

# Análisis estadístico del peligro e inferencia del riesgo sísmico en el norte del estado de Chiapas

González-Herrera R.<sup>1</sup>, Aguilar-Carboney J.A.<sup>2</sup>, Mora-Chaparro J.C.<sup>3</sup>,  
Palacios-Silva R.J.<sup>1</sup>, Figueroa-Gallegos J.A.<sup>2</sup>

*Fecha de recepción: 14 de marzo de 2012 – Fecha de aprobación: 17 de abril de 2012*

## RESUMEN

En el artículo se presenta un análisis del peligro e inferencia del riesgo sísmico del norte del estado de Chiapas. Para la determinación estadística del peligro sísmico se empleó la base de datos del Servicio Sismológico Nacional (SSN) de enero de 1974 a octubre de 2010 y Sistemas de Información Geográfica. En este trabajo se analizan los casos de los municipios de Ostuacán y de Francisco León, debido a que tras el trabajo de campo y los análisis resultaron los que mayores niveles de peligro sísmico presentan y que a pesar de la distancia de las fuentes sismogénicas pueden presentarse daños por las condiciones locales del subsuelo y la vulnerabilidad de lo expuesto. La inferencia del riesgo se consideró de un análisis cualitativo de algunas variables que influyen en la vulnerabilidad, con la finalidad de señalar la necesidad de estudios más profundos para determinarlo con precisión y actuar en la gestión de riesgo sísmico.

**Palabras clave:** peligro sísmico, riesgo sísmico, Ostuacán, Francisco León, Chiapas

## Statistic analysis of the hazard and inference of the seismic risk in the north of Chiapas state

### ABSTRACT

The paper proposes an analysis of the hazard and inference of the seismic risk of the north of the state of Chiapas. For the statistical determination of the seismic hazard the data base of the National Seismological Service (SSN) from January, 1974 to October, 2010 and GIS were used. In this work the cases of the Ostuacán and Francisco Leon counties are analyzed, as the field work and the analyses showed that those were the ones with the higher levels of seismic hazard. Regardless of the distance to the subduction sources, damages can appear due to the local conditions of the subsoil and the vulnerability of the construction. The inference of the risk was considered in a qualitative analysis of some variables that influence the vulnerability, in order to indicate the necessity for deeper studies to determine it accurately and to manage the seismic risk.

**Key words:** seismic hazard, seismic risk, Ostuacán, Francisco León, Chiapas

---

<sup>1</sup> Profesores del CA Estudios Naturales y Riesgos Ambientales de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Facultad de ingeniería. Correo electrónico: rgonzalez@unicach.edu.mx

<sup>2</sup> Profesores del CA de Prevención de Riesgos Naturales de la Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ingeniería. Correo electrónico: jaguilar@unach.mx

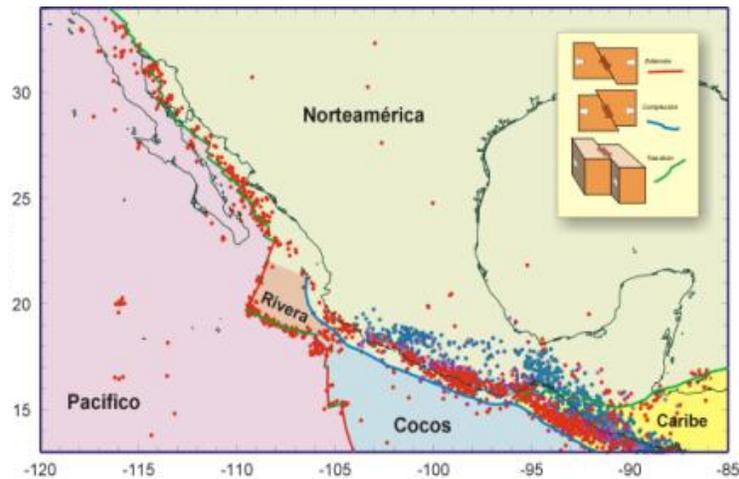
<sup>3</sup> Investigador Titular. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geofísica.

Nota: El período de discusión está abierto hasta el 1° de noviembre de 2012. Este artículo de divulgación es parte **Ingeniería–Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán**. Vol. 16, No. 1, 2012, ISSN 1665-529X.

**INTRODUCCIÓN**

El estado de Chiapas se encuentra en una región sísmica importante. La sismicidad en el estado se debe a la interacción de tres placas tectónicas, el movimiento de convergencia frontal de la placa de Cocos con las placas de Norteamérica y del Caribe, como puede apreciarse en la Figura 1 (SSN 2002),

donde los puntos rojos representan sismos superficiales (menores a 40 Km) y azules sismos profundos de hasta 300 km. El movimiento convergente entre las placas señaladas es mayor a 7.5 cm/año en las costas del estado de Chiapas. La caracterización espacial de los eventos sísmicos permitirá zonificar el peligro en el estado.



**Figura 1.** Distribución de placas tectónicas en México (SSN, 2002).

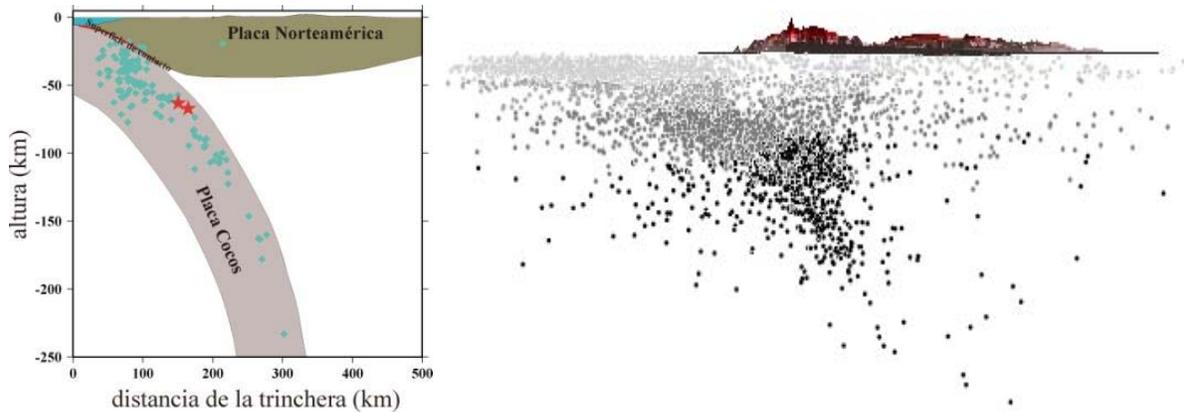
Los sismos que han afectado al estado de Chiapas han tenido cinco fuentes sismogénicas. La primera y más importante, es la resultante del proceso de subducción de la placa de Cocos bajo la Norteamericana, misma que da origen a los sismos de gran magnitud ( $M > 7.0$ ) ocurridos en toda la República Mexicana (Suárez y Singh 1986; Pardo y Suárez 1995). Los sismos producidos por esta fuente han alcanzado magnitudes de 7.7 e intensidades con isosistas en todo el estado de Chiapas desde VI a X, como en los sismos del 23 de septiembre de 1902 (Figuroa 1973) y recientemente del 21 de enero de 2002, con magnitud de 6.7. No se estudia mucho en México pero los sismos de subducción en la región de la costa de Chiapas pueden ocasionar tsunamis importantes como lo reporta el CENAPRED en su serie Fascículos en el tomo dedicado a estos fenómenos y elaborado por Farreras et al. (2005).

