Madre del Sur es la menos conocida del país, por los rasgos particulares que presenta como resultado de la actividad tectónica debido a la subducción entre la Placa de cocos y la Placa de Norteamérica, donde se forma la Trinchera Mesoamericana. A ello se debe la fuerte sismicidad que se tiene en esta provincia, en particular sobre las costas de los estados de Guerrero y de Oaxaca (Figura III.1).

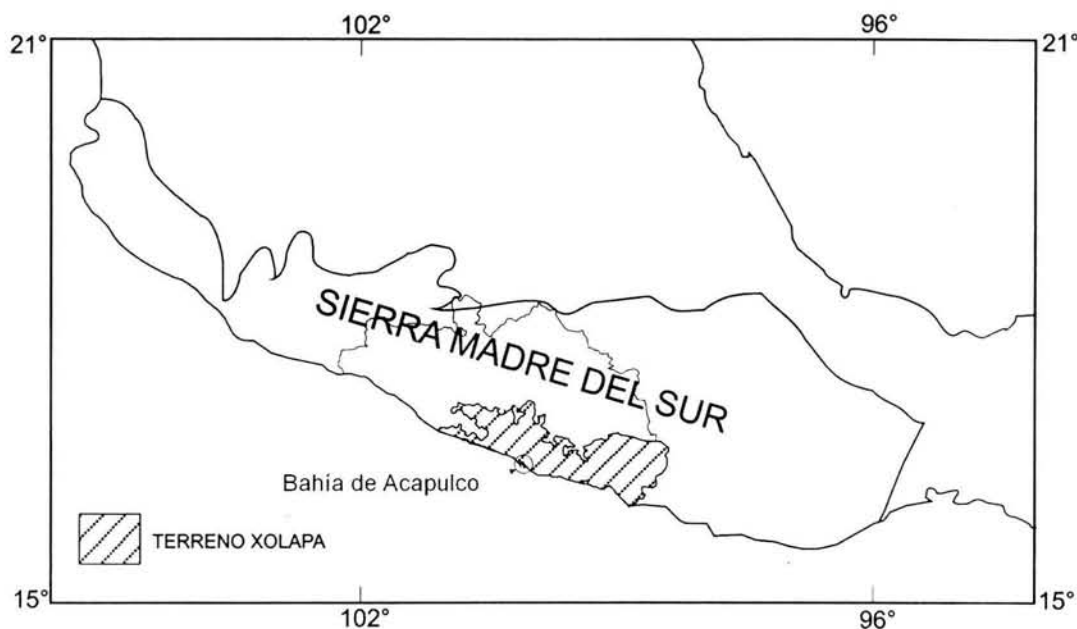


Figura III.1 Localización de la Sierra Madre del Sur con respecto al Estado de Guerrero y al Complejo Xolapa.

Los rasgos principales y los ejes estructurales de la provincia como la depresión del Balsas, cordilleras costeras, línea de costa etc., seguramente están relacionadas con la actividad tectónica entre placas, produciendo una orientación E-W. La Sierra Madre del Sur ha sido afectada por distintas orogenias, comenzando desde las Pre-Cámbricas: Cascadiana y Grenvilliana; la equivalente a la Taconiana del Ordovícico, la Apalachiana a fines del Paleozoico; la Nevadiana del Jurásico-Cretácico y por último la Laramídica en el Cretácico Superior-Terciario (López Ramos, 1981).

Se trata de una sierra elevada que en algunos sitios sobrepasa los 2,500 m de altitud, como el cerro Teotepec con 3,550 m, que es el más alto, al cual le siguen los cerros Tlacotepec con 3,320 m; Zacatonal con 3,300 m; Pelón con 3,100 m; Piedra Ancha con 3100 m; El Baúl con 3060 m y el Naranjo con 3,000 m. Entre los 800 y 1200 m, se presenta una ruptura en la pendiente, las laderas hacia el Sur corresponden a la vertiente del pacífico con una pendiente fuerte y se denominan Lomeríos de la Vertiente Pacífica. A partir de 200 msnm aproximadamente se convierte en las planicies litorales. Esta provincia se formó por un tectonismo

complejo (Figura III.2) en los que hubo plegamientos, intrusiones y numerosas fallas (CRM, 1996).

La provincia tiene una litología en la que destacan las rocas intrusivas cristalinas, especialmente los granitos y las metamórficas y son más abundantes que en la mayoría de las provincias del Norte.

El relieve costero es montañoso, debido a la margen activa, las montañas juegan un papel importante como barrera que frena el paso de los huracanes hacia tierra adentro, por ello los daños son mayores en la zona costera.

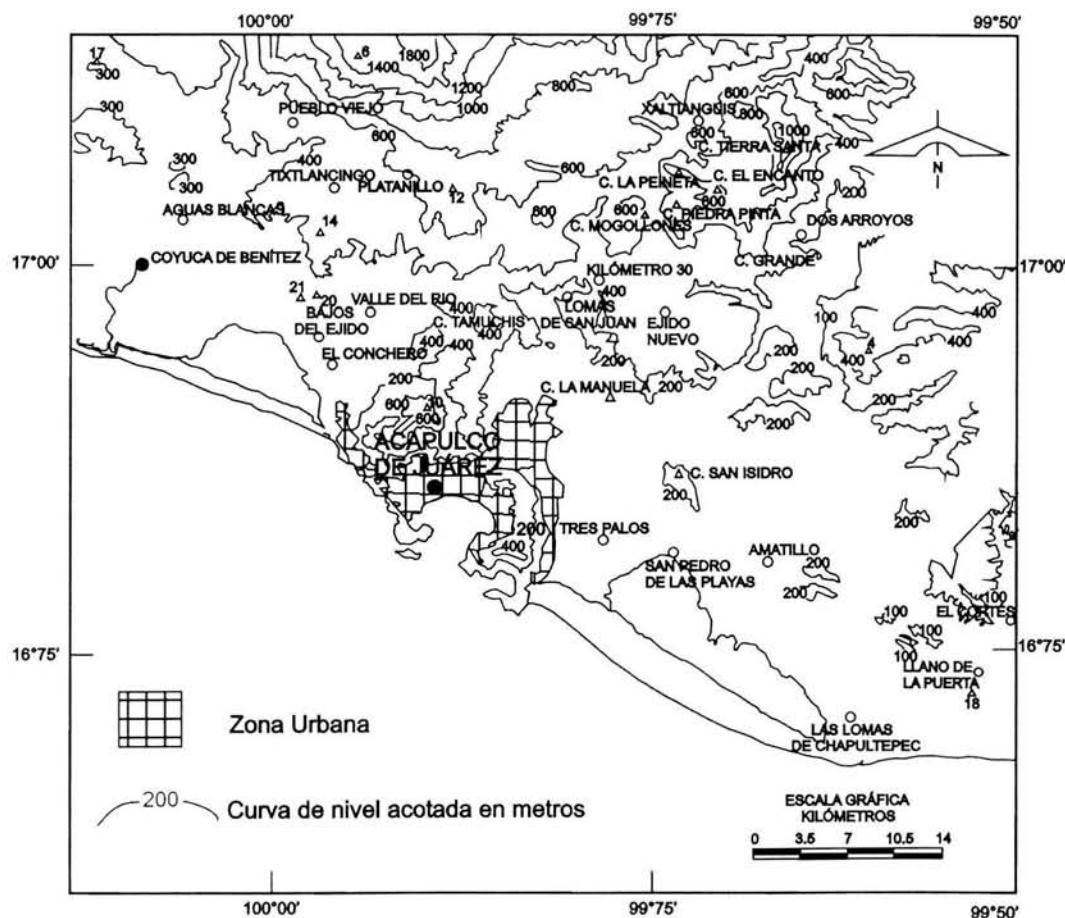


Figura III.2 Orografía del área de estudio (Modificado de INEGI, 2000, 2002a y 2002b).

Dos bloques montañosos limitan la Bahía de Acapulco, el primero se encuentra al norte con una altitud de 920 m y se extiende en dirección NW-SE en una franja de 7 km de ancho, es un contrafuerte de la Sierra Madre del Sur. El segundo bloque montañoso tiene una altitud de 460 m en el cerro El Vigía.

El perímetro de la Bahía de Acapulco es de 17.7 km, el diámetro de Este a Oeste mide 6.6 km, de Norte a Sur 3 km, con una profundidad que varía de 45 a 60 m. La longitud de la playa es de 4.6 km (CENAPRED, 2001b).

### III.2 Geología

La Bahía de Acapulco se encuentra dentro del Terreno Xolapa, el cual se localiza en la mitad meridional de la Sierra Madre del Sur y está constituido por rocas con un grado de metamorfismo alto como ortogneises y paragneises migmatíticos, intrusionados por cuerpos batolíticos de granito que afloran a lo largo de la costa en forma paralela. La edad del Complejo Xolapa se considera Paleozoica (Morán, 1984). De acuerdo con Ortega-Gutiérrez (1981) con base en la migmatización y plutonismo granodiorítico, tonalítico y granítico, interpreta al Terreno Xolapa como un arco magmático formado por un proceso continuo de emplazamiento de magma y migmatización de la corteza.

De acuerdo con el CRM (1996), el Terreno Xolapa se puede dividir en tres grandes unidades tectónicas: i) Una secuencia de basamento metamórfico y una serie de intrusivos, ii) Secuencias migmatíticas (metasedimentario y metaígneo) y iii) Un batolito granítico-granodiorítico formado después de la migmatización.

La historia del Complejo Xolapa es complicada, debido a que antes del Mesozoico no se tiene un conocimiento completo, no obstante, se sabe que en el Jurásico-Cretácico sufrió un corrimiento hacia el norte sobre alguna falla o fallas con inclinación hacia el Sur, produciendo con ello una zona gruesa de rocas cataclásticas



inclinadas también hacia el Sur. En una segunda etapa de deformación se produjeron milonitas inclinadas hacia el norte con una geometría de fallas normales, adelgazamiento tectónico y desplazamientos laterales siniestral a lo largo del límite septentrional del Complejo debido a un movimiento de transtensión oblicuo siniestral. Ahora se observa la foliación gneísica y su dirección regional casi paralela al margen del Pacífico (CRM, 1996).

De acuerdo con de Cserna (1965), al Sur de Guerrero existen rocas metamórficas como esquistos de biotita y gneises de biotita de edad Cámbrico-Devónico.

La geología en el área de Acapulco de Juárez (Figura III.3), consiste en macizos de rocas cristalinas de composición granítica; rodeando la bahía, en la planicie costera se tienen sedimentos arenosos cuaternarios.

La edad del intrusivo de Acapulco es más antiguo que los intrusivos terciarios cercanos, se ha fechado por medio de Rb-Sr (biotita-roca entera) dando como resultado una edad de  $43.4 \pm 0.9$  Ma. Petrológicamente el intrusivo de Acapulco está formado principalmente por un granito en donde predomina el feldespato alcalino (Morán et al., 2000). En la Tabla 6 se resume la geología del Municipio de Acapulco de Juárez.

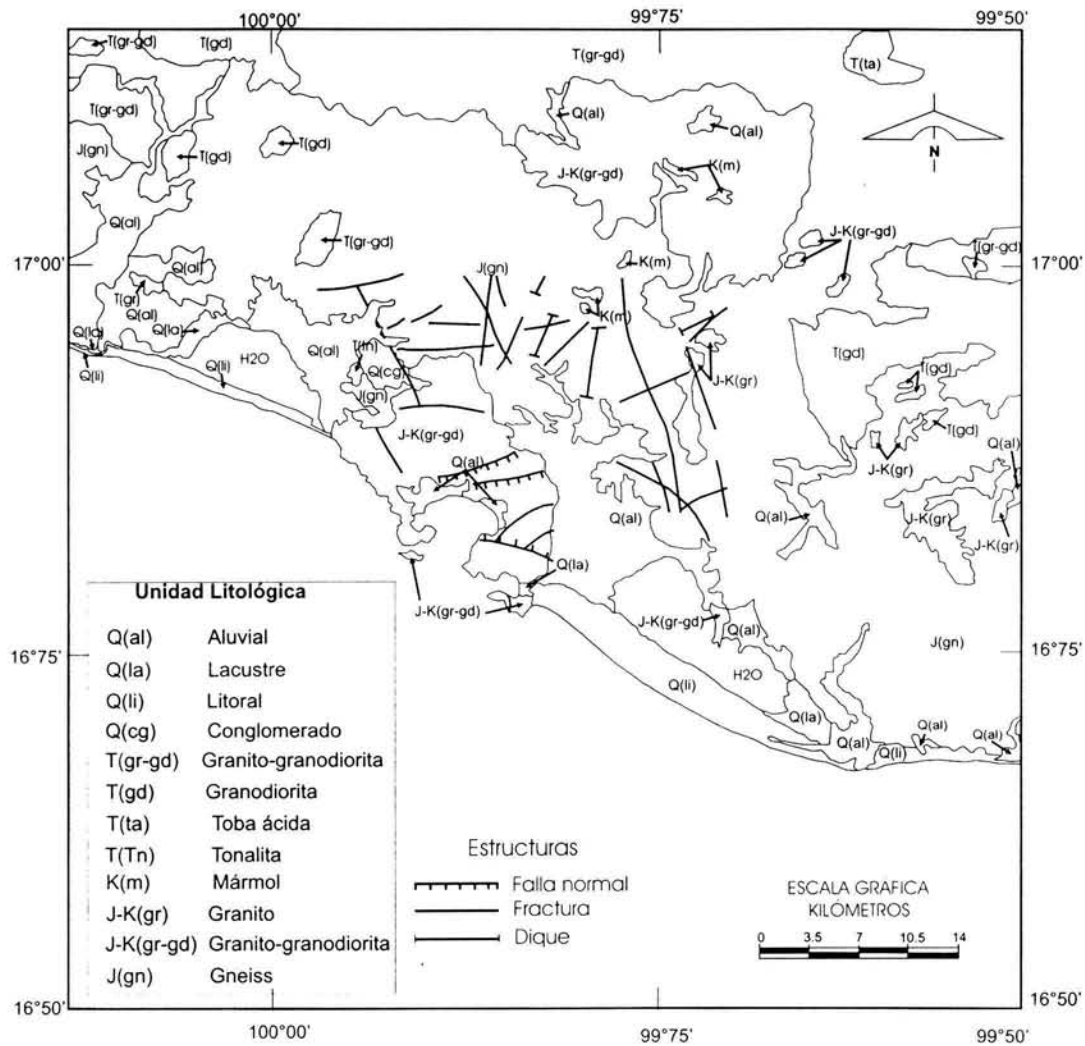


Figura III.3 Geología del área de estudio (Modificado de INEGI, 2000, 2002a y 2002b).

