



FOTOGRAFIA NO. 1
DAÑOS EN LA CIUDAD DE OAXACA
OCASIONADOS POR EL SISMO DE 1931

**PELIGROS DE ORIGEN GEOLÓGICO Y
LOCALIZACIÓN DE ZONAS VULNERABLES**

INTRODUCCIÓN

El territorio del estado de Oaxaca, a través del tiempo ha sufrido el embate de manifestaciones de origen geológico, que han provocado la pérdida de vidas humanas y en mayor o menor grado daños materiales a la infraestructura y al entorno ecológico; siendo los terremotos, los deslizamientos de laderas y la erosión las más frecuentes.

Sabemos que en ocasiones la ocurrencia de este tipo de fenómenos es inevitable, dado que no depende su ocurrencia de la mano del hombre, sin embargo si podemos contribuir a mitigar sus efectos, con la finalidad de evitar al máximo la pérdida de vidas humanas.

El presente capítulo tiene como finalidad concentrar y difundir la información existente de las condiciones de peligros de origen geológico al que se ve expuesto el territorio Oaxaqueño y su población, así mismo la ubicación de esta información de manera geográfica, la cual está basada en estudios especializados en el tema, pretendiendo en principio que la población tenga acceso a esta información y con ello crear una conciencia firme de las condiciones de peligro que se localizan en el territorio, a fin de implementar medidas y acciones de prevención y autoprotección.

ANTECEDENTES

El 14 de Enero de 1931. Se da en la mitad del territorio nacional, fuerte sismo de seis grados de la escala de Mercalli durante cuatro minutos, afectando a Oaxaca, Puebla, Guerrero, Tlaxcala, Veracruz, México, Michoacán, Distrito Federal, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Tabasco, Campeche y Chiapas. Su epicentro se localizó en Miahuatlan de Porfirio Díaz, Oaxaca

En el estudio de fenómenos naturales, los efectos sísmicos en el territorio Mexicano son los más preocupantes para los científicos nacionales, por su imprevista frecuencia y potencial daño.

La región de Oaxaca, comprendida entre los 15.00° y 18.50° de Latitud Norte y los 94.50° y 98.75° de Longitud Oeste, es una de las regiones con más alta sismicidad en México. Esta actividad sísmica está asociada al proceso de subducción de la Placa de Cocos por debajo de la Placa de Norteamérica. Este límite tectónico es conocido como la zona de subducción y es la zona donde se localizan aproximadamente el 85-90% de los sismos que ocurren en nuestro país. Del año 1974 a 1996, el Servicio Sismológico Nacional registró 27,533 sismos mayores de magnitud 2.5 grados Richter. De estos sismos 8,030 ocurrieron dentro del estado de Oaxaca, esto es aproximadamente 30% de los sismos registrados y localizados en nuestro país. En la tabla que se muestra mas adelante, podemos observar que han ocurrido 21 eventos mayores de magnitud 7 dentro de los límites de Oaxaca. Algunos de estos ocurren en: 1903 (M=8.3), 1928(M=8, 7.5, 7.8, 7.4, 7.6, 1931 (M=8, gran desastre en la ciudad de Oaxaca), 1978 (M=7.8), por citar algunos cuantos.

Después de un sismo de magnitud moderada o grande es común la ocurrencia de repeticiones, también llamadas réplicas, que se caracterizan por ser menores en número y en magnitud con el paso del tiempo y que puede durar varias semanas. Algunos de estos temblores posteriores pueden llegar a sentirse sobretodo en sitios muy cercanos a la región epicentral. Tal es el caso del sismo del 2 de febrero de 1998 (M=6.4) que ocurrió en las costas de Oaxaca, ocasionando daños menores en las ciudades de Puerto Angel y Pochutla y sentido en el Valle de México. Este sismo produjo 14 réplicas mayores de magnitud 4.0 (máxima de 4.7) en una semana.

Teniendo en cuenta sus características y peligrosidad, en la región de Oaxaca se pueden distinguir tres tipos principales de temblores de importante magnitud.

- a) De subducción, asociados directamente al contacto entre las dos placas, con un mecanismo focal de falla inversa de bajo ángulo, con epicentros en la costa y una profundidad entre 15 y 20 km.
- b) De falla normal y una profundidad de 65 a 115 km, que tienen lugar en la placa subducente con epicentros en el interior del continente, al norte de la Cd. De Oaxaca que se encuentra a una latitud de 17°.
- c) De falla normal y una profundidad aproximada de 25 a 40 km, con epicentros al sur de la Cd. de Oaxaca, de este tipo de eventos sólo uno ha sido estudiado, el Temblor de Enero de 1931 con magnitud igual a 8.0

A continuación se presenta una cronología de sismos históricos en los últimos 500 años que se han presentado en el estado de Oaxaca y que por su impacto en la sociedad se han considerado como los sismos más importantes en la entidad.

Día	Mes	Año	Mag.	Observaciones
		1501		Fuerte terremoto sacude la meseta de Anáhuac, dicho sismo fue sentido en la Mixteca, Sierra Zapoteca, Sierra Mazateca, La Chinantla y la Zona Chontal.
		1502		Hace erupción el volcán Popocatepetl; provoca varios sismos de importancia, que fueron percibidos en el Edo. de Oaxaca.
01	04	1532	7.0°	Se sintió un fuerte sismo en la cañada y pueblos de la sierra, cabe mencionar que este fue el primer sismo que percibieron los Españoles en la recién fundada villa de Antequera.
17	3	1542	7.0°	Fuerte movimiento sísmico causa daños a edificios e iglesias en la recién fundada villa de Antequera.
31	12	1603	7.0°	Terremoto trepidatorio, con duración aproximada de 12 minutos destruye el convento de San Pablo y el colegio de la compañía de Jesús, muchas viviendas colapsadas. Así mismo en la región de la Mixteca muchos templos y conventos fueron averiados.
3	3	1604	7.0°	Fuerte sismo daña totalmente parte de los edificios de la Ciudad de Oaxaca, el convento San Pablo quedó totalmente derribado.
8	1	1608	7.0°	Fuerte sismo provoca la caída de la recién construida techumbre del convento de San Pablo.
13	2	1619	8.0°	Sismo oscilatorio de gran magnitud averió casas y edificios de la ciudad de Oaxaca, se dice que este movimiento, se extendió a más de 500 leguas de sur a norte sintiéndose en toda la República.
4	11	1630	7.0°	Sismo oscilatorio con duración de aproximadamente 21 segundos, No se registraron daños.
23	8	1696	7.5°	Gran sismo causa grandes estragos en casas y edificios de la ciudad. Nuevamente el convento de San Pablo queda en su totalidad destruido, así como el convento de San Francisco, la Merced, La iglesia de Santo Domingo sufre grandes daños en bóvedas y campanarios.
21	12	1702	7.0°	Sismo trepidatorio con duración de aproximadamente 12 segundos, provoca la destrucción de casas y edificios de la ciudad, entre ellos el templo de la Merced.
6	8	1711	7.5°	Fuerte movimiento causa estragos en la región de la Mixteca, gran parte de torres y bóvedas de los templos de esta región fueron derribados.
5	5	1714	7.5°	Fuerte movimiento sacude a la región de la cañada y sierra norte, éste tuvo una duración de 15 segs, afectando a la gran mayoría de construcciones de esta región

10	5	1727	7.5°	Temblor daña severamente casas habitación y edificios de la ciudad de Oaxaca, el colegio de la Compañía de Jesús, las bóvedas del templo de la Compañía tienen que ser demolidas ante el gran deterioro que sufrieron.
25	8	1740	7.0°	Muchos edificios y casas de la ciudad resultan severamente dañados.
28	3	1775	7.5°	Terremoto de gran magnitud que duró aproximadamente 5 minutos causa daños a casas habitación y edificios públicos, la cárcel que se ubicaba en el exconvento de Santa Catarina sufrió daños considerables a tal grado que el corregidor don Mariano del Llano, dió instrucciones para que los presos fueran evacuados, por el temor de que los presos perecieran sepultados, ya que las techumbres se desplomaron y comentan que fué tan fuerte este sismo que las personas no podían mantenerse en pié.
3	4	1787	8.5°	Fuerte sismo provoca la caída de las torres de la iglesia de San Francisco en la ciudad de Oaxaca.
23	3	1795	7.0°	El convento de Santo Domingo y Carmen alto, tuvieron serios problemas en su estructura, el templo de Consolación quedó totalmente destruido.
8	3	1800	7.0°	Terremoto causa daños a edificios notables en la región de la Mixteca y Cañada.
5	10	1801	8.0°	Fuerte sismo, causa el derrumbe de viviendas provocando la muerte de 7 personas y 80 heridos, el convento de la concepción queda totalmente destruido.
2	2	1841	7.0°	Sismo de gran intensidad afecta a edificios y casas en el Istmo de Tehuantepec.
9	3	1845	8.0°	Fuerte movimiento, provoca daños severos a edificios públicos y casas particulares en la ciudad de Oaxaca. El edificio más dañado fue nuevamente el Templo de San Pablo.
5	5	1854	8.0°	Sismo daña templos en la región de la Mixteca y Valles centrales.
8	3	1855	7.0°	Movimiento telúrico daña viviendas y templos de Silacayoapan, esto en la región de la Mixteca.
11	5	1870	7.0°	Fuerte sismo destruye completamente los barrios de San Francisco, Consolación, la Defensa, San Juan de Dios, los Príncipes, San Agustín, Las Nieves y La Merced. Fallecen los señores Eduardo Bravo, Carmen Parra, Eurica Díaz Mantecón, María de Jesús Vargas y 6 personas más del barrio de San Juan de Dios, registrándose 50 heridos de gravedad.
27	3	1872	7.0°	Sismo causa grandes estragos afectando especialmente la parte sur de la Ciudad de Oaxaca.
19	7	1882	7.5°	Gran cantidad de casas quedaron totalmente destruidas en Huajuapán, Silacayoapan y Juxtlahuaca. Se registraron mas de 800 familias damnificadas.
3	8	1885	6.0°	Se registró un sismo de mediana intensidad que duró aproximadamente 24 segundos. Provocando la caída de varios edificios e iglesias en Tehuantepec.
28	3	1887		En este año hace referencia el historiador José Antonio Gay, que no se pudieron referir uno a uno los temblores debido a su excesivo número.
14	1	1903	8.3	Costa de Oaxaca
3	2	1911	7.3	Veracruz-Oaxaca
27	3	1911	7.0	Oaxaca
29	12	1917	7.1	Costa de Oaxaca
22	3	1928	7.7	Costa de Oaxaca
2	6	1916	7.1	Daños severos en el Istmo de Tehuantepec.
17	4	1928	7.7	Hundimiento de un cerro en estación Paryan zona de la Cañada.
9	10	1928	7.4	Daños considerables en la región epicentral abarca gran extensión del

				centro y sureste de México
4	8	1928	7.3	Severos daños en Jamiltepec, Pinotepa y otros lugares de la región de la costa y valles centrales.
17	6	1928	7.5	Causa daños severos en Juquila y la región de los Mixtepec.
15	1	1931	8	Daños apreciables en la costa y centro de Oaxaca.
16	1	1931	7	El sismo provoca grandes daños en varias poblaciones de la costa y valles centrales.
5	6	1935	7	Daños considerables en Copala y Juchitán.
26	07	1937	7.2	Veracruz Oaxaca
23	12	1937	7.7	Guerrero Oaxaca
2	1	1938	7.2	Provoca severos daños en Cacahuatpec y Pinotepa Nacional.
20	11	1942	7.2	Causa grandes daños en Juchitán de Zaragoza.
25	11	1942	7.2	Sismo destructor en la región de Cacahuatpec y Pinotepa Nacional
11	10	1945	7.1	Fuerte sismo en la región de Oaxaca, daños considerables en Huajuapam de León.
07	06	1946	7.1	Istmo de Tehuantepec
11	7	1946	7.1	Muy fuerte en la región limítrofe de Oaxaca y Veracruz.
11	8	1948	7	Daños considerables en Cuicatlán, Huautla y otros lugares de la región.
14	12	1950	7.5	Causa daños severos en Pinotepa Nacional.
9	7	1951	6.25	Varios muertos en Miahuatlán de Porfirio Díaz, este temblor fué sentido en el centro de México y Sureste.
23	8	1965	7.8	Oaxaca
22	8	1968	7.4	Oaxaca
28	8	1973	7.3	Veracruz Oaxaca
29	11	1978	7.8	Costa de Oaxaca
22	6	1979	6.5	Istmo de Tehuantepec
24	4	1983	6.7	Golfo de Tehuantepec
13	7	1986	6.0	Istmo de Tehuantepec
15	7	1987	6.0	Oaxaca
25	2	1996	6.9	Costa de Oaxaca
19	3	1996	6.0	Costa de Oaxaca
19	7	1997	6.3	Costa de Oaxaca
2	2	1998	6.4	Costa de Oaxaca
14	9	1995	7.2	Fuerte sismo con epicentro en las costas de Oaxaca y Guerrero que provoca daños en escuelas públicas y 135 familias fueron damnificadas en la región de la Costa.
15	6	1999	7	Sismo trepidatorio con epicentro en Huajuapam de León provoca daños en el 80% de edificios y casas habitación de San Pedro y San Pablo Teposcolula.
30	9	1999	7.4	Fuerte sismo con epicentro en las costas de Oaxaca. Provoca la muerte de 21 personas y más de 100 heridos. Así como el derrumbe de viviendas y puentes, daños estructurales en iglesias y escuelas públicas.

1.1 Tectónica de Placas

Las fuerzas tectónicas, son aquellas que tienen que ver con la formación y la configuración de la Tierra, las que han dado lugar a la aparición de montañas, valles, desfiladeros, fallas, continentes y océanos mismos.

La corteza terrestre se encuentra dividida en 17 grandes piezas que se les denominan “**placas tectónicas**”, las cuales se encuentran en constante movimiento causado por las fuerzas internas del interior del planeta (Figura 1). En el caso específico del territorio nacional éste se encuentra dividido en cinco placas tectónicas, ubicándose la mayor parte del territorio del país en la placa de Norteamérica, la cual se encuentra en fricción y choque con las otras placas, originando la mayor parte de los sismos fuertes.

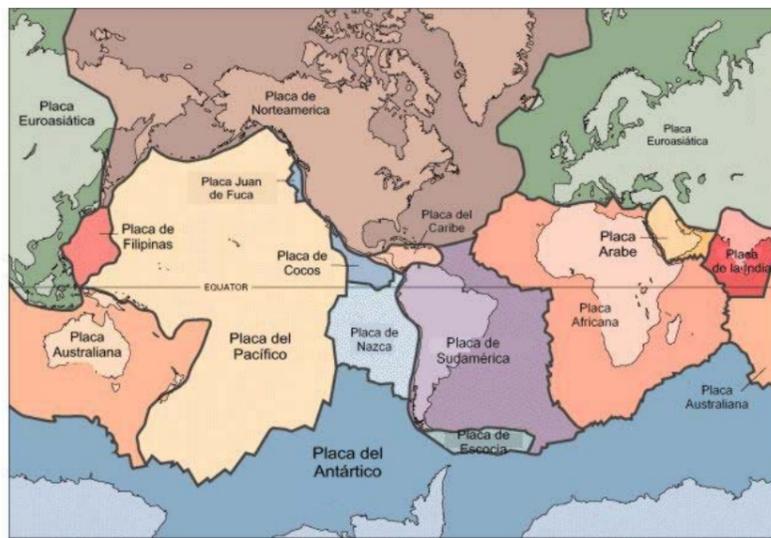


Figura No. 1. Distribución de las placas tectónicas en la tierra

Estas placas componen un rompecabezas tectónico y los límites entre ellas son las zonas sísmicas más activas debido a su interacción. Por supuesto, ocurren temblores de origen volcánico, así como los provocados por deslizamientos de tierra, por el colapso de los techos de las minas, por explosiones producidas por el hombre, y aún debido al impacto de meteoritos sobre la superficie terrestre. La diferencia radica en que todos estos temblores son pequeños en comparación con los de origen tectónico. Los temblores son manifestaciones de la repentina liberación de la energía de deformación acumulada por largos periodos de tiempo en la corteza terrestre.

La corteza continental del sur de México se caracteriza por una composición semejante a las rocas graníticas, de densidad y peso menor a las rocas basálticas de las que se compone la corteza oceánica, es decir la placa oceánica es más densa y pesada que la placa continental. El estado de Oaxaca se ubica dentro de la placa tectónica continental llamada “Norteamérica” que se encuentra interactuando con la placa oceánica llamada ‘Placa de Cocos’ (Figura 2).



Figura No.2 Placas tectónicas del sur de México. el estado de Oaxaca se encuentra dentro de la placa “norteamericana”, la que esta en contacto tectónico con la placa de “cocos” a lo largo de la fosa “mesoamericana” en donde ocurre un proceso de subducción y destrucción de la corteza oceánica.

El modelo actual de tectónica de placas (Drummond, 1981) en su configuración del sur de México muestra un margen tectónico convergente entre las placas Cocos y Norteamérica, el cual ha estado activo desde la era geológica Mesozoica (Padilla y Sánchez, 1986; Urrutia, 1986) en donde la actividad sísmica ha estado presente durante millones de años. Si bien la región de Guerrero- Michoacán ha sido documentada como la más activa (Mota, et al., 1986), y quizás la más peligrosa de México (Ferraes, 1971; Herrera, et al., 1985).

La actividad en el estado de Oaxaca es significativamente intensa, durante más de 180 millones de años ha tenido manifestaciones en actividad sísmica y volcánica. La corteza continental en el estado de Oaxaca se encuentra afectada por esfuerzos de deformación y ruptura por cizalla debido a la interacción de las placas Norteamérica y Cocos que ocurre a lo largo de la fosa mesoamericana en donde la placa de Cocos es destruida bajo la placa Norteamérica en un proceso geológico de escala terrestre llamado subducción. La placa de Cocos presenta un movimiento hacia el este en un desplazamiento promedio de 7 centímetros por año lo que genera una colisión de placas, así la corteza oceánica es destruida en la **zona de decreción** de la fosa mesoamericana y una parte menor de ella se suma a la corteza continental en la **zona de acreción** en el talud continental (Figura 3).

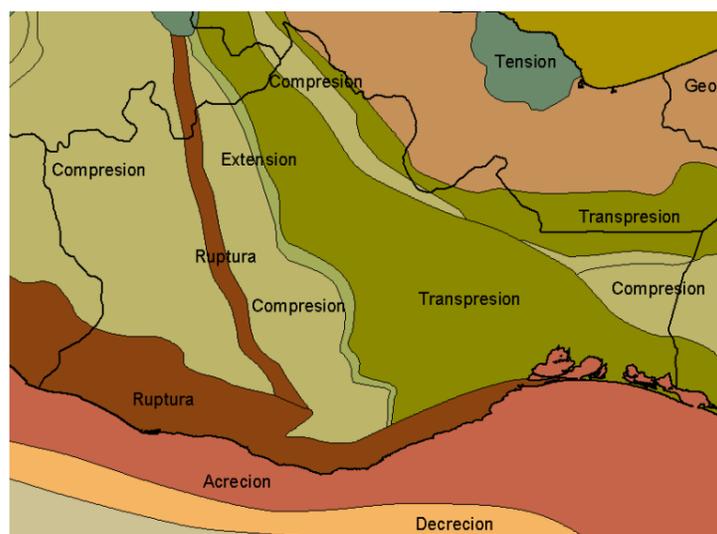


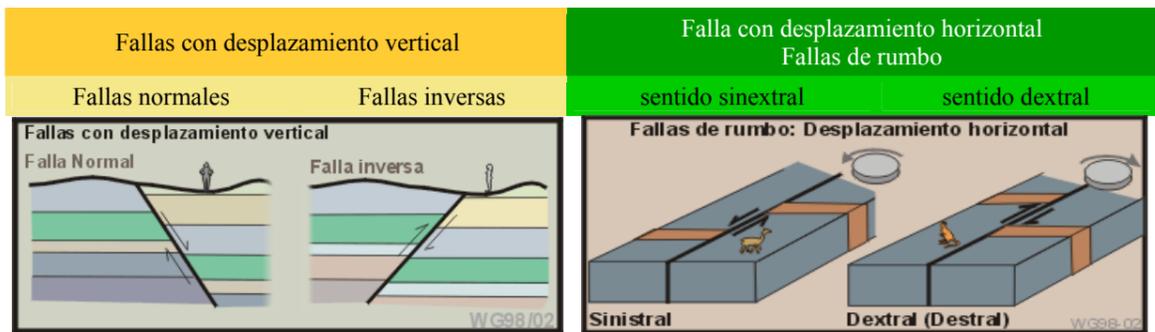
Figura No. 3.- Distribución de los procesos tectónicos en el sur de México. nótese los ambientes tectónicos de compresión y transpresión en el estado de Oaxaca, truncados en la porción sur por los ambientes de ruptura, decreción y acreción tectónica.

1.2 Fallas y Estructuras geológicas

Las rocas de Oaxaca, se encuentran afectadas por tres sistemas principales de rompimiento o dislocación, las cuales se clasifican en fallas laterales, normales e inversas.

Fallas normales son un producto de fuerzas extensionales, **fallas inversas** un producto de fuerzas de compresión.

Existen principalmente dos tipos de fallas con un desplazamiento horizontal: Fallas con un sentido del movimiento **sinextral** (contra reloj) y fallas con un sentido del desplazamiento **dextral** (sentido del reloj).



Existen en el estado de Oaxaca un sin número de fallas, de las cuales 52 de ellas se encuentran plenamente identificadas y clasificadas, presentándose de la siguiente manera 4 normales, 10 inversas, 10 de desplazamiento lateral izquierdo, 25 de desplazamiento lateral derecho, un pliegue-falla, un graben y un anticlinal como se muestra en la Figura No. 4. Las estructuras más importantes de rompimiento o desplazamiento son las siguientes:

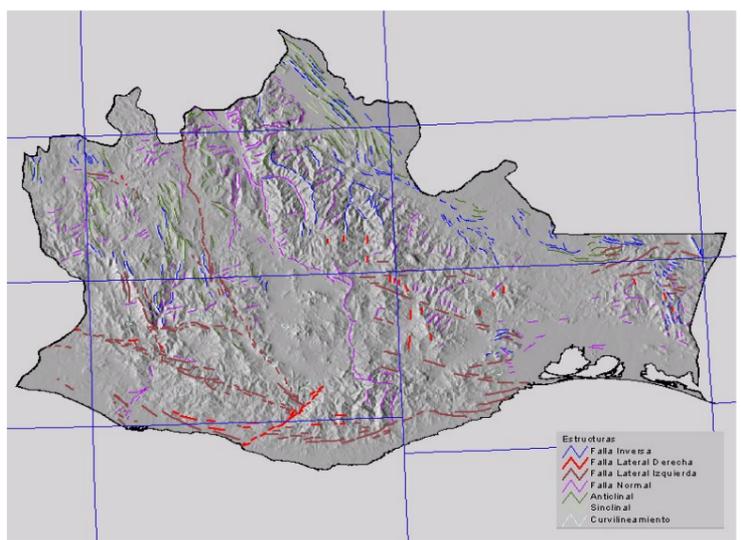


Figura No. 4.- Estructuras geológicas en el Estado de Oaxaca

1.2.1.- Sistema de Fallas Normales

- **Falla Buenos Aires**, se localiza al norte de la entidad, se trata de una falla normal con 131 Km de desarrollo, rumbo de NW 40° a 55° SE, echados de 32° a 62° buzando hacia el SW, sobrepone por fallamiento inverso como límite tectónico al Complejo Cuicateco sobre el Complejo Sierra de Juárez, este último es considerado como basamento de la Cuenca de Zongolica. Coincide con el trazo de la cabalgadura entre el Complejo Sierra de Juárez y la Formación Jaltepetongo que presenta un metamorfismo gradual, esta estructura es cortada por fallas laterales que pertenecen al segundo sistema en predominio. Esta estructura es bisectada por fallas laterales NE-SW.

- **Falla Tecomavaca**, se localiza al norte de la entidad en la región de la Cañada, tiene un desarrollo de 23 Km con rumbo NW 30° SE y echados desde 62° buzando hacia el NE hasta verticales, afecta a las Formaciones Tilantongo, Tehuacán y conglomerados terciarios de los valles de Cuicatlán.
- **Falla Paraíso**, se encuentra al occidente del Sistema Monteros y se extiende a lo largo de 65 Km con rumbo NW 5° a 35°SE y echados de 56° a 84° buzando hacia el NE y cuyas estrías poseen un pitch de 25°SE, afectan al Macizo de Chiapas y a la Formaciones Todos Santos y Conglomerado Guichicovi.
- **Falla Huautla**, se ubica al norte de la entidad, en las inmediaciones de Huautla de Jiménez, no se pudo medir con certeza su rumbo y echado, ni el desplazamiento vertical del bloque oriental, presenta una orientación general de NW-SE, su presencia determina el paso abrupto de las Formaciones Pre-Jurásicas al cuerpo de calizas del Cretácico que se presentan sumamente plegadas.

1.2.2.- Sistema de Fallas Inversas

- **Falla Oaxaca**, se ubica en el centro del estado, desde las inmediaciones de San Felipe del Agua, pasa al oriente de Telixtlahuaca y Nacaltepec hasta flexionar al sur-poniente de Cuicatlán, se trata de una fallas inversa que pertenece a un sistema de estructura extensional con rumbo NW 16° a 32° SE con flexiones de NW 40° a 75° SE hasta sensiblemente N-S, inclinaciones de 60° a 70° buzando hacia el SE, en diferentes lugares se ha demostrado que el plano de falla es siempre paralelo a la foliación metamórfica, mismo que sugiere la reactivación de la zona milonítica y ha controlado la geometría del fallamiento frágil terciario (Nieto Samaniego, et al, 1995). El salto vertical medido a la fecha es de 2.5 Km. Existe un sistema de fallas normales con dirección NNW-SSE conjugando con esta falla, estas estructuras se ubican desde Santiago Nacaltepec hasta Jayacatlán por una decena de kilómetros, su salto es menor que la Falla Oaxaca, por lo cual, confirma la actitud de los sedimentos que rellenan las dimensiones frecuentemente basculadas hacia el oriente con tendencia de desplazamiento del depocentro en la misma dirección. Divide a los terrenos Zapoteco y Cuicateco por medio del Cinturón Milonítico que representa la sutura de ambos (Fotografía No. 2).



Fotografía No. 2.- Vista Panorámica de la Falla Oaxaca tomada entre Nacaltepec y Jayacatlán de norte a sur.

- **Falla Etlatongo**, se localiza entre los poblados de San Marcos Etlatongo y Santa Catarina Mitlatongo, al centro-poniente de la entidad, tiene un desarrollo de 68 Km con rumbo sensiblemente norte-sur y echados de 60° buzando hacia el W. Afecta al Complejo Oaxaqueño y a las Formaciones Teposcolula, Tamazulapan, Yahuitlán y los derrames volcánicos Terciarios.
- **Falla Calapa**, se localiza al norte de la entidad, en límites con el estado de Puebla, se trata de una falla inversa que algunos autores también la interpretan como semicircular, en donde la Formación Matzitzi (*PcPp Ar-Lu*) cabalga a la Formación Miahuatpec (*Kace Cz*), Carrillo et al, (1995) (Fotografía No. 3)



Fotografía No. 3.- Vista panorámica de la Falla Calapa, exposición tomada sobre la supercarretera Oaxaca- Cuacnopalan, cerca del límite estatal Oaxaca-Puebla.

- **Falla Texcatitlán**, se ubica al norte de la entidad, tiene un desarrollo de 15 Km con rumbo NW-SE y echado vertical. Afecta a la Formación Tehuacán y los Conglomerados Terciarios Cuicatlán.
- **Falla Capulalpan**, se ubica en la porción centro-noreste de la entidad, tiene un desarrollo de 34 Km con rumbo NW 30° SE y echado vertical. Afecta al Complejo Metamórfico Sierra de Juárez y a las Formaciones Jaltepetongo, Yushé, rocas volcánicas terciarias y una unidad similar a la Formación Jaltepetongo pero con metamorfismo gradual.
- **Falla Aloapan**, se localiza en la porción centro-nororiente de la entidad, tiene un desarrollo de 25 Km, con rumbo sensiblemente norte-sur y echado vertical. Representa una zona cataclástica muy afectada que sugiere un movimiento tectónico inducido por el despegue de las rocas Cretácicas del basamento Precámbrico y representa el contacto tectónico entre las Formaciones Cretácicas Jaltepetongo y Yushé.
- **Falla La Aguja**, se ubica cerca de Huautla de Jiménez, al oriente del Cerro La Aguja de donde toma su nombre y al poniente de Tlacotepec de Díaz y en el cruce del Río Santiago, se trata de una falla inversa, forma el plano por el cual se ha deslizado en forma de cabalgadura hacia el oriente, el cuerpo de Calizas Cretácicas se sobrepone a las Formaciones del Turoniano-Cenomaniano. En Tlacotepec la falla limita la recumbencia de las Formaciones Jurásicas que aparecen sobreponiendo también a las formaciones antes

mencionadas, el curso de esta falla difiere un poco en rumbo de la Falla Huautla, puesto que la Falla La Aguja tiene rumbo N-S.

- **Falla Monteros** constituida por un ramillete de este tipo de fallas con ramificaciones, e inclinaciones al SW, se localizan al NE del Bloque Mixtequita, se extiende a lo largo de 22 Km, y su rumbo es de NW. 5° a 40°SE, sobre el camino a la Congregación La Victoria asociada al mismo sistema se observaron fallas transcurrentes con rumbo NW 5°SE de plano vertical y estrías que tienen un pitch de 30° NW de carácter derecho, también se observaron fallas inversas de ángulo alto con rumbo NW 40°SE y cuyo plano de inclinación es de 80° buzando al SW y un pitch de sus estrías de 60°NW, afecta a los lechos rojos de la Formación Todos Santos y rocas del Cretácico Superior.
- **Falla El Palmar**, se ubica en la porción centro-oriente de la entidad, se trata de una falla inversa con 42 Km de desarrollo, rumbo de NW 37° SE, echados de 30° a 62° buzando hacia el SW, representa el límite de la Cuenca de Oaxaca en su porción oriental, donde sobrepone al Complejo Milonítico (*Jm Mi*).
- **Falla Luvina**, se localiza al oriente de la entidad, se trata de una falla inversa con 92 Km de desarrollo, rumbo de NW 50° a 60° SE, echados desde 77° buzando hacia el SW hasta verticales, sobrepone al Complejo Sierra de Juárez sobre la Cuenca de Zongolica, afecta al Complejo Sierra de Juárez y a las Formaciones Todos Santos y Xonamanca.

1.2.3.- Sistema de Fallas de Desplazamiento lateral izquierdo (Sinextral)

- **Falla Mixteca**, se ubica en el extremo NW de la entidad, se trata de una falla tipo lateral izquierda con 38 Km de longitud y orientación de NW 20° a 30° SE a sensiblemente N-S, con un buzamiento de 77° hasta vertical hacia el oriente, limita en su porción suroccidental a la Cuenca de Tlaxiaco y afecta al Complejo Acatlán, a las Formaciones Jurásico Indiferenciado, Tlaxiaco, Teposcolula y a las rocas volcánicas terciarias (Fotografía No. 4).



Fotografía No. 4.- Vista panorámica de la Falla Mixteca, tomada sobre la carretera estatal No.15, al SW de Santo Domingo Tonalá, Oax.