La segunda fuente sismogénica está constituida por la deformación interna de la placa subducida, lo cual, produce sismos profundos o de mediana profundidad (desde 80 hasta 300 km), como el sismo de Villaflores del 21 de octubre de 1995, con magnitud de 7.2, una profundidad focal de 165 Km y un área de ruptura de 30x10 Km (Rebollar et al. 1999). La profundidad de subducción de la placa de Cocos es mayor, por lo que los sismos en las costas de Oaxaca, Guerrero y Michoacán no rebasan una profundidad de 80 Km, mientras que en esta zona los sismos profundos en Chiapas alcanzan valores cercanos a los 200 km como

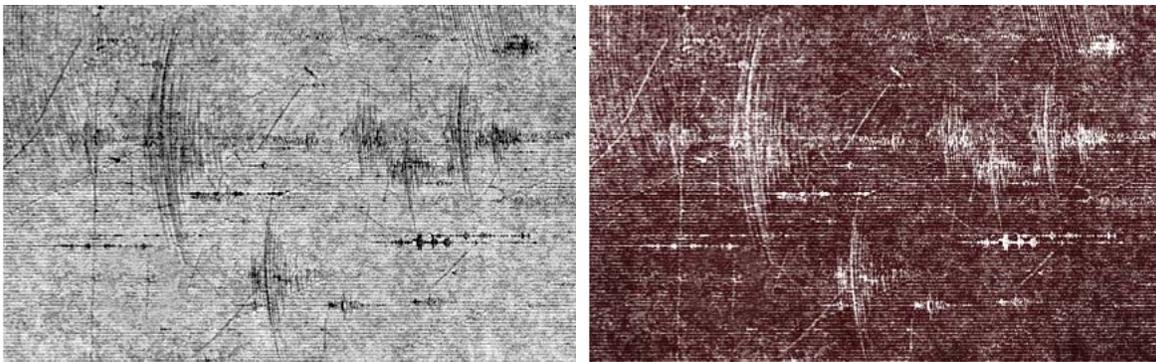
se observa en la Figura 2 (Ponce et al. 1992; Barrier et al. 1998).

Una tercera fuente corresponde a la deformación cortical debida a sistemas de fallas superficiales que originan temblores de pequeña profundidad (menores a 40 km) presentes en el estado, como lo reporta Figuroa (1973), donde enuncia al menos 15 fallas importantes. Esta fuente origina sismos de magnitud moderada que producen daños locales. Ejemplo de esta fuente son los enjambres de sismos originados en Chiapa de Corzo entre julio y octubre de 1975, ver Figura 3 (Figuroa et al. 1975). No obstante lo anterior, un grupo importante de la sismicidad cortical de la región ha sido atribuido a la construcción de las presas a finales de los años setenta y al llenado de las cortinas por presión de poro (Rodríguez et al. 1985).

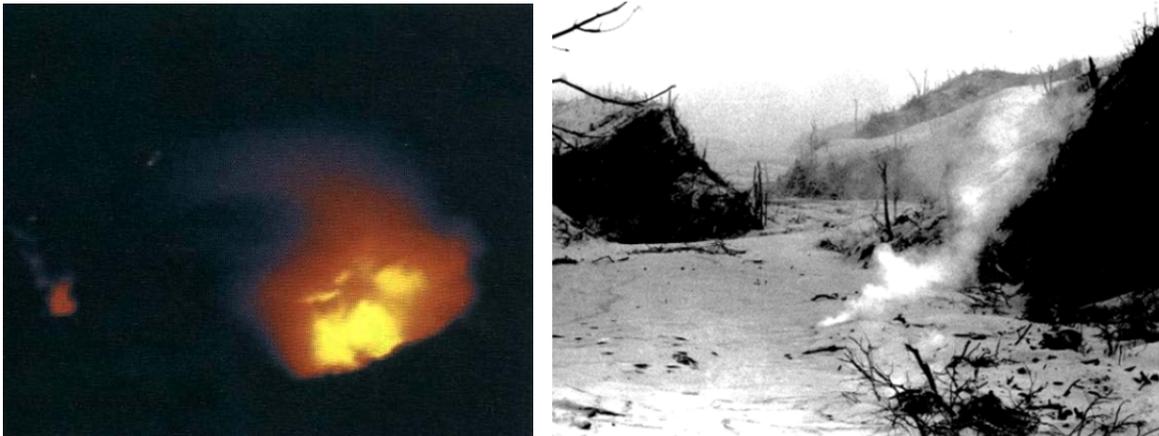
Una cuarta fuente sismogénica, está constituida por la presencia de los volcanes activos en el estado de Chiapas, el Tacaná y el Chichonal o Chichón. Este último mostró su potencial el 28 de marzo y el 3 y 4 de abril de 1982, donde se reportaron 1,770 personas muertas y 510 personas desaparecidas, 21,911 personas damnificadas, 41,411 Ha dañadas y 205 millones de dólares en pérdidas, ver Figuras 4a y 4b. El volcán Tacaná hizo erupción el 8 de mayo de 1986 alarmando a la población y generando fumarolas importante y un enjambre sísmico en la ciudad de Tapachula (Atlas de riesgos del estado de Chiapas 2002).



**Figura 2.** 2a) Profundidad y distancia donde se presentan los sismos profundos de subducción en la costa de Chiapas (Barrier *et al.* 1998) y 2b) Proceso de subducción en el estado de Chiapas representado con los datos del SSN 1974 a 2010.



