

# **CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES**

**Sismicidad en el Estado de Hidalgo**

**Subdirección de Riesgos Sísmicos  
2017**

**Elaboró: Juan Carlos Jiménez Velázquez**

## Redes sismológicas del Servicio Sismológico Nacional

Actualmente, existen varias redes sismológicas registrando diariamente la actividad que ocurre en las diferentes zonas sismogénicas del país. El Servicio Sismológico Nacional (SSN) tiene como objetivo principal: el proporcionar información oportuna sobre la ocurrencia de sismos en el territorio nacional y determinar sus principales parámetros como son la magnitud y el epicentro. De igual manera, el SSN se encarga de proporcionar la información necesaria para mejorar nuestra capacidad de evaluar y prevenir el riesgo sísmico y volcánico a nivel nacional.

Actualmente, el SSN cuenta con cerca de 50 equipos para el registro de temblores, organizado en diferentes subredes:

Esta red está formada por 15 estaciones telemétricas distribuidas dentro del territorio nacional que envían su señal en tiempo real directamente a la Estación Central localizada en el IGF de la UNAM.

La mayoría de los equipos utilizados son sensores verticales de periodo corto (1 s) y algunos de periodo largo. La transmisión de los datos se realiza en tiempo real a través de la red de microondas de TELECOMM y llegan al SSN a través de líneas telefónicas privadas. Además de la red telemétrica, el SSN cuenta actualmente con 7 estaciones que operan en forma autónoma grabando "*in situ*" las señales sísmicas sobre papel. La adquisición y procesamiento de los datos sísmicos se realizan mediante las computadoras personales de tipo PC.

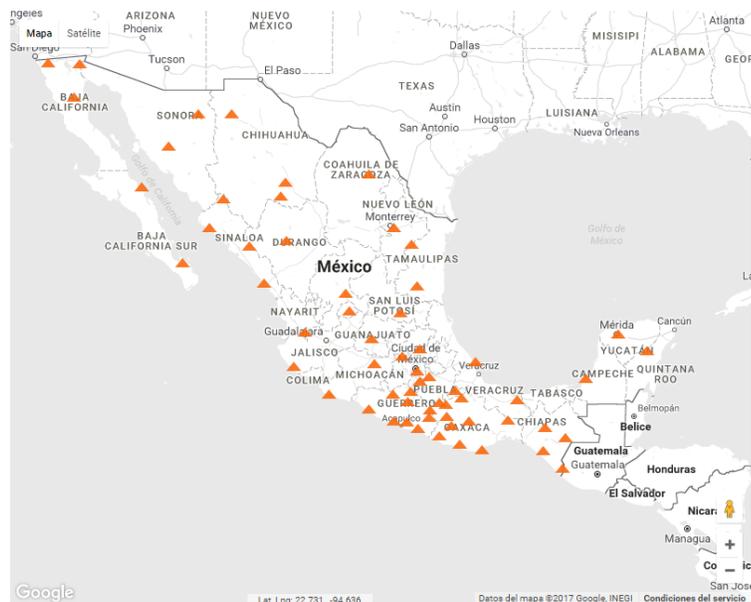


Figura 1. Distribución de la Red Sismológica de Banda Ancha a lo largo del territorio nacional.



Figura 2. Distribución de la Red Sismológica de Banda Ancha en el estado de Hidalgo y alrededores.

### Sismos fuertes en la República Mexicana

En la base mexicana de sismos fuertes, como puede observarse en la figura 1, no se ha presentado ningún sismo fuerte en el estado de Hidalgo, sin embargo, no significa que sea una zona de interés en la sismicidad histórica del país debido a la zona en la que se encuentra geográficamente.

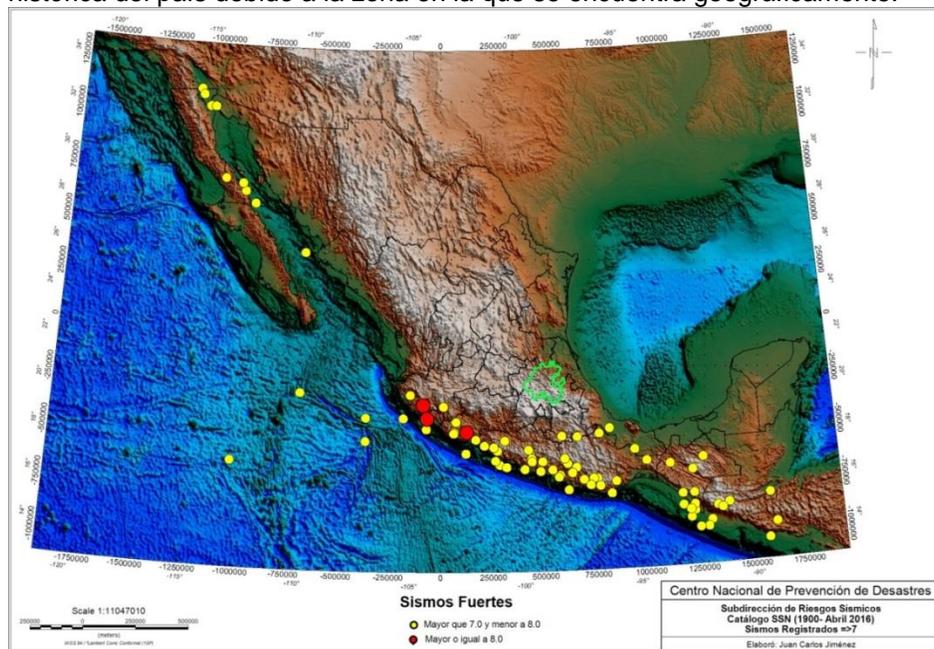


Figura 3. Sismos fuertes.

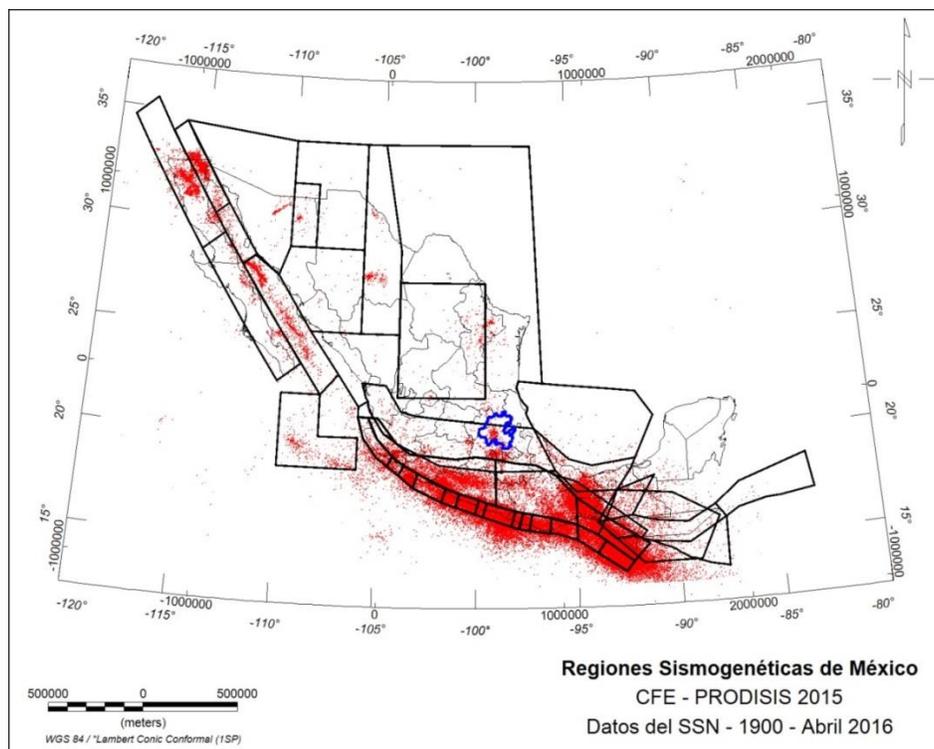


Figura 4. Sismicidad histórica de la República Mexicana, del catálogo del SSN desde 1900 y hasta abril 2016, en donde también se observan las regiones sismogenéticas.

Como se puede apreciar en la figura en esta zona existe actividad sísmica de consideración, no se trata de una zona que pueda considerarse asísmica. Por lo que, tomando en cuenta: la creciente población en esta amplia

región, su cercanía a importantes centros de población e industriales, así como a diversas obras de infraestructura (de comunicaciones, hidráulicas, energéticas, sanidad, etc.) dentro y en las cercanías de esta área; sería deseable conocer el potencial sísmico de esta zona.

### Catálogo del Servicio Sismológico Nacional

El Servicio Sismológico Nacional, compartió al CENAPRED, su catálogo de los sismos históricos de la República Mexicana desde el año 1900 y hasta abril 2016, de donde se utilizaron los datos para la realización de este informe para el análisis de la sismicidad del estado de Hidalgo.