- **Falla Petlalcingo-Huajuapán**, se ubica en el extremo NW de la entidad, se refiere a una falla lateral izquierda con 37 Km de longitud, rumbo de NW 15° a 20° SE, echados de 73° hasta verticales buzando hacia el NE, limita al oriente con el Homoclinal de Petlalcingo, afecta a la Formaciones Huajuapán, Miahuatpec, Tecamazuchil.
- **Falla Huitzo**, se ubica en el centro de la entidad, en las inmediaciones del poblado de San Pablo Huitzo, se trata de una falla tipo lateral izquierda con 73 Km de longitud, rumbo de NW 50° a 65° SE, echados de 58° a 75° buzando hacia el SW, limita a la Cuenca de Oaxaca en su porción suroccidental, afecta al Complejo Oaxaqueño y a las Formaciones Jaltepetongo, Tamazulapan y Suchilquitongo.
- **Falla Piedra Azul**, se ubica en el occidente de la entidad, tiene un desarrollo de 22 Km con rumbo sensiblemente N-S y echados buzando hacia el W. Afecta a las rocas de los Grupos Sabinal y Tecocoyunca, a la Formación Tlaxiaco y los derrames volcánicos terciarios.
- **Falla Zaragoza**, se ubica en el occidente de Oaxaca, tiene un desarrollo de 30 Km con rumbo NW 70° SE, echados de 77° a 83° buzando hacia el NE. Afecta a las rocas de la Formaciones Tlaxiaco y Huajuapán en sus dos miembros.
- **Falla Mixtepec**, se ubica en el occidente de la entidad, tiene 69 Km de desarrollo, rumbo NW 32° SE, echados de 62° a 87° buzando hacia el NE, afecta al Complejo Acatlán, Grupo Tecocoyunca y las rocas volcánicas terciarias.
- **Falla Tezoatlán**, se ubica al SE de Huajuapán de León dentro de la Cuenca Carbonífera de la Mixteca Oaxaqueña, tiene un desarrollo de 54 Km con rumbo NW 20°SE, echado de 73° a 87° y en ocasiones hasta vertical, afecta al Complejo Acatlán y las Formaciones Sabinal, Tlaxiaco, Teposcolula, Huajuapán y rocas volcánicas terciarias.
- **Falla San Marcos**, se encuentra muy cercana a la falla anterior en las inmediaciones del poblado de San Marcos Arteaga, tiene un desarrollo de 34 Km con rumbo NW 30° SE y echado vertical. Afecta a las rocas de la Formación Cosoltepec perteneciente al Complejo Acatlán, Grupo Sabinal, Grupo Tecocoyunca, Formaciones Tlaxiaco, Huajuapán y rocas volcánicas terciarias compuestas por tobas ácidas y andesitas.
- **Falla Apasco**, se localiza en la porción centro-norte de la entidad, al oriente de Magdalena Apasco Etlá, tiene un desarrollo de 40 Km con rumbo NW 30° SE y echado vertical. Afecta a las rocas del Complejo Oaxaqueño y de las Formaciones Jaltepetongo, Yushé y Suchilquitongo.
- **Falla Nodón**, se localiza al norte de la entidad, tiene un desarrollo de 44 Km con rumbo NW 10° a 15° SE, echado vertical. Afecta a las rocas del Complejo Oaxaqueño y de las Formaciones Jaltepetongo, Yushé, Tehuacán, Conglomerados Cuicatlán y los derrames volcánicos terciarios.

1.2.4.- Sistema de Fallas de Desplazamiento lateral derecho (Dextral)

- **Falla Tamazulapan**, se ubica en el centro-occidente de la entidad, se trata de una falla lateral derecha con más de 120 Km de longitud, tiene rumbo sensiblemente norte-sur y echados que varían desde 60° a 80° hasta

verticales buzando hacia el NE, limita los depósitos jurásicos de la Cuenca de Tlaxiaco al oriente; separa al Complejo Acatlán del Complejo Oaxaqueño en el norte, lo que también nos indica que representa el límite tectónico entre los terrenos tectonoestratigráficos Mixteco y Zapoteco, afecta a las Formaciones Tlaxiaco, Teposcolula, San Juan Teita, Grupo Tecocoyunca, Tamazulapan, Yanhuatlán, Chilapa y rocas volcánicas terciarias; en el norte de la entidad colindando con el estado de Puebla parece ser traza de la Falla Mexicana o Falla Cosahuico denominada por otros autores, es de régimen dúctil con desarrollo de una franja milonítica, presenta desplazamiento lateral derecho con dirección NW 20° SE.

- **Falla Tomellín**, se ubica en el centro-noreste de la entidad, se trata de una falla lateral derecha con 115 Km de longitud, rumbo NW 20° a 25° SE, echado de 80° a 85° buzando hacia el SW, limita a la Cuenca de Oaxaca y separa al Complejo Cuicateco del Complejo Oaxaqueño, también se considera el límite oriental del Graben de Tehuacán, esta falla representa un bloque desplazado de la Formación Tehuacán (*Tom Cgp-Tr*) con respecto al Cinturón Milonítico (*Jm Mi*), afecta a las Formaciones Jaltepetongo, Yushé, Tehuacán, Tilantongo, Tamazulapan y conglomerados terciarios de los Valles de Cuicatlán. Tiene deformación dúctil – frágil con desarrollo de milonitas.

- **Falla Valle Nacional**, se localiza al NW de Oaxaca, se trata de una falla lateral derecha con aproximadamente 140 Km de longitud, rumbo de NW 40° a 70° SE, echados muy difíciles de medir por su irregularidad, se prolonga hacia el Istmo de Tehuantepec penetrando en el Batolito de la Mixtequita, uniéndose probablemente con el sistema de fallas Motahua-Polichic provenientes desde Guatemala pasando por toda la sierra del Soconusco en el estado de Chiapas. En el área de Lagunas al SE de la fábrica de cemento presenta echado de 83° buzando hacia el SW y tiene estrías con un pitch de 70° SE, separa en gran parte a las rocas continentales de las marinas en la Cuenca de Zongolica, también representa el límite tectónico entre los terrenos tectonoestratigráficos Cuicateco (Juárez) y Maya. Conforman el límite entre el Bloque Mixtequita y el Terreno Maya con orientación NW 35° SE. Afecta al Complejo Sierra de Juárez y las Formaciones Todos Santos, San Pedro, Xonamanca y Orizaba.

- **Falla Palomares-Cuauhtémoc**, se ubica en la porción central del Istmo de Tehuantepec, tiene una orientación de NW 65°SE, echado de 60° buzando al NE, aflora a lo largo de 30 km, el pitch de sus estrías varía de 10° a 20°, afecta a las rocas del Jurásico Medio y Superior, así como también a las del Cretácico Inferior.

- **Falla Chacalapa**, se ubica al sur de la entidad, con orientación NW 27° a 42°SW, limita los Terrenos Chatino y Zapoteco, se expresa superficialmente a manera de cinturón milonítico en el cual las rocas del Complejo Oaxaqueño cabalgan a las del Complejo Xolapa (Fotografía No. 5).



Fotografía No. 5.- Vista Panorámica de la Falla Chacalapa sobre al camino que comunica con El Carnizuelo, Oax.

- **Falla Colotepec**, muchos autores a esta falla la siguen nombrando “Lineamiento Colotepec”, su expresión superficial es de poca claridad al igual que muchos límites tectónicos, desplaza los cinturones miloníticos conformados por las fallas Chacalapa y Juchatengo, este rasgo lineal tienen una orientación de NNE-SSW, cabe mencionar que tanto en las fotografías aéreas como en las imágenes de satélite sus rasgos son muy confusos.
- **Falla Yucuxaco**, se ubica al poniente del poblado de San Sebastián Nicananduta, tiene un desarrollo de 41 Km con rumbo NW 32° SE, echado vertical. Afecta a las rocas de las Formaciones Teposcolula, Tamazulapan, Chilapa y derrames volcánicos terciarios.
- **Falla Tayata**, se localiza muy cercana a Santa Catarina Tayata, población conocida en los años ochenta por las exploraciones en busca de uranio que realizó la empresa: URAMEX en la entidad, tiene un desarrollo de 33 Km y rumbo de NW 20°SE, echado vertical. Afecta a las rocas de la Formación Cosoltepec perteneciente al Complejo Acatlán y a las Formaciones Tlaxiaco, Chilapa, Tilantongo y derrames volcánicos terciarios.
- **Falla San Juan**, se ubica al poniente del estado, tiene un desarrollo de 31 Km, rumbo NE 20° SW, echados de 70° a 81° buzando hacia el SE. Afecta a las rocas de las Formaciones Tlaxiaco, San Juan Teita, Tamazulapan y Tilantongo.
- **Falla Dinicuiti**, se localiza en las inmediaciones del poblado de San Andrés Dinicuiti, tiene un desarrollo de 47 Km con rumbo NW 10° a 30 SE, echado vertical. Afecta a las rocas del Grupo Sabinal y las Formaciones Tlaxiaco, San Juan Teita, Tamazulapan y derrames volcánicos terciarios.
- **Falla Huajolotitlán**, se localiza al NW de la entidad y noreste de Huajuapán de León, se ubicó en las afueras de San Juan Huajolotitlán, tiene un desarrollo de 34 Km con rumbo NW 25° SE, echado vertical. Afecta a las rocas de la Formación Cosoltepec perteneciente al Complejo Acatlán, a la Formación Huajuapán, a rocas intrusivas y volcánicas terciarias.

- **Falla Tepelmeme-Teotongo**, se localiza al NW de la entidad muy cercano al poblado de Tepelmeme Villa del Progreso, tiene un desarrollo de 32 Km con rumbo NW 30° a 32°SE, echados desde 54° buzando hacia el NE hasta vertical, al norte afecta al Complejo Acatlán, y las Formaciones Teposcolula, Yanhuitlán y rocas volcánicas terciarias.
- **Falla La Herradura**, se localiza en la porción centro-norte de la entidad, muy cercano a la carretera federal No. 190, sobre el camino de terracería que comunica al Río Peñoles con El Parían, tiene un desarrollo de 35 Km con rumbo sensiblemente norte-sur y echado vertical. Afecta a las rocas del Complejo Metamórfico Oaxaqueño.
- **Falla Nochixtlán**, se localiza en la porción centro-norte de la entidad, muy cercano a la ciudad de Asunción Nochixtlán, tiene un desarrollo de 124 Km con rumbo NE 60° SW, echado vertical. Afecta a las Formaciones Teposcolula, Huajuapán, Yanhuitlán, Tilantongo y derrames volcánicos terciarios.
- **Falla Etlatongo**, se ubica al poniente de la ciudad de Oaxaca, entre los poblados de San Marcos Etlatongo y Santa Catarina Mitlatongo, tiene una longitud de 68 Km con orientación sensiblemente N-S con inclinaciones de 55° a 65° buzando hacia el W, afecta al Complejo Oaxaqueño y a las Formaciones Teposcolula, Tilantongo, Tamazulapán y las rocas volcánicas terciarias.
- **Falla Apoala**, se localiza en la porción centro-norte de la entidad, al noreste de Nochixtlán, en las inmediaciones de Santiago Apoala, tiene un desarrollo de 15 Km con rumbo NW 50° SE y echado vertical. Afecta a las Formaciones Teposcolula, Tilantongo, Tamazulapán y derrames volcánicos terciarios.
- **Falla Santiago**, se localiza al norte de la entidad y al oriente de Santiago Ixtaltepec, tiene un desarrollo de 22 Km con rumbo NW 45° SE y echado vertical. Afecta a las rocas de las Formaciones Teposcolula, Tamazulapán y Huajuapán.
- **Falla Cuicatlán**, se localiza al norte de la entidad, tiene un desarrollo de 28 Km con rumbo NW 30° SE y echados desde 68° buzando hacia el NE hasta verticales, afecta a las Formaciones Tilantongo, Tehuacán y conglomerados terciarios de los valles de Cuicatlán.
- **Falla Alcalá**, se localiza al NE de la entidad y SW de Valle Nacional, tiene un desarrollo de 44 Km con rumbo NE 40° SW y echado vertical. Afecta a las rocas de las Formaciones Todos Santos, San Pedro y Guzmantla.
- **Falla Atepec**, se localiza en la porción centro-oriente de la entidad, cercana al poblado de San Juan Atepec, tiene un desarrollo de 27 Km y rumbo de NE 50° SW con echado vertical. Afecta a las rocas de Complejo Sierra de Juárez y de la Formaciones Jaltepetongo, Yushé y derrames volcánicos terciarios.
- **Falla Carrizal**, se localiza en la porción centro-oriente de la entidad, tiene un desarrollo de 52 Km con rumbo NW 30° SE y echados de 70° a 85° buzando hacia el SW. Afecta a las rocas de las Formaciones Jaltepetongo, Yushé, Suchilquitongo y derrames volcánicos terciarios.

- **Falla Albarradas**, se ubica al oriente de la capital del estado, entre las poblaciones de San Miguel y Santa Catarina Albarradas, tiene un desarrollo de 30 Km con rumbo de NW 45° SE y echado vertical. Afecta a las rocas de la Formación Jaltepetongo y a los intrusivos y derrames volcánicos terciarias representados por tobas ácidas y andesitas.

- **Falla Usila**, se ubica al noreste de la entidad y al norte de Valle Nacional, muy cercano al poblado de San Felipe Usila, tiene un desarrollo de 28 Km con rumbo NE 44°SW, echado vertical. Afecta a las rocas del Complejo Sierra de Juárez y a las Formaciones Todos Santos, San Pedro y Xonamanca.

- **Falla Monte Negro**, se ubica al NE del estado, al sureste de Valle Nacional y NE de San Martín Soloyapa, tiene un desarrollo de 66 Km con rumbo NE 45° SW y echados de 78° a 85° buzando hacia el SE. Afecta a las rocas del Complejo Sierra de Juárez y de las Formaciones Todos Santos, San Pedro, Xonamanca, Orizaba y Guzmantla.

- **Falla Tehuantepec**, límite entre el Arco Chontal y el Terreno Maya, con rumbo N 45° W, echados de 70° a 80° buzando hacia el NE, con pitch de 80°SE de sus estrías, reactivada a falla normal durante el terciario, pasa por Santo Domingo Tehuantepec, extendiéndose por lo menos 20 Km internándose bajo los sedimentos cuaternarios, afecta a rocas sedimentarias e intrusivas del Cretácico.

1.2.5.- Pliegues-Falla

Plegamiento es un producto de una deformación plástica, es decir una deformación sin fracturamiento o rompimiento. Las fuerzas provocan una deformación plástica no reversible. Este tipo de deformación ocurre en algunas tipos rocas principalmente apoyado por un aumento de la temperatura (metamorfismo). En la naturaleza se conocen un sin número en tipos de pliegues. Las dimensiones pueden ser en milímetros hasta kilómetros.

- **Falla Vista Hermosa**, se ubica en el extremo NE de la entidad, se identifica como un pliegue-falla del que se desprende una cabalgadura y que sobrepone en contacto tectónico al Complejo Sierra de Juárez sobre los lechos rojos de la Formación Todos Santos, presenta una orientación de NW 20° a 50° SE y echados de 38° a 54° buzando hacia el SW y una longitud aproximada de 54 Km interrumpida por fallas laterales, al parecer, se trata de la continuación de la falla Villa Alta. Esta estructura está interrumpida por una serie de fallas laterales de orientación NE-SW.

1.2.6.- Graben

El conjunto de dos fallas normales paralelas con inclinación opuesta en un ambiente tectónico expansiva se llama **graben** o fosa tectónica. Es decir el sector central se mueve relativamente abajo al respecto de los flancos. En el interior de una fosa tectónica afloran generalmente rocas más jóvenes como afuera del sistema. El tamaño de un graben puede ser centímetros hasta grabenes grandes alrededor de 300 km.

- El Graben de Miahuatlán corresponde al límite sur del Graben de los Valles Centrales, con formas y estructuras asociadas en dirección predominante NNW-SSE y que desarrollan horsts y grabens claramente delimitados, sus fallas principales no son siempre distinguibles en campo, ya que por lo general se encuentran cubiertas por sedimentos clásticos asociados al relleno de horsts como el caso de los Conglomerados de Miahuatlán, sin embargo el cambio abrupto de espesores de los mismos, así como lo alineado de sus contactos, se deduce el límite de estas estructuras tomando en cuenta cierta migración; estas estructuras son las responsables de la formación de los Valles Centrales.

1.2.7.- Anticlinales

La ondulación de los pliegues hacia arriba se llama Anticlinal

- **Anticlinal de Soyaltepec-Nativitas**, se localiza al NW y 18 Km de Nochixtlán sobre la supercarretera Oaxaca-Cuacnopalan a la altura del Km 79, se ubica en una zona de alta erosión, su expresión topográfica es fuerte 2, 470 m, su eje mayor tiene 5.5 Kms y el menor 3.7 Km, tienen rumbo de NW 43° a 54° SE, asimétrico con flancos con una inclinación de 37° - 42°, cierre tipo falla y afecta a las tobas bentónicas de la Formación Huajuapán, (Fotografía No.6).



Fotografía No. 6.- Vista Panorámica del Anticlinal-Sinclinal de Soyaltepec Nativitas, fotografía tomada sobre la supercarretera Oaxaca-Cuacnopalan en el Km. 79.

1.3.- Sismicidad

La Tierra ha sufrido los embates de los sismos desde hace muchísimos millones de años. Los antiguos lo atribuían a causas sobrenaturales. Los japoneses de la antigüedad creían que la multitud de movimientos sísmicos que sacudían sus islas con gran frecuencia, eran provocados por movimientos ocasionales de una enorme araña que portaba la Tierra sobre sus espaldas. Los nativos de la Península de Kamchatka, en Siberia, culpaban de los temblores a un enorme mastín llamado *Kosei*; que se sacudía la nieve de su pelambre. Pitágoras, el conocido filósofo griego, creía que la causa de los sismos era que los muertos peleaban entre sí.

En el siglo V el Obispo de Briescia (Italia), San Filastrio calificó de hereje a quién quiera que osara afirmar “que los terremotos no eran causados por la justicia y la indignación de Dios sino por los elementos naturales”

En una época posterior, en 1750, Thomas Sherlock, Arzobispo de Londres, comunicaba a su grey, que dos sismos recientes eran avisos de que los londinenses debían expiar sus pecados.

A partir de Santo Tomas tuvo aceptación en España y sus Colonias la opinión de Aristóteles, el filósofo griego (384-322 A.C.), encontró una explicación más científica: supuso que los ruidos procedentes de la tierra eran el resultado de masas de aire que desde el interior del planeta, trataban de fugarse al exterior. Propuso, asimismo, una clasificación de seis tipos para los temblores, según el movimiento observado; por ejemplo: los que ocasionan un movimiento hacia arriba, los que sacuden la Tierra lateralmente, etc.

Para los sabios Aztecas, el sismo no era aterrador. Era tan natural como tropezarse. Cuando el sol se trompicaba, se producía un gran sismo, cuando ello le ocurría a una estrella, se generaba un sismo pequeño. Las explicaciones científicas de los aztecas fueron naturalistas y coherentes. Su tecnología fue adecuada a las condiciones de un país sísmico.

Los recientes avances de la sismología que han permitido conocer con gran precisión la composición del interior de la Tierra, han logrado determinar la causa y origen de los temblores. Se sabe ahora, que éstos son principalmente, al menos los de mayor severidad, de origen tectónico. La interacción que se origina por el movimiento entre las placas conlleva a una acumulación de esfuerzos en la corteza, que al momento de superar la resistencia elástica de la roca se produce la fractura de la misma. Durante este proceso ambos lados de la fractura se mueven y se ubican en lugares con menor esfuerzo.

La energía acumulada en este proceso es disipada como calor, y en menor cantidad es irradiada en forma de ondas elásticas que se propagan en todas direcciones a partir de la zona de ruptura llamada foco o hipocentro, haciendo vibrar la superficie terrestre. A este efecto se le denomina sismo o temblor.

La energía que se genera al ocurrir un sismo puede llegar a ser impresionantemente grande, si realizamos una comparación entre la energía disipada por un sismo y realizamos la equivalencia en kilogramos de explosivos, estamos hablando que un sismo de magnitud 7 en la escala de Richter disiparía una energía comparada con 1,800,000,000 kilos de explosivos.

Es también importante señalar con qué frecuencia ocurren los sismos en el mundo con determinada magnitud, por ejemplo en un período de un año se presentan alrededor de 100,000 sismos de magnitud 3 en la escala de Richter, ocurren 20 sismos de magnitud 7, y alrededor de 3 de magnitud 8. Figura No.5

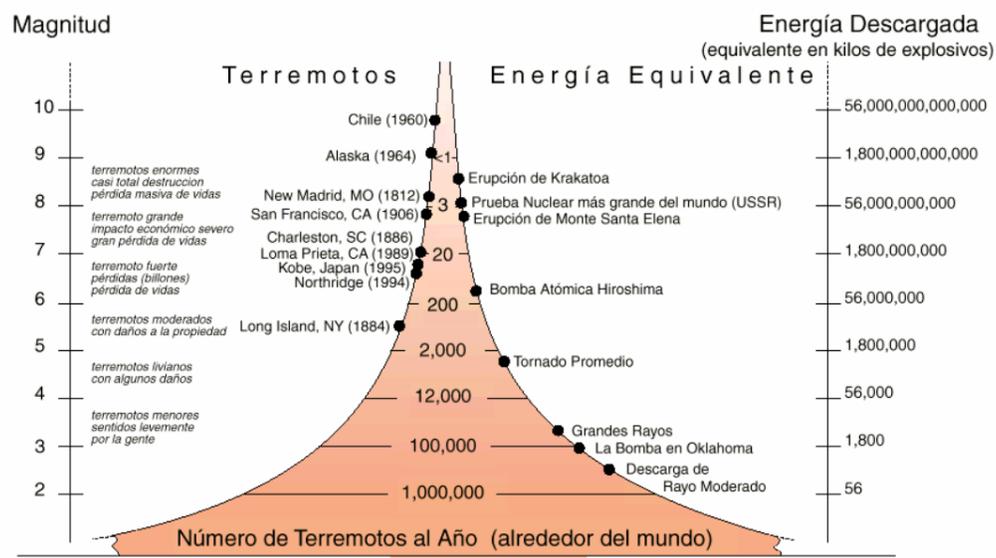


Figura No. 5.- Gráfica comparativa entre el número de sismos que ocurren al año en el mundo y la energía que genera un sismo.

Oaxaca es tierra de temblores y quienes en ella vivimos tenemos el desafío de conocer la historia de estos fenómenos que tanto nos afectan para intentar encontrar claves que ayuden a entender mejor cuándo, dónde y con qué intensidad sucedieron en el pasado y quizá ocurrirán en el futuro, así como lograr una mejor comprensión de sus efectos en la sociedad.

La ocurrencia de un movimiento sísmico intenso despierta siempre la atención de un gran número de personas, especialistas en la materia, autoridades gubernamentales, y de la población en general, quienes al final concluyen que mucho es aún lo que debemos aprender, para reducir los daños y pérdida de vidas que producen dichos movimientos telúricos.

Oaxaca es uno de los estados más sísmicos del país. Su geología refleja que gran parte de su territorio esté sometido a enormes esfuerzos que causan, entre otros efectos, grandes terremotos. Es raro el habitante de la costa, del istmo y en general dentro de todo el estado, que no haya sentido alguna vez un temblor.

La baja densidad de población en las zonas del estado de Oaxaca donde se generan los temblores ha determinado que, afortunadamente, el número de víctimas causado por los sismos más destructivos de nuestra historia no sea tan enorme, como algunos sismos que han sacudido otras regiones del mundo.

Dentro de los sismos de magnitud importante que se han registrado en el estado de Oaxaca, se encuentran los siguientes:

Sismos importantes en el estado de Oaxaca en el siglo XX (Servicio Sismológico Nacional)

Evento	Fecha	Hora	Lat.	Long.	Prof. (Km)	Mag.	Zona
01	1903/01/14	01:47:36	15.00	98.00	33	8.3	Costa de Oaxaca

02	1911/02/03	20:41:55	18.20	96.20	80	7.3	Veracruz-Oaxaca
03	1911/03/27	00:00:00	16.77	95.90	80	7.0	Oaxaca
04	1916/06/02	14:00:54	17.40	94.85	100	7.0	Istmo de Tehuantepec
05	1917/12/29	22:50:20	15.00	97.00	33	7.1	Costa de Oaxaca
06	1928/03/22	04:18:24	15.83	96.15	0	7.7	Costa de Oaxaca
07	1928/04/17	03:25:29	17.26	96.44	115	7.7	Oaxaca
08	1928/06/17	03:20:31	16.22	97.18	50	8.0	Oaxaca
09	1928/08/04	18:27:17	16.37	97.80	0	7.4	Oaxaca
10	1928/10/09	03:02:05	16.37	97.80	0	7.8	Oaxaca
11	1931/01/15	01:51:45	16.13	96.80	0	8.0	Oaxaca
12	1931/01/16					7.0	Costa de Oaxaca
13	1935/06/05					7.0	Oaxaca
14	1937/07/26	03:47:13	18.19	96.03	85	7.2	Veracruz-Oaxaca
15	1937/12/23	13:18:37	17.10	98.07	0	7.7	Guerrero-Oaxaca
16	1938/01/02					7.2	Costa de Oaxaca
17	1942/11/20	04:05:47	16.47	94.43	100	7.2	Istmo de Tehuantepec
18	1942/11/25					7.2	Costa de Oaxaca
19	1945/10/11	10:53:02	18.32	97.65	95	7.1	Oaxaca
20	1946/06/07	04:13:20	16.50	94.00	100	7.1	Istmo de Tehuantepec
21	1946/07/11	04:46:46	17.23	94.62	70	7.1	Istmo de Tehuantepec

22	1948/08/11	04:36:19	17.75	-95.25	100	7.0	Oaxaca
23	1950/12/14	14:15:49	17.22	98.12	0	7.3	Guerrero-Oaxaca
24	1951/07/09					6.2	Oaxaca
25	1965/08/23	19:45:55	16.30	95.80	28	7.8	Oaxaca
26	1968/08/22	14:06:37	16.60	97.70	40	7.4	Oaxaca
27	1973/08/28	09:50:40	18.30	96.54	82	7.3	Veracruz-Oaxaca
28	1978/11/29	10:52:48	15.86	96.64	33	7.8	Costa de Oaxaca
29	1979/06/22	06:30:55	16.99	94.73	85	6.5	Istmo de Tehuantepec
30	1983/04/24	08:17:38	15.87	95.40	33	6.7	Golfo de Tehuantepec
31	1986/07/13	09:12:15	16.08	94.20	90	6.0	Istmo de Tehuantepec
32	1987/07/15	07:16:13	17.39	97.26	68	6.0	Oaxaca
33	1995/09/14	08:04:33	16.75	-98.67	21	7.0	Costa de Oaxaca
34	1996/02/25	03:08:13	15.83	98.25	3	6.9	Costa de Oaxaca
35	1996/03/19	17:12:39	15.49	97.55	15	6.0	Costa de Oaxaca
36	1997/07/19	09:19:43	16.00	98.23	9	6.3	Costa de Oaxaca
37	1998/02/02	21:02:01	15.65	96.43	15	6.4	Costa de Oaxaca
38	1999/06/15	14:42:04	18.13	-97.54	63	7.0	Huajuapam
39	1999/09/30	11:31:14	15.89	-97.07	12	7.4	Costa de Oaxaca

Los datos de epicentros sísmicos utilizados en este trabajo provienen del catálogo sísmico del Servicio Sismológico Nacional (S.S.N.), que cubren un período de 10 años (S.S.N., 1991-2000), el cual consta de 2967 datos puntuales cuyas coordenadas X, Y en grados y decimales se ha utilizado para construir un mapa digital (Figura No. 6) mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica.

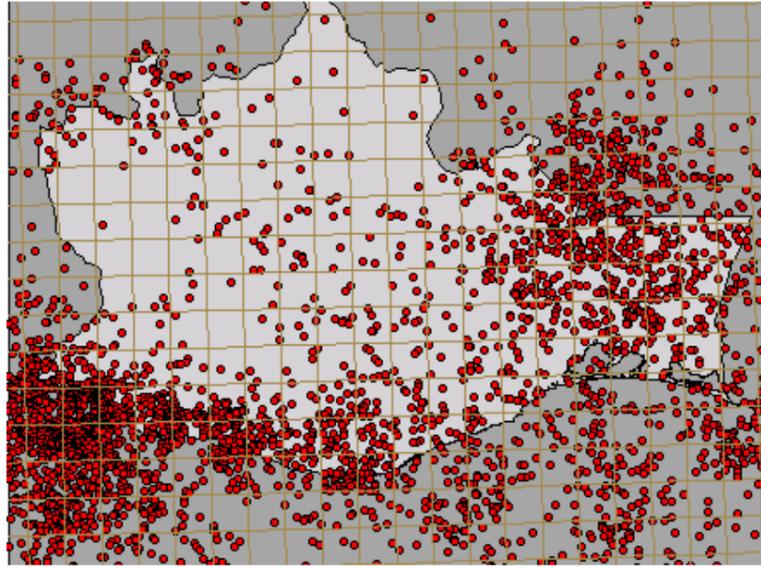


Figura No. 6.- Mapa de epicentros de Oaxaca para el periodo 1991-2000, de acuerdo con el Servicio Sismológico Nacional (S. S. N.).

La elaboración de mapas temáticos de sismicidad permite tener una visión mas detallada de la distribución de los epicentros y de las zonas de disipación de energía en el sur de México. Con la selección del campo de la profundidad de foco, los epicentros muy someros, que van de 1 a 15 km de profundidad, están significativamente agrupados en la zona de la costa y muy cerca de la fosa mesoamericana, frente a las costas de Pinotepa Nacional, lo que sugiere un origen en la zona de acreción y en la corteza oceánica superficial que es destruida en la zona de subducción, 50 km frente a la costa del Estado de Oaxaca (Figura No. 7).

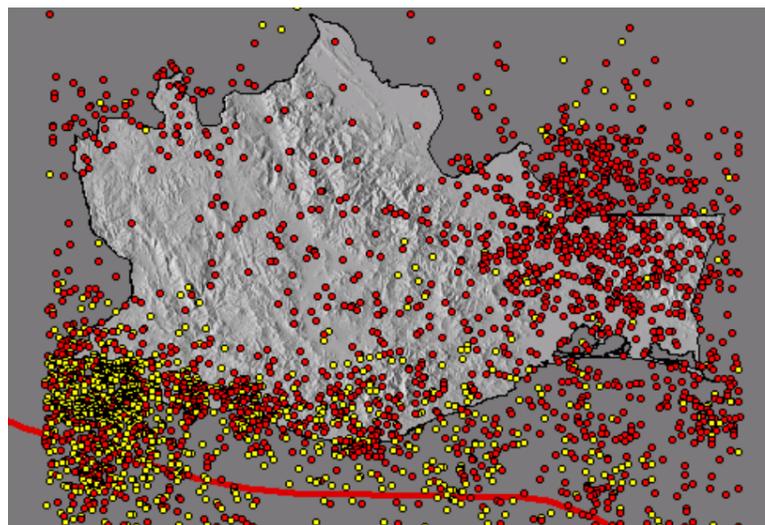


Figura No. 7.- Mapa temático de epicentros sísmicos que se muestran en rojo y en amarillo son los epicentros con profundidad de foco entre 1 y 15 kilómetros. Nótese la agrupación de los mismos frente a las costas de Pinotepa Nacional, en la zona de acreción tectónica próxima a la zona de subducción de la fosa mesoamericana que se muestra con línea roja.

Cuando se seleccionan profundidades entre 15 y 30 km, los epicentros se agrupan entre la costa y la fosa mesoamericana, desde Pinotepa Nacional, hasta la zona de Tehuantepec, lo que sugiere un origen tanto en la

parte estructural inferior de la zona de acreción así como en la **zona intraplaca**, principalmente de la corteza oceánica que es destruida en la zona de subducción. Dentro del continente la relación más significativa se presenta en la zona de falla de Chacalapa, en la porción sur del estado de Oaxaca (Figura No. 8).