**Figura 3.** Enjambres sísmicos de Chiapa de Corzo (Figuroa *et al.* 1975).



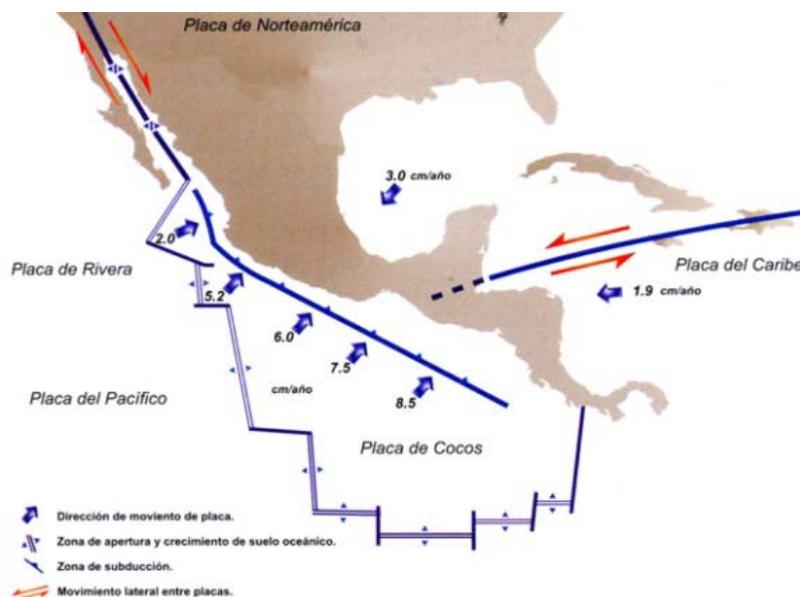
**Figuras 4a y 4b.** Erupción del volcán Chichonal en Chiapas en marzo de 1982 (Atlas de Riesgo del estado de Chiapas 2002).

La última fuente sísmica se debe a la falla lateral izquierda entre la placa Norteamericana y del Caribe (Figura 5), que ha producido sismos muy importantes como el sismo del 18 de abril de 1902 que destruyó gran parte de los monumentos históricos de la ciudad de Antigua Guatemala y que alcanzó intensidades de VIII en la zona del Soconusco en Chiapas (Belén *et al.* 2001).

Si bien la sismicidad es determinada por factores regionales (fuentes sísmogenéticas, leyes de atenuación, etc.) y elementos locales (topografía, tipo de suelo, etc.), la distancia que existe entre la zona norte del estado de Chiapas y las fuentes sísmogenéticas de subducción es muy importante. Esto resulta en que las fallas locales sean las que

determinan el nivel de peligro de la zona norte, siendo ésta la que se considera que tiene el menor nivel de peligro sísmico del estado, motivo por el cual –quizá– dicha zona es la menos estudiada. Esto es debido,

entre otros factores, a la insuficiente instrumentación sísmica y falta de análisis de los registros obtenidos para generar propuestas para la elaboración de una norma técnica de construcción local.



**Figura 5.** Marco tectónico de la República Mexicana (<http://www.ssn.unam.mx/>).

Mediante este trabajo se pretende reflexionar sobre la necesidad de desarrollar estudios de peligro y riesgo sísmico para todo el estado de Chiapas, ya que a pesar de que se desarrollaron estudios de zonificación sísmica para las ciudades de Tuxtla Gutiérrez (Alonso *et al.* 1995 y Narcía *et al.* 2006) y Tapachula (Cruz *et al.* 1997), así como Atlas de Peligro y Riesgo financiados por SEDESOL y FOPREDEN en diversas ciudades del estado, aún hace falta desarrollar estudios más profundos en la materia para las diversas regiones del estado, entre ellas la norte.

### **Falta de reglamentos y normas técnicas de construcción**

El primer Reglamento de Construcciones para el estado de Chiapas fue presentado el 24 de marzo de 1971, compuesto por 271 artículos y fue validado para ser empleado en ocho municipios. La selección de los municipios fue en base a su número de habitantes, más allá de similitudes de condiciones geológicas, suelos, constructivas o técnicas. Los municipios eran Tuxtla Gutiérrez, Tapachula de Córdova y Ordoñez, Comitán de Domínguez, San Cristóbal de las Casas, Tonalá, Arriaga, Huixtla y Villaflores. Dentro de estos municipios no se encontraba ninguno del norte y no hay ninguno desarrollado, tan solo una propuesta para Ostucán propiciado por la construcción de la ciudad rural

sustentable coordinado por la Secretaría de Infraestructura del Estado de Chiapas.

La falta de normativa técnica de diseño tiene varias líneas de influencia en una región: el impedimento no escrito, pero si funcional de la implementación e introducción de sistemas constructivos, la dificultad para el uso de los llamados nuevos materiales y más allá de todo lo que podemos considerar como innovador; la imposibilidad de llevar un control normado por parte de las autoridades de los incumplimientos de una normativa que puede ocasionar perjuicios a terceros y desvirtuando el trabajo de los ingenieros como profesionales.

Esta desvinculación del hacer relacionado con la responsabilidad de cómo hacerlo, para tener certeza, compromiso y respeto profesional, tiende a ser muy acentuada entre menor sea la presencia de normativa técnica de diseño amplia y aceptada en una región como es el caso del estado de Chiapas, lo que como podemos imaginarnos agrava los efectos no deseados enumerados en las construcciones (González *et al.* 2008).

Es importante el desarrollo normativo de la construcción a través de la investigación, ya que la experiencia empírica no necesariamente da respuestas correctas a los procedimientos constructivos. Los