Como puede observarse en la tabla uno, del catálogo mencionado, hay un total de 252 eventos, pero algunos con magnitud cero, lo cual modifica la media en la magnitud media del total de estos eventos localizados.

Tabla 1. Catálogo del SSN sin depurar.

	No. Eventos	Máximo	Mínimo	Mean
Magnitud	252	5.1	0	2.199
Profundidad	252	100	0	11.93

Se realizó una grafico individual de magnitud y profundidad de la totalidad del catálogo del SSN, con los datos ordenados por tiempo (figura 5) y por magnitud (figura 6).

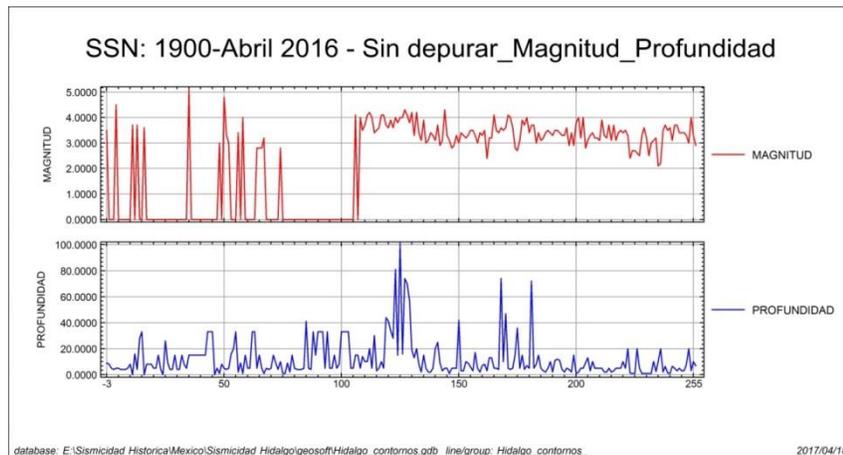


Figura 5. Datos del SSN sin depurar y ordenados por fecha o tiempo.

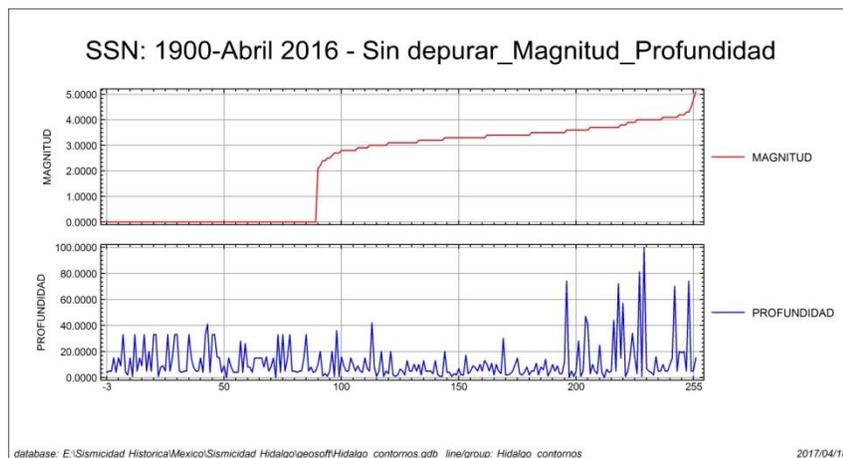


Figura 6. Datos del SSN sin depurar pero ordenados por magnitud.

Como puede observarse en la figura 5, a partir de 1988 ya no hay magnitudes de cero, lo que podría significar que posiblemente cercano a ese año aumento la red sísmica aledaña al estado de Hidalgo o bien en esa región de la República Mexicana, o tal vez en ese año instalaron la única estación que tiene el SSN.

Tabla 2. Catálogo del SSN depurado sin valores de magnitud cero.

	No. Eventos	Máximo	Mínimo	Mean
Magnitud	162	5.1	2.1	3.42
Profundidad	162	100	0	11.28

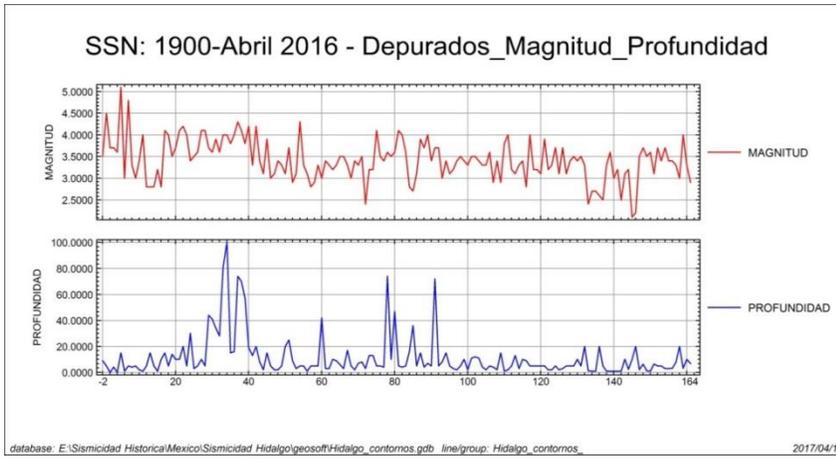


Figura 7. Datos del SSN depurados por magnitud cero y ordenados por tiempo.

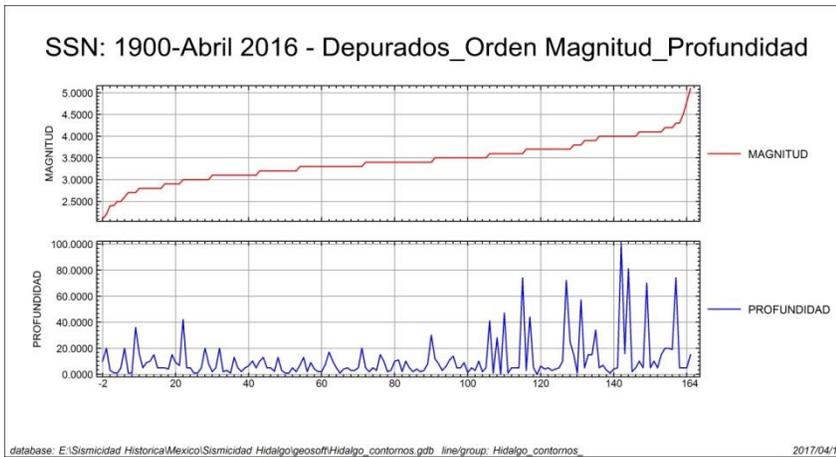


Figura 8. Datos del SSN depurados por magnitud cero y ordenados también por magnitud.

Hay que considerar que el hecho de que haya sismos de cero, podría ser que sean muy pequeños e incluso negativos, también considerando que había poca instrumentación antes de 1988.

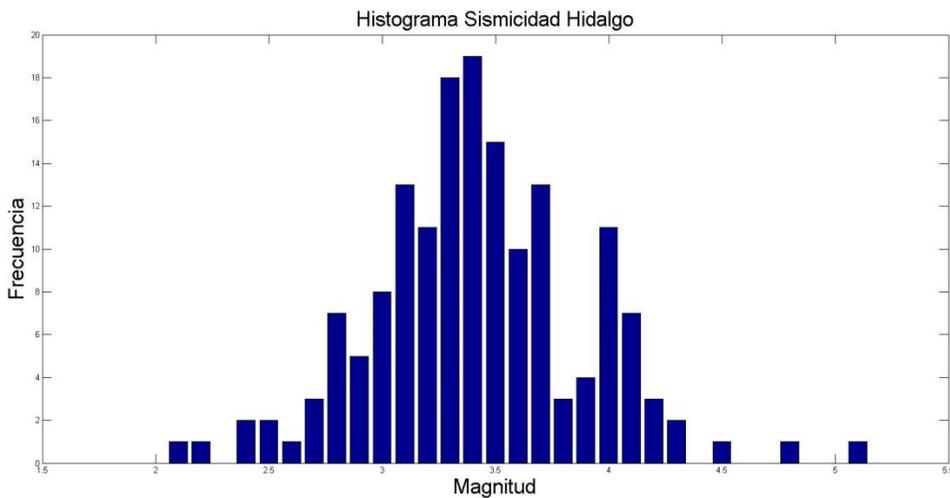


Figura. Histograma de la sismicidad del estado de Hidalgo, con los datos depurados sin magnitud cero.

### Localización de eventos sísmicos del catálogo del SSN

Se realizaron una serie de mapas con diferentes rangos en los resultados de las localizaciones de los datos del catálogo de eventos sísmicos del SSN, por magnitud y profundidad.

