

ATLAS DE PELIGROS DEL ESTADO DE CHIAPAS



INFORME TECNICO

Convenio de colaboración entre el Servicio Geológico Mexicano y la Secretaría de Seguridad Pública.

Participantes:

SGM, Servicio Geológico Mexicano

Ing. Suheih Cuevas Salgado
Ing. Rosalba Salvador Flores
Ing. Juan Pablo Moreno Ruíz
Ing. José Luis Barrios Sánchez
Ing. Agustín Cazares Ventura
Pasante Francisco Ávila Ramos
Pasante Francisco Castillo Rodríguez
Pasante Guadalupe Navarro Villalpando
Pasante José Antonio Rafael Fernández
Ing. Jesús De Los Santos Montaña
Ing. Francisco Arceo y Cabrilla
Ing. Alejandro Cuevas Covarrubias
Ing. Alfredo Oregel Romero

Supervisión

M. C. Carlos Francisco Yáñez Mondragón
M. C. Jesús Uribe Luna

CICIMAR – Instituto Politécnico Nacional

Ph. Enrique Nava Sánchez
Ing. José Octavio Navarro Lozano

SIGRO – MARENA, Universidad Autónoma de Guerrero

M. C. Germán Urbán Lamadrid
Biol. Ricardo Pérez Carmona
Pasante Bertha Elizabeth Díaz Ávila

CONTENIDO

I.- INTRODUCCION

I.1.- Objetivo	5
I.2.- Alcance	5
I.3.-Actividades realizadas	5
I.4.- Mapa Topográfico Base	6
I.5.- Sistema de Coordenadas	6
I.6.- Proyección	6
I.7.- Datum y Esferoide	7
I.8.- Escala	7
I.9.- Metodología	7
I.10.- Base de Datos	7
I.11.- Diccionario de Datos	7
I.12.- Metadatos	8
I.13.- Mapas Digitales e Imágenes	8
I.14.- Peligros Naturales del Estado de Chiapas	8

II.- PELIGROS POR EROSIÓN

II.- Peligros por erosión	10
II.1.- Metodología para Obtener el Mapa de Peligro por Erosión	10
II.2.- Descripción de la Pérdida de Suelo	11
II.2.1.- Índice de Erosionabilidad de la Lluvia	11
II.2.2.- Erosionabilidad del Suelo	12
II.2.3.- Longitud y Grado de la Pendiente	12
II.3.- Peligro por Erosión del Estado de Chiapas	14
II.4.- Regionalización del Estado	15
II.5.- Erosión en la Planicie Costera del Pacífico de Chiapas	16
II.6.- Erosión en la línea de Costa del Estado de Chiapas	19
II.7.- Erosión en la Sierra Madre del Sur de Chiapas	28
II.8.- Erosión en la Depresión Central de Chiapas	37
II.9.- Erosión en los Altos de Chiapas	39
II.10.- Erosión en las Sierras del Oriente de Chiapas	44
II.11.- Erosión en las Sierras del Norte de Chiapas	49
II.12.- Erosión en la Planicie Costera del Golfo de México	52

III.- PELIGRO POR INESTABILIDAD DE LADERAS

III.- Peligro por Inestabilidad de Laderas	56
III.1.- Peligro por Inestabilidad de Laderas en la Planicie Costera	57
III.2.- Peligro por Inestabilidad de Laderas en la Sierra Madre del Sur	58
III.3.- Peligro por Inestabilidad de Laderas en la Depresión Central	63
III.4.- Peligro por Inestabilidad de Laderas en los Altos de Chiapas	64
III.5.- Peligro por Inestabilidad de Laderas en las Sierras del Norte	67
III.6.- Peligro por Inestabilidad de Laderas Planicie Costera del Golfo	72
III.7.- Peligro por Inestabilidad de Laderas en las Sierras del Oriente	73

IV.- PELIGRO SISMICO	
IV.- Peligro Sísmico del Estado de Chiapas	80
IV.1.- Estadística Básica de la Sismicidad del Estado de Chiapas	82
IV.2.- Registro Histórico de Desastres por Sismos en Estado de Chiapas	85
IV.3.- Registro Histórico de Isositas del Estado de Chiapas	85
IV.4.- Sismotectónica del Estado de Chiapas	89
IV.5.- Sección Sismotectónica del estado de Chiapas	90
IV.6.- Efecto Sísmico en el Estado de Chiapas	91
IV.7.- Peligro Sísmico en la Planicie Costera del Pacífico de Chiapas	93
IV.8.- Peligro Sísmico en la Sierra Madre del Sur	94
IV.9.- Peligro Sísmico en la Depresión Central de Chiapas	96
IV.10.- Peligro Sísmico en los Altos de Chiapas	98
IV.11.- Peligro Sísmico en las Sierras del Norte de Chiapas	99
V.- PELIGRO VOLCÁNICO	
V.- Peligro Volcánico del Estado de Chiapas	102
V.1.- Registro Histórico de Desastres por Actividad Volcánica	103
V.2.- Volcán Tacaná	104
V.3.- Volcán Chichonal	104
V.4.- Peligro Volcánico en la Planicie Costera del Pacífico	105
V.5.- Peligro Volcánico en la Sierra Madre del Sur	107
V.6.- Peligro Volcánico en la Depresión Central	110
V.7.- Peligro Volcánico en los Altos de Chiapas	111
V.8.- Peligro Volcánico en las Sierras del Norte de Chiapas	113
V.9.- Peligro Volcánico en la Planicie Costera del Golfo de México	115
VI.- PELIGROS POR TSUNAMI	
VI.- Peligros por Tsunami	118
VI.1.- Tsunamis Lejanos	120
VI.2.- Tsunamis Locales	121
VI.3.- Morfología de la Planicie Costera de Chiapas	122
VI.4.- Peligro por tsunami en la Planicie Costera del Pacífico	123
VI.5.- Ubicación de Abanicos Aluviales	124
VI.6.- Lagunas y Planicies de Inundación	124
VI.7.- Manglares	125
VI.8.- Barreras e Islas de Barrera	126
VI.9.- Cordones de Duna Antiguos	127
VII.- Conclusiones	129
VIII.- Recomendaciones	131
Bibliografía	

I.- INTRODUCCIÓN

Como parte del convenio de colaboración entre el Servicio Geológico Mexicano y la Secretaría de Seguridad Pública se ha desarrollado el proyecto de Atlas de riesgos del estado de Chiapas, con el propósito de obtener la distribución espacial de los peligros naturales representados mediante una base de datos y visualizados a través de un sistema de Información geográfica (Cenapred, 2001). El sistema de información geográfica es una herramienta para la consulta de la información de forma rápida y sencilla que permite el análisis necesario para la elaboración de propuestas de obras de prevención y mitigación al nivel estatal.

I.1.- OBJETIVO

El objetivo del proyecto es obtener una base de datos de peligros y riesgos del estado de Chiapas así como la generación de cartografía en formato digital.

I.2.- ALCANCE

El alcance del proyecto es el estudio de peligros naturales como son: sismicidad, erosión, deslizamientos de masas, volcanismo del estado y la integración de otros mapas temáticos relacionados a los peligros naturales mediante las herramientas de un sistema de información geográfica.

I.3.-ACTIVIDADES REALIZADAS

Las actividades realizadas durante la elaboración del proyecto son: análisis bibliográfico y cartográfico, integración de información, interpretación geológica de peligros naturales, verificación de campo, reinterpretación geológica, elaboración de cartografía y documentación del proyecto. Las actividades específicas son:

- Análisis bibliográfico de publicaciones referentes a la geología y el riesgo geológico en el estado.
- Análisis cartográfico de la geología preliminar del Consejo de Recursos Minerales y de otras instituciones
- Recopilación y análisis de información bibliográfica
- Integración de información topográfica
- Integración de imágenes de satélite Landsat, Ikonos, quick bird y ortofotos
- Integración de sismicidad histórica y reciente
- Trabajo de campo para inspección y verificación
- Integración digital en un sistema de información geográfica
- Integración de temas de peligros generados por otras instituciones

Se ha revisado información bibliográfica disponible de la zona de estudio y se ha elaborado un formato de fichas bibliográficas en formato digital. Se ha revisado la cartografía geológica que actualmente realiza el Consejo de Recursos Minerales, base para la interpretación de la litología, estructuras y posibles riesgos geológicos de la región. También se solicitó la información disponible de zonas de peligros y riesgos naturales en formato digital para su integración en un sistema de información geográfica. Con base en el análisis de la información recopilada y su integración en formato digital se tienen los criterios geológicos básicos para interpretación de los riesgos naturales de la región.

I.5.- MAPA TOPOGRÁFICO BASE

El límite estatal fue proporcionado por la Subsecretaría de Seguridad Pública del estado el cual consiste en un polígono que tiene como base los límites políticos y su importancia radica en la definición de los límites espaciales de la información disponible la cual ha sido ajustada a dicho límite. En el mismo sentido se ha utilizado los límites municipales, de 113 polígonos, con los cuales se ajustó la información de las 19,454 localidades o ciudades en el estado.

I.6.- SISTEMA DE COORDENADAS

El sistema de coordenadas para el proyecto está definido en unidades de metros y se toma como base el origen de coordenadas de la abscisa en 500,000 metros en la red de la cuadrícula que coincide con el meridiano central de la zona UTM 15 en el Estado de Chiapas. Las abscisas disminuyen hacia el oeste hasta 320,000 metros y aumentan al este hasta 680,000 metros. El sistema es útil para mediar distancias y para la definición de áreas y perímetros de los temas de peligros naturales, dentro de la base de datos. En la ordenada, el origen es de cero metros.

I.7.- PROYECCIÓN

La proyección establecida para el proyecto es la Universal Transversa de Mercator, o UTM, definida para la zona 15. El meridiano central es 93 grados y la proporcionalidad que guarda el elipsoide y la superficie de proyección cilíndrica esta dada para que el meridiano central tenga un factor de escala de 0.9996. La proyección UTM conserva los ángulos y reduce la deformación hacia los lados del meridiano central (Lomelí, 1986).

I.8.- DATUM Y ESFEROIDE

El datum utilizado para el proyecto es NAD27 y el elipsoide es el de Clarke de 1866 definido para las Américas del norte y del centro. Esto se ha considerado así para integrar de forma inmediata información disponible de INEGI y de otras instituciones. Eventualmente la proyección cartográfica puede ser cambiada con las herramientas de un sistema de proyección.

I.9.- ESCALA

La escala del proyecto quedó definida en 1: 500,000 sin embargo dadas las fuentes de información disponible se han integrado datos de la escalas 250,000, 50,000 y 10,000. Una vez integrada la información dentro de un sistema de información geográfica no hay limitante de la escala en la cual se pueda consultar o imprimir la información temática y de peligros naturales excepto el tamaño del papel de un graficador o plotter.

I.10.- METODOLOGÍA

Durante el desarrollo del proyecto se usó la “Guía metodológica para la elaboración de atlas de peligros naturales” (Sedesol- Coremi, 2004) así como la “Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos” (Cenapred, 2005) con el propósito de construir una base de datos dentro de un sistema de información geográfica para el despliegue y la consulta por parte de usuarios finales.

I.11.- BASE DE DATOS

La base de datos del proyecto está almacenada en archivos de formato “dbf” asociadas a mapas digitales temáticos de extensión “shp”, de tal manera que los atributos de los peligros naturales y antropogénicos estarán contenidos como elementos geospaciales dentro de un sistema de información geográfica en un formato del software SIG “ArcView” en su versión “ArcGIS” para el despliegue y la consulta por parte de usuarios finales.

I.12.- DICCIONARIO DE DATOS

Los mapas temáticos siguen una nomenclatura de un diccionario de datos sencilla y práctica que permitirá la integración y uso de los términos; de igual manera, las tablas de atributos llevarán una nomenclatura sencilla y fácil de describir que permita el uso y la comprensión por parte de los usuarios. Todo ello es con el propósito de estandarizar y homogeneizar los

términos relativos a la información básica y temática que se documentan en el informe del proyecto (ver anexo).

I.13.- METADATOS

Los elementos espaciales integrados con sus atributos tienen una descripción de los datos o metadatos, que se integra en un formato digital siguiendo la nomenclatura del diccionario de datos como parte básica del proyecto que también se documenta en el informe (ver anexo).

I.14.- MAPAS DIGITALES E IMÁGENES

Los formatos de mapas digitales son propios del sistema arcview con la extensión “shp” y las imágenes de satélite y de otros sensores remotos se integrarán en formato “tif” sin compresión, para su uso sencillo y rápido dentro del sistema de información geográfica o incluso dentro de otros sistemas.

I.15.- PELIGROS NATURALES DEL ESTADO DE CHIAPAS

Para el proyecto se han definido los temas de erosión, volcanismo, sismicidad e inestabilidad de laderas sin embargo dadas las características de erosión en la zona de la costa se ha cubierto el peligro por erosión costera y tsunami (Ayala y Olcina, 2002) mismos que se describe por región con el propósito de mostrar de una forma más sencilla y accesible todos los datos obtenidos en campo y en oficina.

II.- PELIGRO POR EROSIÓN

II.- PELIGRO POR EROSIÓN

La erosión es un proceso geológico de desgaste natural de suelos, rocas y minerales expuestos en la superficie terrestre que requiere cientos o miles de años para transformar el relieve y es un factor que favorece los deslizamientos, los derrumbes y hundimientos (García, et. al., 1995; Gracia y Domínguez, 1998). La erosión del suelo es un fenómeno ampliamente generalizado en nuestro país, sobre todo en aquellas áreas donde la actividad agrícola es preponderante. El cambio del uso del suelo, como por ejemplo la conversión de suelos forestales en suelos agrícolas, provoca un incremento en los procesos erosivos, sobre todo si no se implementan medidas de control para la conservación del suelo y la reforestación. En sus inicios las evaluaciones de las tasas de erosión, generalmente, eran a través de mediciones o predicciones puntuales en parcelas o perfiles de suelos. Este tipo de mediciones satisfacía las demandas en esa época. En la actualidad, con el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), las evaluaciones de erosión pasan de ser puntuales a evaluaciones con una mayor cobertura espacial. Esto ayuda al mejor entendimiento y análisis de los procesos erosivos y origina las bases para la toma de decisiones en la planeación de los programas de conservación de suelo (Wischmeier y Smith 1978). En la actualidad, es un hecho bien conocido que los bosques de todas partes del estado de Chiapas se enfrentan a varios tipos de amenazas. Los bosques que todavía quedan, y que en este estado corresponde a las Reservas y a las Áreas de Protección de Recursos Naturales como por ejemplo “La Sepultura”, “Pico de Loro”, “El Ocote” entre otras, cubren apenas una fracción del área que anteriormente estaba cubierta por bosques que existían hace apenas cincuenta años atrás. En la actualidad la velocidad de destrucción está aumentando y con ello la erosión incrementa año con año.

II.1.- METODOLOGÍA PARA OBTENER EL MAPA DE PELIGRO POR EROSIÓN.

La metodología utilizada en este trabajo se sustenta en el modelo USLE (acrónimo en inglés de Ecuación Universal de Pérdida de Suelo). Este es un modelo empírico que inicialmente fue diseñado para operar en parcelas (Wischmeier y Smith, 1958), por lo que su aplicación a áreas mayores requiere de algunas adaptaciones. Dicho modelo toma en cuenta cinco factores, los cuales serán descritos a continuación y la forma en la que serán adaptados para tener una expresión regional. El modelo está diseñado para predecir la pérdida de suelo anual promedio por erosión hídrica y esta en función de patrones de precipitación, tipo de suelo, topografía, cubierta vegetal y prácticas de manejo.

II.2.- DESCRIPCIÓN DE LA PÉRDIDA DE SUELO

La fórmula para obtener el promedio anual de pérdida de suelo es:

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde:

A = Promedio anual de pérdida de suelo (Ton/ha)

R = Índice de erosionabilidad de la lluvia (MJ mm/ha/hr)

K = Erosionabilidad del suelo (ton ha hr/Mj mm ha)

L = Longitud de la pendiente

S = Grado de la Pendiente

C = Cobertura vegetal

P = Practicas de conservación

II.2.1.- ÍNDICE DE EROSIONABILIDAD DE LA LLUVIA

El índice de erosionabilidad se define como la capacidad potencial de la lluvia para causar erosión. Existen varios índices; aquí se utiliza el EI_{30} , el cual es uno de los más importantes y de aplicación geográfica más amplia. El índice EI_{30} de erosionabilidad presentado por Wischmeier y Smith (1958), se define como la suma del producto de la energía cinética total (E) y la intensidad máxima en treinta minutos por evento (I_{30}). Esto mide el proceso conocido como erosión laminar y su cálculo se realiza con la siguiente ecuación:

$$EI_{30} = (E)(I_{30})$$

donde:

EI_{30} es el índice de erosionabilidad para un evento (MJ mm/ha hr)

E es la energía cinética total de la lluvia (MJ/ha)

I_{30} es la intensidad máxima de lluvia en 30 minutos (mm/hr)

Al hacer un arreglo algebraico la expresión de R es entonces:

$$R = \sum (EI_{30})$$

$$m = 0 \text{ y } k = 1$$

donde

R es el factor de erosionabilidad de la lluvia o índice de erosionabilidad anual (MJ mm/ha hr año).

M es el número de eventos durante el año.

Para dicho índice de erosionabilidad, la adaptación que se hará, por ser datos espaciales y por el escaso número de estaciones con pluviómetros en el país, es a partir de una expresión generada por Cortés (Cortés, 1991), de acuerdo a la región de erosionabilidad de la lluvia: (en este caso es la correspondiente para la región sureste del país).

$$Y = 2.4619X + 0.006067X$$

donde:

- Y** es el índice anual de erosionabilidad de la lluvia, en MJ mm / ha h
- X** representa la precipitación media anual, en mm

Esta ecuación permite conocer el factor R en función de la precipitación media anual. Para calcular el Factor R se capturaran los registros de precipitación media anual de las estaciones climáticas del estado de Chiapas, estas serán seleccionadas de acuerdo al tiempo de operación y el área de influencia que tengan en la región. En Arcview se genera un mapa de precipitación y se le aplica un proceso de interpolación “average” (promedio), donde los valores puntuales se convierten en valores continuos. El resultado de este procedimiento es un mapa de precipitación media anual. Este mapa es la base para ser utilizado en la ecuación de Cortés antes mencionada y así obtener un mapa de factor R.

II.2.2.- EROSIONABILIDAD DEL SUELO

El factor K determina al grado de susceptibilidad que presenta el suelo a la erosión hídrica, dicha susceptibilidad depende del contenido de materia orgánica, textura superficial, estructura del suelo y permeabilidad. Para este estudio de caso se usara la metodología propuesta por FAO (1980) y el valor de erosionabilidad (K) se estimara en función de la unidad de suelo y su textura superficial (Clasificación de la FAO). Para esto, su representación espacial se obtiene del Sistema de Información Geográfica. A partir de la cartografía de los tipos de suelos del estado de Chiapas se tabularan los valores del factor K en la tabla de atributos del mapa. Una vez hecho este paso se genera un mapa de atributos con el factor K y así se produce el mapa del grado de susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica.

II.2.3.- LONGITUD Y GRADO DE LA PENDIENTE

La topografía es un factor muy importante en la erosión, ya que a mayores pendientes más susceptibles a ésta. En este caso el efecto de la topografía esta representada por los factores Longitud (L) y grado de la pendiente (S). La longitud L y el grado de la erosión, se define como la distancia desde el punto de origen de un escurrimiento hasta el punto donde decrece la pendiente al grado de que se presente la sedimentación del suelo erosionado, o bien, hasta el punto donde el escurrimiento encuentra un canal de salida bien definido. Por su parte, el grado de erosión también depende de la pendiente, por lo que con relación a una parcela de 22.3 m de longitud, ambos factores se pueden unir en uno solo a través de la ecuación adimensional:

$$LS = (x / 22.13)^m (0.065 + 0.045s + 0.0065s^2)$$

Donde:

- X** Longitud de la pendiente, en m
- M** Exponente que depende del grado de pendiente
- S** Pendiente del terreno, en %

Esta ecuación funciona correctamente cuando las pendientes son aisladas y uniformes según Foster y Wischmeier (1974). Cuando este no es el caso, el cálculo debe hacerse por segmentos a través de la expresión:

$$LS = \sum_{j=1}^N \frac{S_j \lambda_j^{m+1} - S_j \lambda_{j-1}^{m+1}}{(\lambda_j - \lambda_{j-1})(22.13)^m}$$

donde:

- S_j** Factor de pendiente para el segmento j, en m/m
- λ_j** Distancia desde la frontera inferior del segmento j hasta la frontera aguas arriba, en m.

Para obtener el factor LS y su representación espacial se procesa con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG), a partir del Modelo Digital de Elevación (DEM) y con un arreglo algebraico de las ecuaciones antes mencionadas.

- Expresión del algoritmo:

Longitud de la Pendiente L

$$((\text{sqrt}(\text{sq}(\text{MapPendDx}) + \text{sq}(\text{MapPendDy}))) / 72.6) * (65.41 * \sin(\text{degrad}(\text{MapPend})) + 4.56 * \sin(\text{degrad}(\text{MapPend})) + 0.65)$$

- Grado de la Pendiente S

$$((\text{sqrt}(\text{sq}(\text{MapPendDx}) + \text{sq}(\text{MapPendDy}))) / 22.1)^{0.7} * (6.432 * \sin(\text{degrad}(\text{MapPend})^{0.79}) * \cos(\text{degrad}(\text{MapPend})))$$

- Factor LS

$$\text{iff}(\text{MapPend} < 21, \text{LongPend}, \text{GradoPend})$$

El resultado es un mapa integrador denominado mapa de peligro por erosión reclasificado, que muestra las posibles zonas de afectación por la erosión. Este tipo de mapas se visualizan mejor en un formato de celdas y las categorías dependen sobretodo del histograma resultante de todos los procesos anteriores (figura 1).

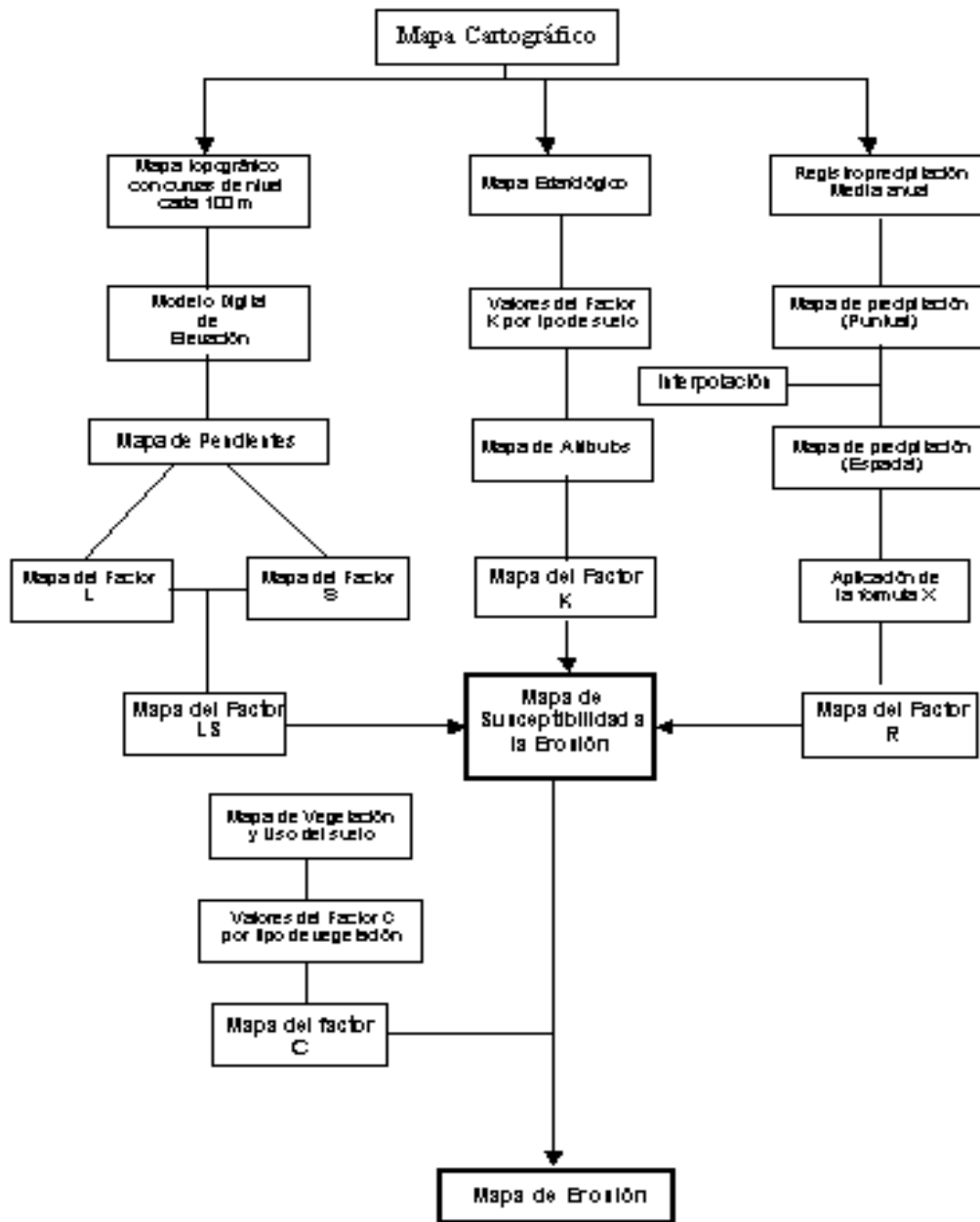


Figura 1.- Diagrama del flujo del proceso para estimar la erosión.

II.3.- PELIGRO POR EROSIÓN DEL ESTADO DE CHIAPAS

El mapa de peligro por erosión del estado de Chiapas se integró mediante el modelo matemático de la ecuación universal de suelo que considera a las variables de suelo, pendiente, vegetación, precipitación y permite obtener una visión general de la distribución de zonas de peligro en los rangos; muy alto, alto, medio y bajo (Figura 2). En este mapa es posible observar que existen dos grandes áreas de erosión de rango muy alto que son; al sur, en la sierra de Chiapas, en los municipios de Tonalá, Pijijiapan, Mapastepec, Acacoyagua, Siltepec, Escuintla, Motozintla, Huixtla, Tuzantán, Tapachula y Cacahoatán y al norte, en los altos de Chiapas y sierras del Norte, en los municipios de Chapultenango, Solosuchiapa, Amatán, Ixhuatán, Simojovel,

Salchihuitán, El Bosque y Pantelhó, Tila, Tumbala y Yajalón, principalmente.

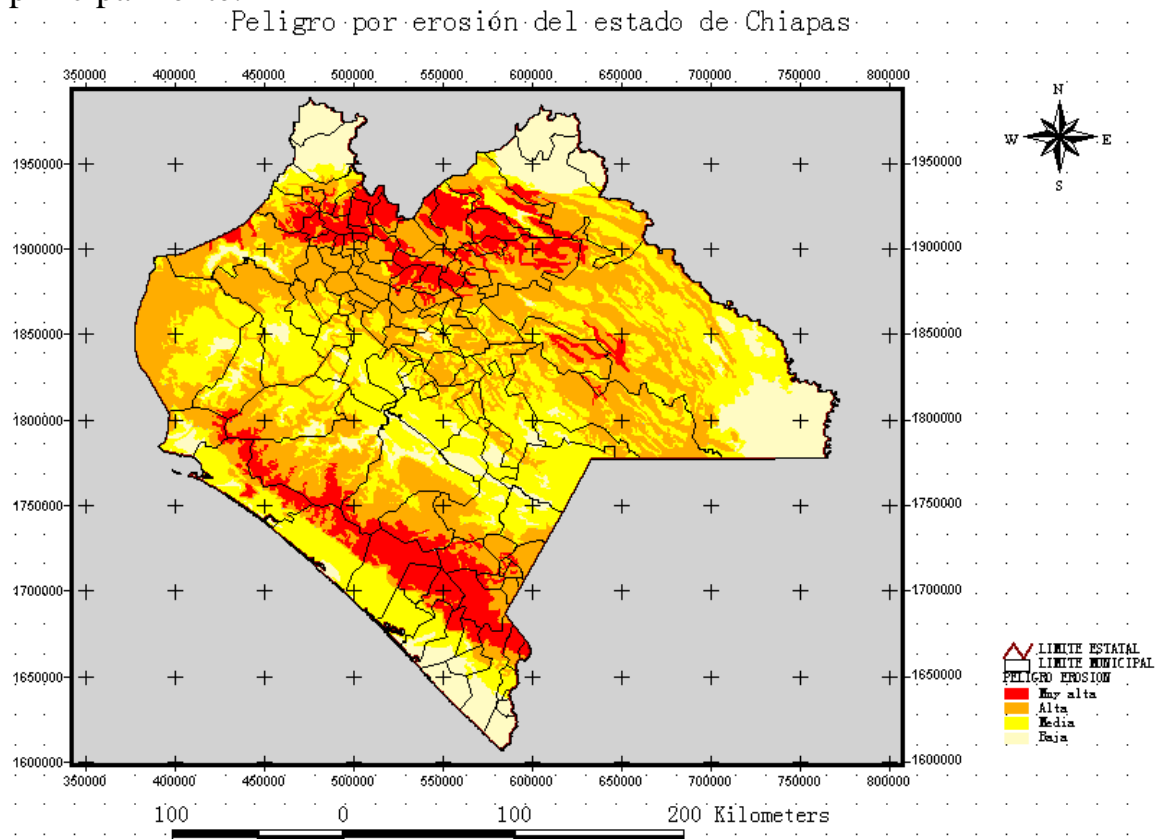


Figura 2.- Mapa de erosión del estado de Chiapas. En rojo se muestran las regiones de mayor peligro por erosión. Nótese que existen dos grandes áreas de erosión de muy alto rango que son; al sur en la sierra de Chiapas, en los municipios de Tonalá, Pijijiapan, Mapastepec, Acacoyagua, Siltepec, Escuintla, Motozintla, Huixtla, Tuzantán, Tapachula y Cacahoatán y al norte en los altos de Chiapas y sierras del norte, en los municipios de Chapultenango, Solosuchiapa, Amatán, Ixhuatán, Simojovel, Salchihuitán, El Bosque y Pantelhó, Tila, Tumbala y Yajalón, principalmente.

II.4.- REGIONALIZACION DEL ESTADO

Con el propósito de describir los peligros naturales en el estado de Chiapas se ha recurrido a la descripción por regiones para tener una forma más sencilla y práctica de acceso a la información. Estas regiones son: Planicie costera del Pacífico, Línea costera del Pacífico, Sierra Madres del sur, Depresión Central, Altos de Chiapas, Sierras del Norte de Chiapas, Sierras del Oriente de Chiapas y Planicie costera del Golfo (Figura 3).

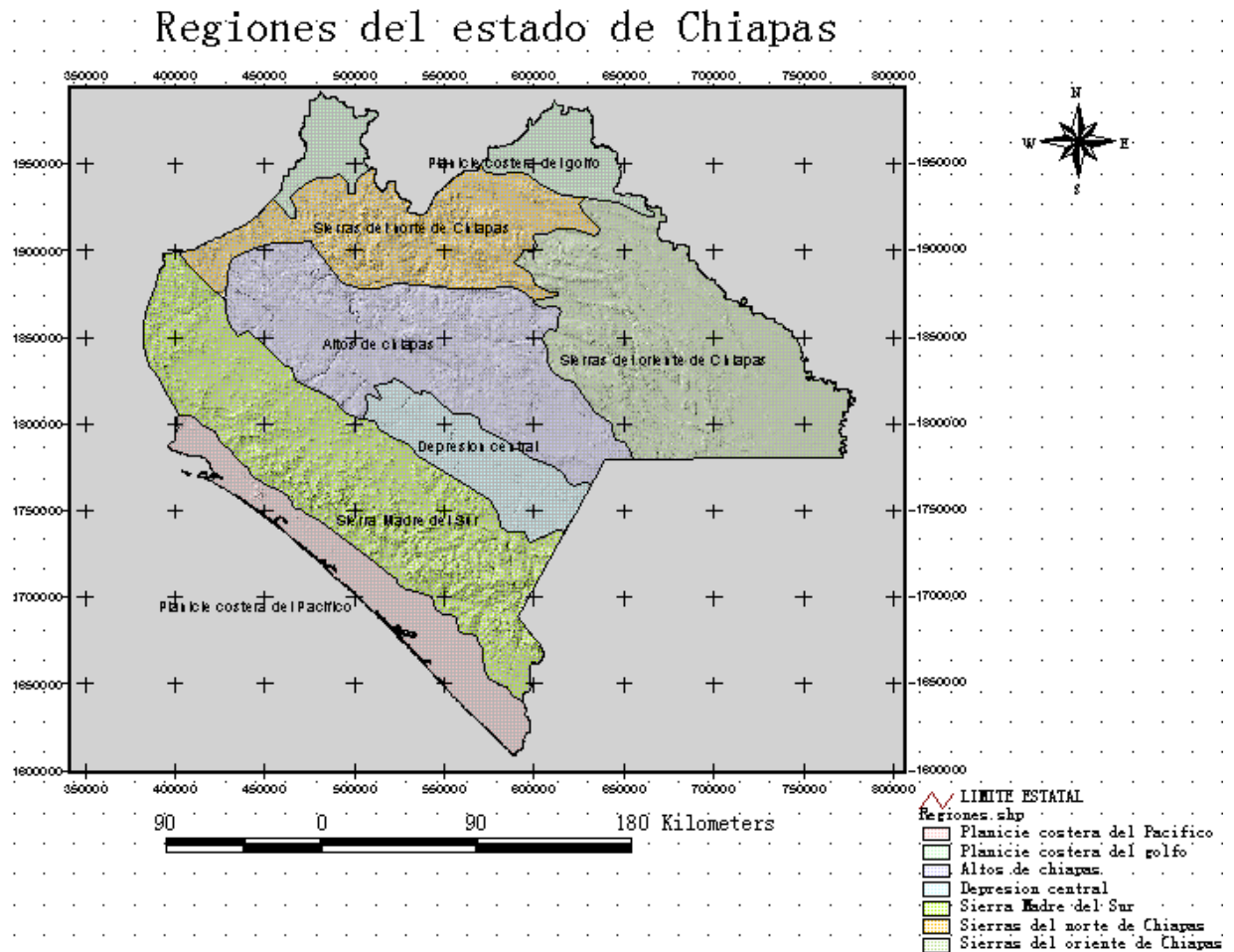


Figura 3.- Mapa de las regiones del estado de Chiapas que se describen en éste documento.

II.5.- EROSIÓN EN LA PLANICIE COSTERA DEL PACÍFICO DE CHIAPAS

La zona costera mexicana del Océano Pacífico, se encuentra expuesta a la mayoría de los peligros naturales que afectan las costas de todo el mundo, lo cual implica un riesgo alto para aquellas poblaciones asentadas a lo largo de dicho litoral. En orden de importancia, estos fenómenos naturales son: huracanes, sismos, maremotos (tsunamis), ondas de tormenta y otros. Las costas mexicanas han sido afectadas por la ocurrencia de estos fenómenos, los cuales han ocasionado daños severos a las poblaciones que se encuentran situadas en su área de influencia, provocando la destrucción de edificios, viviendas, embarcaciones, áreas agrícolas, infraestructura urbana, y lo más lamentable, la pérdida de vidas humanas. La magnitud de afectación de estos peligros varía en función de las características geológicas y morfológicas, tipo de vegetación, uso de suelo, densidad de población, etc. La costa del Estado de Chiapas es parte del Golfo de Tehuantepec, el cual esta expuesto a peligros geológicos e

hidrometeorológicos que se presentan con una marcada frecuencia. El Golfo de Tehuantepec es la región en donde se originan los ciclones que afectan la costa del Pacífico Nororiental, además de presentar intensos procesos tectónicos debido a su proximidad a la Trinchera Mesoamericana y a la presencia de fallas activas que cortan el istmo de Tehuantepec, por lo que la ocurrencia de sismos es alta. Es evidente que el estudio de los peligros naturales que afectan la costa de Chiapas es necesario para llevar a cabo planes de protección para la población civil, así como para la puesta en marcha de planes de desarrollo sustentable de esa región del país. La erosión en la región de la Planicie Costera del Océano Pacífico se ve favorecida por la presencia de fenómenos hidrometeorológicos como huracanes y ciclones que se presentan como intensas lluvias que erosionan de forma laminar y concentrada (Figura 4).

