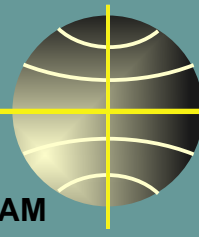




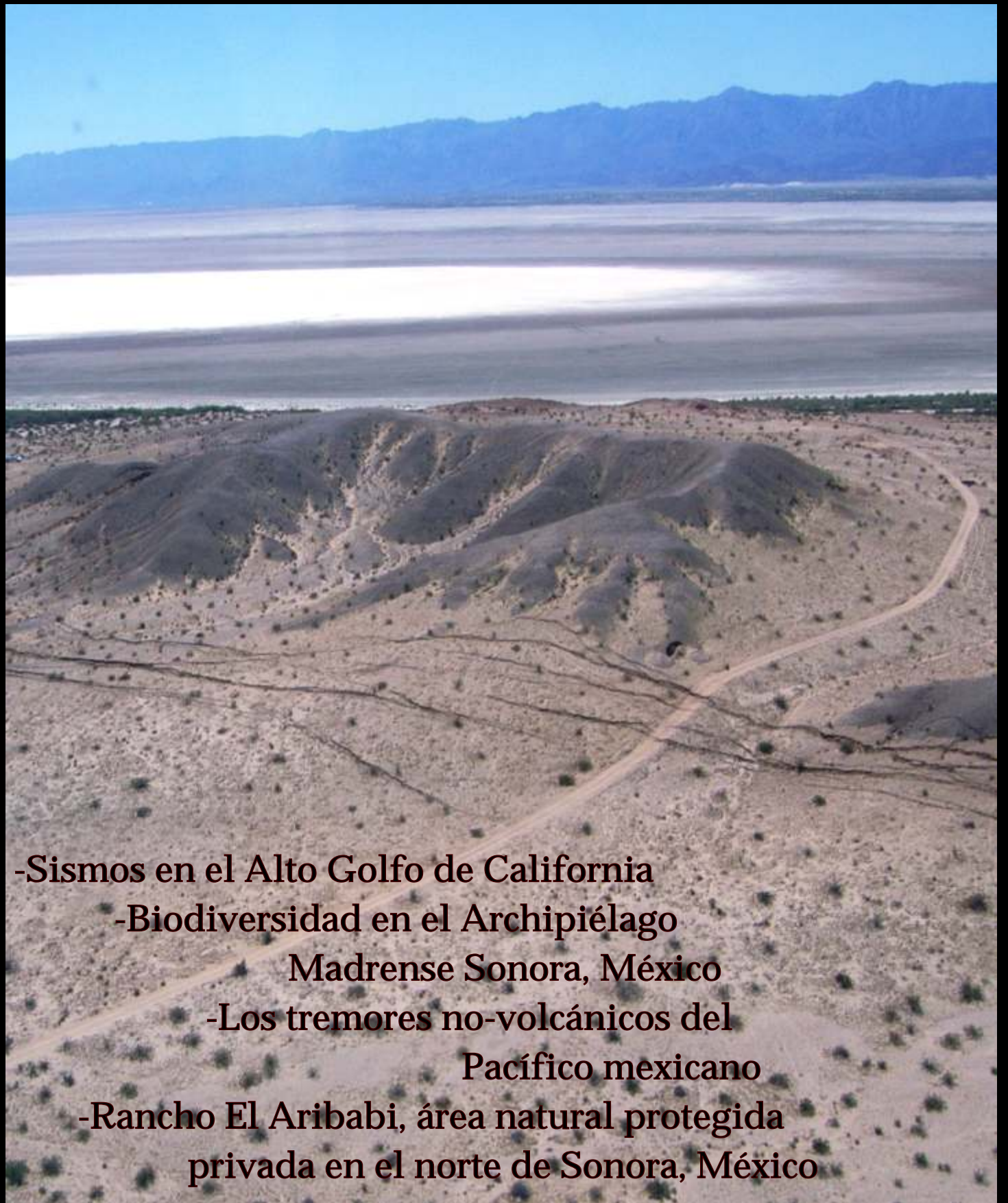
NUESTRA



TIERRA

Órgano de difusión de la
Estación Regional del Noroeste, UNAM

Número 15
30 de Junio de 2011
Hermosillo, Sonora, México



- Sismos en el Alto Golfo de California
- Biodiversidad en el Archipiélago
Madrense Sonora, México
- Los tremores no-volcánicos del
Pacífico mexicano
- Rancho El Aribabi, área natural protegida
privada en el norte de Sonora, México