Tabla 6. Geología del Municipio de Acapulco de Juárez, Gro. (Tomado de INEGI, 2000).

ERA	PERIODO	ROCA O SUELO	UNIDAD LITOLÓGICA
Cenozoico	Cuaternario	Suelo	(al) Aluvial (la) Lacustre (li) Litoral
	Terciario	Ignea intrusiva  Ignea extrusiva	(gr-gd) Granito-granodiorita (gd) Granodiorita  (ta) Toba ácida
Mesozoico	Cretácico-Jurásico	Metamórfica  Ignea Intrusiva	(m) Mármol  (gr-gd) Granito-granodiorita
	Cretácico	Ignea intrusiva	(gr) Granito
	Jurásico	Metamórfica	(gn) Gneiss

### III.3 Tectónica

La Tierra siempre ha estado en continuo cambio. En 1620 Sir Francis Bacon relacionó las líneas de la costa Atlántica de América con las de África Occidental. En 1912 Alfred Wegener desarrolló la Teoría de la Deriva Continental, la cual explica que los continentes estaban unidos formando un supercontinente llamado Pangea hace 200 millones de años. Posteriormente se desarrolló la Teoría de la Tectónica de Placas, en donde se postula que la litosfera está dividida en varios sectores rígidos conocidos como Placas que se mueven entre sí. Los movimientos pueden formar límites o márgenes: a) Divergentes, cuando las Placas se separan; b) Convergentes, cuando dos Placas chocan entre sí y c) Transcurrentes, cuando hay un movimiento lateral (CENAPRED 2001c).

De acuerdo con Kotoglodov y Pacheco (1999), el movimiento de las Placas Tectónicas se debe al calor generado por el decaimiento radiactivo de los materiales del manto terrestre, en donde el material caliente sube a la superficie mientras que el material frío desciende, el calor escapa por convección, formando celdas convectivas que son las que mueven a los fragmentos de la corteza terrestre. En el Atlántico Norte, la velocidad de separación entre las placas es de 1 cm al año, mientras que en el Pacífico es de más de 4 cm al año.

La Tectónica de Placas está relacionada directamente con la sismicidad mundial y con el vulcanismo por la interacción entre las Placas Tectónicas.

La República Mexicana está dividida por cinco Placas Tectónicas, que son las Placas de Norteamérica, la del Pacífico, la del Caribe y las de Cocos y Rivera. La Placa de Norteamérica ocupa la mayor parte de México, Norteamérica, parte del Océano Atlántico y parte de Asia. La Placa del Pacífico ocupa la Península de Baja California, gran parte del Estado de California en los Estados Unidos y del Océano Pacífico. La Placa del Caribe abarca el Sur de Chiapas, gran parte de las Islas Caribeñas y los países de Centroamérica. La Placa de Cocos y Rivera están bajo el océano Pacífico. La Placa de Cocos y Rivera (Figura III.4) chocan con la Placa de Norteamérica a lo largo de la fosa mesoamericana produciendo una zona de subducción (Kotoglodov y Pacheco, 1999). La velocidad de convergencia entre la Placa Rivera y la de Norteamérica es de aproximadamente 2 cm/año, mientras que entre la Placa de Cocos y la de Norteamérica es de aproximadamente 6 cm/año.

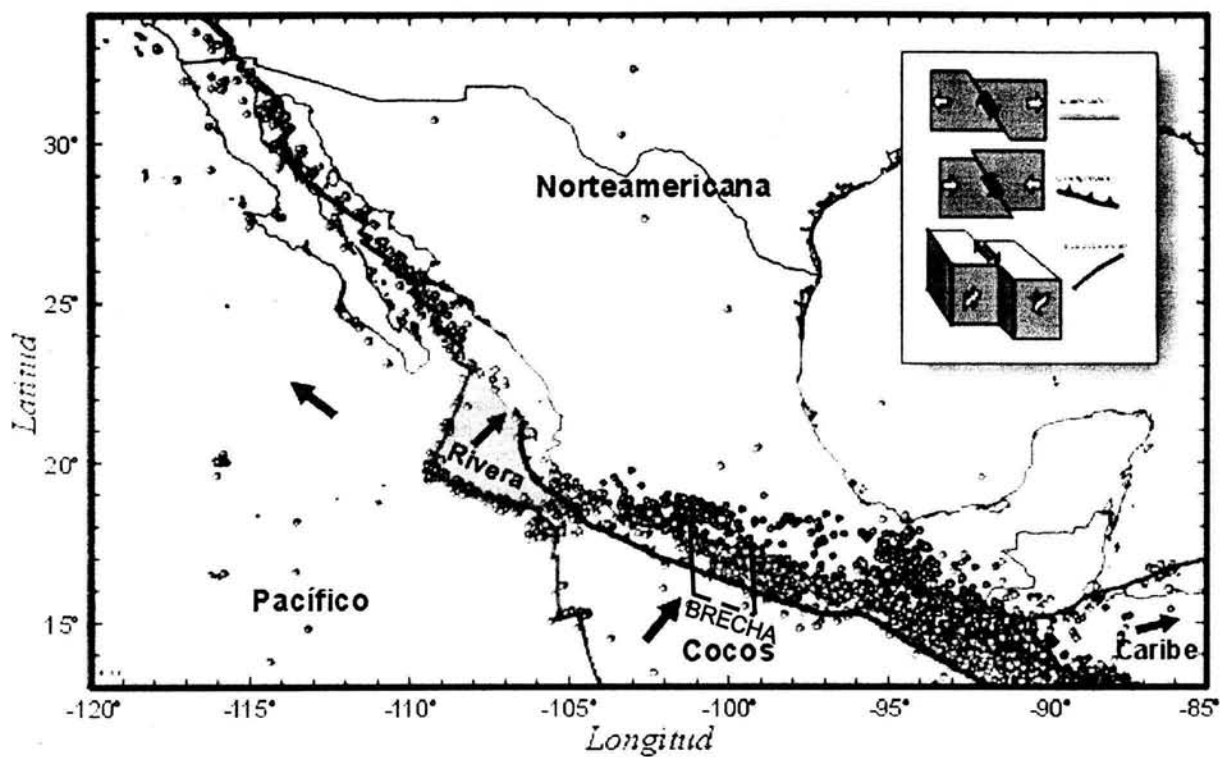


Figura III.4 Placas Tectónicas y Brecha de Acapulco (Tomada de Kotoglodov y Pacheco, 1999).

## IV USO DE SUELO

México cuenta con una gran diversidad en cuanto a relieve se refiere y se caracteriza por una topografía contrastante y heterogénea, lo que constituye un papel importante para las actividades económicas y sociales de un país. Existen varios factores como el clima, el tipo de suelo y la vegetación que coinciden con las actividades agrícolas, ganaderas, forestales e industriales, además del uso de suelo para los asentamientos humanos.

La evaluación del terreno es importante para poder planificar de manera adecuada el uso de la tierra, y para ello se requiere del trabajo en común de geólogos, geógrafos, ingenieros civiles, arquitectos, licenciados, administradores públicos entre otros. La información obtenida varía de acuerdo con el sitio, debido a que intervienen distintos factores tales como el tipo de roca, suelo, vegetación, clima y grado de erosión.

La información geológica y su análisis es importante antes de comenzar la planeación del sitio, para ello es fundamental la realización de un mapa geológico-ambiental en donde se muestren las áreas para el uso específico de la tierra, representándose en tres colores principales, el color verde se refiere a las áreas que reúnen las condiciones favorables para la planeación, el color amarillo para las zonas de precaución y de color rojo las áreas que representan problemas o condiciones desfavorables.

Una Unidad de Recursos Ambientales, representa una porción del ambiente con un grupo similar de características físicas y biológicas, como un conjunto específico de componentes estructurales. En la actualidad con el uso de los sensores remotos se pueden identificar diferentes unidades que, después de ser analizadas se puede iniciar con la planeación de uso de suelo.

La selección de un sitio depende de los requerimientos específicos de la actividad que se quiere. Algunos de los datos geológicos incluyen el tipo de roca, tipo de suelo, estructuras de las rocas, características de drenaje y del agua subterránea, estimación de daños posibles a causa de procesos naturales como las inundaciones, los sismos y la actividad volcánica. Dichos datos son útiles para la planeación adecuada de presas, carreteras, aeropuertos, túneles, etc.

Cuando una ciudad maneja de manera eficiente los recursos naturales y la tierra se dice que se tuvo una buena planeación. Los mapas que contienen elementos del uso de la tierra, proponen los lugares aptos para casas, negocios, industria, espacios abiertos, de recreación y otros usos. También existen mapas en los que se delimitan áreas de riesgo, y se establecen rutas de evacuación (Keller, 1996).

De acuerdo con el INEGI (2001), el municipio de Acapulco cuenta con áreas para la agricultura, vegetación, uso pecuario, áreas naturales protegidas y la zona urbana.

El Atlas Nacional de México (1990), describe unidades de capacidad de uso pecuario limitado con o sin infraestructura para ganadería extensiva, siendo los factores limitantes los climas subhúmedo, semiárido y árido, la topografía con una pendiente de 0 a 40 %, una profundidad del suelo de 10 a 25 cm, una pedregosidad de 35 a 90 % de cubrimiento de superficie, los daños por inundación de leves a severos y la pérdida de suelo por erosión de severa a muy severa. El uso de suelo es apto para la ganadería extensiva con limitaciones de moderadas a fuertes.

Las condiciones de climas húmedos, subhúmedos, semiáridos y secos y la topografía abrupta hacen en algunos casos poco productiva la ganadería por lo que la selección de ganado mayor o menor con varios propósitos, es necesaria para obtener ganancias de altas a regulares por las explotaciones pecuarias.

Las unidades de capacidad de uso agrícola limitadas por obras de infraestructura para temporal, cuentan con los siguientes factores restrictivos: climas de tipo húmedo a semiseco, topografía de 2 a 15 % de pendiente, profundidad de suelo de 25 a 100 cm, pedregosidad de cubrimiento de superficie de 0 a 35 %, daños por inundación desde mínimos hasta fuertes y la erosión por pérdida de suelo desde incipiente hasta la pérdida del horizonte "A".

El uso de suelo es apto para la agricultura de temporal con limitaciones físicas de regulares a fuertes.

La productividad agrícola en estas áreas es muy variable y debe ir de media a regular, debido a que las condiciones extremas del clima provocan pérdidas en la agricultura.

De acuerdo con el Atlas Nacional Pesquero (1994), los recursos pesqueros del Pacífico son: el atún, bagre, barrilete, berrugata, carilla, calamar, callo de hacha, camarón, caracol, cazón, corvina, erizo, esmedregal, huachinango, jaiba, jurel, langosta, lebrancha, lenguado, lisa, mero, mojarra, ostión, pargo, pepino de mar, pez puerco, pulpo, raya, robalo, ronco, sardina, sierra y tiburón.

Debido al crecimiento de la mancha urbana (Figura IV.1), las áreas de uso pecuario, agrícola y las áreas naturales protegidas, también se han visto afectas por el hombre a causa de sus construcciones. Como es el caso de la Laguna de Coyuca y la de Tres Palos, que actualmente cuentan con un elevado índice de contaminación, además de que no existen programas de apoyo para la gente que se dedica a esas actividades.

Otro tipo de uso de suelo, es el constituido por el Aeropuerto Internacional de Acapulco, Juan N. Álvarez, que está construido en una superficie de 464 hectáreas y funciona las 24 horas del día (el tiempo de viaje desde la Ciudad de México es de 50 minutos aproximadamente). Consiste en dos pistas, una de 1,700 metros y otra de



3,300 metros de longitud, actualmente operan 5 compañías comerciales internacionales y 4 nacionales (INEGI, 1996).

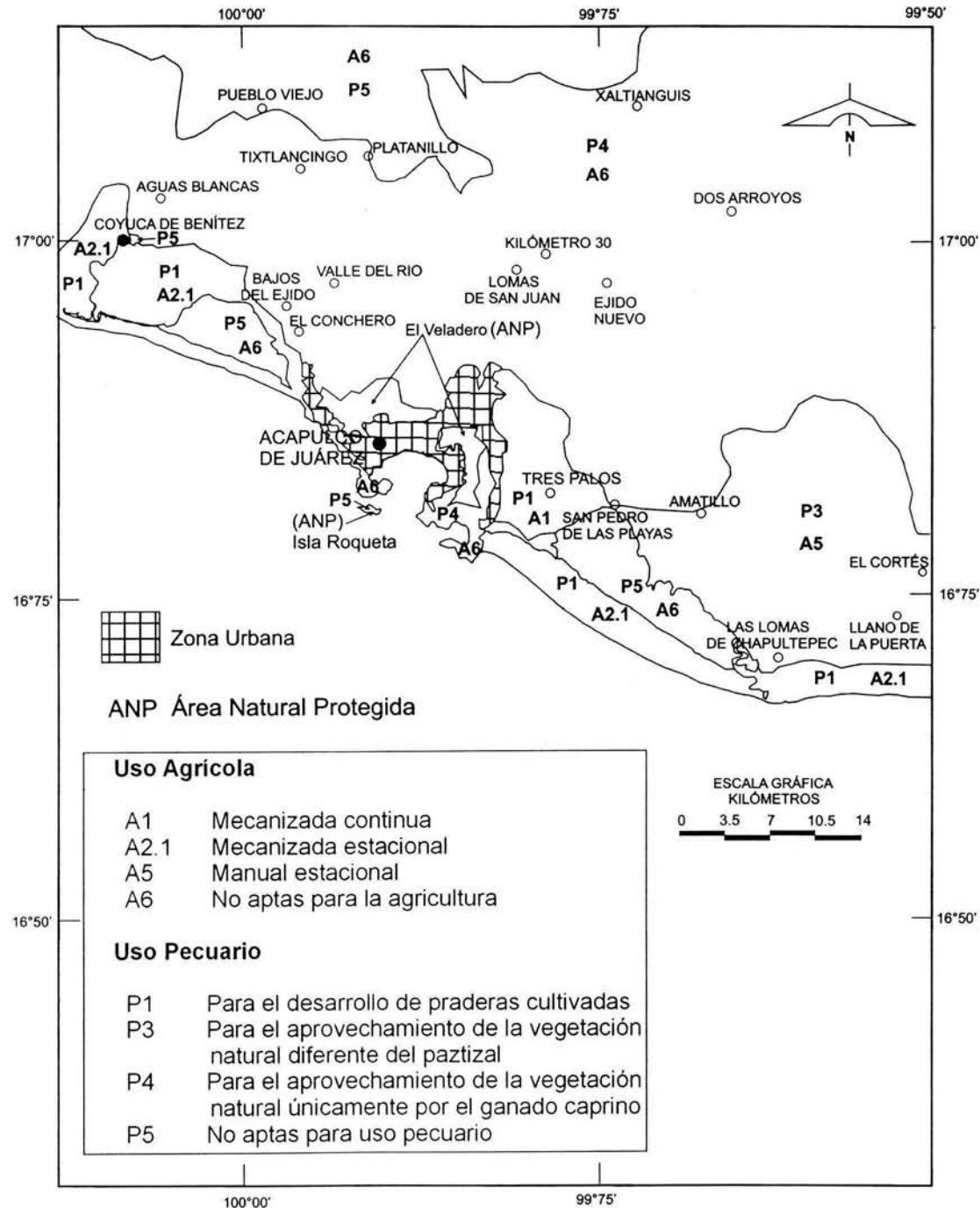


Figura IV.1 Mapa de Uso de Suelo (Modificado de INEGI, 2000, 2002a y 2002b).