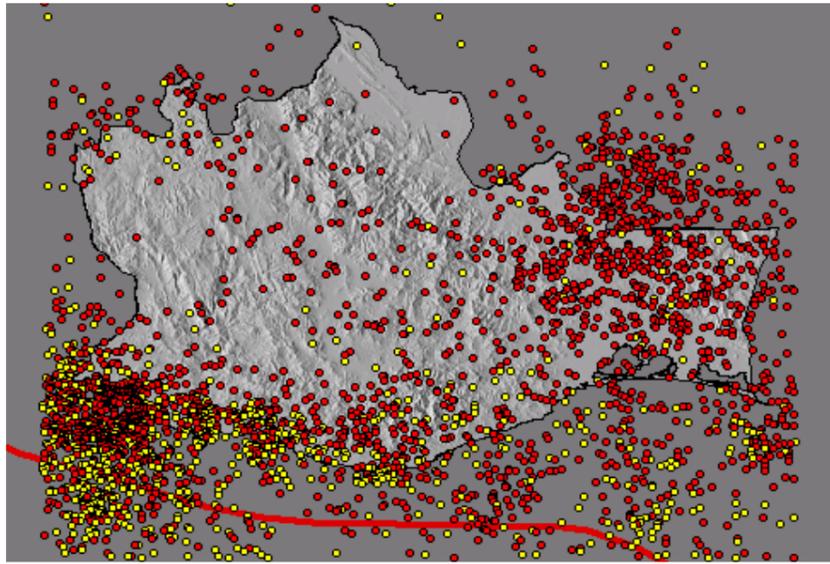


Figura No. 8.- Mapa temático de epicentros sísmicos que se muestran en rojo y en amarillo son los epicentros con profundidad de foco entre 15 y 30 kilómetros. Nótese que los epicentros predominan entre la fosa mesoamericana (línea roja) y la costa, frente a la zona de Pinotepa Nacional hasta Tehuantepec.

La selección de epicentros que tienen una profundidad entre 30 y 70 kilómetros tienen una distribución más homogénea en todo el estado de Oaxaca y no hay una tendencia marcada, excepto en la región de la zona de la falla de Colotepec, en donde es significativa la distribución de epicentros de profundidades cercanas a 70 Km, así como en el límite tectónico entre las provincias geológicas Mixteca y Zapoteca, lo que sugiere un origen de fallamiento tectónico relacionado a estructuras de fallas laterales izquierdas. Esta distribución también sugiere un origen en la **zona interplaca**, en la porción superior de la corteza oceánica y en la corteza continental inferior (Figura No.9).

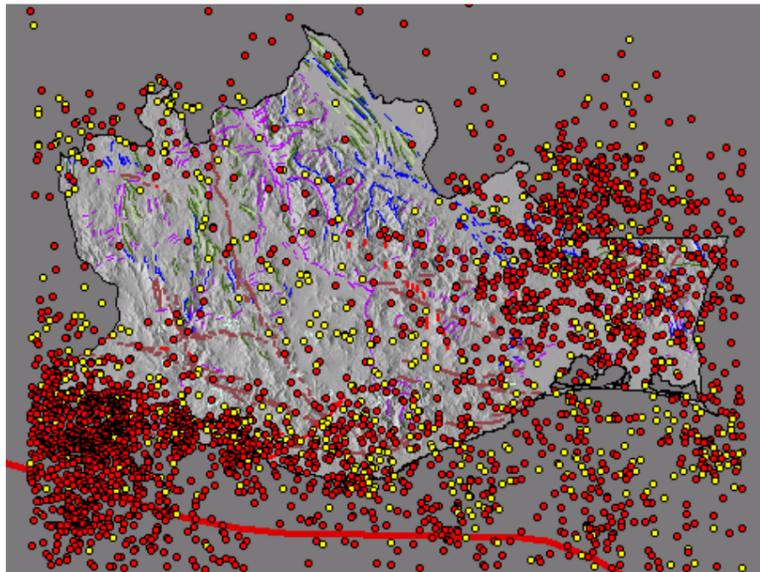


Figura No. 9.- Mapa temático de epicentros sísmicos que muestran en rojo y amarillo los epicentros con profundidad de foco entre 30 y 70 kilómetros respectivamente. Nótese que los epicentros tienen una distribución homogénea en la parte continental, sin una definición estructural particular, excepto en la zona de la falla colotepec y entre los límites tectónicos entre las provincias geológicas mixteca y zapoteca.

La selección de epicentros sísmicos intermedios, con profundidades mayores a 70 Km tienen una distribución principalmente en la zona de Tehuantepec, lo que sugiere un origen sísmico en la corteza continental inferior y en la zona del manto, así como a estructuras de fallamiento profundo, las que no tienen sin embargo una expresión superficial (Figura No. 10).

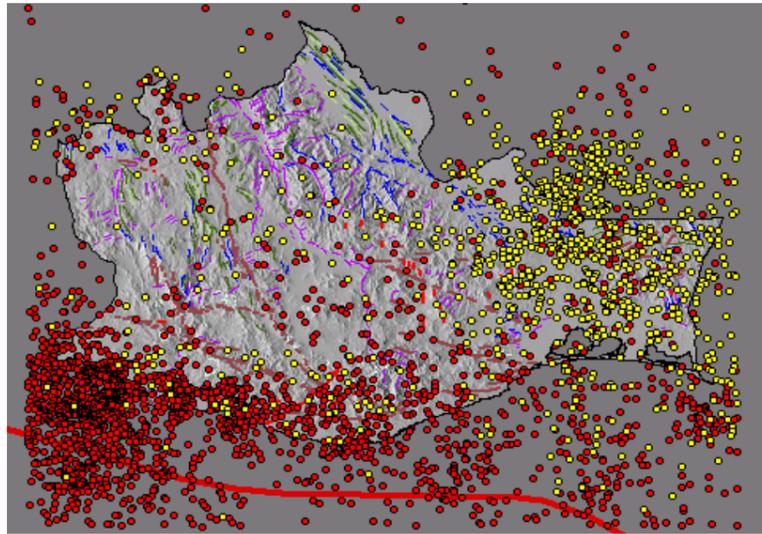


Figura No. 10.- Mapa temático de epicentros sísmicos que se muestran en rojo y amarillo, son los epicentros con profundidad de foco mayores a 70 kilómetros. Nótese que los epicentros tienen una distribución significativamente importante en la zona de tehuantepec.

Cuando se seleccionan los epicentros con el atributo de la magnitud, los mapas temáticos muestran la distribución superficial de la energía disipada, y se relacionan con las estructuras tectónicas regionales y estructuras geológicas superficiales. Los epicentros sísmicos representan la sismicidad con valores de magnitud menor de 4.5 grados Richter y profundidad de foco entre 1 y 15 Km, se concentran principalmente en la zona de acreción y en la zona de subducción de la fosa mesoamericana lo que sugiere que se originan principalmente en la corteza oceánica que es destruida en la zona de subducción (Figura No.11).

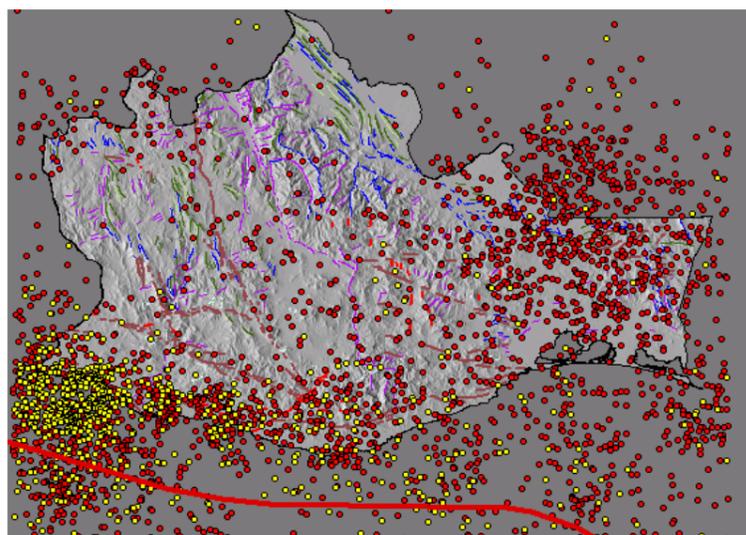


Figura No. 11.- Mapa temático de epicentros sísmicos que se muestran en rojo y amarillo, son los epicentros con magnitud menor a 4.5 y profundidad de foco menores a 15 kilómetros. Nótese que los epicentros tienen una distribución significativamente importante en la zona de acreción y en la zona de la fosa mesoamericana, frente a las costas de la región de Pinotepa Nacional.

Los epicentros que corresponden a sismicidad con valores de magnitud mayor o igual a 4.5 grados Richter y profundidades entre 15 y 30 Km, se presentan en la zona de acreción y en la zona de subducción pero probablemente se relacionan a un origen en la corteza oceánica y en el manto superior (Figura No. 12).

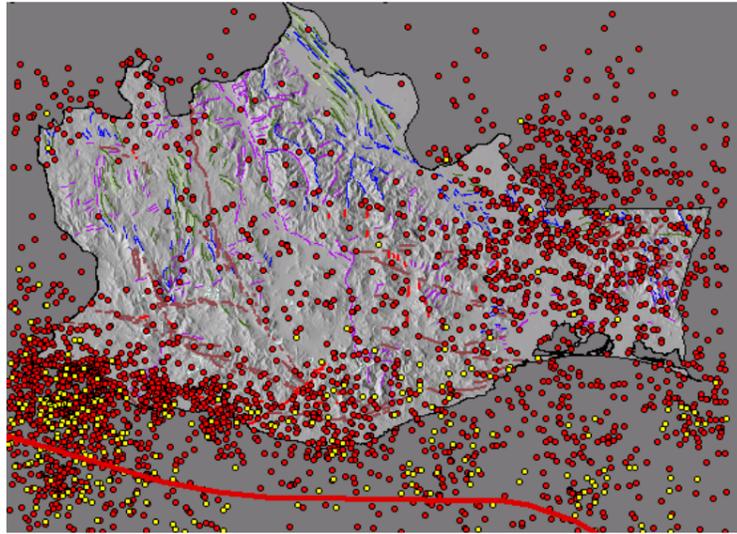


Figura No. 12.- Mapa temático de epicentros sísmicos que se muestran en rojo y en amarillo, son los epicentros con magnitud mayor o igual a 4.5 y profundidad de foco menor de 30 kilómetros. Nótese que los epicentros tienen una distribución significativamente importante frente a la costa de la región de Pinotepa Nacional.

Mientras que aquellos epicentros con valores mayores a 4.5 grados Richter y profundidad de foco mayor o igual a 30 Km, se presentan dentro del continente, relacionados a la zona de falla Juchatengo - Chacalapa y al límite tectónico de las provincias Mixteca y Zapoteca, lo que sugiere un origen en la corteza continental, relacionado a fallamiento lateral profundo. Mientras que en la zona de Tehuantepec en donde se presentan las mayores profundidades de foco, son probablemente originados en el manto superior (Figura No. 13).

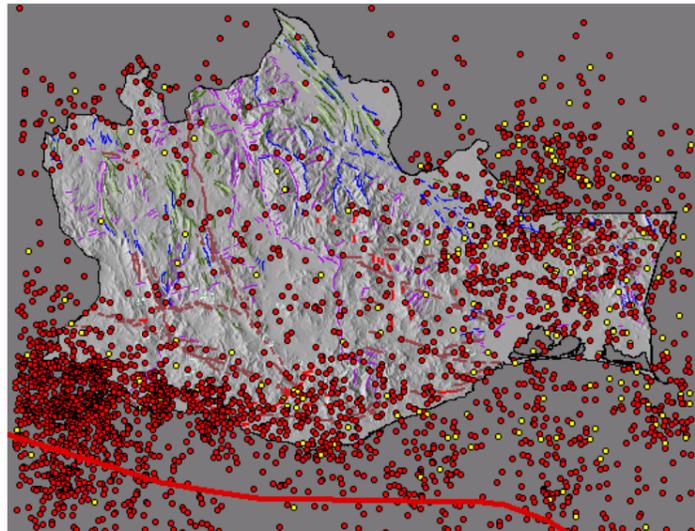


Figura No. 13.- Mapa temático de epicentros sísmicos que se muestran en rojo y en amarillo, son los epicentros con magnitud mayor o igual a 4-5° y profundidad de foco mayor o igual a 30 kilómetros. Nótese su ubicación en el continente, relacionados a la falla Juchatengo-Chacalapa y al límite tectónico de las provincias mixteca y zapoteca, así como su concentración en la zona del Golfo de Tehuantepec.

1.4.- Secciones tectónicas.

Con el fin de comprender el comportamiento de los sismos en diferentes regiones del estado se realizó una división mediante secciones tectónicas seccionando al estado en 5 partes.

Las secciones tectónicas se generaron a partir de la altimetría del estado y las profundidades de focos sísmicos. El relieve de la corteza continental está medido en metros sobre el nivel del mar y la profundidad de foco en kilómetros, por lo que la escala vertical está exagerada. Las secciones se construyeron considerando puntos de coordenadas geográficas conocidas según la siguiente tabla (Tabla 1).

Sección tectónica	Longitud A	Latitud A'	Longitud B	Latitud B'
Sección 1	-100°	14°	-95°	19°
Sección 2	-99°	14°	-94°	19°
Sección 3	-98°	14°	-93°	19°
Sección 4	-97°	14°	-92°	19°
Sección 5	-96°	14°	-91°	19°

Tabla 1. Coordenadas de las secciones tectónicas.

Este tipo de secciones que consideran al menos la corteza continental, son una manera de entender la distribución de la sismicidad en el centro y sur de México, para interpretar la zona de **Wadati-Benioff** y la inclinación de la corteza oceánica subducida bajo la corteza continental (Nixon, 1982). Se obtuvieron cinco secciones con líneas de sección casi perpendiculares a la zona de subducción, 50 Km frente a la costa del estado de Oaxaca (Figura No. 14).

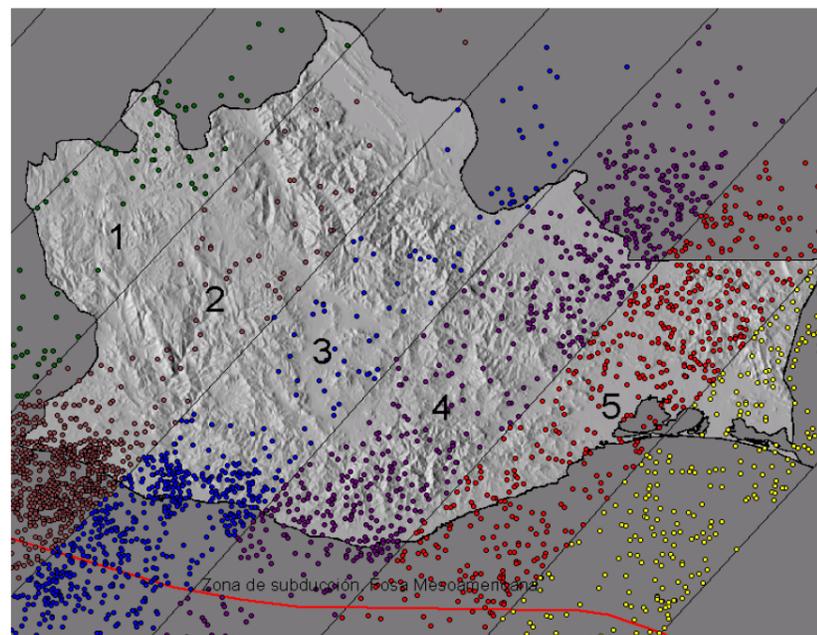


Figura No. 14.- Mapa de secciones tectónicas, nótese que las secciones son casi perpendiculares a la fosa mesoamericana en donde ocurre el proceso de subducción y destrucción de la corteza oceánica (línea roja). los epicentros están iluminados de acuerdo a la sección donde se encuentran.

La sección tectónica 1 comprende a la Población de Huajuapán de León y otras menores y considera profundidades de foco máximas de 150 Km (Figura No. 15).

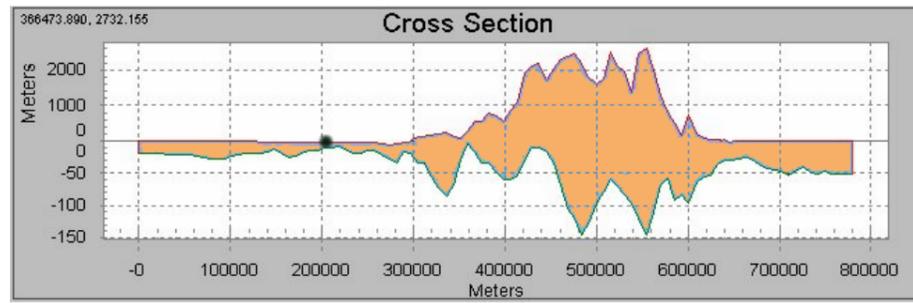


Figura No. 15.- Sección tectónica 1. Nótese el espesor de la corteza oceánica (izquierda) y continental (derecha) a partir de la zona de subducción (punto negro).

Se han seleccionado 576 epicentros que quedan dentro de la zona de la sección 1 para obtener una gráfica de los focos sísmicos y mostrar la relación entre la distancia a la fosa mesoamericana y la profundidad de foco sísmico en donde es posible observar una distribución que sugiere la forma de la corteza oceánica con un ángulo de subducción que va desde 20° a una distancia de 300 Km y profundidad de 40 Km hasta 35° a los 600 Km de distancia de la fosa mesoamericana y profundidad de 100km. Esos ángulos son bastante congruentes con los determinados mediante los mecanismos focales de sismos del sur de México (Pardo y Suárez, 1995) y definen bien la zona de Wadati-Benioff (Figura No. 16).

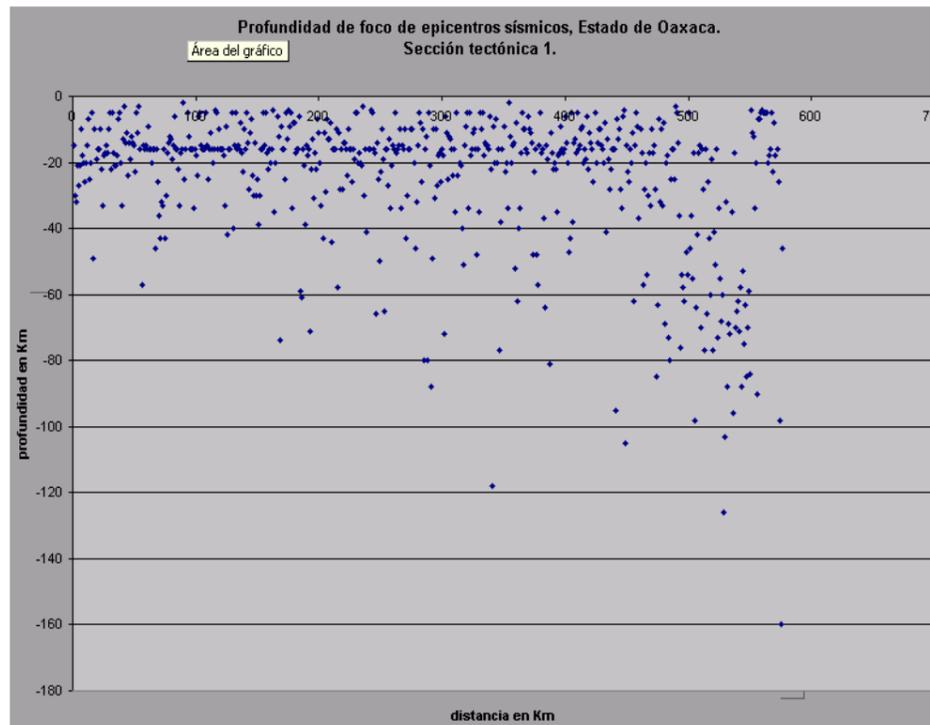


Figura No. 16.- Gráfica de la profundidad de foco de los epicentros sísmicos contenidos en la sección 1. Nótese el incremento de la profundidad de izquierda a derecha a partir de la zona de subducción.

La sección tectónica 2 comprende a la Población de San Juan Bautista Tuxtepec y otras menores y considera profundidades de foco máximas de 250 km (Figura Nos. 17 y 18).

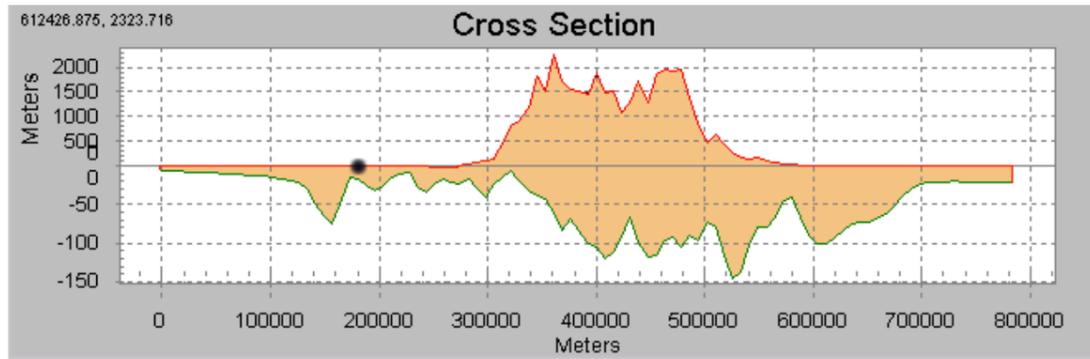


Figura No. 17.- Sección tectónica 2.- Nótese el espesor de la corteza oceánica (izquierda) y continental (derecha) a partir de la zona de subducción (punto negro).

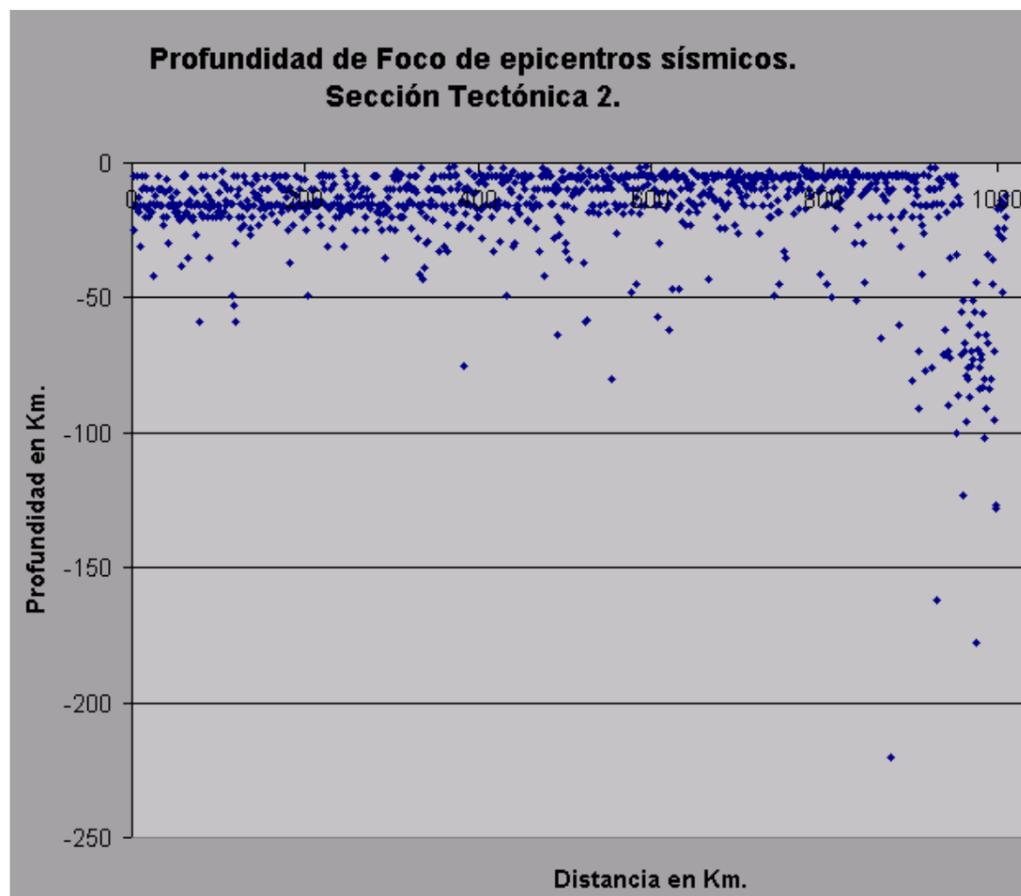


Figura No. 18.- Gráfica de la profundidad de foco de los epicentros sísmicos contenidos en la sección 2. Nótese el incremento de profundidad de izquierda a derecha a partir de la zona de subducción.

Se tienen 1011 epicentros que quedan dentro de la zona de la sección 2 para obtener una gráfica de los focos sísmicos y mostrar la relación de los mismos respecto a la profundidad en donde se observa una geometría similar a la interpretada en la sección 1 aunque menos clara. Los ángulos de subducción van desde 15° a una distancia de 300 Km y profundidad de 25 Km hasta 25° a los 600 Km de distancia de la fosa mesoamericana y profundidad de 50 Km (Figura No. 19).

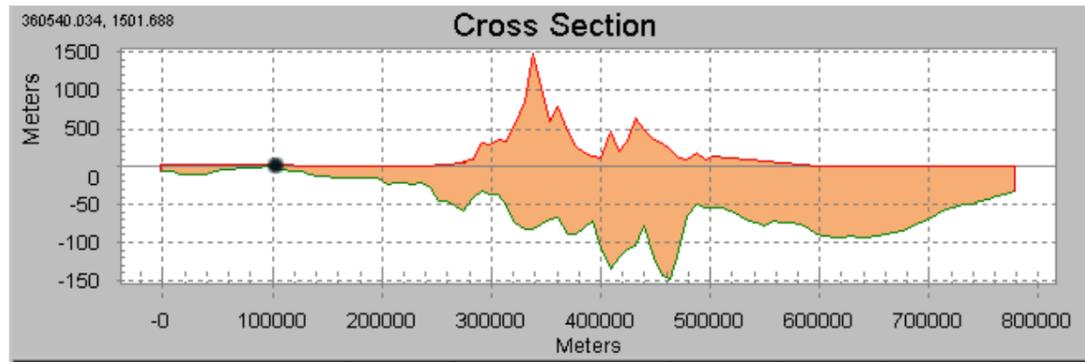


Figura No. 19.- Sección tectónica 3. Nótese el espesor de la corteza oceánica (izquierda) y continental (derecha) a partir de la zona de subducción (punto negro).

La sección tectónica 3 comprende a la Ciudad de Oaxaca de Juárez, la población de San Pedro Juchatengo y otras menores y considera profundidades de foco máximas de 150 Km (Figura No. 20)

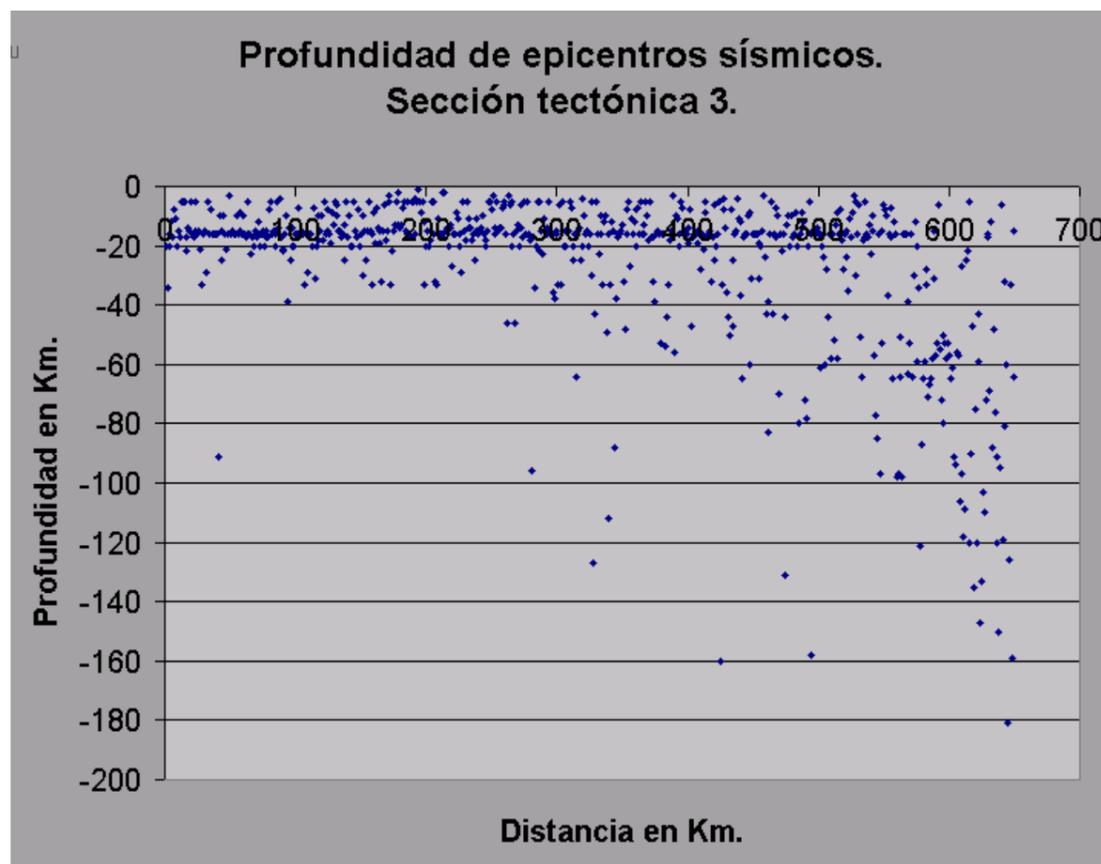


Figura No. 20.- Gráfica de la profundidad de foco de los epicentros sísmicos contenidos en la sección 3. Nótese el incremento de profundidad de izquierda a derecha a partir de la zona de subducción.

Se han seleccionado 650 epicentros que quedan dentro de la zona de la sección 3 para obtener una gráfica de los focos sísmicos y mostrar la relación entre la distancia a la fosa y la profundidad de foco sísmico (Figura No.20). En la gráfica es posible observar que el ángulo de subducción va desde 25° a una distancia de 300 Km y profundidad de 40 Km hasta 40° a los 600 Km de distancia de la fosa mesoamericana y profundidad de 100 km.

La sección tectónica 4 comprende a las poblaciones principales de Puerto Escondido, Miahuatlán de Porfirio Díaz y otras menores la cual considera profundidades de foco máximas de 150 Km (Figura No.21).

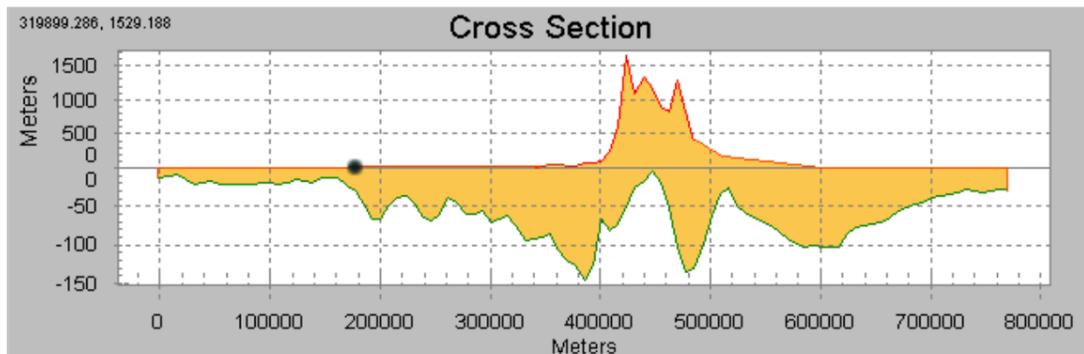


Figura No. 21.- Sección tectónica 4. Nótese el espesor de la corteza oceánica (izquierda) y continental (derecha) a partir de la zona de subducción (punto negro).

Se han seleccionado 641 epicentros que quedan dentro de la zona de la sección 4 para obtener una gráfica muestra que va desde 35° a una distancia de 300 Km y profundidad de 125 Km hasta 40° a los 600 Km de distancia de la fosa mesoamericana y profundidad de 250 Km. (Figura No.22).