Editorial

En el mes de marzo de este año, el mundo se conmocionó con la catástrofe sufrida en Japón a raíz de los terremotos y consecuentes tsunamis que asolaron la costa noreste de dicho país. En el mundo se sienten cada mes entre 15 y 20 terremotos fuertes, de magnitud superior a 6 en la escala de Richter, con efectos destructivos en la población, pero normalmente tenemos noticia solo de los más próximos o bien los de más drásticas consecuencias y más mortales. Para quienes vivimos en regiones tectónicamente activas como México, es relevante conocer algunos aspectos básicos de la sismicidad. Presentamos en estas páginas dos artículos sobre este tema: uno de ellos se enfoca en los sismos del Alto Golfo de California, con énfasis en el sismo de magnitud 7.2 de abril de 2010 en la región de Mexicali; el otro, en pequeñas e inofensivas vibraciones de la corteza terrestre denominadas tremores no volcánicos.

Los otros dos artículos se centran en el tema de la conservación de la biodiversidad en nuestra región, con incidencia en las sierras del noreste del estado. La biología de la conservación surgió en la comunidad científica en la década de 1980, como respuesta a una crisis de pérdida de biodiversidad, misma que se mantiene hasta la actualidad. Hoy la conservación se sustenta en la investigación científica que inicia, particularmente en áreas naturales protegidas, con el conocimiento de la biodiversidad de dichas áreas, como se ilustra a continuación.

Ma. Cristina Peñalba, Editora

Contenido

Editorial	2
Sismos en el alto Golfo de California: tres ejemplos recientes (Joann M. Stock)	3
Biodiversidad en El Archipiélago Madreño de Sonora, México (Thomas R. Van Devender)	8
Los tremores no-volcánicos del Pacífico mexicano y su posible significado (Héctor R. Hinojosa Prieto)	10
Rancho El Aribabi, área natural protegida privada en el norte de Sonora, México (José Jesús Sánchez Escalante)	13

Portada

Foto portada. Figura 10 (sismos Golfo de California). Rupturas en la zona de falla Laguna Salada, al este de Laguna Salada, que muestran el patrón complicado de las fallas cuando llegan a la superficie. Esta fue una de las varias fallas que sufrieron desplazamiento debido al temblor del 4 de abril de 2010. Latitud 32° 32' 43" N, longitud 115° 41' 15" W. Foto por Javier González del CICESE. 6 de abril de 2010.

Directorio

UNAM

Dr. José Narro Robles
Rector

Dr. Eduardo Bárzana García
Secretario General

Lic. Enrique del Val Blanco
Secretario Administrativo

Dr. Carlos Arámburo de la Hoz
Coordinador de la Investigación Científica

Dra. Elena Centeno García
Directora del Instituto de Geología

Dr. César Domínguez Pérez Tejada
Director del Instituto de Ecología

Dr. Martín Valencia Moreno
Jefe de la Estación Regional del Noroeste

NUESTRA TIERRA

Dra. Ma. Cristina Peñalba
Editora en Jefe

Dr. César Jacques Ayala
Dra. Clara Tinoco Ojanguren
Dr. Juan Carlos García y Barragán
Editores Asociados

Dra. María Amabel Ortega-Rivera
Editora Técnica y Diseño

Nuestra Tierra es una publicación de la Estación Regional del Noroeste, institutos de Geología y Ecología, que aparece semestralmente en primavera y otoño de cada año.

Estación Regional del Noroeste
Blvd. L. D. Colosio s/n y Madrid, Campus UniSon
Hermosillo, Sonora, México, 83000
Tel. (662) 217-5019, Fax (662) 217-5340
nuestratierra@geologia.unam.mx
<http://www.geologia-son.unam.mx/nt.htm>