Erosión de la planicie costera del Pacífico

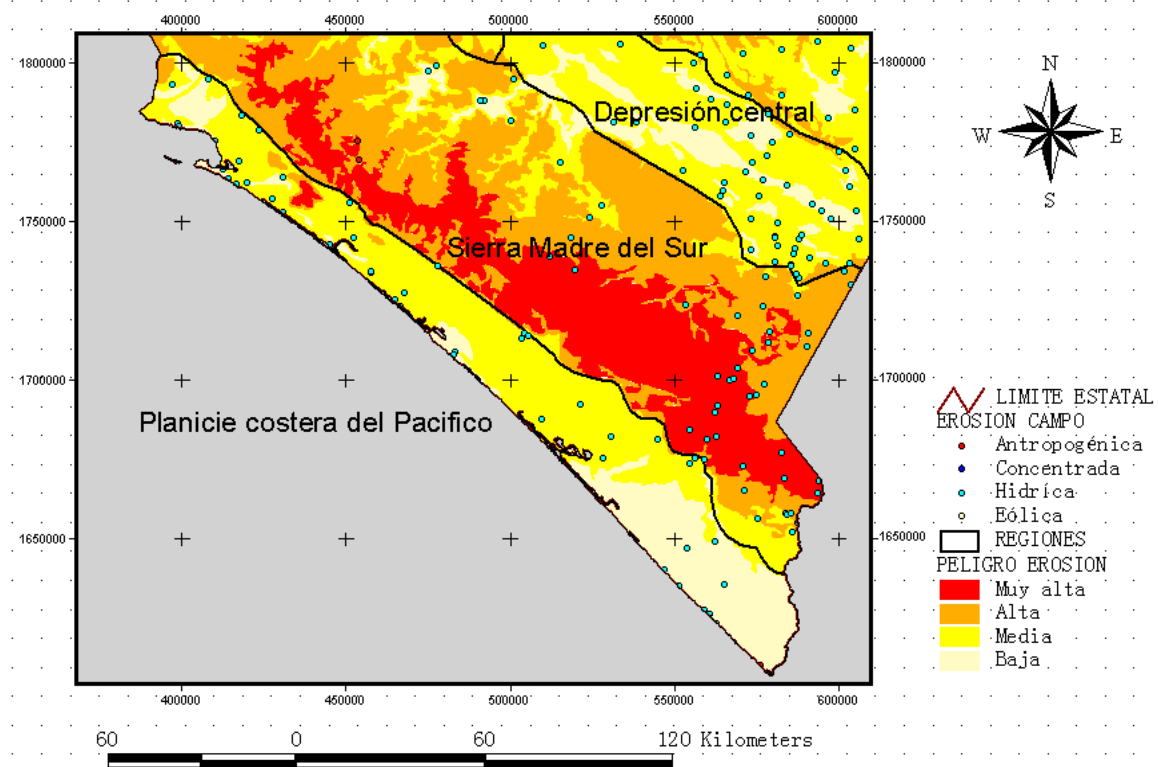


Figura 4. Región de la Planicie Costera del Pacífico, con un grado muy alto de erosión.

La erosión en la Planicie Costera ve favorecida por la deforestación de vegetación natural para la creación de cultivos de maíz y algunas plantaciones de plátano y coco, pero que son abandonados para dar paso a la ganadería implementado para esto los pastos inducidos, lo que ha favorecido la susceptibilidad a la erosión como se observó en los puntos de verificación (TG-056, TG-183, HU-122, HU-041, HU-077, HU-086, HU-088 y HU-139), en los municipios de Arriaga, Tonalá, Pijijiapan, Mapastepec, Acapetahua, Acacoyagua y Pueblo Nuevo Solistahuacán (Fotografía 1).



Fotografía 1. Los ríos que abandonan su cauce y erosionan de forma laminar el terreno, en las inmediaciones el pasto inducido y algunos árboles que alguna vez eran comunes en el área.

En particular, en estos municipios actualmente la erosión antrópica ha dejado como resultado extensas áreas de pasto inducido así como zonas abandonadas por la actividad agrícola que se practica en baja escala y para auto consumo, por lo que esta zona se ha visto modificada por varias etapas de uso de suelo, en primer lugar una intensa explotación de los recursos madereros (deforestación, aprovechamiento de manglares), posteriormente disposición del área para cultivos agrícolas y frutícolas, incremento de la actividad ganadera y finalmente abandono de las tierras, posiblemente debido a la baja producción agrícola, ya que en esta zona es notoria una temporada de secas que producen los vientos húmedos del norte, además de la constitución litológica, producto de la erosión de la Sierra Madre del Sur de Chiapas, que consiste de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, que determinan la acumulación de suelos arenosos y poco fértiles. La actividad ganadera ha provocado la compactación del suelo y elimina la cubierta vegetal, que favorece la erosión hídrica laminar que combinada con los fenómenos hidrometeorológicos (huracanes, ciclones y lluvias de temporada), hacen que los ríos y arroyos descenden bruscamente de la escarpada sierra, con una alta energía y erosionan con facilidad los bordes de sus cauces, al transportar una gran carga de sedimentos con bloques de hasta 1 m de diámetro. La erosión se incrementa hacia la porción Sureste en los municipios de Huixtla, Tapachula y Ciudad Hidalgo por el incremento de la población sin control debido a la migración que se desarrolla con altos índices de marginación (Fotografía 2), pero también en esta zona los fenómenos naturales desastrosos como los de las últimas fechas, producen una severa y súbita erosión en la región que en estos municipios comprende una litología (TA-001, TA-10 y TA-11) en el municipio de Tapachula. En la región de la planicie costera del pacífico se recomienda promover desarrollos adecuados de nuevas poblaciones en el ramo de la industria estas se deben adecuar a los programas en los que

disminuyan sus contaminantes; en el caso de la extracción de recursos geológicos es importante realizarlo de manera controlada en el sentido de que pueden modificar el relieve natural trayendo consigo entre otros el problema de la erosión (Fotografía 3).



Fotografía 2. Altos índices de marginación se observan en casi toda la planicie costera del pacífico.



Fotografía 3. Esteros de la Reserva de la Biosfera de la Encrucijada.

II.6.- EROSIÓN EN LA LINEA DE COSTA DEL ESTADO DE CHIAPAS

Las playas de la costa de Chiapas están expuestas a oleaje de alta y baja energía, dependiendo de la época del año y de la región. En general dominan las condiciones de baja energía de oleaje en la mayor parte del año, aunque debido a que el Golfo de Tehuantepec es la zona de generación de los ciclones tropicales, el oleaje de alta energía de tormentas se presenta en periodos cortos, de una a dos semanas, entre Junio y Octubre. Debido a la orientación de la costa de Chiapas con respecto a la parte central del Golfo de Tehuantepec, el viento generado por los ciclones sopla

principalmente hacia el norte en la costa sur del Estado y cambia a noroeste y oeste en la costa norte. Por tanto, el oleaje generado por el viento tiene estas mismas direcciones. Así, el oleaje de los ciclones impacta con mayor energía en la costa sur del Estado, mientras que hacia la porción norte el oleaje disminuye en energía gradualmente, debido a que el oleaje avanza hacia el noroeste y oeste, desplazándose en una mayor distancia y de manera oblicua, sobre la plataforma somera del Golfo de Tehuantepec. El oleaje de alta energía de invierno y primavera solo afecta la parte sur de la costa de Chiapas, ya que las porciones central y norte están protegidas de los vientos del Norte (Gallegos y Barberán, 1998), debido a que soplan de tierra hacia el mar, en la región del Istmo. El oleaje incrementa su energía paulatinamente, de tal manera que en la porción central de la costa el oleaje es de energía moderada y hacia la porción sur la energía llega a ser moderada-alta. El oleaje distante, que proviene de zonas de generación lejana, es el que domina a lo largo de año y alcanza la costa de Chiapas con una energía de baja a moderada y con una dirección de sur a norte. Así, este oleaje alcanza con mayor energía la costa sur del Estado y la energía se disipa hacia el norte por efecto de la plataforma somera, por lo que la costa norte recibe un oleaje de menor energía. El oleaje distante alcanza la costa sur con un ángulo oblicuo lo cual propicia la generación de una corriente litoral que transporta sedimentos de esta porción hacia el norte, en donde el oleaje arriba perpendicular a la costa, propiciando una mayor estabilidad del sedimento que le llega de la costa sur. De acuerdo a las condiciones de oleaje, la línea de costa de Chiapas esta en general en equilibrio pues los ciclos anuales de las playas se mantienen y la erosión – depósito ocurren pero las playas se mantienen en su posición y con las mismas características. Una excepción es un área de unos 5 a 8 km, al noroeste del Puerto Madero. Las playas de la costa norte, El Zacatal y Puerto Arista son amplias con 60 y 70 m respectivamente, de pendiente suave, con arena fina y oleaje de condiciones de disipación, es decir, el oleaje rompe a una distancia de la línea de costa mayor a 100 m y de allí la energía se disipa hasta alcanzar la playa. La berma, quiebre de pendiente en la parte alta de la cara de la playa, en ambas playas es ligeramente menor de 2 m. La playa El Zacatal, localizada 3 km al noroeste de Puerto Arista, guarda condiciones más prístinas; la pendiente es menor que en Puerto Arista (fotografía 4) y el cordón de dunas atrás de la playa no está impactado y parece ser de formación reciente. Hacia atrás se distinguen cordones de dunas antiguos de aproximadamente 4.5 msnm. La playa Puerto Arista es turística, presenta una pendiente mayor que la de El Zacatal, tiene construcción de palapas y algunas construcciones de hormigón sobre el sistema de playa (fotografía 4). La Población de Puerto Arista está asentada sobre un cordón de dunas. Las características de ambas playas sugiere que la línea de costa está en equilibrio. Sin embargo, esta playa esta sujeta a

procesos de erosión durante el paso de ciclones tropicales, para llegar a recuperarse posteriormente.



Fotografía 4.- Playa El Zacatal, amplia, de pendiente suave, arena fina, berma de 1.8 a 2.0 m y un cordón de dunas incipiente con vegetación. El cordón de dunas antiguo tiene una altura de aproximadamente 2.5 msnm.



Fotografía 5.- Playa Puerto Arista de pendiente suave, menos amplia que El Zacatal, arena fina y altura de la berma de 2.0 m. Sobre el sistema de playas se han construido palapas y algunas casas de hormigón.

La porción central-norte de la costa de Chiapas presenta playas menos amplias y de mayor pendiente que las de la costa norte. La playa El Zapotal, ubicada en la porción norte de la reserva de la biosfera La Encrucijada, presenta condiciones prístinas, es de amplitud intermedia (40 m), pendiente moderada, arena fina a media, berma de 2.5 m de altura y desarrollo de cuspiditos (formación de cuernos a lo largo de la línea de costa). Hacia atrás de la playa se aprecia un cordón de dunas en crecimiento y más atrás dos cordones de duna antiguos de aproximadamente 4 msnm (fotografía 5). Aunque esta playa se ofrece como turística, es poco visitada y tiene construcción escasa de palapas o casas de madera. El cordón de dunas más reciente está poco afectado por acondicionamiento para visitantes (fotografía 6).



Fotografía 6.- La playa El Zapotal ubicada en la costa central-norte, presenta pendiente moderada, arena fina a media, una berma de 2.5 m de altura y una amplitud de 40 m.



Fotografía 7.- Misma playa El Zapotal en donde se aprecia un cordón de dunas bajo, reciente, sobre el que se ha construido la palapa. Al fondo se aprecia un cordón de dunas antiguo de 4 msnm, sobre el cual se ha construido una casa.

La costa central-sur de Chiapas es parte de la porción sur de la reserva de la biosfera La Encrucijada, está caracterizada por playas de amplitud intermedia, pendiente moderada y arena fina a media. Este es el caso de Zacapulco que es una playa de barrera con turismo de baja intensidad (fotografía 8). Esta playa tiene una amplitud menor a 40 m, es de pendiente moderada, con dos bermas (quiebres de pendiente en la playa), la berma de tormenta es de casi 3 m de alto, contiene arena fina a media y presenta cuspiditos de aproximadamente 35 m de longitud, bien desarrollados, tanto la berma de tormenta como la playa actual. Estas características están asociadas a periodos de erosión. Zacapulco tiene asentamientos de casas habitación y restaurantes (fotografía 9) sobre una barrera de menos de 100 m de ancho y 3 msnm (que corresponde a la altura de la berma de tormenta), sobre la que no se observa vegetación natural, debido probablemente a que esta porción correspondía a una boca de comunicación entre la laguna y el mar. El canal de mareas, atrás de la playa

de barrera en donde se desembarca para llegar a esta playa, es el canal antiguo de comunicación al mar. La sección sobre la cual se tienen los asentamientos, es la que esta expuesta a un nivel de peligrosidad alto por erosión de oleaje, ya que la boca de comunicación entre la laguna y el mar podría quedar abierta nuevamente durante una tormenta, lo cual desaparecería las construcciones. En cada paso de huracán los colonos de Zacapulco son evacuados. La sección contigua a Zacapulco presenta las mismas características en el frente de la playa, pero hacia atrás de la playa se observa un cordón de dunas bajo y hacia atrás de este un manglar; ambos rasgos le dan estabilidad a la barrera (fotografía 10).



Fotografía 8.- Playa de barrera Zacapulco (vista al norte), de amplitud menor a 40, pendiente moderada, arena fina a media y cuspiditos de 35 m de largo. Las palapas están por abajo de la parte alta de la berma (3 msnm), siguiendo la pendiente hacia el estero. Ancho total de la barrera en esta sección es menor a 100 m.



Fotografía 9.- Playa de barrera Zacapulco viendo al sur, en donde se observan condiciones más prístinas, con un cordón de dunas incipientes atrás de la playa, continuando hacia un manglar. El ancho total de la barrera incluyendo el manglar es mayor a 150 m. Estas condiciones representan estabilidad de la barrera.

La costa sur del Estado de Chiapas presenta ambientes contrastantes, debido a que es muy dinámica. Por una parte, es en donde se localiza la fuente principal de sedimentos, que son las descargas del Río Suchiate, por lo que la costa muestra rasgos de playas en crecimiento. Sin embargo, es en esta porción en donde el oleaje arriba con mayor energía a las playas y con un ángulo oblicuo, lo cual genera un transporte intenso hacia el noroeste, de tal manera que algunas zonas presentan rasgos erosivos. La línea de costa de la playa de Emiliano Zapata y las del norte de Puerto Madero, presentan rasgos erosivos. La primera es una playa de barrera que protege una planicies de inundación y presenta una amplitud reducida (20 m), una pendiente de moderada a fuerte, sedimento de arena fina a media, una berma incipiente asociada a las condiciones actuales de oleaje y hacia atrás de la playa se ha desarrollado un escarpe de 1.4 m de alto, sobre material de cordón de duna (fotografía 11). Dicho escarpe se localiza en un cordón de duna bajo, con altura aproximada de 4 msnm, y hacia atrás se localiza otro cordón, ambos cubiertos de pastos. Hacia atrás de estos dos cordones se presentan dos cordones más, los cuales están a una mayor altura (aprox. 5 msnm) y cubiertos de palmeras y otros arbustos (vegetación más permanente).



Fotografía 10.- Playa erosiva en Emiliano Zapata. Pendiente de la cara de la playa fuerte, arena fina a media, berma incipiente de 2.5 m de altura, escarpe en la trasplaya de 1.4 m de alto



Fotografía 11.- Cordones de duna en Emiliano Zapata. En el primer cordón, próximo a desaparecer, se ha desarrollado el escarpe de erosión y junto con el segundo cordón, están cubiertos de pastos. El tercero y cuarto cordón, más estables, presentan palmeras y arbustos.

La playa al norte de Puerto Madero esta en un proceso intenso de erosión, provocado por la construcción de espigones para acceso al puerto y posteriormente la construcción de rompeolas (fotografías 12 y 13), desde el espigón norte hasta el sitio en el que se encuentra el cementerio, el cual ha sido afectado por la erosión. En dicha sección se observa la construcción de dos generaciones de espigones, los cuales no han sido suficientes para detener el proceso de erosión.



Fotografía 12.- Espigones de protección a la entrada al Puerto Madero, los cuales tienen una longitud de más de 300 m



Fotografía 13.- Rompeolas al norte del espigón de acceso al Puerto. Los cubos de concreto representan el último intento por estabilizar la línea de costa.

Al norte de donde termina el rompeolas, en el área del Cementerio, la erosión esta avanzando rápidamente, se ha desarrollado una pequeña bahía (fotografía 14), en donde la erosión alcanza áreas atrás del rompeolas, afectando viviendas y restaurantes para los turistas. Aquí la pendiente de la cara de la playa es de moderada, en la parte más interna, a fuerte en la parte norte de la pequeña bahía; hacia la trasplaya se observa un escarpe que varía de unos cuantos centímetros en la parte más interna, hasta mas de 1.5 m hacia el norte. La playa de esta bahía es turística, pero el rompeolas genera una turbulencia intensa, produciendo fuertes corrientes de resaca que ponen en riesgo la seguridad de los bañistas. Este proceso de erosión continua hacia el norte, de tal modo que en Playa Linda, localizada a aproximadamente 400 m al norte del Cementerio, la erosión continua atacando la línea de costa, haciéndola retroceder más de 150 m, afectando construcciones (fotografía 15). Playa Linda presenta una pendiente fuerte, con sedimentos de arenas gruesas y gránulos, una sola berma que coincide con la cima del cordón de duna y un oleaje de alta energía que rompe muy próximo a la playa, lo cual le da más capacidad erosiva. Estas características del oleaje se modificaron con la presencia de los rompeolas, ya que la zona próxima a la línea de costa ahora es más profunda, permitiendo que la ola rompa sobre la base de la playa (fotografía 15).



Fotografía 14.- Bahía al norte y atrás de la serie de rompeolas en Puerto Madero. Esta bahía se formó por efecto de turbulencia generada por el rompeolas. Aquí la profundidad que se incrementa rápidamente y la turbulencia son un factor de riesgo para los bañistas



Fotografía 15.- Playa Linda, a aproximadamente 400 m al norte del extremo norte de los rompeolas (sitio de la foto izquierda). La erosión continúa siendo severa y ha derribado algunas construcciones. La línea de costa ha retrocedido más de 150 m.

Este proceso de erosión intensa, provocada por la construcción de los espigones y rompeolas se debe a que dichas obras civiles están obstruyendo el transporte litoral de sedimentos con dirección al noroeste, desde la zona de descarga del Río Suchiate. El oleaje, que es el agente que genera el transporte litoral, remueve sedimento de la playa y lo transporta hacia el noroeste y dicho sedimento ya no es reemplazado, por lo cual el oleaje continuo removiendo el sedimento provocando un retroceso de la línea de costa. El proceso contrario ocurre del lado sureste de los espigones de entrada al puerto. La Playa Linda, ubicada en esta zona, presenta un crecimiento constante, el cual rebasa los 100 m (fotografía 16). La cara de la playa es de pendiente suave, con sedimento de arena media, berma actual baja (1.6 m) y hacia tierra se observan tres escarpes, que corresponden a igual número de tormentas. Dichos escarpes se han mantenido por el proceso de crecimiento de esta playa. Además, por las características del

rompiente del oleaje, se infiere que la zona cercana a la playa es de pendiente muy suave, lo que significa que en dicha zona existe un banco importante de sedimentos. Este proceso de crecimiento es favorecido por el espigón sur de entrada al Puerto Madero, el cual trabaja como un represo para la corriente litoral, que al obstruirse descarga el sedimento que transporta. El exceso de sedimento en Playa Linda corresponde al déficit en la zona al norte del rompeolas.



Fotografía 16.- Playa Linda, ubicada a unos 500 m al sureste del espigón sur de entrada a Puerto Madero. Nótese el contraste con las playas del norte. La pendiente de la playa es suave con rompiente lejos de la línea de costa. La playa, hasta el límite de la propiedad, es de más de 100 m.

En la sección entre Puerto Madero y la descarga del Río Suchiate, la línea de costa parece estable, o podría presentar un crecimiento muy lento, con una tasa mucho menor que en Playa Linda. En Playa El Gancho, ubicada 5 km al noreste de la descarga del Río Suchiate, la amplitud es de 50 m, con pendiente de moderada a fuerte y sedimento de arena media a gruesa. Se observan 3 escarpes con las correspondientes bermas, la más baja a 1.6 m y la más alta a 3.7 msnm. Hacia tierra de la berma más alta se ubican algunas viviendas, y el poblado Tierra y Libertad está asentado en 4 cordones de dunas, los cuales son evidentes. Estos rasgos corresponden a una línea de costa estable o en crecimiento, a pesar de que la energía de oleaje es de moderada a alta.

II.7.- EROSIÓN EN LA SIERRA MADRE DEL SUR DE CHIAPAS

Existen tres áreas principales de erosión de grado muy alto dentro de la Sierra Madre del Sur de Chiapas que son: La Frailesca que comprende los municipios de Villaflores, Villacorzo, Ángel Albino Corzo, La Concordia y la Región Centro, que incluyen los municipios de Cintalapa, Jiquipilas, Arriaga y Ocozocuatla de Espinoza (Figura 5).

Erosión de la Sierra Madre del Sur

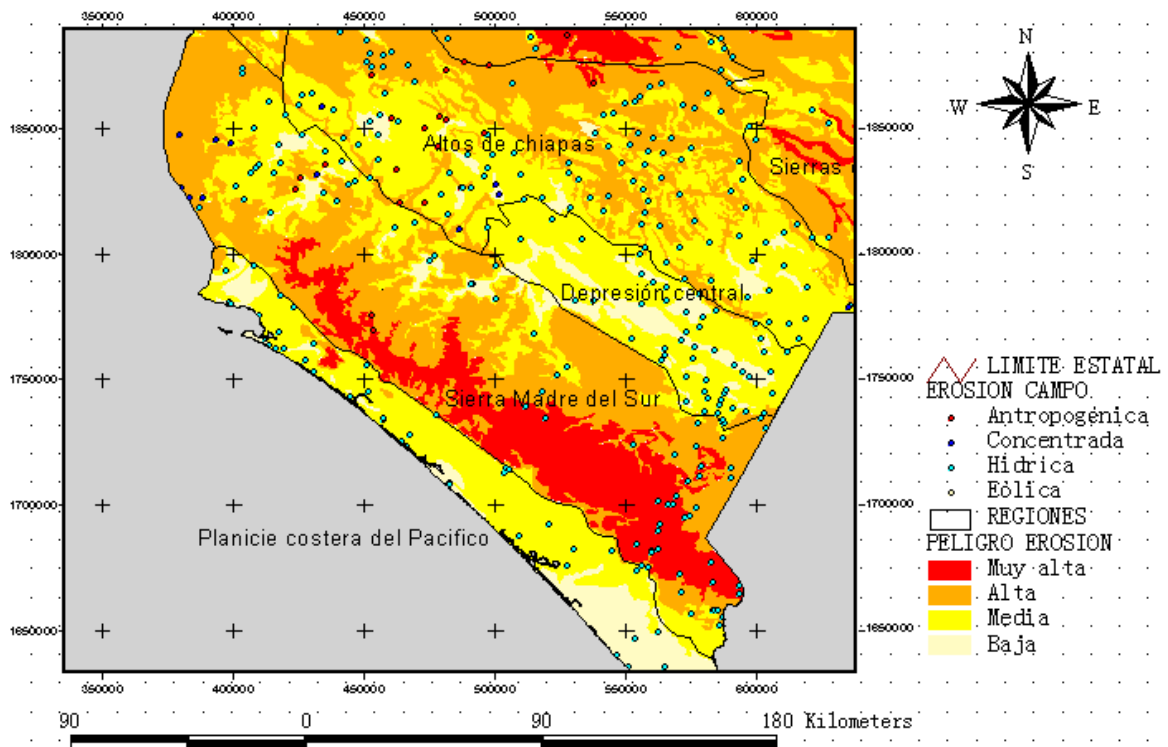


Figura 5. Mapa de peligro por erosión en la región de la Sierra Madre del Sur.

La erosión que predomina es principalmente la antropogénica (Fotografía 17) por deforestación ya que actualmente estas áreas son utilizadas para el cultivo de maíz, en mayor proporción y en menor grado para la ganadería, como se observó en algunos sitios (TUX019, TUX028, TUX029, TUX062, TUX061 y TUX054). En las localidades de Playa Vista, Pomposo Castellanos, Triunfo de Madero, Úrsulo Galván, en las cercanías del río El Playón y en San Clemente, se intensifica por el tipo de material que se encuentra en estas regiones que son rocas ígneas con un grado de alteración alto (espesores que van de 20 cm a 1 m), muy intemperizadas y fracturadas; las altas precipitaciones anuales de la región que en promedio son de 1500 mm, con un clima cálido, son condiciones que favorecen la erosión hídrica laminar y concentrada y forman pequeñas cárcavas o canales en los caminos como en los puntos verificados (TUX033 y TUX025), así como en las localidades de Rizos de Oro y en las inmediaciones de Pomposo Castellanos, San Rafael y San Carlos (fotografía 18).



Fotografía 17. Obsérvese la intensa erosión por deforestación que actualmente se ocupa para cultivos los cuales están sobre roca ígnea granítica intemperizada, en la localidad de Jesús María Garza, punto TUX018 y en la localidad de Revolución Mexicana.



Fotografía 18. Obsérvense los canales que se forman en los caminos, como consecuencia de las precipitaciones intensas en las cercanías de la finca San Rafael.

En este sentido la vegetación también representa un papel muy importante y en esta región consta de pastizales, matorrales y algunos árboles grandes, sin embargo en las áreas de cultivo la erosión hídrica se produce debido a que después de las cosechas no hay cubierta vegetal que impida la erosión del suelo así como las pendientes del terreno van de 0° a 10°, que contribuye a que se incremente el proceso de erosión hídrica laminar (fotografía 19).



Fotografía 19. Véase el terreno cultivado sin cubierta vegetal lo que contribuye que se produzca la erosión hídrica laminar, en las cercanías de Pomposo Castellanos.

Hacia la parte montañosa de Villaflores y Villacorzo la erosión es provocada principalmente por la tala inmoderada, por cultivos que solamente se utilizan una vez, por asentamientos humanos y por el tipo de roca (granito alterado) que produce erosión concentrada, de grado alto, debido a lo largo de las planicies fluviales de los ríos como: Salto Chiquito, Tres Picos, Sierra Morena, Los Amates, Pando, El Dorado, Custepec, Nueva Palestina y La Suiza. Los cultivos de maíz se practican en algunos lomeríos bajos (fotografía 20) como se encontró en los sitios verificados (TUX056, TUX063, TUX068, TUX067, TG-180, TUX070).



Fotografía 20. Nótese la intensa deforestación en los lomeríos bajos y en la rivera del Río San Lucas.



Fotografía 21. Obsérvese la erosión concentrada, en la rivera del Río Los Amates.

La tercera región con grado de erosión muy alta, es la llamada región Sierra que incluye entre otros a los municipios de Siltepec, La Grandeza y Motozintla, por las condiciones en las que se encuentra debido a la erosión por deforestación para cultivos de maíz y café, asentamientos humanos en donde se desarrolla una intensa erosión concentrada (fotografía 22).



Fotografía 22. Obsérvese al fondo Motozintla y la deforestación en sus alrededores, así como también la gran cantidad de pequeños asentamientos humanos.

Esta erosión es favorecida, por el incremento de la población que requiere mayor consumo de alimentos, por lo que extiende la frontera agrícola y el clima favorece la plantación de grandes extensiones de árboles cafetaleros como en Custepec (fotografía 23). Además las obras civiles también favorecen la erosión, como es la presa en construcción en las cercanías del poblado de Guadalupe Victoria, municipio de La Concordia.



Fotografía 23. Finca cafetalera en el poblado de Custepec.

Para el caso de la erosión concentrada, existen varias condiciones que propician su desarrollo, tales como la composición del material, (consistente de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias con cierto grado de alteración, intemperismo y fracturamiento alto. El clima de la zona que va de templado húmedo con lluvias en verano a semi cálido húmedo, con vegetación muy variada de tipo selva media sub perennifolia en el área de Siltepec; selva baja caducifolia y bosque de pino encino en el área de La Grandeza y Motozintla, características de la región las cuales han sido modificadas, dando paso a que el clima sea aun mas agresivo con los materiales de esta zona. Además, las pendientes que llegan a ser hasta de 60° favorecen el desarrollo de la erosión concentrada formando grandes cañadas y produciendo grandes deslizamientos en las paredes casi verticales; profundizando los cauces de los arroyos y concentrando mayor cantidad de sedimento en los ríos San Nicolás, La Suiza, Las Delicias, Honduras, Vega del Crucero y Mazapa; este ultimo en esta década a causado dos grades inundaciones, pues se convierte en una gran avalancha de materiales acumulados en los cauces de ríos y arroyos por la intensa erosión en las montañas, con bloques hasta de 3 m de diámetro, que llegan y afectan principalmente al municipio de Motozintla (Fotografía 22). Esa región fue verificada con 36 puntos los cuales se mencionan los más representativos (HU-066, HU084, HU111, HU131, HU132).



Fotografía 24. Nótese la deforestación y la acción de las precipitaciones pluviales, pendientes del terreno y la gravedad, así como el sobre pastoreo de la zona, que producen estas cañadas o erosión concentrada.

Estas tres regiones (Centro, Frailesca y Sierra) se encuentran dentro de la cuenca del Grijalva y en la porción noroeste de la Sierra Madre del Sur de Chiapas. Hacia la porción sureste la erosión va de grado alto a medio, como lo es en la región Istmo-Costa y parte de la región del Soconusco. En la primera tenemos un clima cálido sub húmedo con lluvias en verano y vegetación de tipo selva mediana sub caducifolia, geológicamente predominan las roca ígneas intrusivas con grado alto de intemperismo y pendientes del terreno que van de 0 a 20°, características favorables para los cultivos y la ganadería lo cual es la fuente de trabajo mas importante en la zona, pero que de la misma manera afecta severamente a los suelos que son de espesores de 5 a 10 cm. A su vez el clima cálido y la escasa vegetación disminuida por efecto de la deforestación, hacen que se produzca la erosión concentrada (Fotografía 24) de forma más rápida e intensa, como puede observarse en los puntos de campo (TUX054, TUX059, TUX060, TUX066 y TUX070).



Fotografía 25. Rocas sedimentarias con fuerte pendiente y vegetación escasa. En la parte inferior se observa un lomerío con deforestación que da paso al desarrollo de erosión concentrada, en rocas ígneas intrusivas.

En el borde de la Sierra Madre del Sur de Chiapas que limita con la Planicie Costera del Pacífico el grado de erosión es alto, en los municipios de Arriaga, Tonalá, Pijijiapan, Mapastepec, Acacoyagua, Acapetahua, Escuintla, Huixtla, Tuzantán, Tapachula, Tuxtla Chico y Huehuetán, esta erosión se ve favorecida por factores como la presencia de rocas ígneas intrusivas muy alteradas y drenaje natural denso, aunado a la tala inmoderada de árboles para desarrollo de campos de cultivo y ganadería (Fotografía 10). Dichas observaciones se determinaron con los sitios visitados en campo (HU130, HU140, HU143, HU-095 y HU-101).



Fotografía 26. Obsérvense las fuertes pendientes y la población asentada sobre los arroyos.

Finalmente dentro de la Sierra Madre del Sur se encuentran seis reservas, las cuales son de noroeste a sureste, la Reserva de La Biosfera La Sepultura (TUX048), Reserva de la Biosfera El Triunfo I, II, III y IV y la Reserva de Nubliselva Pico El Loro-Paxtal, las cuales se localizan principalmente sobre el parteaguas de la Sierra del Sur de Chiapas, donde se presentan las mayores altitudes y pendientes que como consecuencia dan una topografía abrupta de parteaguas angostos y profundos cañones; en estas áreas la erosión es producto principalmente de su topografía, litología (rocas ígneas intrusivas y metamórficas) y la precipitación pluvial que a lo largo del año oscila entre los 2000 a 4000 mm; así el proceso de erosión natural ocurre de manera mas o menos equilibrada. En la zonas de reserva se encuentra protegida por la cubierta vegetal, pero que si ésta desapareciera, la erosión se incrementaría debido a los grados altos de alteración que presente la roca granítica y metamórfica, además se vería favorecida por las pendientes que van de 30 a 50°, la acción de la gravedad y las altas precipitaciones que prevalecen en el área, incrementaría notoriamente el proceso de erosión, lo que ya se observa en ciertas zonas dentro de la reserva como en los puntos verificados en campo (TUX060) en la localidad Agrícola 20 de Noviembre, que a pesar de encontrarse controlada, en cuanto a condiciones de salubridad, presenta deforestación. La rivera del Río Salto Chiquito

(TUX056), el problema de la deforestación y la cubierta vegetal pobre han favorecido la erosión concentrada que forma profundos canales sobre los caminos y en las laderas de los cerros forma cañadas o cárcavas, pues en este sitio la roca se encuentra en un estado en el que es fácilmente erosionable, la cual se observa como arena de grano grueso producto del intemperismo (Fotografía 27).



Fotografía 27. Roca ígnea intrusiva, desprovista de vegetación y afectada por la erosión concentrada en el Cerro La Taberna, localizado en la porción noroeste de la región Sierra Madre del Sur de Chiapas.

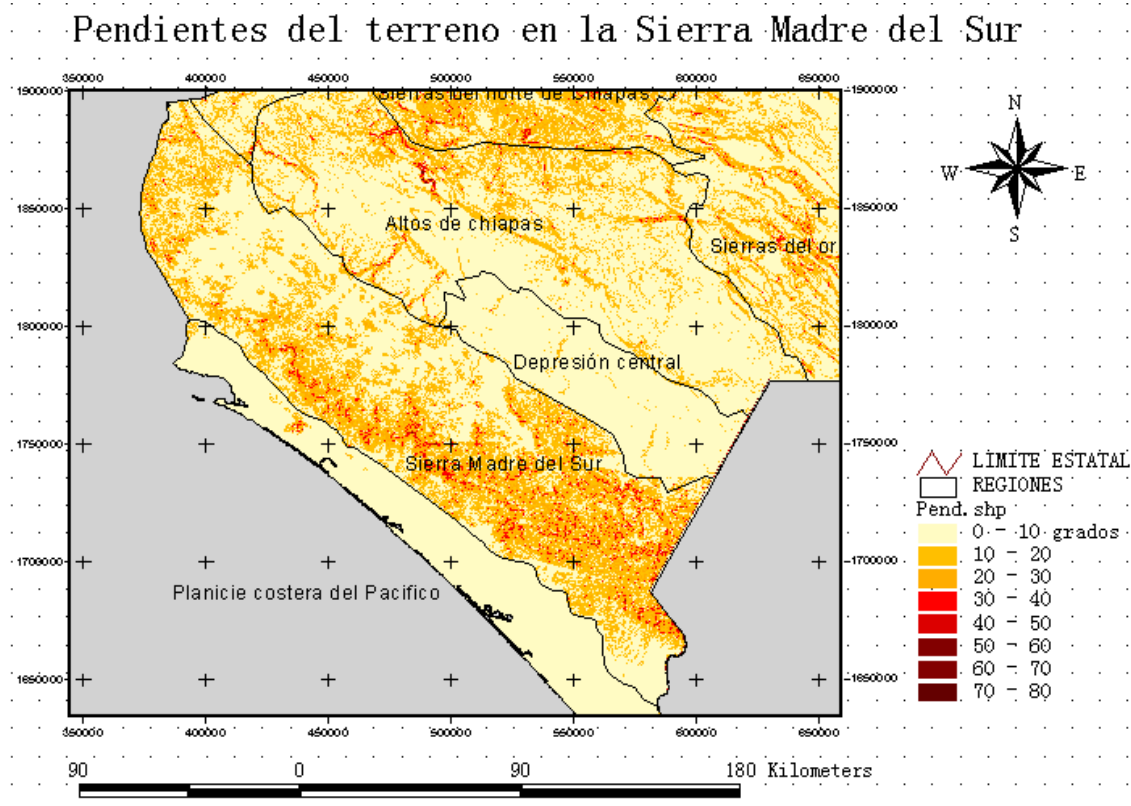


Figura 6. En la figura se muestran las pendientes del terreno a lo largo de la Sierra Madre del Sur de Chiapas.

La Sierra Madre del Sur de Chiapas, presenta una erosión de muy alta a alta, por la combinación de los diferentes tipos de uso del suelo, como los de la región Centro y Frailesca en donde se producen grandes cantidades de maíz cuyos terrenos son convertidos a zonas ganaderas afectando aun más la vulnerabilidad del suelo. En la región Sierra dedicada más a la cafecultura, con un incremento de las poblaciones que requieren de más alimento, modifican su entorno deforestando y ampliando la frontera agrícola. La erosión antropogénica sigue un patrón, preferentemente sobre las riveras de los ríos, como en los ríos El Tablón y Santo Domingo, dejando así una erosión intensa de forma transversal a la Sierra. Así, los procesos de erosión concentrada por las características del relieve, geología y clima, hacen de esta región más vulnerable. La erosión, ocasiona un mayor número de deslaves, con material que se acumula en los arroyos y ríos, que con altas precipitaciones producen flujos de lodo y pérdida de suelo pueden traer consecuencias de pérdidas de cultivos, ganado, etc. Para esta región se verificaron 189 puntos de campo (anexo fichas técnicas). Finalmente para esta región poseedora de una gran riqueza natural tanto por sus ecosistemas tan variados como la gran historia geológica con la que cuenta, la hace una de las regiones más importantes para la cual se recomienda realizar programas de divulgación, de agronomía y de rotación de cultivos para el mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo. En los municipios de Cintalapa, Jiquipilas, Ocozocoautla, Villaflores, Villacorzo, Arriaga, Tonalá, Pijijiapan, se debe cuidar el ambiente y su entorno para tener un control de la tala de árboles pues la deforestación es alta como es observó en los municipios de Siltepec, La Grandeza y El Porvenir, en donde la población se incrementa rápidamente. En la región de la Sierra, concretamente en los municipios de Motozintla, Tapachula y Huixtla, principales centros de inmigrantes tanto nacionales como extranjeros ocurre el crecimiento urbano, la deforestación y los cambios de uso de suelo sin control que con el paso del tiempo favorecerán la erosión.

II.8.- EROSIÓN EN LA DEPRESIÓN CENTRAL DE CHIAPAS

La erosión que predomina en la depresión central de Chiapas es de tipo antropogénico, por las grandes extensiones de áreas cultivadas, que en ocasiones se realizan prácticamente sobre la roca caliza que por la alta carsticidad el suelo se ha formado dentro de las oquedades (fotografía 28), como en la localidad de M. Velasco Suárez, municipio de Villacorzo (TUX043), que favorecen la erosión hídrica laminar en zonas de pendientes que llegan a los 10° con escasa cubierta vegetal.



Figura 28. Obsérvese la roca caliza con alta disolución formando oquedades en donde el suelo se ha desarrollado el cual es utilizado para el cultivo de maíz, localidad M. Velasco Suárez municipio de Villacorzo.