## V HURACANES

La República Mexicana se encuentra ubicada en una zona intertropical, por lo que es fácil la generación de huracanes que azotan a las costas del Océano Pacífico y del Océano Atlántico. Los ciclones tropicales se generan en el mar en lugares denominados zonas ciclogénicas o matrices tanto en el hemisferio norte como en el Sur a latitudes de entre 5° y 15°, en donde las condiciones son favorables cuando el agua alcanza temperaturas mayores a los 26 °C.

Los huracanes o ciclones tropicales dependen del clima, por lo que inician a mediados del mes de mayo y terminan en noviembre, siendo agosto y septiembre los meses de mayor actividad. En el Pacífico se tiene la primera región matriz (Figura V.1) que inicia en el Golfo de Tehuantepec, se activa durante la última semana de mayo. Estos huracanes tienden a viajar hacia el oeste, alejándose de las costas de México, donde se debilitan y desaparecen en el mar, en cambio los huracanes generados de julio en adelante, describen una parábola que es paralela a la costa del Pacífico, llegando a tocar tierra en algunas ocasiones (CENAPRED, 1992).

En las costas del Océano Pacífico es mayor la incidencia de los huracanes que en el Golfo de México. En promedio, de los 25 ciclones que llegan a las costas del Océano Pacífico, 4 ó 5 tocan tierra produciendo daños en las costas. Las montañas tienen un papel muy importante debido a que frenan el paso de los huracanes hacia el interior de los continentes.

Un ciclón tropical consiste en una gran masa de aire cálida y húmeda con vientos fuertes que giran en forma de remolino alrededor de un centro de baja presión, llegando a alcanzar velocidades de traslación que varían entre 10 y 40 km/h. La energía de un ciclón es mayor conforme es más grande la diferencia de presiones entre su centro y su periferia.



Figura V.1 Región Matriz de Huracanes en el Pacífico (Modificado de CENAPRED, 1992).

En el Huracán, los efectos de rotación (Figura V.2) se deben a la fuerza de “Coriolis”, en donde la fuerza de rotación de la Tierra es suficientemente fuerte para que se inicie el movimiento de rotación alrededor del centro de baja presión. La desviación hacia la derecha de su dirección original se presenta en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio Sur, esto es, la rotación es contraria a las manecillas del reloj en el hemisferio norte y en el sentido de las manecillas en el Sur (CENAPRED, 1992).

De acuerdo con Villavicencio (2002), el tamaño de un huracán es variable, aunque normalmente pueden llegar a medir entre 8 y 10 km de altura y de 500 a 1000 km de ancho. Los huracanes más pequeños pueden medir 40 km de diámetro en comparación con los más grandes que miden entre 600 y 800 km. El Océano

Pacífico cuenta con las condiciones necesarias para la formación de ciclones, por su contenido de agua de la que se alimentan y por la distancia que tienen que recorrer antes de llegar a tierra y es por ello que es ahí donde se forman los ciclones más grandes del mundo.

Los indios mayas y caribes llamaban "Huracán" al Dios de las tormentas, pero en otros lugares el mismo fenómeno meteorológico recibe distintos nombres, tal es el caso de la India en donde es conocido como "ciclón", en las Filipinas "baguio", en el oeste del Pacífico norte como "tifón" y en Australia "Willy-Willy" (SEMARNAT, 2002a).

### PERFIL DE UN HURACÁN

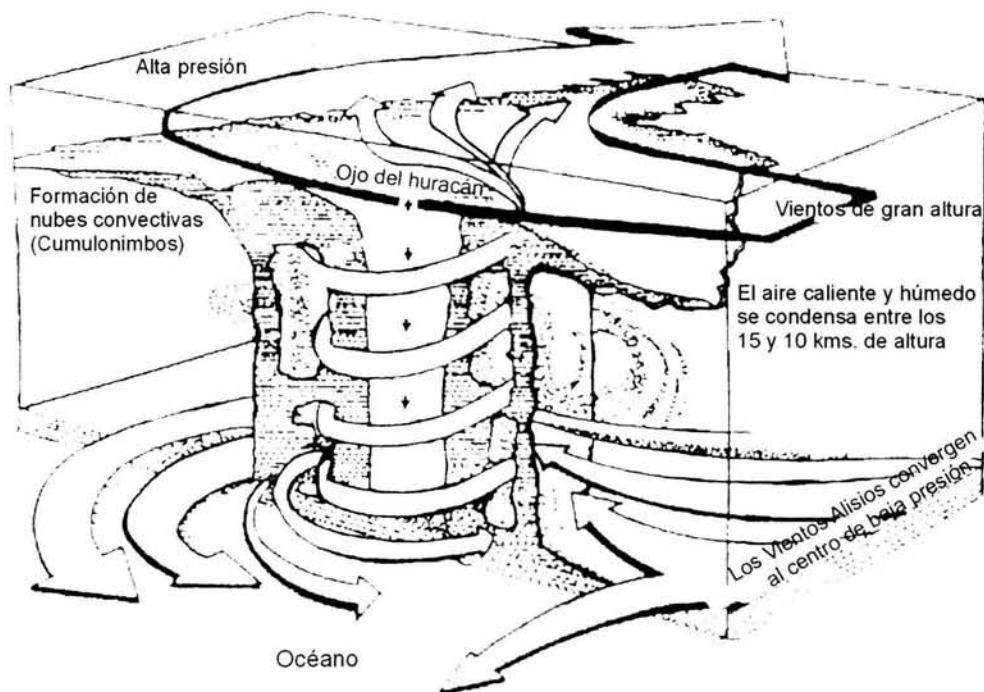


Figura V.2 Estructura de un Ciclón (Tomada de CENAPRED, 1992).

La clasificación de los ciclones tropicales, está dada de acuerdo con la intensidad de sus vientos denominándose depresión tropical durante la primera etapa con una velocidad de vientos menor a los 63 km/h, se caracteriza por la ligera circulación de

vientos, en la siguiente etapa se le llama tormenta tropical con vientos que varían entre los 63 y los 118 km/h, es localmente destructivo y por último la categoría de huracán, en donde la velocidad de los vientos llega a superar los 119 km/h, causando grandes daños (CENAPRED, 2001a).

La Escala de Beaufort relaciona la velocidad del viento con el oleaje promedio (Tabla 7), mientras que la Escala de Saffir-Simpson (Tabla 8) relaciona la intensidad de los huracanes con el daño que ocasionan.

Los principales efectos de los ciclones que generan daños son el viento, la marea de tormenta, el oleaje y las lluvias.

Viento. El viento gira alrededor del centro de baja presión en un huracán. Los vientos llegan a destruir casas, derribar árboles, desprender techos, desplazar embarcaciones a tierra firme, además de ser peligrosos para la navegación.

Marea de Tormenta. Corresponde a la sobreelevación del nivel medio del mar cerca de la costa, debida al viento ciclónico sobre ésta. Produce inundaciones en la franja costera, afectando a los poblados de las zonas bajas.

Oleaje. Formado por el choque del viento sobre la superficie del mar, la agitación del mar daña a las embarcaciones y a los rompeolas, además de que pueden acarrear grandes cantidades de arena de la costa hacia otros sitios disminuyendo así el área de playa.

Lluvia. Los ciclones tropicales traen consigo grandes cantidades de humedad, generando fuertes lluvias en periodos cortos, ocasionando inundaciones en las zonas bajas y pobladas, desbordamiento de ríos que dan origen a los flujos de lodo. Las lluvias o precipitaciones son la fase más destructiva de un ciclón (CENAPRED, 1992).

El fin de un Huracán se debe a la falta de sustento energético que le proporcionan las aguas cálidas.

Tabla 7. Escala de Beaufort (Tomada de CENAPRED, 1992).

CALIFICACIÓN DE BEAUFORT	VELOCIDAD DEL VIENTO A 10 M DE ALTURA (KM/H)	ALTURA PROMEDIO DE OLAS (M)
0 Calma	0 – 1	0
1 Brisa	1 – 5	0
2 Viento Suave	6 – 11	0 – 0.3
3 Viento Leve	12 – 19	0.3 – 0.6
4 Viento Moderado	20 – 28	0.6 – 1.2
5 Viento Regular	29 – 38	1.2 – 2.4
D. T. 6 Viento Fuerte	39 – 49	2.4 – 4.0
D. T. 7 Ventarrón	50 – 61	4.0 – 6.0
T.T. 8 Temporal	62 – 74	4.0 – 6.0
T.T. 9 Temporal Fuerte	75 – 88	4.0 – 6.0
T.T. 10 Temporal muy Fuerte	89 – 102	6.0 – 6.0
T.T. 11 Tempestad	109 – 117	9.0 – 14.0
H 12 Huracán	>119	Más de 15 m

D.T. Depresión Tropical

T.T. Tormenta Tropical

H Huracán

Tabla 8. Escala Saffir-Simpson (Tomada de CENAPRED, 1992).

ESCALA	VIENTOS (Km/h)	DAÑOS
1	119-153	Mínimo
2	154-177	Moderado
3	178-209	Extenso
4	210-149	Extremo
5	>250	Catastrófico

La estimación de los posibles daños en la Escala de Huracanes de Saffir-Simpson es la siguiente:

1. Ningún daño efectivo a edificios, pero si inundaciones en carreteras y daños leves a muelles.
2. Provoca algunos daños en construcciones, daños considerables a la vegetación y muelles, las carreteras se inundan de 2 a 4 horas antes de la entrada del huracán.
3. Provoca algunas fisuras en construcciones. Las inundaciones cerca de las costas destruyen las estructuras más pequeñas. Los terrenos debajo de 1.5 m pueden resultar inundados hasta 13 km de la costa o más.
4. Provoca fisuras más generalizadas en los muros de revestimiento, derrumbamiento de techos, anuncios y letreros. Importante erosión de las playas. Inundaciones de los terrenos planos debajo de los 3 m, situados hasta 10 km de las costas.
5. Derrumbe total de los techos, árboles grandes son arrancados de raíz, los anuncios y los letreros son arrojados a grandes distancias. En terrenos situados a menos de 4.6 m o menos sobre el nivel del mar son inundados hasta 460 m tierra adentro (CENAPRED, 2001a).

#### V.1 Relación entre los Huracanes y el Fenómeno de El Niño

El Niño, es un fenómeno meteorológico del Océano Pacífico, como resultado de las fluctuaciones climáticas causadas por la interacción entre el océano y la atmósfera. De acuerdo con De la Lanza (2001), El Niño o "ENOS" (El Niño Oscilación Sur) se llega a originar cuando la presión atmosférica en el Pacífico Tropical Este, que es normalmente baja, se incrementa; los vientos del Oeste se fortalecen con corrientes superficiales en la misma dirección. Al aumentar la temperatura de esta corriente, también se ven alteradas la presión y la temperatura atmosférica, además del patrón de precipitación. Debido a esto, los sitios con alta presión registran fuertes sequías y los sitios con baja presión presentan fuertes lluvias.

De acuerdo con Gallegos et al., (1984) entre los años 1982 y 1983 se registró el Fenómeno de El Niño, dando como resultado un incremento de temperatura de 6° C y un aumento en el nivel del mar de 45 cm en la costa de Acapulco.

Cuando se presenta el Fenómeno de El Niño, el número de ciclones tropicales es mayor en el Pacífico y menor en el Atlántico, tal vez esto se debe al incremento de la temperatura en el Océano Pacífico, favoreciendo con ello la ciclogénesis, así como el aumento en la intensidad de los huracanes y las precipitaciones (Matías Ramírez, 2000).

Algunas de las consecuencias debidas a éste fenómeno es que en las áreas inundadas se presentan infecciones respiratorias, enfermedades diarreicas, dengue, malaria, cólera, salmonelosis, hepatitis viral, parasitismo intestinal además de enfermedades de la piel. En épocas de sequía se presentan, dengue, malaria, enfermedades de la piel, diarreas, deshidratación y quemaduras producidas por el sol. En áreas de avalanchas y deslizamientos hay destrucción de viviendas y desabasto de agua y alimentos; en áreas de incendios forestales las quemaduras y el sofocamiento. En áreas de huracanes y tormentas tropicales, las inundaciones producen la pérdida de vidas humanas, deslizamientos, destrucción de viviendas y agricultura entre otros



Tabla 9. Huracanes que han tocado el Puerto de Acapulco entre 1949 y 1999 (Modificada de Protección Civil, 2002).