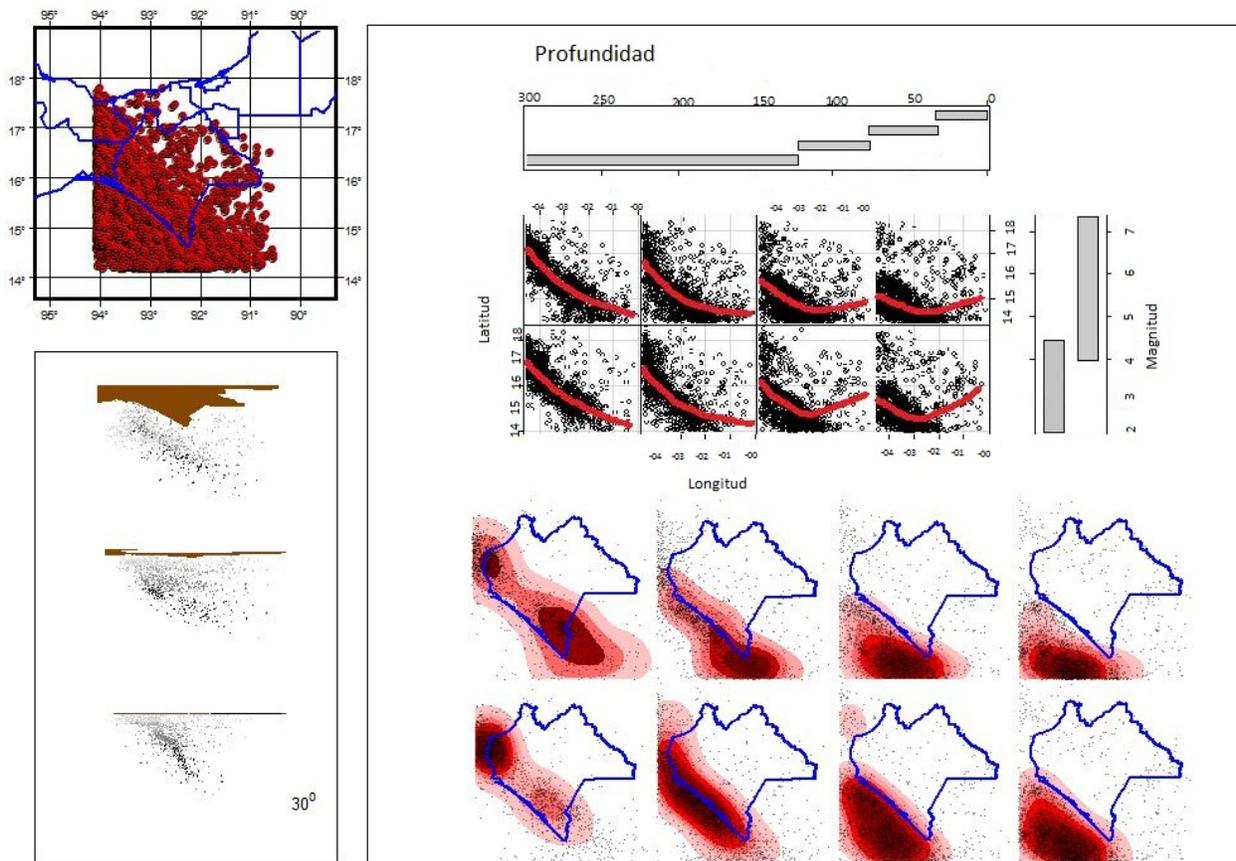
técnicos tienen la obligación de mostrar a la sociedad en general la importancia del desarrollo y adaptación de los procesos científicos a las estructuras de mampostería para vivienda y así garantizar un tiempo de vida óptimo y buen comportamiento frente a peligro por fenómenos naturales.

**ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO DE LA SISMICIDAD EN EL ESTADO DE CHIAPAS**

Con información del Servicio Sismológico Nacional (SSN) se ubicaron 4,943 eventos sísmicos registrados en el periodo de enero de 1974 a septiembre del 2010, en el área comprendida entre los 90° 30' a 94° longitud Oeste y los 14° a 18° latitud Norte. Para describir la distribución espacial de los registros se

anidaron los datos en función de cuatro niveles de profundidad: A) menores a 40 km, B) entre 80 y 40 Km, C) entre 130 y 80 km y D) mayores a 130 km.

A partir de las agrupaciones propuestas se evaluó la covariación espacial de los datos. Se observan dos tendencias generales. La primera formada por los conjuntos de datos de las categorías A) 1,572 registros y B) 1,179 registros y la segunda, que agrupa a los datos de las categorías C) 1,305 registros y D) 907 registros. Utilizando los niveles de profundidad, se reagruparon los datos en dos categorías según la magnitud registrada, menores a 4.5 y mayores a 4.5, para evaluar la covariación espacial (ver Figura 6).



**Figura 6.** Análisis geoestadístico de la frecuencia y magnitud de sismicidad en Chiapas con base en los datos del SSN.

Con los datos registrados se realizó una interpolación para obtener una superficie de respuesta utilizando los valores de magnitud. Los datos fueron agrupados en dos conjuntos, el primero corresponde a todos los datos considerados y el segundo, utilizando los epicentros con una profundidad menor a 40 kilómetros. Particularmente, el mapa de peligro sísmico para el estado de Chiapas se generó utilizando

1,572 registros, sismos que sucedieron a una profundidad de 40 km o menos.

Con los valores de magnitud de los sismos se aplicó el método matemático del inverso de la distancia ponderada, un modelo determinístico de interpolación que permite generar mapas bajo el supuesto de predicción establecido a partir de zonas próximas a

cada registro puntual bajo un principio de proporcionalidad, la fórmula utilizada fue

la ecuación 1:

$$IDW_j = \frac{\sum_{i=1}^{12} M_i / d_{ij}^2}{\sum_{i=1}^{12} 1 / d_{ij}^2} \quad 1$$

Donde,  $IDW_j$ , es el valor de magnitud estimado para cada punto en el estado de Chiapas, generado a partir de los 12 registros más cercanos al punto de predicción, considerando que la magnitud, disminuye como una función inversa del cuadrado de la distancia (ver Figura 7).

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA SISMICIDAD EN EL NORTE DEL ESTADO DE CHIAPAS**

La información reportada por el SSN es muy reciente desde el punto sismológico (37 años); adicionalmente la robustez y densidad de la red del SSN es óptima a partir de los últimos cinco años, por lo cual los datos manifestados deben tomarse como un proceso estadístico meramente y con alta incertidumbre, sin embargo, permite conocer una tendencia general (véase la Figura 8). También se tendrá que enfatizar que la red sísmica es menos robusta en la región norte que en otras zonas del estado de Chiapas y se limita a la instrumentación del volcán Chichonal.

Para el análisis de la sismicidad de los municipios del norte del estado de Chiapas, se considera el caso de los municipios Ostucacán y Francisco León por ser los más cercanos al volcán Chichonal y los que mostraron más actividad sísmica considerando la base de datos del SSN (1974 a 2010, véase Figura 9).

**Peligro sísmico en el municipio de Francisco León**

Para el caso del municipio de Francisco León, tras analizar los datos del Servicio Sismológico Nacional, se encontraron sismos generados por proceso de subducción con valores máximos de magnitud de 4.5, con esta magnitud y debido a su profundidad no han generado daños evidentes, ni significativos históricamente en el municipio. Los sismos superficiales con profundidades menores a 35 Km, han alcanzado magnitudes de hasta 5.5 grados, los cuales pueden generar daños por las características de las construcciones. Lo anterior, permite sintetizar que el peligro sísmico del municipio de Francisco León está determinado por los sistemas de fallamientos superficiales y por la sismicidad volcánica del Chichonal. A continuación se presenta la Figura 10

contando con dos imágenes donde se observan la sismicidad para el municipio de Francisco León, tanto superficial (a) como profunda (b).