En la Depresión Central de Chiapas (figura 6), las rocas sedimentarias que predomina en casi toda la región, son calizas, areniscas y conglomerados, que forman pequeños lomeríos, presentan un grado de intemperismo bajo, por lo que los agentes erosivos no causan grandes efectos, aun en las condiciones climáticas que ahí prevalecen, pues las precipitaciones oscilan entre los 1000 y 2000 mm. La vegetación primaria consiste de Bosque de Pino y Encino aunque también se observa vegetación de tipo sabana hacia el noroeste de esta región y con un clima cálido sub húmedo. En cuanto a la erosión antropogénica, debe considerarse también las obras civiles que modifican el hábitat natural, como lo es la presa La Angostura, ya que en sus alrededores las extensiones de tierra son aprovechadas para cultivos, lo cual se extiende hasta los municipios de Chicomuselo, Tzimol, Frontera Comalapa y La Trinitaria, las cuales son zonas principalmente dedicadas a la agricultura y ganadería. La región de la Depresión Central de Chiapas, presenta erosión principalmente antropogénica por la deforestación que se observa en los municipios de Villa de Corzo, Acala (TG-123), La Concordia (TUX043) y Socoltenango (TG-170 y TG-172) y que en la actualidad se han convertido en grandes extensiones agrícolas, de las cuales algunas pequeñas parcelas son para el consumo propio de las comunidades. La deforestación y los cambios de uso de suelo para cultivos han provocado que se presente el proceso de erosión hídrica laminar (Figura 7), por lo que el riesgo de la pérdida de suelo aumenta, provocando serios daños en la población dedicada a la agricultura y que es su principal sustento de vida (Fotografía 29). Para esta región se realizaron un total de 56 fichas técnicas.

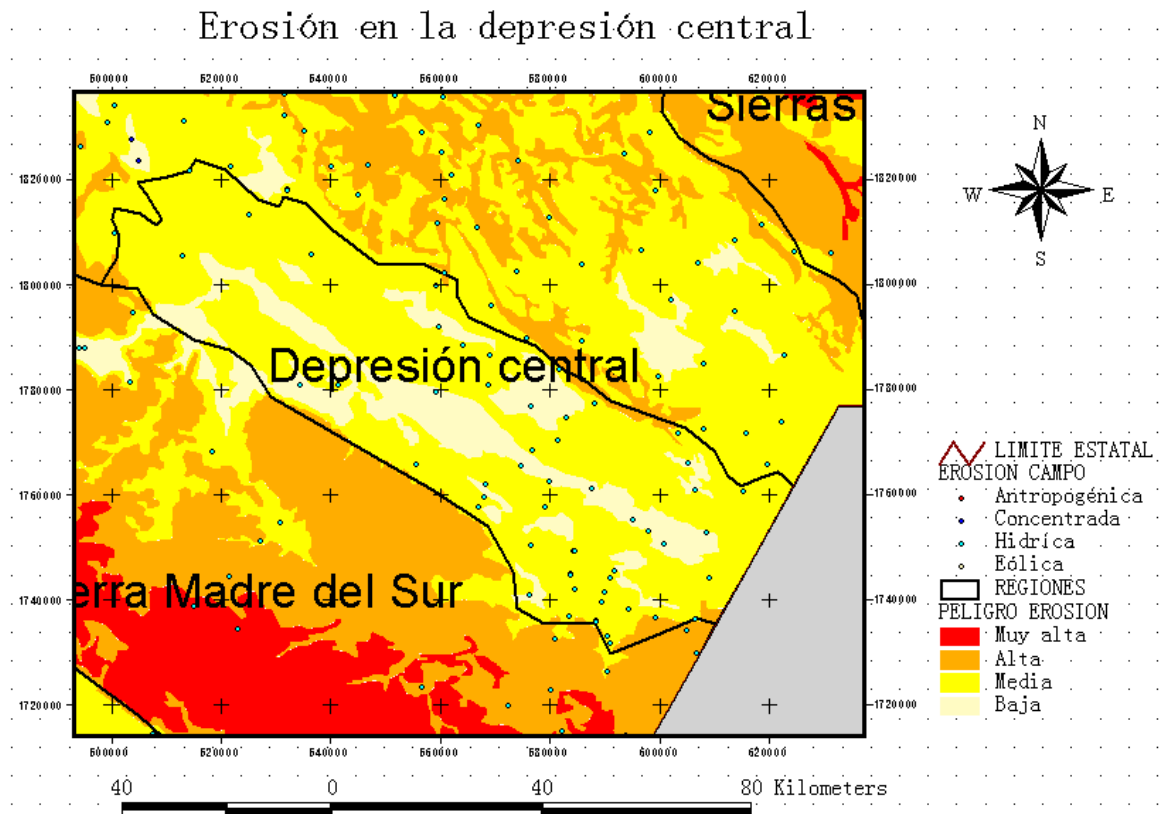


Figura 7. El polígono en rojo delimita la Depresión Central de Chiapas, con los puntos de verificación de campo.



Fotografía 29. Nótese los cultivos de maíz y al fondo las parcelas en zonas de lomeríos, en el Municipio de Venustiano Carranza.

II.9.- EROSIÓN EN LOS ALTOS DE CHIAPAS

La región de los Altos de Chiapas se extiende de noroeste - sureste, en el centro del estado (figura 8), en donde se realizaron un total de 172 puntos de verificación y se determinó la erosión de rangos baja, media y alta, predominando la erosión de grado medio por deforestación principalmente. La erosión concentrada se produce en los diferentes niveles de la roca

caliza alterada intercalada con lutitas o areniscas, lo que facilita el proceso erosión diferencial. Estas condiciones se observan hacia la porción noroeste (fotografía 30), como se identificó sobre la carretera que va de Rómulo Calzada a Raudales (VH-096 y VH-121), en donde como consecuencia de la erosión antropogénica por deforestación, apertura de caminos y el cambio de uso de suelo, la litología, zona de fallas y pendientes de terreno, propician deslizamientos, caída de rocas y derrumbes afectando constantemente esta vía de comunicación.

Erosión de los Altos de Chiapas

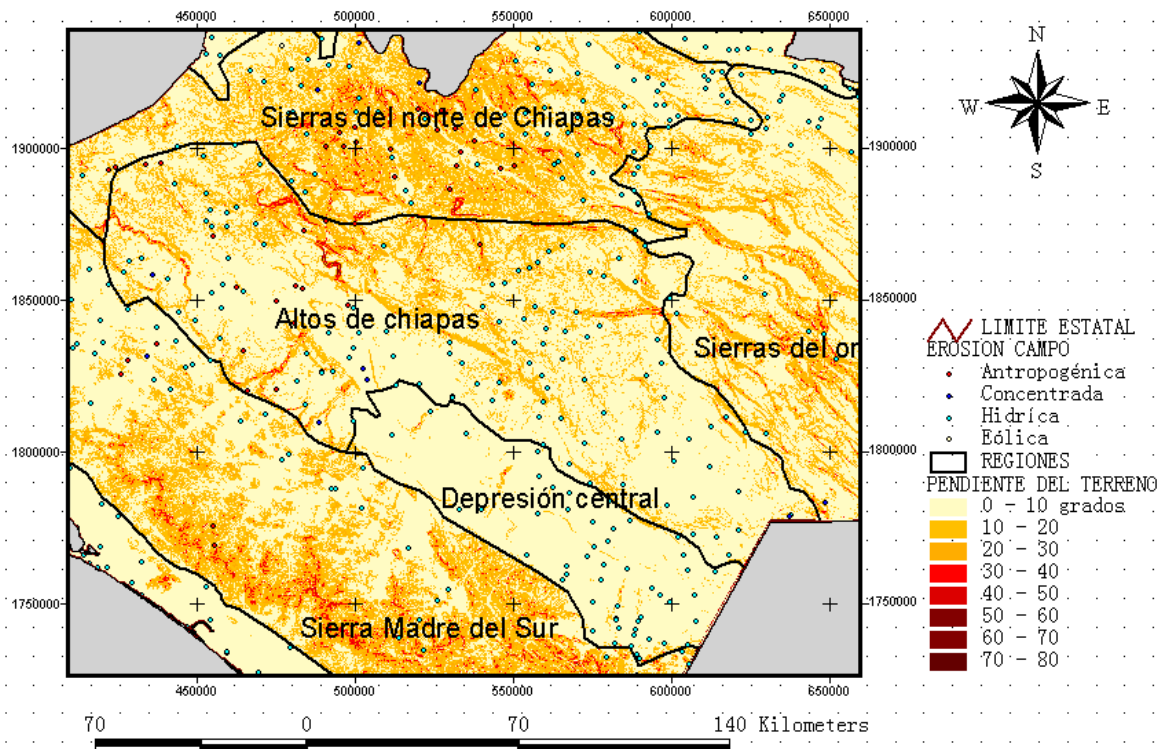


Figura 8. Mapa de pendientes de la región de los Altos de Chiapas, con un total de 172 fichas técnicas de campo.

En cuanto a los tipos de roca que predominan en la región de los Altos de Chiapas varía de noroeste a sureste como sigue: en la porción sureste de la presa Nezahualcóyotl, predominan las calizas con alta carsticidad, sometidas a un sistema de fallas de Malpaso - Muñiz y San Fernando; en estas rocas predomina la erosión concentrada por el fracturamiento intenso y de los sistemas de fallas, que además ha formado un relieve singular pues presentan lomeríos aislados y con pendientes de 0° a 30°, con la formación de pequeños valles intermontanos. Hacia la porción centro, existen pequeñas áreas de roca ígnea extrusiva, es por esto que tanto el drenaje y el relieve varían según la litología y en este caso predominan los sistemas montañosos estructural, disolucional y erosional. Hacia la porción norte, se presentan lomeríos y mesetas erosionales y estructurales así como los de la

porción sur y sureste y numerosos sistemas de pie de monte localizados en la porción central. Hidrológicamente la región presenta sistemas fluviales como el Grijalva con sus numerosos afluentes, como el río La Represa y Santo Domingo con un drenaje dendrítico característico de las rocas calizas en superficie pero también existe un drenaje subterráneo importante que se forma por la alta carsticidad de la roca. En conjunto los sistemas de fracturas y fallas le dan a esta región una dinámica activa en donde se origina una erosión que actúa en respuesta a la actividad tectónica, pero que en la actualidad, esta erosión también se desarrolla en respuesta a la actividad antrópica. La extracción de recursos geológicos como bancos de material en San Cristóbal de las Casas y obras civiles, son elementos que favorecen el desarrollo de la erosión, lo que trae consigo un alto riesgo en cuanto a pérdida de suelo y cultivos dando paso a la creación de áreas ganaderas que perjudican los suelos, además de provocar deslizamientos y asentamientos de masas sobre las carreteras, caminos, comunidades, etc. Por ejemplo en el municipio de Ocozocoautla en las localidades de General Francisco Villa (VH-119), Coronel Salvador Urbina (TG-003) Flor de Corazón (TUX005), Rafael Zorrilla (TG-038), Espinal de Morelos (TG-064) y en Albania (TG-096) se observa intensa deforestación de áreas extensas que después son utilizadas para cultivos de maíz principalmente; este mismo proceso se observo en los municipios de Suchiapa y Chiapa de Corzo en las localidades (Fotografía 14) de La Ciénega (TUX014) y Las Delicias (TUX036) respectivamente, en donde los cultivos se encuentran prácticamente sobre la roca y en el pobre suelo desarrollado en las oquedades que ha dejado la carsticidad pero además en ocasiones sobre pendientes de hasta 20°. En la porción centro-sur en los municipios de Acala, Chiapilla, San Lucas, Totolapa, Nicolás Ruiz, Amatenango del Valle, Las Rosas y Teopisca, la intensa deforestación va en aumento las rocas ígneas extrusivas se intemperizan y se erosionan fácilmente al perder la cubierta vegetal, con pendientes de hasta 10° y un drenaje paralelo, lo que favorece el desarrollo de la erosión hídrica laminar, como se determinó en las localidades de San Lucas (TG-105), Totolapa (TG-107) y en Nuevo León, municipio de Teopisca (TG-130) (fotografía 15).



Fotografía 30. Obsérvese como la agricultura invade los terrenos pedregosos.



Fotografía 31. Zonas de áreas cultivadas a expensa de la deforestación que favorecen la erosión del suelo.

En los municipios de Comitán de Domínguez, Las Margaritas y La Independencia se observa una erosión antropogénica de alta a media, debido a la gran cantidad de áreas para cultivos y a la acción que produce la extracción de recursos geológicos (arcillas) para la elaboración de ladrillo. En la porción Noreste en los municipios de San Cristóbal de las Casas, San Andrés Larrainzar, Huixtan, Oxchuc, Ocosingo, San Juan Cancuc, Tenejapa, Chenalho, Chamula, Zinacantan, Ixtapa, Osumacinta, Soyalo y Bochil presentan una erosión concentrada, la cual va en aumento debido principalmente a la acción antropogénica, tanto por el crecimiento poblacional como por la extensión de la frontera agrícola la cual se realiza en ocasiones sobre pendientes mayores a 20° que favorecen la erosión concentrada formando profundos cauces que posteriormente son canales de flujos de escombros como en las localidades de Soyalo (TG-023), Cacate (TUX080), Rio Tobac (TUX081), Cruzchen (TG-026), Tzametel (TG-028) y San Juan Cancuc (TG-029) (fotografía 32).



Fotografía 32. Nótese la actividad humana que realiza sobre la roca caliza y a una altitud de 2000 msnm.

En los alrededores de San Cristóbal de las Casas en algunos municipios se han formado espesores considerables de suelo pero sobre las oquedades que ha dejado la carsticidad, pero una vez que actúa la erosión, ésta ha dejado al descubierto estos huecos, originando una erosión hídrica laminar de grado alto, (fotografías 33 y 34) esto se observo en trabajos de campo en las localidades de Taza de Agua (TG-050), Las Ollas (TG-051), Huixtán (TG-076), 20 de noviembre (TG-080), Napite las Casas (TG-112) y Betania (TG-108).



Fotografía 33. Obsérvese la intensa erosión hídrica laminar formada por la deforestación y sobre suelos producto de la alteración de la roca caliza, en la localidad de Betania.



Fotografía 34. Nótese los espesores de suelo formado por alteración de la roca caliza y sobre las oquedades de disolución.

Se recomienda tener un uso medido en cuanto a las áreas de cultivos para permitir la regeneración o recuperación de los suelos ó practicar la rotación de cultivos (no solamente maíz), ya que esto permite el mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo, así como también tener un control sobre las áreas que se utilizan posteriormente de la agricultura a áreas ganaderas ya que esto propicia aun mas el desarrollo de la erosión hídrica laminar.

II.10.- EROSIÓN EN LAS SIERRAS DEL ORIENTE DE CHIAPAS

El relieve característico de la región esta formado por montañas de origen estructural erosivo, sistemas de colinas y lomeríos erosionales estructurales, sistema pie de monte y un sistema fluvial, estos rasgos geomorfológicos se deben a procesos endógenos que provocaron esfuerzos de tensión y compresión que plegaron y fallaron las rocas creando montañas alargadas orientadas con rumbo general NW-SE separadas por valles intermontanos. Las deformaciones a las que fueron sometidas estas rocas afectaron su consistencia dando lugar a que los agentes exógenos realizaran su labor destructiva incrementada por el aprovechamiento de los recursos forestales que se ha realizado durante varias décadas, siendo una de los primeras actividades que contribuyen al deterioro de la vegetación original, a continuación se dio una inmigración hacia esta zona de un alto índice de población y que a la fecha persiste trayendo consigo la necesidad de cultivar la tierra, que se realiza principalmente en los largos valles o cañadas. De la misma forma los asentamientos se ubicaron en terrenos accesibles para el comercio de las cosechas y de otros recursos pero también para facilitar el acceso a zonas urbanas, también para el acceso a médicos, educación etc., pero que sin embargo, los problemas sociales y la marginación han provocado que dichas poblaciones se extienden hacia la selva y zonas mas inaccesibles, buscando una mejora en su forma de

subsistir, sin importar el grave deterioro que provocan al medio ambiente (fotografía 35).



Fotografía 35. Formas erosionadas que dan lugar al relieve característico con sus valles y ríos.

Actualmente, en la región de las Sierras del Oriente de Chiapas se observa una deforestación de alta a media principalmente en la porción Norte en localidades como Río Cháncala (TN-045), San Jerónimo Tulija (TN-050), Samaria (LM037) y Victorico Grajales (TN-047), provocando con ello una fuerte erosión. Hacia la zona poniente en las cañadas que forman las sierras Corralchen, Livingstone y Colmena, aprovechando las subcuencas de los ríos Naranja, Jataté, Tzaconeja, La Soledad y Eusebia; y en las localidades de Venustiano Carranza (M407), San Lorenzo (M408), Monte Líbano M419, Venustiano Carranza (M414), también se observo una intensa deforestación; lo mismo en los alrededores de Benemérito de las Américas, Velasco Suárez (LM003 y LM004) y hacia la porción Suroeste en el municipio de Las Margaritas también se presenta una intensa zona deforestada. En las localidades de Palestina (673), Nuevo Momón (MA013), San Antonio de los Montes (CH32), Maravilla Tenejapa (664), Nuevo Huixtán (CH33) y Río Blanco (CH37) y desarrollada sobre un relieve formado por valles con pendientes de 0° a 20° y con alta carsticidad en la roca, se observa principalmente la erosión hídrica laminar (Fotografías 36 y 37).



Fotografía 36. Nótese el contraste entre las áreas deforestadas de las que no lo están, con lo que se incrementa la susceptibilidad a la erosión.



Fotografía 37. Caída de roca sobre la carretera relativamente nueva número 307 a la altura del poblado Flor de Café, lo cual es una consecuencia de la erosión que persiste en la zona, ya sea por obras civiles o por la ausencia de vegetación que sostenga la roca altamente fracturada.

En la porción centro, de esta región, se observó que la influencia de asentamientos humanos disminuye, dado que esta decretada como Reserva de la Biosfera de los Montes Azules, pero sin embargo continuamente se incrementa o se extiende la frontera agrícola y ganadera, pero si además se toma en cuenta el saqueo que persiste, esto se convierte en un problema mas grave tanto por la disminución de los bosques como por el incremento de la erosión. Hacia la zona de Marques de Comillas se encuentra un amplio valle que ha sido aprovechado intensamente por la agricultura y ganadería, favorecida por el drenaje que ofrece la subcuenca del caudaloso río Lacantún, específicamente en las localidades de Pico de Oro (CH06), en las inmediaciones del río Cruz (636), Nuevo Chihuahua (640), Nuevo Reforma (642), Marques de Comillas (634) y Nuevo Orizaba (MAR013), en donde también se observa erosión laminar alta sobre las areniscas principalmente, esto debido a que, al no contar con cubierta vegetal que la proteja de los procesos exógenos, precipitación pluvial, etc., y también

agentes antropogénicos es decir, por la construcción de obras civiles, el desarrollo de bancos de material etc. (fotografías 38 y 39), provoca que la erosión sea mas acelerada.



Fotografía 38. Afluente del río Lacantún, y en donde se observa la vegetación natural que ofrece una parte de la reserva de la Biosfera de los Montes Azules.



Fotografía 39. Área de cultivos en la zona de Marques de Comillas.

De manera general la región de las Sierras del Oriente de Chiapas, presenta una erosión hídrica laminar principalmente en sus valles y cañadas, lo cual se esta extendiendo hacia las montañas y lomeríos y que en su superficie forman amplias mesetas que de la misma manera están siendo invadidas por acción antropogénica; en ocasiones existe formación de suelo sobre las calizas que presentan alta disolución o carsticidad, que es de color rojo (suelos lateríticos) y en donde la erosión hídrica ataca con mayor severidad, así como también se produce, desgaste sobre las rocas que son menos competentes a la erosión como son las areniscas y lutitas produciéndose erosión diferencial; sin embargo en las rocas calizas que presentan alto grado de fracturamiento y conjuntamente con la actividad de explotación de recursos geológicos, se incrementa la erosión de la roca y suelo del área. (Fotografías 40 y 41)



Fotografía 40. Al fondo se observa la roca con alto grado de erosión, en el área de Marques de Comillas.



Fotografía 41. Banco de material donde se extrae roca caliza y sin importar la destrucción de la cubierta vegetal afectando con ello al medio ambiente.

Se conoce la problemática que existe en esta región de las Sierras del Oriente de Chiapas, a lo cual solo se necesita poner en práctica las soluciones necesarias para que de esta manera pueda subsistir hombre-naturaleza, en esta región tan importante ya sea por su valor ecológico, como por su población integrada por una gama multicultural de grupos étnicos. Para esta región se realizaron un total de 179 puntos de verificación de campo (figura 9).

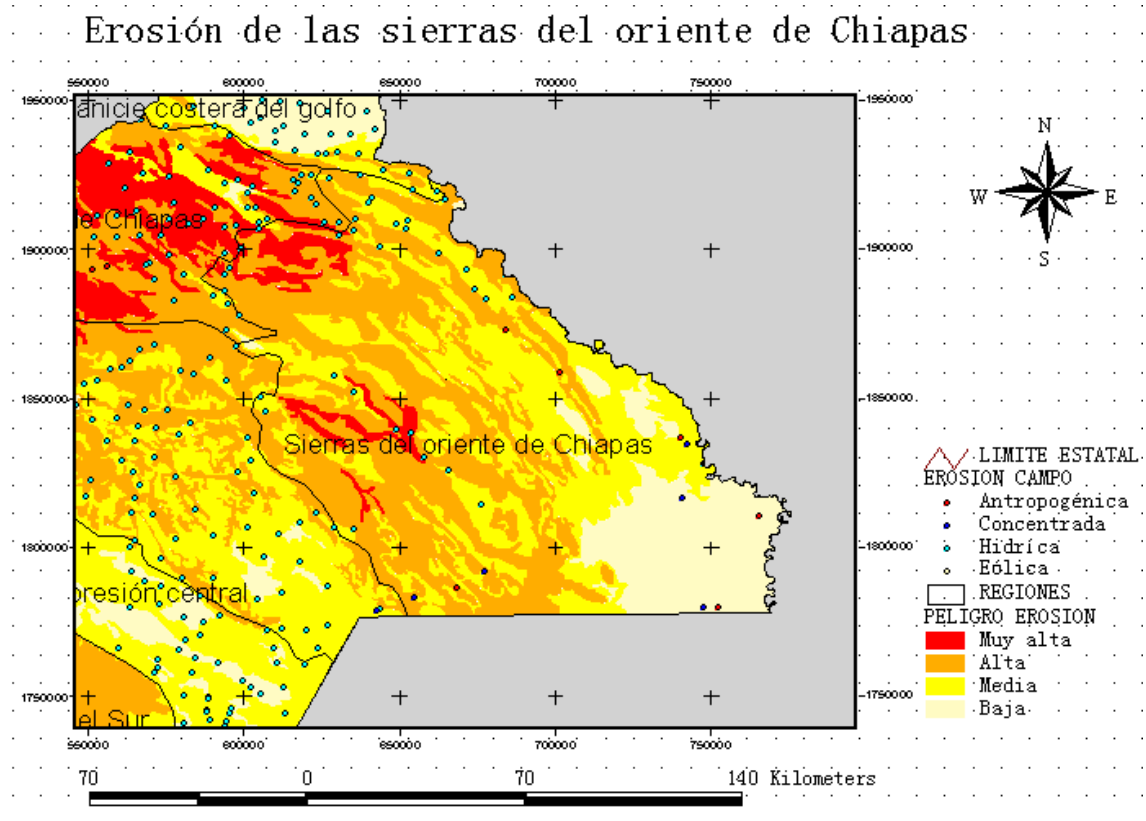


Figura 9. Erosión de las Sierras del Oriente de Chiapas, con la localización de 179 puntos de campo y su grado de intensidad.

II.11.- EROSIÓN EN LAS SIERRAS DEL NORTE DE CHIAPAS

En general la región se cataloga en estado de erosión que va de alto a muy alto, esto debido a la gran cantidad de superficie deforestada y que posteriormente se convierte a zonas de cultivos por una sola vez, esta impresionante actividad fue observada en los municipios de El Bosque, Larrainzar, Chalchihuitan, Huitiupan, Rayón, Salto de Agua, Ixtacomitan, Jitotol, Chapultenango, Bochil, Coapilla, Tapalapa, Tecpatan, Pichucalco, Solosuchiapa y Francisco León (figura 10).

Erosión de las sierras del norte de Chiapas

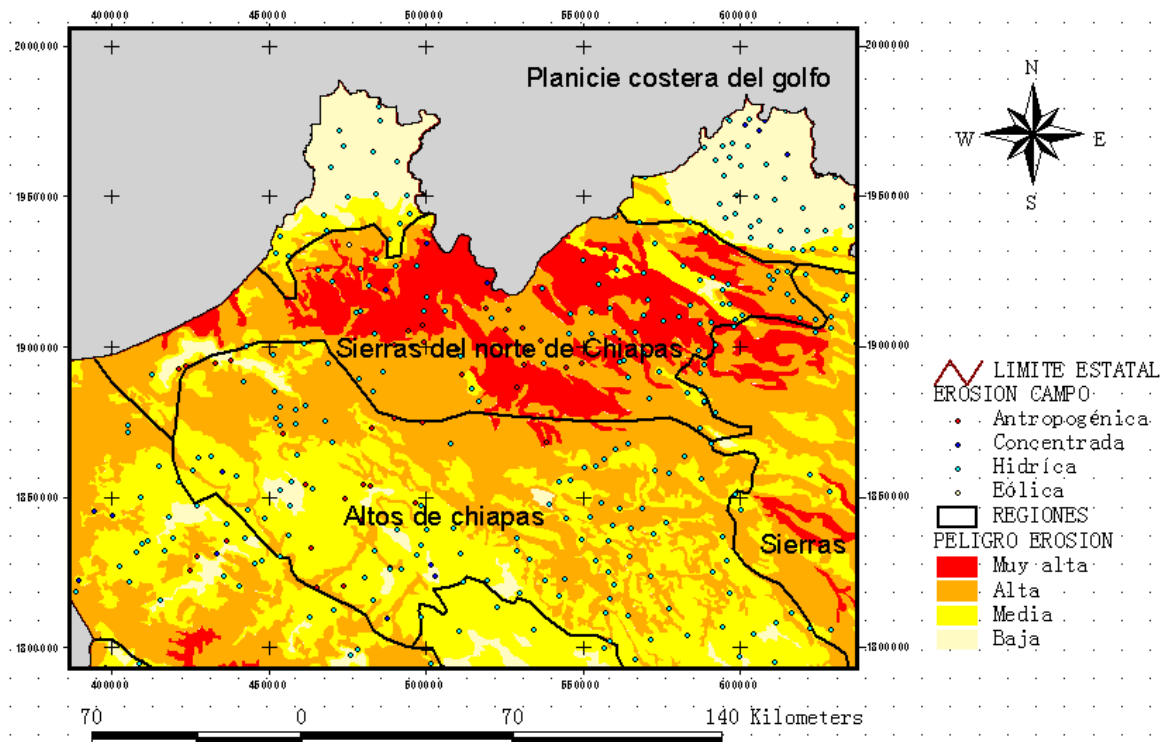


Figura 10.- Erosión de las sierras del norte de Chiapas.

Estos municipios se encuentran afectados por la deforestación esto es delicado debido a que se localizan sobre la parte de la sierra en donde existen pendientes hasta de 30° con espesores considerables de alteración de la roca sedimentaria y en menor proporción rocas ígneas extrusivas pero que, además, se encuentran en un estado poco consolidado por lo que son más susceptibles a la erosión y los deslizamientos; las rocas sedimentarias, como las calizas, fueron sometidas a esfuerzos por la acción del fallamiento que sufrió la zona, por lo que actualmente presentan alto grado de fracturamiento, característica que también favorece la erosión, como se verificó en las localidades de El Bosque (VH-128) y Simojovel (VH-131); por otra parte hay que ver que las superficies de cultivo abandonadas y desprovistas de cubierta vegetal aceleran la erosión y como consecuencia se producen los deslizamientos, así como también modifican el medio ambiente afectando a flora y fauna de la región (Fotografía 42).



Fotografía 42. Obsérvese las parcelas ubicadas en las laderas de montañas escarpadas y que son abandonadas, en localidad de El Bosque.

En los municipios de Rayón (VH-100), Pichucalco (VH-045), Chapultenango, en la localidad de El Naranjo (VH-066), Tapalapa (VH-098) y Tecpatán, en el poblado de Emiliano Zapata (VI006), la erosión también se encuentra dentro de los rangos de alta a muy alta, por las amplias áreas abandonadas de cultivos que provocan la formación de la erosión concentrada como se observa en la fotografía 43. Otra actividad importante a destacar es la ganadería que se practica principalmente en el municipio de Pichucalco y que conjuntamente con lo anterior son elementos que se deben controlar para prevenir las causas que provoca una intensa erosión y cambio de uso de suelo.



Fotografía 43. Nótese el contraste de algunas colinas que han sido abandonadas por el cultivo y que favorecen la erosión concentrada, con las que aun son aprovechadas y la cubierta vegetal protege el proceso de erosión.

II.12.- EROSIÓN EN LA PLANICIE COSTERA DEL GOLFO DE MÉXICO

En la región de la planicie costera del golfo se ha encontrado la presencia de la erosión hídrica laminar de los ríos y arroyos que drenan hacia el norte y fuera de los límites del estado, de la parte alta de las cuencas de los ríos Usumacinta y Grijalva. Hacia el norte, dentro del municipio de Reforma se ha encontrado la presencia de la erosión hídrica laminar natural (VH-005 y VH-007) y en el municipio Juárez se encontró la presencia de erosión antropogénica que en canales de riego y algunos arroyos ha contribuido a desarrollar la erosión concentrada (VH-021 y VH-020). En el municipio de Pichucalco solo se encontró la erosión hídrica laminar natural (VH-027 y VH-035) sin mayor problema. Hacia el nororiente, en el límite norte del municipio de Catazaja, se encontró el incremento de la erosión concentrada a lo largo de arroyos (TN-001 a TN-005) debido a la actividad agrícola y pecuaria y la presencia de la erosión hídrica natural (VH-008 a VH-011 y TN010 a TN-019) sin mayores problemas. En los municipios de Palenque (TN-014 a TN-017; TN-021 a TN-025; VH-022, VH-026, VH-030 y VH-031) y La Libertad (TN-013, TN-018, y TN-019) se encontró el desarrollo e incremento de la erosión hídrica concentrada y erosión antropogénica.

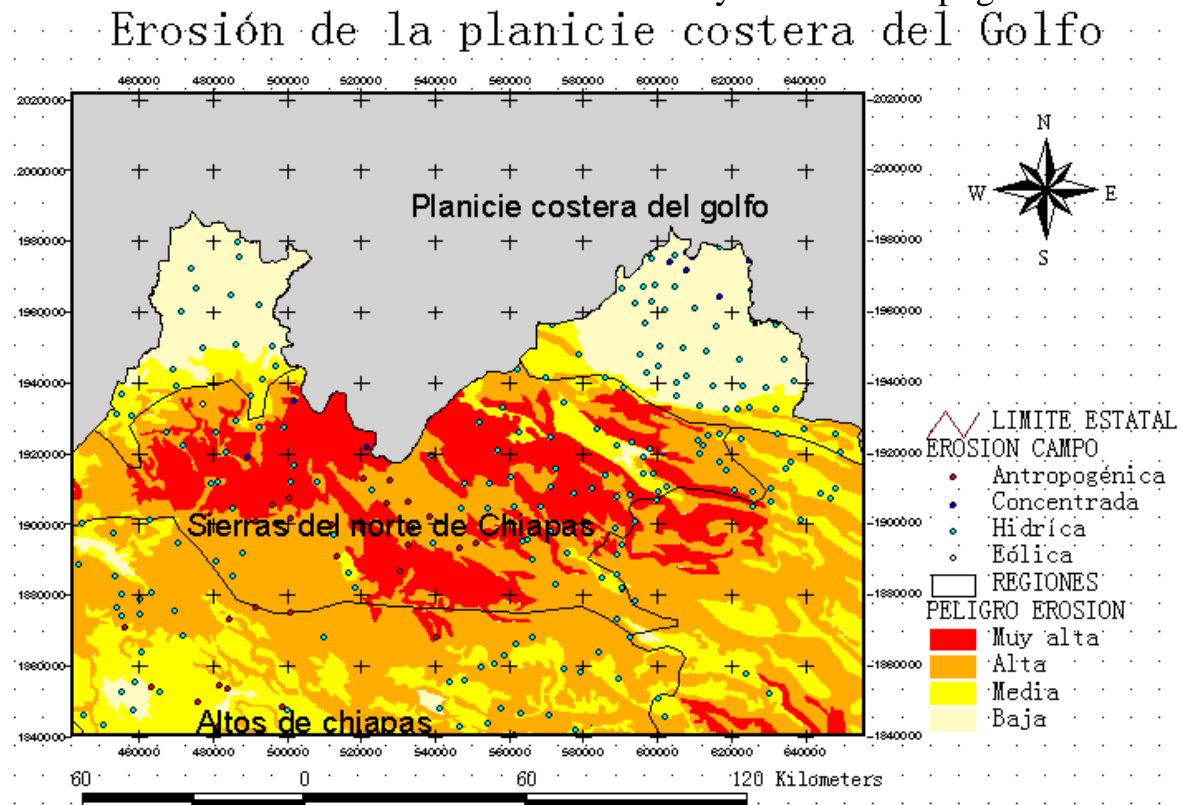


Figura x.- Erosión de la planicie costera del Golfo.

En esta región se observa la presencia de erosión hídrica laminar, provocada por los ríos y arroyos que drenan, hacia el norte y fuera de los

límites del estado, de la parte alta de las cuencas de los ríos Usumacinta y Grijalva, los cuales bajan con una cierta pendiente, que al variar su nivel erosionan las paredes de su cause (fotografía 44). En los municipios de Palenque, Salto de Agua y La Libertad se observó intensa erosión producida por la acción agrícola y sobrepastoreo (fotografía 45).



Fotografía 44. Obsérvese el riesgo que implica la erosión que se produce por variación en el nivel del río.



Fotografía 45. Obsérvese la actividad agrícola y la ejecución de tumba-roza y quema.

Hacia el norte, dentro del municipio de Reforma se ha encontrado la presencia de erosión hídrica laminar natural (VH-005 y VH-007), pero también erosión antropogénica por la intensa deforestación para obtener terrenos con fines ganaderos, siendo está una actividad extensiva más que intensiva al observarse el grave deterioro de los terrenos y con poco ganado. La baja compactación de los sedimentos y su cobertura vegetal constituida por pastizales inducidos originan una mayor vulnerabilidad del territorio al estar expuesto a las altas precipitaciones que se presentan en la región (2000 a 3000 mm de promedio anual de precipitación). Geomorfológicamente predomina el relieve de zonas planas en la parte norte y laderas ligeramente inclinadas hacia la parte sur donde se puede

observar una mayor afectación al terreno a causa de la acción hídrica laminar como es el caso de los alrededores de las localidades el Caracol (REF05), Cristo Rey (VH007), El Zapotal (REF06), Morelos Primera Sección (REF08) y sobre la carretera que conduce de la cabecera municipal de Reforma al municipio de Juárez (REF10) en donde se aprecia la formación de surcos o pequeñas cárcavas (fotografía 46).



Fotografía 46. Etapa erosiva del terreno muy avanzado debido a la acción hídrica concentrada, condiciones que se presentan en la terracería que conduce de Reforma a la localidad de Paraíso.

Hacia el municipio Juárez se observó la erosión que en esta región prevalece es de tipo antropogénica, ya que debido a su planicie, es propicia para el desarrollo de canales de riego para los cultivos y por otra parte, los arroyos han contribuido a desarrollar un tipo de erosión concentrada (VH-021 y VH-020). En el municipio de Pichucalco solo se observó que existe el tipo de erosión hídrica laminar de bajo grado, es decir, únicamente la erosión provocada por las precipitaciones pluviales normales de la región (VH-027 y VH-035) sin mayor problema. Hacia el nororiente, en el límite norte del municipio de Catazaja, se observó el incremento de la erosión concentrada a lo largo de arroyos (TN-001 a TN-005) debido a la actividad agrícola y pecuaria que se practica en esta región y también se detectó la presencia de erosión hídrica natural (VH-008 a VH-011 y TN010 a TN-019) sin mayores problemas. En los municipios de Palenque (TN-014 a TN-017; TN-021 a TN-025; VH-022, VH-026, VH-030 y VH-031) y La Libertad (TN-013, TN-018, y TN-019) se encontró el desarrollo e incremento de la erosión hídrica concentrada y erosión antropogénica. Finalmente existe afectación a la infraestructura de PEMEX en el municipio de Reforma, así como también a la población ya que al haber una erosión hay una sedimentación que generalmente llega a los ríos y arroyos por lo que se azolvan produciendo inundaciones, lo que afecta las instalaciones de PEMEX.

III.- PELIGRO POR INESTABILIDAD DE LADERAS

III. PELIGRO POR INESTABILIDAD DE LADERAS

Una ladera es inestable cuando se debilita o pierde su equilibrio y existe transporte de material por efecto de la gravedad o por factores externos como la erosión, lluvias excesivas o temblores intensos. La inestabilidad de laderas se agrupa en diferentes categorías como son los caídos o derrumbes, flujos de lodos y deslizamientos. Los caídos o derrumbes son movimientos repentinos de fragmentos de rocas que se originan en pendientes abruptas, por lo que el movimiento es prácticamente de caída libre. Los flujos son movimientos de suelos y/o fragmentos de roca ladera abajo, en donde sus partículas tienen movimientos relativos dentro de la masa que se mueve. Los deslizamientos son movimientos de una masa de materiales térreos pendiente abajo, delimitada por una o varias superficies, planas o cóncavas, sobre la que se desliza el material inestable. Las laderas pueden ser potencialmente inestables a causa de diferentes factores como son:

- La baja resistencia del material terreo.
- La presencia de sistemas de debilidad como diaclasas, fallas, fracturas, etc.
- La forma del relieve como valles profundos, laderas abruptas, escarpes.
- La presencia de rocas arcillosas que favorezcan la ocurrencia de deslizamientos
- La ocurrencia de sismos intensos en el lugar.
- La presencia de lluvias excesivas.
- La erosión.
- La influencia antropogénica.