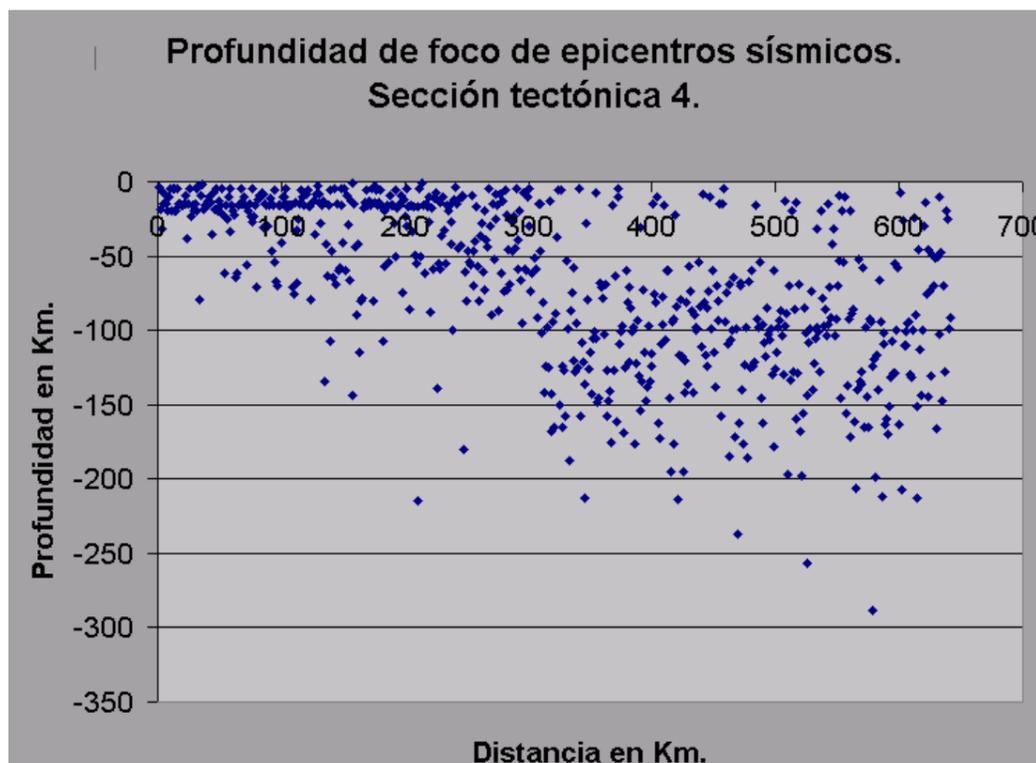


Figura No. 22.- Gráfica de la profundidad de foco de los epicentros sísmicos contenidos en la sección 4. Nótese el incremento de profundidad de izquierda a derecha a partir de la zona de subducción.

La sección tectónica 5 comprende a la Ciudad de Salina Cruz y otras menores la cual considera profundidades de foco máximas de 150 Km (Figura No. 23).

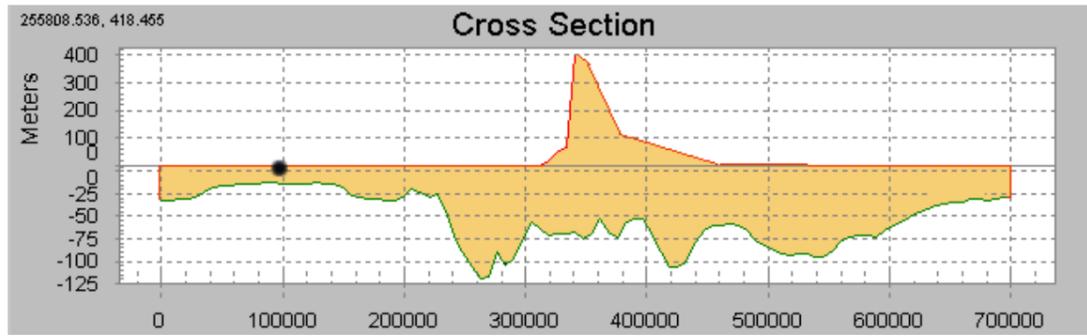


Figura No. 23.- Sección tectónica 5. Nótese el espesor de la corteza oceánica (izquierda) y continental (derecha) a partir de la zona de subducción (punto negro)

Se seleccionaron 526 epicentros que quedan dentro de la zona de la sección 5 para obtener una gráfica que muestra ángulos de subducción que va desde 35° a una distancia de 300 Km y profundidad de 140 Km hasta 40° a los 600 Km de distancia de la fosa mesoamericana y profundidad de 250 Km (Figura No.24).

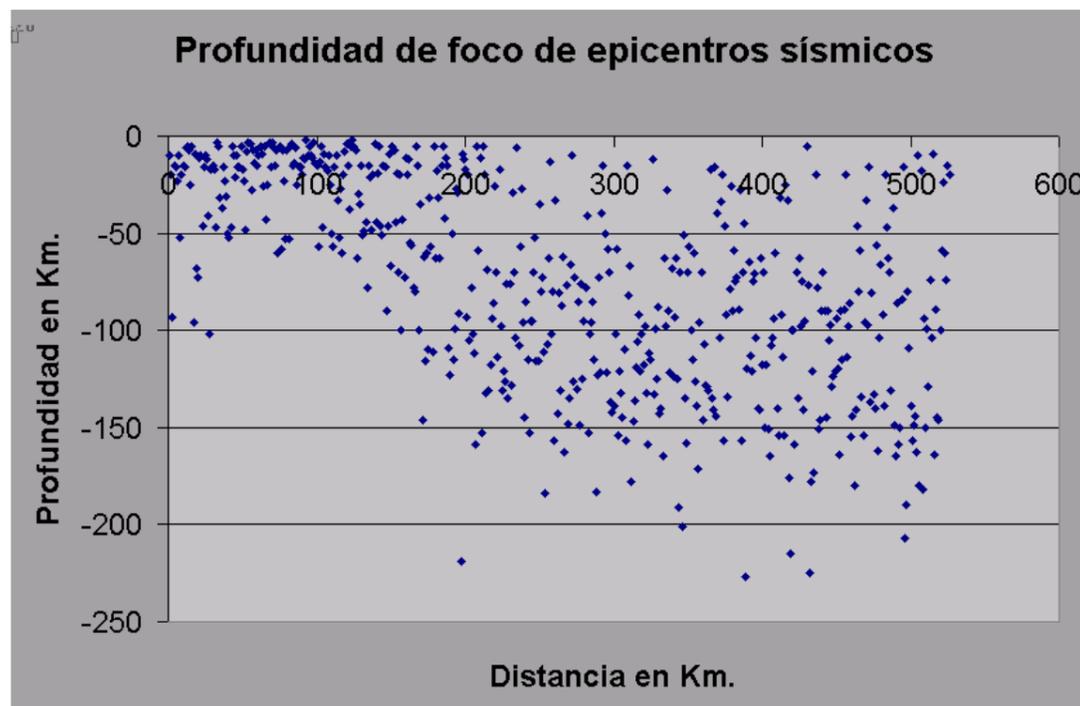


Figura No. 24.- Gráfica de profundidad de foco de los epicentros sísmicos contenidos en la sección 5. Nótese el incremento de profundidad de izquierda a derecha a partir de la zona de subducción.

1.5.- Base de datos de epicentros sísmicos.

La información correspondiente a los puntos de epicentros sísmicos se almacenó en una base de datos, la cual tiene como campos los siguientes conceptos: longitud (en grados y decimales), latitud (grados y decimales),

magnitud (en escala Richter), profundidad (profundidad de foco en kilómetros), hora (hora de ocurrencia del evento) y fecha (fecha de ocurrencia del evento).

Para cada evento sísmico, el valor de magnitud es un valor cuantitativo que representa el valor de energía liberada en una zona o región de ruptura y se constituye como una variable independiente que no puede ser utilizada como variable de interpolación debido a que la energía liberada en cada hipocentro sísmico es única y particular. El concepto de intensidad sísmica es referida como la percepción de la energía de un sismo y de los daños que éste ocasiona, así se puede considerar como una variable cualitativa que puede ser utilizada en procesos de interpolación. Para obtener el valor de la intensidad se utilizó el algoritmo que considera la magnitud y la profundidad de foco (Esteve 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 (Richter, 1958), M es la magnitud en la escala de Richter y F es la profundidad de foco en kilómetros (Lomnitz, 1974)

1.5.1.- Estadística básica de la sismicidad.

Para la estadística básica se consideran los 2976 epicentros sísmicos registrados en el periodo 1991-2000, de los cuales la magnitud varía de 2.2 a 7.4 grados Richter y la profundidad va de 1 a 288 kilómetros de profundidad. El valor de la media de la magnitud es: $\mu = 4.1248$ y el valor de la desviación estándar es: $\sigma = 0.3413$. Del conjunto de datos es difícil observar características significativas de los valores de magnitud respecto al promedio y la desviación estándar. Para ello es útil agrupar los datos en grupos de clases o categorías, así cada clase contiene un número determinado de características y el número es referido como una frecuencia de clase. En la siguiente tabla (tabla 3) se ha definido 30 intervalos de clase con la amplitud de la magnitud en grados Richter.

Clases	Magnitud	Eventos
1	2.2	1
2	3	1
3	3.1	1
4	3.2	4
5	3.3	4
6	3.4	26
7	3.5	39
8	3.6	86
9	3.7	179
10	3.8	281
11	3.9	306
12	4.0	382
13	4.1	390
14	4.2	332
15	4.3	263
16	4.4	216
17	4.5	143
18	4.6	123
19	4.7	70
20	4.8	39
21	4.9	42
22	5.0	15
23	5.1	14

24	5.2	10
25	5.3	3
26	5.4	2
27	5.5	0
28	5.6	2
29	6.3	1
30	7.4	1

Tabla 3.- Tabla de 30 grupos de clases de epicentros sísmicos.

En la tabla es sencillo ver que el mayor número de datos corresponde a la clase 13, con 390 eventos de valor de magnitud sísmica de 4.1 grados de escala de Richter. Esta forma tabular es más fácil de interpretarla a través de una gráfica de frecuencias de acuerdo al número de clases (Figura No. 25).

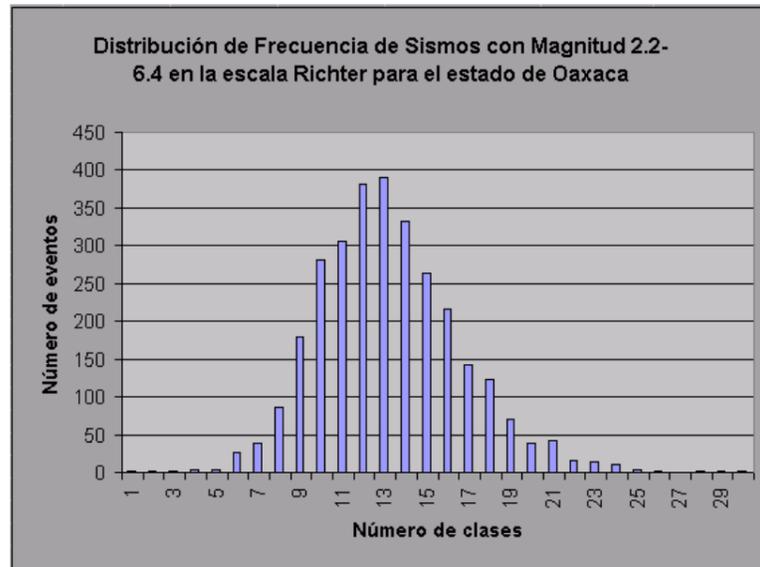


Figura No. 25.- Gráfica de frecuencias de las 30 clases de epicentros sísmicos. Nótese la clase 13 con el mayor número de datos para los epicentros de magnitud 4.1 de la escala richter.

Para hacer un análisis estadístico del conjunto de datos se utilizó una agrupación en 9 clases, lo que permite manejar los datos de forma más sencilla. En la tabla (Tabla 4) se considera nueve intervalos considerando una amplitud de valor de 0.5 de magnitud, valores de frecuencia, frecuencia relativa, frecuencia acumulada, frecuencia relativa acumulada y porcentaje (Wayne, 1980).

Clase	Intervalo	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia Relativa	Frecuencia relativa acumulada	Porcentaje
1	2.2 – 2.5	1	1	.0003	.0003	0.03
2	2.6 – 3.0	1	2	.0006	.0009	0.06
3	3.1 – 3.5	74	76	.0253	.0262	2.53
4	3.6 – 4.0	1234	1310	0.4146	0.4408	41.46
5	4.1 – 4.5	1344	2654	0.4516	0.8924	45.16
6	4.6 – 5.0	289	2943	0.0971	0.9895	9.71
7	5.1 – 5.5	29	2972	0.0097	0.9992	0.97
8	5.6 – 6.0	2	2974	0.0006	0.9994	0.06
9	6.1 – 7.5	2	2976	0.0006	1.0000	0.06
Total		2976		1.0000		100

Tabla 4.- Frecuencias de epicentros sísmicos de 1991 a 2000, del Estado de Oaxaca.

El modelo obtenido en una superficie que representa la distribución del efecto sísmico como una variable continua. El modelado espacial es un procedimiento en el que se toma una variable de la base de datos para generar una superficie de interpolación la cual se integra como un nuevo nivel de información, mediante un algoritmo kriging dentro de un Sistema de Información Geográfica (ESRI, 1991). Figura No.26).

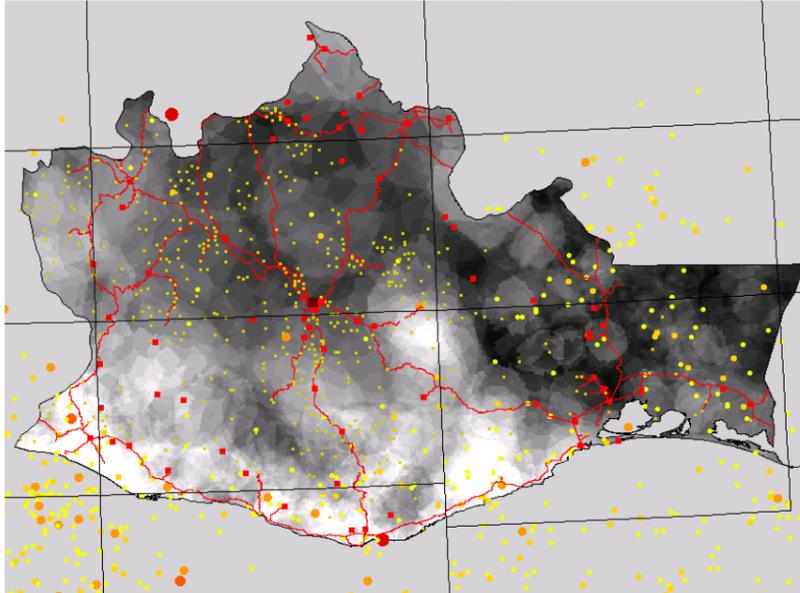


Figura No. 26.- Modelo digital de efecto sísmico. Las áreas blancas indican valores máximos de 9 grados en la escala de mercalli y las partes negras, valores mínimos a 3 grados. Nótese la concentración de los valores altos en la región de la costa y en la porción central del estado de Oaxaca.

1.5.2.- Isolíneas de intensidad sísmica.

Con la base de datos mencionado anteriormente y sus atributos se construyó un modelo de información de intensidades sísmicas, al conjunto de líneas con un valor de intensidad se le llaman isosistas (Figura No.27).

Lo interesante del modelo es la posibilidad de comparar con otros datos geológicos y geofísicos para entender que tanto se ajusta a la realidad, al menos con respecto a los datos digitales disponibles.

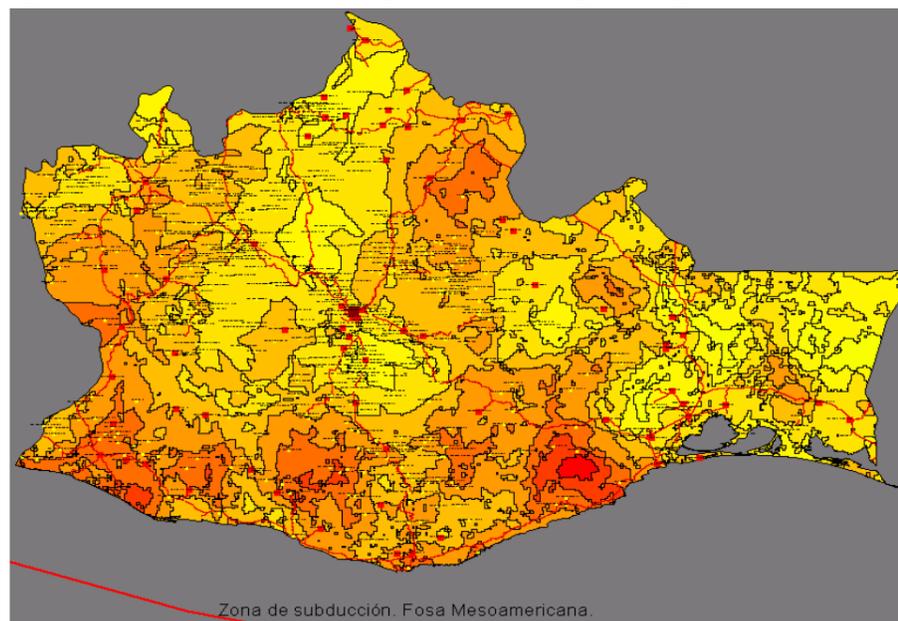


Figura No. 27.- Modelo de efecto sísmico, en formato topológico de polígonos. Nótese las áreas en rojo oscuro que marcan los valores de intensidad 9 y las áreas amarillas que tienen valores de 3 grados en la escala de mercalli.

La distribución espacial de las isosistas en la región continental en el sur de México es homogénea, con valores altos de intensidad en la región de la costa de Oaxaca y del límite de las rocas del complejo metamórfico Xolapa. En la región oceánica, los valores más altos se concentran en la región de zona de decreción de la fosa mesoamericana, en donde la corteza oceánica de la placa de Cocos es destruida por subducción bajo la corteza continental de la placa Norteamericana así como en la zona de acreción tectónica, en la región de la plataforma continental. En la región continental los valores altos de las isosistas se relacionan con la actividad sísmica intraplaca (Sing, et al., 1980) en donde los valores de intensidad van de 4 a 6 grados en la escala de Mercalli. Estas isosistas tienen una clara distribución relacionada a las rocas metamórficas de basamento del complejo Oaxaqueño de edad precámbrica, perteneciente a la Provincia Zapoteca en la región central de Oaxaca. Las isosistas de valores intermedios de 6 a 8 grados de intensidad se presentan ampliamente distribuidos y se relacionan con las rocas metamórficas de basamento de edad paleozoica perteneciente a la Provincia Mixteca. En general, tanto el modelo de efecto sísmico como las líneas isosistas son bastante homogéneos en la parte continental, especialmente dentro de las provincias geológicas y tienen valores altos en particular a lo largo del límite tectónico entre los complejos metamórficos Xolapa, de la provincia Chatina, Acatlán de la provincia Mixteca y Oaxaqueño, de la provincia Zapoteca. Estos límites corresponden a los sistemas de fallas Juchatengo-Chacalapa los cuales son fallas de movimiento lateral izquierdo tectónicamente activas como puede ser comprobado en campo, no sólo por las relaciones de desplazamiento de paragneis y ortogneis en el complejo Xolapa sino también por la zona de milonitas y de los indicadores cinemáticos encontrados, así como las afectaciones a las construcciones civiles y viviendas reconocidas en el trabajo de campo. De igual manera se reconoció al sistema de fallas Colotepec, de movimiento lateral derecho, con indicadores cinemáticos en cristales rotados de feldespato potásico, así como los daños en obras civiles y de infraestructura en las poblaciones Santa María Colotepec, Santa Catarina Cuixtla y Miahuatlán de Porfirio Díaz. En la confluencia de los sistemas Juchatengo-Chacalapa y Colotepec, el modelo de intensidad tiene valores altos de 8 a 9 grados, lo que sugiere que el modelo es un reflejo de la energía sísmica disipada a lo largo de diez años de acuerdo al catálogo de epicentros sísmicos (S.S.N., 1991 – 2000) y además es un indicador de la actividad tectónica de los sistemas de fallas de la región en los límites de las provincias Mixteca, Zapoteca y Chatina. En la porción del océano, el modelo tiene sus valores más altos concentrados en la región de decreción de la zona de subducción de la fosa mesoamericana y en la zona de acreción de la plataforma continental y por otra parte, en la región continental, en la zona de Pinotepa Nacional. En estas regiones el modelo de efecto sísmico sugieren la actividad sísmica intraplaca (Sing, et al., 1980) con valores de 4 a 6 grados Mercalli. Estos últimos valores se presentan principalmente en la porción continental, dentro de la Provincia Zapoteca, por lo que el complejo metamórfico de edad precámbrica constituye el medio a través del cual las ondas sísmicas se propagan y contribuye en parte a los efectos de sitio a lo largo de los sistemas de fallas antes mencionadas. Los valores intermedios del modelo, de 6 a 8 grados se presentan en una área muy amplia en los límites estatales de Guerrero y Oaxaca, dentro de la provincia Mixteca, en donde las ondas sísmicas se propagan en el complejo metamórfico de Acatlán, de edad Paleozoica. Por otra parte el modelo de efecto sísmico es útil para comprender el límite tectónico de los complejos Acatlán y Oaxaqueño, que es la continuación hacia el sur de la falla lateral izquierda de Caltepec, Puebla. Dentro del complejo Oaxaqueño las variaciones homogéneas y constantes de 3 a 6 grados Mercalli sufren variaciones a 6 y 7 grados y distribución heterogénea dentro del complejo Acatlán, sugiriendo la extensión a profundidad de la falla Caltepec. Estas características no pueden ser claramente interpretadas con los mapas geológicos de la litología y las estructuras; entre Asunción Nochixtlán y Tepelmeme no se tiene una extensión superficial de la falla porque se encuentra cubierta por rocas sedimentarias mesozoicas y rocas volcánicas cenozoicas, las que presentan fallas normales activas así como fallas inversas locales que pueden ser vistas a lo

largo de la carretera federal 135. El análisis de las líneas de isosistas dentro de los complejos metamórficos muestra que hay cambios muy suaves en la zona de falla, mientras que los cambios fuertes en la respuesta de campo magnético terrestre (COREMI, 2001), sugiere la presencia de rocas ígneas intrusivas graníticas como aquellas que afloran en Cozahuico, Puebla. La implicación geológica es la extensión de la zona de falla, de la región de Tepelmeme, hacia la zona de falla Caltepec (Elías y Ortega, 2000). Finalmente, los epicentros sísmicos someros con valores que van de 4.5 a 4.7 grados Richter se concentran en la zona de fallas Colotepec y Chacalapa lo que sugiere que las fallas no se extienden de manera profunda dentro de la corteza continental, forman parte de un bloque tectónico que cortan y desplazan a las rocas de gneis y esquisto del complejo Oaxaqueño. El análisis de las isosistas para los complejos metamórficos de basamento muestra valores altos en la región comprendida entre Santiago Pinotepa Nacional y Salina Cruz, se relacionan con la zona de cizalla de las fallas laterales izquierdas llamadas Juchatengo – Chacalapa en las rocas metamórficas de edad Paleozoico – Cenozoico y las rocas ígneas intrusivas graníticas de edad Mioceno – Plioceno del complejo metamórfico de Xolapa y en los límites tectónicos con la provincia Zapoteca. Los epicentros sísmicos someros con valores comprendidos entre 4.5 y 4.7 grados de la escala Richter en la intersección de las zonas de Falla Chacalapa y Colotepec sugieren que dichas fallas no se profundizan en la corteza continental inferior y se presentan dentro del mismo bloque tectónico del complejo metamórfico Oaxaqueño compuesto de paragneis y esquisto. El análisis de la distribución de las isosistas sugiere que la zona de falla Colotepec – Chacalapa es la más activa mientras que la zona de Falla Juchatengo, demuestra la acumulación de energía sísmica. La falla Chacalapa se extiende hacia el este hasta la región de Salina Cruz, en donde valores altos de isosistas se relacionan con rocas volcánicas y sedimentarias de edad Jurásica intrusionadas por rocas ígneas graníticas de edad Mioceno. Una distribución de valores bajos de isosistas se presenta en la Provincia Cuicateca y se relaciona con las rocas metamórficas de edad Mesozoica de la provincia Cuicateca. Finalmente una concentración baja de valores de isosistas con valores entre 8 y 11 grados Mercalli, pero con una menor distribución espacial se presenta en la zona de Costa de los límites de los estados de Guerrero y Oaxaca que se relacionan a las rocas metamórficas de edad mesozoica pertenecientes a la provincia Chatina del complejo Xolapa. Esta expresión de las isosistas es congruente con las interpretaciones de levantamiento y erosión por subducción de una parte de la corteza continental del sur de México (Morán, et al., 1995; Morán, et al., 1996). La falla Chacalapa se extiende hacia el sureste en donde los valores altos del modelo de intensidad se relacionan con rocas volcánicas y sedimentarias jurásicas intrusionadas por granodioritas del Mioceno en la extensión oriental de la zona de falla en la región de Salina Cruz.

1.6.- Areas de influencia para evaluar la vulnerabilidad

Estas áreas pueden ser definidas como aquellas regiones en donde una zona urbana o rural puede sufrir un daño a causa de la presencia de un fenómeno natural que por su magnitud genere un desastre, como por ejemplo el sismo, inundación, incendio, deslizamiento de materiales, etc. Las áreas son definidas con base en un radio de influencia en relación con el centro geográfico de la ciudad o población en cuestión, a partir del cual se considera un radio geométrico en kilómetros, para obtener una superficie circular que envuelve la traza urbana o rural, de acuerdo a la siguiente tabla (Tabla 5).

	<i>Tipo de influencia</i>	<i>Radio</i>	<i>Diámetro</i>	<i>Clase</i>	<i>Km²</i>
<i>1</i>	<i>Alta</i>	<i>1.0</i>	<i>2</i>	<i>A</i>	<i>6.28</i>
<i>2</i>	<i>Media</i>	<i>2.5</i>	<i>5</i>	<i>B</i>	<i>15.70</i>
<i>3</i>	<i>Baja</i>	<i>5.0</i>	<i>10</i>	<i>C</i>	<i>31.41</i>

Tabla 5. Valores para el modelo de vulnerabilidad.

Por ejemplo para la ciudad de Oaxaca se tiene definida una área de influencia alta en un radio de 1 kilómetro a partir del centro geográfico de la ciudad, una área de influencia media en un radio de 2.5 kilómetros y una área de influencia baja con un radio de 5 kilómetros. Los diámetros obtenidos son agrupados en clases de acuerdo al tipo de influencia con un color asignado para resaltar el rango o valor. (Figura No.28)

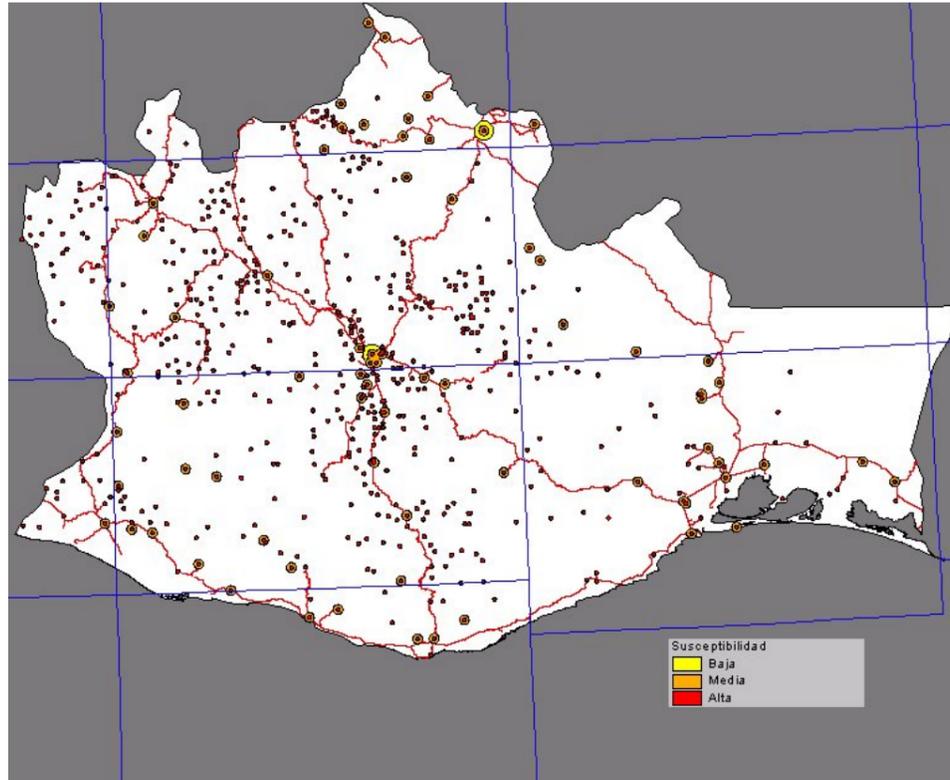


Figura No. 28.- Areas de susceptibilidad urbana y rural. Nótese que la ciudad de Oaxaca y en la población de San Juan Bautista Tuxtepec, se tienen definidas tres áreas de susceptibilidad; alta en rojo, media en naranja y baja en amarillo.

1.7.- Zonas Vulnerables por estructuras geológicas (Fallas)

Estas zonas pueden ser definidas desde el punto de vista geológico como aquellas regiones pobladas en donde pueden ocurrir daños o afectaciones propiciadas por un fenómeno natural como un sismo, asociado a las estructuras geológicas regionales tectónicamente activas. La interacción de las placas convergentes Cocos - Norteamérica (Drummond, 1981) genera esfuerzos de compresión y dilatación que en el continente se expresan superficialmente como un arreglo de sistema de fallas laterales izquierdas principalmente. Un conjunto de fallas llamadas Juchatengo- Chacalapa, se distribuyen casi paralelamente a la costa del estado, y es posible interpretarlas fotogeológicamente en un mosaico de imágenes de satélite (Figura No.29).

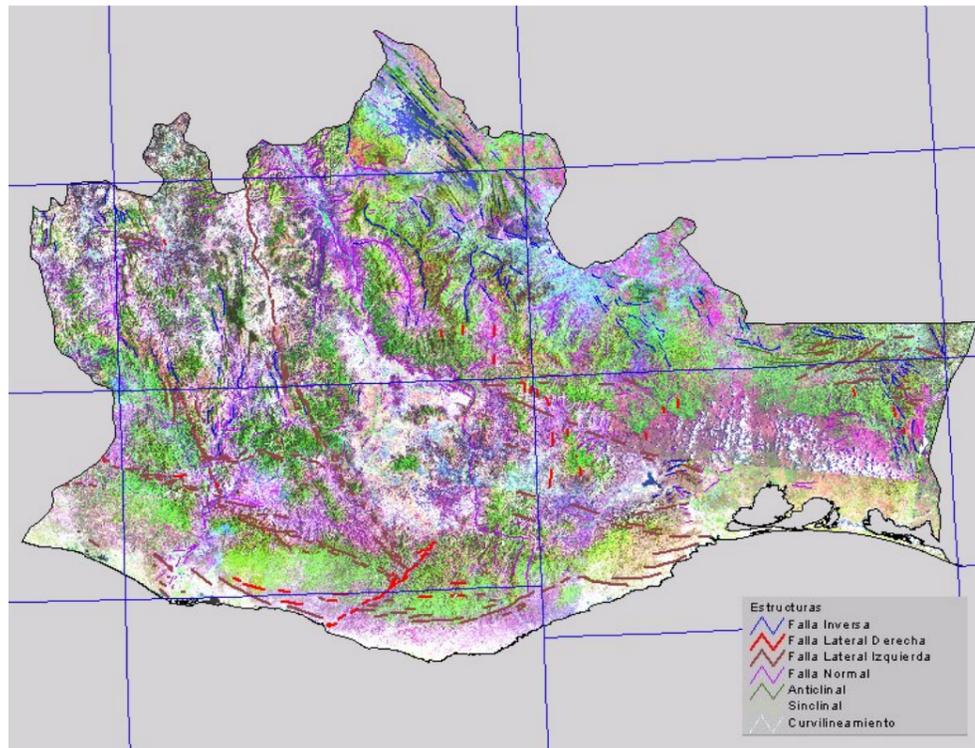


Figura No. 29.- Fotointerpretación de estructuras geológicas regionales en el mosaico de imágenes de satélite landsat, compuesto en bandas de infrarrojo medio, cercano y rojo visible (7, 4, 1).