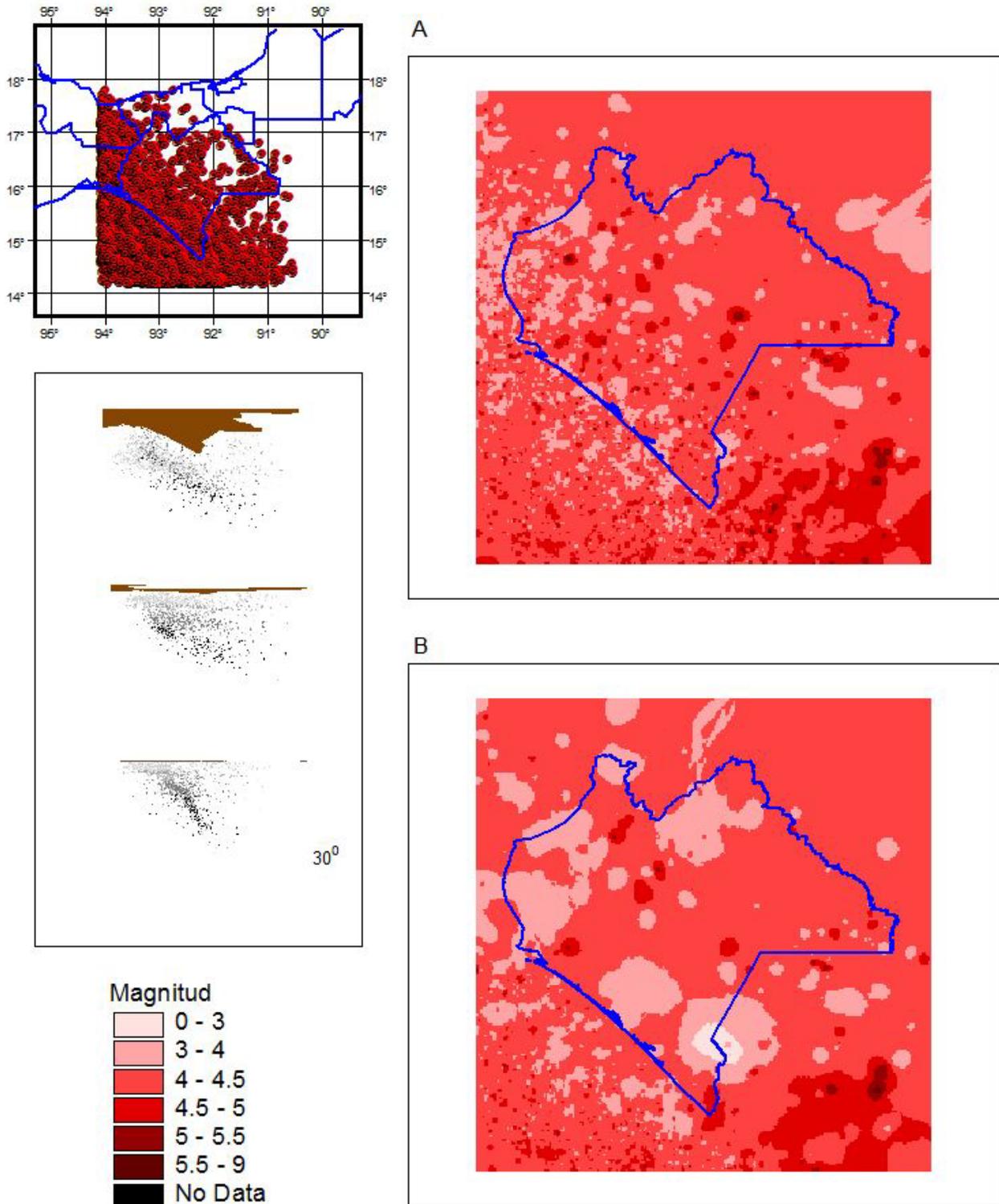
**Peligro sísmico en el municipio de Ostucacán**

Para el caso del municipio de Ostucacán, tras analizar los datos del Servicio Sismológico Nacional, se encontraron sismos por proceso de subducción con valores máximos de magnitud de 4.5, con esta magnitud y debido a su profundidad no han generado daños evidentes, ni significativos históricamente en el municipio. Los sismos superficiales con profundidades menores a 35 Km, han alcanzado magnitudes de hasta 5.0 grados, los cuales pueden generar daños por las características de las construcciones. Lo anterior, permite sintetizar que el peligro sísmico del municipio de Ostucacán está determinado por los sistemas de fallamientos superficiales y por la sismicidad volcánica del Chichonal.

**Peligro sísmico con el software PRODISIS de Manual de Obras Civiles de CFE 2008**

El PRODISIS Versión 2 es un programa de análisis del peligro sísmico de tipo probabilístico y que considera las características de la fuente y leyes de atenuación para cada una de las regiones del país, no obstante por la falta de análisis del efecto de sitio, los resultados que determinan se muestran en forma de espectros de diseño para distintos periodos de retorno en roca.

Considerando el software de la Comisión Federal de Electricidad, incluido el Manual de Obras Civiles para el diseño por sismo en su actualización del año 2008, obtenemos que para el municipio de Francisco León, Chiapas, se esperan 153 gales para un periodo de retorno de 4,174 años (ver Figura 11) y en el municipio de Ostucacán, Chiapas, se espera una aceleración de 142 gales para el periodo de retorno de 3,856 años. Si consideramos la experiencia sísmica reportada para distintos sismos, después de los 150 gales se esperan daños, no obstante los periodos de retorno son muy amplios en el tiempo.



**Figura 7.** 7a) Análisis estadístico agrupando sismos con profundidad superior a 40 km y 7b) sismos superficiales en Chiapas con los datos del SSN.

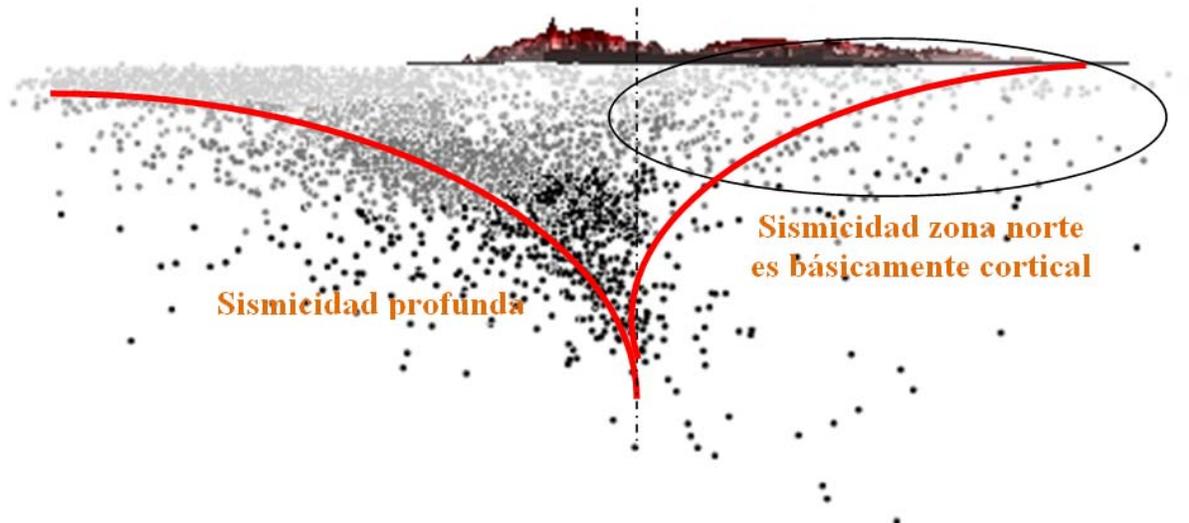


Figura 8. Análisis estadístico de los datos del SSN donde se muestra como la sismicidad en el norte del estado es básicamente cortical (menor a 40 km).