El Estado de Chiapas es muy vulnerable a cualquier tipo de peligros debido a su alta marginación y se ha representado por regiones de acuerdo a un nivel de peligro natural (Herrera, 2002). La estabilidad de las laderas en el estado se ve afectada por diferentes factores tanto internos como externos, pero uno de los que causa mayor impacto es la influencia humana a causa de la tala inmoderada, el repentino cambio del uso del suelo, la construcción de obras civiles, la extracción de material pétreo, la introducción de especies vegetales y animales que no son originarios del lugar, los asentamientos irregulares sobre laderas con pendientes inclinadas, ocasionando la disminución de la resistencia y equilibrio de las laderas. El peligro por inestabilidad de laderas se realizó de acuerdo a las regiones que facilitan su descripción (Figura 11).

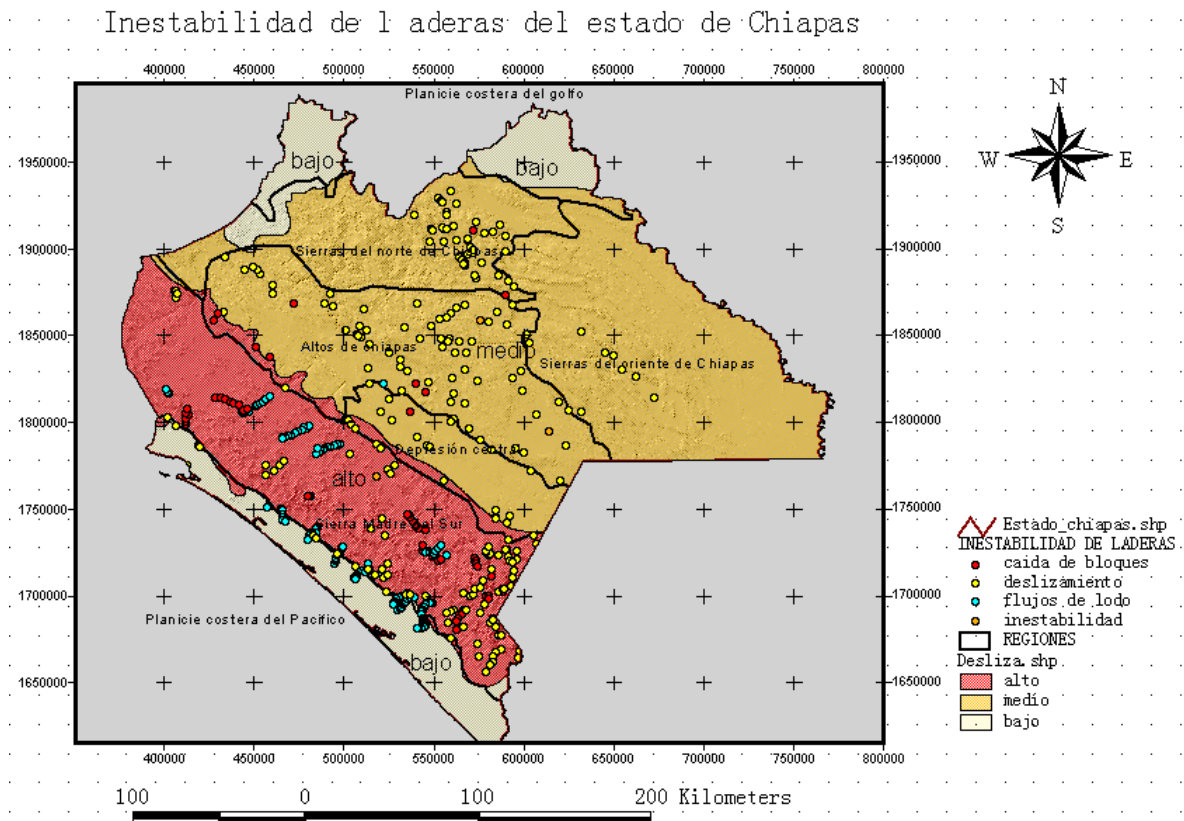


Figura 11. Inestabilidad de Laderas en el Estado de Chiapas y los puntos de verificación de campo.

III.1.- PELIGRO POR INESTABILIDAD DE LADERAS EN LA PLANICIE COSTERA DEL PACÍFICO

La Planicie Costera del Pacífico presenta riesgo por deslizamiento de grado bajo ya que su morfología no es muy abrupta, la mayor afectación se localiza en el límite entre esta región y la Sierra Madre del Sur de Chiapas, debido a las características geológicas y estructurales que ahí se encuentran, lo que provoca deslizamientos, caída de rocas y flujos de lodo o escombros. Existen fallas regionales que tienen una orientación noroeste – sureste que afecta una roca ígnea muy intemperizada y fracturada a consecuencia de las fallas geológicas. En Tonalá se encontró una falla (NW 46° SE) y en Suchiapa otras (NW 47° SE) las cuales provocaron un sistema de fracturamiento de esfuerzos compresivos con rumbos NE 56° SW; estas manifestaciones se observaron a lo largo del límite de la Planicie Costera del Pacífico-Sierra Madre del Sur de Chiapas, en los Municipios de Arriaga, Tonalá, Pijijiapan, Mapastepec, Acacoyahua, Escuintla, Huixtla y Tapachula en donde existen grandes bloques sobre las laderas de la sierra (fotografía 47), así como evidencias de flujos de lodo y escombros sobre los ríos Hondo (CH191), San Isidro, Pijijiapan, San Nicolás, Huixtla, Cahuatán, Coatán y Novillero. Algunos arroyos contienen bloques de hasta

3m de diámetro, indicio de la intensa erosión que ha sufrido la roca granítica de la Sierra Madre del Sur de Chiapas, dichos escombros son arrastrados por la corriente de agua de ríos y arroyos afectando principalmente a las comunidades asentadas en las faldas de la Sierra y sobre las angostas planicies de inundación; en algunos casos también afecta a obras civiles como puentes y carreteras principalmente (fotografía 48).



Fotografía 47. Véase el tamaño de los bloques y la susceptibilidad de las viviendas, en el municipio de Tonalá.



Fotografía 48. Río San Isidro, se observa material rodado de grandes dimensiones.

La inestabilidad de laderas de la región Sierra Madre del Sur Chiapas puede causar daños a las poblaciones localizadas en las zonas bajas de la planicie costera como es el caso de los municipios de Metapa, Tuxtla Chico, Huehuetán, Tuzantán, Huixtla, Pueblo Nuevo Solistahuacán, Acapetahua, Mapastepec, Tapachula y Pijijiapan. Recientemente, el paso del Huracán “Stan”, afectó a casi todas las poblaciones antes mencionadas, provocando inundaciones y deslizamientos de material. En Tapachula se observó que el cauce del río Cahuacán se encuentra en algunos tramos conformado por paredes verticales que forman un talud de 10 m aproximadamente, del cual se produce desprendimiento de material hacia el

río proveniente de un aglomerado no consolidado de edad reciente muy vulnerable a los agentes erosivos y a los peligros naturales, como los huracanes (fotografía 49).



Fotografía 49. Río Cahuacán hacia la porción Sur de la ciudad de Tapachula.

En esta región se realizaron un total de 49 puntos de campo en donde se encontraron sitios de peligro alto por deslizamientos (HU 079), peligro bajo (CH 189- CH 196) y peligro alto por flujo de lodo (CH30- CH37, CH43- CH50, CH56, CH62 - CH67, CH73- CH84, CH95- CH104, CH189 - CH196). La porción central de la región, en la parte que limita con la Sierra Madre del Sur está expuesta a peligro alto por inestabilidad de laderas, principalmente a causa de flujos de lodo provenientes de la Sierra; por ser una zona con alto índice de marginación su vulnerabilidad es alta, por lo tanto, la porción norte de los municipios Pijijiapan, Mapastepec, Acapetahua, Pueblo Nuevo Solistahuacán, se encuentra en riesgo alto a causa de inestabilidad de laderas. Hacia la porción de la costa, el riesgo por inestabilidad es bajo debido a las condiciones topográficas más favorables (suaves pendientes y bajas elevaciones).

III.2.- PELIGRO POR INESTABILIDAD DE LADERAS EN LA SIERRA MADRE DEL SUR

La composición litológica de la Sierra Madre del Sur de Chiapas consiste de rocas ígneas intrusivas con grandes espesores de material alterado e intemperizado, con un sistema de fracturamiento producto de fallas geológicas como la falla Cintalapa que se localiza hacia la porción noreste de la región. Tales características geológicas generan deslizamientos desde las inmediaciones de la localidad Díaz Ordaz y sobre el camino hasta Rizos de Oro (SC002), de igual manera se presentan deslizamientos en todo el flanco sur de la Sierra Madre del Sur de Chiapas, en los municipios de Arriaga, Tonalá, Pijijiapan, Mapastepec, Acacoyagua, Acapetahua,

Escuintla, Huixtla, Tuzantán, Tapachula, Tuxtla Chico y Huehuetán, afectando en primer lugar a las poblaciones asentadas en las laderas de esta expresión topográfica como se observó en los puntos de verificación de campo HU130, HU140, HU142, HU143 y HU141; y en segundo lugar a las vías de comunicación entre estas poblaciones (fotografía 50).



Fotografía 50. Obsérvese el depósito por el paulatino deslave de la roca ígnea, que sepultó una cancha de básquetbol, dejando a la vista únicamente la parte del tablero.

Hacia la frontera con Guatemala se observaron y midieron zonas de deslizamiento de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias las cuales se encuentran intemperizadas y afectadas por estructuras geológicas (fallas y fracturas). Esta zona en particular presenta un alto grado de deslizamiento y caída de rocas; lo cual, se observa sobre la carretera que va de Motozintla a Huixtla efecto que produce la falla Polochic de movimiento lateral izquierdo. De igual manera en la nueva carretera que va de Ángel Albino Corzo a Siltepec (fotografía 51 y 52) y Motozintla, existen numerosos deslizamientos sobre planos de fallas normales en terrenos con pendientes de 20° a 30° y taludes de hasta 300 m. En esta región se encuentra la presencia de fallas geológicas de movimiento lateral izquierdo como la falla Mapastepec; este sistema compuesto por 6 fallas, corta y desplaza rocas sedimentarias y metamórficas lo que provoca inestabilidad de laderas.



Fotografía 51. Carretera de Ángel Albino Corzo a Siltepec, en donde en el mes de septiembre se produjo el deslizamiento que obstaculizó el tránsito a las poblaciones de Capitán A. Luís Vidal, Monte Cristo de Guerrero y Nueva Independencia, y a otras localidades de menor tamaño.



Fotografía 52. Deslizamientos sobre la carretera que va de Ángel Albino Corzo a Siltepec, punto HU126.

En el flanco norte de la Sierra Madre del Sur, se producen deslizamientos importantes que afectan principalmente a las vías de comunicación, como es el caso de la carretera pavimentada que comunica la localidad de Tierra y Libertad con Villaflores, y sobre los caminos que conducen a las poblaciones rurales que se localizan dentro de la Sierra como se verificó con los puntos TUX056, TUX063 (fotografía 53), TUX067, TUX068, TUX073, TUX074 que pertenecen a los municipios de Villaflores y Villacorzo. En esta zona se encuentran las fallas Suchiapa, Villaflores y Villacorzo de movimiento lateral derecho que afectan principalmente a los municipios de Villaflores y Villacorzo a causa del intenso fracturamiento que provocaron al material pétreo, generando deslizamientos en las zonas de debilidad. Más hacia el Sureste el fenómeno es similar pero se intensifica por combinarse además con la falla La Concordia de

movimiento lateral izquierdo que afecta al terreno con pendientes hasta de 40° en donde se producen deslizamientos y caída de roca (fotografía 54), puntos HU109, HU119 y HU120 en las localidades Plan de Ayala, Nueva Colombia y Nueva Independencia respectivamente y sobre el parteaguas que se encuentra entre Ángel Albino Corzo y Siltepec.



Fotografía 53. Nótese el deslizamiento de material sobre los planos de fracturamiento, en las cercanías del poblado Villahermosa, municipio de Villaflores (TUX063).



Fotografía 54. Deslizamientos en fuertes pendientes sobre el parteaguas de la Sierra Madre del Sur de Chiapas, en el municipio de Siltepec (HU131).

Otro tipo de deslizamiento que se presenta en esta región (fotografía 55) es ocasionado por la saturación de agua del paquete sedimentario, lo que produce un desprendimiento de roca, suelo y vegetación, favorecido, en parte, por la acción antropogénica.



Fotografía 55. En el municipio de El Porvenir se presentan deslizamientos a causa de la saturación de agua en el suelo.

Durante el trabajo de campo se verificaron 270 sitios con peligro alto por inestabilidad de laderas de los cuales se encontraron los más importantes por deslizamientos (HU043, HU065 - HU068, HU097, HU100, HU117, HU123 – HU128, HU131- HU136, HU144, HU140, TUX067) y flujos de lodos (TUX049 y TUX053). Esta región se encuentra expuesta a inestabilidad de laderas (deslizamiento, flujos de lodo y caída de bloques) a causa de las fuertes pendientes, alteración de la roca y la influencia humana; su vulnerabilidad es alta, por lo tanto la región es una zona de riesgo alto, principalmente donde la densidad de población es mayor en zonas con pendientes inclinadas o al pie de las laderas, como es el caso de los municipios de Villa Corzo, La Concordia, Ángel Albino Corzo, Chicomuselo, Bella Vista, Siltepec, Amatenango de la Frontera, Bejucal de Ocampo, Acacoyagua, Escuintla, Motozintla, El Porvenir y Mazapa de Madero.

III.3.- PELIGRO POR INESTABILIDAD DE LADERAS EN LA DEPRESIÓN CENTRAL

La región presenta un grado bajo por deslizamiento y caída de rocas, los cuales se producen principalmente en algunos cortes de carretera, en donde afloran rocas sedimentarias calizas, areniscas y conglomerados, intemperizados (TG-125, TG-145, TG-177, TG-192), estos eventos están asociados a la deforestación, pendientes de más de 20° y a la zona de fallas Chiapa de Corzo y Trinitaria de tipo lateral izquierdo. En la región sureste en el cañón por el que fluye el Río Grijalva, se produce caída de bloques (HU-028) a consecuencia de las paredes escarpadas que forman el cañón, lo que puede afectar a algunos puentes que comunican al poblado de Benito Juárez en el municipio de Chicomuselo. En Frontera Comalapa, el riesgo por caída de roca o deslizamiento es alto y se produce en terrenos con pendientes mayores a 20°, donde la roca caliza se encuentra fracturada y

con disolución, presentando bloques separados de la roca sana que se encuentran en peligro de caer por efecto de la gravedad (fotografía 56).



Fotografía 56. En la fotografía se puede observar los escarpes que forma la roca caliza, la cual presenta disolución y fracturamiento, por lo que los bloques han quedado desprendidos y son susceptibles a caer.

Con el trabajo de campo se obtuvieron 20 fichas de las cuales las más representativas son los sitios con peligro bajo por deslizamientos (TG145, TG177, TG192, HU027, HU029, HU009, HU028, HU030, HU034, HU037, TG123, TG125) y por caída de bloques (TG142 TUX043).

III.4.- PELIGRO POR INESTABILIDAD DE LADERAS EN LOS ALTOS DE CHIAPAS

Es la región mas grande y con características especiales debido a las rocas sedimentarias de diferentes edades que constituye la región, que se presentan intercaladas con rocas menos competentes las que se erosionan con mayor facilidad lo que produce caída de roca, deslizamientos y asentamientos que afectan de manera importante a la carretera que conduce de Raudales a Tecpatán, Copainalá hasta Tuxtla Gutiérrez. Esta vía también se ve afectada debido a que se encuentra en la zona de influencia de las fallas de tipo lateral izquierdo Malpaso-Muñiz y Ostucán; lo que genera deslizamientos y caída de bloques en una franja en la porción noroeste y noreste de la región de Los Altos de Chiapas, en los municipios de Chicoasén, Bochil, Tenejapa hasta casi llegar al municipio de Ocosingo, ya que la falla Malpaso -Muñiz se extiende desde la porción centro de la región hasta la presa de Malpaso. Paralelamente hacia el noroeste se encuentra la falla Chicoasén de tipo lateral izquierdo y que a la altura de los municipios de Oxchuc y Chanal se unen las fallas Oxchuc y Chacte-Ocosingo, las cuales conservan mas o menos el mismo rumbo NW-SE, ésta porción se encuentra afectada principalmente por dicho fallamiento lo cual

dejó numerosos sistemas de fracturamiento ocasionando zonas de debilidad susceptibles a deslizamiento en rocas sedimentarias, calizas, lutitas y areniscas; tales condiciones se presentan en la carretera que va de Tuxtla Gutiérrez-Bochil-San Cristóbal de las Casas. Estos eventos representan un riesgo para los caminos de terracería y las poblaciones de Presa Chicoasen (CH240), municipio de Sóyalo (CH241), poblado de Cacate municipio de Ixtapa (TUX080), Santa Martha (TUX081), municipio de Chenalho (TG-025), Las Ollas municipio de Chamula (TG-051), Cruzchen municipio de Tenejapa (TG026) y Bumilja municipio de Oxchuc (TG-056) (fotografía 57).



Fotografía 57. Deslizamiento y caída de bloques de roca sedimentaria, en las cercanías de Emiliano Zapata municipio de Tecpatán.

En la porción que se encuentra al sur y que se extiende paralela al trazo de la Falla Malpaso-Muñiz, predominan las rocas calizas con disolución y alto grado de fracturamiento, que en ocasiones forman paisajes como los de La Venta (TUX007) (fotografía 58) y La Cima de las Cotorras (TUX005) en el municipio de Ocozocuautila; el Sumidero (TUX075) en Tuxtla Gutiérrez; sobre la carretera que va de Tuxtla Gutiérrez a Ocozocuautila (TUX009), en donde se produce la caída de rocas por las mismas condiciones que prevalecen en la zona y que se extienden hasta el SSE en los municipios de Amatenango del Valle, Las Rosa y Comitán de Domínguez, verificado con los puntos TG-111, TG-147 y CH253.



Fotografía 58. En la fotografía se observa el cañón de la Venta formado por caliza muy fracturada, que forma bloques que se precipitan por efecto de la gravedad.

En el camino a Rosario (CH 11) se presentan problemas de deslizamiento originados por la apertura de un camino de terracería (fotografía 59) y en el camino a Río Blanco, se tiene un banco de extracción de material (CH 12), ambos puntos pertenecen al municipio La Independencia.



Fotografía 59.- Construcción de camino que comunica a los Ejidos Rosario-Tierra Blanca, obsérvese la deforestación del área, así como la zona afectada con deslizamientos sobre el camino.

Para esta región se realizaron un total de 105 puntos en campo de los cuales se encontraron deslizamientos de peligro medio (TUX003, TG076) y alto (TG120, TG025, TUX 032) así como caída de bloques de peligro alto (TG020, TG017, TG035, TUX005 y TUX037) y medio (TUX009, TUX041, TUX007, TUX028, TUX037).

En esta región, 26 municipios se consideran dentro del índice de marginación de grado alto con una tendencia predominante al oeste de la región; hacia la porción centro y oriente se observa un índice de marginación muy alto. La zona expuesta a peligro por inestabilidad se encuentra predominantemente en la porción norte de la región, la cual está constituida por algunas zonas con pendientes inclinadas; se considera una

zona de riesgo medio por su vulnerabilidad a toda clase de peligros por su alta marginación, como es el caso de los municipios de Bochil, Soyalo, Osumacinta, Ixtapa, Chiapa de Corzo (altamente marginados) y Cenadlo, Larrainzar, Tenejapa, Chamela, Mitontic (muy alta marginación) en donde se tomaron puntos por deslizamiento principalmente de intensidad baja y caída de bloques con intensidad media. Los municipios de Venustiano Carranza, Frontera Comalapa y Villa Corzo son los más vulnerables debido a su alta marginación por lo cual se encuentran en riesgo medio a causa de los deslizamientos provenientes de algunas elevaciones (Fotografía 60).



Fotografía 60.- Deslizamiento de masas sobre la carretera en Los Altos de Chiapas

III.5.- PELIGRO POR INESTABILIDAD DE LADERAS EN LAS SIERRAS DEL NORTE DE CHIAPAS

La inestabilidad de laderas en esta región se asocia a las pendientes inclinadas sobre las cuales se ha modificado el tipo de vegetación natural para obtener terrenos con fines agrícolas y ganaderos, lo que permite que se erosionen los suelos con mayor facilidad y la roca sea más susceptible a intemperismo, provocando con ello deslizamientos, caída de bloques y flujos de lodos en las laderas. Estas condiciones se pueden observar en las localidades de Sacualpa (fotografía 61) municipio de Solosuchiapa (VH-064), El Azufre (fotografía 62) municipio de Huitiupan (VH-102), en el municipio de Tapalapa (VH-098). En algunos casos no existen asentamientos humanos pero son sitios probables a ser habitados, lo que es otro factor que altera el equilibrio de laderas por tratarse la mayoría de las veces de asentamientos que se ubican de forma irregular, que no tienen un adecuado sistema de drenaje y vierten sin control sus aguas residuales.



Fotografía 61.- Municipio de Solosuchiapa, deforestación en pendientes pronunciadas lo que favorece la inestabilidad de las laderas.



Fotografía 62.- Localidad El Azufre, Huitiupan. Viviendas expuestas a inestabilidad de laderas.

En los municipios de Ostucán, Pichucalco, Chapultenango, Tapilula, Solosuchiapa, Ixhuatán, Simojovel, Chilón y Yajalón también se observan deslizamientos. En Ostucán y hasta el poblado de Xochimilco, sobre la carretera pavimentada se producen deslizamientos en la superficie de los planos de las rocas sedimentarias (lutitas y areniscas) ocasionados por la afectación que producen 5 fallas de movimiento lateral izquierdo, normal y oblicuo en el municipio de Ostucán; dicha afectación se extiende hasta las inmediaciones de Chapultenango lo que causa deslizamientos particularmente sobre la carretera que va de Ixtacomitán a Chapultenango como se observa en el punto PV022 (fotografía 63) donde el camino es afectado casi en su totalidad.



Fotografía 63.- Deslizamiento en la carretera con un salto de 70 cm., la longitud afectada es de 40 m, punto PV022 a 2 km al este de Iscobal.

Estos caminos conectan a varias poblaciones, por lo que es recomendable que se mantengan en buen estado las vías de comunicación debido a que son ruta de evacuación si ocurriera un evento en el volcán Chichonal. En los municipios de Ixhuatán y Solosuchiapa los deslizamientos afectan a las vías de comunicación de reciente construcción o en construcción, así como también a algunas viviendas ubicadas al pie de los taludes, ya que en la zona de falla el fracturamiento de la roca caliza es intenso y por otro lado la roca alterada al saturarse de agua se desliza sobre planos de debilidad (fotografía 64 y 65).

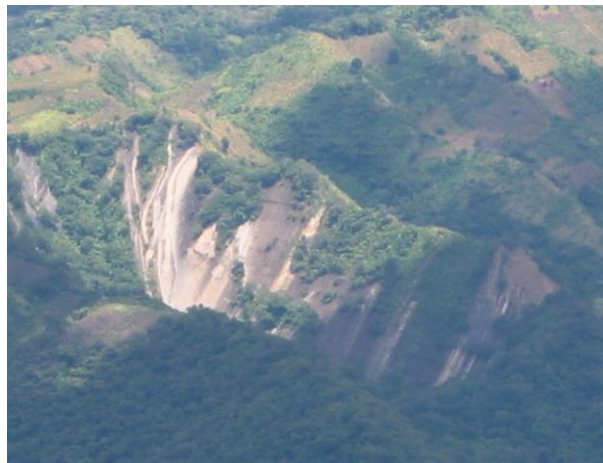


Fotografía 64.- Obsérvese el estado de la roca con intenso fracturamiento sobre la carretera en construcción de Tapalapa a Ocoatepec.



Fotografía 65.- Bloque de grandes dimensiones que se desliza sobre planos de fracturamiento.

También se observaron asentamientos y deslizamientos sobre la carretera que va de la Presa Peñitas a la Presa de Raudales, afectando principalmente a esta vía y a zonas de cultivos. En el municipio de Simojovel los deslizamientos y caída de bloques se producen principalmente de la roca caliza que se encuentra fracturada por los esfuerzos provocados por la falla Huitiupan de movimiento lateral derecho y con rumbo NE 21° SW. La intensa deforestación, las pendientes del terreno de 40° y los taludes de hasta 200 m, generan una inestabilidad importante del terreno en poblaciones como Zacatonal de Juárez, Huitiupan y La Pimienta entre otras. Hacia la porción noreste de esta región se encuentra el municipio de Amatlán el cual también se incluye dentro de las zonas con riesgo por inestabilidad y en donde el 26 de noviembre 2004 a causa de las intensas lluvias se produjo un deslizamiento de ladera que sepultó una vivienda y murieron ocho personas. Hacia la porción suroeste en el municipio de Pantelhó, por efecto de la falla Chacte-Ocosingo de rumbo NW 82° SE los deslizamientos se han favorecido por la intensa deforestación y pendientes de hasta 60° (fotografía 66).



Fotografía 66.- Los deslizamientos se producen sobre los flancos del Cerro La Bolsa, en el municipio de Pantelhó.

En Villa Comaltitlán se detectó un deslizamiento en un área aproximada de 6300m², en el lugar se observan desprendimientos del paquete sedimentario con un salto de hasta 50cm, en la base de este se encuentra una caliza con disolución en donde se han formado cavernas y espacios por donde se desliza la roca, lo que pone en peligro a las viviendas y algunos cultivos (fotografía 67).



Fotografía 67.- Deslizamiento superficial provocado por un derrumbe en el subsuelo originado por la disolución de las calizas.

A partir del trabajo de campo se verificaron sitios con peligro alto de deslizamientos (VH133) y peligro medio (VH062, PM067, PV022, VI015, TUX082, VI027) así como sitios con peligro medio por caída de bloques (VI006, VI008, VI011, VI012) y flujos de lodo (OS 105).

En esta región predomina un índice de marginación muy alto, siendo el municipio de Tila el único con un grado de marginación medio. La región se encuentra expuesta a la inestabilidad de laderas a consecuencia de su relieve conformado por pendientes inclinadas muy susceptibles a los deslizamientos y erosión, además de que se ve afectado por intenso fracturamiento y fallamiento lo que genera cambios en la competencia y resistencia de las rocas de caliza, lutita y arenisca; por las condiciones socioeconómicas tan bajas que predominan en la región, los municipios de Amatlán, Chapultenango, Coapilla, Copainalá, El Bosque, Huitiupan, Ixhuatán, Ixtapangajoyá, Ocoatepec, Pantepec, Rayón, Simojovel, Solosuchiapa, Tapalapa, Tapilula y Villa Comaltitlán son muy vulnerables a este tipo de peligros a causa de su alto índice de marginación por lo tanto es una zona de alto riesgo para los asentamientos que se encuentran sobre laderas pronunciadas o al pie de ellas. Hacia la porción este de la región las condiciones topográficas cambian siendo menos accidentadas; sin embargo el grado de marginación es de alto a muy alto por lo que son zonas muy vulnerables, lo cual sitúa a los municipios de Palenque, Salto de Agua,

Tila, Tumbala, Chilón, en riesgo medio por deslizamiento. Al otro extremo, al oeste de la región, los municipios de Pichucalco, Sunuapa, Ostucán, Francisco León, Tecpatán se encuentran en riesgo medio a causa de la inestabilidad de laderas, producto de las últimas erupciones del volcán Chichonal y la litología de la región, compuesta por caliza, lutita y arenisca afectadas por fallas y fracturas geológicas.

III.6.- PELIGRO POR INESTABILIDAD DE LADERAS EN LA PLANICIE COSTERA DEL GOLFO

La Planicie Costera del Golfo en general no tiene deslizamiento significativo debido a su relieve no muy pronunciado, solo se pueden encontrar lomeríos con pendientes de moderadas a suaves. Cerca de la presa Peñitas al noroeste de la cabecera municipal Ostucán, podemos encontrar los deslizamientos más significativos de esta región. La tala inmoderada del terreno para obtener áreas de pastoreo y la construcción de viviendas en las laderas, son algunos problemas que se ven en el lugar, aumentando el riesgo de deslizamiento del material no consolidado (OS012). Hay que señalar que en la zona noreste del municipio de Ostucán se encuentran ductos de PEMEX los cuales han sido expuestos por la intensa erosión y deslizamientos del terreno pudiendo afectar la infraestructura petrolera (OS011, OS012, PM051, JU-47).



Fotografía 68.- En Playa Larga camino a Antonio León se observa un deslizamiento de material muy inestable.



Fotografía 69. - En Playa Larga camino a presa Peñitas Ostuacán se observan casas en las laderas de los lomeríos con pendientes de 30° a 45°, que pueden ser afectadas por la inestabilidad del terreno.



Fotografía 70.- Platanar Abajo 2da Sección-La Peña, deslizamiento ocasionado por erosión antropogénica, quedando al descubierto el oleoducto.

En esta región se encuentran principalmente cuatro municipios en donde predomina un índice de alta a muy alta marginación, siendo el municipio de Reforma el único que se encuentra en grado medio de marginación. Esta región se encuentra expuesta a un riesgo bajo por deslizamiento, ya que su morfología no es muy abrupta; aunque es una zona muy vulnerable a causa de su alta marginación el riesgo por inestabilidad de laderas es bajo.

III.7.- PELIGRO POR INESTABILIDAD DE LADERAS EN LAS SIERRAS DEL ORIENTE DE CHIAPAS

Su relieve está constituido por terrenos suaves presentes principalmente hacia la porción sureste de la región, el resto son terrenos con pendientes que oscilan desde 0 hasta 40°. La región se considera dentro de un rango de deslizamiento medio y con índices de erosión bajo al sureste y de media a muy alta en el resto de la zona. De acuerdo a la verificación en campo se observaron que las condiciones de inestabilidad se deben fundamentalmente a la intensa deforestación, la alteración de la roca, la

extracción de material pétreo, el sobrepastoreo y la construcción de obras civiles. Estas condiciones se pueden apreciar en el tramo de la carretera federal Palenque-Benemérito de las Américas. A la altura de Velasco Suárez y Frontera Echeverría (Corozal) se observan algunos deslizamientos y caída de bloques sobre el camino que no representa riesgo directo a viviendas pero si afectan vías de comunicación primarias (LM002, LM019, LM020). Esta inestabilidad se origina por la tala inmoderada a orillas de la carretera, a la falta de conocimiento en cortes de talud y al tipo de roca que se encuentra en el lugar. Para mayor referencia consultar los puntos de control LM002, LM019, LM020 en el anexo de fichas.



Fotografía 71.- Ranchería Flor de Cacao, municipio de Ocosingo que presenta un deslizamiento de roca que afecta una porción de la carretera.

En la carretera federal 307 que conduce de La Trinitaria a Benemérito de Las Américas, la inestabilidad del talud se debe a varios factores como son; la extracción de material pétreo, la intensa deforestación, la erosión de laderas y el fracturamiento y alteración de la roca, lo que permite la caída por gravedad, el transporte de bloques y partículas de diferentes tamaños afectando la comunicación en las poblaciones que se localizan entre Ixcán y Nuevo Huixtán como es el caso de las localidades de Flor de Café, Monte Flor, Maravillas Tenejapa hasta el entronque de la terracería a Montecristo. Durante el trabajo de campo se verificaron sitios con peligros por deslizamientos (Fotografía 71) importantes (650, 651, 660, 661, 663, 669).



Fotografía 72.- Caída de bloques hacia la carretera, obsérvese que el talud es casi vertical.

Las vías de comunicación también se ven afectadas por el deslizamiento de suelo, lo cual causa daños al pavimento como grietas y deslaves (646, 649, 652, 654, 656), comprendidos entre el tramo de carretera de Ixcán hacia Salto de Agua (Fotografía 72).



Fotografía 73.- Daños causados al pavimento a causa del deslizamiento de suelo.

En el municipio de Las Margaritas se observó que las localidades de 13 de Septiembre (648), Flor de Café (653), Salto de Agua (655), San Mateo (657), Guadalupe Miramar (659), Rodolfo Figueroa (664), Belisario Domínguez (671), Leyva Velásquez (672) y Palestina (673), se encuentran asentadas sobre lomeríos de laderas inclinadas en donde se aprecia la formación de cárcavas y deslizamiento de suelo que favorece la inestabilidad de laderas (Fotografías 74 y 75) reflejándose en algunas construcciones que muestran grietas y en los postes de luz y árboles ligeramente inclinados (658, 662 y 667).



Fotografía 74. -Localidad en peligro a causa de la inestabilidad de laderas causada por la deforestación, pendientes inclinadas y fuertes lluvias.



Fotografía 75 -Localidad en peligro a causa de la inestabilidad de laderas causada por la deforestación, pendientes inclinadas y fuertes lluvias.

Otras zonas de deslizamientos que se presentan en la región se ubican en los caminos que conducen a Río Blanco (CH 13), en la comunidad de Rivera de la Selva (CH 14), en el camino del Ejido Esmeralda-Río Blanco (CH 17), carretera Trinitaria-Benemérito de las Américas (CH 19), pertenecientes al municipio La Independencia; Ejido la Esmeralda (CH 15-16), carretera Nuevo Huixtlán-Nuevo San Juan Chamela (CH 33), camino Nuevo Momón-El Edén (CH 34), camino a El Edén (CH 39) pertenecientes al municipio Las Margaritas; camino a Reforma Agraria (CH 1-2) y camino a Galaxia-Reforma Agraria (CH 03), pertenecientes al municipio de Ocosingo.



Fotografía 76.- Banco de extracción de material en el Ejido Rivera de la Selva (CH 14), se puede observar el área de deslizamiento sobre terrenos deforestados.

En el camino de terracería que conduce de Altamirano hacia Belisario Domínguez se tienen deslizamientos de suelo (M407) que afectan a las vías de comunicación; un caso de deslizamiento de rocas se vio en el camino de terracería que conduce de Ocosingo a Monte Líbano en la población de Venustiano Carranza (M415), en donde se afectan los caminos haciéndolos inaccesibles, como fue el caso sobre el camino que conduce de Agua Azul a Couitz, en el poblado de Alan Sacjún (M426).



Fotografía 77.- Camino hacia Couitz a la altura de la población Alan Sacjún, en la cual se observan los deslizamientos de suelo producidos por las intensas lluvias.

En esta región se encuentran los municipios de Salto de Agua, Chilón, Altamirano, Las Margaritas, Palenque, Ocosingo y La Independencia. Los cuatro primeros se encuentran en un rango de marginación muy alto y el resto en alto. Su morfología es variada desde terrenos planos hasta escarpados; siendo los últimos los más susceptibles a inestabilidad de laderas por su litología, que en su mayoría esta compuesta por calizas y en menor proporción por lutitas y areniscas, afectando principalmente a las vías de comunicación, en donde se observó la mayoría de los deslizamientos y caída de bloques; se tiene una zona vulnerable por su alto

índice de marginación y de acuerdo a la verificación de campo, los municipios de Las Margaritas y La Independencia, se encuentran en riesgo medio a causa de los problemas por inestabilidad de laderas principalmente sobre los caminos.

IV.- PELIGRO SISMICO

IV.- PELIGRO SISMICO DEL ESTADO DE CHIAPAS

El sur de México se ve afectado por un sin número de sismos debido a que se encuentra en una confluencia de placas tectónica que interactúan entre sí desde hace millones de años y continuará así en el futuro por lo que el peligro sísmico en el estado estará siempre presente. La mayor parte de la corteza continental del estado de Chiapas se encuentra dentro de la placa Norte Americana la cual está en contacto tectónico con la placa Caribe a lo largo de la zona de fallas Polochic – Motagua (Figura 12). Estas dos placas a su vez se encuentran en contacto por subducción con la corteza oceánica de la placa de Cocos, al poniente (Thorne y Terry, 1995).