Las estructuras geológicas se han ajustado topográficamente mediante la sobreposición al modelo digital de elevación y al modelo digital de relieve, con lo cual las estructuras han quedado georeferidas (Figura No.30).

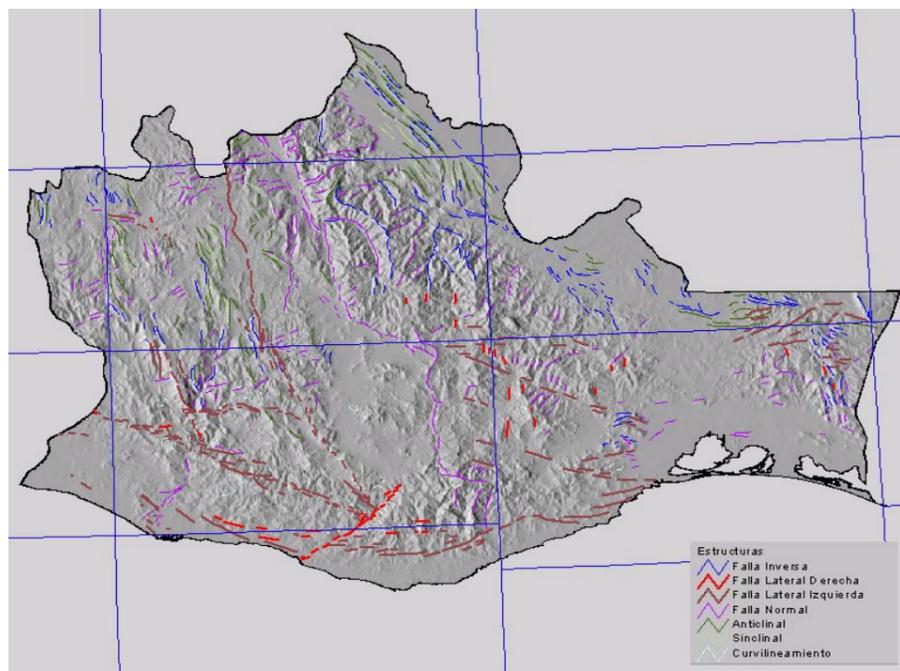


Figura No. 30.- Estructuras geológicas regionales ajustadas al modelo digital de relieve para su integración en la base de datos.

La georeferencia de las estructuras permite relacionar los límites de las provincias geológicas no sólo para determinar regionalmente el tipo de desplazamiento que tienen las fallas, sino también visualizar la relación entre ellas. En su conjunto las estructuras geológicas consideradas son fallas de movimiento lateral, que pueden ser derechas (dextrales), si el movimiento es en el sentido de las manecillas de reloj; o izquierdas (sinextrales), en movimiento contrario a las manecillas de un reloj. En su mayoría, las estructuras geológicas son fallas laterales izquierdas, excepto la falla Colotepec que es de tipo lateral derecha y que se extiende desde Puerto Escondido hasta Miahuatlán. Tanto la información disponible como el trabajo de campo permitió definir las estructuras geológicas regionales para su expresión cartográfica a escala estatal, con ello se tiene un mapa estructural (Figura No.31) que se utilizó para la generación de áreas de riesgo por estructuras geológicas.

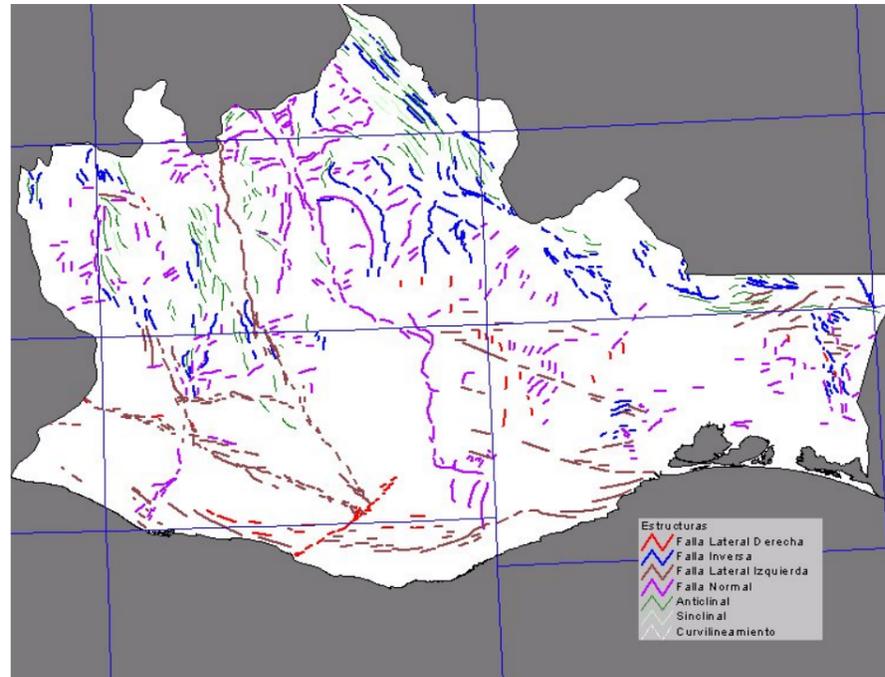


Figura No. 31.- Estructuras geológicas regionales en el estado de Oaxaca. Nótese la definición de patrones de rasgos lineales estructurales continuos de fallas laterales como la falla Juchatengo, Colotepec y Chacalapa, al sur del estado.

El procedimiento para definir las áreas de riesgo por estructuras geológicas consistió en la selección de distancias de influencia equidistante a partir de las líneas de las estructuras de falla (Tabla 6).

	Influencia por estructura geológica	Distancia perpendicular a la estructura en km	Distancia (radio) de influencia en Km	Rango
1	Alto	0.5	1.0	A
2	Medio	1.5	3.0	B
3	Bajo	5.0	10.0	C

Tabla 6. Valores de rango para el modelo de influencia.

Con esta información se ha generado la regionalización de la extensión de las estructuras en áreas que se han clasificado en zonas vulnerables de valor Alto, Medio y Bajo, agrupadas en un nuevo tema llamado modelo de zonas vulnerables por estructuras geológicas (Figura No.32).

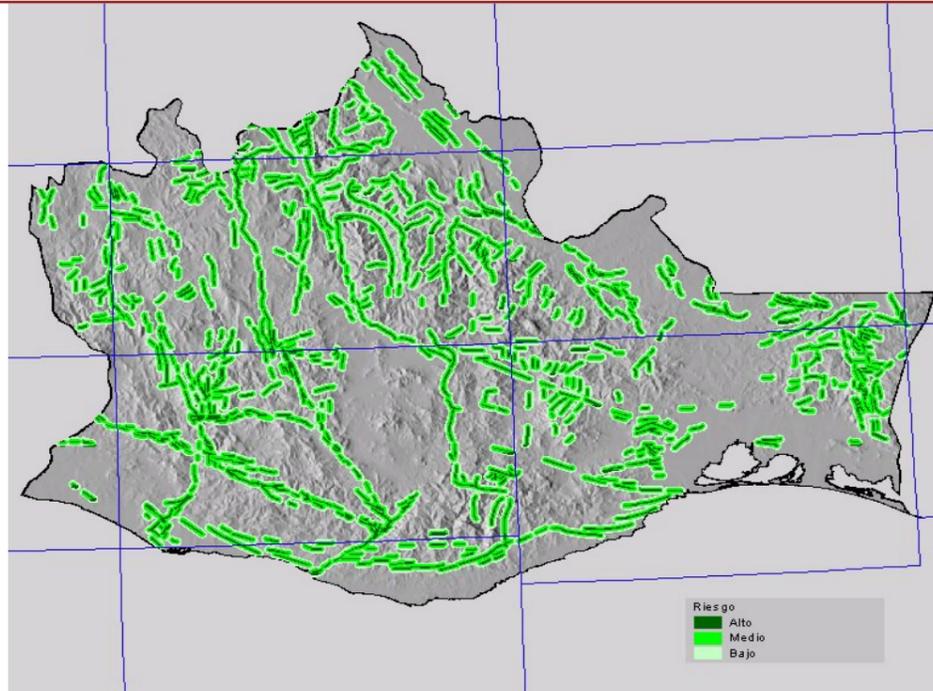


Figura No. 32.- Modelo de zonas vulnerables por estructuras geológicas. Nótese las áreas de vulnerabilidad en rangos alto, medio y bajo, definidas para el estado de Oaxaca, obtenidas a partir de estructuras regionales y ajustadas al modelo digital de relieve.

Del análisis de la distribución de las zonas de influencia por estructuras geológicas se observa que se tiene una mayor concentración en la provincia Chatina, lo que sugiere que en dicha provincia ocurre una liberación de energía sísmica constante y de distribución espacial homogénea. Esta región trunca la extensión de la porción septentrional de las provincias geológicas Mixteca, Juchateca, Zapoteca y Cuicateca, lo cual es una característica geológica que merece atención especial debido a la relación de esta región con la distribución de los sismos someros a profundidades menores a 35 Km que nos lleva a deducir que la región de la provincia Chatina comprende a un conjunto de fallas activas que definen a la región como una de las más peligrosas del sur de México (Figura No.33)

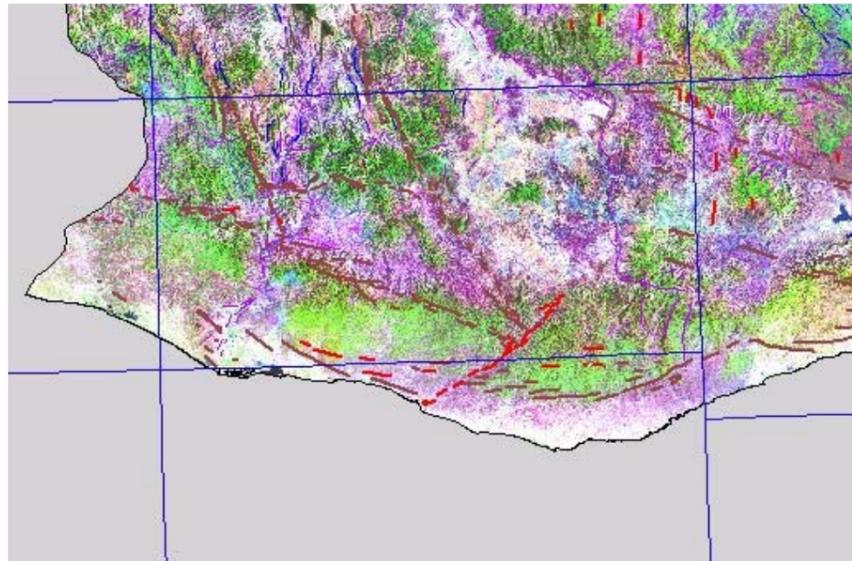


Figura No. 33. Detalle de la provincia Chatina la cual comprende un conjunto de fallas activas, la cual es una de las más peligrosas del sur de México.

Estas áreas obtenidas se refieren al peligro relacionado a la actividad tectónica activa y potencial de las estructuras de falla geológica y son las más significativas en el Sur de México. Tienen una relevancia importante para el estado de Oaxaca dado que se encuentra en un límite tectónico convergente activo entre las placas tectónicas Cocos y Norteamérica (Figura No.34)

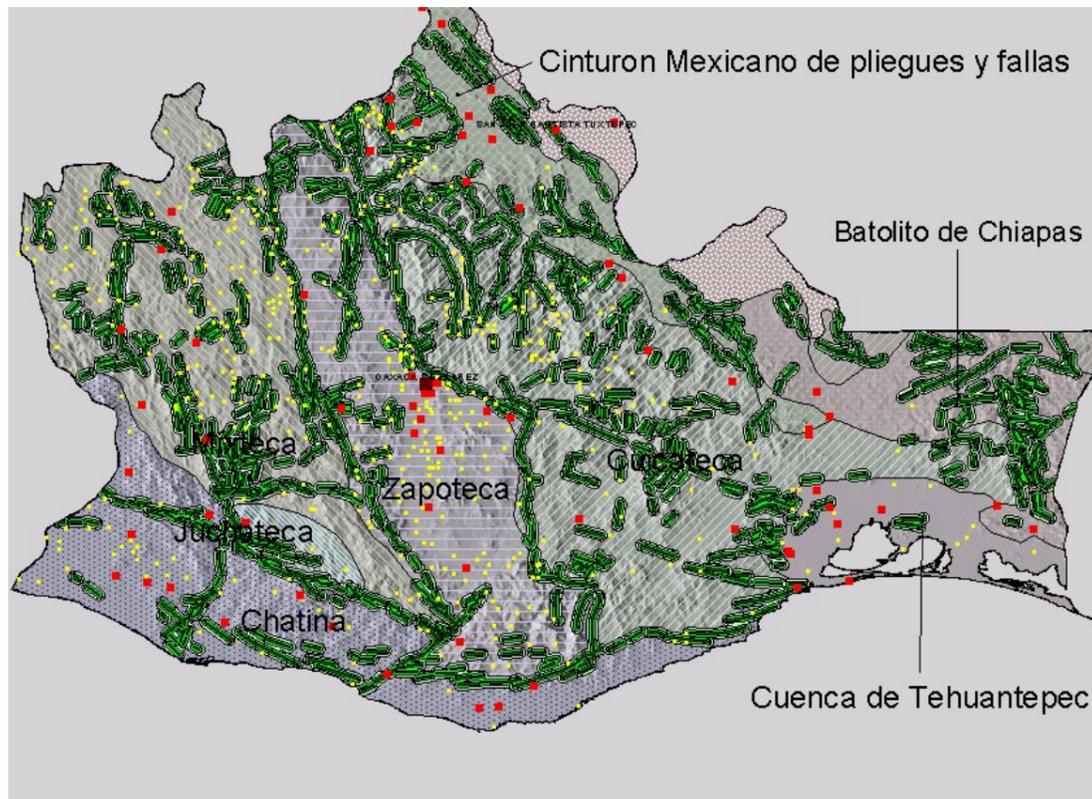


Figura No. 34.- Estructuras tectónicas sobrepuestas a las provincias geológicas y análisis de áreas de influencia que definen regiones de peligro tectónico. en verde oscuro rango alto; en verde claro medio y en verde brillante bajo. Nótese la distribución de las estructuras en los límites de las provincias geológicas y su expresión en relación con el modelo digital de relieve.

1.8.- Areas de influencia por sismos

Estas áreas asociadas a la sismicidad del sur de México, se han representado para la porción continental (Figura No. 35), por lo que son una expresión de las zonas o regiones en donde se ha disipado o liberado energía sísmica en los últimos 10 años.

La información disponible consiste de un catálogo de epicentros publicado en los boletines del Servicio Sismológico Nacional. Con dicha información se construyó una capa de epicentros, se consideró la resolución cartográfica de la escala 1:250,000 para definir áreas de influencia y se generó una capa de información denominada modelo de influencia por sismos. Las áreas de influencia son definidas con base en un radio con relación a los epicentros sísmicos en cuestión; se considera un radio geométrico en kilómetros, para obtener una superficie circular que envuelve al epicentro de acuerdo a la siguiente tabla (tabla 7).

	Influencia por sismos	Radio km.	Diámetro km.	Clase	Area km ²
1	Alto	0.5	1	A	0.785
2	Medio	1.5	3	B	7.06
3	Bajo	2.5	5	C	78.54

Tabla 7. Valores de parámetros para la definición del modelo de influencia por sismos.

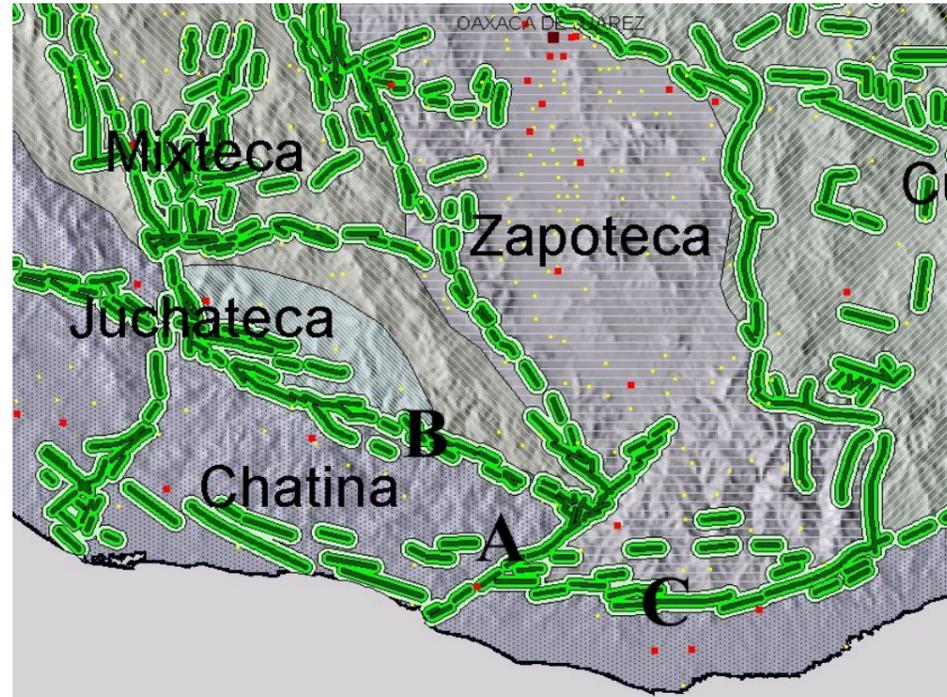


Figura No. 35.- Estructura tectónica del conjunto juchatengo-chacalapa y áreas de influencia del modelo de vulnerabilidad por estructuras geológicas. Nótese la distribución de la falla Colotepec (a) que afecta y desplaza a las estructuras de la zona de las fallas Juchatengo (b) y Chacalapa (c).

Estas zonas de influencia por sismos se determinaron usando radios de influencia en la misma proporción que en el modelo de zonas de vulnerabilidad por estructuras geológicas, alrededor de cada epicentro definiendo áreas de rangos Alto, Medio y Bajo. En el análisis de la distribución de las zonas de influencia sísmica se observa una mayor concentración de áreas en la provincia Chatina, demostrado que en la región ocurre una liberación de energía sísmica constante por lo que es una región de peligro con factibilidad de causar un daño constante a las ciudades y poblaciones de esa región y lo seguirá siendo en el futuro. (Figura No.36).

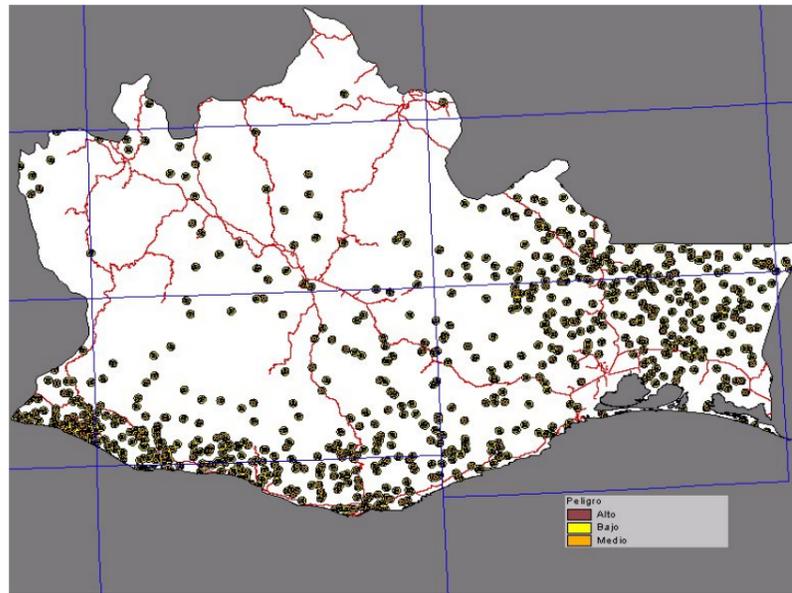


Figura No. 36.- Áreas de peligro de la sismicidad del sur de México y relacionada a los epicentros sísmicos.

Es de notar que existe una región de mayor concentración en las provincias Batolito de Chiapas y Cuicateca, concentrándose principalmente en la región de Tehuantepec y es también notable que entre las regiones mencionadas existe una región de menor concentración, concretamente en el límite de las provincias Zapoteca y Cuicateca. (Figura No.37).

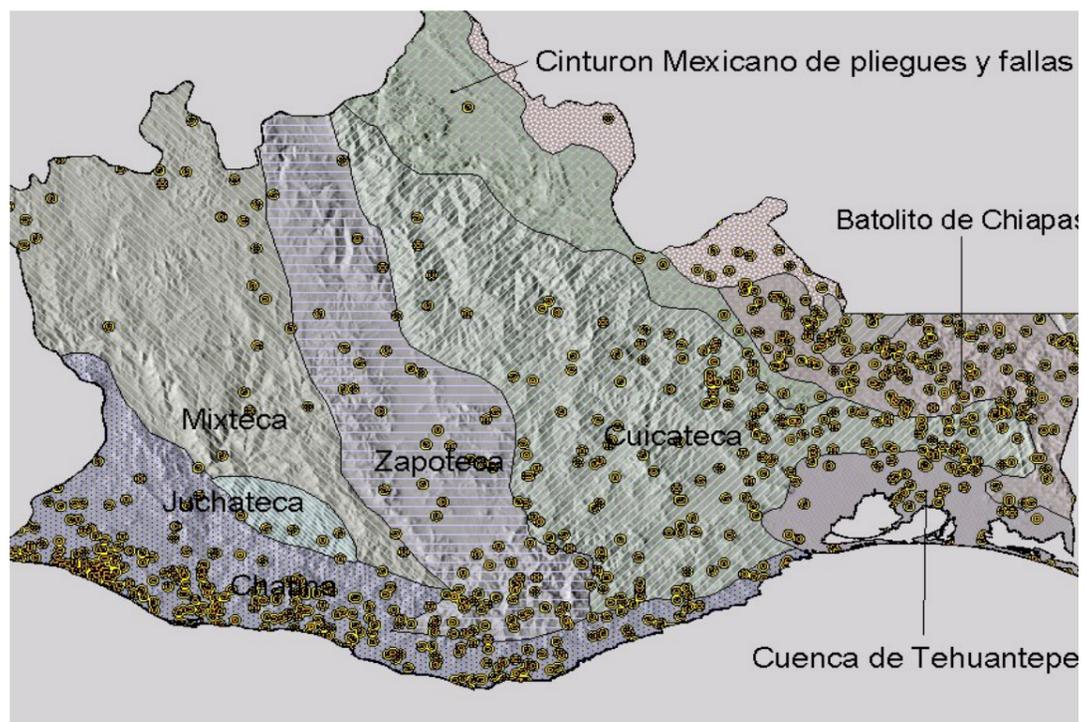


Figura No. 37.- Modelo de influencia por sismos, definido como área de influencia a partir de epicentros de magnitud mayor a 4.5 grados de la escala de richter, sobrepuestos a las provincias geológicas y al modelo digital de relieve. Nótese una mayor concentración de áreas de peligro en la provincia Chatina, a lo largo de la costa del estado y de otra concentración mayor en las provincias Batolito de Chiapas y Cuicateca, en la región de Tehuantepec.

1.9.- Areas Vulnerables

El área vulnerable es definida como aquella región en donde se tiene la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural con la probabilidad de que tenga una afectación sobre una ciudad y a su población. Los mapas temáticos generados tienen una expresión regional y son resultado de un análisis de la información disponible en procesos de áreas de influencia a partir de los atributos de la base de datos de cada tema.

Para generar las áreas vulnerables se utilizaron los modelos de influencia por estructuras, el de susceptibilidad y el de áreas de influencia por sismos mediante procesos de unión e intersección de atributos de la base de datos y de elementos gráficos (figura No.38).

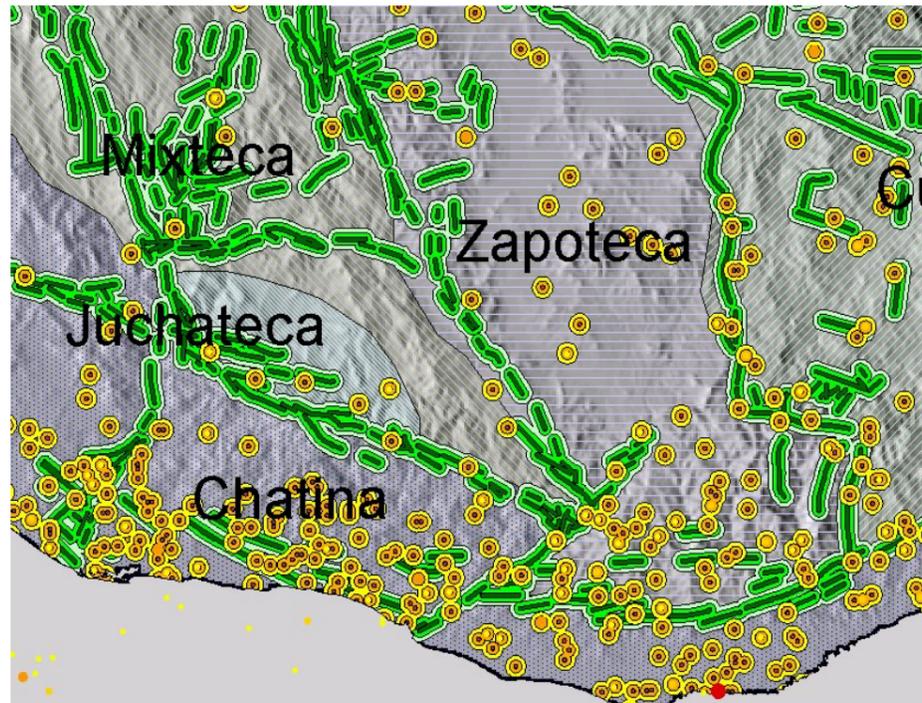


Figura No. 38.- Region sur de Oaxaca en donde se concentran áreas de influencia del modelo de influencia por estructuras geológicas, sobrepuestas al modelo de influencia por sismos y a las provincias geológicas. Nótese la concentración del área de influencia sísmica dentro de la provincia Chatina y de su estrecha relación de distribución espacial respecto al modelo de influencia por estructuras.

El modelo de análisis resultante contiene los atributos de todos los modelos utilizados, así las áreas o regiones comunes de los modelos de entrada quedan en el modelo de salida al que se le llama modelo de áreas vulnerables, cuyas áreas representan regiones susceptibles de presentar peligro sísmico en ciudades o poblaciones en donde se tiene una intensidad sísmica y un tipo de roca o basamento litológico (Figura 39).

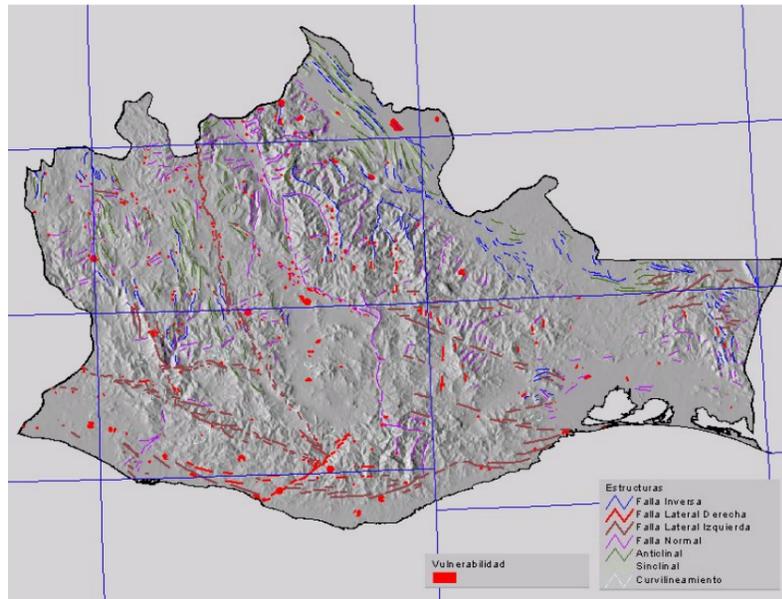


Figura No. 39.- Modelo de alta vulnerabilidad. Nótese las áreas en rojo y su estrecha relación con las estructuras de fallas geológicas. principalmente en la porción sur del estado de Oaxaca.

Con estas áreas vulnerables se planeó el trabajo de campo para ser verificadas, demostrando que el modelo muestra algunas regiones de vulnerabilidad como en las localidades de Puerto Escondido, Santa María Colotepec, San Agustín Loxicha y Santa María Huatulco, entre otras. (Figura No. 40)

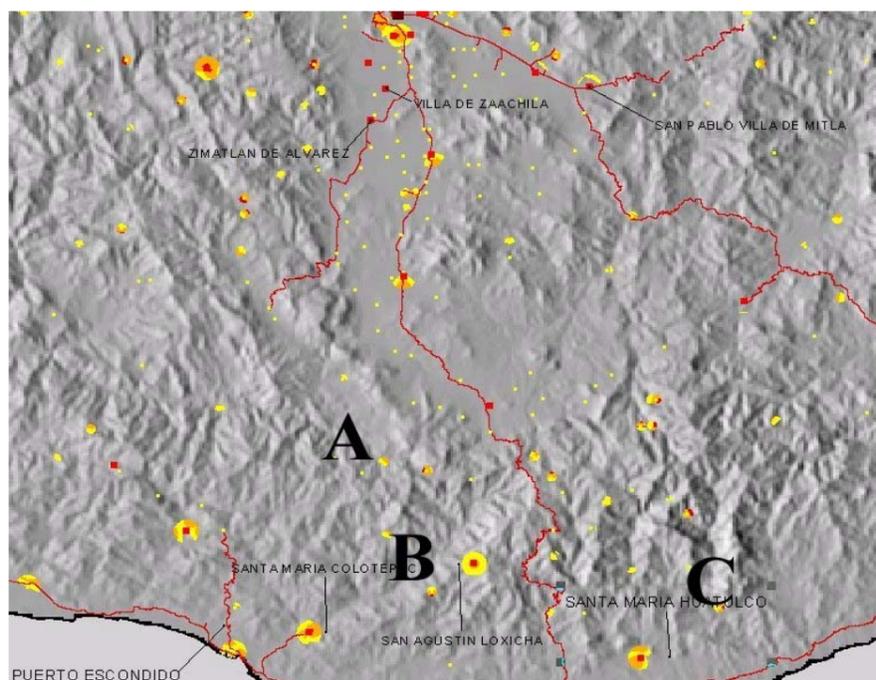


Figura No. 40.- Detalle de las zonas de riesgo de la región comprendida entre Puerto Escondido y Santa María Huatulco, con rangos de valor alto en rojo, medio en naranja y bajo en amarillo. Nótese la definición de las áreas de influencia del modelo en relación con las características del relieve de la zona de fallas Juchatengo (a), Colotepec (b) y Chacalapa (c).

1.10.- Daños de estructuras civiles y construcciones.

El trabajo de campo realizado, se enfocó en uno de sus aspectos, a la verificación del daño en estructuras civiles y construcciones urbanas y rurales. Durante el trabajo de campo se consultó de manera directa a una parte representativa de la población acerca de los daños en construcciones y obras civiles en ciudades y poblaciones del Estado de Oaxaca, y desde el punto de vista geológico y para fines prácticos de este trabajo, los datos obtenidos se registraron en fichas de campo y con los valores de coordenadas se construyó un mapa temático de puntos (Figura No.41).