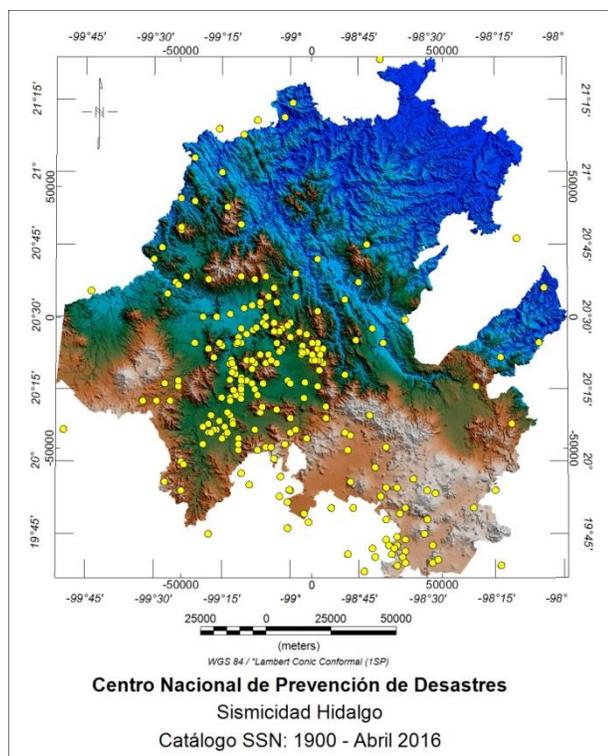


Figura 9. Mapa de Hidalgo, con el total de eventos localizados del SSN.

Como puede verse en el mapa con las localizaciones de los datos completos y sin depurar, se nota una tendencia de eventos en dirección SE-NW, y esto es en la misma dirección de los rasgos geomorfológicos mayores accidentados y en donde se presenta mayor elevación topográfica y esto es más al sur y centro del estado en cuestión, no obstante, esta base de datos contiene datos con magnitud cero.

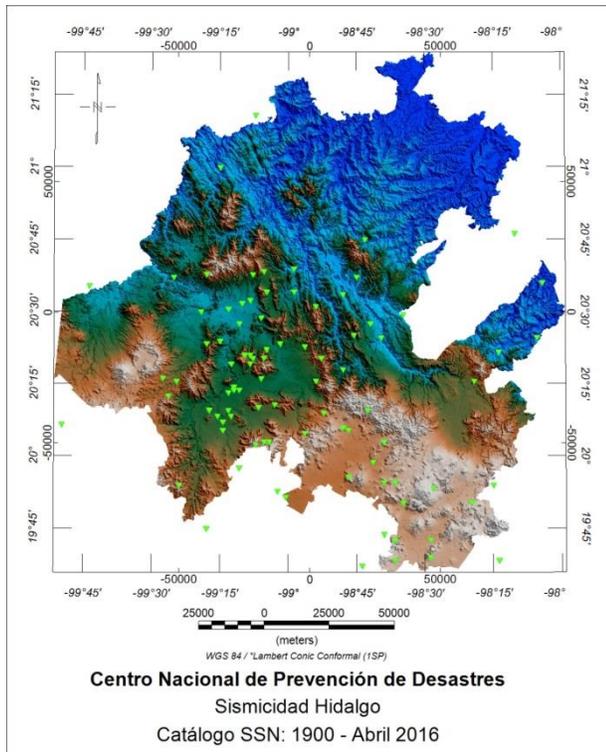


Figura 10. Mapa del estado de Hidalgo, con el total de localización de sismos de magnitud cero.

En el mapa con localizaciones de eventos de magnitud cero, se observa que los eventos con dicha magnitud tienen localizaciones muy dispersas y ligeramente fuera de la tendencia predominante en algunos casos, siendo varios eventos (162).

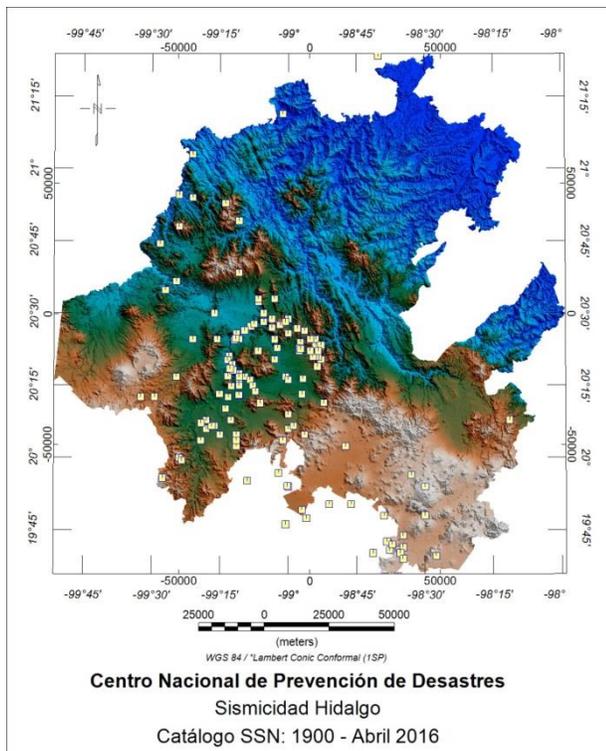


Figura 11. Mapa del estado de Hidalgo, con localizaciones de sismos con magnitud entre 2 y 4.

Depurando el catálogo de magnitudes con valor cero, el sismo de menor magnitud es de 2.1 y con un total de 136 eventos entre este rango de magnitudes (2-4). Como puede observarse en el mapa,

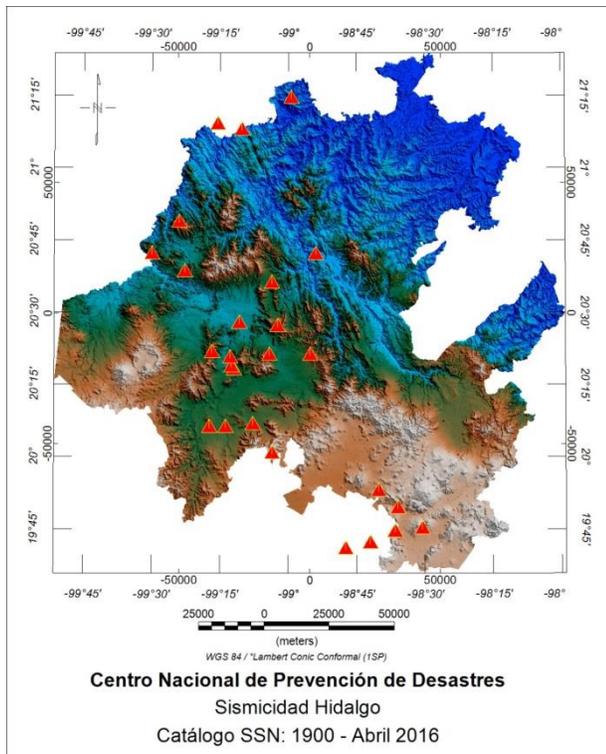


Figura 12. Mapa del estado de Hidalgo, con localizaciones de sismos mayores a 4.0. Para eventos con magnitudes a 4, se tienen un total de 26 eventos, pero estos mismos están dentro de la zona de la tendencia predominante de la sismicidad.

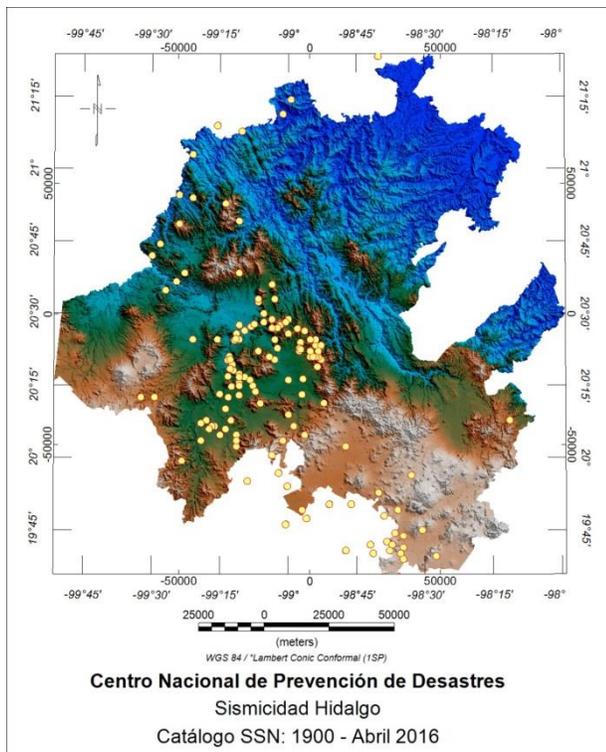


Figura 13. Mapa del estado de Hidalgo, con localizaciones de sismos después de 1988.

Para eventos con sismos que se han presentado después del año 1998, se tienen un total de 144 eventos sísmicos y en donde se puede observar que los eventos se localizan en la zona más accidentada geomorfológicamente y con mediana altitud topográfica del estado.