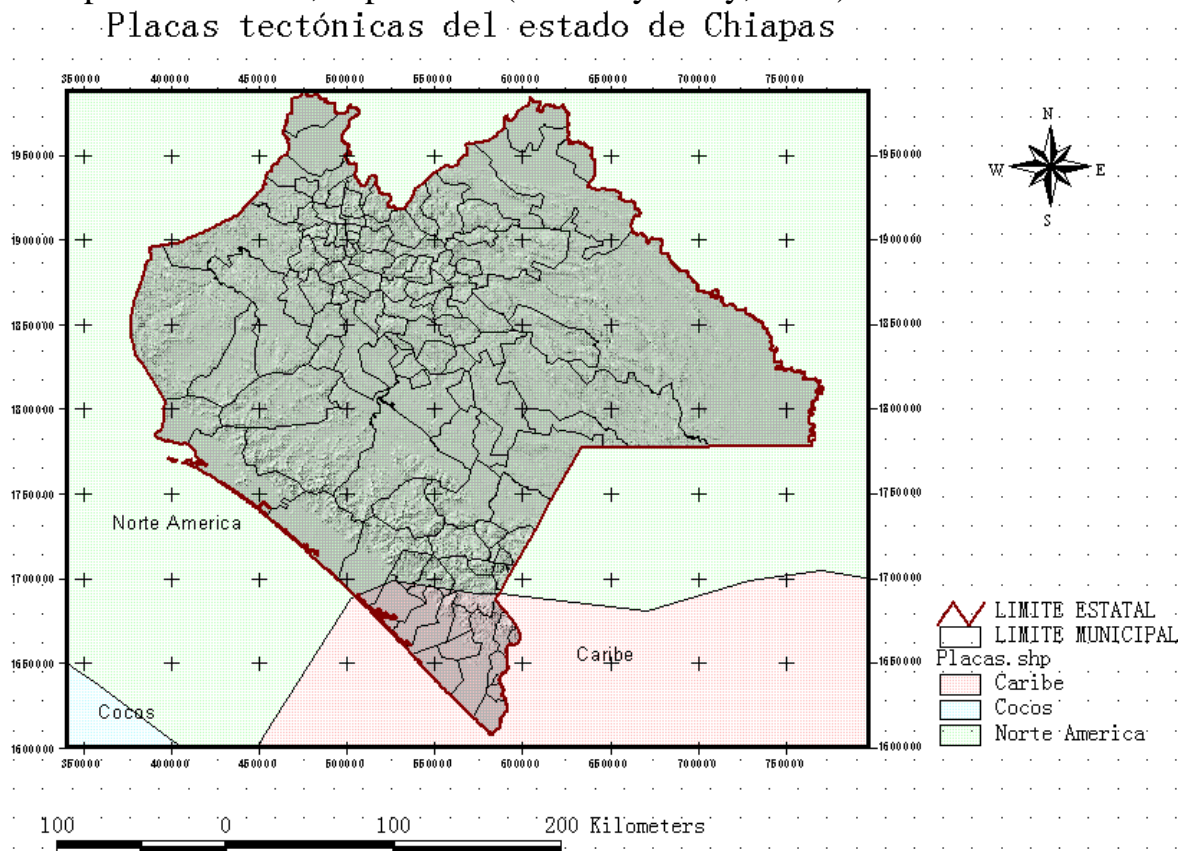


Figura 12.- Mapa de las placas tectónicas que se presentan en el estado de Chiapas. Nótese el límite entre las placas Caribe y Norte América, al sur del estado.

En la zona de subducción conocida como fosa de Tehuantepec, se generan sismos por interacción entre placas o sismicidad “interplaca” y se almacena y disipa energía sísmica dentro de la corteza continental que genera sismos “intraplaca”. Para el estado de Chiapas se han integrado 1557 registros de epicentros sísmicos del periodo 1990 – 2003 publicados por el Servicio Sismológico Nacional (S.S.N., 1990-2003), de los cuales el 71 % quedan dentro de los límites de la placa Norteamérica, el 26 % en la placa Caribe y el 3 % en la placa de Cocos.

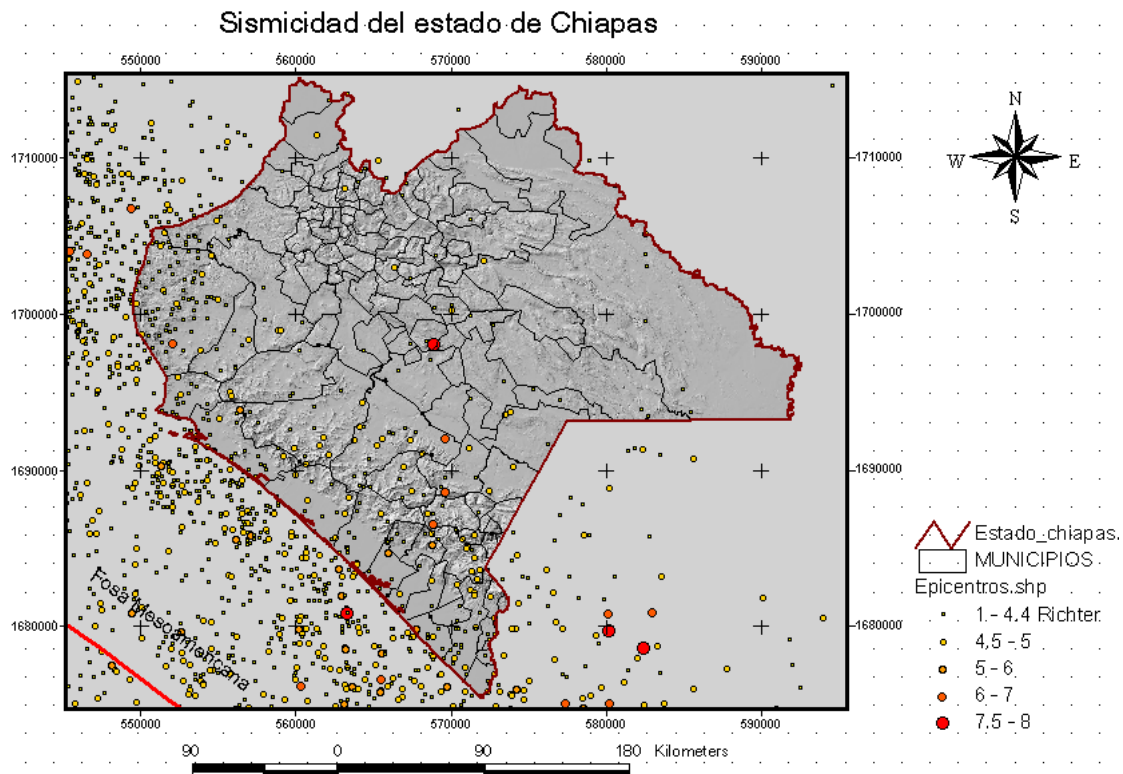


Figura 13.- Mapa de la sismicidad del estado de Chiapas del periodo 1990-2003 de acuerdo al boletín del Servicio Sismológico Nacional. Nótese la distribución de los epicentros respecto a los municipios.

De acuerdo a la zonificación inicialmente propuesta del peligro por sismos (CFE, 1998), el estado se encuentra dentro de tres zonas de peligro que son:

Zona B.- Región en donde se presentan sismos de poca frecuencia con una aceleración del terreno menor al 75% de la gravedad, con un índice de peligro bajo. En ella quedan comprendidas las regiones de las Sierras del Oriente, Sierras del Norte y la Planicie Costera del Golfo.

Zona C.- Región en donde se presentan sismos menos frecuentes con una aceleración del terreno menor al 75% de la gravedad, con un índice de peligro medio. En ella quedan comprendidas las regiones de Altos de Chiapas y la Depresión Central.

Zona D.- Región en donde se presentan grandes sismos frecuentes con una aceleración del terreno mayor al 75% de la gravedad, con un índice de peligro alto. En ella quedan comprendidas las regiones de Sierra Madre del Sur y la Planicie Costera del Pacífico (Figuras 13 y 14).

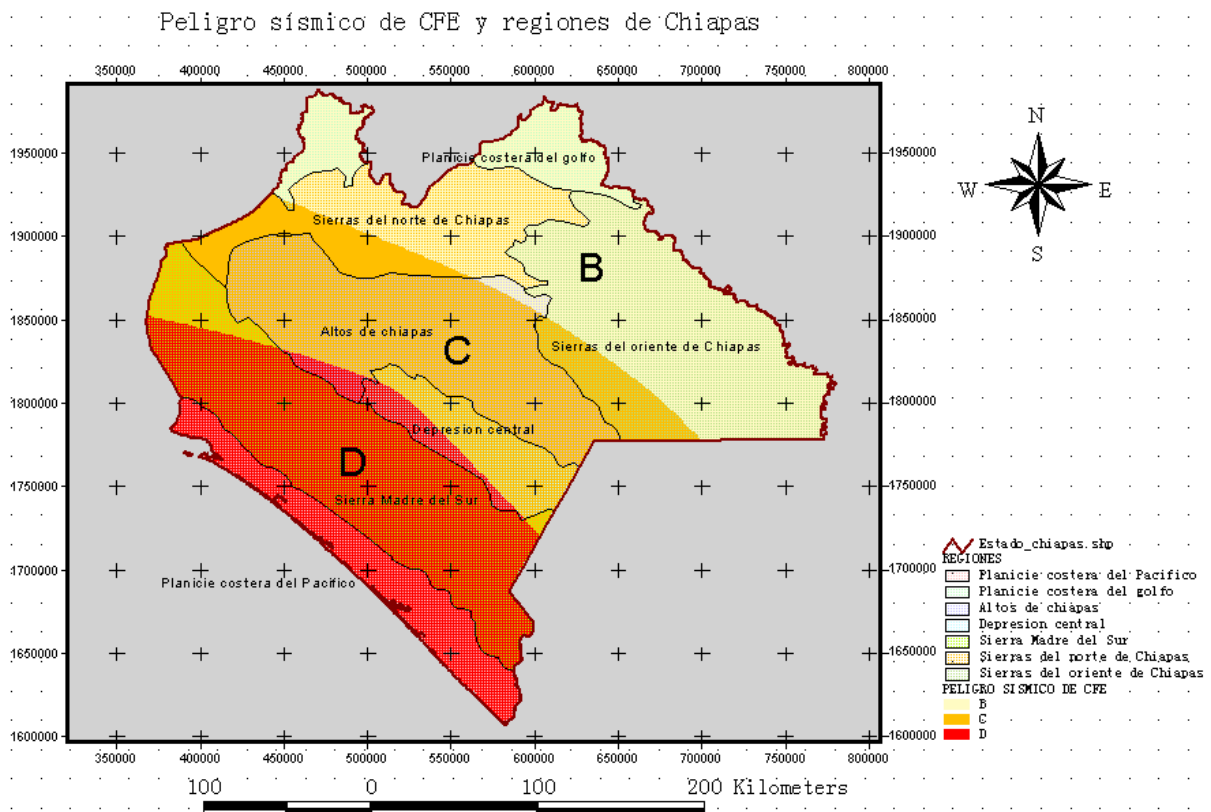


Figura 14.- Zonas de peligro sísmico y regiones del estado de Chiapas. Nótese en rojo las zonas de peligro mayor.

IV.1.- ESTADÍSTICA BÁSICA DE LA SISMICIDAD DEL ESTADO DE CHIAPAS

Con base en los datos disponibles de los epicentros sísmicos (S.S.N., 1990-2003) se han agrupado 43 intervalos de acuerdo a la magnitud en grados Richter (Tabla 1) para conformar la estadística básica de la sismicidad registrada en el estado de Chiapas. Esta estadística es una manera de ver los datos disponibles con el propósito de identificar la sismicidad más significativa en el estado y en la región del sur de México. El conjunto de datos puede ser considerado como una muestra de 1557 datos, suficiente para su análisis estadístico.

Clases	Magnitud	Eventos
1	1	2
2	3	1
3	3.2	1
4	3.4	4
5	3.5	8
6	3.6	14
7	3.7	32
8	3.8	68
9	3.9	88
10	4.0	261
11	4.1	190
12	4.2	187
13	4.3	144
14	4.4	111
15	4.5	92
16	4.6	101
17	4.7	75
18	4.8	34
19	4.9	38
20	5.0	44
21	5.1	11
22	5.2	6
23	5.3	3
24	5.4	3
25	5.5	2
26	5.7	1
27	6.0	2
28	6.3	1
29	6.4	1
30	6.5	2
31	6.6	1
32	6.7	3
33	6.8	2
34	6.9	5
35	7.0	2
36	7.1	2
37	7.2	3
38	7.3	2
39	7.4	1
40	7.5	1
41	7.6	1
42	7.7	1
43	7.9	1

Tabla 1.- Datos de 43 clases de epicentros sísmicos. Nótese la clase 10 con el mayor número de eventos.

Con el análisis de la tabla x se ha determinado que el mayor número de datos corresponde al intervalo 10, con 261 eventos de valor de magnitud sísmica de 4.0 grados de escala de Richter. Se agruparon los datos en 14 clases, considerando una amplitud de valor de 0.5 de magnitud, para obtener los intervalos, las frecuencias (Tabla 2) así como las gráficas de la frecuencia (Figura 15).

Clase	Intervalo	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada	Porcentaje
1	1.0 - 1.5	2	2	0.0012	0.0012	0.12
2	1.6 - 2.0	0	2	0.0000	0.0012	0
3	2.1 - 2.5	0	2	0.0000	0.0012	0
4	2.6 - 3.0	1	3	0.0006	0.0018	0.06
5	3.1 - 3.5	13	16	0.0080	0.0098	0.80
6	3.6 - 4.0	463	479	0.2973	0.3071	29.73
7	4.1 - 4.5	724	1203	0.4649	0.7720	46.49
8	4.6 - 5.0	292	1495	0.1875	0.9595	18.75
9	5.1 - 5.5	25	1520	0.0160	0.9755	1.60
10	5.6 - 6.0	3	1523	0.0019	0.9774	0.19
11	6.1 - 6.5	4	1527	0.0025	0.9799	0.25
12	6.6 - 7.0	18	1545	0.0115	0.9914	1.15
13	7.1 - 7.5	9	1554	0.0057	0.9971	0.57
14	7.6 - 8.0	3	1557	0.0019	10.000	0.19
Total		1557		10.000		100

Tabla 2.- Reagrupación de 14 clases de los sismos ocurridos dentro de los límites del estado de Chiapas.

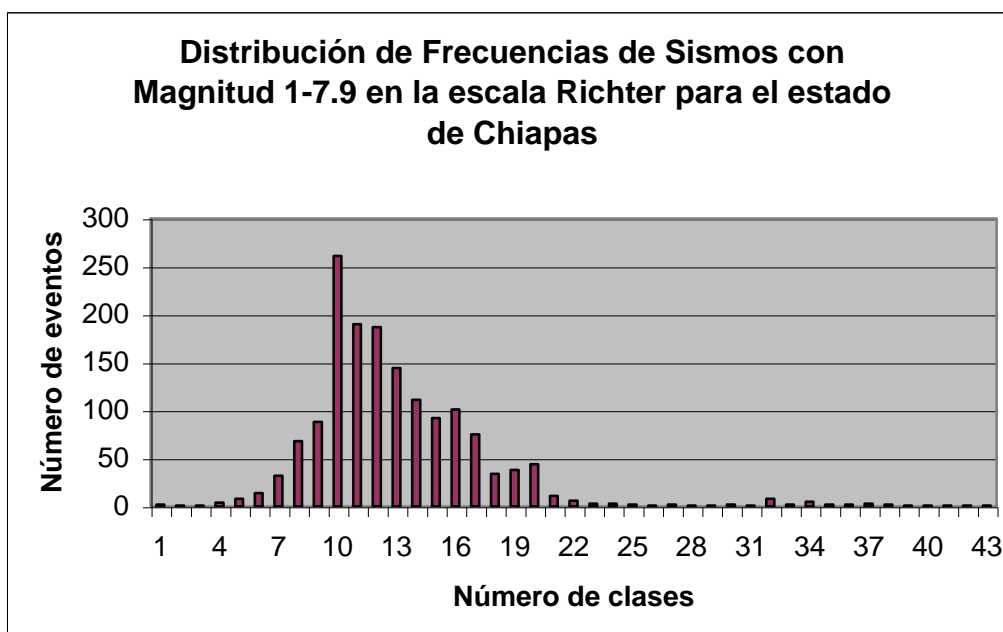


Figura 15.- Gráfica de frecuencias de las 43 clases de epicentros sísmicos. Nótese la clase 10 con el mayor número de datos para los epicentros de magnitud 4.0 de la escala Richter y la distribución normal de los datos.

En las gráficas de la distribución de frecuencia y frecuencia acumulada (Figura 16), se observa que la mayor cantidad de los sismos ocurridos corresponde al 46.49% de la macro sismicidad baja, es decir corresponde a un intervalo de 4.1 - 4.5 grados de la escala de magnitud Richter.

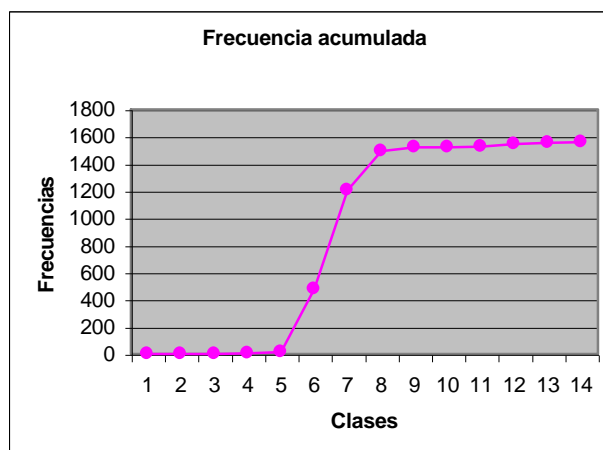


Figura 16.- Gráfica de las frecuencias acumuladas de las 14 clases.

IV.2.- REGISTRO HISTÓRICO DE DESASTRES POR SISMOS EN EL ESTADO DE CHIAPAS

Los registros históricos que se tienen del estado de Chiapas son escasos debido al tipo de documentación con los que se dispone de manera publicada en forma hemerográfica y los más significativos son:

- Sismo de la región de Tonalá. Ocurrido el 01/02/1952. Cuantiosas pérdidas económicas en esta población.
- Sismo del centro del estado de Chiapas, ocurrido el 29/04/1959. Pánico en el estado.
- Sismo de la zona de la costa de Chiapas ocurrido el 17/01/2002. Sentido en toda la costa de Chiapas.
- Sismo de la zona de la costa de Chiapas, ocurrido el 13/02/2002.

IV.3.- REGISTRO HISTÓRICO DE ISOSITAS DEL ESTADO DE CHIAPAS

El registro de sismos históricos mediante la configuración de isosistas o líneas de igual intensidad en la escala Mercalli (Cenapred, 2005) es una perspectiva que permite interpretar las regiones en donde se ha disipado la energía sísmica en el pasado. El registro del sismo del 23 de Septiembre de

1902 define la ocurrencia de isosistas máximas de magnitud X de la escala Mercalli, que se presentó en el límite entre las regiones de los Altos de Chiapas y la Depresión Central (Figura 17).

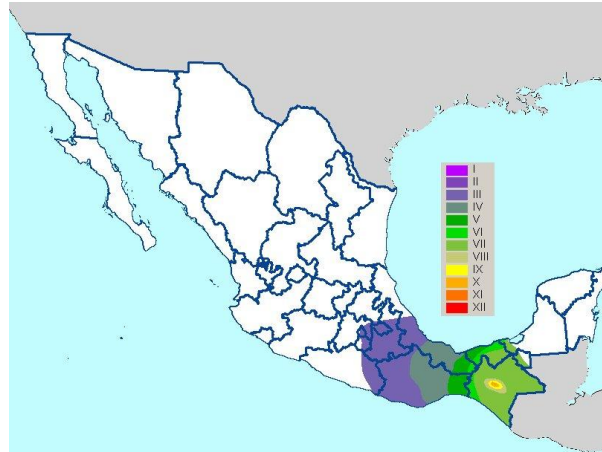


Figura 17.- Sismo del 23 de septiembre de 1902. Obsérvese la presencia de isosistas de grado X de la escala de Mercalli, en los límites de las regiones Altos de Chiapas y Depresión Central.

El registro del sismo ocurrido el 9 de Noviembre de 1956, muestra un evento ocurrido en las Sierras del Norte de Chiapas, manifestándose con una intensidad de grado VII de la escala de Mercalli (Figura 18).

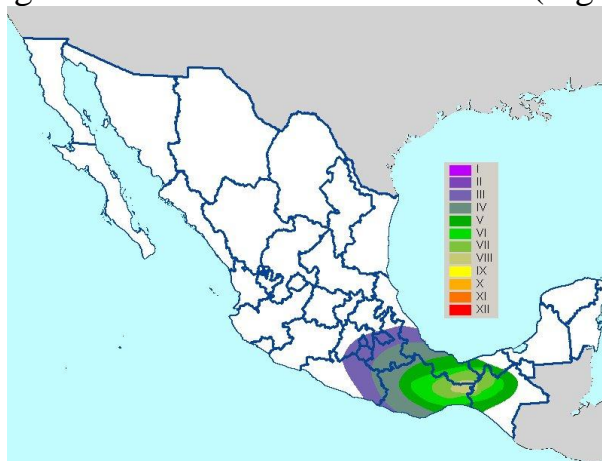


Figura 18.- Sismo del 9 de Noviembre de 1956. Obsérvese la presencia de isosistas de grado VIII de la escala de Mercalli, en los límites de las regiones planicie costera del Pacífico y la Sierra Madre del Sur.

El registro del sismo ocurrido el 23 de Agosto de 1965, muestra un evento ocurrido en el estado de Oaxaca, pero que tuvo repercusiones en el estado de Chiapas, principalmente en la región de la Sierra Madre del Sur con un máximo de grado V de la escala de Mercalli (Figura 19).

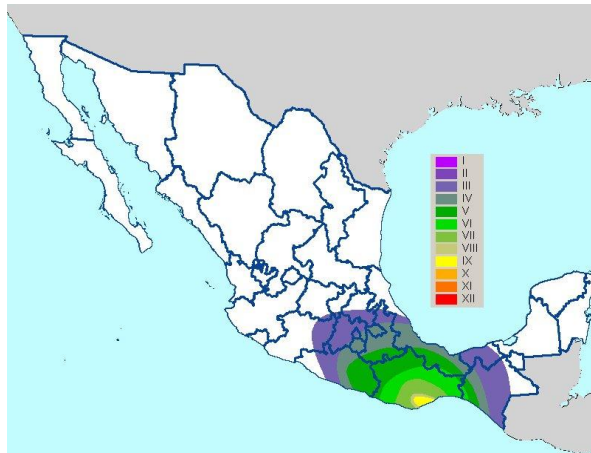


Figura 19.- Sismo del 23 de Agosto de 1965. Obsérvese la presencia de isosistas de grado V de la escala de Mercalli, en los límites de la Sierra Madre del Sur.

El registro del sismo ocurrido el 25 de Septiembre de 1968, muestra un evento que afectó el límite entre las regiones de la planicie costera del Pacífico y la Sierra Madre del Sur, debido probablemente a la zona de fallas Polochic – Motagua, que se manifestó como isosistas de grado VIII de la escala Mercalli (Figura 20).

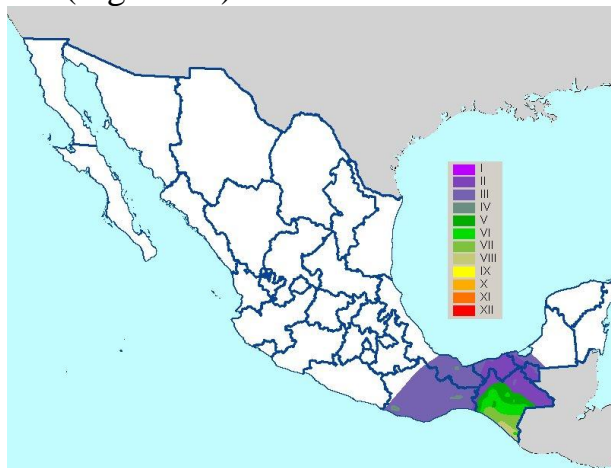


Figura 20.- Sismo del 25 de septiembre de 1968. Obsérvese la presencia de isosistas de grado VIII de la escala de Mercalli, en los límites de las regiones planicie costera del Pacífico y la Sierra Madre del Sur.

El registro del sismo ocurrido el 29 de Abril de 1970, muestra un evento que se manifestó con una intensidad de VI de la escala de Mercalli, principalmente en los límites de las regiones de la Depresión Central y la Sierra Madre del Sur, aunque también se extendió a lo largo de la Sierra Madre del Sur con grado V (Figura 21). Muy probablemente se relaciona al sistema de fallas Polochic – Motagua.

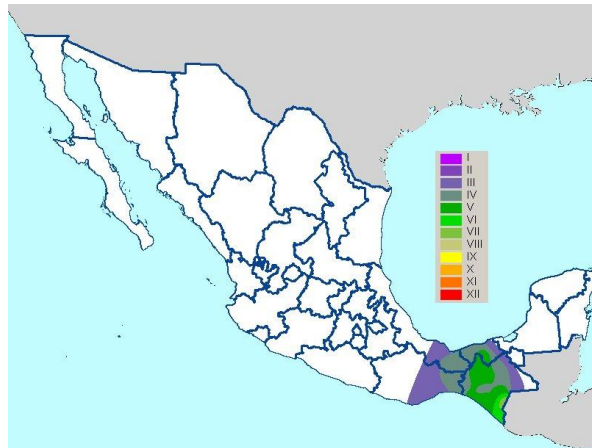


Figura 21.- Sismo del 29 de Abril de 1970. Obsérvese la presencia de isosistas de grado VI de la escala de Mercalli, en los límites de las regiones Depresión Central y Sierra Madre del Sur.

El sismo del 28 de Agosto de 1973, ocurrido en los límites de los estados de Puebla, Veracruz y Oaxaca, se manifestó con grado II de la escala Mercalli y fue sentido en todo el estado (Figura 22).

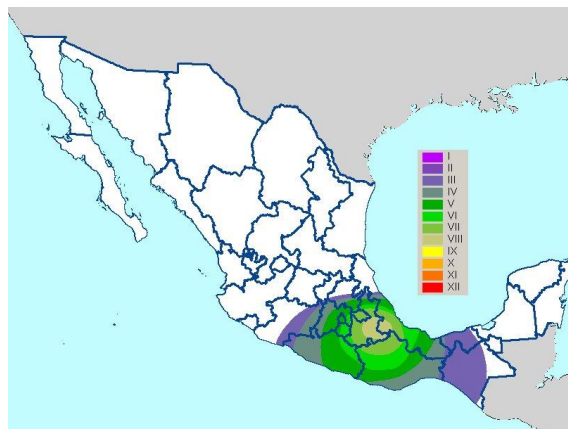


Figura 22.- Sismo del 28 de Agosto de 1973. Obsérvese la presencia de isosistas de grado II de la escala de Mercalli en todo el estado de Chiapas.

El sismo del 29 de Septiembre de 1978, muestra un evento ocurrido al sur del estado de Oaxaca y se manifestó con una intensidad II de la escala de Mercalli en la mayor parte del estado (Figura 23).

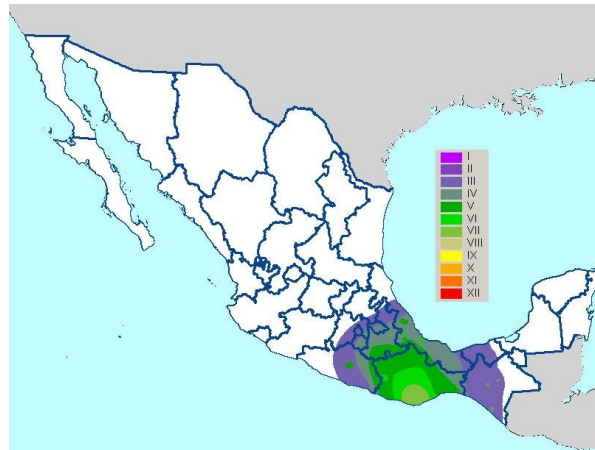


Figura 23.- Sismo del 25 de septiembre de 1978. Obsérvese la presencia de isosistas de grado VIII de la escala de Mercalli, en los límites de la Planicie Costera del Pacífico y la Sierra Madre del Sur.

El registro del 30 de Septiembre de 1999, muestra un evento ocurrido en el Estado de Oaxaca, que fue sentido en el estado con una intensidad máxima de grado V de la escala de Mercalli, principalmente en la región de la Sierra Madre del Sur (Figura 24).

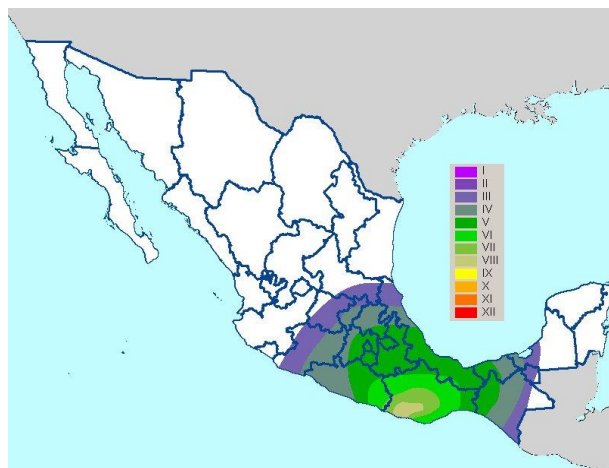


Figura 24.- Sismo del 30 de Septiembre de 1999. Obsérvese la presencia de isosistas de grado V de la escala de Mercalli, en los límites de la región de la Sierra Madre del Sur.

El registro histórico de sismos en general para el estado de Chiapas se tiene disponible de una manera discreta y no es posible obtener mayor información entre los periodos de los eventos ocurridos en cuanto a la disipación regional de la energía sísmica, de los periodos de retorno y de la tasa de excedencia.

IV.4.- SISMOTECTÓNICA DEL ESTADO DE CHIAPAS

Para obtener el mapa de peligros sismotectónico del estado de Chiapas es necesario comentar las variables consideradas como son la ubicación de los epicentros sísmicos y el modelo de efecto sísmico obtenido, las estructuras

de fallas geológicas regionales, las fracturas geológicas y los tensores de momento sísmico. De acuerdo al catálogo de tensores de momento de Harvard, los tensores de los eventos de 10 de diciembre de 1979 y 1 de octubre de 1979 corresponde a la falla lateral de Mapastepec, que es una zona de cizalla o deformación dúctil en donde se libera energía sismotectónica que se manifiesta con intensidades de V a VII grados Mercalli (Figura x). Los tensores de momento de los eventos de 15 de septiembre de 1983 y 18 de agosto de 1984 son también relacionados a la falla lateral de Tonalá que delimita la Sierra Madre del sur y la Planicie Costera. Otros tensores de momento se han registrado y representado en una base de datos para complementar el mapa sismotectónico del estado.

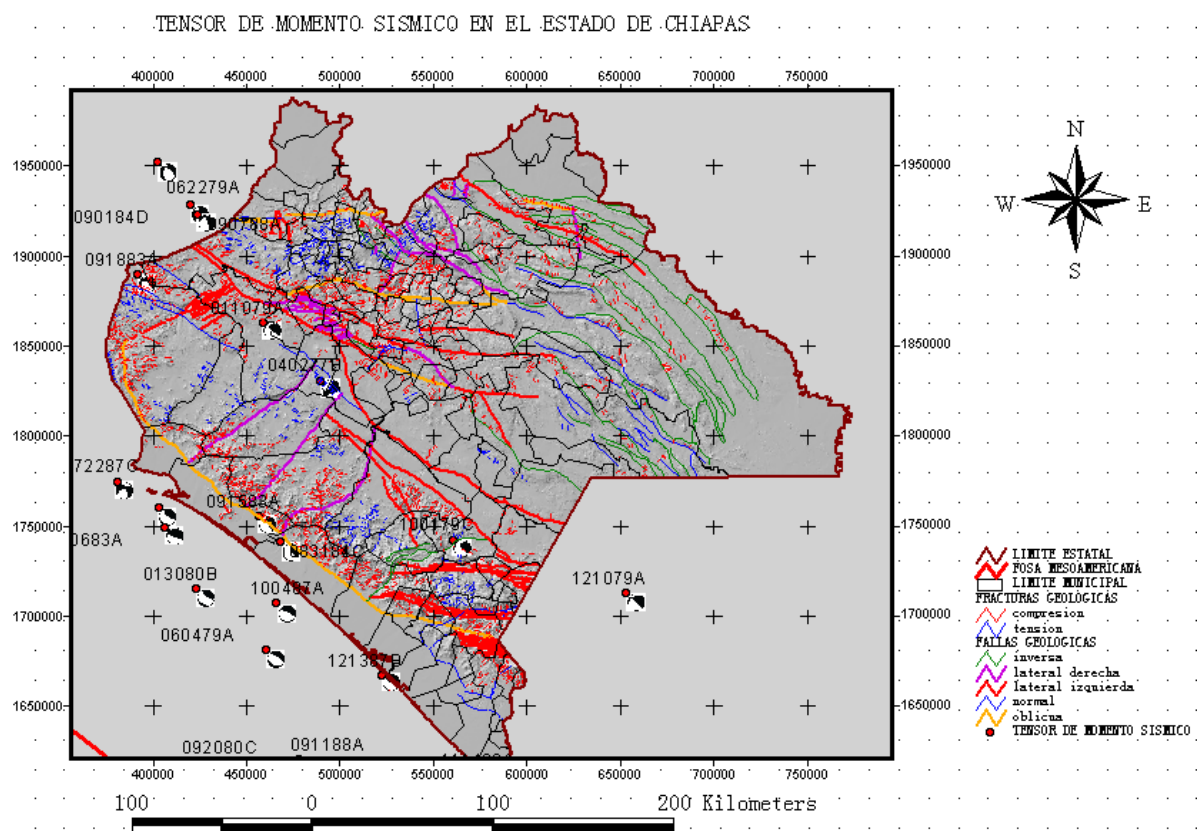


Figura 25.- Mapa de tensor de momento sísmico y fallas geológicas del estado de Chiapas. Nótese los tensores para la zona de cizalla de Mapastepec y Polochic, al sur del estado.

IV. 5.- SECCION SISMO TECTONICA DEL ESTADO DE CHIAPAS.

Con base a los valores de profundidad del foco sísmico y de la distancia a la fosa de Tehuantepec se ha construido una sección sismo tectónica que muestra a los focos sísmicos en una región de Wadati - Benioff con una génesis interplaca desde la fosa de Tehuantepec hasta la región de la corteza continental inferior a una profundidad de 150 km. Una menor

proporción de los sismos se generan dentro de la corteza continental de las placas Norteamérica y Caribe y en la corteza oceánica de la placa de Cocos. La sección sismo tectónica muestra que los sismos ocurridos en el subsuelo de las regiones comprendidas entre Tuxtla Gutiérrez y San Cristóbal de las Casas son de origen interplaca. Con base en la sección se ha interpretado la zona de subducción e interacción entre la corteza oceánica y la continental, que muestra un ángulo bajo de 30 grados desde la fosa hasta la profundidad de 50 km en la zona de la costa e incrementa su ángulo de 45 a 50 grados a profundidades entre 50 y 250 km, bajo las regiones entre la zona de la costa y San Cristóbal de las Casas.

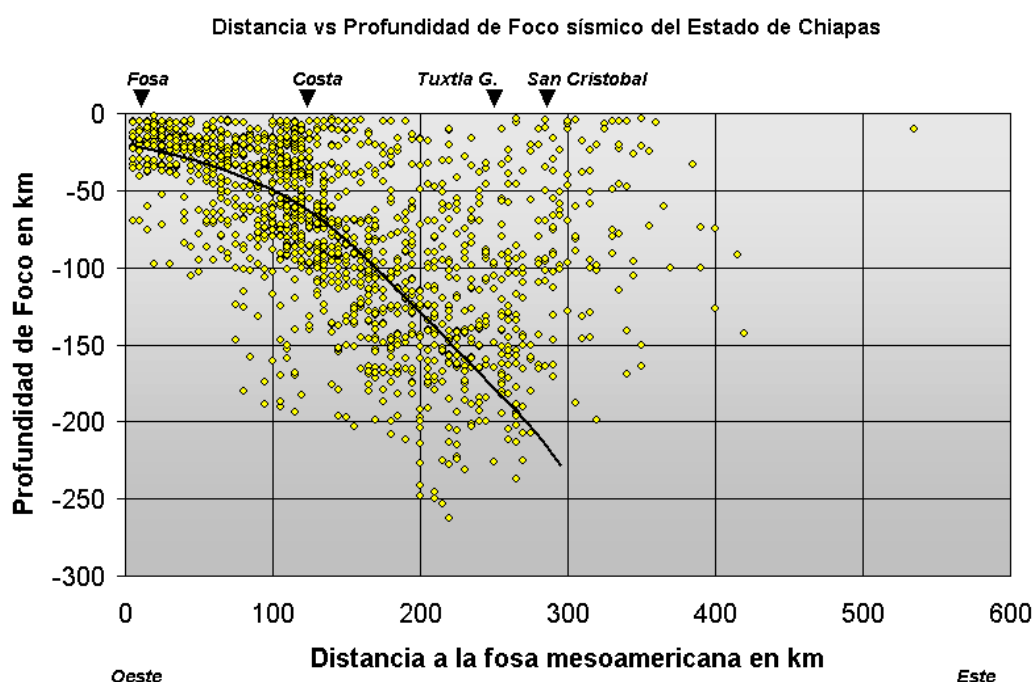


Figura 26.- Sección sismotectónica de los focos ocurridos en el estado de Chiapas, de oeste a este, vista hacia el norte. Nótese que la sección muestra la interpretación de la zona de subducción e interacción entre la corteza continental y la oceánica representada con una línea negra.

IV.6.- EFECTO SÍSMICO EN EL ESTADO DE CHIAPAS

Con base en los datos disponibles de los epicentros sísmicos del periodo 1990 – 2003 (S.S.N., 1990 – 2003) se obtuvo un modelo de efecto sísmico en la escala Mercalli para el estado de Chiapas a partir de los valores de profundidad de foco y la magnitud de la escala Richter. La magnitud es una variable cuantitativa que representa la energía liberada en zonas de debilidad, fallas geológicas o zonas de ruptura (Thorne y Terry, 1995) mientras que la intensidad es una variable cualitativa que representa el grado de percepción de la energía de un sismos y se utiliza un proceso de regionalización mediante una interpolación estadística llamada “kriging”

(Matheron, 1963). Para ello se utilizó un algoritmo mediante el cual se obtuvo la intensidad sísmica calculada en la escala Mercalli (Esteva y Rosenbleuth, 1964).

$$I = 8.16 + 1.45 * M - 2.46 \log_{10}(F)$$

En donde I es la intensidad calculada en la escala de Mercalli, M es la magnitud de la escala Richter (Richter, 1958) y F es la profundidad del foco sísmico en kilómetros (Lomnitz, 1974). El modelo obtenido resulta de la regionalización de la variable de intensidad y muestra que los valores más altos, en la escala de Mercalli, entre V y VIII grados, se presentan en la porción central del estado, principalmente en las regiones Altos de Chiapas y Depresión Central, lo que sugiere que estas regiones la disipación de energía sísmica es alta. También se observa que la región comprendida entre Mapastepec y Motozintla ocurre una concentración de valores altos de intensidad, en el extremo sur de la Sierra Madre del Sur, debido a la actividad tectónica del sistema de fallas Polochic- Motagua (Figura 27).