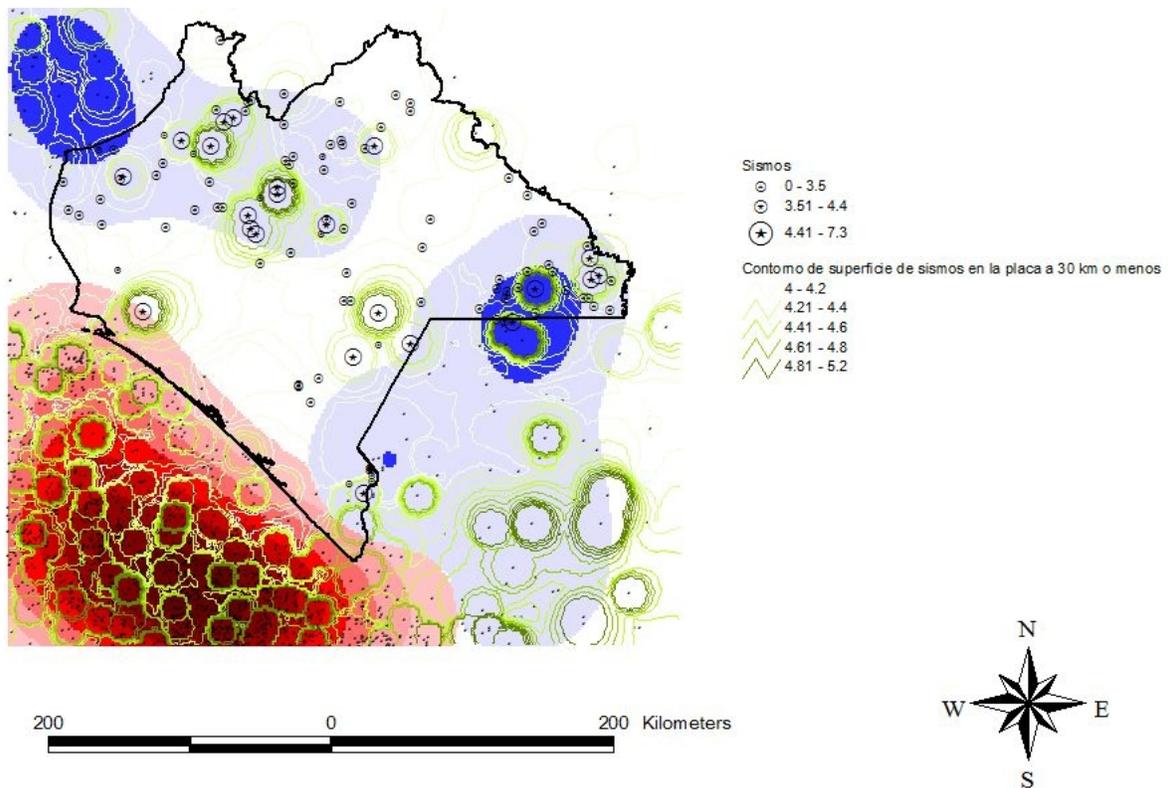


Figura 9. Agrupaciones sísmicas en Chiapas considerando datos del SSN.

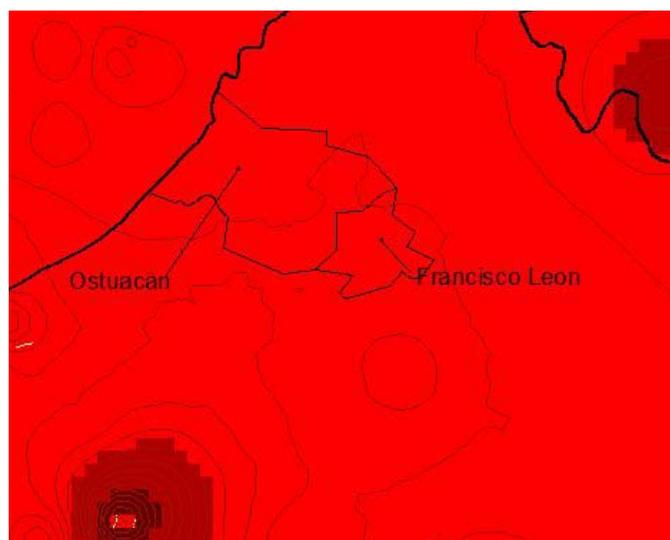
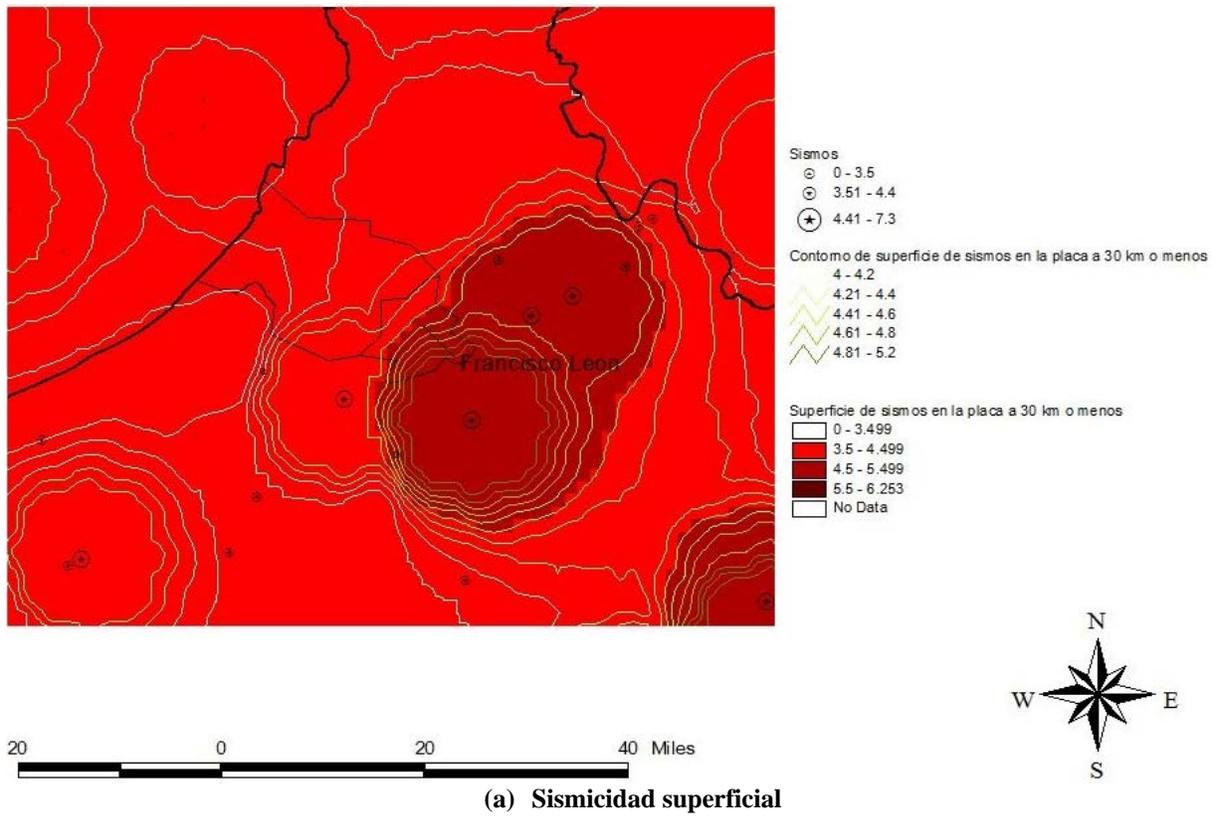