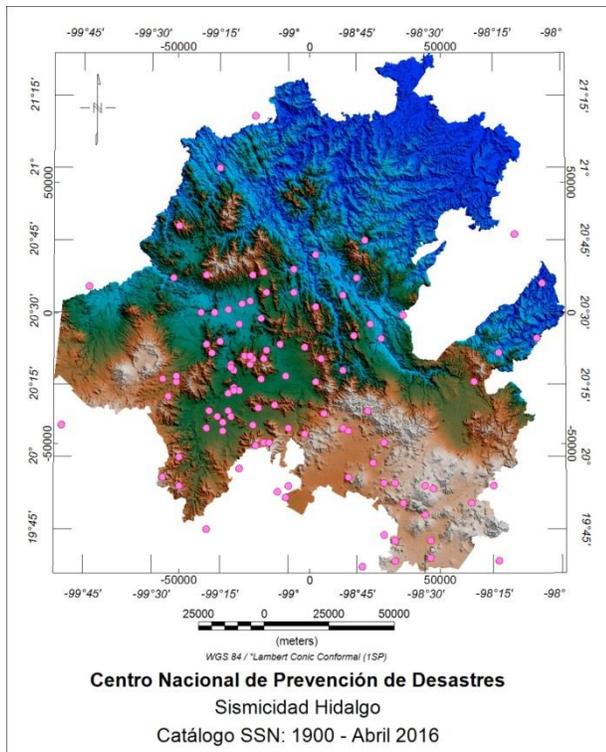


Figura 14. Mapa del estado de Hidalgo, con localizaciones de sismos antes de 1988.

Para eventos con sismos que se han presentado antes del año 1998, se tienen un total de 108 eventos sísmicos y en donde se puede observar que los eventos se localizan de manera más dispersa tanto en la zona más accidentada geomorfológicamente y con mediana altitud topográfica, como en la zona que está fuera del dominio en donde predomina la sismicidad del estado. Esto es, también porque hay muchos eventos con magnitudes con valor cero.

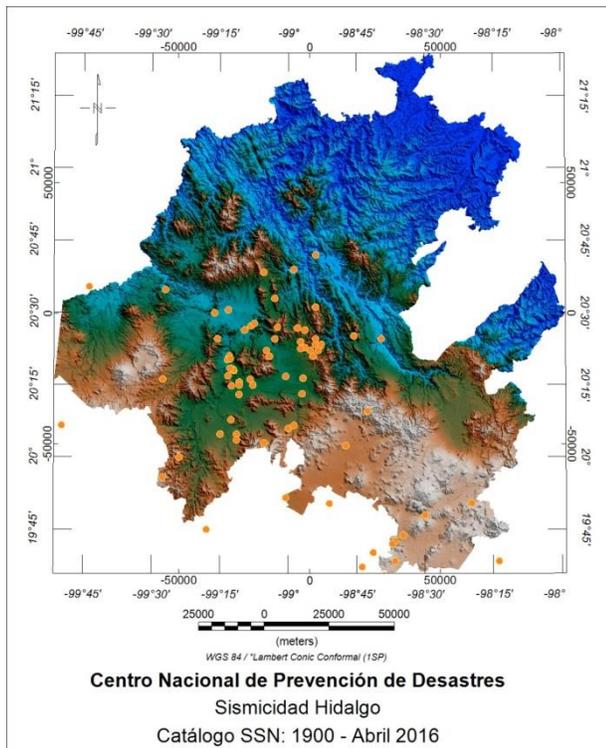


Figura 15. Mapa del estado de Hidalgo, con localizaciones de sismos con profundidad entre 0 y 5 km.

De acuerdo a las profundidades de las localizaciones entre 0 y 5 km de profundidad, se tienen 72 eventos sísmicos.

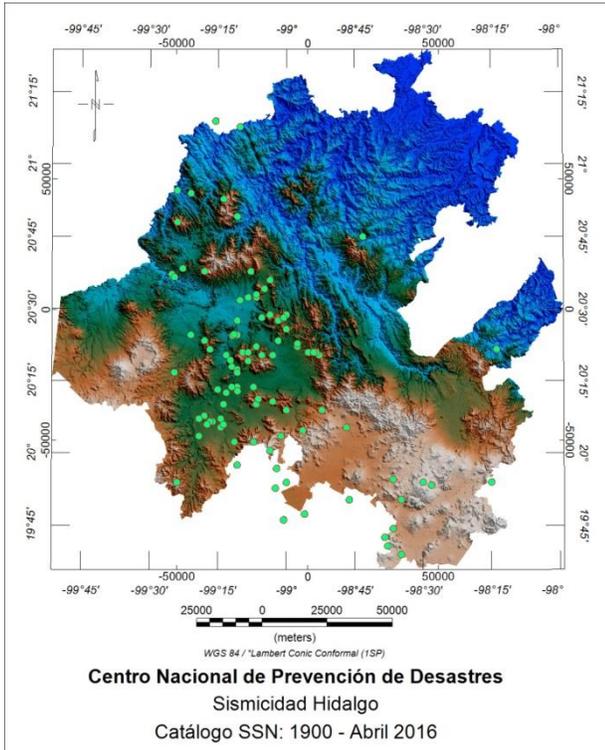


Figura 16. Mapa del estado de Hidalgo, con localizaciones de sismos con profundidad entre 5 y 12 km.

De acuerdo a las profundidades de las localizaciones entre 5 y 12 km de profundidad, se tienen 101 eventos sísmicos.

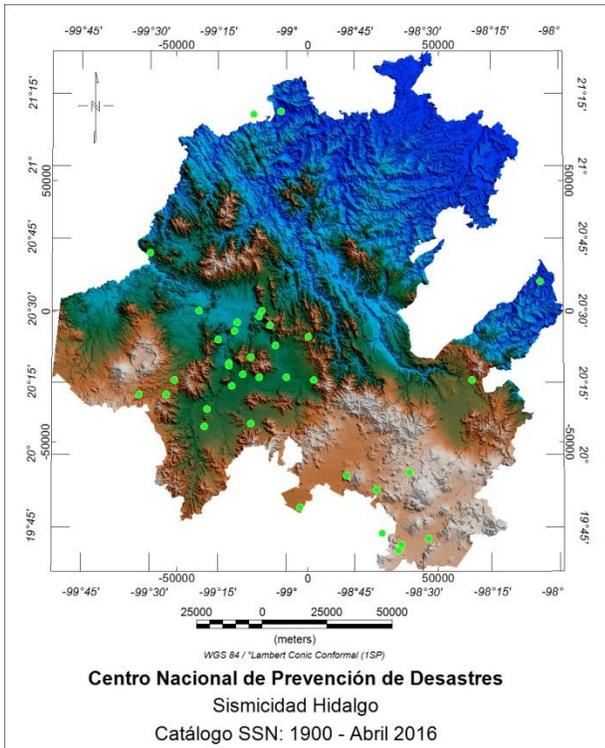


Figura 17. Mapa del estado de Hidalgo, con localizaciones de sismos con profundidades entre 12-20 km.

De acuerdo a las profundidades de las localizaciones entre 5 y 12 km de profundidad, se tienen 36 eventos sísmicos.

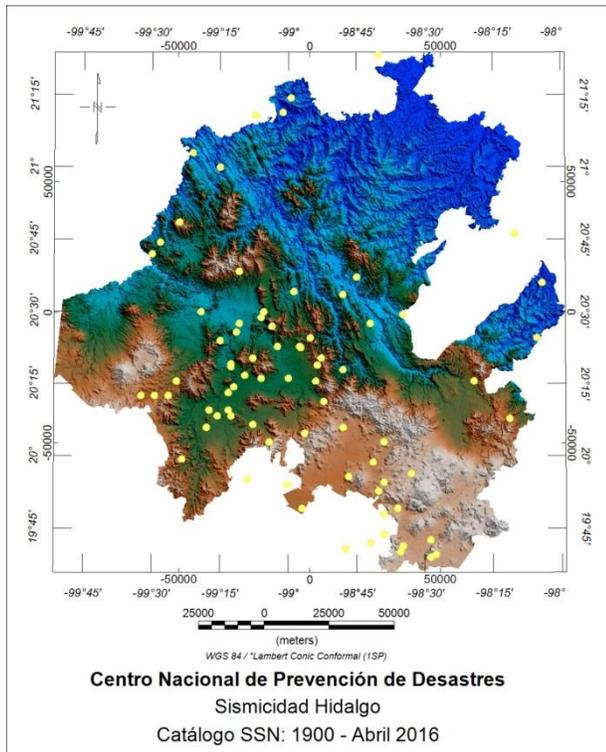


Figura18. Mapa del estado de Hidalgo, con localizaciones de sismos con profundidades mayores a 12 km.

De acuerdo a las profundidades de las localizaciones mayores a 12 km de profundidad, se tienen 79 eventos sísmicos.

De acuerdo a las profundidades de las localizaciones mayores a 20 km de profundidad, se tienen 43 eventos sísmicos.