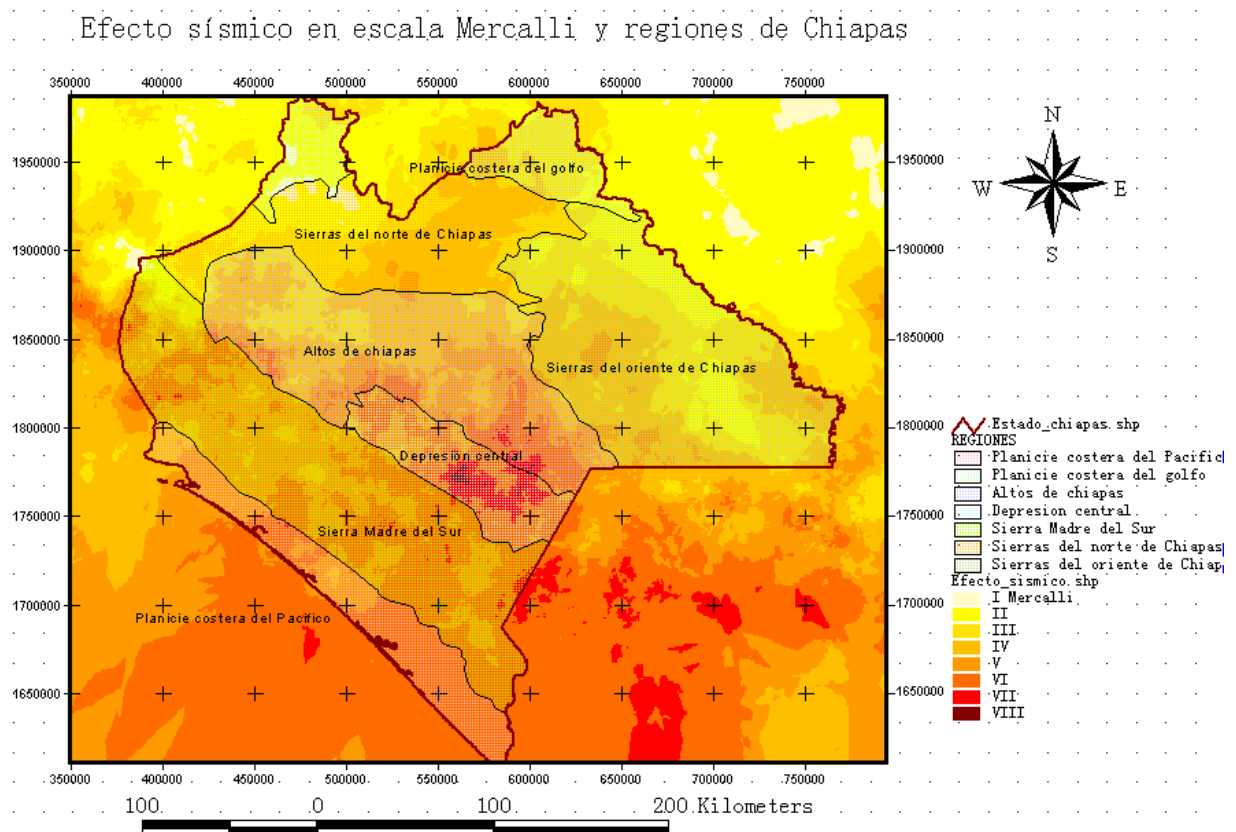


Figura 27.- Mapa de efecto sísmico y regiones del estado de Chiapas. Nótese que las regiones Altos de Chiapas y Depresión Central se encuentran dentro de la configuración de intensidad de V y VIII grados de la escala Mercalli.

IV.7.- PELIGRO SÍSMICO EN LA PLANICIE COSTERA DEL PACÍFICO DE CHIAPAS

Los epicentros sísmicos dentro de la Planicie Costera del Pacífico se encuentran escasamente distribuidos y son más significativos hacia el poniente y dentro de la región del océano pacífico. La mayor parte de los sismos que afecta a esta región se generan en la zona de la fosa de Tehuantepec y en la región de la plataforma continental, por lo que la energía sísmica se propaga desde las rocas ígneas de la corteza oceánica hacia los sedimentos y rocas deformadas de la plataforma continental (Figura 28). En esta región los municipios que han presentado sismos frecuentes son Tapachula, Mazatán y Acapetahua, quizás por su proximidad a los sistemas de fallas de Polochic – Motagua y a la fosa mesoamericana. Hacia el norte los municipios con más sismos son: Arriaga, Tonalá y Pijijiapan.

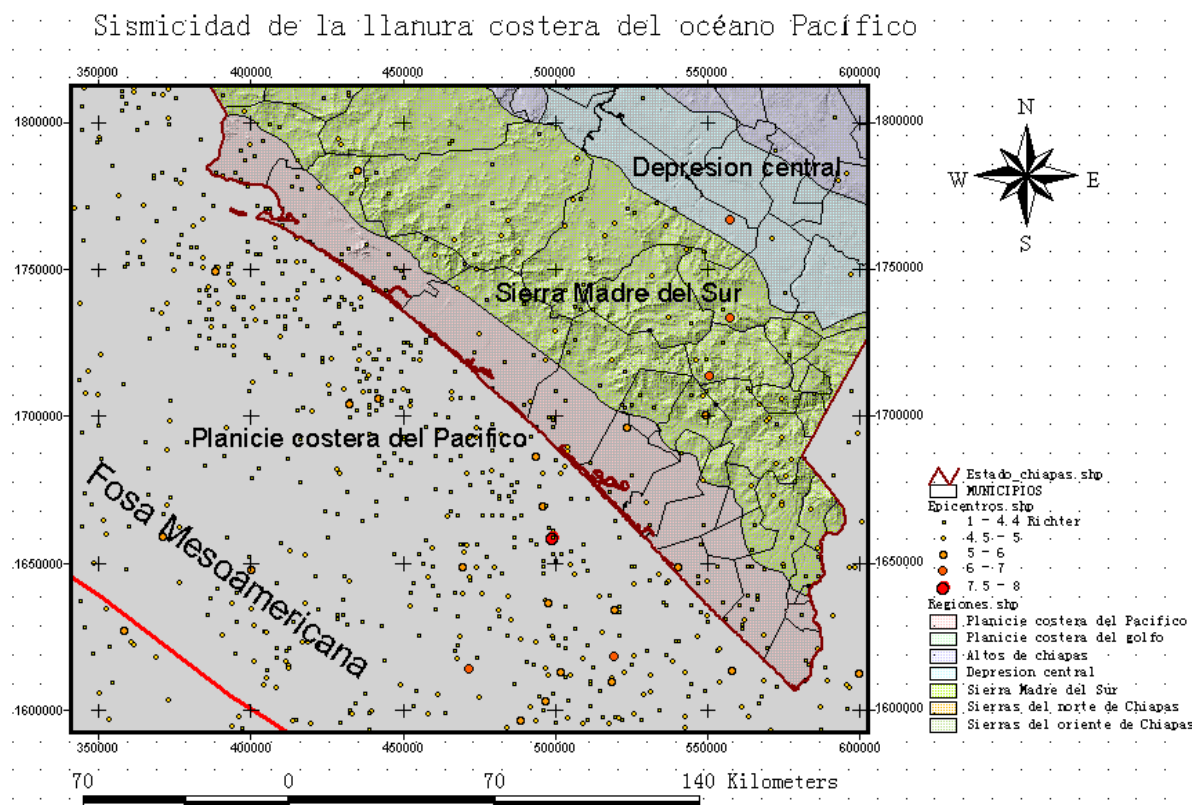


Figura 28.- Mapa de epicentros sísmicos del periodo 1990-2003 y la región de la llanura costera del Pacífico. Nótese que la distribución de los epicentros en la región es escasa, sin embargo, es más densa en la plataforma continental, entre la línea de costa y la fosa de Tehuantepec.

En esta región y de acuerdo al modelo de efectos sísmico, los municipios que presentan una intensidad VI de la escala Mercalli son: Mapastepec, Acapetahua, Pueblo Nuevo, Huixtla, Tapachula, Huehuetán, Mazatán, Frontera Hidalgo y Suchiate (Figura 29).

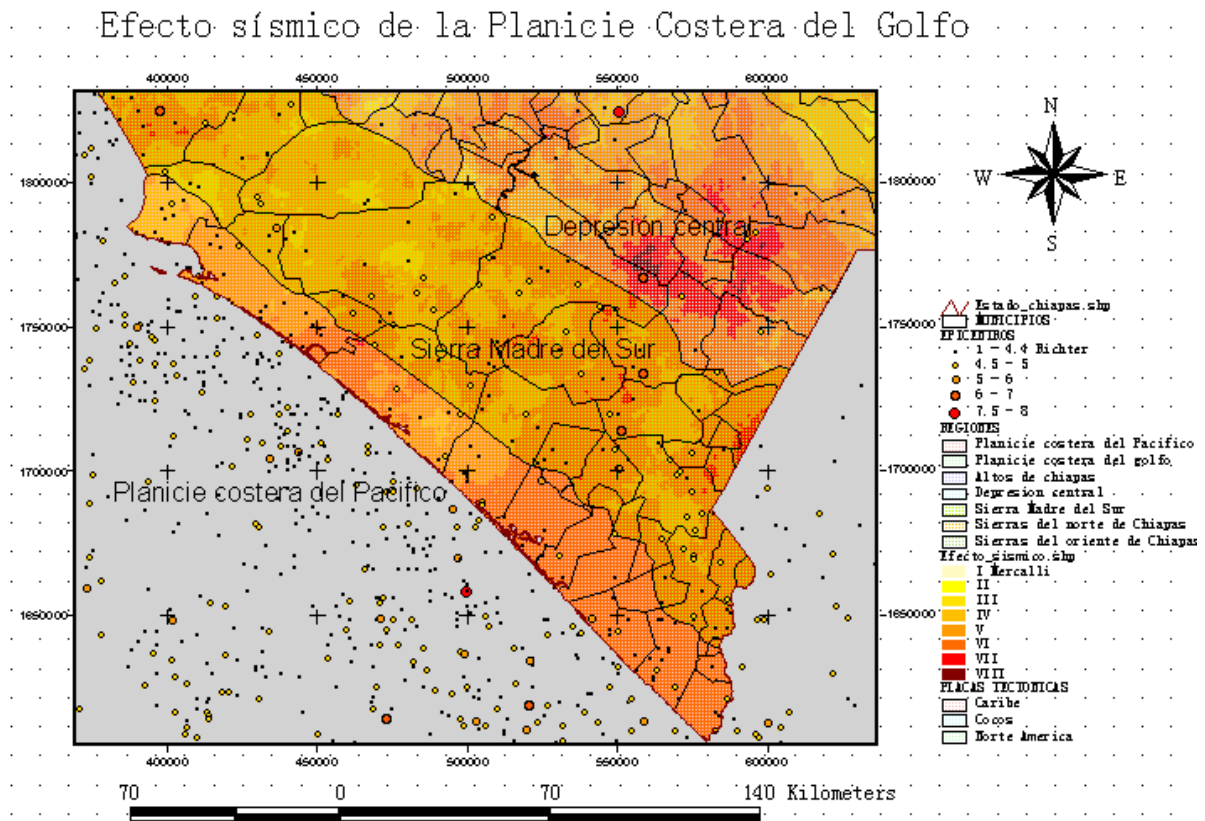


Figura 29.- Efecto sísmico de la Planicie Costera del Pacífico. Nótese la intensidad VI de la escala de Mercalli para la porción sur oriental de la región.

IV.8.- PELIGRO SÍSMICO EN LA SIERRA MADRE DEL SUR

En la región de la Sierra Madre del Sur el municipio que presenta un mayor número de epicentros sísmicos es Cintalapa dentro del cual se han localizado más de cuarenta epicentros dentro del periodo 1990-2003 (S.S.N. 1990-2003) relacionado a la actividad sismotectónica de la falla Tonalá en su intersección con la falla Cintalapa, en los límites entre la Sierra Madre y la Planicie Costera. De los epicentros el más significativo es el ocurrido el 7 de junio de 1946, con una magnitud de 6.5 y una profundidad de 100 km (Figura 30).

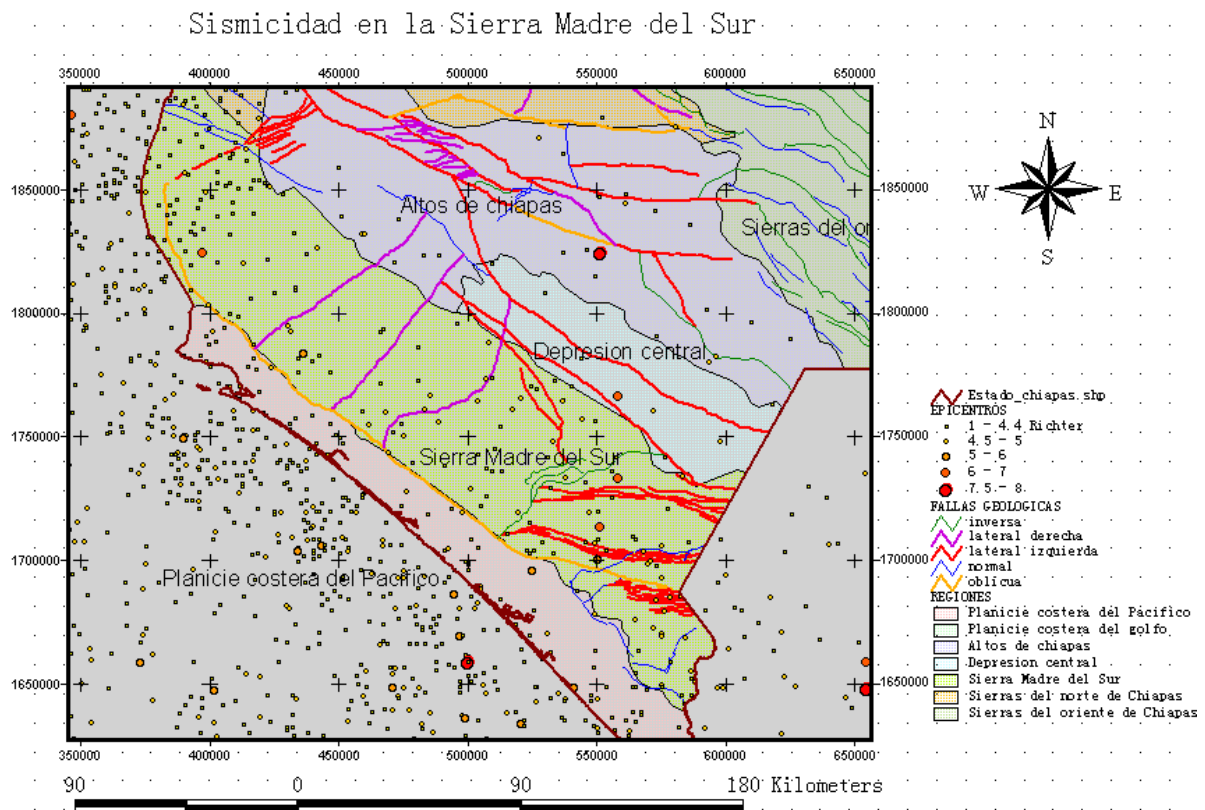


Figura 30.- Sismicidad en la sierra Madre del Sur. Nótese la distribución de fallas geológicas que delimitan la región de la sierra como son la falla Tonalá – Huixtla y La Concordia y las zonas de fallas de Polochic.

En el extremo sur oriental, la región de la Sierra Madre presenta una fuerte sismicidad debido a la presencia de las zonas de falla Mapastepec, Polochic y Tacaná, son sistemas de fallas de movimiento lateral izquierdo, tectónicamente activas y generan sismos locales que se suman a la sismicidad de la zona de subducción de las placas Norte América, Cocos y Caribe. En esta zona se ven más afectados los municipios de Ángel Albino Corzo, Mapastepec, Siltepec, Bella Vista, Amatenango de la Frontera, Mazapa, El Porvenir, Motozintla, Acacoyagua, Escuintla, Tapachula y Cacahoatán. En esta región se localizan más de 33 epicentros sísmicos importantes y sismos históricos como son; el 10 de diciembre de 1925, con magnitud 7, el 14 de marzo de 1994, con magnitud 6.8 y el 17 de octubre de 2000 con magnitud de 5.4 grados Richter. De acuerdo al modelo de intensidad sísmica, la Sierra Madre presenta variaciones de intensidad de V a VI grados Mercalli y los municipios que se encuentran en ese rango son: Chicomuselo, Ángel Albino Corzo, Mapastepec, Siltepec, Amatenango de la Frontera, La Grandeza, Becujal de Ocampo, Acacoyagua, Escuintla, Motozintla, El Provenir, Mazapa de Madero, Tapachula, Cacahoatán y Unión Juárez (Figura 31).

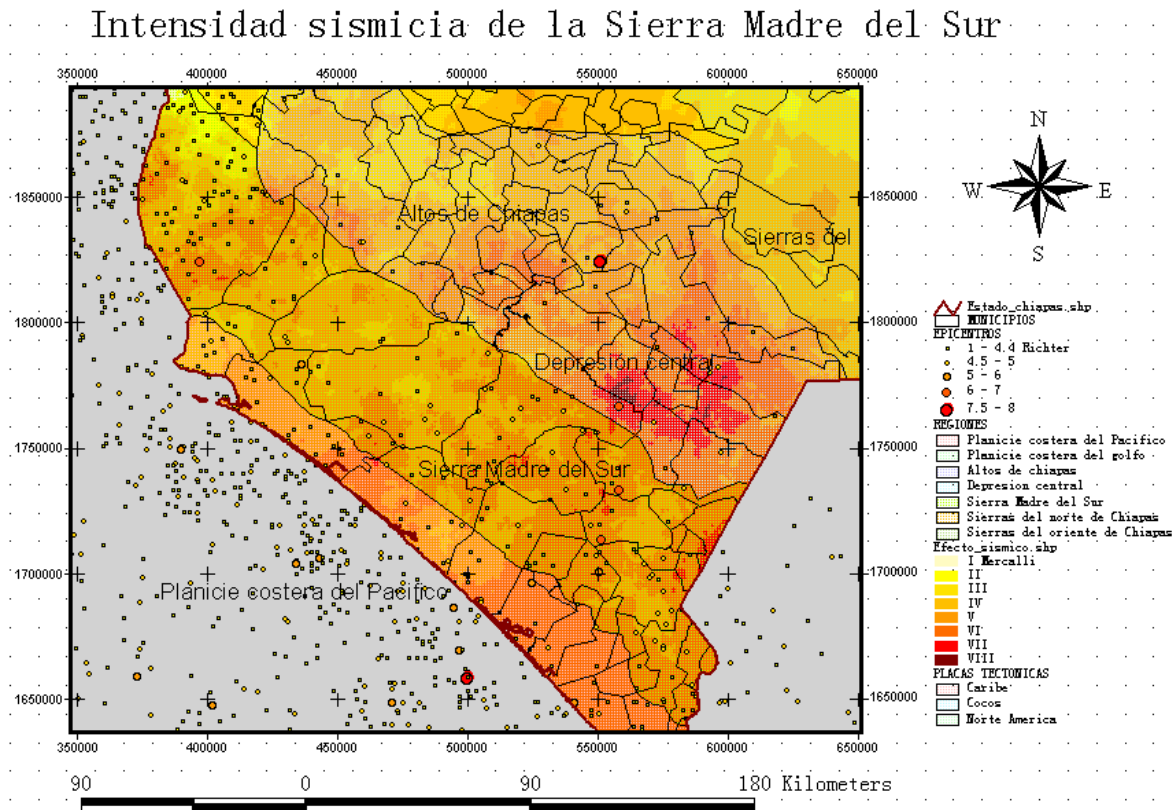


Figura 31.- Modelo de efecto sísmico de la Sierra Madre del Sur. Nótese la intensidad V y VI de la escala de Mercalli para la porción sur oriental de la región.

IV.9.- PELIGRO SÍSMICO EN LA DEPRESIÓN CENTRAL DE CHIAPAS

La sismicidad en la depresión central de Chiapas es significativamente menor que otras regiones y solo se tienen sismos importantes al sur, relacionado s a un corredor sismotectónico entre las zonas de falla La Concordia y la Trinitaria. En esta región se presenta un sismo histórico importante como el ocurrido el 14 de marzo de 1994, con 6.8 grados de magnitud (Figura 32). Una de las características de la Depresión Central es la intensidad sísmica alta de la región la cual varía desde V hasta VIII de la escala de Mercalli, en relación al corredor sismotectónico de las fallas de movimiento lateral izquierdo La Trinitaria y La Concordia (Figura 33).

Sismicidad de la Depresión Central

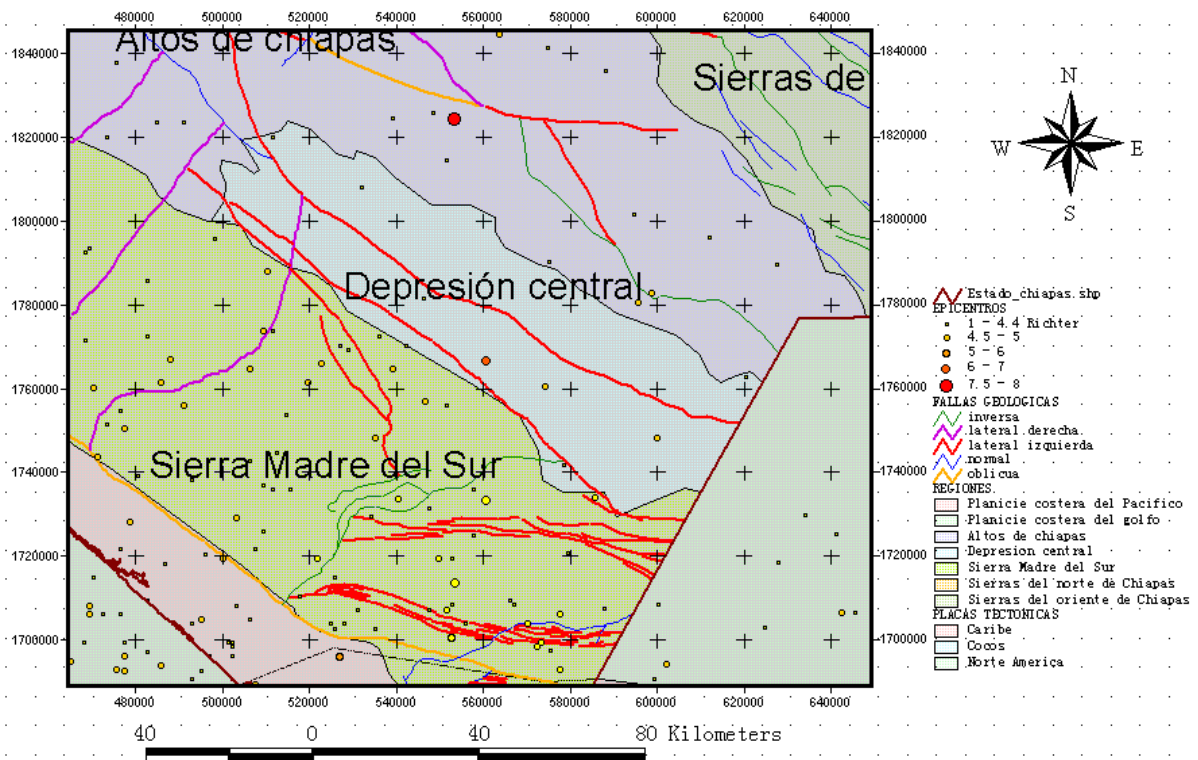


Figura 32.- Sismicidad de la región de la Depresión Central de Chiapas.

Intensidad sísmica de la Depresión Central

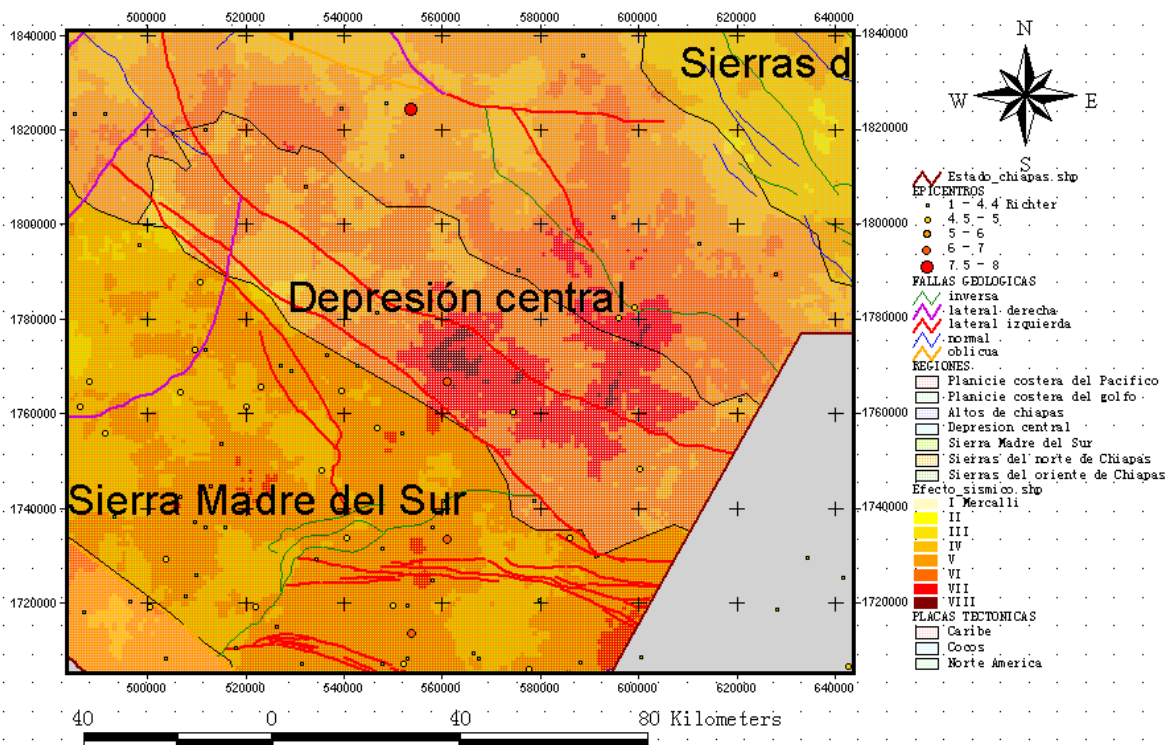


Figura 33.- Modelo de efecto sísmico de la región de la Depresión Central, Nótese los valores de VIII de la escala de Mercalli en el centro de la región.

IV.10.- PELIGRO SÍSMICO EN LOS ALTOS DE CHIAPAS

En la región de los Altos de Chiapas se han localizado mas de 36 grandes sismos, de ellos el más significativo es aquel ocurrido el 22 de septiembre de 2002, con una magnitud de 7.7 grados Richter, muy próximo a la falla San Fernando. Los otros epicentros sísmicos se relacionan a un corredor sismotectónico angosto y longitudinal de orientación noroeste - sureste relacionado con los sistemas de fallas de movimiento lateral como son: fallas Chiapa de Corzo, San Fernando, Malpaso Muñiz, Chicoasén Malpaso y Oschuc (Figura 34). Los municipios más afectados por la sismicidad de la región son: Berriozabal, San Fernando, Osumacinta, Chiapa de Corzo, Ixtapa, Zinacantán, San Cristóbal de las Casas y Teopisca.

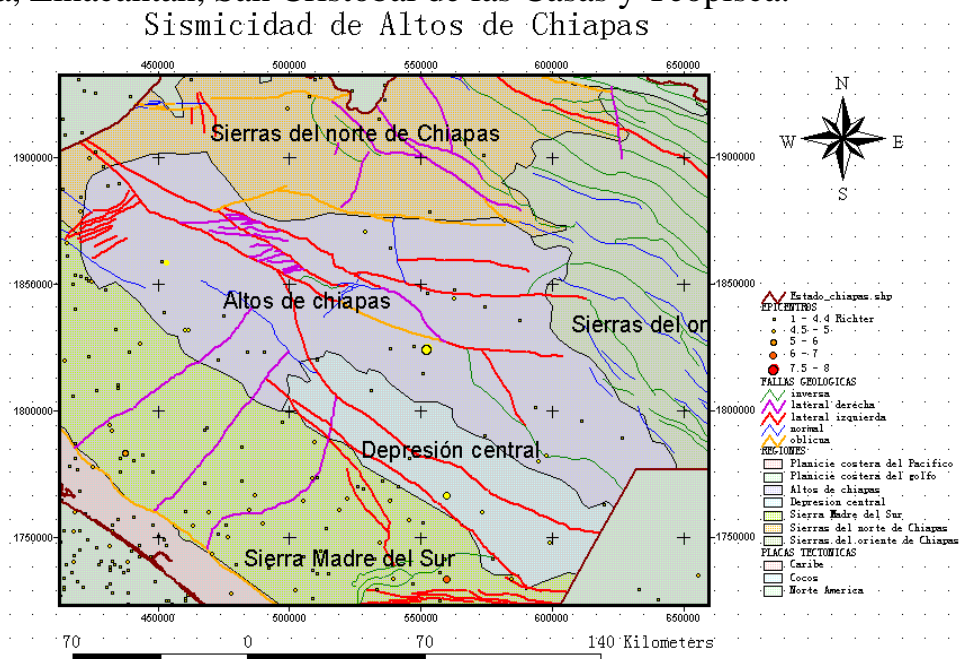


Figura 34.- Sismicidad de los Altos de Chiapas. Nótese la distribución de epicentros sísmicos y los sistemas de fallas laterales que se distribuyen a lo largo de la región.

La región de los Altos de Chiapas presenta una intensidad sísmica de va de V a VIII grados de la escala Mercalli, principalmente al sur oriente de la región, en donde los municipios más afectados son: Comitán de Domínguez, La Independencia, Tzimol y La Trinitaria (Figura 35).

Efecto sísmico de los Altos de Chiapas

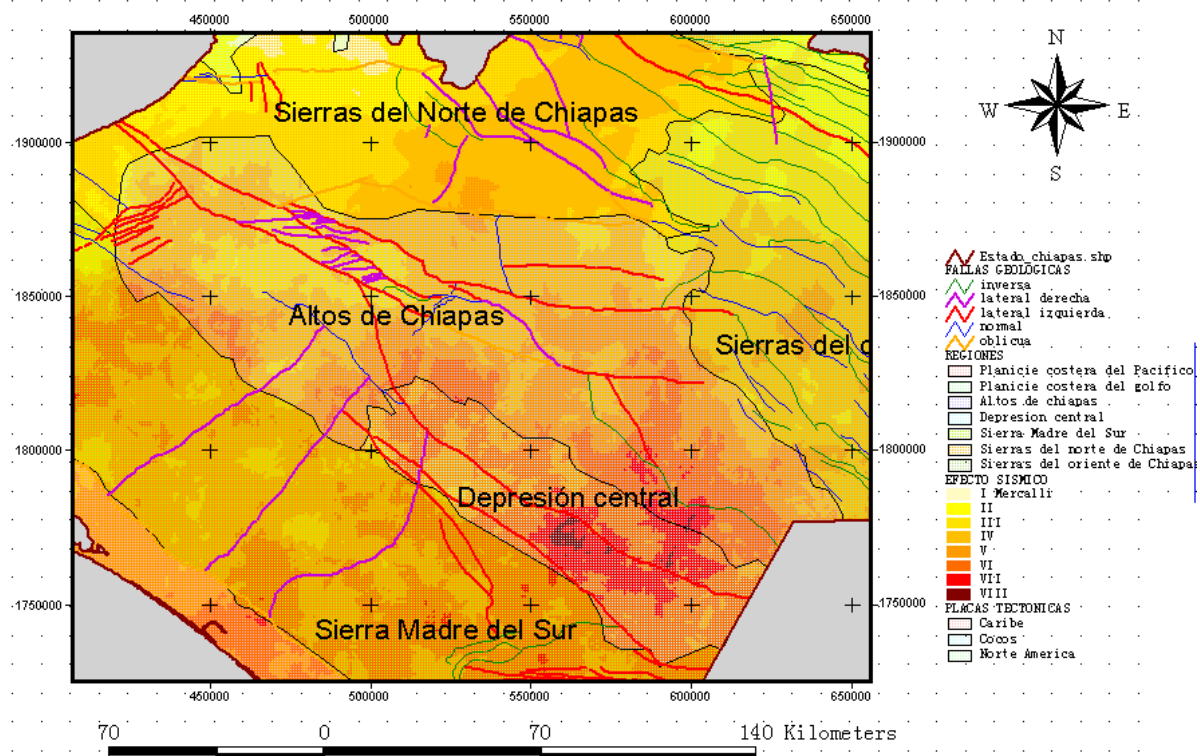


Figura 35.- Efecto sísmico de los Altos de Chiapas. Nótese los valores de V a VIII grados de la escala Mercalli, principalmente hacia el sur oriente de la región.

IV.11.- PELIGRO SÍSMICO EN LAS SIERRAS DEL NORTE DE CHIAPAS

Al poniente de la región de las Sierras del Norte de Chiapas se han localizado más de 24 grandes sismos, de ellos el más significativo es aquel ocurrido el 21 de junio de 1993, con magnitud de 4.7 grados, relacionado a la falla de movimiento lateral de Ostucán. Los municipios más afectados por la sismicidad de la región son Ostucán, Pichucalco, Ixtacomitán, Solosuchiapa y Amatán, porque se encuentran dentro de un corredor sismotectónico relacionado a las fallas de movimiento lateral de Ostucán y Chacte - Ocosingo. Hacia el oriente, la región se encuentra dentro de una zona sismotectónica del sistema de fallas de movimiento lateral derecho como son: Matán, Tila, Yajalón y los municipios más afectados por la sismicidad son Amatán, Huitiupan, Sabanilla, Tila y Chilón (Figura 36). El modelo de efecto sísmico muestra que la región de las Sierras del Norte de Chiapas presenta valores de III a V grados de la escala Mercalli y los municipios más afectados por ésta intensidad son: Simojovel, Jitotol, El Bosque y Chalchihuitán (Figura 37).

Sismicidad de las Sierras del Norte de Chiapas

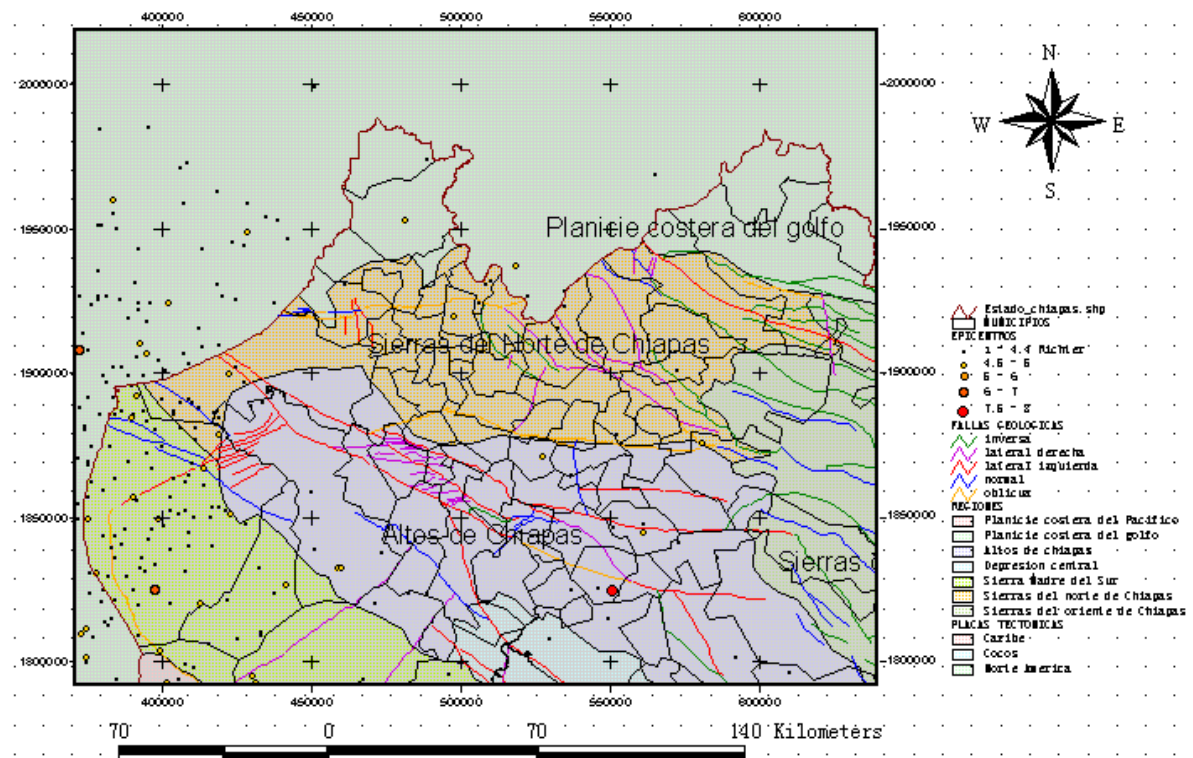


Figura 36.- Sismicidad de las Sierras del Norte de Chiapas.