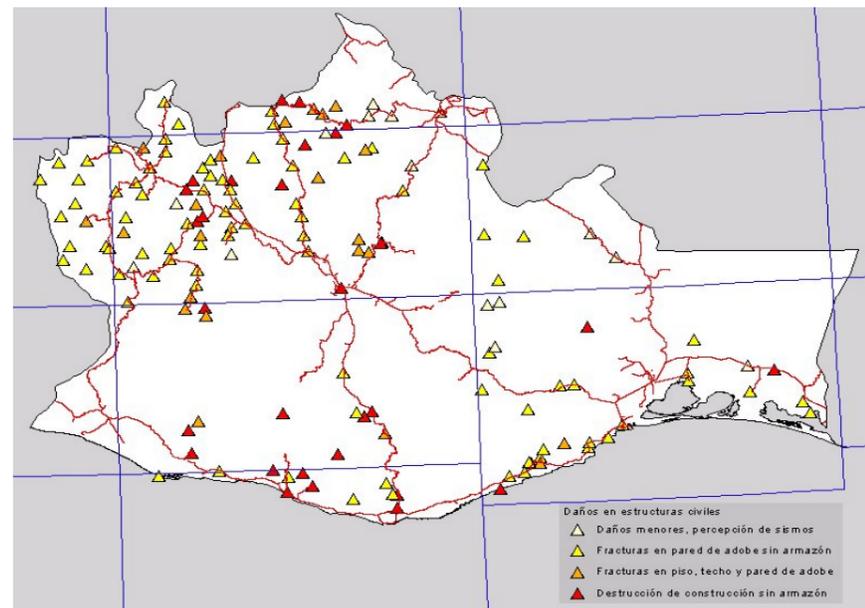


Figura No. 41.- Mapa temático de los puntos de sitios censados acerca de los daños en construcciones y obras civiles.

El censo proporcionó información de aquellos sitios o lugares que han sufrido impacto directo durante eventos sísmicos de magnitud considerablemente importante, incluso sismos históricos que de manera vivencial fue obtenido directamente de los habitantes principalmente de zonas rurales. Los datos obtenidos, referidos como ciudades o localidades con daños estructurales se tienen en un rango de cuatro conceptos que son: daños menores y percepción de ondas sísmicas, fractura de construcciones de adobe y sin amarres; fractura en pared de adobe, piso y techo; y destrucción total de construcción sin amarres (Figura No.42)

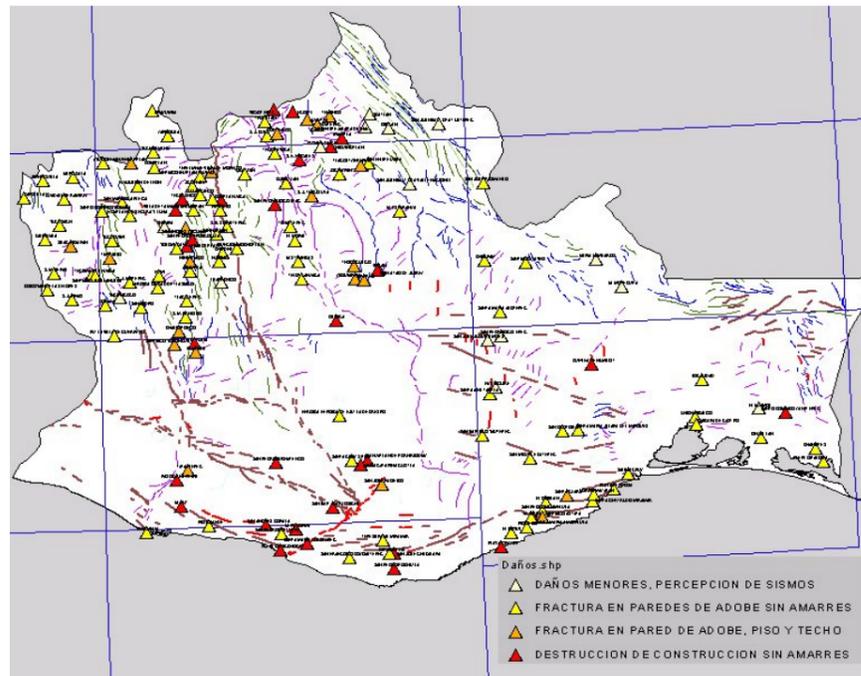


Figura No. 42.- Mapa de daños estructurales y estructuras tectónicas para el estado de Oaxaca. Nótese la distribución de destrucciones totales de construcciones en triángulos rojos y su relación de distribución espacial con respecto a fallas laterales en rojo y rojo obscuro.

Cuando el mapa de daños estructurales es sobrepuesto al mapa de provincias geológicas (Figura No.43) disponibles para el estado de Oaxaca resulta interesante notar que la distribución de los puntos es marcadamente concordante con las estructuras geológicas, lo que apoya la interpretación de los sistemas de fallas activas. Es importante notar también que los sitios con mayor afectación se asocian espacialmente con las fallas de movimiento lateral y que es sin duda el ambiente tectónico lo que contribuye al daño de obras y estructuras civiles.

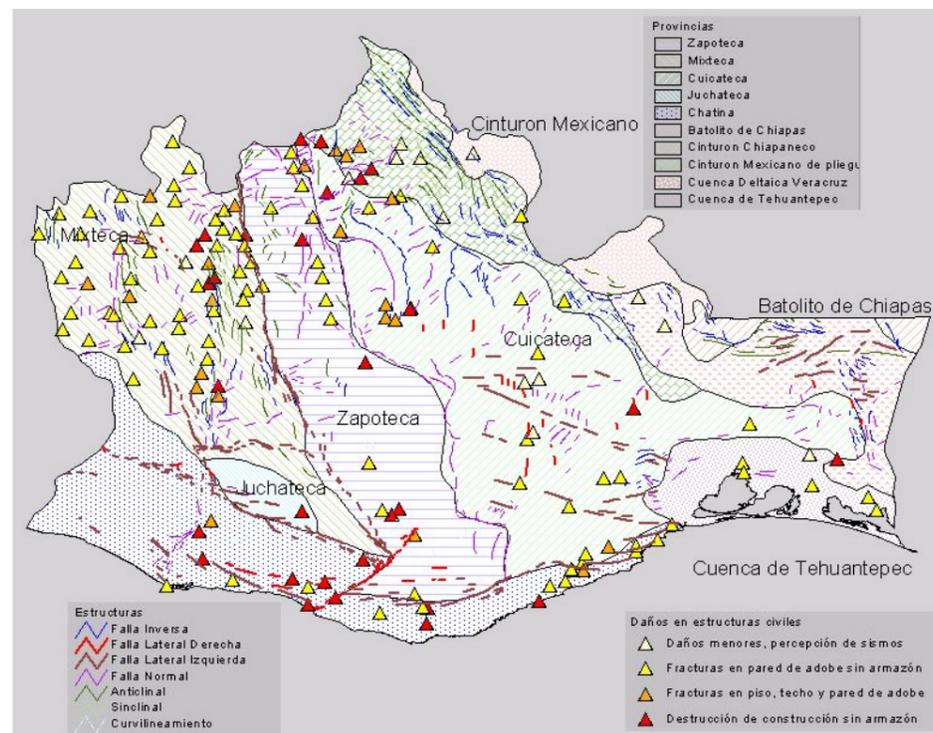


Figura No. 43.- Mapa de daños en construcciones sobrepuesto a las estructuras tectónicas regionales y a las provincias geológicas del sur de México.

1.11- Definición de corredores sismotectónicos.

Un corredor sismotectónico es una región en donde se disipa energía sísmica favorecida por los factores litológicos y estructurales. En este sentido se han comparado las provincias y las estructuras geológicas con el mapa temático de daños en obras civiles, lo cual también es interesante hacer notar que se tiene una correlación estrecha entre los tres diferentes tipos de información obtenidos en los modelos y que contribuyen a dar soporte a la interpretación de las zonas denominadas corredores sismotectónicos que han sido definidas mediante el análisis espacial (Figura No. 44). Una de las necesidades más grandes en la elaboración de planes y programas de protección civil y de investigación de las zonas vulnerables es la definición de áreas en donde ocurre la disipación de energía y del grado de afectación que puede ocurrir en las ciudades y poblaciones. Sin embargo, la definición de tales regiones y sus límites no es fácil de establecer debido a que únicamente se cuenta con datos discretos de variables cuantitativas y cualitativas que son analizadas bajo modelos de análisis espacial de información digital disponible. Los modelos obtenidos se han relacionado para definir áreas de influencia, modelo que a su vez es sobrepuesto a las estructuras tectónicas y las unidades litológicas para llegar a la definición de corredores sismotectónicos.

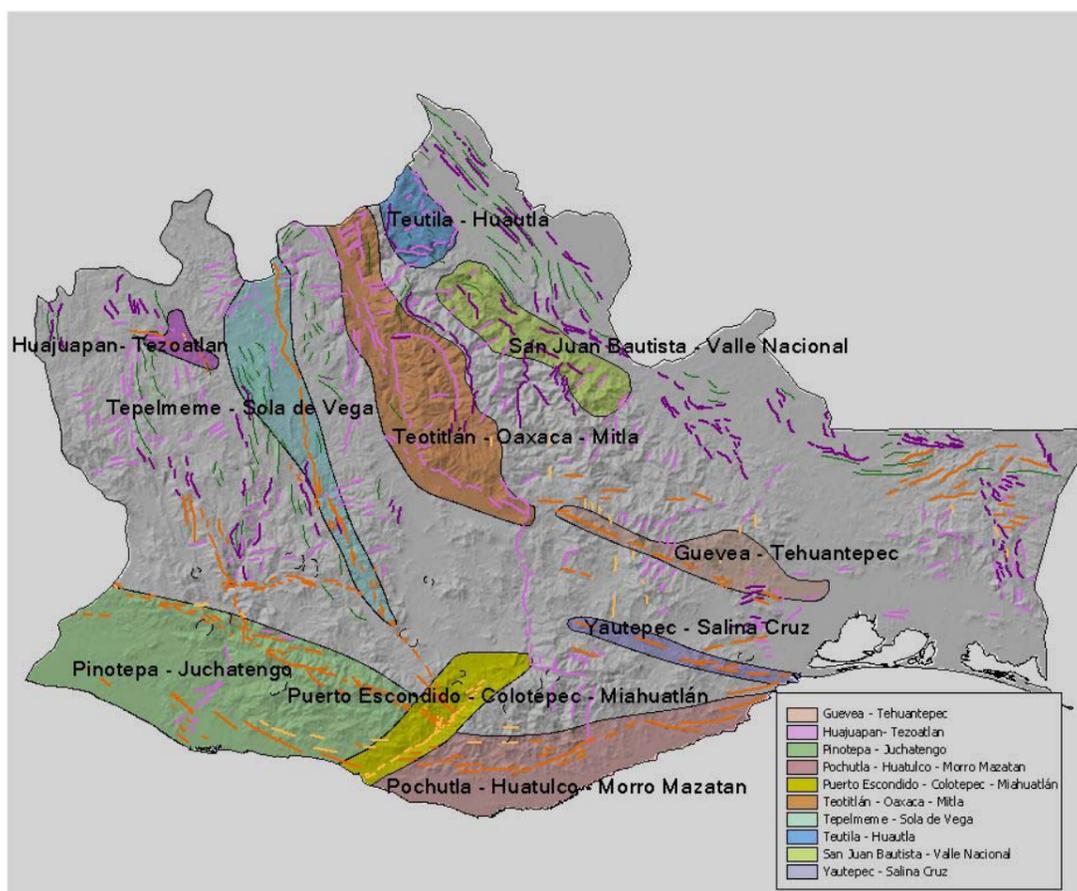


Figura No. 44.- Modelo de corredores sismotectónicos sobrepuestos a las estructuras tectónicas y el modelo de relieve

La distribución espacial de los corredores interpretados tiene 10 grandes áreas denominadas de acuerdo a la estructura geológica mayor a las ciudades o poblaciones más importantes contenidas dentro de cada región (tabla 8).

número	Nombre	Extensión km ²
1	Huajuapán - Tezoatlán	395
2	Tepelmeme - Sola de vega	3244
3	Teotitlán - Oaxaca - Mitla	2930
4	Teutila - Huautla	359
5	Pinotepa - Juchatengo	6643
6	Puerto Escondido – Colotepec - Miahuatlán	1902
7	Pochutla – Huatulco – Morro Mazatan	3046
8	Yautepec – Salina Cruz	777
9	Guevea -Tehuantepec	1107
10	San Juan Bautista-Valle Nacional	2201

Tabla 8.- Corredores sismotectónicos en el estado de Oaxaca.

1.11.1.- Corredor sismotectónico Huajuapán – Tezoatlán

Se encuentra definida en una orientación NW70°SE en la porción centro occidental del estado y corresponde al lineamiento tectónico de Tezoatlán. Tiene una extensión de 395 km² y comprende las ciudades y poblaciones listadas en la tabla 9

CIUDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	POBLACION
HEROICA CIUDAD DE HUAJUAPAN DE LEON	17.80	-97.77	1600	53219
SAN ANDRES DINICUITI	17.68	-97.73	1650	2136
TEZOATLAN DE SEGURA Y LUNA	17.65	-97.82	1520	12357
SANTO DOMINGO YODOHINO	17.62	-97.68	1680	510
VILLA CHILAPA DE DIAZ	17.58	-97.63	1900	1713

Tabla 9.- ciudades comprendidas dentro del corredor sismotectónico Huajuapán - Tezoatlán.

Esta región se caracteriza por presentar estructuras de falla lateral izquierda, con valores de intensidad sísmica de 4 a 5 grados, con riesgo estructural. Se encuentra dentro de la provincia Mixteca, en donde las rocas metamórficas paleozoicas de basamento son el medio a través del cual se propagan ondas superficiales de importancia considerable para la región.

1.11.2.- Corredor sismotectónico Tepelmeme – Sola de Vega

Se encuentra definida en una orientación NW10°SE, desde Concepción Buenavista hasta San Francisco Sola en la porción centro occidental del estado, corresponde al lineamiento tectónico de la falla de Caltepec y de su extensión septentrional hacia el sur. Tiene una extensión de 3244 km², y comprende la ciudad de Nochixtlán y las poblaciones listadas en la tabla 10.

CIUDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	POBLACION
CONCEPCION BUENAVISTA	17.88	-97.40	2120	946
TEPELMEME VILLA DE MORELOS	17.87	-97.37	2060	1578

SANTIAGO IHUITLAN PLUMAS	17.85	-97.43	2120	599
TLACOTEPEC PLUMAS	17.85	-97.43	2120	515
SAN FRANCISCO TEOPAN	17.85	-97.48	2280	448
SAN MATEO TLAPILTEPEC	17.80	-97.42	2200	250
SANTA MAGDALENA JICOTLAN	17.80	-97.47	2180	109
SAN PEDRO NOPALA	17.80	-97.53	2180	922
SANTIAGO TEPETLAPA	17.78	-97.40	2160	140
TRINIDAD VISTA HERMOSA, LA	17.77	-97.50	2160	316
SAN MIGUEL TULANCINGO	17.75	-97.43	2200	433
SAN ANTONIO ACUTLA	17.73	-97.50	2180	336
SAN CRISTOBAL SUCHIXTLAHUACA	17.72	-97.37	2080	349
TEOTONGO	17.72	-97.53	2060	953
SANTA MARIA NATIVITAS	17.67	-97.33	2180	771
VILLA TEJUPAM DE LA UNION	17.67	-97.47	2110	2305
VILLA DE TAMAZULAPAM DEL PROGRESO	17.67	-97.57	200	6092
SANTO DOMINGO TONALTEPEC	17.62	-97.35	2500	327
SAN BARTOLO SOYALTEPEC	17.58	-97.30	2280	826
SAN PEDRO YUCUNAMA	17.57	-97.48	2440	246
SAN ANDRES LAGUNAS	17.57	-97.52	2300	563
SAN JUAN TEPOSCOLULA	17.55	-97.42	2300	1445
SANTA MARIA CHACHOAPAM	17.52	-97.28	2090	808
SANTO DOMINGO YANHUITLAN	17.52	-97.33	2140	1571
SAN PEDRO Y SAN PABLO TEPOSCOLULA	17.52	-97.48	2180	3486
SAN ANDRES SINAXTLA	17.47	-97.28	2100	684
SAN JUAN SAYULTEPEC	17.45	-97.28	2090	665
SANTIAGO TILLO	17.45	-97.32	2080	512
SAN VICENTE NU-U	17.45	-97.45	2360	527
SAN PEDRO TOPILTEPEC	17.43	-97.35	2170	398
SAN MATEO ETLATONGO	17.42	-97.27	2040	1087
SAN FRANCISCO CHINDUA	17.42	-97.32	2120	750
SANTIAGO NEJAPILLA	17.42	-97.37	2280	267
SANTO DOMINGO TLATAYAPAM	17.40	-97.35	2260	160
SAN FRANCISCO JALTEPETONGO	17.38	-97.27	2070	1199
SAN MIGUEL TECOMATLAN	17.38	-97.27	2090	272
SAN FRANCISCO NUXA-O	17.38	-97.35	2330	414
MAGDALENA YODOCONO DE PORFIRIO DIAZ	17.38	-97.35	2310	1329
SAN PEDRO TIDAA	17.33	-97.37	2300	850
SANTIAGO TILANTONGO	17.28	-97.33	2220	3858
SAN JUAN DIUXI	17.28	-97.37	2270	1469
SAN JUAN TAMAZOLA	17.15	-97.22	2080	3453
SAN ANTONIO HUISTEPEC	16.92	-97.13	2340	4312
SAN MIGUEL TEQUIXTEPEC	17.80	-97.33	2020	1036
SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA	17.72	-97.32	2100	3220
SAN JUAN YUCUITA	17.50	-97.27	2080	724
MAGDALENA ZAHUATLAN	17.38	-97.22	2110	434
MAGDALENA JALTEPEC	17.32	-97.22	2020	3657
SAN ANTONINO EL ALTO	16.82	-97.02	2020	1928
SANTA MARIA LACHIXIO	16.73	-97.02	2260	1060
SAN VICENTE LACHIXIO	16.70	-97.02	2210	3375
SANTA MARIA IPALAPA	16.63	-97.03	0480	4902

Tabla 10. Ciudades comprendidas dentro de corredor sismotectónico Nochixtlán – Caltepec.

Esta región se caracteriza por presentar sistemas de fallas de movimiento lateral izquierdo, correspondientes al lineamiento tectónico de la falla Caltepec y su extensión hacia el sur, a lo largo del límite tectónico de las provincias geológicas Mixteca y Zapoteca, que pone en contacto a las rocas de los complejos metamórficos Acatlán y Oaxaqueño, de edad Paleozoico y Precámbrico, respectivamente, con valores de intensidad de 3 a 5 grados, peligro estructural de rangos desde bajo hasta alto, rangos de peligro sísmico de bajo a medio.

1.11.3.- Corredor sismotectónico Teotitlán – Oaxaca – Mitla.

Esta región se encuentra en la porción central del estado, con una orientación en su porción norte hacia el NW10°SE y en su porción sur tiene una flexión al NW30°SE, desde la zona de Santiago Texcalcingo, hasta San Pablo Villa de Mitla, con una extensión de 2930 km². Corresponde al lineamiento tectónico de la falla normal Oaxaca y comprende a la ciudad de Oaxaca de Juárez. Las ciudades y poblaciones comprendidas dentro del corredor se listan en la tabla 11.

CIUDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	POBLACION
SAN FRANCISCO HUEHUETLAN	18.20	-96.95	1660	1379
SANTIAGO TEXCALCINGO	18.20	-96.97	2020	2717
SAN JERONIMO TECOATL	18.17	-96.92	1840	1701
SANTA MARIA TEOPOXCO	18.15	-96.95	1820	4845
SAN LUCAS ZOQUIAPAM	18.13	-96.92	1760	7207
MAZATLAN VILLA DE FLORES	18.02	-96.92	1140	13933
CONCEPCION PÁPALO	17.83	-96.88	2120	3075
SAN JUAN BAUTISTA CUICATLAN	17.80	-96.95	0620	9301
SAN JUAN BAUTISTA ATATLAHUCA	17.53	-96.83	1010	1768
SAN JUAN BAUTISTA JAYACATLAN	17.42	-96.82	1260	1237
SAN JUAN DEL ESTADO	17.27	-96.80	1740	2277
SAN JUAN BAUTISTA GUELACHE	17.23	-96.78	1740	3483
SAN AGUSTIN ETLA	17.18	-96.77	1700	3194
SAN ANDRES HUAYAPAM	17.10	-96.67	1710	3919
SANTO DOMINGO TOMALTEPEC	17.07	-96.62	1590	2829
TEOTITLAN DEL VALLE	17.03	-96.52	1670	5584
SANTA ANA DEL VALLE	17.00	-96.47	1660	2140
VILLA DIAZ ORDAZ	16.98	-96.43	1700	5583
SAN PABLO VILLA DE MITLA	16.92	-96.37	1680	10401
TEOTITLAN DE FLORES MAGON	18.13	-97.07	1020	7475
SAN MARTIN TOXPALAN	18.10	-97.05	0120	3248
SAN JUAN DE LOS CUES	18.05	-97.05	0860	2489
SANTA MARIA TECOMAVACA	17.95	-97.02	0600	1812
VALERIO TRUJANO	17.77	-96.97	0620	1507
SAN PEDRO JALTEPETONGO	17.68	-97.03	1760	677
SANTIAGO NACALTEPEC	17.50	-96.92	2080	2406
MAGDALENA APASCO	17.23	-96.82	1660	3896
VILLA DE ETLA	17.20	-96.80	1660	7835
REYES ETLA	17.20	-96.82	1630	2422
NAZARENO ETLA	17.18	-96.82	1600	3347
GUADALUPE ETLA	17.17	-96.82	1600	2000
SOLEDAD ETLA	17.17	-96.82	1600	3899
SAN PABLO ETLA	17.15	-96.77	1630	6076
SAN LORENZO CACAOTEPEC	17.13	-96.80	1600	9951
SAN JACINTO AMILPAS	17.10	-96.77	1550	8361
SANTA MARIA ATZOMPA	17.10	-96.78	1580	15710

SAN AGUSTIN YATARENI	17.08	-96.67	1600	3396
TLALIXTAC DE CABRERA	17.07	-96.65	1580	6781
SAN SEBASTIAN TUTLA	17.07	-96.67	1540	15679
SANTA LUCIA DEL CAMINO	17.07	-96.68	1540	44355
SANTA CRUZ AMILPAS	17.07	-96.68	1540	6465
OAXACA DE JUAREZ	17.07	-96.72	1550	256848
SANTA MARIA DEL TULE	17.05	-96.63	1560	7249
SAN ANTONIO DE LA CAL	17.03	-96.70	1540	15269
SANTA CRUZ XOXOCOTLAN	17.03	-96.73	1530	52791
SAN JERONIMO TLACOCHAHUAYA	17.00	-96.58	1580	4720
SAN SEBASTIAN ABASOLO	17.00	-96.58	1550	2024
SAN FRANCISCO LACHIGOLO	17.00	-96.60	1560	1788
SANTA MARIA GUELACE	17.00	-96.60	1540	753
ROJAS DE CUAUHTEMOC	17.00	-96.62	1570	1060
TLACOLULA DE MATAMOROS	16.95	-96.47	1600	13553
SAN JUAN GUELAVIA	16.95	-96.53	1600	2919

Tabla 11. Ciudades comprendidas dentro del corredor sismotectónico Oaxaca-Cuicatlán

Esta región se caracteriza por la presencia de fallas de tipo normal, valores de intensidad sísmica de 2 a 5 grados Mercalli, rangos de peligro estructural de bajo a Alto, rangos de peligro sísmico de bajo a medio. Corresponde al lineamiento de la falla de Oaxaca, que constituye el límite tectónico entre las provincias geológicas Zapoteca y Cuicateca, de basamentos metamórficos del Proterozoico y Mesozoico, respectivamente.

1.11.4.- Corredor sismotectónico Teutila – Huautla.

Esta región se presenta en la porción norte del estado en una orientación NW10°SE, desde la zona de Santa María Chilchotla hasta San Pedro Teutila, corresponde a los lineamientos tectónicos de fallas normales e inversas de Huautla, principalmente de la provincia geológica “Cinturón Mexicano de pliegues y fallas”, y comprende la ciudad de Huautla de Jiménez y poblaciones que se listan en la tabla 12.

CIUDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	POBLACION
ELOXOCHITLAN DE FLORES MAGON	18.17	-96.87	1460	4136
SANTA CRUZ ACATEPEC	18.15	-96.87	1600	1266
HUAUTLA DE JIMENEZ	18.12	-96.83	1560	31103
HUAUTEPEC	18.10	-96.78	1660	6535
SANTA MARIA LA ASUNCION	18.10	-96.82	1500	3339
SAN JUAN COATZOSPAM	18.05	-96.75	1880	2479
SAN BARTOLOME AYAUTLA	18.03	-96.67	0650	3824
CHIQUIHUITLAN DE BENITO JUAREZ	17.98	-96.73	0580	2497
SAN PEDRO TEUTILA	17.97	-96.70	1020	4162

Tabla 12. Ciudades y poblaciones comprendidas dentro del corredor tectónico Teutila – Huautla.

Esta región se caracteriza por presentar fallas de tipo inversa y normal que se presentan dentro en la región, con valores de intensidad sísmica de 2 a 3 grados de Mercalli, rangos de peligro estructural de bajo a alto, y grado de afectación de fracturas y destrucción de obras civiles debido probablemente a la cercanía de las fallas de movimiento inverso que afectan a las rocas sedimentarias mesozoicas, que se encuentran próximas a los límites con las rocas metamórficas del basamento de edad mesozoica de la provincia Cuicateca.

1.11.5.- Corredor sismotectónico Pinotepa – Juchatengo

Se encuentra definido en una orientación NW70°SE, desde Pinotepa Nacional hasta la zona de San Gabriel Mixtepec, corresponde al lineamiento tectónico del sistema de fallas Juchatengo que es el límite tectónico entre los complejos metamórficos de las provincias geológicas Chatina (complejo Xolapa), Juchateca (complejo Juchateco), Mixteca (complejo Acatlán) y Zapoteca (complejo Oaxaqueño). Tiene una extensión de 6643 km² y comprende a las ciudades y poblaciones listado en la tabla 13.

CIUDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	POBLACION
SAN PEDRO AMUZGOS	16.65	-98.08	0520	5336
SAN JUAN CACAHUATEPEC	16.62	-98.15	0420	7506
SAN ANTONIO TEPETLAPA	16.53	-98.07	0390	3787
SAN SEBASTIAN IXCAPA	16.53	-98.15	0240	3706
MARTIRES DE TACUBAYA	16.53	-98.25	0100	1266
VILLA SOLA DE VEGA	16.50	-97.98	1440	12602
SAN JUAN BAUTISTA LO DE SOTO	16.50	-98.35	0080	2291
SAN PEDRO ATOYAC	16.48	-97.98	0230	3766
SANTIAGO LLANO GRANDE	16.48	-98.28	0070	3237
SAN JUAN COLORADO	16.45	-97.95	0440	8656
SAN PEDRO JICAYAN	16.45	-98.02	0400	9729
SANTA MARIA CORTIJO	16.45	-98.28	0080	1018
PINOTEPA DE DON LUIS	16.43	-97.97	0420	6222
SAN MIGUEL TLACAMAMA	16.42	-98.05	0270	3072
SAN AGUSTIN CHAYUCO	16.40	-97.80	0250	4586
SAN PEDRO JICAYAN	16.45	-98.10	800	1000
SAN LORENZO	16.38	-97.87	0230	5377
SAN JOSE ESTANCIA GRANDE	16.37	-98.25	0060	917
SAN PEDRO JUCHATENGO	16.33	-97.08	0860	1540
SANTA CATARINA MECOACAN	16.33	-97.83	0280	4197
SAN ANDRES HUAXPALTEPEC	16.33	-97.92	0220	5655
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	16.33	-98.05	0200	44086
SANTIAGO TETEPEC	16.32	-97.75	0260	4969
SAN JUAN QUIAHUJE	16.30	-97.32	1960	3880
TATALTEPEC DE VALDES	16.30	-97.55	0370	5294
SANTA MARIA HUAZOLOTITLAN	16.30	-97.92	0290	10095
SANTIAGO JAMILTEPEC	16.28	-97.82	0440	17884
SAN MIGUEL PANIXTLAHUACA	16.25	-97.38	0770	6695
PASO DE LA REINA	16.25	-97.70	250	2000
SANTA CATARINA JUQUILA	16.23	-97.28	1460	14055
SANTIAGO YAITEPEC	16.22	-97.27	1840	3117
SANTA MARIA TEMAXCALTEPEC	16.17	-97.20	1320	2217
SAN JUAN LACHAO	16.15	-97.12	0600	4298
VILLA DE TUTEPEC DE MELCHOR OCAMPO	16.13	-97.60	0280	42436
SAN GABRIEL MIXTEPEC	16.10	-97.08	0690	3960
SANTOS REYES NOPALA	16.10	-97.15	0460	14040

Tabla 13. Ciudades y poblaciones comprendidas dentro del corredor sismotectónico Pinotepa – Juchatengo.

Esta región se caracteriza por presentar estructuras de falla lateral de movimiento izquierdo, con valores de intensidad sísmica de 4 a 7 grados Mercalli, peligro estructural bajo y medio, peligro sísmico bajo y vulnerabilidad y susceptibilidad de ciudades alta. Se encuentra dentro de la provincia geológica Chatina, y parte del límite tectónico de las provincias Mixteca y Juchateca, en donde las estructuras de falla del sistema

Juchatengo y las rocas metamórficas e ígneas intrusivas de edad Cenozoico, son el medio de transmisión de las ondas sísmica en la región.

1.11.6.- Corredor sismotectónico Puerto Escondido – Colotepec – Miahuatlán.

Se encuentra definido en una orientación NE50°SW, desde Puerto Escondido hasta Miahuatlán de Porfirio Díaz, en la porción sur del estado, corresponde al lineamiento tectónico del sistema de fallas Colotepec. Tiene una extensión de 1902 km². Comprende a las ciudades y poblaciones que se listan en la tabla 14.

CIUDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	POBLACION
SAN BALTAZAR LOXICHA	16.08	-96.78	0970	2870
SANTA CATARINA LOXICHA	16.07	-96.75	1240	4395
SANTA MARIA COLOTEPEC	15.90	-96.93	0050	18097
PUERTO ESCONDIDO	15.80	-97.10	10	10000
SAN IDELFONSO AMATLAN	16.33	-96.48	1540	1924
SAN CRISTOBAL AMATLAN	16.32	-96.40	1720	4242
MIAHUATLAN DE PORFIRIO DIAZ	16.32	-96.58	1600	32507
SAN JOSE DEL PEÑASCO	16.30	-96.50	1580	1888
SANTA CATARINA CUIXTLA	16.30	-96.63	1760	1540
SANTO TOMAS TAMAZULAPAN	16.27	-96.58	1700	1674
SAN ANDRES PAXTLAN	16.22	-96.50	2000	3717
SAN MIGUEL COATLAN	16.20	-96.70	1860	3140
SAN SEBASTIAN RIO HONDO	16.18	-96.47	2420	3264
SANTA LUCIA MIAHUATLAN	16.18	-96.62	2000	2807
SAN BARTOLOME LOXICHA	15.97	-96.70	1190	2486

Tabla 14.- Ciudades y poblaciones comprendidas dentro del corredor sismotectónico Puerto Escondido - Colotepec.

Esta región se caracteriza por presentar estructuras de fallas de movimiento lateral derecho, con valores de intensidad sísmica de 4 a 6 grados Mercalli, con peligro estructural de bajo a medio, peligro sísmico medio y vulnerabilidad media a alta. Se encuentra dentro de la provincia geológica Chatina y también a lo largo del contacto tectónico con la provincia Zapoteca. Las estructuras de falla de movimiento lateral derecho contribuyen a la generación y propagación de ondas sísmicas en la región.

1.11.7.- Corredor sismotectónico Pochutla – Huatulco – Morro Mazatan.

Se encuentra definida en una orientación NE80°SW, desde San Pedro Pochutla hasta el Morro Mazatan, corresponde al lineamiento tectónico de Chacalapa a lo largo de su extensión este – oeste, en la porción Sur del estado. Tiene una extensión de 3046 km² y comprende a las ciudades y poblaciones que se listan en la tabla 15.

CIUDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	POBLACION
MORRO MAZATAN	15.10	-95.40		2000
SAN PEDRO HUAMELULA	16.02	-95.67	0080	9889
SANTA MARIA HUAMELULA	16.00	-95.70	200	2000
SANTIAGO ASTATA	15.98	-95.67	0030	2577
SANTA MARIA HUATULCO	15.83	-96.32	0220	29053
SANTO DOMINGO DE MORELOS	15.83	-96.67	0160	8707
SAN PEDRO POCHUTLA	15.75	-96.47	0150	36242
SANTA MARIA TONAMECA	15.75	-96.55	0040	20198

SAN MIGUEL DEL PUERTO	15.92	-96.17	0320	8584
PLUMA HIDALGO	15.92	-96.42	1300	3821
CANDELARIA LOXICHA	15.92	-96.48	0450	9543

Tabla 15. Ciudades y poblaciones comprendidas dentro del corredor sismotectónico Pochutla – Chacalapa.

Esta región se caracteriza por presentar estructuras de falla de movimiento lateral izquierdo, con valores de intensidad de 3 a 6 grados, peligro estructural bajo y medio y peligro sísmico también bajo a medio con vulnerabilidad media a alta. Se encuentra dentro de la provincia geológica Chatina, principalmente y comprende los límites tectónicos de las provincias Zapoteca y Cuicateca en su extensión septentrional.

1.11.8.- Corredor sismotectónico Yautepec – Salina Cruz.

Se encuentra definido en una orientación NW70°SE, en la porción oriental del estado, corresponde al lineamiento tectónico de San Bartolo y comprende a la población de San Bartolo Yautepec. Tiene una extensión de 777km² y comprende a las poblaciones que se listan en la tabla 16.

CIUDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	POBLACION
SAN BARTOLO YAUTEPEC	16.43	-95.97	0860	752
ASUNCION TLACOLULITA	16.30	-95.72	0450	916
SAN MIGUEL TENANGO	16.27	-95.60	1550	821

Tabla 16. Ciudades y poblaciones que se encuentran dentro del corredor sismotectónico Yautepec – San Bartolo.

Esta región se caracteriza por presentar estructuras de falla de movimiento lateral izquierdo, con valores de intensidad de 5 a 7 grados, con peligro estructural alto y peligro sísmico medio. Se encuentra dentro de la provincia Cuicateca, en donde las rocas metamórficas de basamento de edad mesozoica contribuyen a la propagación de ondas sísmicas en la región.

1.11.9.-Corredor sismotectónico Guevea - Tehuantepec

Se encuentra definido en una orientación NW70°SE, en la porción oriental del estado, corresponde al lineamiento tectónico de Tehuantepec. Tiene una extensión de 1107 km² y comprende a las poblaciones listadas en la tabla 17.

CIUDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	POBLACION
SANTIAGO LACHIGUIRI	16.68	-95.53	0800	6292
SANTO DOMINGO CHIHUITAN	16.58	-95.17	0090	1490
ANTIAGO LAOLLAGA	16.58	-95.20	0110	2788
CIUDAD IXTEPEC	16.57	-95.10	0040	22720

Tabla 17. Ciudades y poblaciones que se encuentran dentro del corredor sismotectónico Guevea – Tehuantepec.

Se caracteriza por presentar estructuras de falla de movimiento lateral izquierdo, con valores de intensidad de 2 a 5 grados Mercalli y no presenta valores de peligro estructural y sísmico significativos.

1.11.10.-Corredor sismotectónico San Juan Bautista Valle Nacional

Se asocia a la falla inversa del mismo nombre que corre con rumbo NW10°SE se ubica en el límite de los terrenos tectonoestratigráficos Juárez y Maya. Existen zonas donde no se tienen registrados epicentros sísmicos, pero se caracterizan por la frecuencia de sismos presentes que causan daños menores en construcciones sin amarre. Tiene una extensión de 2201 km² y comprende a las poblaciones listadas en la tabla 18.

CIUDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	POBLACION
SAN JUAN BAUTISTA VALLE NACIONAL	17.77	-96.30	0060	22821
SAN JUAN LALANA	17.47	-95.88	0480	16037
SANTIAGO JOCOTEPEC	17.53	-95.93	0280	12574

Tabla 18. Ciudades y poblaciones que se encuentran dentro del corredor sismotectónico San Juan Bautista – Valle Nacional.

1.12.- EROSIÓN

La erosión es un proceso natural, con naturaleza física (choques y arrastres) y química (disolución) que desgastan y destruyen continuamente los suelos y rocas de la corteza terrestre, incluyen el transporte de material pero no la meteorización estática. La mayoría de los procesos erosivos son resultado de la acción combinada de varios factores como el calor, frío, gases, agua, viento, vida vegetal y animal y acciones perturbadoras provocadas por el hombre como son los incendios, pastoreo excesivo, agricultura de roza o nómada y deforestación. Los fenómenos climáticos inician la erosión de los suelos y causan alteraciones en la superficie de sus estratos.

En climas secos, el estrato superior de la roca se expande debido al calor del sol y acaba resquebrajándose, ya que las rocas están compuestas por varios tipos de minerales, estos sufren diferentes grados de expansión y la tensión que se genera conduce a su fragmentación. El viento puede arrastrar diversos fragmentos y acumularlos en otro lugar formando dunas o estratos de arena. El material perdido por la roca, también puede ser arrastrado.

En climas húmedos, la lluvia actúa tanto químicamente como mecánicamente en la erosión de las rocas. El vapor de agua contenido en la atmósfera absorbe dióxido de carbono y lo transforma en ácido carbónico, al precipitarse en forma de lluvia (lluvia ácida), disuelve algunos minerales y descompone otros como el feldespato de los granitos que se transforma en arcilla y determinados minerales de los basaltos combinados con el oxígeno y agua, forman óxidos de hierro como la limonita. Las altas temperaturas intensifican este tipo de erosión. Las aguas de los arroyos y ríos son agentes erosivos poderosos, disuelven determinados minerales y los cantos que transportan las corrientes, desgastan y arrastran los depósitos y lechos fluviales.

El escenario natural de esta región de Oaxaca tiene cambios bruscos en su paisaje. A partir de la costa se extiende una amplia llanura que cambia paulatinamente con el levantamiento del relieve formado por rocas de distinta naturaleza sujetas a constantes cambios en apariencia insignificantes para la apreciación humana, pero no para un proceso geológico que dura miles de millones de años. La destrucción del relieve terrestre por la erosión no se interrumpe, ni se revierte. Las formas litológicas superficiales son constantemente alteradas por los cambios de temperatura, la radiación solar, el agua que escurre o se infiltra, e incluso por el hombre que en su afán de aprovechar, irracionalmente, los recursos bióticos, exponen los lechos rocosos a su destrucción, sin remoción de

partículas, en un proceso conocido como intemperismo o meteorización, llevado a cabo por fenómenos físicos, químicos y bioquímicos.

Mediante este proceso, las rocas tienden a fragmentarse por la dilatación y contracción que originan los cambios bruscos de temperatura, infiltración del agua que disuelve, precipita o reacciona con algunos minerales, por la expansión de raíces o bien por la acción química de organismos que contribuyen con su destrucción.

No existe roca sana, dura y compacta que no sea susceptible de transformarse en fragmentos muy pequeños o de proporcionar elementos solubles, que sean desplazados de su lugar de origen dando paso a otro proceso, la erosión, cuyos agentes encargados de la remoción de sedimentos son: hielo, agua superficial y subterránea, viento, y oleaje. Los fragmentos transportados de esta manera chocan entre sí reduciendo su granulometría cambiando sus formas geométricas, de tal forma que grandes bloques terminan convertidos en finas partículas.

En el proceso de remoción de sedimentos, es importante considerar a las corrientes en su conjunto como sistema que origina redes fluviales que adoptan ciertos esquemas en función del tipo de roca que erosionan; asimismo, en función de la pendiente y del grado de meteorización a mayor inclinación, los escurrimientos erosionan o socavan verticalmente el relieve o escurren en forma laminar, removiendo sedimentos que posteriormente son depositados en los cauces en su recorrido al mar.

No se soslaya la acción del hombre en una dinámica deforestación como un factor cada vez más importante en la pérdida de suelos que hacen improductivos los terrenos y crean nuevos desiertos.

1.12.1.- Deforestación

La riqueza forestal del estado es considerable, pero no inagotable. Las zonas productoras de madera principalmente provenientes de coníferas se extienden a lo largo de la Sierra Madre de Oaxaca que abarca: Sierra Juárez y Sierra Mixe, entre otras; la Sierra Madre del Sur, comprende la Mixteca, Sierra Sur y la Sierra Atravesada, esta última, cubre la región de Los Chimalapas al sur de la entidad. Las maderas tropicales se ubican en las regiones de la Costa e Istmo. Debido a la inmoderada y en ocasiones incontrolada tala de árboles, los coeficientes de explotación de estos bosques son muy bajas. Debido a que la entidad se sitúa entre y por debajo del paralelo 18° de latitud que enmarca el límite de la zona intertropical, el proceso de crecimiento es muy lento, al grado de que en promedio, las especies maderables alcanzan su madurez después de los 50 años. Esto, obliga a explotar los bosques selectivamente, debiendo escoger sólo árboles mayores; de tal manera, si el corte es parejo y abarca árboles jóvenes, las posibilidades de recuperación se abaten hasta el punto de hacer imposible su reforestación, por lo que grandes zonas de las áreas arriba mencionadas han quedado deforestadas y están siendo presa de la erosión.

Considerada como una causa que facilita el proceso erosivo en esta región de Oaxaca, este evento, se manifiesta como consecuencia de la necesidad que tienen los pobladores de ampliar la frontera agrícola. La degradación de suelos se torna acelerada por la apertura de terrenos de cultivos en pendientes inapropiadas, por el uso de técnicas agrícolas inadecuadas en suelos de poco espesor, por una dinámica o irracional eliminación de la cobertura vegetal que da paso a una agricultura nómada temporal de escaso rendimiento. (Fotografías Nos. 7 y 8)

El aprovechamiento racional de los recursos naturales permite el desarrollo sostenido de las comunidades. La deforestación de grandes superficies en las llanuras del Istmo y de la Cuenca Veracruzana, entre otras, ha permitido la generación de importantes extensiones de terrenos productivos de cultivos de riego y temporal. La vegetación eliminada corresponde a una selva baja caducifolia con o sin asociaciones de vegetación arbórea, arbustiva y de sabana; en la segunda región consiste de una selva alta perennifolia con vegetación secundaria arbustiva.

La agricultura nómada, que deforesta áreas pequeñas pero numerosas, por medio de la técnica de quema (Fotografía No. 8), se observa en las partes serranas, desde las estibaciones hasta las partes más altas del occidente y oriente del área, donde se ha eliminado vegetación que corresponde a selva alta perennifolia y de bosques mesófilos de montaña, de pino-encino y pino en alturas mayores a los 1000 m. La aplicación de esta técnica conlleva el riesgo frecuente de perder el control sobre el fuego (Fotografía No. 34), extendiéndose este en áreas originalmente no contempladas (Fotos No. 9).



Fotografías Nos. 7 y 8.- Detalle de las zonas de deforestación, apoyada por incendios y bosques enfermos, mismos que son presas de la erosión.



Fotografía No. 9.- Otro ejemplo de zona de deforestación asociada al crecimiento urbano, fotografía tomada desde la escuela primaria de San Juan Atepec viendo hacia San Juan Evangelista Analco (Sierra de Juárez).

Otras áreas de deforestación de selva baja caducifolia sobre una morfología de montaña baja, relacionada con la agricultura nómada, se tiene en regiones como: Lachiguiri, Sta. María Guienagatti, Santiago Laollaga, Sto. Domingo Tehuantepec, Nejapa de Madero, Magdalena Tequisistán, San. Miguel Ecatepec, y Guevea de Humboldt. En general, la práctica de deforestación se encuentra extendida por toda la región, exponiéndose a una mayor pérdida de suelos en los relieves mayores donde la precipitación pluvial total anual es superior a los 1500 mm y las pendientes superiores a los 17 grados.

1.12.2.- Cobertura Vegetal

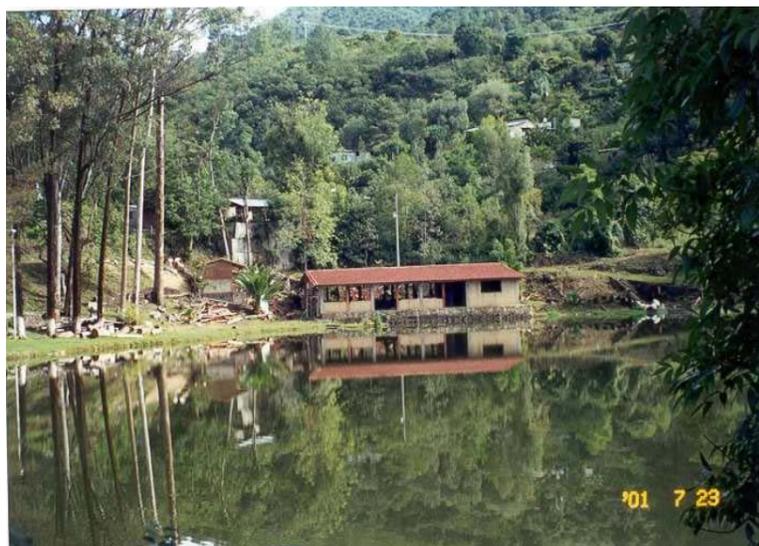
La cubierta vegetal tiene participación en extremo importante en la conservación del medio natural. Impide o debilita el proceso de remoción de las partículas que constituyen a los suelos, retiene el agua precipitada contribuyendo con la infiltración que alimenta las aguas subterráneas y obstaculiza el deterioro de ecosistemas. La conservación de las especies vegetales impiden la erosión progresiva que termina por crear páramos. La vegetación característica de esta región la conforman especies de origen natural e inducida, ocupando la mayor superficie los bosques y las selvas (INEGI, 1984).

Bosques.- Localizados en las partes montañosas de altitud media y alta, generalmente están formados por comunidades de pino-encino (pinos spp. y quercus spp.) con predominio del primero o viceversa, en altitudes entre los 1000 y 2000 m. Las concentraciones arbóreas formadas exclusivamente por distintas especies de pinos se encuentran en 300 y 550 m de altitud; Así mismo, constituyendo parte de este grupo existen bosques mesófilos de montaña conformados por vegetación arbórea densa que se encuentra en laderas de montañas, barrancas y sitios protegidos con condiciones favorables de humedad en regiones con neblinas durante casi todo el año y altitudes entre 800 y 2000 m.

a).- El Bosque Tropical Perennifolio, Selva Alta Perennifolia o Bosque Lluvioso Tropical.- Se asocia a precipitaciones pluviales superiores a los 1,600 mm anuales, en Oaxaca este tipo de bosques cubre porciones muy pequeñas, actualmente solo se conservan manchones de diferentes tamaños en las cuencas bajas de los ríos: Papaloapan, Coatzacoalcos, Uxpana y Portamonedas; en las regiones del Uxpanapa y Santa María Chimalapa en

el distrito de Juchitán, constituye una importante reserva biótica no solo del estado sino del país, donde las elevaciones son ligeramente superiores a los 750 m s.n.m. Luego de dominar especies neotropicales en esta región, se incorporaron coníferas del género *Pinus* y concretamente el pino prieto (*Pinus Oocarpa*), algunas especies características de este tipo de bosque son: Guanacastle o Parota, Ceiba o Pochote, Guayacán o Roble Serrano, Cedro Rojo, Castaño o Bellota, Sombrerete, Caoba, y Chaca o Palo Mulato entre otros.

b).- Bosque Mixto de Coníferas.- Se asocia a precipitaciones pluviales comprendidas entre los 900 y 1,600 mm anuales y ambientes nebulosos debido a la elevación del terreno; en Oaxaca, este tipo de bosques presenta múltiples variantes debido a la gran diversidad de especies de coníferas, se compone de encinos, pinos u oyameles de altura regular, en la que las coníferas alternan con ahíles, madroños o enebros o monte bajo o incluso pastizales. Ocupa alturas superiores a los 800 m.s.n.m., comprende la mayor parte de la Mixteca Alta, parte importante de la Mixteca Baja, casi toda la parte superior de la Sierra Madre Oriental o Sierra Madre de Oaxaca, un alto porcentaje de la Sierra Mixe, grandes porciones de la Sierra Madre del Sur, las crestas de la Sierra Atravesada, Cerro Baúl y el Macizo de Los Chimalapas. Por su valor económico, está siendo destruido rápidamente de manera irracional. Quedan comprendidos en este tipo de bosques, casi todas las variedades de pinos y encinos y en general coníferas, fresno, moral, heno o barba española entre otras (Fotografía No. 10).



Fotografía No. 10.- Detalle de los Bosques Mixtos de Coníferas de la Sierra de Juárez, fotografía tomada en el lago del San Pablo Guelatao, Oax.

c).- Los bosques tropicales subcaducifolios, selva media subcaducifolia o bosque lluvioso tropical.- Se asocian a precipitaciones pluviales que fluctúan entre 1,300 y 1,600 mm anuales, ocupan pequeñas porciones de los distritos Mixe, Choapan, Tuxtepec, Villa Alta, Juchitán, Pochutla, Juquila y Jamiltepec; sobre todo en poca extensión, pero de elevada incidencia pluvial, se caracterizan porque en la época de secas unas cuantas especies pierden las hojas distinguiéndose del resto que permanecen verdes. Algunas de sus principales especies son la ceiba, capire, chicozapote, higo, amate, entre otras.

d).- Los bosques tropical caducifolio o selva media caducifolia.- Se asocia a precipitaciones pluviales que fluctúan entre 800 y 1,300 mm anuales, ocupa importantes porciones de ambas Mixtecas, parte de la Costa del Pacífico, desde el distrito de Jamiltepec hasta Juchitán, se compone de árboles de alturas variables, desde los altos como: Ceiba, Cedro, Caoba, Gaznate, Totoposte, Cóbano y Lombricera hasta los menores como Palo de Brasil,

Chaperna, Cornesuelo o Izcanal y una multitud de especies arbustivas, trepadoras y epífitas de menor tamaño. El Bosque Espinoso y Chaparral se asocia a precipitaciones pluviales que fluctúan entre los 600 y 800 mm anuales, ocupa extensiones regulares de la zona costera y algunas partes de las cuencas medias de los ríos Tehuantepec y Verde, se comporta similar a la selva media caducifolia, perdiendo sus árboles las hojas en los meses de sequía, entre sus especies principales se tiene el Guanacastle, Mezquite, Palo Verde, Huizache, Guaje y Amole entre otros.

Selvas.- Tres tipos de selvas ocupan la mayor extensión de este territorio:

Selva Alta Perennifolia, constituida por vegetación densa dominada por árboles mayores a 30 m de altura. Se desarrolla en regiones con alta precipitación y clima cálido húmedo, donde más del 75% de sus componentes conservan sus hojas todo el año.

Selva Mediana Perennifolia, formada por especies que varían entre 15 y 30 m de altura desarrollándose en climas cálidos húmedos y subhúmedos donde del 20 al 50 % de las especies pierden las hojas en una época del año. Se encuentran en relieves de pendientes fuertes de naturaleza rocosa o cárstica.

Selva Baja Caducifolia, cuya vegetación alcanza hasta los 15 m de altura, de climas cálidos, subhúmedos, semisecos, donde la mayoría de las especies pierden las hojas en época de secas.

Monte semidesértico o matorral xerófilo o xerofítico.- Se asocia a precipitaciones pluviales que fluctúan entre 450 y 600 mm anuales, en la entidad se presenta en dos zonas, en una franja colindante con el estado de Puebla en los distritos de Huajuapán, Silacayoapan y Coixtlahuaca, parte de los distritos de Teotitlán y Cuicatlán y en porciones de la cuenca media del Río Tehuantepec en los distritos de Yautepec y Tehuantepec, sus principales especies son el Cazahuate, Cardón u Organo, Cactus, Pitahayo, Tunillo, Uña de Gato, entre otros.

Otras especies de vegetación corresponden a:

Manglar.- Árboles de hasta 25 m de altura, en ocasiones en concentraciones densas, con raíces parcialmente aéreas, desarrollados en zonas costeras y fangosas de las costas, siempre en aguas salobres.

Sabana.- Formada por pradera de gramíneas ásperas con vegetación arbórea dispersa que se inundan en época lluviosa, endureciéndose y agrietándose en época seca.

Pastizal halófilo.- Especies grammimoides que crecen en suelos salinos, sódicos y salino-sódicos en zonas cercanas a la costa.

Vegetación de dunas costeras.- Establecida sobre dunas paralelas a la línea de costa indicativa de la pasividad de la acción eólica en el movimiento de sedimentos.

Pastizal inducido.- Surge espontáneamente al eliminar la vegetación primaria u original como consecuencia de la deforestación o desmonte, abandono de áreas agrícolas, sobrepastoreo o incendios, se ubica en llanura costera y partes serranas.

Pastizal cultivado.- Pasto inducido en la región, en su desarrollo se realizan labores de cultivo y manejo. Se encuentra en grandes superficies en las llanuras y depresión ístmica.

Agricultura de riego.- Caracterizada por cultivos asegurados por el agua de riego, se localizan en la llanura del Golfo de Tehuantepec y en algunas márgenes fluviales.

Agricultura de temporal.- Corresponde a cultivos que dependen de las lluvias y se siembran en un 80% de cada año. Se localizan esparcidos en las sierras, llanuras y márgenes fluviales.

La actividad del hombre en esta región sobre las comunidades vegetales, se incrementa cada vez en una acción dinámica para extender la frontera agrícola, en muchos casos en relieves inadecuados, para dar paso al crecimiento urbano, establecer nuevas comunidades, aprovechar los recursos naturales, sin considerar actividades de conservación, regeneración o protección del medio, mismas que al soslayarse pueden orientarse al rompimiento ecológico de grandes ecosistemas.

1.12.3.- Tipos de erosión

El conocimiento de la distribución espacial de la erosión en Oaxaca se realizó con un enfoque de diagnóstico de los tipos de erosión que pueden afectar a los suelos de este lugar, basado en el análisis de la interrelación de los factores que contribuyen en su degradación como son la precipitación pluvial, en su aspecto de agresividad, pendientes del terreno, litología, cobertura vegetal y las acciones del hombre que modifican el entorno natural y favorecen el proceso erosivo. El conocimiento de la erosión implicó el análisis previo de los factores que pueden ocasionarla.

Con este enfoque, la cartografía de la erosión corresponden a un punto de vista cualitativo orientado a la distinción de áreas sujetas a la erosión hídrica laminar, concentrada, eólica, marina y antropogénica, representadas en trece distintas unidades. De tal forma, la erosión hídrica laminar se estima como la de mayor importancia por los grandes volúmenes de partículas que remueve, casi en forma imperceptible, en considerables extensiones de terreno, a causa del impacto agresivo de la lluvia y por el escurrimiento superficial a favor de las pendientes que afecta mayormente a aquellos terrenos con litología profundamente meteorizada y desprovista de vegetación.

La erosión concentrada se refiere al desprendimiento de suelos de manera vertical contribuyendo a la formación de cañadas y cárcavas, asociándose a la primera en eventos tectónicos que coadyuvan en la profundización de los cauces.

En las erosiones eólica y marina la remoción de partículas están a cargo de la acción del viento y del movimiento del agua del mar respectivamente, que remueven sedimentos o desgastan las formas terrestres. Por último, la erosión antropogénica es la que el hombre origina con su actividad alterando la condición natural de los suelos exponiéndolos a una mayor erodibilidad.

Los tipos de erosión cartografiadas corresponden a unidades que se identifican con un color y una clave diferentes.

1.12.3.1.- Erosión Hídrica Laminar

La disgregación y transporte de las partículas del suelo por la acción del agua, es el tipo más importante de efectos perjudiciales, esta acción es causada por el impacto de gotas de lluvia al suelo, rompe la estructura superficial de este, salpicando el material sólido en todas direcciones. El material ya suelto, es transportado por el flujo superficial, el cual también produce una fuerza de arrastre sobre el suelo, llegando incluso a formar pequeños canalillos (rills) que colaboran en gran medida a la pérdida de suelo. A este tipo de erosión se le conoce como erosión hídrica laminar.

Nula (Eho).- Corresponde a una morfogénesis fluvio - acumulativa en tierras llanas o de muy escasa inclinación, con una altitud cercana a la del nivel del mar. Este tipo de erosión se aprecia en el área que ocupa el distrito de riego que se localiza entre Tehuantepec y el ingenio de Santo Domingo, en una amplia extensión de terreno plano formado por sedimentos finos de origen aluvial. Corresponde a una morfogénesis fluvio-acumulativa en tierras llanas o de muy escasa inclinación con una altitud cercana a la del nivel del mar. Áreas semejantes, de menor extensión, se localizan al norte de Playa Vicente en el límite con el estado de Veracruz y en la margen sur de la presa Benito Juárez, donde la agricultura de cultivos permanentes y las prácticas de conservación de la tierra ayudan en la protección del suelo (Fotografía No. 11).



Fotografía No. 11.- Detalle de la erosión hídrica laminar nula en los Valles de Tehuantepec, Oax. Región Istmo.

Para la zona centro del estado, al sur de la ciudad de Oaxaca en el área de Santa Ana Zegache y en la cuenca lechera de Etila, se encuentran campos extensos con poca pendiente en depósitos aluviales, donde se cultiva permanentemente alfalfa y los suelos se han mecanizado y se han evitado las quemas, acción que ha contrarrestado la erosión. En la Costa, este tipo de erosión se ubica en la zona ganadera localizada entre Río Grande y San José del Progreso, donde los pastizales han contrarrestado este fenómeno.

Débil (Eh1).- Afecta terrenos casi planos o de muy suave pendiente y a lomerios bajos de escasa inclinación con tierras de cultivo de temporal o con vegetación primaria en concentraciones aisladas formados por sedimentos finos arcillo-arenosos predominantemente de origen aluvial. La morfogénesis se relaciona con acumulaciones en llanuras a partir de corrientes superficiales o con barras de antiguos litorales. Estas tierras se ubican en pendientes hasta de cuatro grados en una altitud cercana a la del mar, en la planicie al norte y noreste de las lagunas Inferior y Superior, en márgenes amplias de cauces en terrenos de montañas bajas y lomerios y paralelas al mar (Fotografía No. 12).



Fotografía No. 12.- Detalle de erosión hídrica laminar débil en la parte sur del estado de Oaxaca.

También se ubican en los valles intermontanos principalmente sobre los cauces de los ríos principales donde se practica la agricultura y ganadería. Por lo general se presentan en zonas de bosques tropicales húmedos y subhúmedos, así como algunas regiones de selva media caducifolia a lo largo de la costa. Afecta aproximadamente el 10 % del territorio estatal.

Moderada (Eh2).- La erosión moderada ocurre en una gran parte del estado. Se localiza en montañas de cualquier altura con formas de relieve de cimas arredondadas y pendientes planas, lomerios y cerros aislados de baja altura, cubiertos con vegetación constituida por bosques, selvas o cultivos de temporal en concentraciones densas o en remanentes aislados, en altitudes entre 200 y 2000 msnm e inclinaciones entre uno y once grados. La morfogénesis en partes es cárstica, volcánica o estructural plegada que corresponde a suelos en calizas, lavas, piroclastos y rocas volcanosedimentarias andesíticas, carbonatadas y terrígenas, donde a pesar de que existen procesos denudativos, las causas de las formas son la disolución, plegamientos, estratificación y seudostratificación (Fotografía No. 13).



Fotografía No. 13.- Detalle de erosión hídrica laminar Moderada.

Afecta aproximadamente al 35% de la superficie estatal, se presenta en la costa del Pacífico, Istmo de Tehuantepec, algunas zonas montañosas de bosque tropical subhúmedo y bosques de coníferas de la Sierra Madre de Oaxaca y Sierra Madre del Sur, incluyendo algunas zonas de la Mixteca. Este tipo de erosión avanza a medida que se destruyen los bosques sin reproducción inducida de la cubierta vegetal.

Alta (Eh3).- Corresponde este tipo de erosión a aquellas formas litológicas medianamente compactadas, masivas o estratificadas desprovistas de vegetación primaria o con cultivos de temporal, o tierras abandonadas o en reposo, cuya morfogénesis es de fase denudativa o estructural plegada, formada por estratos litificados y semiconsolidados. Esta erosión afecta terrenos que se localizan en altitudes que varían entre 200 y 2000 m en relieves pronunciados, cerros aislados y lomeríos cuyas pendientes oscilan entre cuatro y veinte grados. Ejemplo de estas áreas se encuentran en la parte alta de la región Mixe, en tierras de Lachiguiri, estribaciones de la Sierra Juárez, paralelas a la costa y en el Macizo de Chiapas (Fotografía No. 14). Ocupa menos del 10% del territorio estatal, se presenta casi en toda la Mixteca Alta y porciones importantes de la Sierra Madre del Sur, con mucha frecuencia en los distritos de Yautepec y porción NW del Istmo de Tehuantepec. Se debe a la sobreexplotación forestal y a accidentes topográficos, que permiten el fácil arrastre de suelos fértiles. En los valles de Nochixtlán este tipo de alteración hace años que se trata de contrarrestar mediante técnicas de terraceo y la generación de la capa húmifera que depende de la capa vegetal que el hombre induzca.



Fotografía No. 14.- Detalle de erosión hídrica laminar alta.

Débil, asociado a desbordes (Eh4).- Se refiere a la erosión normal que provocan las fluctuaciones o variaciones de los niveles de agua en ríos, presas y lagunas. Se encuentra en las márgenes amplias de cauces con nula o escasa pendiente, donde a través del tiempo, los ríos han formado con sus desbordes y aportaciones de sedimentos terrazas, cuyos componentes son removidos periódicamente en condiciones de precipitaciones pluviales extraordinarias. Lo mismo acontece en cuerpos lagunares y presas cuyos aportes de agua dependen de los escurrimientos superficiales o de las mareas.

La granulometría que constituye a estos suelos son predominantemente limos y arcillas y en menor proporción, arenas de variados tamaños, gravas y fragmentos mayores. Estas tierras se pueden encontrar en las márgenes de los ríos Lalana, Trinidad, Jaltepec y Tehuantepec, entre otros y en las orillas de las lagunas Inferior, Superior y Mar Muerto, así como en las presas: Benito Juárez, Miguel Alemán (Papaloapan) y Yosocuta y Tamazulapan (Mixteca) (Fotografía No. 15).



Fotografía No. 15.- Detalle de erosión hídrica laminar asociada a desbordes.

1.12.3.2.- Erosión Concentrada

El agua de lluvia, al fluir sobre el terreno forma canales en el suelo; si la pendiente es muy acentuada, se produce erosión en surcos (erosión asociada a cauces y cañadas). Las sucesivas temporadas de lluvia intensa y la poca compactación de los suelos provocan cárcavas, mismas que transforman el paisaje en hondonadas de varios metros de profundidad que se denominan barrancos, las paredes de los barrancos cuando son casi verticales, son susceptibles de sufrir una erosión intensa; así, los barrancos crecen vertiente arriba y pueden unirse unos con otros, a este proceso se le conoce como abarcamiento. Otro factor esencial es el régimen de lluvias, estos deben ser esporádicos pero no torrenciales. El abarcamiento se puede producir en zonas áridas o semiáridas, con escasa vegetación y en aquellas zonas húmedas en las que se ha destruido la cubierta vegetal. El resultado es la formación de barrancos con paisaje rugoso.