### Estudio de Magnetometría Terrestre

Para un análisis más específico de las posibles fuentes que producen la sismicidad en el estado de Hidalgo, se realizó un análisis de un estudio magnético, a partir de un raster de intensidad magnética total (IMT) obtenido del DAP de geosoft, que es de uso libre o de dominio público.

### Mapa de Intensidad Magnética Total (IMT)

En el mapa de IMT se observan dos respuestas magnéticas de alta magnitud considerando siempre que se trata de anomalías dipolares sin todavía llegar a una interpretación definitiva en este tipo de mapas a menos que nos encontráramos en el ecuador o en el polo magnético.

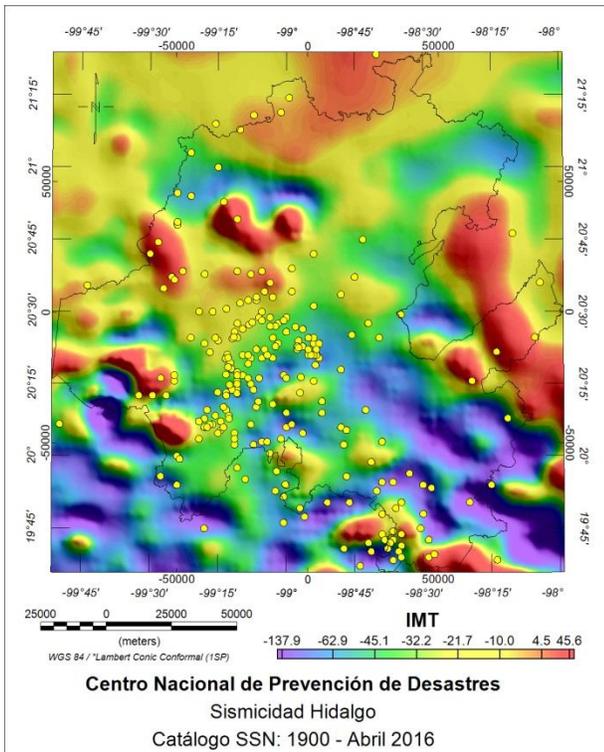


Figura 19. Mapa de IMT, con localización de eventos sísmicos completos.

### Mapa de Reducción al Polo (RTP)

El método de reducción al polo (RTP por sus siglas en inglés, tiene como objetivo facilitar la comprensión de los mapas magnéticos, ubicando las anomalías exactamente sobre las fuentes que las producen. El mapa calculado es un mapa magnético reducido al polo y es producto de un procesamiento de datos que recalcula los datos de intensidad de campo magnético total simulando que son afectados por un vector de intensidad magnética con una inclinación magnética igual a 90 grados. Este proceso transforma anomalías dipolares en anomalías monopolares, centradas directamente sobre los cuerpos que las originan, simplificando la interpretación de los datos.

Debe tenerse en cuenta que el algoritmo de RTP asume que la magnetización y el campo regional son uniformes a lo largo del área de estudio. Además de la suposición de que el vector de magnetización es paralelo al vector del campo magnético de la tierra. Esto solo se cumple cuando en las rocas solamente hay magnetización inducida, sin embargo la magnetización remanente no será tratada correctamente si la dirección de la remanencia es diferente a la del campo magnético regional.

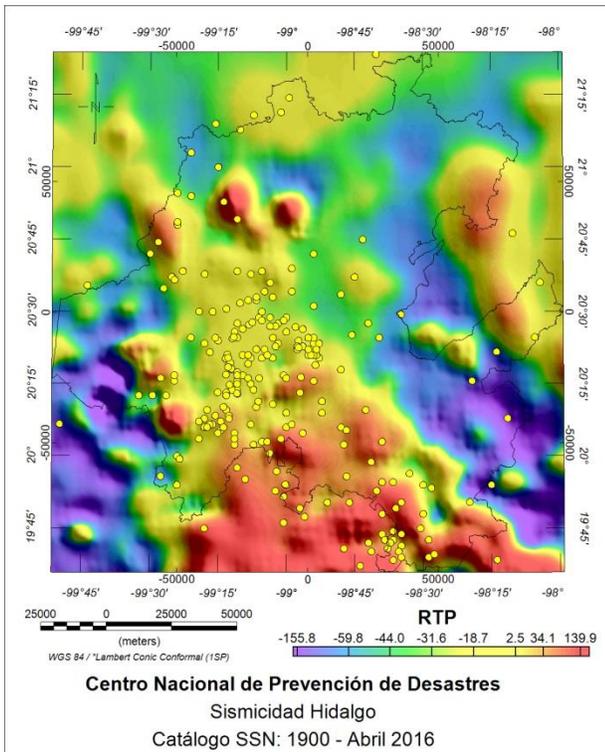


Figura 20. Mapa de RTP, con localización de eventos sísmicos completos.

### Mapa Residual Magnético

En este mapa se elimina el efecto regional y nos proporciona la respuesta de materiales o depósitos con contenido de ferromagnesianos o bien, de posible presencia de rocas básicas relativamente superficiales. Se utilizó una tenencia polinomial de 3er orden.

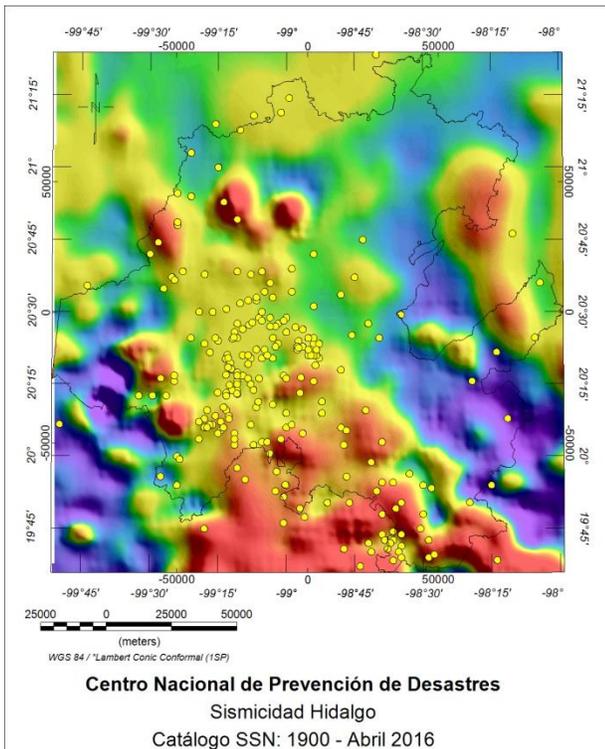


Figura 21. Residual a partir de un polinomio de tercer orden y a partir de los datos de RTP.

Como puede observarse, el mapa residual es idéntico al mapa de RTP, esto significa que los rasgos de anomalías monopolares son muy superficiales al no verse un cambio significativo en este mapa.

### Mapa Regional Magnético

La anomalía encontrada en el mapa de RTP al sur del mapa continúa en este mapa, lo que indica que el cuerpo asociado a esta fuente es relativamente somero y discontinuo en profundidad. Así mismo la estructura que se encontró en el lado este del mapa anterior desaparece parcialmente en este mapa, esto significa que ese cuerpo es profundo hacia el norte.

Para el regional, se realizaron cortes en profundidad para un análisis de lo que superficialmente en profundidad es la fuente de la distribución de esfuerzos que causan la sismicidad en el área predominante y que se observa en planta, sin embargo hay que considerar que la profundidad en donde predominan la sismicidad esta por los 11 km.

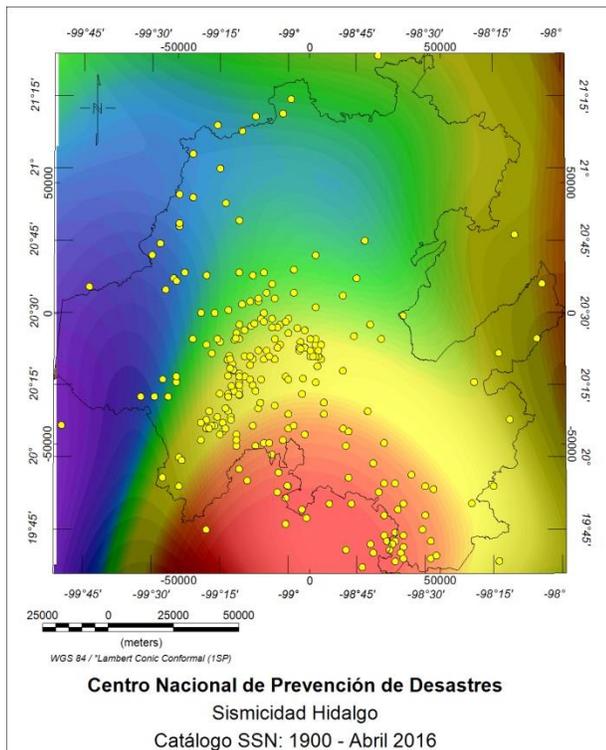


Figura 22. Mapa de regional a partir de RTP, 500 m, con localización de eventos sísmicos completos.