NOMBRE	CATEGORIA	AÑO	FECHA	LUGAR DE ENTRADA A TIERRA EN LA ZONA	VIENTOS MAX. (km/h)
S/n	H1	1951	1-2 Jun	Acapulco, Gro.	140
s/n	TT	1958	26-30 Jul	A 80 Km al Sur de Acapulco, Gro.	83
Bridget	H1	1971	14-20 Jun	A 10 Km al Sur de Acapulco, Gro.	140
Claudia	DT	1973	26-30 Jun	Acapulco, Gro.	46
Agatha	H1	1986	22-29 May	A 100 Km al Sur de Acapulco, Gro.	120
Pauline	H2	1997	5-10 Oct	30 Km Al Noroeste de Acapulco, Gro.	165
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional					

DT: Depresión Tropical

TT: Tormenta Tropical

H1-H5: Huracán y categoría alcanzada en la escala de intensidad Saffir-Simpson.

Han sido treinta ciclones tropicales los que han afectado al Estado de Guerrero en los últimos 49 años, de los cuales 6 de ellos han tocado al Puerto de Acapulco directamente.

## V.2 El Caso del Huracán Paulina

El día 5 de octubre de 1997, se registró en el Pacífico la depresión tropical No. 19 ubicada a 400 km al Sur de las costas de Oaxaca.

El día 6, ésta depresión tropical se convirtió en tormenta tropical y se le dió el nombre de Paulina, se localizaba a 375 km al Suroeste de Tapachula, Chiapas. Su desplazamiento era hacia el Noroeste a 11 km/h con vientos máximos de 75 km/h.

El día 7 alcanzó el rango de huracán en la Escala de Saffir-Simpson, estando su centro hacia el Sur-sureste de Salina Cruz, Oaxaca, con vientos máximos de 215 km/h. (Figura V.3).

El día 8, entró a tierra entre Huatulco y Puerto Ángel, Oaxaca, con dirección a Guerrero.

El día 9, el centro del huracán se localizaba a escasos 30 km del Puerto de Acapulco, llevando una dirección Nor-noroeste con vientos máximos de 120 km/h, posteriormente se debilitó a categoría 2 con su centro a 25 km de Tecpan de Galeana, Guerrero, siguiendo su trayectoria hacia el oeste-noroeste a 15 km/h y con vientos máximos de 160 km/h (CENAPRED, 2001b).

El Puerto de Acapulco sufrió grandes daños durante esa noche, la lluvia produjo 60 mm en una hora, en donde la máxima fue de más de 400 mm en cinco horas lo que equivale a la tercera parte de la lluvia promedio anual (Matías Ramírez, 2000).

Debido a la gran cantidad de agua, en las laderas de las montañas que limitan a la bahía, se produjeron desprendimientos de tierra, rocas y bloques de granito. En las calles el agua arrastró todo lo que encontró a su paso.

En Palma Sola se encuentra el Río Camarón a una altitud de 900 m con cauce de 14 m de ancho, pero debido a la urbanización este cauce se redujo a 7 u 8 m, en este sitio el daño a las construcciones fue grande, ya que la corriente torrencial alcanzó los 2 m de altura, además de recuperar su cauce inicial. Las playas se llenaron de lodo y basura; alrededor de la playa La Condesa el agua alcanzó 3 m de altura y la subestación de energía eléctrica Puerto Marqués quedó fuera de servicio debido a

las inundaciones, se interrumpieron los servicios de energía eléctrica, agua potable y teléfono (CENAPRED, 2001b). Las intensas lluvias, el desbordamiento de ríos y los deslaves interrumpen los sistemas de agua potable, contaminando los pozos, por lo que se requiere desazolvarlos en el menor tiempo posible para poder proveer a la población del vital líquido.

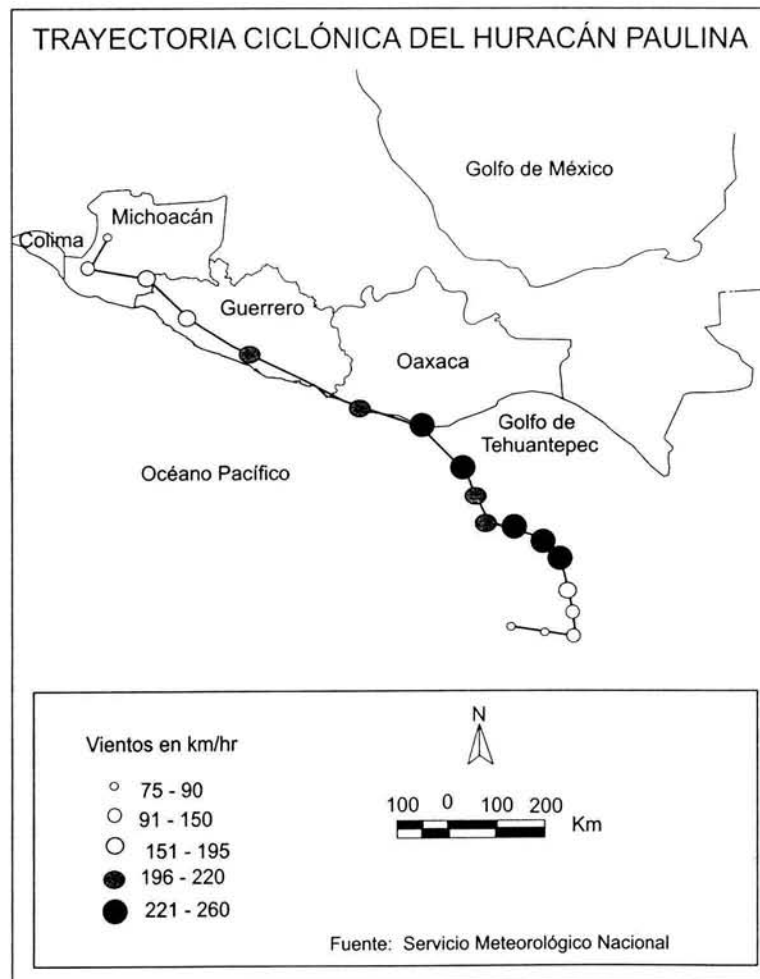


Figura V.3 Trayectoria del Huracán Paulina (Modificado de Matías Ramírez, 2003).

### V.3 Prevención de desastres ocasionados por Huracanes

El Servicio Meteorológico Nacional, contribuye a mitigar los desastres ocasionados por los huracanes, mejorando las técnicas para la detección, seguimiento y las posibles zonas de impacto.

Gracias a la utilización de los satélites artificiales, a partir de los años sesenta, es como se ha llegado a conocer mejor el origen, evolución y extinción de los huracanes, así como su comportamiento y trayectoria, la cual contribuye a prevenir posibles desastres (CENAPRED, 2001b).

La observación mediante las telecomunicaciones meteorológicas, la investigación de nuevas tecnologías para la detección de huracanes y los medios de difusión para la divulgación de la información meteorológica, son importantes para desarrollar planes que permitan reducir el número de víctimas humanas.

En la Bahía de Acapulco, las zonas más vulnerables a este fenómeno meteorológico se presentan en la zona costera baja, debido a las lluvias torrenciales, generadoras de inundaciones.

## VI INUNDACIONES Y DESLIZAMIENTOS

### VI.1 Inundaciones

De acuerdo con el (CENAPRED, 2001a), las inundaciones son la acumulación de niveles extraordinarios de agua que cubre una zona de terreno durante un cierto periodo de tiempo, en general se produce sobre terrenos normalmente planos y de poca elevación respecto al nivel medio del agua presente en los receptáculos naturales y artificiales circundantes en una región. Las inundaciones son unas de las catástrofes más frecuentes (CENAPRED, 2001d).

La causa de las inundaciones se debe a diversos factores, tanto naturales como antrópicos. Entre los naturales se citan las lluvias en la región, desbordamientos de ríos, ascenso en el nivel medio del mar, ciclones tropicales y tsunamis en las zonas costeras. Entre los factores antrópicos, la urbanización es una parte importante que contribuye a la inundación de ciudades, porque la pavimentación del suelo, las casas y las calles no permiten la adecuada infiltración del agua al subsuelo, sino que se aumenta el escurrimiento y la sedimentación, además de la ruptura de diques y presas que incrementan el volumen de escurrimientos hacia el océano por medio de ríos y arroyos. (Espíndola, 1992).

De acuerdo con los datos de Protección Civil, en el Municipio de Acapulco se han identificado algunos sitios con problemas de inundación de tipo pluvial, presentándose en Cayaco, Tunzingo, Tres Palos y el poblado de Llano Largo, en la Zanja y en la Laguna Negra, llegando a causar graves problemas, en la zona urbana el problema se presenta principalmente en la Avenida Cuauhtémoc.

En las laderas escarpadas con suelos desprovistos de vegetación (a causa de la tala inmoderada o cuando el suelo y la vegetación no pueden absorber toda el agua) se

originan escurrimientos sobre el terreno que pueden llegar a ser súbitos y con gran velocidad. Las pendientes pronunciadas también determinan la velocidad del escurrimiento.

La degradación de la cubierta vegetal, por la tala de árboles para abrir nuevas tierras para la agricultura y pastizales para la ganadería, contribuye a la desertificación, llegando a producir algunos escurrimientos, como sucede al norte del municipio y zonas aledañas, como la Providencia, Amatillo y San Pedro Cacahuatpec, así como en la barra interior y al norte de la Laguna Tres Palos. En la Figura VI.1 se observan las zonas en las que se presentan inundaciones y de riesgo (Protección Civil, 2002).

La inundación es uno de los fenómenos naturales que provoca más pérdidas humanas y económicas, además causa erosión del suelo, sedimentación excesiva, llegando a afectar a los cultivos y a la fauna (CENAPRED, 2001a).

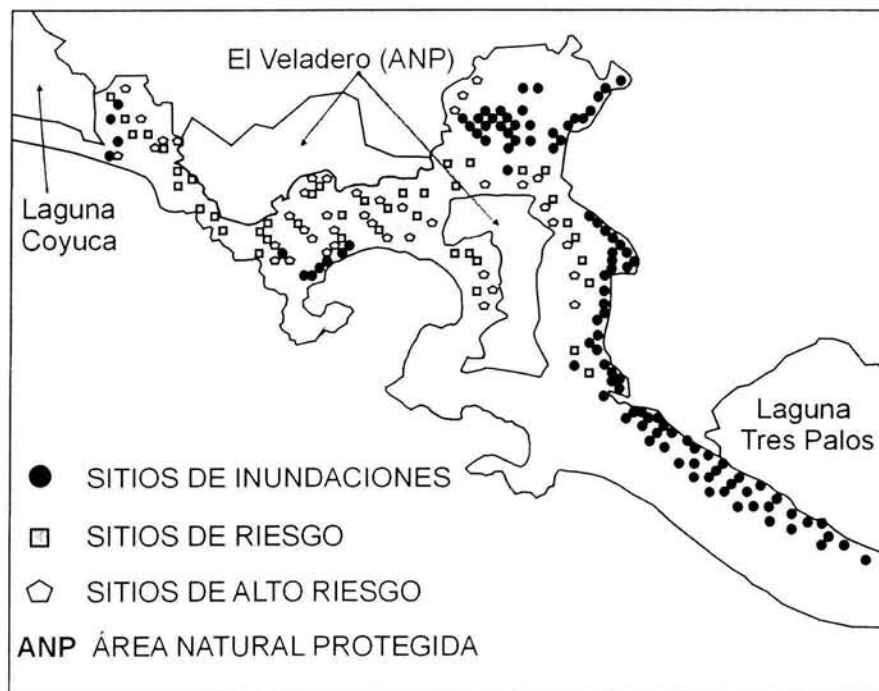


Figura VI.1 Sitios de Riesgo por deslizamientos e inundaciones (modificado de Protección Civil, 2002).

## VI.2 Deslizamientos

Deslizamiento de tierra es el nombre dado al movimiento de rocas y material sin consolidar debido a la atracción gravitacional; a veces el desprendimiento se presenta en forma repentina, aunque frecuentemente es casi imperceptible, tal es el caso de los terrenos con pendiente suave.

De acuerdo con (CENAPRED, 2001d), existen varios mecanismos para originar la inestabilidad de laderas tales como: a) los caídos o derrumbes, que son movimientos que se dan en forma repentina en suelos y fragmentos aislados de rocas que se desprenden de pendientes abruptas y acantilados, por lo que la caída es libre; b) el deslizamiento, es un movimiento de masa pendiente abajo de materiales térreos que se deslizan sobre superficies planas o cóncavas; c) los flujos, son movimientos de suelos y/o fragmentos de roca ladera abajo, pueden ser muy rápidos o muy lentos, húmedos o secos. Incluyen a los flujos de lodo cuya característica es el contenido de agua y sedimentos (arena, limo y partículas arcillosas), además de un movimiento rápido. También incluye a los flujos o avalanchas de suelos y rocas en donde el movimiento es rápido llevando consigo partículas sueltas fragmentos de rocas, vegetación, agua y aire. Estos últimos se denominan lahares y se originan en el talud de un volcán (Figura VI.2).

Uno de los factores que originan el movimiento de masa es la gravedad de la tierra que es la que proporciona la energía necesaria para el desplazamiento pendiente debajo de los materiales superficiales, además de los factores externos e internos.

Factores externos: representados por el cambio en la pendiente de una ladera, debido a los procesos de erosión por corrientes fluviales, océanos, glaciares; la vibración del terreno producto de temblores y erupciones volcánicas; aumento del peso del terreno por la acumulación de nieve, agua o productos volcánicos; así como por la presencia en el contenido de agua a causa de lluvias torrenciales especialmente en materiales poco consolidados.

Factores internos: están relacionados con las características del suelo como la composición, textura, grado de intemperismo, características físico-químicas, así como la naturaleza del emplazamiento.

Además de estos factores naturales, la sociedad también ha propiciado el desequilibrio natural del entorno a causa del creciente número en las actividades humanas que realiza, tales como construcción de caminos, carreteras, líneas de ferrocarril, aeropuertos, uso de maquinaria pesada, aumento de peso en el terreno a causa de las edificaciones y la deforestación, que aceleran los procesos de remoción de masas de terreno y la erosión del suelo.

Entre los peligros más comunes asociados al deslizamiento se encuentran los agrietamientos y rupturas en donde se generan cuarteaduras en las construcciones y averías en obras de agua potable y drenaje, incomunicación por el desprendimiento de materiales sin consolidar y de rocas en caminos y destrucción de poblados ya que pueden sepultar a los asentamientos irregulares que habitan en las laderas (CENAPRED, 1996a).