Asociada a cauces y cañadas (Ec1).- Referida a aquellas áreas cuya remoción de partículas de suelo ha permitido la formación de densas redes de drenaje de unos cuantos a varias decenas de metros de profundidad. En función del tipo de roca, agresividad de la lluvia y efectos tectónicos a través del tiempo geológico, la erosión ha dado origen a cauces con diversa profundidad, misma que en algunos lugares, como en el oriente de esta región, se asocia a factores estructurales de rompimiento o dislocación que favorecen la erosión vertical. Este tipo de erosión tiene una gran distribución y se encuentra prácticamente en cualquier tipo litológico, en altitudes que varían entre 200 y mas de 2000 m, con pendientes del terreno entre cuatro y mayores de veinte grados. La morfogénesis corresponde, por una parte, al tipo denudativo originada por la profunda alteración de intrusivos y por otra a la estructura plegada, en cuyas rocas sedimentarias y vulcanosedimentarias han quedado impresos los efectos tectónicos (Fotografía No. 16). Ocupa aproximadamente el 30% de la superficie estatal, en el poniente y la Mixteca afecta principalmente a las unidades sedimentarias Jurásicas y Cretácicas y la unidad metasedimentaria del Complejo Acatlán representado por la Formación Cosoltepec; en el centro y sur al miembro metasedimentario del Complejo Oaxaqueño, al Intrusivo Etlá y los complejos metamórficos Acatlán, Milonítico y Sierra de Juárez, en el Papaloapan e Istmo a las formaciones sedimentarias Jurásicas y Cretácicas y al Macizo de Chiapas, en la costa al Complejo Xolapa e intrusivos terciarios.



Fotografía No. 16.- Detalle de erosión concentrada asociada a cauces y cañadas.

Asociada a cárcavas (Ec2).- La cárcava, es un pequeño surco excavado por las corrientes de agua y arrastrada sobre la superficie terrestre. Se desarrolla fundamentalmente en regiones áridas que registran fuertes precipitaciones ocasionales y dan lugar a un terreno de aspecto acanalado, con estrías en principio poco profundas y separadas entre sí por interfluvios agudos, inciden con facilidad sobre materiales blandos y poco compactos, como los suelos arcillosos y margas, esto se puede apreciar en el centro-norte de la entidad, los valles que se ubican entre Yanhuatlán y Nochixtlán, representan un ejemplo de este tipo de erosión (Fotografías Nos. 17 y 18). En el centro, la Mixteca y sur del estado se asocian a rocas volcanosedimentarias terciarias, suelos arcillosos y depósitos poco consolidados como son los derrames volcánicos terciarios y las Formaciones Huajuapán, Chilapa y Yanhuatlán. Ocupan menos del 5% de la superficie estatal y se ubican en los extremos de los extensos valles intermontanos.



Fotografía No.17.- Detalle de erosión concentrada asociada a cárcavas en los Valles de Yanhuatlán-Nochixtlán, Oax.



Fotografía No. 18.- Detalle de erosión concentrada asociada a cárcavas en los Valles de Chalcatongo-Tindaco asociada a la de la secuencia volcanosedimentaria Formación Huajuapán en contacto Tlaxiaco con la Formación.

Se refiere a una erosión rápida en todos los sentidos en rocas deleznales o depósitos de sedimentos poco consolidados, sumamente alterados o suelos residuales, donde la lluvia remueve las partículas con relativa facilidad. Se encuentra en lomeríos de mediana altura en altitudes entre 200 y 500 m y pendientes entre uno y cuatro grados. La morfogénesis puede asociarse a la de tipo denudativo como consecuencia del desprendimiento y desplazamiento acelerado de sedimentos ubicados al oeste del poblado María Lombardo de Caso (Fotografía No. 19).



Fotografía No. 19.- Detalle de erosión concentrada asociada a cárcavas en María Lombardo en límites de la Sierra Mixe con el Istmo de Tehuantepec.

1.12.3.3.- Erosión Eólica

El viento puede arrastrar partículas de suelo de dos maneras: en la primera, arrastra suelos por medio de un proceso denominado **reptación** (movimiento lento e imperceptible de una película superficial de suelo en el sentido de la pendiente a ras del suelo) y la segunda es, cuando los granos ascienden por medio de un proceso denominado **deflación** causada por la acción de los vientos (remolinos), estos, van cayendo gradualmente al suelo nuevamente y se desplazan en la dirección del viento en una serie de saltos (fenómeno conocido como saltación), las partículas que llegan al suelo chocan con las otras partículas inmóviles, lo que provoca que estas últimas inicien la saltación. Este proceso se multiplica rápidamente y genera una delgada capa de tierra en suspensión cerca del suelo, las partículas más finas como los limos y arcillas que están en suspensión en la corriente de aire, se elevan mucho más que los materiales pesados como las arenas, esto genera las tormentas de arena, aunque los dos tipos de sedimentos provocan abrasión (erosión por fricción) cuando chocan sobre la superficie rocosa, las partículas de arena lo hacen únicamente a ras del suelo; por esta razón, las partículas más finas desempeñan el papel más importante como agente erosivo, ya que pueden operar a mayor elevación, el modelado resultante de los depósitos eólicos origina paisajes semidesérticos, desiertos o campos de dunas.

Moderada (Ee2).- La remoción de partículas de suelo por la acción del aire en la llanura del Golfo de Tehuantepec es débil en una gran parte de esta área a pesar de los fuertes vientos que predominan en la región. En el poco desplazamiento de partículas de suelo tienen una importante participación los cultivos permanentes y las concentraciones densas de vegetación primaria que relativamente impiden el movimiento o pérdida de sedimentos.

Evidencias de una acción eólica moderada se encuentra en los cordones de dunas con alturas de tres y cuatro metros de altura que se localizan paralelas al litoral, en las inmediaciones de los cuerpos lagunares o sobre afloramientos rocosos cercanos al mar. Se les encuentra a una altitud cercana a la del mar con pendientes entre uno y cuatro grados, correspondiendo su morfogénesis a la de tipo eólica (Fotografía No. 20).



Fotografía No. 20.- Detalle de erosión eólica moderada.

1.12.3.4.- Erosión Marina

Normal (Em1).- Relacionada con la acción del oleaje, mareas o corrientes de litoral que tienen un carácter destructivo en costas de laderas empinadas o escarpadas, así como, en playas donde depositan sedimentos. De morfogénesis denudativa mareal, estas áreas se ubican en la costa como playas de corta y gran longitud formadas por arena fina y ocasionalmente por fragmentos gruesos, incluso conglomeráticos. Las salientes rocosas esculpidas por la acción del mar, están constituidas por rocas metamórficas, volcanosedimentarias e intrusivas, siendo de éstas últimas, las de edad cretácica las más susceptibles a la erosión (Fotografía No. 21). Esta erosión tiende a modelar una zona característica de plataforma plana sobre las rocas de la costa.

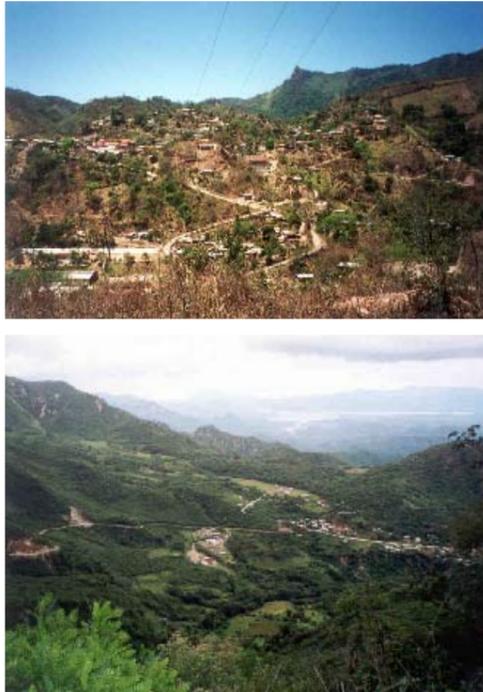


1.12.3.5.- Erosión Antropogénica

Fotografía No. 21.- Detalle de erosión marina normal.

Este tipo de erosión se asocia a la acción del hombre, a veces por necesidades de infraestructura y en otras ocasiones bien o mal intencionadas, ejemplo de esto son: la apertura de caminos, desmonte para áreas de cultivo, explotación irracional de bosques y zonas mineras, ampliación de zonas urbanas y todo lo que altera el equilibrio natural del uso del suelo.

Por asentamientos humanos (Ea1).- Erosión atribuida al hombre que en la búsqueda de una expansión cambia la vocación original de los suelos dando paso al crecimiento de la población. La práctica de esta modificación al entorno natural se encuentra en cualquier lugar, de cualquier región a cualquier altitud (Fotografías Nos. 22 y 23).



Fotografías Nos. 22 y 23.- Detalle de erosión antropogénica por asentamientos humanos.

Por obras civiles o aprovechamiento de recursos geológicos (Ea2).- Se refiere a los cambios que el hombre produce a través de la construcción de infraestructura para su desarrollo o aprovechamiento de rocas y minerales.

Ejemplo de ello lo constituyen las vías de comunicación, presas, minas o bancos de material que en ocasiones modifican grandes áreas. En esta región, el principal aprovechamiento se efectúa mediante la explotación de rocas granodioríticas cerca de Santa Cruz Bamba, mármol en las inmediaciones de Jalapa del Marquez, ónix y travertino en Tequisistlán y Magdalena Apazco, Etlá, calizas para la elaboración de cementos en Niza Conejo y al norte de La Ventosa, rocas volcánicas andesíticas en Chihuitán, mármol cerca de la presa Benito Juárez, entre otras explotaciones rocosas, todas ellas de menor importancia (Fotografía No. 24). Esta afectación también se percibe en los distritos mineros (metálicos) activos como: Natividad, Telixtlahuaca, Taviche y Pluma Hidalgo, así como los inactivos como Totolapan-San José de Gracia, Guelavila-Albarradas, Tlacolula (abarca las áreas de Teitipac, Teotitlán del Valle, Santa Ana, Díaz Ordáz, Tocuela y otros núcleos menores), San Miguel Peras, Zaniza-Textitlán, Tejomulco, El Paríán, Atepec, Silacayoapan, Tamazola entre otros. (Fotografías 25 y 26)



Fotografía No. 24.- Detalle de erosión antropogénica por obras civiles sobre zonas de falla, fotografía tomada en el Km 96.2 de la supercarretera Oaxaca-Cuacnopalan, en la zona del tunel que nunca funcionó.



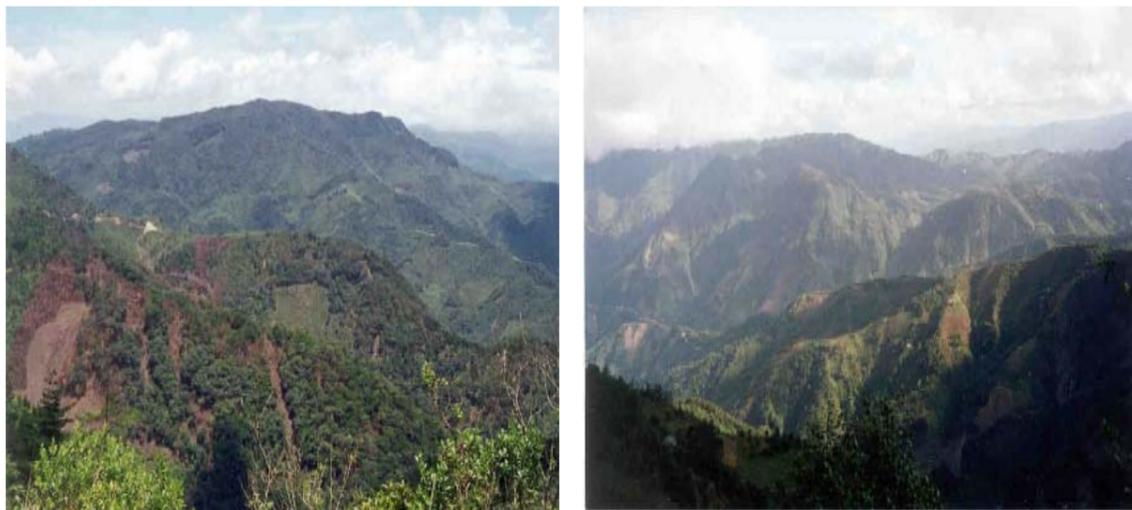
Fotografía No. 25.- Detalle de erosión antropogénica por obras civiles o aprovechamiento de recursos geológicos, fotografía tomada sobre la carretera federal No. 190 frente a los bancos de explotación de mármol en Barrio Lieza, Oax.



Fotografía No. 26.- Detalle de erosión antropogénica por aprovechamiento de recursos geológicos, fotografía tomada en el banco de explotación de ónix y travertino de Magdalena Apazco Etla, Oax.

Deforestación (Ea3).- Constituye una actividad dinámica que contribuye o favorece la remoción de partículas de suelo. La necesidad alimentaria de los pobladores de esta región obligan a extender sus tierras de cultivo, en muchos casos dando origen a una agricultura nómada a la que hay que agregar la explotación desmedida de especies maderables. Este tipo de erosión se encuentra esparcida por toda el área en pequeñas o grandes extensiones de terreno utilizadas principalmente en el cultivo de granos, agave o inducción de pastizal.

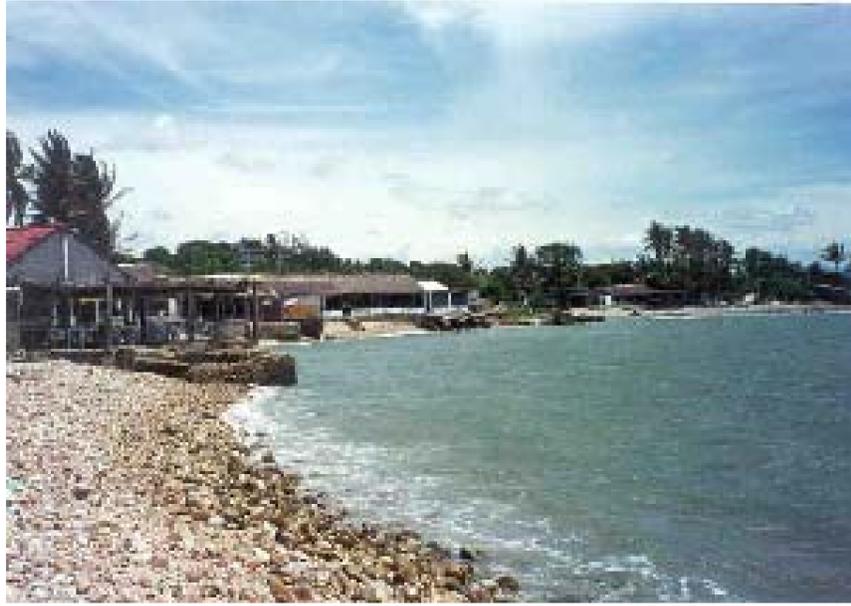
La deforestación como parte del desarrollo social se ha realizado en algunas partes sin provocar desequilibrio en la naturaleza. Casos concretos se presentan en el distrito de riego de Tehuantepec y al norte en los límites con el estado de Veracruz y Sierra de Juárez donde la deforestación ha dado paso a grandes áreas de producción agrícola y ganadera (Fotografías Nos. 27 y 28).



Fotografías Nos. 27 y 28.- Detalle de erosión antropogénica por deforestación, fotografías tomadas en la Sierra Mixe de Oaxaca, porción sureste de la entidad.

Por actividad humana en dunas o playas (Ea4).- Está relacionada a la actividad que el hombre realiza con el establecimiento de asentamientos humanos o desarrollos turísticos en zonas de dunas, bermas, y playas en área de

influencia de oleajes y mareas con cierto riesgo para los asentamientos humanos (Fotografías Nos. 29, 30, 31 y 32)



Fotografías Nos. 29 y 30.- Detalle de erosión antropogénica por actividad humana en dunas o playas.



Fotografías No. 31 y 32.- Detalle de erosión antropogénica por actividad humana en dunas o playas, fotografías tomadas en los estanques salineros de Santa Cruz Bamba, Garrapatero y Santiago Astata, Oax.

1.13.- INESTABILIDAD DE LADERAS

1.13.1.- Movimientos en Masa

Los movimientos en masa constituyen una serie continua que va desde caída de rocas hasta reptación del suelo. Según los diferentes tipos de transporte, los movimientos en masa pueden clasificarse como: desprendimientos, flujos, deslizamientos y reptación, el desprendimiento se caracteriza por un descenso a gran velocidad de las rocas o suelo. Los flujos suelen producirse en ambientes húmedos, donde el agua juega un papel importante como medio de transporte, mientras que los otros tipos tienen lugar cuando la humedad es moderada o baja. Los deslizamientos se producen como consecuencia de la ruptura, por lo general, en pequeños bloques ubicados en laderas con fuertes inclinaciones, esta ruptura es propiciada por grietas u otras zonas de debilidad de la roca que reducen la resistencia del material en la pendiente y normalmente se originan en época de lluvias al saturar las arcillas localizadas en las fracturas y producirse el desprendimiento de bloques, que en cadena producen una catástrofe.

1.13.2.- Deslizamientos

Son fenómenos de la naturaleza que pueden provocar un desastre. Un desastre se produce, cuando se conjuntan en un mismo lugar, fenómenos naturales peligrosos y existen en él, ciertas condiciones físicas y socioeconómicas que pueden ser vulnerables. Ser vulnerable a un fenómeno natural es ser susceptible a un daño. La vulnerabilidad se presenta cuando núcleos de gente que han ido poblando terrenos que no son adecuados para la construcción de viviendas debido al tipo de roca o suelo, condiciones físicas del material, pendiente y relieve del terreno es propenso a sufrir un deslizamiento.

Las modificaciones al medio natural causadas por la deforestación en muchos casos excesiva por la construcción de vías de comunicación y otros tipos de obras civiles, han incrementado la inestabilidad de terrenos y con ello han aumentado los riesgos a los que puede verse sometido el establecimiento de comunidades que han sido construidas desde su origen sin criterios de seguridad. El hombre en gran parte ha sido responsable de los desastres al no haber entendido como funciona la naturaleza y de no crear el hábitat de acuerdo a sus condiciones (Romero, Maskrey, 1993).

Los deslizamientos no se producen por sí solos, en ellos tienen una gran participación el grado de fracturamiento e intemperismo litológico, las formas e inclinaciones del terreno, las condiciones climáticas en su expresión de precipitación pluvial y la acción humana en una estrecha relación.

Tipos de deslizamientos

Existen varias clasificaciones acerca de los deslizamientos, sin embargo por ser un trabajo de diagnóstico regional sólo se señala la amenaza que representan para un determinado lugar, en términos de alta y baja, la caída de rocas, deslizamientos y soliflucción, además de la reptación y los canales de flujo de sedimentos que se indican con un sólo grado de afectación. Es indudable que los sitios registrados en la cartografía pueden o no representar una vulnerabilidad y que deben existir lugares no detectados en donde existan riesgos. Un **deslizamiento** puede definirse como un movimiento de rocas o suelos o material desplazado hacia abajo por una pendiente (Crudden, 1991 en Mitre, 1999).

Los movimientos en masa registrados en esta área corresponden a desprendimientos de rocas de diversa naturaleza y origen y fragmentos que varían en tamaño de pequeños detritos a bloques mayores a dos metros de diámetro, o bien, a suelos transportados o residuales generalmente constituidos por sedimentos finos y en ocasiones con abundante materia orgánica. De tal forma, para los efectos de interpretación de los movimientos en masa, se deben entender los siguientes conceptos (Meritano, J., 1999).

Caída de piedras.- Resultado de la disgregación de fragmentos o bloques rocosos que tras una caída libre descienden por la pendiente hasta estabilizarse en posición de equilibrio al término de una trayectoria cuya longitud depende de la inclinación y rugosidad de la pendiente, así como del volumen de la masa y de los elementos movilizados.

Deslizamientos.- Descensos masivos de rocas y suelos, relativamente rápidos a lo largo de su vertiente, a menudo son fenómenos espectaculares y en ocasiones catastróficas.

Soliflucción.- Desplazamientos de masa de sedimentos finos despegados de su basamento estable. Sólo afecta a materiales arcillosos susceptibles de transformarse en fango por la retención de agua.

Reptación.- Desplazamiento y redistribución de las partículas en el seno de una formación deleznable por la acción de la gravedad, produciendo un lento descenso del suelo (Fotografías 33 y 34).



Fotografías Nos. 33 y 34.- Zonas de reptación inicial provocadas por el hombre mediante la práctica de la agricultura de temporal en zonas con pendientes abruptas o bien provocada por los talamontes mediante incendios en arroyos donde transportan su madera.

Canal de flujo de sedimentos.- Se refiere a aquellos conductos naturales capaces de transportar volúmenes de sedimentos movidos por el escurrimiento del agua superficial. Generalmente corresponden a cauces relacionados

estrechamente con la precipitación pluvial y el grado alto de meteorización litológica, cuyos volúmenes transportados son depositados en estabilidad de pendiente.

1.13.3.- Características Físicas

Como se ha mencionado el marco geológico de la región está conformado por rocas de diversos orígenes y composición cuya expresión morfológica ha dado origen a un contrastado relieve compuesto por rocas metamórficas de alto y bajo grado, volcanosedimentarias, sedimentarias, volcánicas e intrusivas con distintos grados de fracturamiento y alteración. En los movimientos en masa que se producen en esta región tiene una gran importancia la frecuencia y cantidad de lluvia sobre las formas litológicas sumamente fracturadas e intemperizadas, independientemente de la contribución que proporciona la deforestación. Aunado a estas condiciones las unidades de roca con mayor susceptibilidad al movimiento lo constituyen las formaciones metamórficas debido a sus características de foliación que permiten desprenderse en múltiples capas o láminas en extremo delgadas; los intrusivos, sobretudo cretácicos profundamente intemperizados, así como las formaciones sedimentarias compuestas por la alternancia de capas delgadas y laminares litificadas, intercaladas con espesores diversos de sedimentos semiconsolidados, poco compactados o profundamente alterados de una alta susceptibilidad al desplazamiento.

En el marco de estos componentes la mayor amenaza se encuentra en áreas de relieve abrupto de montañas medianas y altas donde la precipitación pluvial, abundante y frecuente satura de humedad las formas terrestres favoreciendo el desplazamiento de rocas y suelos. No se soslaya que los desprendimientos de material pueden ocurrir en relieves menores, en depósitos de relleno poco compactados, sin cementar, constituidos por conglomerados con matriz arenosa.

En estas condiciones las unidades potencialmente propensas al movimiento en masa corresponden al Complejo Sierra de Juárez formado por esquistos y metasedimentos paleozoicos; a esquistos-filitas, no diferenciados, que pueden corresponder a terrígenos jurásicos metamorfizados de la Formación Todos Santos; a limolitas-areniscas y suelo residual de la Formación Todos Santos; rocas volcanosedimentarias jurásicas del Arco Chontal; y a los sedimentos cretácicos limolítico-arenosos de la Formación San Ricardo. Otros tipos litológicos que pueden presentar un riesgo en cuanto a su desplazamiento lo constituyen los intrusivos cretácicos, muy fracturados y disgregados superficialmente, que en algunos casos intemperizan en forma de bloques que pueden deslizarse a favor de la pendiente; calizas escarpadas, fracturadas; ignimbritas, otro tipo de tobas e incluso formas lávicas pseudoestratificadas cuyo movimiento puede ocurrir a lo largo de decenas o centenas de metros, en forma natural o a lo largo de vías de comunicación en cortes de pendiente vertical.

1.13.4.- Análisis Estructural

Con base en la interpretación del modelo digital de elevación se observaron direcciones preferenciales de grandes lineamientos producidos por esfuerzos compresionales y distensivos que dieron origen a rompimientos que han servido de dislocación litológica, de contacto entre terrenos tectonoestratigráficos, provincias geológicas y distintas formaciones, o bien, han sido el conducto de emplazamientos ígneos. Estos lineamientos regionales se

reflejan localmente en sistemas ortogonales poco espaciados con inclinaciones que varían de horizontal a vertical, fallas laterales, normales e inversas con la misma dirección (fotografías Nos. 35 y 36).

Las estructuras de mayor magnitud se orientan de NW-SE en el occidente del área donde se encuentran, entre otras, las fallas Valle Nacional, Monte Negro, Santa Cecilia, San Juan, Paso de Buques, de desplazamiento lateral. En el oriente, también de desplazamiento lateral, se observan lineamientos con orientaciones E-W y SW-NE en secuencias calcáreas y fallas normales en el contacto de calizas con el Macizo Granítico de Chiapas. Un sistema distensivo de estructuras secundarias se distribuye en toda la región orientadas de NE-NW, así como estructuras de cabalgamiento en la parte centro norte orientadas casi N-S. Con una orientación diferente en el área sur oriental se encuentran estructuras de rumbo E-W paralelas a la línea de costa correspondiente al sistema de fallas Chacalapa que constituye el límite tectónico entre el Terreno Xolapa y el Bloque Chontal, cuyo desplazamiento es lateral izquierdo (CRM, 2000), los curvilineamientos identificados pueden relacionarse con intrusiones, en algunos casos no aflorantes.



Fotografías Nos. 35 y 36.- Lineamientos que reflejan sistemas ortogonales espaciados.

1.13.5.- Áreas susceptibles al movimiento de masas rocosas y/o suelos

Como se ha señalado la estrecha interacción de factores climáticos, en su manifestación de precipitación pluvial, tipo de relieve, características litológicas y de la participación del hombre en la modificación del medio, son causas que pueden dar origen a los movimientos en masa, que en especiales circunstancias pueden convertirse en desastres. Las áreas que se encuentran en condiciones mayores de relieve, inclinación, precipitación, intemperismo, fracturamiento y sin cobertura vegetal son potencialmente más propensas al movimiento de volúmenes de material.

En esta región se pueden presentar desplazamientos de rocas y suelos de dos formas: antropogénica y natural. La primera originada por el hombre que en la búsqueda de su desarrollo socioeconómico lo conduce a construir infraestructuras para su beneficio, sobre todo de comunicación, dando origen o aumentando la inestabilidad de terrenos que pueden deslizarse por gravedad, lluvias e incluso por movimientos telúricos, la segunda corresponde al modelado de formas litológicas que resultan principalmente en escarpes relativamente inestables. De acuerdo a estos dos tipos de movimientos en masa los detectados en esta región se encuentran en los siguientes lugares:

Guevea de Humboldt.- Se ubica en terrenos constituidos por rocas metamórficas intrusionadas por granitos, cubiertos ambos por productos volcánicos terciarios, cuyos agrietamientos y asentamientos pueden relacionarse con una compactación diferencial ocasionada por la expulsión de agua retenida entre los sedimentos, por el peso de las construcciones y probablemente al movimiento de una falla normal secundaria de orientación NW-SE de poco escalonamiento, reactivada con un movimiento telúrico ocurrido a mediados de la década de los ochenta. En este lugar la pendiente en la que se encuentran ubicados los asentamientos humanos favorece el desplazamiento de fragmentos de intrusivo profundamente intemperizados (Fotografía No. 37).



Fotografía No. 37.- Caída de rocas asociado la zona de inestabilidad de Guevea de Humbolt, Oax.

Santa María Nativitas Coatlán y San Isidro Huayapán.- En estas regiones los desplazamientos ocurridos se atribuyen a la profunda meteorización de rocas terrígenas conformadas principalmente por sedimentos finos que han dado origen a un suelo residual, en partes superior a los dos metros de espesor, en un relieve de fuerte pendiente y frecuentes precipitaciones pluviales veraniegas cuyas características plásticas aunadas a la deforestación han ocasionado el desplazamiento de sedimentos.

Guigovelaga, El Progreso y Lachidola.- Similares condiciones se encuentran en estas áreas aunque aparentemente con un menor riesgo, donde la litología está constituida por sedimentos terrígenos finos, en estratos frágiles de la Formación San Ricardo del Cretácico.

Santa Cruz Condoy, San Pedro Alotepec.- Localizados en la región de los Mixes, se encuentran condiciones semejantes en áreas constituidas por sedimentos residuales derivados de la meteorización de los constituyentes de la Formación Todos Santos del Jurásico (Fotografía No. 38).



Fotografía No. 38.- Caída de rocas asociado al área de Santa María Alotepec, Oax.

San Lucas Camotlán.- Ubicado en limos y arenas de la Formación San Ricardo, así como Guadalupe Victoria, Santa María Cacalotepec, San Juan Juquila Mixes y Asunción Acatlancito localizados sobre terrenos de granodiorita en extremo fracturadas e intemperizadas representan áreas de potenciales movimientos en masa.

San Juan Mazatlán.- Área propensa a los deslizamientos, que en menor proporción pueden presentarse en San Pedro Acatlán. La litología constituyente está conformada por rocas metamórficas intensamente foliadas, característica que aunada al fracturamiento favorece los deslizamientos.

San Pedro Sosoltepec.- Ésta área se encuentra conformada por rocas volcanosedimentarias, frágiles del Arco Chontal que representan una alta susceptibilidad al deslizamiento. Los poblados de San Juan Acaltepec y San Miguel Tenango se encuentran establecidos en la misma litología, aunque se estima un menor riesgo.

En estos lugares se debe considerar que las condiciones de fragilidad de las rocas son propicias para proporcionar, en épocas lluviosas sedimentos a los arroyos que se convierten en conductos de flujos lodosos que son depositados en pendientes estables.

Santa María Alotepec.- Se localiza frente a un escarpe calcáreo originado por fallamiento lateral que ha provocado el desprendimiento de grandes bloques que se encuentran en reposo sobre terrenos de cultivo ubicados en la periferia de la población sobre sedimentos del Complejo Sierra de Juárez.

Balneario Ojo de Agua, Santiago Laollaga y Santa Cruz Bamba y Garrapatero.- Los dos primeros poblados relativamente retirados de un frente calcáreo escarpado propenso al desprendimiento de bloques; el tercero localizado frente a una pendiente con bloques esféricos u ovoidales de intrusivo en extremo meteorizado.

Las características de fragilidad de las rocas, dadas por el grado de fracturamiento e intemperismo, son importantes en los desprendimientos que pueden ocurrir a partir de la construcción de brechas, terracerías y carreteras. En la construcción de estas obras son frecuentes los cortes verticales o de pendiente fuerte, sin obras que impidan el movimiento, que dan origen a numerosas áreas inestables que varían en longitud de unos cuantos a centenas de metros. Ejemplo de ello se tienen en las tercerías que comunican a San Miguel Ecatepec con San Felipe Petacaltepec construida en terrenos metamórficos y sedimentarios; entre Santa Ana Tavela y Magdalena en rocas piroclásticas terciarias; entre Lachigüiri y El Coyul trazada la vía de comunicación en calizas fracturadas semiestables e intrusivo profundamente intemperizado; entre Lachigüiri y Jalapa del Marquez que cruzan depósitos conglomeráticos con matriz arenosa regularmente compactados y calizas fracturadas intrusionadas por diques, aunque en éstas existen terrazas de estabilización (fotografías Nos. 39 y 40).



Fotografía No. 39.- Caída de rocas asociado a la fragilidad de las



Fotografía No. 40.- Caída de rocas asociado a la fragilidad de las mismas y al intemperismo esferoidal.

Otras áreas inestables se tienen en el camino que comunica con San Juan del Río Choapam, Chinantequilla y Santa María Choapam; son rocas metamórficas ubicadas entre Santiago Laollaga y Santa María Guienagati en rocas volcánicas frágiles con intemperismo esferoidal o en pseudocapas; en las carreteras federales Tehuantepec-Tlacolula, a la salida de Salina Cruz hacia Huatulco y cerca de Zaachilac donde existen cortes verticales en rocas sumamente fracturadas y foliadas en rocas volcánicas, intrusivas y volcanosedimentarias, respectivamente (fotografías Nos. 41 y 42).



Fotografías Nos. 41 y 42.- Caída de rocas asociado a la fragilidad de las mismas.

Asentamientos humanos en zonas de relativo riesgo en las orillas de escarpes resultado de trazos urbanos y en asentamientos humanos periféricos en intrusivos con intemperismo profundo en Salina Cruz; en Tehuantepec y en San Pedro Huilotepec, en este último el crecimiento poblacional tiende a establecerse hacia el borde de bancos donde se extrae material (fotografías Nos. 43, 44 y 45).



Fotografías Nos. 43 y 44.- Caída de rocas asociado a la fragilidad de las mismas y a asentamientos humanos en las orillas de los escarpes de trazos urbanos.



Fotografía No. 45.- Construcción de un jardín de niños por mala planeación se realizó sobre el cauce de un arroyo, fotografía tomada en la Agencia de Policía Patio Iglesia del municipio de Huautla de Jiménez, Oax.