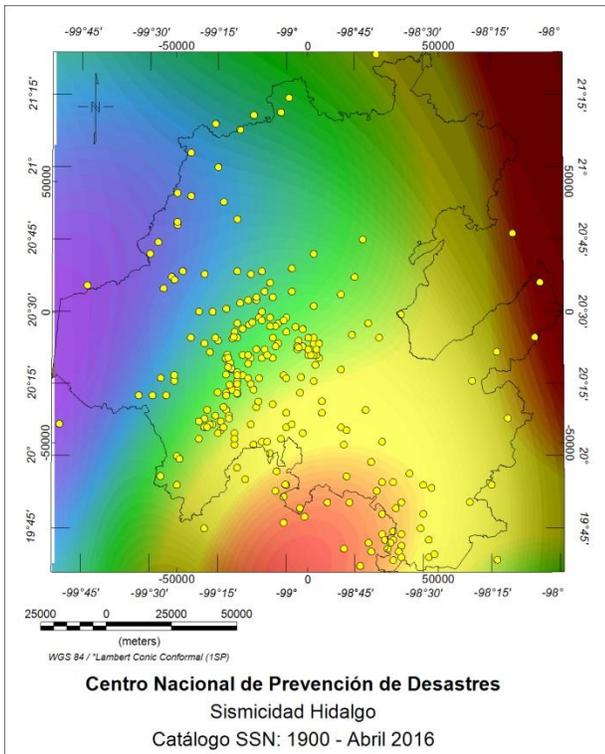


Figura 23. Mapa de regional a partir de RTP, 1 km, con localización de eventos sísmicos completos.

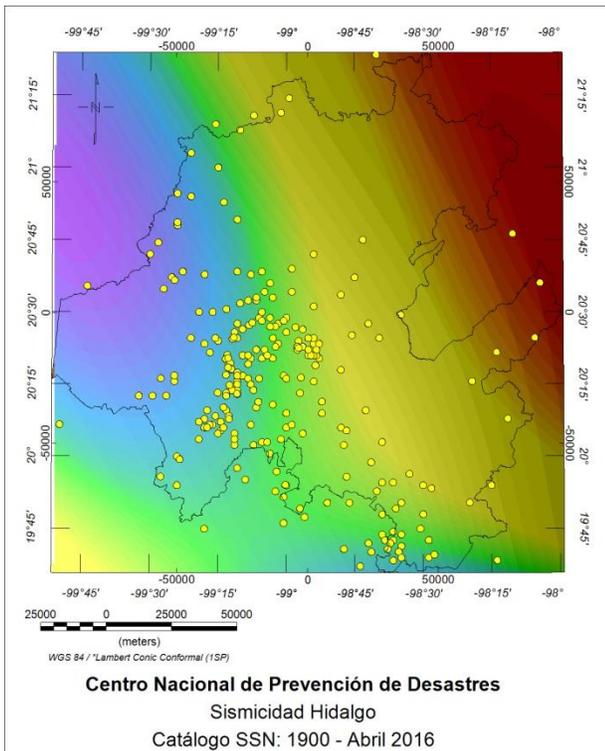


Figura 24. Mapa de regional a partir de RTP, 2 km, con localización de eventos sísmicos completos.

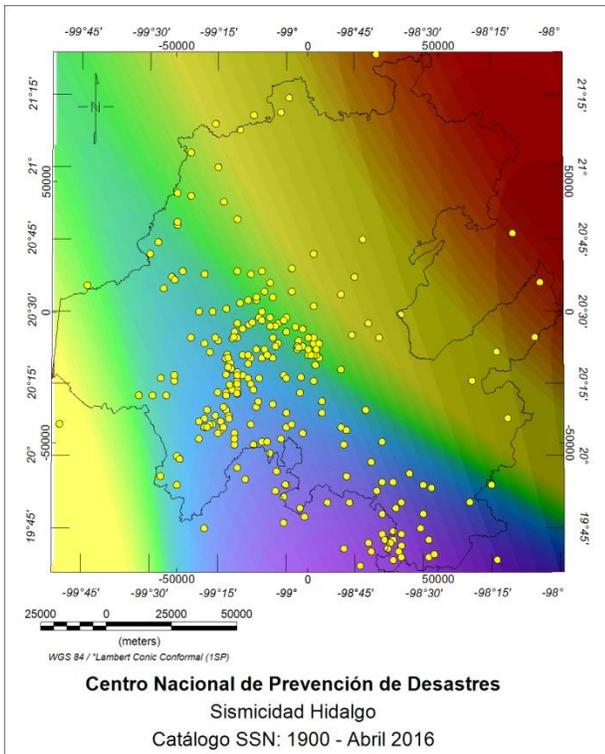


Figura 25. Mapa de regional a partir de RTP, 3 km, con localización de eventos sísmicos completos.

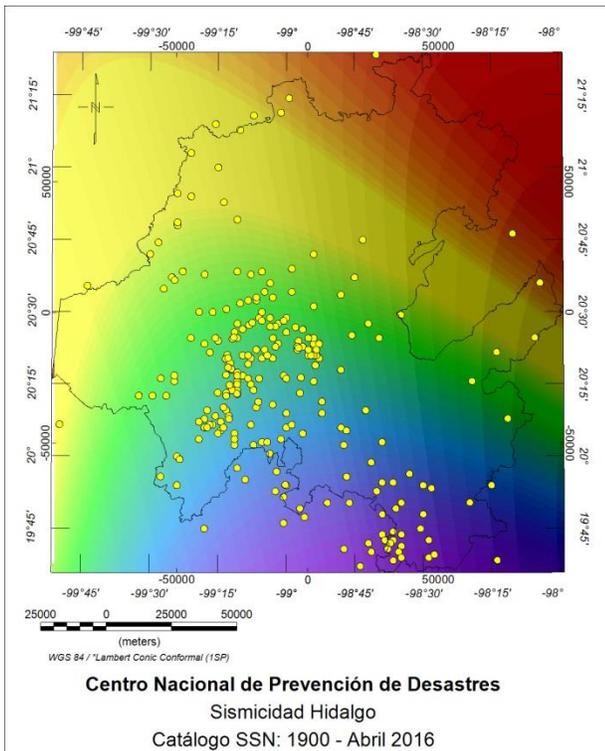


Figura 26. Mapa de regional a partir de RTP, 4 km, con localización de eventos sísmicos completos.

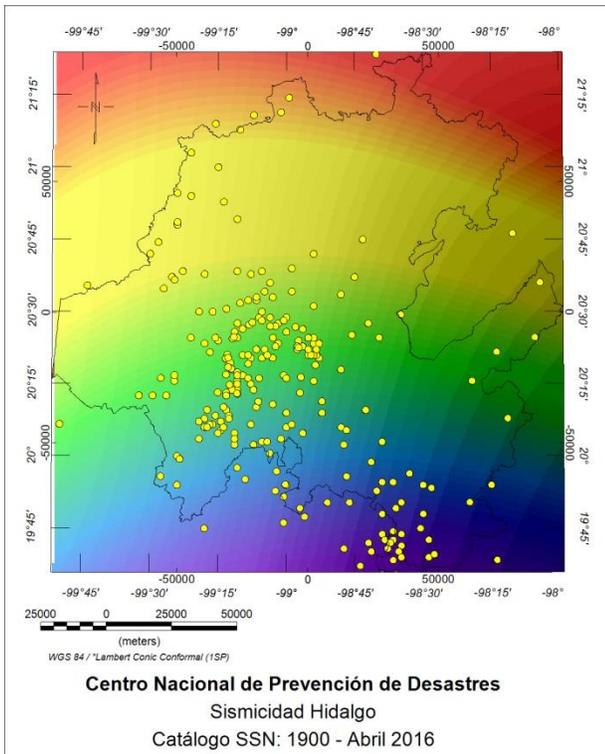


Figura 27. Mapa de regional a partir de RTP, 5 km, con localización de eventos sísmicos completos.

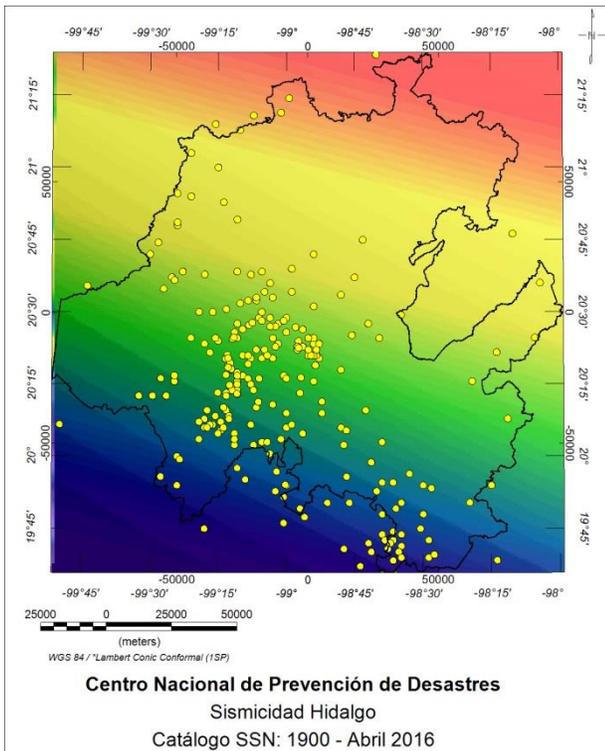


Figura 28. Mapa de regional a partir de RTP, 12 km, con localización de eventos sísmicos completos.