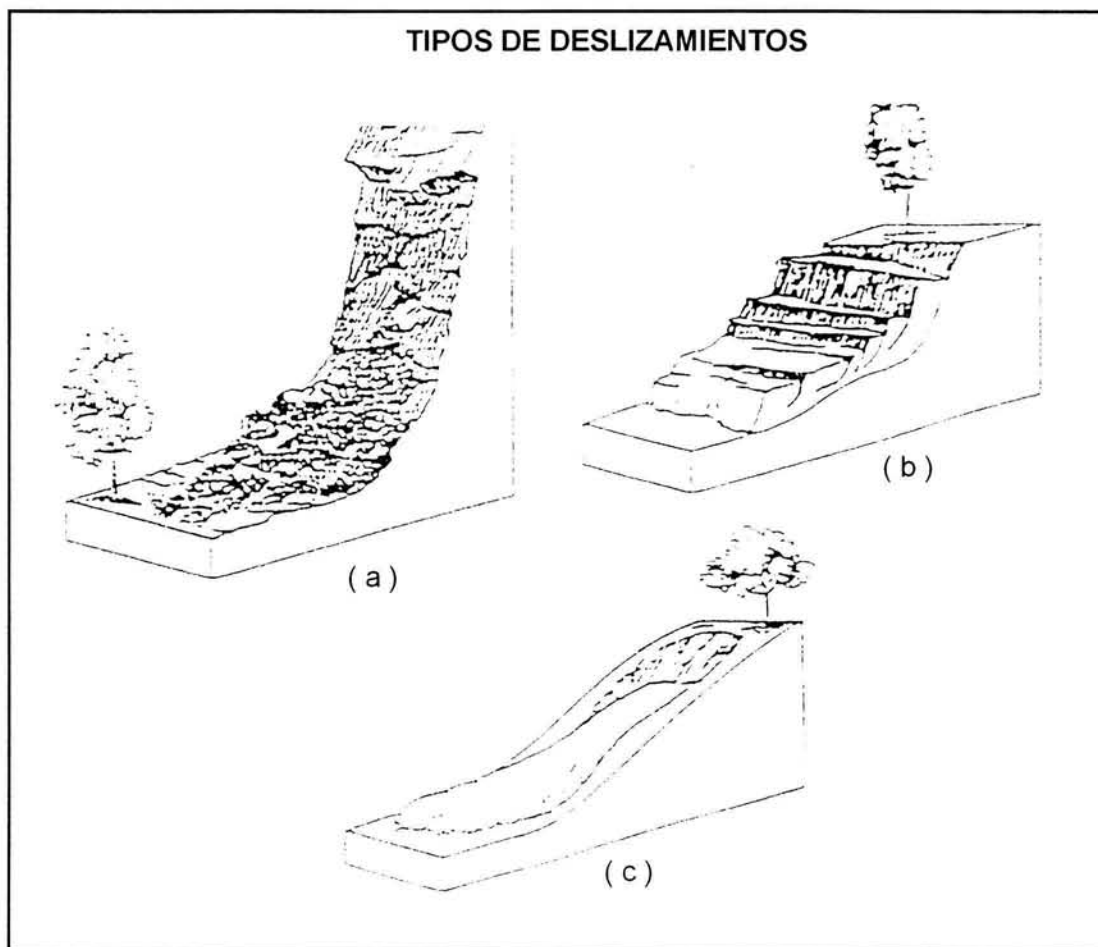


Figura VI.2 Diagramas de bloque que muestran tres de los tipos de deslizamientos más comunes en las laderas: (a) Caído; (b) Deslizamiento y (c) Flujo (Tomado de CENAPRED, 2001d).

La Tabla 10, es útil para identificar el grado de peligro en un problema de inestabilidad de laderas, donde se muestra que a mayor velocidad del movimiento, el potencial destructivo es mayor.

Tabla 10. Escala de velocidades de los movimientos de ladera (Tomada de CENAPRED, 2001d).

VELOCIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA VELOCIDAD	NATURALEZA DEL IMPACTO
3 m/s – 5 m/s	7. Extremadamente rápido	Catástrofe de gran violencia
0.3 m/min – 3 m/min	6. Muy rápido	Pérdida de algunas vidas, gran destrucción
1.5 m/día – 13 m/mes	5. Rápido	Posible escape y evacuación, estructuras, posesiones y equipos destruidos
1.5 m/año – 1.6 m/año	4. Moderado	Estructuras poco sensibles pueden sobrevivir
1.5 m/año – 1.6 m/año	3. Lento	Carreteras y estructuras poco sensibles pueden sobrevivir a través de trabajo de mantenimiento constante
0.06 m/año – 0.016 m/año	2. Muy lento	Algunas estructuras permanentes no son dañadas y sufren agrietamientos por el movimiento, pueden ser reparadas
	1. Extremadamente lento	No hay daño a las estructuras construidas con criterios de ingeniería formales

En el Municipio de Acapulco de Juárez, es más frecuente la presencia de deslizamientos de suelos y rocas, reptación de suelos, derrumbamientos y socavaciones constituyendo un peligro para las personas que viven en las partes altas. Los sitios en donde se presentan estos problemas son: Unidad Obrera, Alta Progreso 2da. y 4ta. Etapa; Parte Alta de las Colonias: Guadalupe Victoria, 6 de Enero, Nueva Jerusalén, Ángel Aguirre, 20 de Abril, Cambio 21, Nueva Era, Alta Generación 2000,

Corriente Democrática, Silvestre Castro, Mártires del 68, Mirador, Plan de Ayala, Independencia, Palma Sola Villita, Palma Sola Fovissste, Francisco Villa, Buena Vista, Alta Laja, Solidaridad, Margarita de Gortari, 20 de Noviembre, Alta Costa Azul, Praderas de Costa Azul, Pedregal de Guadalupe, Alta Icacos, Cumbres de Llano Largo; las Colonias: Constituyentes, Santa Cecilia, Morelos, Antorcha Campesina, Solidaridad, Providencia, la Quebrada, Vista Hermosa, 1ro. De Mayo; Parte Alta del Club de Golf; Fraccionamiento Brisamar; Parte Alta de la Carretera Escénica; Parte Alta de Pueblo Nuevo; Parte Alta de Pueblo Vista Hemosá.

Cuando ocurrió el paso del huracán Paulina por Acapulco, durante la madrugada del 9 de Octubre de 1997, cuando la lluvia alcanzó los 400 mm en cinco horas, se produjo la saturación de los materiales térreos en los cerros, en donde la pendiente es abrupta y deshabitada, fue el lugar en el que se presentaron derrumbes locales de las laderas. Se originaron caídos y flujos pendiente abajo con gran velocidad, en el primer sitio en donde la pendiente se vuelve más suave se detuvo la avalancha, acumulando las rocas más grandes, pero a pesar de ello por la cantidad de lluvia, los sedimentos siguieron su camino pendiente abajo devastando lo que había a su paso, produciendo un alto potencial destructivo.

### VI.3 Mitigación del riesgo causado por inundaciones y deslizamientos

El estudio de las inundaciones es necesario para la previsión y mitigación de sus efectos, la meteorología, la ingeniería hidráulica y la geología son algunas de las disciplinas que con su información ayudan a reducir el riesgo para la población.

Algunas de las medidas para disminuir la vulnerabilidad de un sitio son: la identificación del área de riesgo, realizada a través de estudios geológicos e hidrológicos y la planeación del uso del terreno en las zonas pobladas. La Legislación sobre el uso del terreno, en donde las autoridades pueden permitir o no la expansión de la población. La elaboración de códigos de construcción, para disminuir las

pérdidas humanas y económicas. La reforestación de terreno para reducir los escurrimientos.

También se cuenta con las medidas para la modificación en la distribución del agua tales como: la construcción de canales auxiliares de desagüe. La construcción de diques y barreras para contener la entrada de aguas a lugares en particular, para mantener el cauce de un río o desviar la dirección del agua. La reforestación del terreno sirve para evitar los escurrimientos, mientras que la construcción de terrazas en laderas permite asegurar su resistencia a la erosión y disminuir así el escurrimiento (Espíndola, 1990).

Como medidas preventivas en el caso de los deslizamientos, es importante la realización de estudios geológicos e hidrológicos para determinar las características del suelo así como el patrón de drenaje y las pendientes, estudios geofísicos y geodésicos que ayuden a determinar las condiciones del subsuelo.

Cada año este fenómeno causa numerosas víctimas, heridos y damnificados, además de pérdidas económicas. La detección oportuna por parte de las autoridades y con la toma de decisiones oportuna se puede reducir los efectos destructivos (CENAPRED, 2001d).

## VII TERREMOTOS Y TSUNAMIS

### VII.1 Terremotos

Los terremotos, sismos o temblores se originan por la liberación de energía en forma repentina, acumulada durante cierto tiempo por la deformación entre placas, debido a las fuerzas de fricción que impiden el desplazamiento de una con respecto a la otra, generándose así grandes esfuerzos que si sobrepasan la resistencia de la roca o se vencen la fuerzas friccionantes, producen una ruptura violenta. Este proceso origina ondas sísmicas de varios tipos que se propagan en todas direcciones dentro y sobre la superficie de la Tierra.

Entre las ondas que se propagan en el interior de la Tierra, se encuentran las ondas P o Primarias, cuya velocidad varía entre 1100 y 8000 m/s, dependiendo del tipo de roca y se transmiten a través de sólidos y de líquidos. Las ondas S o Secundarias viajan a velocidades de entre 500 a 4400 m/s, además de no transmitirse en fluidos (líquidos y gases). Las ondas superficiales, como su nombre lo indica se propagan en la parte más superficial de la corteza terrestre.

En el Planeta la sismicidad se localiza en la periferia del Océano Pacífico, denominado Cinturón de Fuego del Pacífico o Cinturón Circumpacífico que comprende a la Patagonia y Chile, parte occidental de México, Estados Unidos, Canadá y Alaska, atraviesa las Islas Aleutianas, continuando por la Península de Kamtchatka, Japón, Islas Filipinas y termina en Nueva Zelanda. Esta zona sísmica se caracteriza por una actividad volcánica intensa (CENAPRED, 2001 c).

En México, la actividad sísmica se presenta en la margen del Pacífico (Figura VII.1) en donde se encuentra el límite entre la Placa de Cocos y la de Norteamérica, cuyos sismos varían desde los 5° hasta los 8.5° en la escala de Richter. La convergencia

entre estas dos placas produce el fenómeno de subducción, esto significa que al chocar dos placas, una de ellas se introduce hacia el interior de la corteza terrestre por tener una densidad menor y es reasimilado en la astenósfera como sucede con la Placa de Cocos que penetra por debajo de la Placa de Norteamérica (Robinson, 1990).

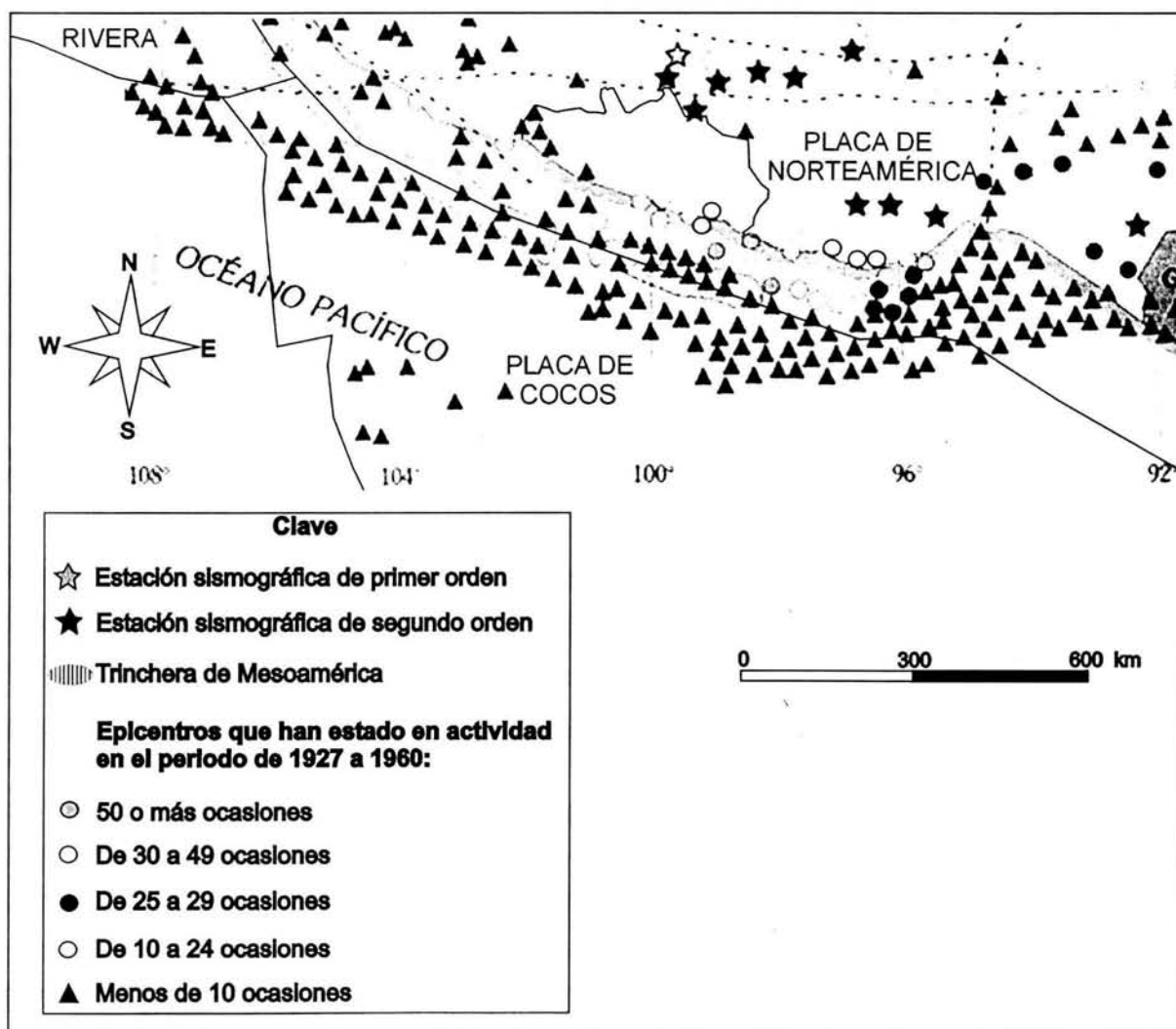


Figura VII.1 Actividad sísmica al Sur de México (Modificada de Tamayo, 2002).