Figura 10. Sismicidad del municipio de Francisco León, Chiapas, considerando datos del SSN.

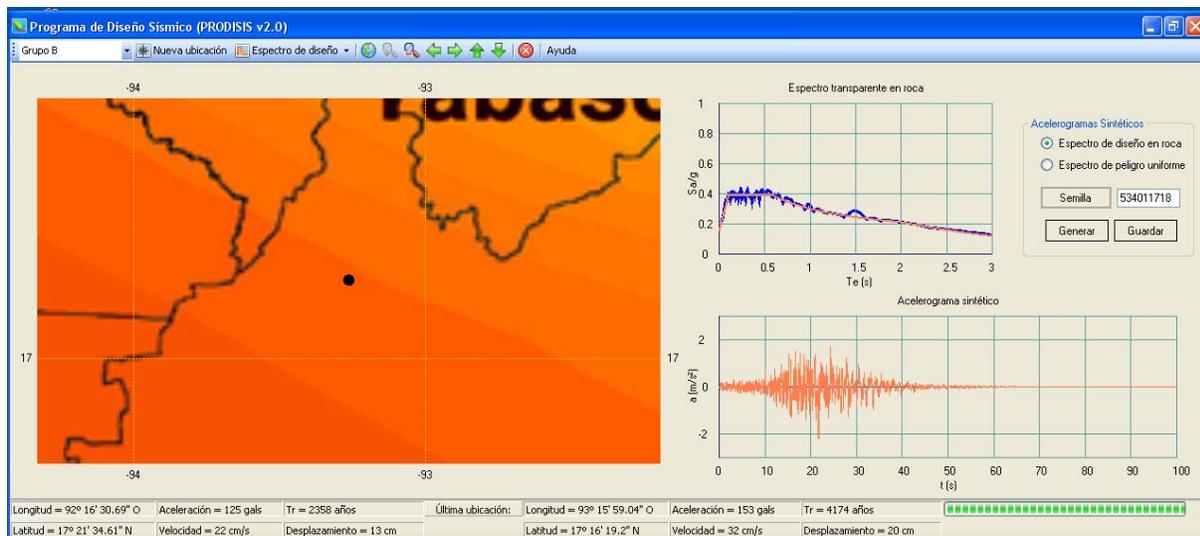


Figura 11. Peligro sísmico del municipio de Francisco León, Chiapas, considerando el software PRODISIS versión 2.0 de CFE, 2008.

### INFERENCIA DEL RIESGO SÍSMICO EN LA ZONA

Una vez conocida la amenaza o peligro sísmico  $H_i$ , entendida como la susceptibilidad o posibilidad de que se presente un evento con una intensidad mayor o igual a “i” durante un periodo de exposición “t”, y conocida la vulnerabilidad  $V_e$ , entendida como la

predisposición intrínseca de un elemento expuesto “e” a ser afectado o de ser susceptible a sufrir una pérdida ante la ocurrencia de un evento con una intensidad “i”, el riesgo  $R_{ie}$  puede entenderse como la posibilidad de que se presente una pérdida sobre el elemento “e”, como consecuencia de la ocurrencia de un evento con una intensidad mayor o igual a “i”, ver la ecuación 2.

$$R_{ie} = (H_i, V_e) \quad (2)$$

Es decir, la posibilidad de exceder unas consecuencias sociales y económicas durante un periodo de tiempo “t” dado (González 2009).

### La posibilidad del riesgo complejo (multi-fenómeno)

Considerando los distintos análisis estadísticos realizados para el peligro sísmico, encontramos que, pese a que los sismos que se han registrado en la zona no son de magnitudes muy importantes, sí pueden generar procesos de remoción en masa, los que son muy frecuentes en la región por la saturación de las laderas y la deforestación en las mismas, así como daños en construcciones que se ven debilitadas por procesos de inundación a las que se exponen con mayor frecuencia (ver Figura 12). Lo anterior, incrementa el peligro en la zona y despoja la idea de peligro por un solo fenómeno natural y acentúa la idea de la concatenación de eventos como indicador del peligro.

Otro hecho que debemos considerar es la idea del riesgo extensivo e intensivo, el primero se refiere a fenómenos pequeños de magnitud pero que se

extienden en la cotidianidad del tiempo y el espacio, lo cual aparentemente los hace menos evidentes (este fenómeno) se relaciona con los daños en esta región cuando se habla de sismo por ejemplo, y el riesgo intensivo se da de manera amplia y en corto periodo de tiempo, ocasionando tantos daños que es evidente para todos, como el caso de las inundaciones y desgajamiento de ladera que dio origen a la ciudad rural Juan del Grijalva (Figura 13).