### Mapa de Primera Derivada Vertical

Realza anomalías de corta longitud de onda y suprime las de mayor longitud, que corresponden a la componente regional de los datos magnéticos, permitiendo analizar las respuestas de cuerpos relativamente pequeños emplazados a poca profundidad. Así mismo, en términos generales, acentúan las anomalías de alta

frecuencia generadas por cuerpos someros, que quedan generalmente enmascaradas por efectos regionales que son debidas generalmente a fuentes más profundas.

Se aprecian en forma discontinua algunos máximos y los mínimos sobre la malla de primera derivada vertical, que nos marcan el punto de inflexión en la malla original con lo cual nos están indicando donde se produce el contacto entre cuerpos superficiales con alto contraste de *magnetización* [= (susceptibilidad magnética) x (campo geomagnético)], permitiendo analizar las respuestas de cuerpos relativamente pequeños emplazados a poca profundidad, así como de zonas de cizalla, es decir, que resalta las unidades geológicas someras con respecto a las más profundas y produce un realce de los rasgos estructurales. Por lo tanto, debe aplicarse un filtro pasa-bajos para remover el ruido de número de onda alto.

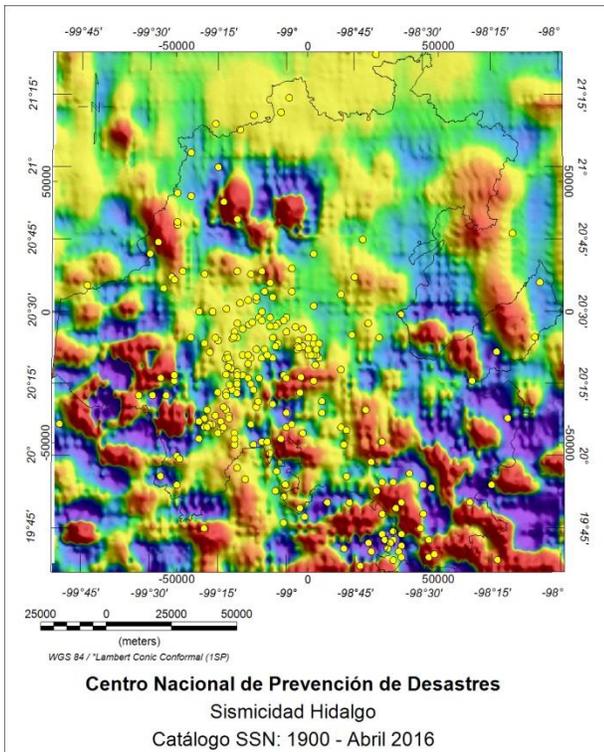


Figura 29. Mapa de primera derivada vertical a partir de una tendencia polinomial de tercer orden a partir de RTP, con localización de eventos sísmicos completos.

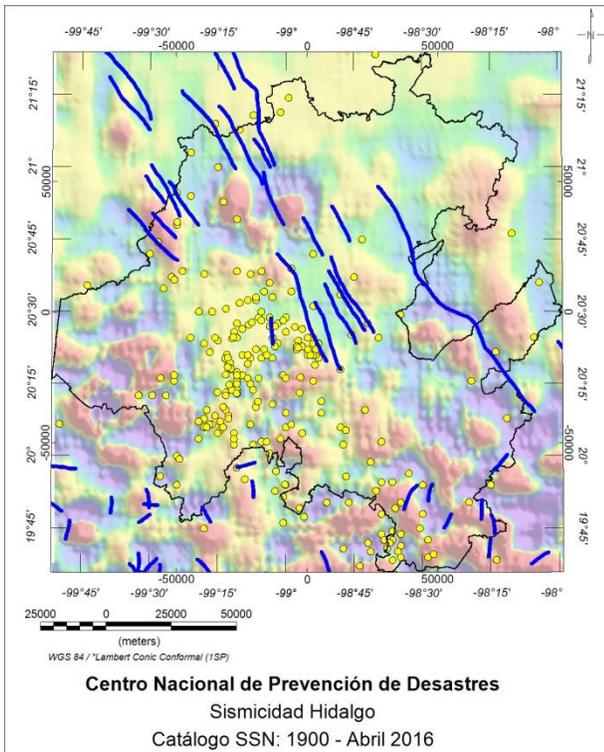


Figura 30. Mapa de primera derivada con fallas y fracturas del INEGI y con localización de eventos sísmicos completos.

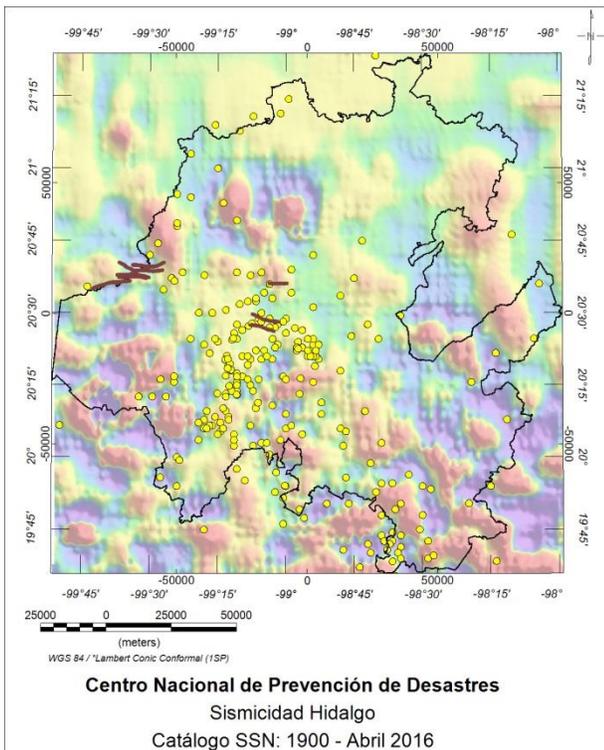


Figura 31. Mapa de primera derivada con fallas tipo C y con localización de eventos sísmicos completos.

En los mapas de primera derivada se ve una fábrica estructural pero muy heterogénea, con cierta tendencia, misma que predomina la sismicidad, esto es, SE-NW.

### Mapa de Señal Analítica

El mapa de señal analítica resalta los gradientes magnéticos de la zona sin importar el vector de magnetización y ni la latitud, así mismo resalta los bordes de las zonas de contienen los bordes con contenido principal de materiales ferromagnesianos.

En el mapa se puede observar que la zona de sismicidad o bien en donde caen los eventos, no existe ningún gradiente, lo que indica que es una zona de debilidad con baja resistencia al corte y con material débil, encajonado entre materiales más competentes y con gran competencia debido a que seguramente la vertiente de inclusiones fluidas de material ígneo intrusivo provocó fracturamiento pero a su alrededor, y así mismo provocando eventos posteriores que generaron deposición de material pero que provocó un magnetismo remanente secundario por material singenético para que los esfuerzos principales que seguramente debieron ser verticales provocaran una falla principal en esa zona.