La Trinchera Mesoamericana es el producto de la Tectónica de Placas al chocar la Placa de Cocos con la de Norteamérica produciendo una zona de subducción. Esta Trinchera es una fosa que se encuentra paralela al continente, abarcando desde

Cabo Corrientes, al Sur de las Islas Marías, hasta Panamá, cuya longitud es de 2600 km y con una anchura media de 75 km.

En el área que corresponde a México, se observan alternancias de elevaciones y depresiones (fosas). Frente a Puerto Ángel, Oax., la Trinchera se divide en dos partes mediante una interrupción. La primera parte es la Trinchera de México, que es continua y paralela a 100 km de la costa de los Estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca, se inicia desde un punto al SW de la Isla Madre, para terminar frente a Puerto Ángel; la segunda parte es la Trinchera de Guatemala.

Dentro de la Trinchera de México, en su parte central y Sureste se localiza una fosa ancha y con 4570 m de profundidad, extendiéndose desde el meridiano a  $98^{\circ} 30'$  hasta el de  $112^{\circ}$ , conocida con el nombre de "Brecha" Sísmica de Guerrero, cuya longitud es de 519 km y con una profundidad mayor de 5700 m al Oeste de Acapulco (De la Lanza, 1991).

La "Brecha" Sísmica de Guerrero es una zona de ausencia sísmica, en donde la interacción entre Placas Tectónicas no han producido un temblor de gran magnitud durante cierto tiempo, en este periodo los esfuerzos se acumulan hasta que esta energía se libere y origine un temblor de grandes magnitudes. Después de un temblor es necesario un nuevo periodo de acumulación de energía para poder originar un nuevo temblor. La Brecha Sísmica de Guerrero de acuerdo con su tamaño puede presentar un temblor superior a los 8 grados de magnitud en la Escala de Richter (CENAPRED, 2001 c).

El hombre ha tratado de estimar la fuerza de un sismo, ya sea por su energía o por los efectos que puede causar, es así como se elaboraron las escalas de Richter y la de Mercalli.

Charles F. Richter en 1935 inventó una escala sencilla para medir la fuerza de un sismo, denominada Escala de Magnitud, donde la manera de medir el tamaño real de un sismo tiene que ver con la cantidad de energía que se libera.

Giuseppe Mercalli, diseñó una escala descriptiva (Tabla 11), que evalúa los efectos causados de un sismo en el hombre, en sus construcciones y en el terreno. No se utilizan instrumentos, sólo la observación, depende de la sensibilidad de cada persona y se le llama Escala de Intensidad (Lomnitz, 1999).

Los Terremotos constituyen unos de los fenómenos que más vidas cobran y más daños materiales causan. Los peligros pueden clasificarse en dos: peligros directos y en peligros indirectos.

Peligros directos: a) Derrumbe de edificios, que es la principal causa de fatalidades en áreas densamente pobladas. b) Deslizamientos, flujos de lodo y avalanchas, en áreas de topografía abrupta o de poca estabilidad. c) Cambios en el nivel del suelo, algunos terremotos vienen acompañados de hundimientos, elevaciones o inclinación del terreno debido al reacomodo de sedimentos o terraplenes no consolidados. d) Tsunamis, grandes olas que causan inundaciones en zonas costeras.

Peligros indirectos: a) Incendios, por la ruptura de los sistemas de tubería de gas debido a las vibraciones. b) Falla de presas. c) Contaminación por daños en plantas industriales, por el escape de gases y sustancias peligrosas, con consecuencias en la salud y el ambiente (CENAPRED. 2001a).

Los municipios del Estado de Guerrero que se encuentran muy cercanos a la zona de subducción son Coyuca de Benítez, Acapulco de Juárez y San Marcos, en donde los sismos alcanzan grandes magnitudes en la escala de Richter y con hipocentros de 15 a 20 km de profundidad.

En las Costas de Guerrero, la población está expuesta a los efectos destructivos que puede llegar a ocasionar un gran sismo (Tabla 12). Por lo que de acuerdo con Protección Civil (2002) de Acapulco, el epicentro de un sismo puede ubicarse en los siguientes sitios: 1) sobre la franja costera, entre la población de Papanoa y la Cd. de Acapulco y 2) en el mar sobre la plataforma continental y la zona del talud.



Tabla 11. Escala de intensidad Mercalli-Modificada abreviada (Tomada de CENAPRED, 2001b).

I.	No es sentido, excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II	Sentido sólo por muy pocas personas en posición de descanso, especialmente en los pisos altos de los edificios. Objetos delicadamente suspendidos pueden oscilar.
III.	Sentido muy claramente en interiores, especialmente en pisos altos de los edificios, aunque mucha gente no lo reconoce como un terremoto. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como al paso de un camión. Duración apreciable.
IV.	Durante el día sentido en interiores por muchos, al aire libre por algunos. Por la noche algunos despiertan. Platos, ventanas y puertas agitadas; las paredes crujen. Sensación como si un camión pesado chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente.
V.	Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas y similares rotos; grietas en el revestimiento en algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse.
VI.	Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algún mueble pesado se mueve; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.
VII.	Todo el mundo corre al exterior. Daño insignificante en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras comunes bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por algunas personas que conducen automóviles.
VIII.	Daño leve en estructuras diseñadas especialmente para resistir sismos; considerable, en edificios comunes bien construidos, llegando hasta colapso parcial; grande, en estructuras de construcción pobre. Los muros de relleno se separan de la estructura. Caída de chimeneas, objetos apilados, postes, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Expulsión de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Cierta dificultad para conducir automóviles.

Tabla 11. Escala de intensidad Mercalli-Modificada abreviada (Tomada de CENAPRED, 2001b) (continuación).

IX.	Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras bien diseñadas pierden la vertical; daño mayor en edificios sólidos, colapso parcial. Edificios desplazados de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas.
X.	Algunos estructuras bien construidas en madera, destruidas; la mayoría de estructuras de mampostería y marcos destruidas incluyendo sus cimientos; suelo muy agrietado. Rieles torcidos. Corrimientos de tierra considerables en las orillas de los ríos y en laderas escarpadas. Movimientos de arena y barro. Agua salpicada y derramada sobre las orillas.
XI.	Pocas o ninguna obra de albañilería quedan en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Rieles muy retorcidos.
XII.	Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire.

La zona costera de Acapulco tiene un terreno firme debido al basamento de granito-granodiorita, pero el que se encuentra en las partes altas, está sujeta al intemperismo de tipo esferoidal, los cuales forman peñascos que pueden rodar, durante un gran sismo, hacia las partes bajas representando un riesgo para los pobladores de esa zona.

Las zonas de mayor vulnerabilidad en la zona de Acapulco a causa de un sismo, está representada por los asentamientos irregulares como lo son las zonas con una pendiente pronunciada, cuando no emplean correctamente el reglamento de construcción, el uso de materiales de mala calidad, la concentración de la población fija y flotante que se encuentra en la zona turística de Acapulco y de los hoteles altos pueden representar un riesgo importante. Además de los peligros directos e indirectos mencionados.

Tabla 12. Temblores de gran magnitud que han afectado a Guerrero (Modificada de Protección Civil 2002)

FECHA	REGIÓN	MAGNITUD RICHTER
4 mayo 1820	Costas de Guerrero	-
7 abril 1845	Costas de Guerrero	-
16 marzo 1874	Guerrero	-
19 julio 1882	Guerrero-Oaxaca	-
29 mayo 1878	Guerrero	-
6 septiembre 1889	Costas de Guerrero	-
2 diciembre 1890	Costas de Guerrero	-
2 noviembre 1894	Costas de Oaxaca-Guerrero	-
24 enero 1899	Costas de Guerrero	-
15 abril 1900	Costas de Guerrero	-
26 marzo 1908	Costas de Guerrero	-
27 marzo 1908	Costas de Guerrero	-
30 julio 1909	Costas de Guerrero	-
16 diciembre 1911	Costas de Guerrero	-
23 diciembre 1937	Guerrero y Oaxaca	7.5
22 febrero 1943	Guerrero	7.5
6 enero 1948	Guerrero y Oaxaca	7.0
14 diciembre 1950	Guerrero y Oaxaca	7.3
28 julio 1957	Guerrero	7.5
11 mayo 1962	Guerrero	7.0
19 mayo 1962	Guerrero	7.2
6 julio 1964	Guerrero	7.4
14 marzo 1979	Costas de Guerrero	7.6
25 octubre 1981	Frente a la Costa de Guerrero	7.3
7 junio 1982	Guerrero y Oaxaca	7.0
14 septiembre 1995	Costas de Guerrero	7.3

## VII.2 Tsunamis

Los tsunamis o maremotos son secuencias de olas que se generan cerca o en el fondo del océano y pueden ser ocasionados por meteoritos, explosiones volcánicas, desplome de sedimento submarino y por terremotos de gran magnitud que hacen que el piso oceánico tenga un movimiento vertical.

Dichas olas suelen tener en medio del océano una altura de sólo algunos metros, pero conforme avanza hacia aguas costeras someras, la altura puede llegar hasta más de 20 metros de altura, una ola así, produce una enorme rompiente que puede devastar las zonas costeras bajas situadas a algunos miles de kilómetros desde el origen del tsunami (Robinson, 1990).

La palabra tsunami, procede del japonés tsu “puerto” y nami “olas”, y en español se le llama maremoto. Aunque el maremoto es la invasión súbita de la franja costera por las aguas oceánicas debido a un tsunami, se consideran como sinónimos.

Los tsunamis son menos frecuentes que los sismos y las erupciones volcánicas, pero constituyen un peligro para los habitantes que viven en las zonas costeras al provocar pérdidas humanas y materiales.

Los tsunamis se clasifican en locales, cuando el sitio de arribo se encuentra dentro o muy cercano a la zona de generación, como fue el caso del sismo generado en las costas de Michoacán del 19 de septiembre de 1985, en donde el tsunami tardó 23 minutos en llegar a Acapulco; los regionales se producen cuando la zona de generación se localiza a 1000 km o menos, por ejemplo, cuando en las costas de Colombia se produjo un sismo el 12 de diciembre de 1979, tardó cuatro horas en llegar a Acapulco y por último los lejanos cuando se originan a más de 1000 km de la zona de generación (CENAPRED, 1996b).

En general las costas del pacífico mexicano están expuestas a los tsunamis de origen lejano, como es el caso de los Estados de Baja California, Sonora y Sinaloa en donde la altura de las olas puede llegar hasta los 3 m, lo que constituye un riesgo menor, mientras que en las costas de los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas están expuestos a los tsunamis de origen local, produciendo un riesgo mayor (Figura VII.2), en donde las olas pueden llegar hasta los 10 m de altura.



Figura VII.2 Área receptora y generadora de tsunamis (tomada de CENAPRED, 2001a).

La mayoría de los tsunamis tienen su origen en la costa del Pacífico (Figura VII.3), en las zonas de subducción, en donde se producen los sismos y debido a que en México las zonas de mayor intensidad sísmica se produce en las costas de los Estados de Oaxaca y Guerrero, en donde los focos sísmicos se encuentran ubicados

en las fosas oceánicas, se producen frecuentes maremotos que se manifiestan en forma de marejadas, como la que se presentó en las cercanías de Acapulco, Gro. y en Puerto Angel, Oax. en 1909. En 1931, produciendo una ola de 12 metros de altura (Tamayo, 2002).

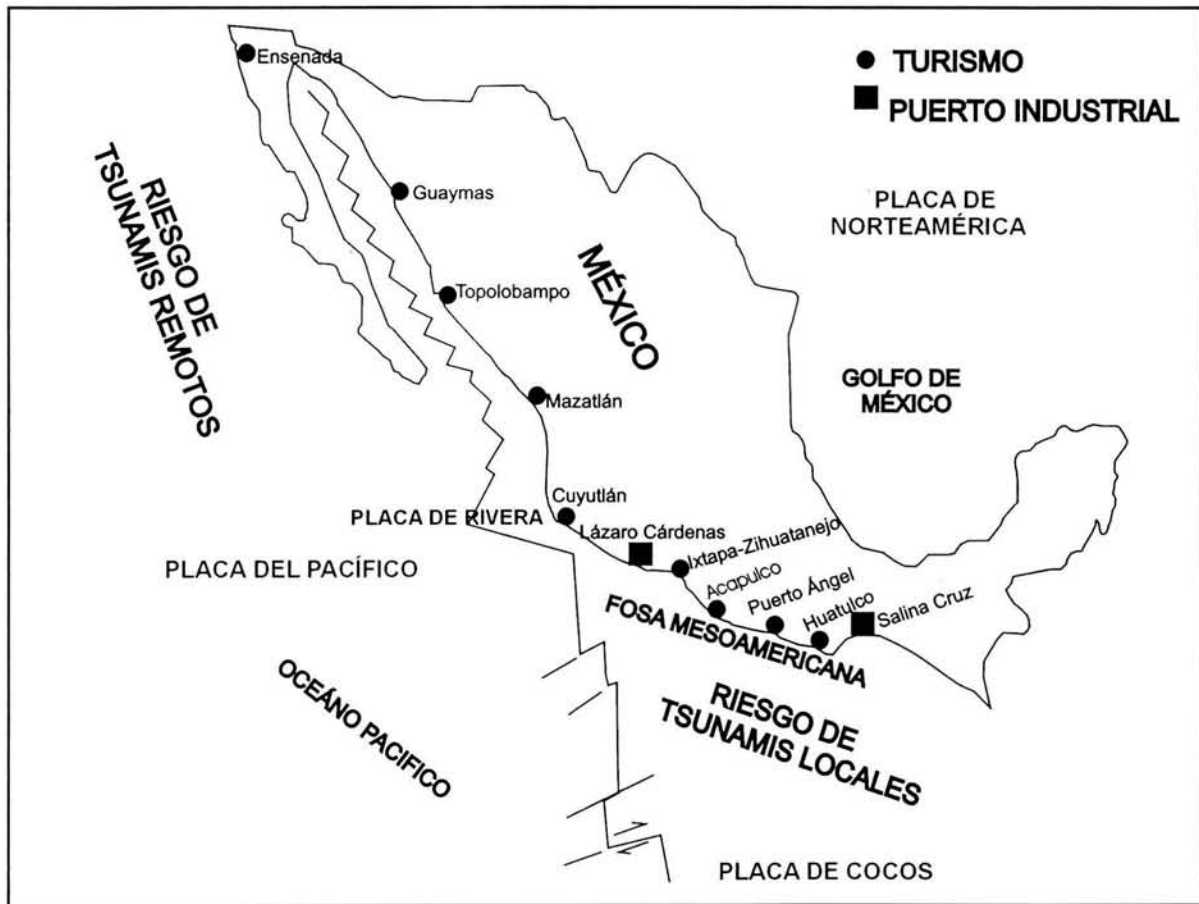


Figura VII.3 Escenario sismo-tectónico de la costa del Pacífico de México y su potencial para generación y recepción de tsunamis (Tomada de CENAPRED, 1996b).