### Vulnerabilidad de los sistemas constructivos

Con la información que se obtuvo con un recorrido en campo en la zona desarrollado entre diciembre de 2010 y febrero del 2011 al analizar las construcciones con el método propuesto por la Escala Macrosísmica Europea, encontramos que las estructuras son de madera y mampostería sin refuerzo, lo cual las hace vulnerables ante fenómenos naturales, mayormente basadas en procesos de autoconstrucción y con un nivel de dispersión de poblaciones muy importante. Aunque existen proyectos menos vulnerables físicamente como se muestra en la Figura 13, sin embargo la vulnerabilidad física es un parámetro a considerar en la gestión del riesgo en la región.



**Figura 12.** Escuela inundada en el municipio de Ostucán, Chiapas, fotografía tomada en el mes de diciembre de 2010.



**Figura 13.** Ciudad rural Juan del Grijalva en el municipio de Ostucán, Chiapas, fotografía tomada en el mes de diciembre de 2010.

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El peligro sísmico en la región no está bien definido a causa de la carencia de estudios sismológicos, diversidad de fuentes sismogénicas y parámetros físicos (aceleración, velocidad, desplazamientos). La información disponible sobre el peligro sísmico en el norte del estado de Chiapas es escasa, debido a la falta de instrumentación o por estar concentrada en algunas regiones o ser manipulada por dependencias o instituciones que no la han divulgado o procesado para emplearse en el estado para el desarrollo de reglamentos, mapas de peligro, entre otros.

Asimismo, la insuficiencia de estaciones sísmicas en el estado de Chiapas no ha permitido determinar las características de propagación de las ondas en esta región, áreas de ruptura, contornos de esfuerzos en las placas, etc., por lo que sólo hay aproximaciones del peligro sísmico, como la desarrollada por los Institutos de Ingeniería y Geofísica de la UNAM

(Programa Peligro Sísmico en México, PSM) y el Instituto de Investigaciones Eléctricas de CFE para la actualización del peligro sísmico del país (Programa PRODISIS).

Los resultados muestran que aunque se esperan magnitudes sísmicas no importantes en la escala destructiva (hasta 5.5) o 150 gales aproximadamente, por ser sismos superficiales y considerando que existen construcciones a base de materiales muy débiles y con alto grado de vulnerabilidad, los daños que puedan sufrir durante fenómenos naturales como sismos, huracanes, ráfagas de vientos, serán importantes y deben tomarse medidas.

El peligro sísmico de la zona norte está regido por el peligro volcánico y por el fallamiento cortical de la región, adicionalmente que el periodo de retorno al que se esperan es muy alto.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen al Servicio Sismológico Nacional y al Dr. Carlos Valdés González del Instituto de Geofísica de la UNAM. Así como a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, a la Universidad Autónoma de Chiapas y a la Universidad Nacional Autónoma de México, por el apoyo, tiempo y facilidades otorgadas a los participantes del proyecto para realizar la investigación que se presenta.

## **REFERENCIAS**

Barrier E., Velasquillo L., Chávez M., Gaulon R. (1998). *Neotectonic evolution of Isthmus of Tehuantepec (Southern Mexico)*. Elsevier Science Tectonophysics. 287, 77-96.

Belén B., Molina E., Laín L. (2001). *Metodología para estudio de amenaza sísmica en Guatemala, aplicación al diseño sismoresistente*, Reporte de investigación, Guatemala.

Farreras S., Domínguez R., Gutiérrez C. (2005). Serie Fascículos: *Tsunamis*. Centro Nacional de Prevención de Desastres Naturales, México, D.F. Segunda impresión, 44 pág.

Figueroa J. (1973) *Sismicidad en Chiapas*, Instituto de Ingeniería de la UNAM, México, D.F.

Figueroa J., Lomnitz C., Dawson A., Meli R., Prince J. (1975). *Los sismos de julio a octubre de 1975*, Instituto de Ingeniería de la UNAM, México, D.F.

Gobierno del Estado de Chiapas. (2002). *Atlas Estatal de Riesgos*. Secretaria de Gobierno/Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 112 P.

González-Herrera R., Aguilar-Carboney J.A. y Gómez-Soberón C. (2008). *Nuevas tecnologías constructivas de vivienda en Chiapas*. Lacandonia revista de ciencias de la UNICACH, 62-64pp.

González Herrera R. (2009). *Los desastres naturales y sus costos*. Rodolfo Palacios Silva (Coordinador), "Estudios Ambientales y Riesgos Naturales, aportaciones al sureste de México", capítulo 1, págs. 14 a 42. ISBN 978-607-7510-13-0, Cuerpo Académico Estudios Ambientales y Riesgos Naturales, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Colección Jaguar, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Instituto de Protección Civil. (2003) *Atlas de riesgos del estado de Chiapas*, Protección civil y Gobierno del Estado, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Pardo M., Suárez G. (1995). *Shape of the subducted Rivera and Cocos plates in southern Mexico: Seismic and tectonic implication*, Journal of Geophysical Research, 100, 12357-12373.

PRODISIS. (2008). *Software Peligro Sísmico*, Instituto de Investigaciones Eléctricas de CFE, Cuernavaca, Morelos.

Ponce L., Gaulon R., Suarez G., Lomas E. (1992). *Geometry and state of stress of the downgoing Cocos plate in the Isthmus of Tehuantepec, Mexico*, Geophysical Research Letters, 19 (8) 773-776.

Rebollar C., Quintanar L., Yamamoto J., Uribe A. (1999). *Source process of the Chiapas, Mexico, Intermediate-Depth Earthquake of 21 October 1995*, Bulletin of the Seismological Society of America, 89 (2) 348-358.

Rodríguez M., Nava E., Domínguez T., Havskov J. (1985). *Informe de los sismos ocasionados durante la construcción de la presa Manuel Moreno Torres (Chicoasén)*, Instituto de Ingeniería de la UNAM, México, D.F.

Servicio Sismológico Nacional, SSN. (2011). Base de datos de sismos desde enero de 1974 y hasta octubre de 2010, Instituto de Ingeniería Geofísica de la UNAM, México, D.F. <http://www.ssn.unam.mx/>.

Servicio Sismológico Nacional, SSN. (2002). *Reporte del sismo de Chiapas del 16 de enero de 2002 (Magnitud 6.7)*, Instituto de Geofísica de la UNAM, México, D.F. <http://www.ssn.unam.mx/> consultado el 7 de abril de 2009.

Suárez G., Singh K. (1986). *Tectonic interpretation of the Trans Mexican Volcanic Belt Discussion*, Tectonophys, 127, 155-160.

---

Este documento debe citarse como: González-Herrera R., Aguilar-Carboney J. A., Mora-Chaparro, J. C., Palacios-Silva R. J., Figueroa-Gallegos J.A. (2012). **Análisis estadístico del peligro e inferencia del riesgo sísmico en el norte del estado de Chiapas**. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 16-1, pp 51-57, ISSN 1665-529-X.