Intensidad sísmica de las Sierras del Norte

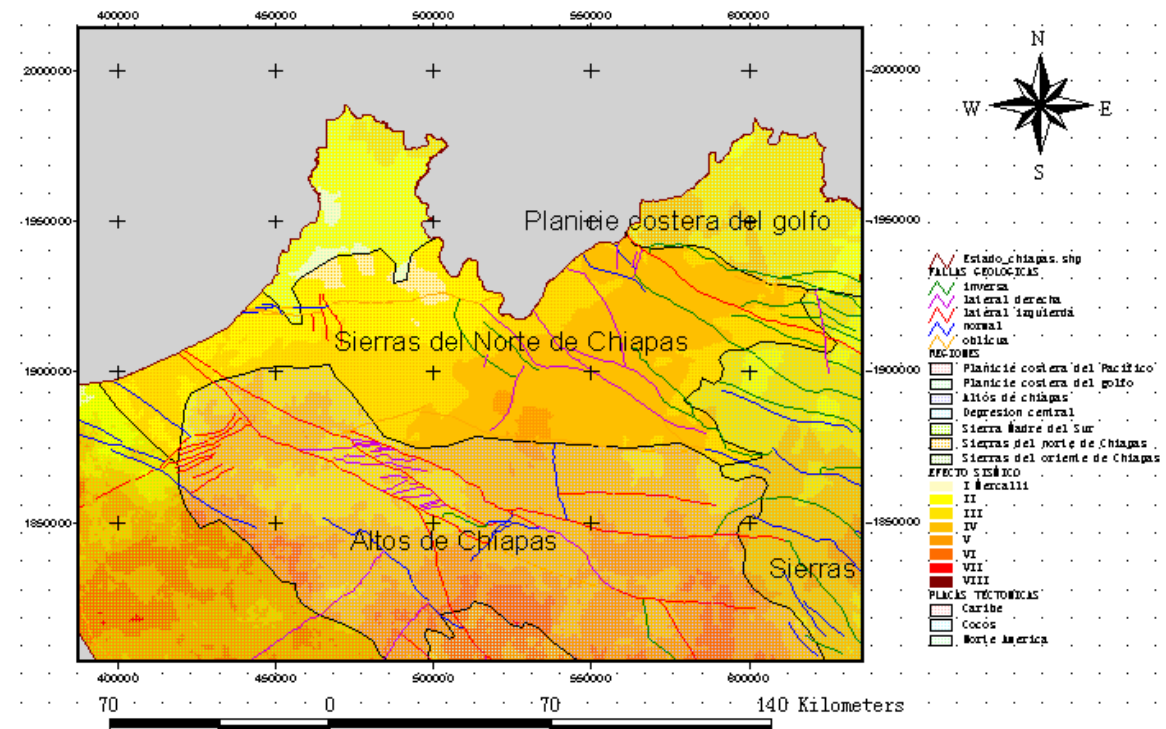


Figura 37.- Intensidad sísmica para la región de las Sierras del Norte de Chiapas. Nótese que los valores de V grados Mercalli afectan la porción sur de la región.

V.- PELIGRO VOLCANICO

V.- PELIGRO VOLCÁNICO DEL ESTADO DE CHIAPAS.

Durante el siglo pasado ocurrió una serie de eventos volcánicos de diferente magnitud lo que ha representado una seria amenaza para la sociedad en nuestro país (Tilling y Punongbayan, 1993). Sin duda el evento volcánico que más pérdidas ha registrado, tanto de materiales como de vidas humanas, fue el que tuvo lugar entre marzo y abril de 1982 en el Volcán Chichonal, el cual causo la muerte de unas 2000 personas y destruyó nueve poblados, por lo que ha quedado registrado como la peor catástrofe de índole volcánica en México (Macías, et. al., 2003). El peligro volcánico se registra y se relaciona con base en el índice de explosividad (Figura 38) de las estructuras de los volcanes que para el caso del Chichonal y Tacaná se tienen valores de índice de 4 (Tabla x).

numero	indice	Vol_Km ³	Altura_Km	Duración_hr	Inyección_tropo	Inyección_estrat	Explosividad
0	0	< 0.0001	0.1	-1	mínima	nula	no explosiva
1	1	0.0001-0.001	0.1-1	-1	leve	nula	pequeña
2	2	0.001-0.01	1-5	1-6	moderada	nula	moderada
3	3	0.01-0.1	5-10	1-6	sustancial	posible	moderada-grande
4	4	0.1-1	10-25	1-12	grande	definida	grande
5	5	1-10	>25	6-12	sin dato	significativa	muy grande
6	6	10-100	sin dato	>12	sin dato	grande	sin dato
7	7	100-1000	sin dato	sin dato	sin dato	sin dato	sin dato
8	8	> 1000	sin dato	sin dato	sin dato	sin dato	sin dato

Tabla x.- Índice de explosividad.

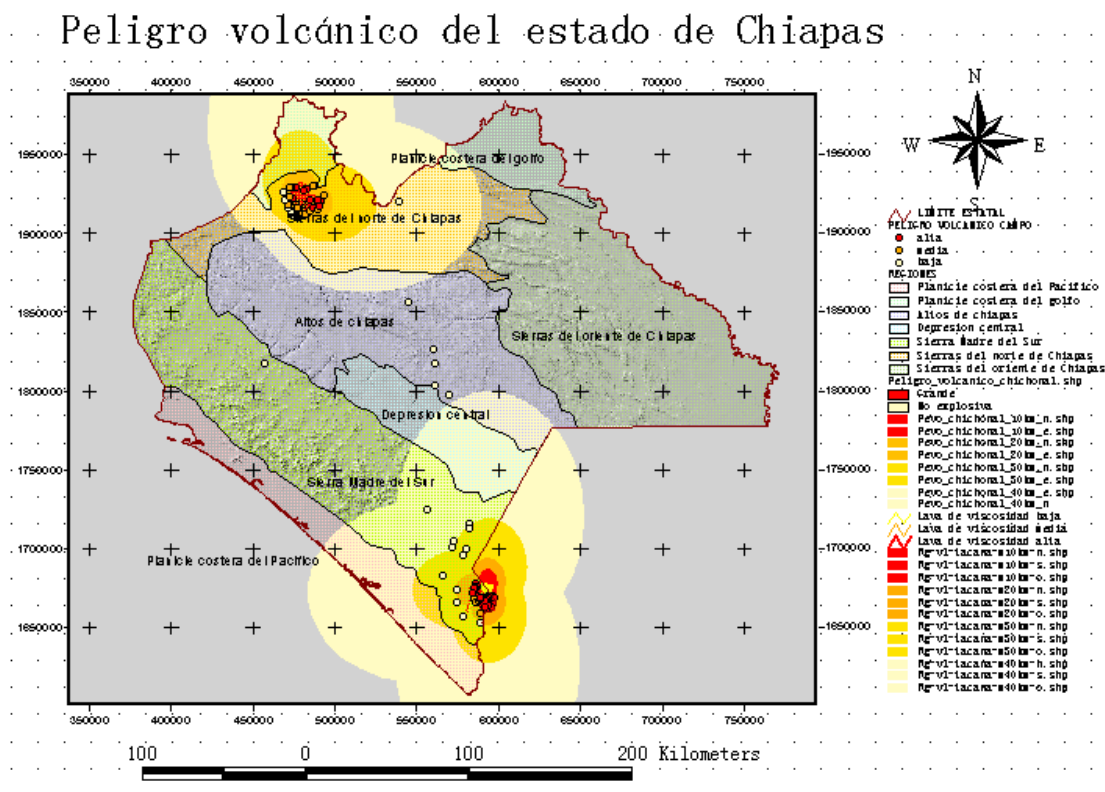


Figura 38.- Peligro volcánico del estado de Chiapas.

Para valorar los riesgos que tiene la lluvia de ceniza en la salud de las personas son importantes cuatro factores: la concentración total de las partículas suspendidas que viajan por el aire; el tamaño de las partículas; la frecuencia y duración de la exposición. Además se puede considerar otros factores como enfermedades preexistentes de las vías respiratorias y la presencia de sílice cristalina (SiO_2) en las cenizas. Los cristales de sílice que viajan por el aire y que tienen tamaño “respirable”, es decir, menos de 10 μm de diámetro pueden irritar las vías respiratorias y ocasionar síntomas de obstrucción pulmonar. Las cenizas volcánicas que contienen cristales de silicio de tamaño “respirable” pueden causar problemas agudos de largo plazo para las poblaciones expuestas. Las partículas de ceniza pueden penetrar en los ojos como “cuerpos extraños” y causar abrasiones de la córnea o conjuntivitis. La actividad volcánica puede acarrear efectos adversos a la ganadería y a la agricultura, tanto a las que se encuentran próximas al cono volcánico, como a las situadas a grandes distancias. Las cenizas pueden afectar al ganado de varias formas; por acción física directa que produce la destrucción de los pastos; por la ingestión de grandes cantidades de ceniza, que puede provocar la muerte de los animales o envenenamiento por los constituyentes tóxicos de las cenizas. Los grandes volúmenes de ceniza pueden ocasionar daño directo en las cosechas o las sustancias ácidas pueden dañar las hojas de las plantas y la vegetación en general.

V.1.- REGISTRO HISTÓRICO DE DESASTRES POR ACTIVIDAD VOLCANICA

El registro histórico de los desastres por actividad volcánica, de acuerdo a la consulta hemerográfica son: Erupción ocurrida el 27 de Octubre de 1902.

- Erupción del volcán de Chiapas, lluvia de cenizas, pérdida de vidas y propiedades, la agricultura fue ampliamente perjudicada.
- Erupción ocurrida entre el 29 y el 31 de Marzo de 1982. Caída de Ceniza en el municipio de Pichucalco.
- Erupción ocurrida entre el 3 y 4 de Abril de 1982.
- Erupción del volcán el Chichonal, 20 muertos por derrumbes de techos debido a la acumulación de cenizas. Se registraron 150 km^2 de tierras de cultivo devastadas. Cerca de 20,000 damnificados.

El mayor peligro volcánico del estado de Chiapas se circunscribe actualmente a dos grandes aparatos volcánicos que son:

- Volcán Tacaná
- Volcán Chichonal.

V.2.- VOLCÁN TACANA

"La Casa del Fuego", es un volcán activo de 4,093 metros de altura. Considerada la máxima cumbre de Chiapas y de todo el Sureste. La cumbre se caracteriza por poseer el único páramo de altura en Chiapas y durante su ascenso se pueden distinguir los cambios de vegetación. Es un estrato volcán activo que se localiza al noroeste de la Ciudad de Tapachula, en el extremo sureste del estado y en colindancia con Guatemala. El volcán esta constituido por rocas de andesita de hiperstena y augita y se eleva sobre un basamento de rocas volcánicas del Terciario y rocas ígneas de composición granítico-diorítica del Paleozoico. En su ladera sur se localiza una zona de fumarolas con temperaturas variables entre los 82 y 94 °C, además, entre las elevaciones de 1500 y 2100 msnm se localizan manantiales termales con temperaturas que varían de 40 a 55°C, en un lugar conocido como Agua Caliente. Se reconocen períodos de explosiones freáticas y fumarólica en los años 1855, 1878, 1903, 1949, 1951 y 1986 por lo que su actividad puede ser establecida en un periodo de retorno de 25 a 35 años (fotografía 78).



Fotografía 78.-Fumarolas del Volcán Tacaná

V.3.- VOLCÁN CHICHONAL

Representa la estructura volcánica con actividad más reciente de la región y una de las más importantes por la magnitud de su explosión en el mundo. Se localiza al sureste de Ostucán y al suroeste de Ixtacomitán, con una altitud de 1260 msnm, se eleva sobre rocas sedimentarias del Terciario. El volcán se encuentra formado por andesitas de augita y tobas andesíticas. El 28 de marzo de 1982, se produjo una gran erupción explosiva con abundante lluvia de cenizas y flujos piroclásticos que destruyeron el domo del cráter. El 3 y 4 de abril produjo dos grandes erupciones arrojando

bloques de pómez, lapilli y ceniza. Produjo la destrucción total de algunas poblaciones, 2000 víctimas y damnificados, así como enormes pérdidas en tierras cultivables, ganado, plantaciones de cacao y plátano en un radio de 50 km. El Volcán Chichonal arrojó enormes cantidades de material piroclástico y lluvia de ceniza y gases incandescentes con ceniza que cayeron sobre los valles de los costados del volcán, afectando a los municipios de Chapultenango, Ostucán, Reforma, Pichucalco, Francisco León, Sunuapa, Juárez e Ixtacomitán, entre otros. Las corrientes piroclásticas o “nubes ardientes”, arrasaron la comunidad de Francisco León y otras situadas dentro de un radio de 6 km del volcán. En junio, dos meses después de la erupción, los materiales de esas corrientes estaban aún tan calientes que era imposible tocarlos. Las corrientes de ceniza estancaron los ríos y arroyos formando lagos de agua hirviendo, la apertura de uno de esos embalses naturales causó inundaciones catastróficas en los cauces de los ríos Magdalena, Sayula y Grijalva (fotografía 79).



Fotografía 79.- Cráter del Volcán Chichonal, en una vista hacia el oeste.

V.4.- PELIGRO VOLCANICO EN LA PLANICIE COSTERA DEL PACÍFICO

En esta región el riesgo volcánico que presenta el volcán Tacaná, es de un riesgo bajo, debido a la distancia a la que se encuentra, en función que el viento tenga dirección oeste y la columna alcance un área de influencia de 40 km, afectaría a los municipios de Pijijiapan, Mapastepec, Acacoyagua, Escuintla, Acapetahua, Pueblo Nuevo Solistahuacán, Tapachula, Huehuetán, Mazatán, con caída de ceniza con un espesor variable entre 4.72 y 61.38 cm. Para el caso en donde el viento tenga una dirección sur y con una columna de influencia de 40 km, los municipios que se ven afectados son; Tapachula, Frontera Hidalgo y Suchiate, con un espesor que varía de 4.72 a 18.89 cm de ceniza, y para el caso de una columna de 30 km con una dirección de vientos al suroeste, los municipios que se

afectarían con la caída de ceniza son: Pueblo Nuevo Solistahuacán, Huixtla, Tapachula, Tuzantán, Huehuetán, Tuxtla Chico, Metapa y Frontera Hidalgo, con un espesor que va de 4.72-18.89 cm de ceniza de acuerdo al modelo elaborado por CENAPRED (Figura 39).

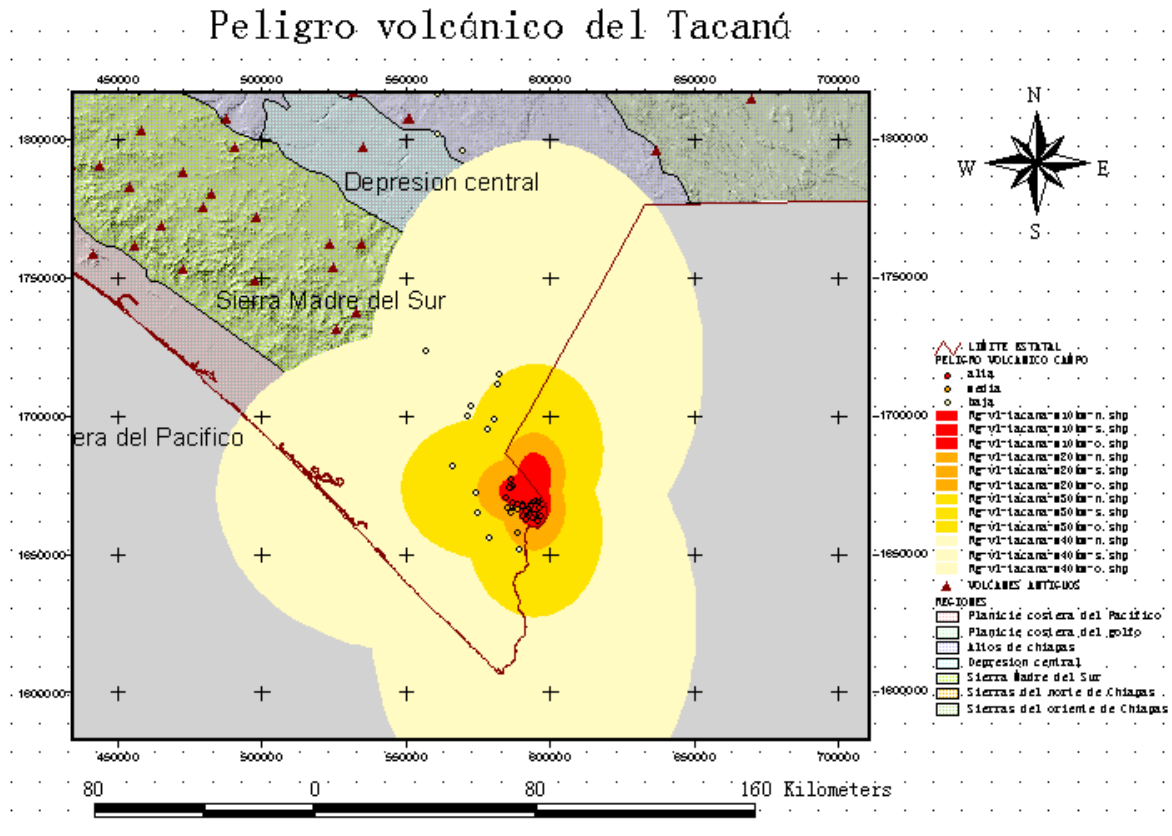
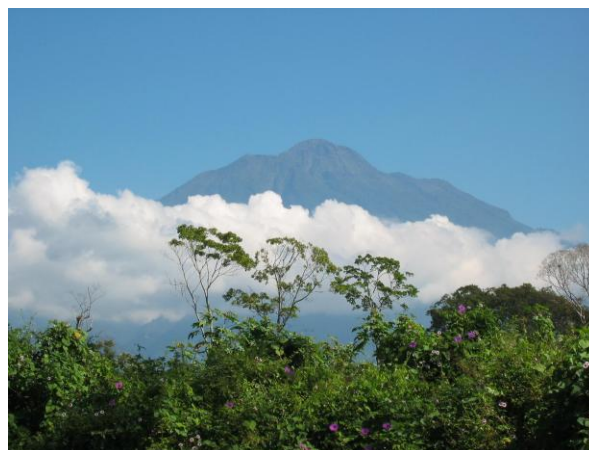


Figura 39.- Áreas de influencia del peligro volcánico que presenta el volcán Tacaná, en la Planicie Costera del Pacífico, con dirección de vientos suroeste.



Fotografía 80.- Vista del Volcán Tacaná.

V.5.- PELIGRO VOLCANICO EN LA SIERRA MADRE DEL SUR

En la región de la Sierra Madre del Sur, la actividad volcánica del Tacaná representa un peligro muy alto ya que los depósitos de ceniza ocasionan el colapso de algunos techos construidos con materiales frágiles que tienen la mayoría de las comunidades cercanas dentro de un radio de 50 km, el azolve de los cauces de ríos, la afectación de cosechas y terrenos utilizados para pastoreo, cuerpos de agua, azolve de cauces de arroyos, principalmente en aquellos lugares donde el espesor de ceniza puede ser mayor de 10cm. Durante las últimas erupciones, las comunidades afectadas con los diferentes tipos de lava que van desde viscosidad baja hasta alta, fueron parte de Tapachula, Cacahoatán y Unión Juárez, que se encuentran más próximos al cono volcánico; además se verificaron algunos lugares cercanos al volcán (HU-097, TA2-16, TA1-23, TA1-24, TA1-25, TA1-26, TA1-27, TA1-28, TA1-29, HU-099, TA2-1, TA2-2, TA2-3, TA2-4, TA2-5, TA2-6, TA2-7, TA2-8, TA2-9, TA2-12, TA1-1, TA1-2, TA1-3, TA1-4, TA1-5, TA1-6, TA1-7, TA1-8, TA1-9, TA1-10, TA1-11, TA1-12, TA1-13, TA1-14, TA1-15, TA1-16, TA1-22). En el punto ubicado a 150 m del poblado Chiquihuite (TA1-2), sobre el camino de tercería se observó un afloramiento de materiales volcánicos en un corte de 50 m con una altura de 25 m, que consiste de una brecha volcánica con fragmentos que varían de tamaño de grava gruesas a bloques, todo este material es muy anguloso y se encuentra en una matriz de arena fina sin compactar, todo el material presenta una coloración gris claro. Los fragmentos que se encuentran en el afloramiento son de dacita, basalto y andesita aunque también se tienen fragmentos de una toba vítrea. (Fotografía 81).



Fotografía 81.-Brecha volcánica cercana a la comunidad del Chiquihuite.

En la comunidad de San Isidro (TA2-1), durante una antigua actividad volcánica se presentó la caída de rocas y flujos de lodo afectando zonas de agricultura y algunas casas que se encontraban cerca del cauce de arroyo que pasa por la comunidad, provocando el azolve del mismo(fotografía 82).



Fotografía 82.- Comunidad de San Isidro, obsérvese el tamaño de los bloques cercanos a la comunidad.

En el poblado El Chiquihuite (TA1-02, TA1-03, TA1-04,) se encontraron sitios con diferentes materiales que muestran el peligro volcánico de la región como son lahares y brechas volcánicas compuestos de fragmentos muy angulosos los cuales varían en tamaño de gravas a bloques (bombas), en el poblado Toquián Viejo.



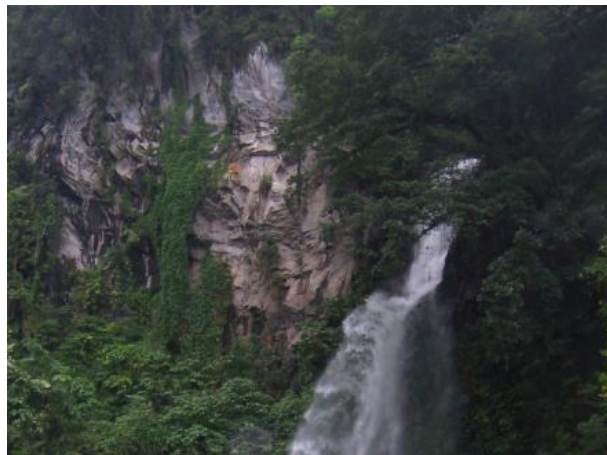
Fotografía 83.- Contacto entre una brecha volcánica y ceniza, material es extraído utilizado como arena para la construcción.

Otros sitios importantes se reconocieron a 600 metros del poblado de Toquián (TA1-05, TA1-06) en donde se tiene un banco de material, en la parte superior se tiene una toba arenosa color pardo oscuro con fragmentos del tamaño que varían de gravas a bloques cementadas en una matriz de arena fina. La parte inferior se caracteriza por ser una brecha sin consolidar con fragmentos de tamaño de gravas gruesas y bloques muy angulosos cementados en una matriz de arena fina (Fotografía 83).



Fotografía 84.- Banco de extracción de material

Otras rocas volcánicas se han reconocido en los caminos de las poblaciones de Fracción Azteca y Chiquihuite (TA1-07, TA1-08, TA1-09) en donde la roca es una andesita de piroxeno, plagioclasa y olivino, con formas euhedrales, en una matriz muy fina. Otras rocas volcánicas son de brecha volcánica con una abundancia de fragmentos de clastos que varían de tamaños de gravas gruesas y bloques cementados en una matriz de arena fina.



Fotografía 85.- Cascada Arizona, en donde se encuentra andesita de color gris oscuro.

En Puente Amaca, con dirección hacia Santa María, (TA1-10) se encontró una brecha con fragmentos muy angulosos que varían de tamaño de gravas a bloques y en el camino que une las poblaciones de Benito Juárez, Balneario "Los Rosales" y Alpujarráz se tiene una pared de 15 metros de altura y una longitud de 40 m (TA1-11, TA1-12, TA1-13) en donde se tiene un granito muy alterado y fracturado (Fotografía 86) así como tobas arenosas entre Alpujarráz y El Platanal, toba volcánica semiconsolidada de color pardo oscuro con fragmentos que varían de tamaño de gravas a bombas.



Fotografía 86.- Granito muy alterado, presenta intemperismo esferoidal, originando pequeños deslizamientos de material sobre el camino.

En el poblado Puente Colorado (TA1-14, TA1-15) se encontró una toba arenosa color pardo oscuro con fragmentos que varían de tamaño de gravas a bombas (principalmente de granito) semi redondeados y en la carretera Unión Roja y Pavencul (Fotografía 87) se encontró una brecha volcánica (TA1-16, TA1-17, TA1-18).



Fotografía 87.- Contacto entre brecha volcánica y granito alterado, en temporada de lluvia se presentan algunos deslizamientos sobre la carretera.

V.6.- PELIGRO VOLCANICO EN LA DEPRESIÓN CENTRAL

El peligro volcánico que presenta el Volcán Tacaná en la Depresión Central es bajo, viéndose afectado por ceniza volcánica; para una columna de influencia de 40 km y con una dirección de vientos hacia el norte, los municipios que se verían afectados son: Frontera Comalapa, La Concordia, Chicomuselo, Socoltenango, La Independencia, Tzimol y La Trinitaria, con un espesor variable de ceniza de 4.72 a 14.16 cm.

Peligro volcánico del Tacaná

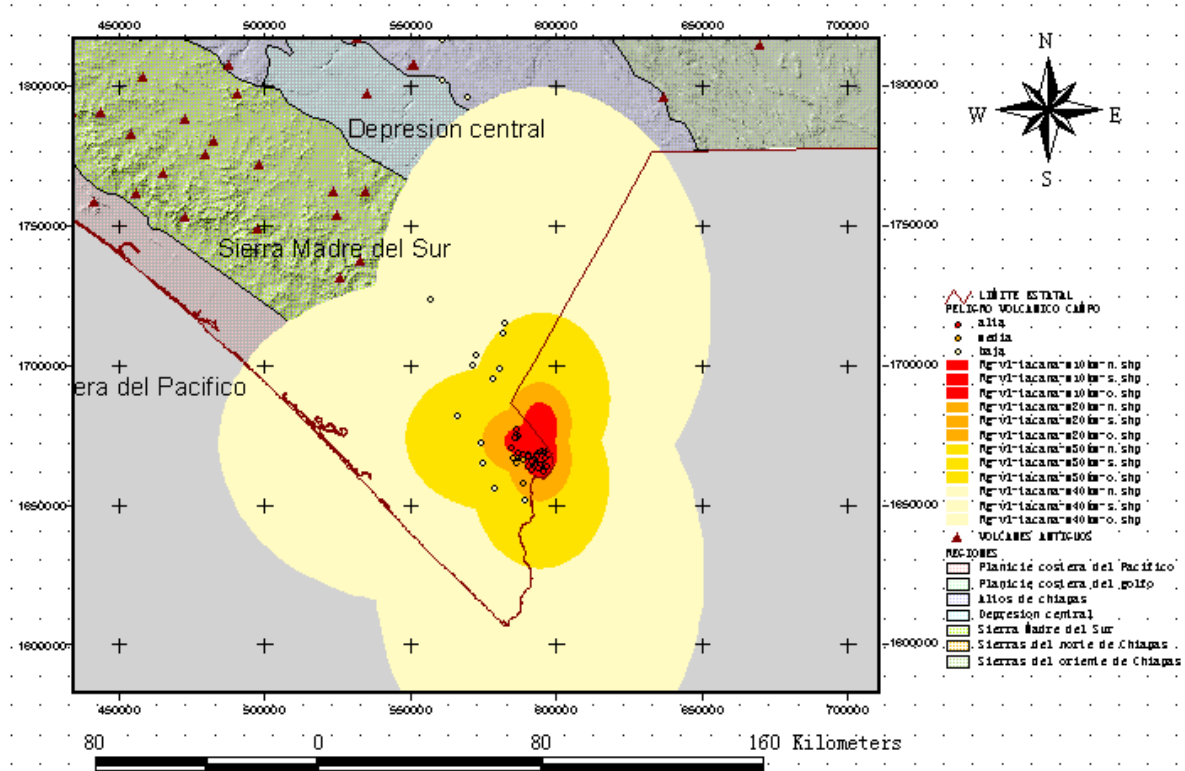


Figura 40.- Áreas de influencia del peligro volcánico que presenta el volcán Tacaná, en la Depresión Central de Chiapas, con dirección de vientos Norte-Noroeste.

V.7.- PELIGRO VOLCANICO EN LOS ALTOS DE CHIAPAS

El peligro en esta región está determinado por el Volcán Chichonal, debido a la tendencia de vientos predominantes con dirección noreste y sureste. Esto sucede cuando la columna tiene una altura de 40 kilómetros, de acuerdo a un modelo de peligro volcánico determinado por CENAPRED. Únicamente se pueden presentar algunos depósitos de cenizas que podrían provocar problemas de sobrepeso en las terrazas o posibles cañerías tapadas y algunos problemas respiratorios. Los municipios afectados por caída de cenizas son: Larrainzar, Soyalo, San Fernando, Copainala, Tecpatán, Chenalho y Osumacinta.

Volcanismo



Figura 41.-Áreas de influencia del peligro volcánico, en Altos de Chiapas, con dirección de vientos al Este-Sureste.

Hacia el sur de la región de los Altos de Chiapas se presenta el peligro volcánico por actividad del volcán Tacaná. El Riesgo volcánico en esta región es bajo, por la presencia de ceniza volcánica del Tacaná y con una dirección de vientos hacia el norte, con una columna de influencia de 40 km, los municipios que se verían afectados son: Comitán de Domínguez, Socoltenango, La Independencia, Tzimol y La Trinitaria (Figura 41), con un espesor variable de ceniza de 4.72 a 14.16 cm (Fotografía 88).

Volcanismo

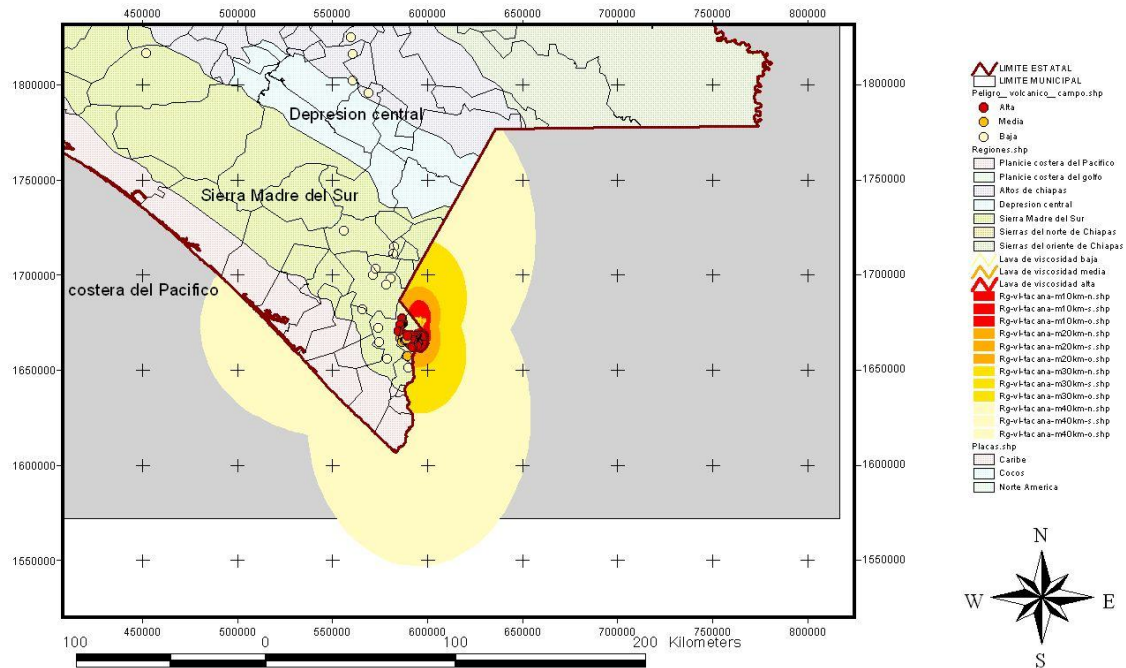


Figura 42.- Áreas de influencia del peligro volcánico que representa el volcán Tacaná hacia los Altos de Chiapas, con dirección de los vientos hacia el Noroeste.



Fotografía 88.- Vista de la fumarola del Volcán Tacaná, Chiapas.

V.8.- PELIGRO VOLCANICO EN LAS SIERRAS DEL NORTE DE CHIAPAS

El riesgo en esta región es de alta a media, donde se presentan daños en cultivos, viviendas así como de ganadería y pérdidas humanas. Los principales municipios que fueron afectados por el Volcán Chichonal durante las últimas erupciones son: Pichucalco, Ostucán, Sunuapa, Ixtacomitán, Francisco León y Chapultenango. Los poblados más afectados

son: Colonia El Volcán, Guadalupe Victoria, El Naranjo, Xochimilco, El Cocayo, Catedral de Chiapas, Francisco León, Francisco León Viejo, donde se presenta la mayor afectación por la caída de cenizas y de bloques.

La localidad de Francisco León fue destruida en su totalidad en la erupción de 1982, actualmente se esta poblando y ya existen 3 casas con 14 personas dedicadas al cultivo.



Fotografía 89.- Localidad de Francisco de León, la cual se encuentra muy cerca del Volcán Chichonal.

La localidad Colonia El Volcán fue destruida en su totalidad en la erupción de 1982, actualmente se encuentran nuevos asentamientos, conformado de 5 casas con 20 habitantes. En la siguiente fotografía se puede observar el depósito de algunos eventos volcánicos, con fragmentos de pómez que van de 1 mm hasta 4 mm los más gruesos, teniendo un espesor variable de 4cm hasta 19 cm de cada depósito.



Fotografía 90.- Colonia el Volcán, Pichucalco (PV016). Se observan los materiales de los diferentes eventos volcánicos.



Fotografía 91.- Vista del cráter del Volcán Chichonal, Chiapas.

Volcanismo

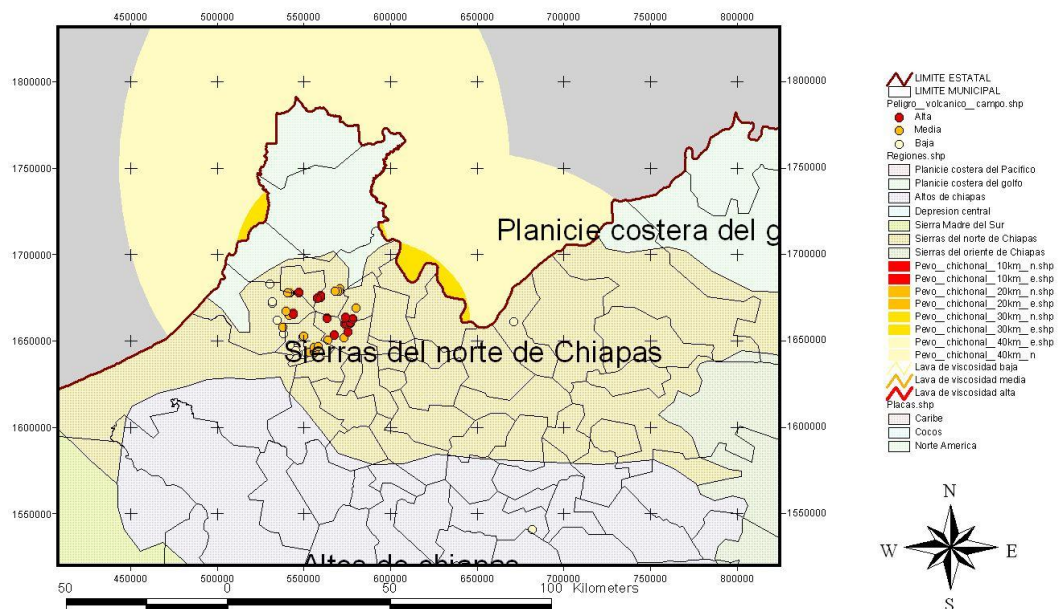


Figura 43.- Áreas de influencia del peligro volcánico que representa el volcán Chichonal, en la Sierra del Norte de Chiapas, con dirección de vientos al Noreste.

V.9.- PELIGRO VOLCANICO EN LA PLANICIE COSTERA DEL GOLFO DE MÉXICO.

En esta región se presenta un bajo riesgo volcánico. Por lo que únicamente se puede presentar algunos depósitos de cenizas que podrían provocar problemas de sobre peso en las terrazas o posibles cañerías tapadas y algunos problemas respiratorios. El riesgo de afectación en esta región se suscito cuando la columna de ceniza del volcán tuvo una altura de 30 a 40 kilómetros, y los municipios más afectados fueron: Ostucán, Pichucalco, Juárez, Reforma y Salto del Agua.

Volcanismo

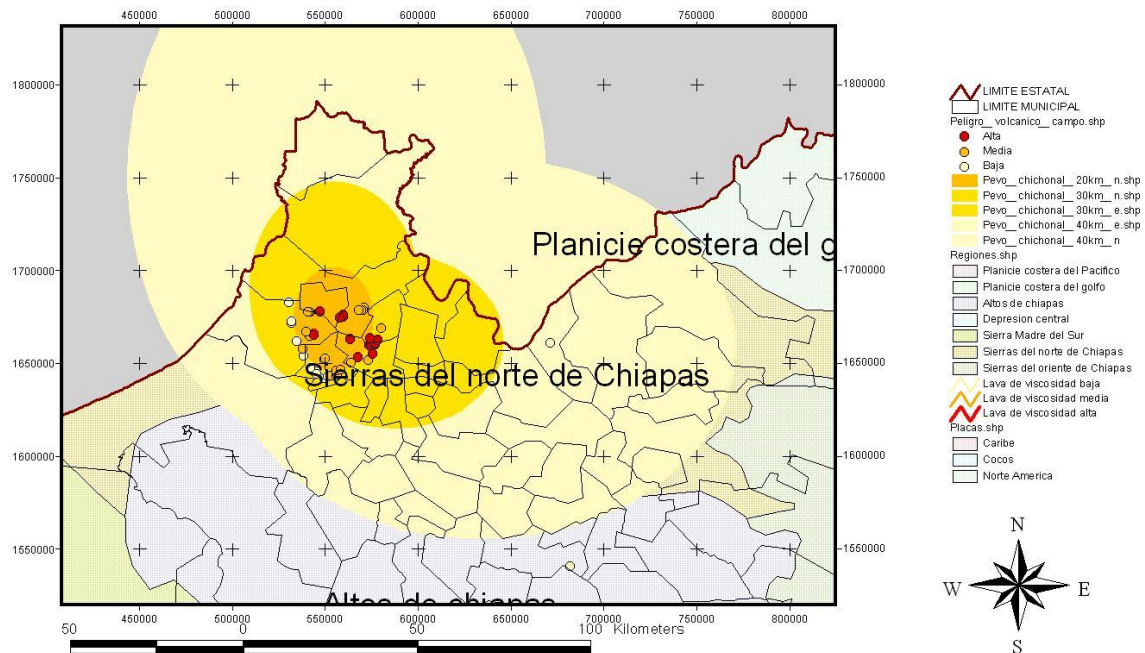


Figura 44.- Áreas de influencia del peligro volcánico, en Planicie costera del Golfo de México, con dirección de vientos al Noreste.