Las tablas 11, 12, 13 y 14, muestran los tsunamis que han afectado las costas de Guerrero y en especial a las de Acapulco.

Tabla 13. Tsunamis de origen local observados o registrados en Acapulco (Tomada de CENAPRED. 1996b).

FECHA	EPICENTRO DEL SISMO ( $^{\circ}$ N, $^{\circ}$ W)	ZONA DEL SISMO	MAGNITUD DEL SISMO (RICHTER)	ALTURA MÁXIMA DE OLAS (m)
25-feb-1732	No definido	Guerrero	-	4.0
1-sep-1754	No definido	Guerrero	-	5.0
28-mar-1787	No definido	Guerrero	-	3.0-8.0
4-may-1820	17.2°, 99.6°	Guerrero	-	4.0
10-mar-1833	No definido	Guerrero	-	(*)
11-mar-1834	No definido	Guerrero	-	(*)
7-abr-1845	16.6°, 99.2°	Guerrero	-	-
4-dic-1852	No definido	Guerrero	-	-
15-abr-1907	16.7°, 99.2°	Guerrero	-	2.0
30-jul-1909	16.8°, 99.8°	Guerrero	-	-
14-dic-1950	17.0°, 98.1°	Guerrero	7.2	0.3
28-jul-1957	16.5°, 99.1°	Guerrero	7.8	2.6
11-may-1962	17.2°, 99.6°	Guerrero	7.2	0.8
19-may-1962	17.1°, 99.6°	Guerrero	7.1	0.3
23-ago-1965	16.3°, 95.8°	Oaxaca	7.6	0.4
30-ene-1973	18.4°, 103.2°	Colima	7.5	0.4
14-mar-1979	17.3°, 101.3°	Guerrero	7.4	1.3
25-oct-1981	17.8°, 102.3°	Guerrero	7.3	0.1
19-sep-1985	18.1°, 102.7°	Michoacán	8.1	1.1
21-sep-1985	17.6°, 101.8°	Michoacán	7.6	1.2

(\*) Tsunami probable

Tabla 14. Tsunamis de origen lejano posteriores a 1950, registrados en Acapulco

(Tomada de CENAPRED. 1996b).

FECHA	EPICENTRO DEL SISMO (°N, °W)	ZONA DEL SISMO	MAGNITUD DEL SISMO (RICHTER)	ALTURA MÁXIMA DE OLAS (m)
9-mar-1957	51.3°N, 175.0°W	I. Aleutianas	8.3	0.6
22-may-1960	39.5°S, 74.5°W	Chile	8.5	1.9
20-nov-1960	6.8°S, 80.7°W	Perú	6.8	0.1
13-oct-1963	44.8°N, 149.5°E	I. Kuriles	8.1	0.5
28-mar-1964	1.1°N, 147.6°W	Alaska	8.4	1.1
4-feb-1965	51.3°N, 179.5°E	I. Aleutianas	8.2	0.4
16-may-1968	41.5°N, 142.7°E	Japón	8.0	0.4
14-ene-1976	29.0°S, 178.0°W	Pacífico Sur	7.3	0.2
12-dic-1979	1.6°N, 79.4°W	Colombia	7.9	0.3

Tabla 15. Tiempos de propagación de los tsunamis transpacíficos desde su origen hasta su llegada Acapulco (Tomada de CENAPRED. 1996b).

FECHA	ORIGEN	TIEMPO DE VIAJE (horas: min)
09-03-1957	I. Aleutianas	10:51
22-05-1960	Chile	09:49
13-10-1963	I. Kuriles	15:22
28-03-1964	Alaska	09:29
16-05-1968	Japón	16:31
29-11-1975	Hawaii	08:11
14-01-1976	Kermadec	14:02



Tabla 16. Tsunamis relevantes que han afectado al Municipio de Acapulco (Tomada de Protección Civil, 2002)

FECHA	ALTURA DE OLAS (m)	AFECTACIONES
Septiembre, 1752	4 a 5	Se inundó la plaza del puerto, se dañaron algunos edificios, casas y embarcaciones.
Marzo, 1787	4	Sin datos
Abril, 1907	2	La marea inundó 300 metros adentro de la costa, los habitantes se refugiaron en las partes altas
Febrero, 1972	3 a 4	Se inundó la plaza del puerto

De los 119 tsunamis que han afectado las costas mexicanas de 1732 a 1996, tanto de origen lejano como local, sólo 28 han llegado a las costas de Acapulco.

### VII.3 Medidas de prevención en caso de Sismos y Tsunamis

El Estado de Guerrero es vulnerable ante los sismos, por encontrarse muy cerca de la zona de subducción y está clasificado como el estado de mayor peligro en el país, por lo que los códigos de construcción deben ser apropiados, para reducir los riesgos y los daños producidos por los sismos, sobre todo por ser una sitio con un alto índice de población. El Sismológico Nacional se encarga del monitoreo de las regiones cercanas a la zona de subducción del Pacífico, mediante la instalación de sismógrafos se puede determinar el origen del sismo. Los sismos aún no se pueden predecir, pero se espera que en algún futuro se logre. Lo que si se puede hacer es fomentar la cultura de la autoprotección ante este fenómeno, tales como: la revisión del estado de la vivienda, rutas de evacuación, evitar colocarse cerca de ventanas o de objetos pesados y tener a la mano un botiquín de primeros auxilios, agua, radio de baterías, una lámpara y sobre todo conservar la calma.

Los tsunamis llegan a producir inundaciones, incendios, derrumbe de estructuras, contaminación, pérdida de vidas, heridos, interrupción de servicios públicos entre otros, es necesario para disminuir el peligro, que protección civil evalúe los riesgos y

la vulnerabilidad de las comunidades susceptibles a su ataque, la operación de un sistema de detección, monitoreo y alerta temprana de tsunamis, mediante el aviso oportuno de la ocurrencia de sismos transpacíficos de gran magnitud, elaboración de planes de contingencia y la difusión a la población acerca de los métodos de prevención (CENAPRED, 1996b).

Acapulco, antes del siglo XIX tuvo una población escasa y la operación de la red de mareógrafos (para medir el nivel medio del mar), comenzó hasta 1952, por ello es poco precisa la información sobre maremotos ocurridos antes de esa fecha (CENAPRED. 2001a). La primera evidencia visible de un tsunami a lo largo de la línea de costa es cuando el nivel del agua del mar varía.

## VIII PROBLEMAS ANTRÓPICOS

El hombre en su afán de dominar a la naturaleza, ha contribuido a la degradación del ambiente, convirtiéndose en un problema a nivel mundial. La urbanización es el principal factor que contribuye al origen de los problemas antrópicos, al ocupar áreas no aptas o de alto riesgo, como en las laderas de montañas o cerca de los ríos.

Este problema se inició con la Revolución Industrial, cuando las fábricas buscaban mano de obra, dando como resultado el surgimiento de las grandes ciudades. Por lo que de acuerdo con Borrás (1996), la urbanización puede definirse, como un lugar geográfico con características específicas, tales como relieve, geología, clima, situación y orientación, que condicionan la futura evolución de la ciudad, en donde las condiciones naturales han sido modificadas, siguiendo un proceso continuo de crecimiento y de transformación.

En México, muchos de los campesinos migran a las grandes ciudades por falta de recursos económicos, incrementando de esta manera los problemas de agua, vivienda y desempleo.

### VIII.1 Contaminación por aguas residuales

El agua es muy importante para la vida, utilizándose para el consumo humano, para la limpieza personal, para el cultivo de peces y mariscos, en la industria, en la agricultura, para usos municipales, como riego de jardines, lavado de coches, también se utiliza para el transporte de desechos, entre otros, pero la contaminación influye de manera negativa en los seres humanos, animales, plantas y ambiente.

La contaminación del agua puede tener distintas causas, tales como, los desechos urbanos e industriales, los drenados de la agricultura y de minas, los derrames de sustancias tóxicas, la erosión y la ruptura de drenajes, entre otras.

Las aguas de desechos y desechos industriales, son las aguas negras que no han sido tratadas y son descargadas directamente en la vía de agua más cercana (Jiménez y Ramos, 1995).

En las zonas costeras, la contaminación del mar tiene un impacto económico para las comunidades que dependen de los productos del mar como fuente alimenticia y de turismo, además del impacto ecológico en los ambientes marinos.

El excesivo crecimiento demográfico en el Municipio de Acapulco, ha propiciado los asentamientos humanos en las márgenes de los ríos, como es el caso el Río La Sabana, cuya contaminación derivada del uso doméstico e industrial llega a la Laguna Tres Palos, lo que ha disminuido el gasto promedio que aporta el río en un 80% en los últimos 17 años.

El Río La Sabana transporta las aguas municipales residuales de las colonias Emiliano Zapata, Cd. Renacimiento y la Sabana, además de las descargas industriales del Rastro y Frigorífico de Cd. Renacimiento, La Fábrica de aceite de Limón (BENEFRUT), el Rastro municipal de la Sabana y la Embotelladora de Refrescos Yoli de Acapulco, S. A. La basura también está presente a lo largo de las márgenes, cerca de Cayaco, Coloso y Tunzingo.

A la Laguna de Tres Palos también llegan las descargas de aguas residuales de la Unidad Habitacional Vicente Guerrero 2000 y del Aeropuerto Internacional de Acapulco, Juan N. Álvarez (Protección Civil, 2002).

La contaminación no sólo se limita al área de las lagunas costeras, sino que también el mar se ve afectado, ya que durante la temporada de avenidas, se llegan a abrir los

canales que comunican a las lagunas con el mar, contaminándolo de forma repentina.

El problema de la contaminación en la Bahía de Acapulco ya tiene tiempo, por lo que se han realizado estudios en la Bahía de Acapulco, por parte de la Comisión Nacional del Agua para identificar las zonas con problemas de contaminación. En un monitoreo realizado el 16 de Enero de 2003, se encontraron concentraciones de coliformes fecales superiores a las 200 unidades por cada 100 mililitros de agua, que es la cantidad permisible de acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, que se basa en parámetros de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Esto se ha visto en la Playa Roqueta (en la Isla Roqueta), la Playa Caletilla, el Club de yates, el Arroyo Michoacán, el Arroyo Magallanes, la Playa Papagayo y el Arroyo Icacos (Flores, 2003a).

De acuerdo con CAMAPA, (2004), en la actualidad se cuenta con nueve plantas de tratamiento de aguas residuales en el Municipio de Acapulco de Juárez (Figura VIII.1), las cuales son: *Planta Aguas Blancas*, localizada en la Colonia Aguas Blancas; con una capacidad de 135 lps, el tipo de tratamiento es primario avanzado; *Planta Tecnológico*, ubicada dentro de la Unidad Coloso sobre la carretera Las Cruces-Puerto Marqués a un costado del Instituto Tecnológico de Acapulco, cuya capacidad es de 40 lps, el tipo de tratamiento es por lodos activados son modalidad e aireación extendida; *Planta Renacimiento*, localizada en Ciudad Renacimiento sobre la rivera del Río La Sabana, con una capacidad de 475 lps, el tipo de tratamiento es por lodos activados en su variante de aireación extendida; *Planta Límite Sur*, está sobre la carretera Las Cruces-Puerto Marqués al final de la Unidad Habitacional Coloso con rumbo a Puerto Marqués, su capacidad es de 15 lps, tipo de tratamiento por lodos activados en su variante de aireación extendida; *Planta Puerto Marqués*, ubicada en las laderas del cerro de Punta Diamante, con una capacidad de 10 lps, el tipo de tratamiento es secundario por lodos activados en su modalidad de aireación extendida; *Planta Vicente Guerrero*, se encuentra en la Unidad Habitacional Vicente Guerrero 2000, a orillas de la Laguna Tres Palos, cuya capacidad es de 14 lps y el

tratamiento es secundario por lodos activados en su variante de tipo convencional; *Planta Jabonera*, localizada en la Unidad Habitacional El Coloso, capacidad 40 lps, tratamiento por lodos activados en su modalidad de aireación extendida; *Planta Coloso*, se encuentra dentro de la Unidad Habitacional Coloso sobre la carretera las Cruces-Puerto Marqués esquina con la Avenida Picacho, su capacidad es de 90 lps, el tipo de tratamiento es por lodos activados convencional y por último la *Planta Paso Limonero* con una capacidad de 25 lps y el tipo de tratamiento es por lodos activados en su variante de aireación extendida. Además de que existen otras plantas en construcción o por construir.