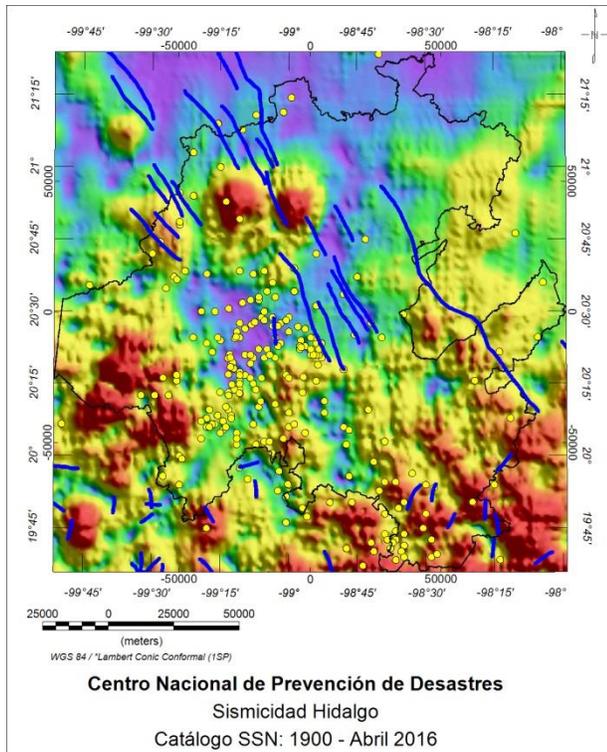
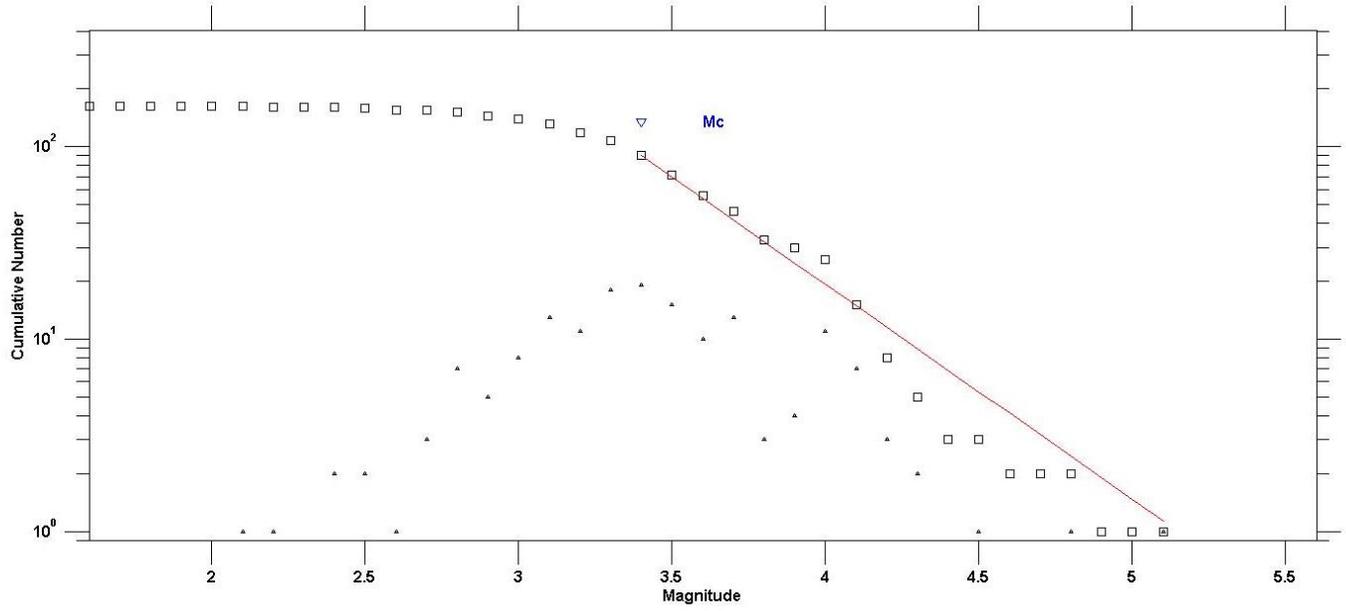
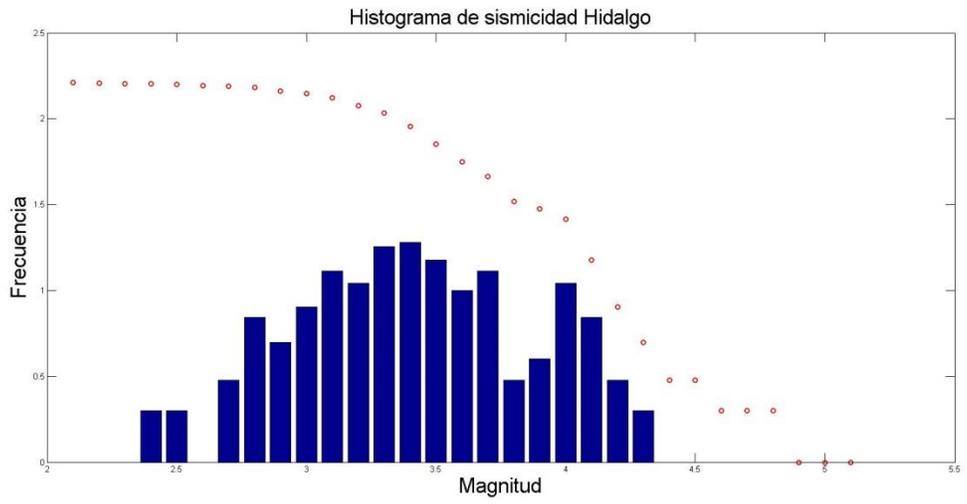


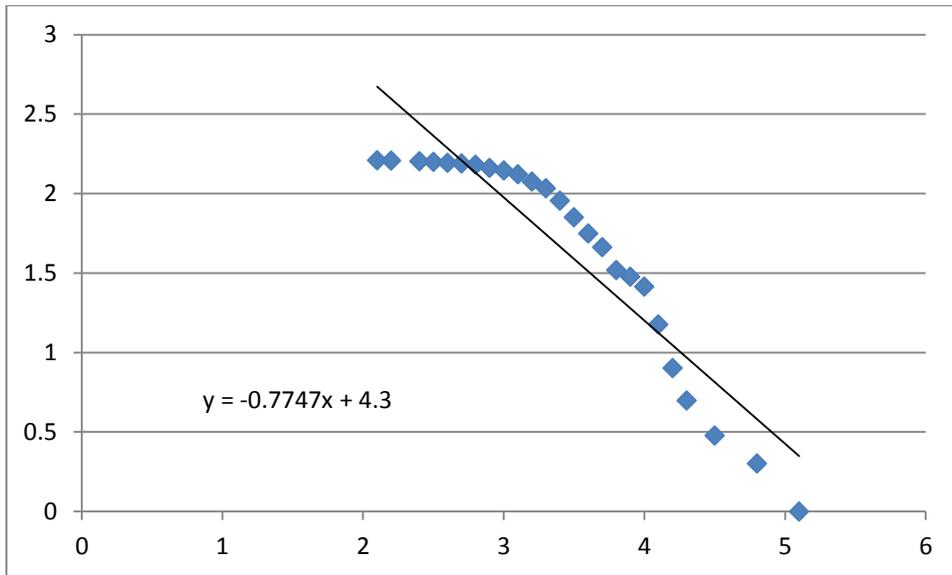
Figura 32. Mapa de señal analítica a partir de RTP con fallas y fracturas del INEGI y con localización de eventos sísmicos completos.

De acuerdo al mapa regional hasta 12 km, aparentemente la zona geomorfológicamente más alta y accidentada y en donde se presenta la zona en donde predominan la sismicidad, en profundidad se trata de un cuerpo denso pero sin contenido de ferromagnesianos y como se puede ver en los demás mapas, el cuerpo anómalo que está al NE parte desde zonas más superficiales y continua hasta esa profundidad, siendo un cuerpo aparentemente básico y que compite con el otro cuerpo que está al SW.

De acuerdo al mapa de señal analítica, que fue realizado a partir de reducción al polo, se puede apreciar que los gradientes debidos a ferromagnesianos, se encuentran en los alrededores a la zona en donde predomina la sismicidad, pero que está asociado a las zonas de posible mineralización de fuentes hidrotermales pero muy superficiales.



Maximum Likelihood Solution  
 b-value = 1.12 +/- 0.1, a value = 5.75, a value (annual) = 4.17  
 Magnitude of Completeness = 3.4



### Conclusiones

En vista de que el valor  $b$  obtenido es 1.12, obtenido por el método de máxima curvatura, es relativamente alto, significa que predomina el número de terremotos de pequeña magnitud o de magnitud media considerando el mayor de los mayores y el menor de los menores, lo que indica que es una región con poca resistencia en los materiales en profundidades que oscilan entre los 9 y 11 km.

## **Bibliografía consultada**

García Acosta V. y Suarez Reynoso G (1996). Los sismos en la historia de México. Ediciones Científicas Universitarias. Universidad Nacional Autónoma de México. Tomo I, pág. 718

Quintanar, L., Rodríguez-González, M. y Campos-Enríquez, O. (2004). A shallow crustal earthquake doublet from the Trans-Mexican Volcanic Belt (Central Mexico). Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 94, No. 3, pp 845-855.

Suter, M., Carrillo-Martínez, M. y Quintero-Legorreta, O. (1996). Macroseismic study of shallow earthquakes in the central and Eastern parts of the Trans-Mexican Volcanic Belt, Mexico. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 86, No. 6, pp 1952-1963.

Servicio Sismológico Nacional (SSN), (2010). Reporte: Secuencia de Sismos en Hidalgo, Mayo 2010. Servicio Sismológico Nacional. Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México. Mayo 2010.

Servicio Sismológico Nacional (SSN), (2013). Reporte: Secuencia de Sismos en el Estado de Hidalgo, Septiembre, 2013. Servicio Sismológico Nacional. Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México. Septiembre 2013.

Soto Peredo, J., (2012). Sismicidad en el Estado de Hidalgo durante 1997-2010. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis de Licenciatura.

Páginas de internet consultadas.

Servicio Sismológico Nacional: <http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/>

Servicio Geológico de los Estados Unidos: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>