Se verificaron en varios sitios los efectos por materiales piroclásticos del volcán Chichonal (V010, V011, V015, PV004, PV005, PV011, PV013, PV014, PV015, PV016, PV017, PV018, PV019, PV022, PV024) que definen un peligro alto para la región, mientras que en otros puntos (OS019, V001, V009, V012, V016, V017, V018, V019, V020, PV001, PV002, PV003, PV006, PV007, PV008, PV009, PV010, PV012, PV023) marcan un peligro medio y algunos otros (OS017, V002, V003, V004, V005, V006, V007, V009, V013, V014) marcan un peligro bajo (ver anexo).

VI.- PELIGROS POR TSUNAMI

VI.- PELIGROS POR TSUNAMI

Los Tsunamis son originados principalmente por tres procesos geológicos: (1) sismos en las márgenes continentales, (2) derrumbes de grandes volúmenes de sedimentos en el fondo oceánico, (3) erupciones volcánicas. Un cuarto proceso, que es menos frecuente es la caída de meteoritos. Los tsunamis originados por sismos son los más comunes y son los que afectan las costas del Pacífico mexicano. De acuerdo a la distancia al sitio que originó el tsunami, se les ha clasificado como local, el cual se debe a la actividad sísmica de la región y el segundo es distante, originado por la actividad sísmica de todas las regiones alrededor del Océano Pacífico. Los tsunamis tienen la facilidad de desplazarse a miles de kilómetros de distancia desde el lugar en que se originan. En mar profundo la ola o tsunami puede pasar desapercibida, pues su altura es de unos cuantos centímetros y su longitud (distancia entre crestas) puede alcanzar cientos de kilómetros y a pesar de su gran velocidad de desplazamiento (cientos de kilómetros por hora), el tiempo de paso (período) de dos crestas consecutivas por un mismo punto puede ser de 15 a 60 minutos, por lo cual no son visibles desde un barco o un avión (Farreras, 1997). Sin embargo, una vez que el tsunami se aproxima a la costa, la longitud y velocidad de desplazamiento disminuyen, mientras que la altura se incrementa, aunque el período se mantiene constante (como se muestra en la figura de abajo). Un tsunami que en mar profundo puede ser de más de 250 km de longitud, de 1 m de altura y tener una velocidad de más de 900 km/h, en mar somero, a una profundidad de 10 m, la altura de la ola puede alcanzar más de 5 m, la longitud puede disminuir hasta 10 km y la velocidad puede disminuir hasta 35 km/h. Es así que los tsunamis se tornan peligrosos en las zonas costeras.

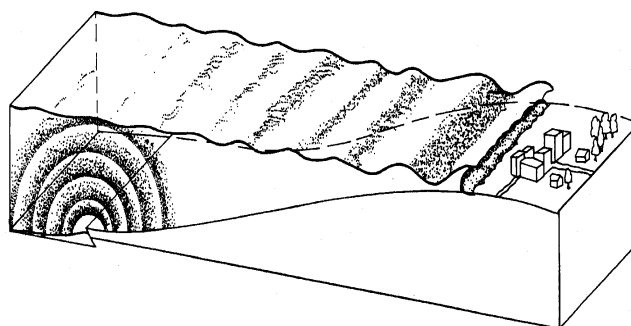


Figura No.32.- Generación, propagación y arribo a la costa de un tsunami o maremoto (tomada de Farreras, 1997)

Se ha observado que los tsunamis son generados por la ocurrencia de sismos bajo el lecho marino, con magnitudes mayores a 6.5 y duración mayor a 20 segundos (dependiendo de la magnitud del sismo). Sin embargo, también es muy importante el desplazamiento de bloques en la

ruptura que originó el sismo. Para el estado de Chiapas, los tsunamis locales pueden ser producidos en la región de la Fosa Mesoamericana, debido a la interacción entre las placas Cocos y Norteamérica, desde la boca del Golfo de California, hasta Centroamérica. La localización de epicentros de sismos que ocurrieron en un período de más de 30 años (Figura 45) muestra una marcada distribución en la región marina del sur y sureste de México la cual está esta afectada por una intensa actividad sísmica, en donde se han generado tsunamis que han afectado seriamente a varias comunidades costeras. Considerando la velocidad de desplazamiento de un tsunami, éste puede arribar a costas chiapanecas en un lapso menor a 1 minuto, si el sismo se presenta en el mismo Golfo de Tehuantepec o en términos de 3 a 4 horas para sismos frente a las costas de Guerrero y Michoacán.

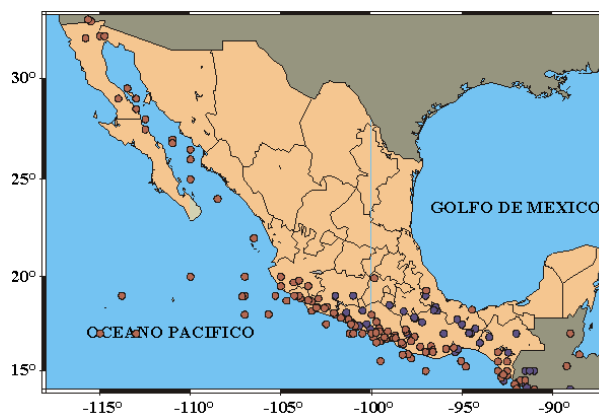


Figura 45.- Localización de epicentros de sismos de magnitudes mayores a 6.5, que ocurrieron durante el siglo XX (Tomado de Sismicidad en México, del Servicio Sismológico Nacional)

Por otra parte, los tsunamis lejanos o remotos son generados por sismos que ocurren en las márgenes del Océano Pacífico, en lugares tan alejados como Japón, Chile o Nueva Zelanda. La figura de abajo es un ejemplo que muestra un modelo de los tiempos de propagación de un tsunami hipotético generado en la Fosa Mesoamericana, frente a la costa de Acapulco y su desplazamiento en la cuenca del Pacífico. Esta misma figura se puede utilizar para determinar de manera gruesa tiempos de arribo de tsunamis lejanos o remotos a las costas del sur de México, que pudieran ser generados en regiones lejanas del Océano Pacífico.

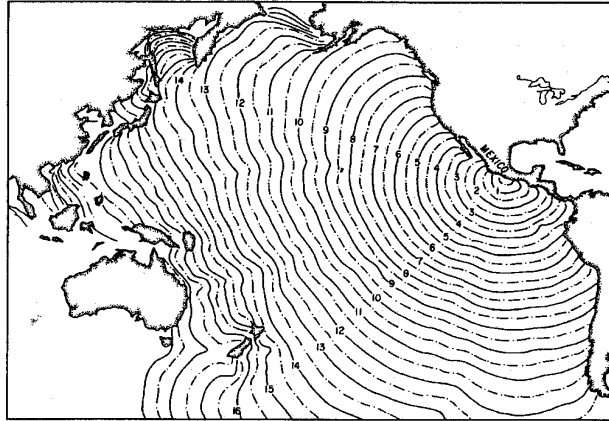


Figura 46.- Carta de tiempos de propagación de tsunamis generados en la Fosa Mesoamericana, frente a la costa de Acapulco (tomada de Farreras, 1997)

VI.1.- TSUNAMIS LEJANOS

La mayoría de los tsunamis de origen lejano, generados por sismos de magnitudes grandes (mayores a 7.0) afectan toda la costa mexicana del Pacífico, desde Tijuana Baja California, hasta Puerto Madero, Chiapas. Estos tsunamis se han registrado en la mayoría de las grandes ciudades costeras, aunque las olas de los tsunamis pueden ser de alturas diferentes, que dependen de la dirección con que las olas arriban a la costa, así como de la profundidad en el frente marítimo. Los registros de los siglos XVIII y XIX provienen de narraciones por habitantes de las grandes ciudades de esta costa, los registros del siglo XX han sido documentados por la prensa y de algunos se tienen fotografías. De los tsunamis de las últimas décadas se han evaluado los daños. En la costa de Chiapas no se tienen registros, sin embargo por estar dentro del Golfo de Tehuantepec, se considera que los datos de la ciudad de Salina Cruz, pueden ser tomados como referencia. Así, la mayoría de los tsunamis lejanos han provocado olas en Salina Cruz, Oaxaca., con alturas menores a 0.5 m, y pocos han alcanzado alturas mayores a 1 m (tabla 3). De acuerdo a los datos, los tsunamis registrados en Salina Cruz han sido originados en diversas zonas de las márgenes del Océano Pacífico, tales como Alaska, Asia y Sudamérica, lo que muestra que no hay una región de generación de tsunami de mayor o menor importancia para el Golfo de Tehuantepec (Arellano, 2003).

Fecha	Epicentro del Sismo	Zona del Sismo	Magnitud del Sismo	Lugar de registro del Tsunami	Altura máx. de olas (m)	Índice de Validez
4, Nov. 1952	52.8 ^a N 159.5 ^a E	Kamchatka	8.3	Salina Cruz, Oax	1.2	4
9, Mar. 1957	51.3 ^a N, 175.8 ^a W	Islas Aleutianas	8.3	Salina Cruz, Oax	0.4	4
22 May. 1960	39.5°S, 74.5°W	Chile	8.5	Salina Cruz, Oax	1.6	4
13 Oct. 1963	44.8°N, 149.5°E	Kuriles	8.1	Salina Cruz, Oax	0.5	4
28 Mar. 1964	61.1°N, 147.6°W	Alaska	8.4	Salina Cruz, Oax	0.8	4
4 Feb. 1965	51.3°N, 179.5°E	Islas Aleutianas	8.2	Salina Cruz, Oax	0.5	3
17, Oct. 1966	10.7 ^a S, 78.6 ^a W	Perú	7.5	Salina Cruz, Oax	0.2	4
29 Nov. 1975	19.4°N, 155.1°W	Hawái	7.2	Salina Cruz, Oax	0.3	4
14 Ene. 1976	29.0°S 178.0°W	Kermadec	7.3	Salina Cruz, Oax	0.2	4

Índices de validez: 3 = tsunami probable; 4 = tsunami definido

Tabla 3.- Maremotos de origen lejano registrados en Salina Cruz en el período de 1950 a 1990 (datos tomados de Farreras, 1997).

VI.2.- TSUNAMIS LOCALES

Los tsunamis de origen local registrados en el puerto de Salina Cruz, Oax., desde 1732 a 1985 son únicamente 2; uno en 1957 que alcanzó una altura de 0.3 m y un segundo en 1973 que alcanzó una altura de 0.2 m (ver tabla 4). Ambos tsunamis fueron ocasionados por sismos de magnitudes mayores a 7.0 y fueron originados en Aguascalientes y Colima. De acuerdo al registro histórico, se han presentado sismos en la Fosa Mesoamericana con magnitudes similares, los cuales han generado tsunamis importantes en otros Estados de la República, pero que no han sido registrados en Salina Cruz. Es el caso del tsunami de 1932 que alcanzó cerca de 10 m de altura en Cuyutlán, Colima y que fue generado por un sismo de magnitud 7.7 con epicentro en las costas de Jalisco. Otro tsunami no registrado en Salina Cruz fue el de 1985, generado por un sismo de magnitud 8.1 y que alcanzó una altura de 3 m en el área de Ixtapa-Zihuatanejo.

Fecha	Epicentro del Sismo	Zona del Sismo	Magnitud del Sismo	Lugar de registro del Tsunami	Altura máx. de olas (m)	Índice de Validez
Jul. 28, 1957	16.5°N 99.1° W	Aguascalientes	7.9	Salina Cruz, Oax	0.3	4
Ene. 30, 1973	18.4° N 103.2°W	Colima	7.5	Salina Cruz, Oax	0.2	4

Índices de validez: 3 = tsunami probable; 4 = tsunami definido

Tabla 4.- Maremotos de origen local, observados o registrados en el Golfo de Tehuantepec (datos tomados de Farreras, 1997).

VI.3.- MORFOLOGÍA DE LA PLANICIE COSTERA DE CHIAPAS

La costa del Estado de Chiapas es parte del Golfo de Tehuantepec y presenta una planicie costera con una amplitud que varía entre 20 km en la porción noreste a 30 km en el sureste, y se extiende a todo lo largo del Estado. Esta planicie costera está limitada por la Sierra de Chiapas y en su porción sureste por el Volcán Tacaná. La altura del parteaguas varía de 1,000 m en la porción Noroeste y se incrementa hacia el sureste, alcanzando alturas de 2,400 a 2,900 m en sus partes central y sureste. El Volcán Tacaná alcanza una altura de 4110 m. La vertiente, desde el parteaguas principal hasta la base de la sierra, en donde inicia la planicie costera, tiene una amplitud que se incrementa de noroeste a sureste, desde 10 km en la porción noroeste, hasta 30 km en la porción sureste. Presenta pendientes muy abruptas y en algunos sitios se observan caras libres. Sobre la planicie costera existen algunos cerros bajos, aislados, que se localizan a distancias de la línea de costa que varían de 10 a 20 km (Fotografía 92), aunque estos no tienen accesos rápidos, los cuales en la mayoría de los casos están en mal estado. Una excepción son las elevaciones próximas a la población de La Polka, Tonalá, de las cuales la más prominente es el Cerro Bernal y se localizan a una distancia de poco más de 3 km de la línea de costa (Fotografía 93); al pie de dichas elevaciones existen lagunas y planicies de inundación, sobre las cuales se encuentran varias comunidades agrícolas y pesqueras.



Fotografía 92.- Al fondo a la izquierda se observa el Cerro La Encomienda, que alcanza una altura de 200 m y se localiza en la parte media de la planicie costera de Chiapas. Foto tomada en el puente Río Pijijiapan, Carretera federal 200.



Fotografía 93.- La Polka, Tonalá, población pesquera al pie de las elevaciones que circundan al Cerro Bernal, el cual se observa al fondo a la izquierda. Estas elevaciones se localizan en las márgenes de la laguna La Joya, a aproximadamente 3.5 km de la costa

VI.4.- PELIGRO POR TSUNAMI EN LA PLANICIE COSTERA DEL PACIFICO

El peligro por tsunami ha quedado definido con base en la interpretación en gabinete de la sismicidad del estado, los sismos lejanos y locales y el trabajo de verificación en campo de los abanicos aluviales, lagunas y planicies de inundación, manglares y barreras e islas de barreras y cordones antiguos. El peligro se ha zonificado en dos regiones: peligro alto y peligro medio en donde se ven afectados los municipios de Arriaga, Tonalá, Pijijiapan, Mapastepec, Acapetahua, Huehuetán, Mazatán y Suchiate (Figura 47).

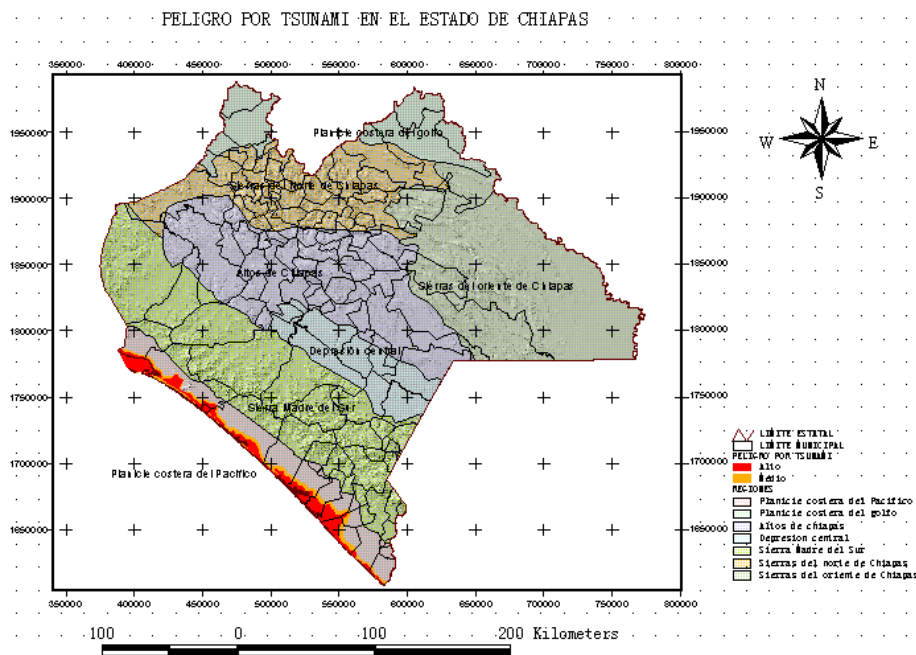


Figura 47. Mapa de peligro por Tsunami. Nótese la zonificación en la zona de la costa.

VI.5.- UBICACION DE ABANICOS ALUVIALES

La vertiente del Pacífico de la Sierra de Chiapas es drenada por varios ríos perennes, que han desarrollado una serie de abanicos aluviales del Pleistoceno, ya sea individuales o adyacentes, de los cuales los más importantes, de norte a sur, son los formados por los ríos: Las Arenas – Agua Dulce, Los Horcones – Las Hermanas, San Isidro, San Diego, Urbina – Pijijiapan, Coapa, Margarita – Las Arenas, Novillero, San Nicolás, Cacaluta – Cintalapa, Vado Ancho – Despoblado, Huixtla, Huehuetán, Coatán – Cahuacán – Suchiate. La porción apical de estos abanicos presentan profundidades de disección de entre 6 y 10 m, aunque los cauces activos pueden alcanzar más de 150 m de ancho. Hacia la porción media, la profundidad de disección disminuye rápidamente y el ancho se incrementa, de tal manera que en las porciones media-baja y distal los ríos siguen un cauce de orillas construidas. Las porciones distales de los abanicos están limitadas por una serie de lagunas costeras y planicies de inundación, distribuidas a lo largo de toda la costa de Chiapas. El abanico más grande es el formado por los ríos Coatán – Cahuacán – Suchiate y es el único abanico que no está marginado por lagunas, aunque sí por planicies de inundación. El Río Suchiate, cuyo cauce en parte es la frontera México – Guatemala, drena un área muy extensa que no pudo ser evaluada debido a que parte de la cuenca de drenaje se localiza en el País vecino. Este río descarga sus aguas y sedimentos directamente al Golfo de Tehuantepec, forma un abanico-delta de pendiente muy suave, con ápice formado en las inmediaciones de Ciudad Hidalgo. El Suchiate es el río más grande de la costa de Chiapas y su descarga de agua y material sedimentario son muy importantes en los procesos costeros del Golfo de Tehuantepec, principalmente en la formación de playas.

VI.6.- LAGUNAS Y PLANICIES DE INUNDACIÓN

Las lagunas costeras, localmente llamadas pampas, (fotografía 94) y planicies de inundación, ocupan una franja que varía en amplitud entre 5 a 10 km, y tienen extensiones de varias decenas de kilómetros, son muy someras, excepto en canales, en donde la profundidad puede ser mayor a 5 m. Debido a que reciben un flujo importante de agua dulce por descargas de los ríos, y a que la comunicación con el Golfo de Tehuantepec es restringida, la salinidad de las lagunas es muy baja y el nivel del agua es ligeramente mayor al nivel medio del mar, por lo que se genera un flujo casi permanente hacia el mar, excepto en los meses de estiaje, en los que el nivel del agua en las lagunas desciende al mínimo. Aún en esos meses se presentan descargas de los ríos, por lo que las lagunas más internas

presentan salinidades muy bajas. El lirio cubre las áreas inundadas durante los meses de precipitaciones abundantes y parte de los cuerpos principales de las lagunas. Existen canales artificiales que comunican lagunas y áreas de inundación (fotografía 95), los cuales cumplen dos funciones importantes; son utilizadas como vías de comunicación entre las poblaciones pesqueras y sirven para drenar las lagunas y planicies de inundación durante lluvias intensas (ciclones y huracanes), y de esta manera evitar que el nivel del agua suba demasiado.



Fotografía 94.- Laguna (Pampa) La Joya en la población Belisario Domínguez. Nótase la poca profundidad y los mangles en las márgenes de la laguna



Fotografía 95.- Canal artificial en planicie de inundación, en el poblado Agua Tendida. Comunica la laguna interior El Cheto

VI.7.- MANGLARES

En las márgenes de las lagunas y las áreas entre una y otra laguna a lo largo de la planicie costera, existen pantanos de manglar. La densidad de los manglares es variable, en algunas lagunas se observan pocos árboles de mangle, pero en otras lagunas la densidad es muy alta, cubriendo áreas de varios kilómetros cuadrados. Tal es el caso del área de Reserva de la Biosfera La Encrucijada, en donde domina el mangle rojo que presenta alturas mayores a los 15 m. Los pantanos de manglar son también áreas

sujetas a inundación, presentan canales por los que el flujo es restringido, por lo que el drenado de estas áreas es lento.

VI.8.- BARRERAS E ISLAS DE BARRERA

Las lagunas costeras están protegidas del Golfo de Tehuantepec por islas de barrera y barreras arenosas de amplitudes variables, aunque en su mayoría son estrechas (alrededor de 200 m de ancho) y con alturas bajas que varían de 3 a 6 msnm. Sobre las barreras arenosas se asientan comunidades pesqueras con accesos carreteros de terracería en muy mal estado y algunas a las que solo se puede acceder en lancha (fotografía 96). En su mayoría las casas son de construcción débil, principalmente de materiales de madera (mangle y palma). En barreras muy estrechas (menores a 150 m) como en Zacapulco y Boca del Cielo, la vegetación es escasa e incluso la porción interna puede estar desprovista de vegetación; en barreras más amplias, como la de Puerto Arista que alcanza 500 m de ancho, la vegetación es abundante, tanto de palmeras en su parte superior, como de mangle en la porción interna, el cual puede formar pantanos muy amplios.



Fotografía 96.- Lázaro Cárdenas en la parte interna de una barrera arenosa.



Fotografía 97.- Barrera arenosa en Zacapulco, con altura máxima de 4 m y ancho de 150 m.

VI. 9.- CORDONES DE DUNA ANTIGUOS

Los cordones de duna antiguos se observan en sitios próximos a planicies de inundación, en algunas islas y en algunas barreras (fotografías 97 y 98). Dichos cordones están ahora cubiertos por vegetación y sobre ellos se asientan algunas de las poblaciones pesqueras y agrícolas, como Paredones (fotografía 99), El Zapotal, Cabeza de Toro, Puerto Arista, entre otros. Estos sitios son los más adecuados para asentamientos humanos, debido a que algunos cordones alcanzan alturas de poco más de 4 msnm, es decir, son las áreas más altas a lo largo de la franja costera contigua al litoral del Golfo de Tehuantepec.



Fotografía 98.- Cordones de duna antiguos, estabilizada por vegetación, en la zona de Puerto Arista. Aquí los cordones tienen alrededor de 4 msnm.



Fotografía 99.- Paredones, población asentada parcialmente sobre cordones de duna antiguos. Las alturas varían desde menos de 1 msnm en zonas periféricas a los cordones, hasta 4 o 5 msnm, como es el panteón.

Aunque los cordones de duna antiguos son los sitios más adecuados para los asentamientos humanos y aún existen terrenos sin asentamientos, existen muchas comunidades y viviendas individuales que están asentadas en las planicies de inundación o en las periferias de cordones de duna

antiguos, en sitios con alturas menores a 1 msnm (fotografías 100 y 101). En la mayoría de los casos, dichas construcciones son de madera; desde troncos fuertes, hasta ramas y otros productos vegetales.



Fotografía 100.- Casas al lado de canales de inundación, construidas a menos de 1 msnm en la comunidad pesquera y turística de Punta Flor



Fotografía 101.- Casa construida en terreno sujeto a inundación. Nótese la marca en el poste, correspondiente al nivel que comúnmente alcanza el agua.

VII.- CONCLUSIONES

1.- Con base en el mapa de peligro por erosión, se ha determinado dos áreas importantes de erosión muy alta; la Sierra Madre del Sur, en su límite sur oriental, desde el municipio de Tonalá hasta el de Motozintla y en las Sierras del Norte, desde el municipio de Chapultenango hasta el de Yajalón.

2.- La erosión se ve favorecida por los cambios de uso de suelo, de forestal a agrícola de temporal y urbano, proceso que se ha desarrollado en los últimos 50 años y continúa en crecimiento.

3.- La erosión es un proceso natural que no se puede evitar sin embargo puede ser mitigada mediante programas de reforestación y ordenamiento territorial en áreas urbanas, sobre todo en las zonas marginadas.

4.- El peligro por erosión de oleaje se circunscribe a la sección entre Puerto Madero y Emiliano Zapata en donde el peligro es de alto a muy alto.

5.- El resto de la costa de Chiapas, puede ser afectada por erosión de oleaje de alta energía asociado a los ciclones tropicales y se recupera en un periodo de meses, por lo que se considera que las playas del Estado están expuesta a un peligro de bajo a moderado.

6.- La playa de Zacapulco esta expuesta a un peligro alto, ya que corresponde a una barrera que cerró una de las bocas del área de La Encrucijada y podría abrirse nuevamente con oleaje extraordinario.

7.- En la proximidad de Puerto Madero la erosión es severa, por lo que se recomienda buscar una solución de estabilización de la línea de costa, ya que esta afectando terrenos de propiedad privada, además de que el proceso se puede extender cada vez más hacia el norte.

8.- El peligro por la inestabilidad de laderas es alto en los límites entre la Sierra Madre del Sur y la Depresión Central, con peligros por caída de bloques, deslizamientos y flujos de lodo en donde son vulnerables los municipios de Villaflores Villa Corzo, Comitán de Domínguez, La Concordia, Socoltenango, Tzimol, La Trinitaria, Chicomuselo, Motozintla y Frontera Comalapa.

9.- Hacia el norte también se ven afectados los municipios de San Fernando, Berriozabal, Osumacinta, Ixtapa, Chiapa de Corzo y Tuxtla Gutiérrez porque se encuentran dentro de un corredor de fallas geológicas

de los sistemas San Fernando, Malpaso – Muñiz y Chicoasén – Malpaso.

10.- La deforestación, los cambios de uso de suelo de forestal a agrícola, las pendientes mayores a 40 grados y los periodos de lluvias intensas han favorecido el desarrollo de deslizamientos, caídas de bloques, derrumbes y flujos de lodo en los últimos 50 años.

11.- El peligro sísmico está presente en todo el estado con un nivel de intensidad bajo, sin embargo es medio y alto en los límites de las regiones de la Depresión Central y la Sierra Madre del Sur, por la presencia de fallas geológicas activas de los sistemas La Concordia, La Trinitaria, Mapastepec, Polochic y Tacaná.

12.- Los municipios más vulnerables por peligro sísmico con intensidades mayores a VI grados Mercalli son: Comitán de Domínguez, La Concordia, Socoltenango, Tzimol, La Trinitaria, Chicomuselo, Frontera Comalapa, Ángel Albino Corzo, Bellavista, Siltepec, Amatenango de la Frontera, La Grandeza, Bejucal de Ocampo, Acacoyagua, Escuintla, Motozintla, El Porvenir, Mazapa de Madero y Tapachula, debido al su alto índice de marginación.

13.- En la Planicie Costera del Pacífico el peligro por sismos es alto para los municipios de Arriaga, Tonalá, Pijijiapan, Mapastepec, Acapetahua, Huehuetán, Mazatán, Frontera Hidalgo y Suchiate, en donde se presentan grandes sismos frecuentes, con una aceleración del terreno mayor al 75% de la gravedad.

14.- El peligro volcánico del volcán Chichonal es de alto a muy alto para los municipios Pichucalco, Ostucán, Sunuapa, Ixtacomitán, Solosuchiapa, Francisco León, Chapultenango, Ixhuatán y Ocoatepec por flujos piroclásticos, flujos de lodo y caída de bloques, lapilli y ceniza. Sin embargo el peligro de nivel medio puede afectar a otros 16 municipios al norte y al oriente por caída de ceniza fina.

15.- El peligro volcánico del volcán Tacaná es de alto a muy alto para los municipios Motozintla, Tapachula, Cacahoatán, Unión Juárez y Tuxtla Chico por flujos piroclásticos, avalanchas, flujos de lodo y caída de bloques, lapilli y ceniza. Otros municipios afectados por peligro medio y bajo son Escuintla, Pueblo Nuevo, Huixtla, Tuzantán, Huehuetán, Mazatán y Suchiate.

16.- La región de la Planicie Costera del Océano Pacífico tiene un peligro

por maremotos, de nivel alto y medio debido a los tsunamis de origen distante o bien a los sismos generados en la Fosa Mesoamericana, que afecta a las zonas portuarias Puerto Arista y Puerto Madero y a los municipios Arriaga, Tonalá, Pijijiapan, Mapastepec, Acapetahua, Pueblo Nuevo, Huixtla, Tapachula, Mazatán y Suchiate.

17.- La región del Istmo de Tehuantepec presenta mucha actividad sísmica, entre la fosa Meso Americana y la zona de la costa, con posibilidades de sismos de magnitud mayor a 7 grados Richter. Aún cuando se cuenta con información histórica desde 1990, no es suficiente para definir periodos de retorno menores a 50 años.

VIII.- RECOMENDACIONES

1.- La principal recomendación para todo el estado de Chiapas es llevar a cabo programas de reforestación, evitar la quema de bosques para fines agrícolas y promover la regulación de los cambios de uso de suelo, principalmente en aquellas zonas en las que se ha alterado la vegetación natural y que tienen laderas potencialmente inestables.

2.- Promover la reforestación entre parcelas y campos de cultivo para mitigar la erosión de los suelos, sobre todo al sur del estado.

3.- Vigilar los sedimentos del Río Suchiate, ya que ésta es la que mantiene la estabilidad de una parte importante de la costa de Chiapas, a través del abastecimiento de sedimentos. Si este aporte llegara a cortarse, se podría originar un efecto parecido al de los espigones de Puerto Madero.

4.- Promover obras de gaviones en lugares donde el arrastre de material perjudique vías de comunicación o asentamientos humanos, sobre todo en los municipios de la zona costera.

5.- Promover obras de anclaje, mallado y zarpeado en taludes y cambios fuertes de pendiente en las regiones de la Sierra Madre del Sur y la Planicie Costera del Pacífico.

6.- Promover estudios geotécnicos antes de construir vías de comunicación primaria, para considerar el relieve, fallas, fracturas, intemperismo, erosión, deforestación, sismicidad y fenómenos hidrometeorológicos históricos como variables de importancia.

7.- Promover programas para evitar la deforestación, sobrepastoreo,

construcción de viviendas y obras civiles en laderas inclinadas donde el material pétreo es arcilloso, con riesgo de deslizamiento o caída de bloques.

8.- Promover programas para evitar que el agua de los drenajes domésticos se infiltre en el terreno, fugas de agua y drenajes de agua pluvial.

9.- Promover programas para revisar constantemente las construcciones para identificar evidencias de deslizamiento como son la presencia de grietas, rompimiento de los muros y pisos, inclinación de árboles y de obras y servicios.

10.- Realizar un programa de prevención en las zonas potencialmente peligrosas para evacuar bajo condiciones latentes de riesgo como son huracanes y lluvias extraordinarias a la población localizada sobre laderas inestables o al pie de ellas.

11.- Fragmentar bloques de gran tamaño que perjudiquen asentamientos humanos y colocarlos en terrenos de menor pendiente con el fin de evitar que la acción del agua los arrastre, principalmente en la región Sierra Madre del Sur.

12.- Reubicar aquellos asentamientos que se encuentren en laderas con pendientes mayores y sean potencialmente inestables.

13.- En cuanto al aprovechamiento de recursos geológicos, se debe de regular la extracción de aquellos bancos de material que no cuenten con medidas de seguridad o representen peligro inminente a poblaciones u obras civiles; como es el caso de los bancos de material que se encuentran en la carretera que va de Motozintla a El Porvenir y en San Cristóbal de las Casas, en donde se realiza la extracción en terrenos con pendientes mayores a 40° con taludes de hasta 200 m, afectando el tránsito y a las poblaciones aledañas al lugar.

14.- Es necesario evitar la construcción de zonas urbanas en las faldas de un volcán, o simplemente reducir la vulnerabilidad con techos muy inclinados, para evitar el colapso de los mismos por la acumulación de ceniza.

15.- En el caso de que se produzca el fenómeno de erupción, es importante contar con un plan de emergencia.

16.- Aunque las zonas afectadas por la erupción de un volcán resultan ser

las más fértiles, no es recomendable que sean habitadas o pobladas nuevamente. Los desastres volcánicos pueden prevenirse. El estudio del pasado de los volcanes, el monitoreo de su presente y la interpretación de sus procesos, ayuda a los volcanólogos a anticipar erupciones. Cuando estos estudios se usan conjuntamente con los especialistas y la cooperación de los líderes comunales, se pueden evitar pérdidas humanas.

17.- Por último dar información a poblaciones sobre desastres naturales, información de las vías de evacuación, ubicación de los albergues y divulgación de programas a las poblaciones cercanas a los volcanes Chichonal y Tacaná.

BIBLIOGRAFÍA

- Arellano T., E., 2003.** Variación del Patrón de Circulación Superficial del Golfo de Tehuantepec Determinado por el Registro Sedimentario de Foraminíferos Planctónicos Durante el Cuaternario Tardío. Tesis de Maestría, ICMYL-UNAM, 68 p .
- Ayala, F.J., y Olcina C., 2002.** Riesgos Naturales. Editorial Ariel. 1512 p.
- Comisión Federal de Electricidad, CFE, 1998.** Regionalización de peligro sísmico de la República Mexicana.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres, Instituto de Geofísica, UNAM. 2001.** Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. Secretaría de Gobernación.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2005.** Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligro y riesgos. Secretaría de Gobernación.
- Cortes T. H., 1991,** “Caracterización de la Erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados”, Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México; 168 p.
- Esteva, L. y Rosenbleuth, E., 1964.** Espectro de temblores a distancias moderadas y grandes. Sociedad Mexicana de Ingeniería sísmica, Boletín, Vol. 2. pp. 1-18.
- Farreras, S., 1997.** Tsunamis en México. M.F., Lavín (Ed), Contribuciones a la Oceanografía Física en México, Monografía No. 3. Unión Geofísica Mexicana. pp.75-98.
- Gallegos, G.A. y Barberán, J., 1998.** Surgencia Eólica. Cap. 3: 27-34. En Tapia, G.M. (ed), El Golfo de Tehuantepec: el Ecosistema y sus Recursos.; UAM, México, 240p.
- García, E, 1981.** Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. UNAM 3ª Ed, México; 252 p
- Gracia, J. y Domínguez, R., 1998.** Erosión, Fascículo 8, Secretaría de Gobernación y CENAPRED.
- García, J. F., Oscar, F. M., Gracia, S. J., 1995.** Erosión de laderas. Cuadernos de investigación. Número 24. Secretaría de Gobernación y Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- Herrera, C. S., 2002.** Regionalización de los deslizamientos en México. Academia de Ingeniería. 22p.
- Lomnitz, C., 1974.** Global tectonics earthquakes risk. Developments in geo tectonics 5.

Elsevier scientific Pub. Co. pp. 24-27

Lomeli, C.J., 1998. La proyección cartográfica para la República Mexicana. Univ. Nal. Rep. Mexicana. 149 p.

Macías, J.L., Capra, L., Scott, K.M., Espíndola, J. M., García, P. A., Costa, J. E., 2003. The 265 May 1982 breakout flows derived from failure of a volcanic dam at El Chichón, Chiapas, Mexico. Geological Society of America Bulletin, Vol. 116, No. 1, pp. 233-246.

Matheron, G., 1963. Le Krigeage, in traite de geostatistique, Tome II, N. 24. Bureau de recherches geologiques et minieres. B.R.G.M., pp. 9-13.

Richter, C.F., 1958. Elementary seismology. Freeman. San Francisco, Cal., 768 p.

Tilling, R. I., y Punongbayan, S., 1993. Los peligros Volcánicos. U.S. Geological Survey.

Thorne, L. y Terry, C. W., 1995. Modern global seismology. Academic Press. pp 9 - 12.

Secretaría de Marina, 1980. Estudio Oceanográfico del Golfo de Tehuantepec. Inv. Ocean/Tehua-04-78. Dirección General de Oceanografía, México. Tomo I-III.

Secretaría de Desarrollo Social y Consejo de Recursos Minerales, 2004. Guía metodológica para la elaboración de atlas de peligros naturales a nivel de ciudad, identificación y zonificación, 101 p.

Servicio Sismológico Nacional, 1990 - 2003. Boletín del Servicio Sismológico Nacional. Epicentro del periodo 1990 - 2003.

Wischmeier W. H., And Smith D.D., 1958, "Rainfall Energy and its Relationships to Soil Loss", Transac., AGU.

Wischmeier W. H., And Smith D.D., 1978, "Predicting Rainfall Erosion Losses a Guide to Conservation Planning", U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537.