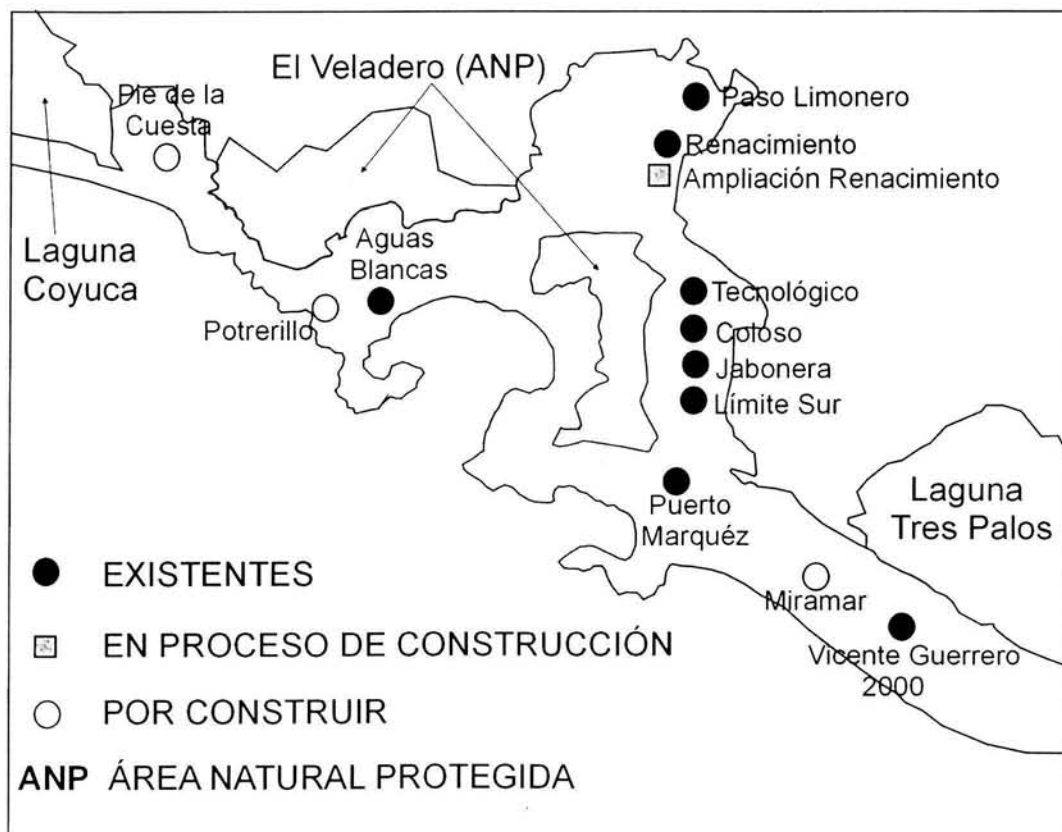


Figura VIII.1 Localización de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Modificado de CAPAMA, 2004).

## VIII.2 La Marea Roja

Las mareas rojas ó Florecimientos Algales Nocivos (FAN), se presentan en las zonas costeras, se trata de una concentración masiva y esporádica de microorganismos fotosintéticos unicelulares que viven en la superficie del agua (fitoplancton), que pueden llegar a emitir colores debido a la densidad alta de microorganismos, tales como el rojo, verde, pardo, amarillo y naranja, aunque existen otros que son muy dañinos a pesar de no presentar alguna coloración. El color rojo del agua se debe al dinoflagelado *Pyrrophyta*. Aunque en México entre los más tóxicos se encuentran *Pyrodinium bahamense* var. *Compressum*, *Gymnodinium catenatum*, *Gonyaulax Polyedra*, *Alexandrium* sp. y *Ptychodiscus brevis*.

Esta alga suele presentarse de manera frecuente, su duración es corta e irregular y se concentra en zonas pequeñas y protegidas por el viento. Su movimiento depende de las mareas, las corrientes y el viento. Su origen se debe a varios factores: a) biológicos, que se trata de la presencia de la población "semilla" del fitoplancton, b) ambientales, que se trata del aporte de nutrientes por parte de la atmósfera y de las aguas continentales y subterráneas, y c) antropogénicos, en donde la contaminación orgánica del mar, por el vertido de aguas residuales no depuradas en las zonas costeras, provoca un aumento en la reproducción del fitoplancton, debido a las altas concentraciones de nitrógeno y fósforo.

Estos microorganismos, producen una toxina que afecta el sistema nervioso central de los peces, lo que les impide respirar, es por eso que se pueden encontrar peces muertos sobre la playa. Pueden causar intoxicación en los humanos, debido al consumo de mariscos, en especial los moluscos bivalvos, como los mejillones, ostiones y almejas que son filtradores y llegan a acumular toxinas, causando en el hombre síndromes de tipo paralítico, diarréico y amnésico (SEMARNAT, 2002b).

### VIII.3 Contaminación del Suelo

La contaminación del suelo a causa de la acumulación de residuos líquidos o sólidos, traen consigo organismos patógenos, detergentes, metales pesados, sustancias orgánicas, tóxicas, solventes, aceites, fertilizantes, plaguicidas y desechos sólidos, que afectan y destruyen las condiciones naturales del suelo, la flora, la fauna y el agua (Protección Civil, 2002).

La contaminación de la Bahía de Acapulco, se debe principalmente al turismo que acude a las playas y sitios turísticos, por lo que la basura representa un problema en la Bahía de Acapulco y como ejemplo se tiene el acantilado de la Quebrada, en donde el día 18 de febrero de 2003, sacaron cerca de 10 toneladas de basura, esto de acuerdo con información proporcionada de Daniel Cruz Manjarrez, Coordinador de los Servicios Municipales (Flores, 2003b).

La contaminación del aire se debe al flujo constante de transporte pesado que circula por el municipio de Acapulco, generando humos tóxicos, vibración y ruido.

### VIII.4 Prevención del Impacto Ambiental Producto de las Actividades Antrópicas

La contaminación en cualquiera de sus formas afecta y daña el ambiente degradándolo de manera permanente si no se resuelven a tiempo estos problemas. El origen de los riesgos sanitarios, se debe principalmente a la contaminación, dando como resultado enfermedades o epidemias, que se agudizan en condiciones de constante insalubridad, por una mala calidad de vida y por los asentamientos humanos en sitios inadecuados. Las enfermedades que pueden presentar las personas son enfermedades intestinales, cólera, tifoidea y salmonelosis, entre otras. La medicina preventiva, la nutrición y la salubridad, juegan un papel muy importante para reducir estas enfermedades. Los medios de comunicación son los que se encargan de proporcionar la información adecuada para orientar a los habitantes en caso de



cualquier riesgo (Protección Civil, 2002). Una buena planeación en el uso de suelo, permite que los habitantes tengan mejores servicios públicos y una mejor calidad de vida, además de un mejor aprovechamiento de los recursos naturales.

## IX CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La población de Acapulco se ve afectada por los desastres naturales, tales como huracanes, inundaciones, deslizamientos, terremotos y tsunamis que traen con-sigo la pérdida de vidas humanas y materiales.
- El incremento de las actividades antrópicas modifican las condiciones naturales del ambiente, que generado por la contaminación, origina problemas de salud; mientras que la deforestación propicia el deslizamiento de laderas y escurrimientos.
- Gracias al conocimiento de los fenómenos naturales y de los efectos causados por el hombre se pueden implementar programas adecuados para cada problema, siendo la prevención la mejor manera para reducir sus consecuencias.
- Es importante implementar programas de apoyo para la gente que se dedica a las actividades pesqueras, debido a la contaminación que se registra en la Laguna de Coyuca y principalmente en la de Tres Palos.
- Se requiere de una cultura de autoprotección, para que la población sepa qué hacer en caso de peligro, para ello, los medios de comunicación juegan un papel muy importante para llevar la información a todos los sitios y sobretodo a las zonas de mayor riesgo.
- Es necesaria una comunicación directa entre Protección Civil de Acapulco con el Sistema de Alerta para el caso de Tsunamis Transpacíficos, debido a que sólo reciben información del Sismológico Nacional de sismos registrados en las costas del pacífico mexicano, por vía fax y con 6 horas de diferencia.

---

## REFERENCIAS

Atlas Nacional de México, Vol. III, 1990. Carta VI.1.3 Capacidad de uso de la Tierra, González-Dávila, S. Instituto de Geografía. UNAM. México.

Atlas Pesquero de México, 1994. Instituto Nacional de la Pesca. Secretaría de Pesca, 234 p.

Borrás Gualis, G. M., 1996. Teoría del Arte I. Conocer el Arte. Ed. Historia 16. Madrid, 149-155 p.

CAPAMA, 2004. Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Acapulco. Plantas de Tratamiento. <http://www.capama.gob.mx/>

Carranza Edwards, A., M. Gutiérrez Estrada y R. Rodríguez-Torres, 1975. Unidades morfo-tectónicas continentales de las costas mexicanas. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, 9 p.

CENAPRED, 1992. Huracanes, México. Fascículo No. 5. Secretaría de Gobernación, 22 p.

CENAPRED. 1996a. Inestabilidad de laderas naturales y taludes. Fascículo No.11. Secretaria de gobernación, 31 p.

CENAPRED. 1996b. Tsunamis. Fascículo No.12. Secretaria de gobernación, 19 p.

CENAPRED. 2001a. Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México, Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. CENAPRED, SEGOB, México, 231 p.

---

CENAPRED, 2001b. Desastres Naturales en América Latina. Fondo de Cultura Económica, 501 p.

CENAPRED, 2001c. Sismos. Fascículo No. 2. Secretaría de Gobernación. 4ª. Edición, 36 p.

CENAPRED. 2001d. Inestabilidad de Laderas. Fascículo No. 11. Secretaría de Gobernación. 2ª. Edición, 36 p.

Contreras Espinosa, F., 1993. Ecosistemas Costeros Mexicanos  
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México, 415 p.

CRM, 1996. Monografía Geológico-Minera del Estado de Guerrero. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. Subsecretaría de Minas. Consejo de Recursos Minerales, 262 p.

Cserna, Z. de, 1965. Reconocimiento Geológico de la Sierra Madre del Sur de México, entre Chilpancingo y Acapulco, Estado de Guerrero, Instituto de Geología, UNAM, Bol. 62, 76 p.

De la Lanza Espino, G., 1991, Oceanografía de mares mexicanos. Editor, S. A. México, 569 p.

De la Lanza Espino, G., 2001, Características físico-químicas de los mares de México. Plaza y Valdéz Editores. Instituto de Geografía. UNAM, 149 p.

Espíndola Castro, J. M., 1992. Las Catástrofes Geológicas. Cuadernos del Instituto de Geofísica No. 3, UNAM. México, 72 p.

---

Ferrari, L., 2000. Avance en el conocimiento de la Faja Volcánica Transmexicana durante la última década. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. V. LIII, Instituto de Geología, UNAM: 84-92.

Flores, S., 2003a. Demuestra el Alcalde limpieza en Acapulco. Periódico Reforma, 17 de febrero. Pág. 12.

Flores, S., 2003b. Sacan 10 toneladas de basura en la Quebrada. Periódico Reforma, 19 de febrero.

Gallegos García, A., G. de la Lanza Espino, F. Ramos Durán y M. Guzmán Arroyo (1984). The (1982-1983) warm episode in the off shore waters of Guerrero, México (Northern Tropical Pacific Ocean) Geofísica, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 21: 43-53.

INEGI, 1991. Carta Topográfica, 1:250,000. Acapulco E-14-11.

INEGI, 1992. Carta Topográfica, 1:250,000. Zihuatanejo E-14-7-10.

INEGI, 1996. Guía Turística. Gobierno del Estado de Guerrero, SECTUR. Aguascalientes, México.

INEGI, 1998. Carta Topográfica, 1:250,000. Chilpancingo E-14-8.

INEGI, 2000. Acapulco de Juárez, Gro. Cuaderno Estadístico Municipal. Gobierno del Estado de Guerrero, Ayuntamiento Constitucional de Acapulco de Juárez, 183 p.

INEGI, 2002a. Coyuca de Benítez, Gro. Cuaderno Estadístico Municipal. Gobierno del Estado de Guerrero.

---

INEGI, 2002b. San Marcos, Gro. Cuaderno Estadístico Municipal. Gobierno del Estado de Guerrero.

Jiménez B. y Ramos J., 1995. Estudio de disponibilidad del agua en México en función del uso, calidad y cantidad. Elaborado para la Comisión Nacional del Agua por el Instituto de Ingeniería, UNAM, Proyecto 3320. Vol. I, 160 p. y Vol. II, 70 p.

Keller, A., 1996. Environmental Geology. Prentice Hall, 560 p.

Kotoglodov, V. y Pacheco, J. F. 1999. Cien Años de Sismicidad en México. Instituto de Geofísica, UNAM. Póster.

Lomnitz, C., 1999. Los Temblores. Serie Tercer Milenio. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Dirección General de Publicaciones, 63 p.

López Ramos, E., 1981. Geología de México, Tomo III. México, 446 p.

López Ramos, E., 1993. Geología General y de México. Editorial Trillas, México, 286 p.

Matías Ramírez, L. G., 2000. Algunos efectos ambientales generados por las perturbaciones tropicales en el Pacífico Mexicano: un estudio de caso: el Huracán Paulina en Acapulco, Gro. Tesis de Maestría. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 139 p.

Morán Zenteno, D., 1984. Geología de la República Mexicana. INEGI, Facultad de Ingeniería, UNAM, 88 p.

Morán-Zenteno, D. J., Martiny, B., Tolson, G., Solís-Pichardo, G., Alba-Aldave, L., Hernández-Bernal M. S, Macías-Romo, C., Martínez-Serrano, R. G., Schaaf P., Silva-Romo, G. 2000. Geocronología y Características Geoquímicas de las Rocas

---

Magmáticas Terciarias de la Sierra Madre del Sur. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. V. LIII, 37 p.

Ortega Gutiérrez, F., 1981. Metamorphic belts of southern México and their tectonic significance. Geofísica. Int.177-202 (3): 20.

Protección Civil, 2002. Vulnerabilidad de Acapulco. <http://www.prodigyweb.net.mx/pacapulco>

Robinson, E. S., 1990. Geología Física Básica. Editorial Limusa Noriega, 699 p.

SEMARNAT, 2002a. Huracanes. <http://www.semarnat.gob.mx/huracanes/>

SEMARNAT, 2002b. Marea Roja <http://www.semarnat.gob.mx/marearoja/marea/mareas/shtml>

Tamayo, L.J., 2002. Geografía Moderna de México I. Editorial Trillas, 512 p.

Villavicencio, A. 2002. Terremotos y otros desastres naturales. <http://www.angelfire.com/nt/terremotos/>

Yáñez-Arancibia, A. 1977. Taxonomía, Ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México. Publicaciones Especiales Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias del Mar y Limnología, 303 p.