ISSN 1665-945X

Impresión: 500 ejemplares

Precio: \$ 30.00

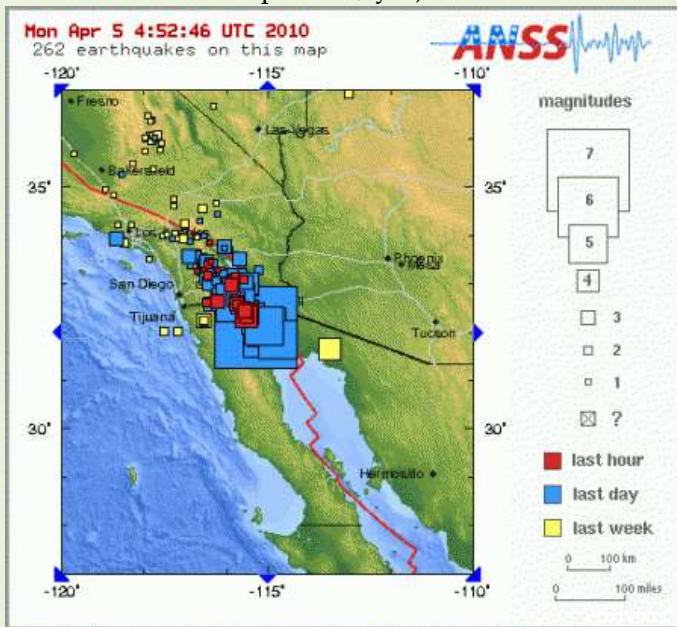
En caso de utilizar algún contenido de esta publicación, por favor citar la fuente de origen. El contenido de los trabajos queda bajo la responsabilidad de los autores.

Sismos en el Alto Golfo de California: tres ejemplos recientes

Joann M. Stock

Division of Geological and Planetary Sciences, California Institute of Technology, Pasadena, California, Estados Unidos
jstock@gps.caltech.edu

El sismo El Mayor-Cucapah que tuvo lugar el 4 de abril de 2010 cerca de Mexicali, Baja California, con magnitud 7.2, tomó a todos por sorpresa (Figuras 1, ver arriba en contraportada, y 2). Pero los residentes



de Mexicali están ya acostumbrados a sentir temblores con cierta frecuencia. La verdad es que desde agosto de 2009 han ocurrido otros sismos importantes, y muchas réplicas, en la zona del Alto Golfo de California y la parte norte del estado de Baja California. Así, entre otros, el 30 de diciembre de 2009 hubo un sismo de magnitud 5.8 en la falla Imperial, al sureste de Mexicali, que rompió el canal La Reforma, y el 3 de agosto del mismo año hubo un sismo de magnitud 6.9 bajo las aguas del golfo, al oeste de la Isla Ángel de la Guarda. ¿Cómo están relacionados estos sismos y qué significan para la ciudad de Hermosillo y el estado de Sonora?

El Alto Golfo de California parece tranquilo, visto desde la altura de un avión, pero debajo del agua hay una actividad tectónica muy importante, relacionada con el límite entre dos placas tectónicas: la placa de

Norteamérica, al este, y la placa del Pacífico, del lado occidental. Esta zona del Alto Golfo es únicamente una parte del límite entre las placas Pacífico y Norteamérica, ya que se trata de dos placas tectónicas grandes que colindan en el norte del Océano Pacífico en la región de Alaska, y que tienen otro límite en común que se extiende desde el norte del estado de California (EUA) al sur del golfo de California. En esta región, la placa del Pacífico se está desplazando relativamente hacia el noroeste, por medio de movimiento de fallas y abertura de cuencas. La velocidad relativa de este desplazamiento es de aproximadamente 5 centímetros por año; hay distensión (separación) y fallamiento a profundidad. El límite de la placa Pacífico tiene aquí fallas famosas, como la falla de San Andreas en California, pero también tiene fallas no tan famosas y hasta desconocidas actualmente.

Figura 2. Ubicaciones iniciales de los sismos registrados en el noroeste de México y el suroeste de los Estados Unidos entre el 29 de marzo y el 5 de abril de 2010. Los cuadrados rojos, azules y amarillos representan sismos ocurridos durante la última hora, el último día y los 6 días anteriores, respectivamente. El tamaño del cuadrado corresponde a la magnitud del sismo (ver leyenda en la parte derecha del mapa). El cuadrado azul mayor representa el sismo con magnitud 7.2 y los demás sismos rojos y azules son réplicas de éste. La línea roja es el límite entre las placas del Pacífico (al oeste) y Norteamérica (al este). En los siguientes días y meses siguieron las réplicas en una zona que se extendió del sur de California, Estados Unidos (EUA), hasta el golfo de California (al sureste). Imagen obtenida de internet de las páginas de la red sísmica del sur de California, EUA (www.scsn.org).

En el caso de los tres sismos arriba mencionados, las estructuras asociadas de mayor interés son las fallas transformantes de movimiento lateral (fallas en las que el desplazamiento de los bloques es horizontal), y las fallas normales (aquellas en las que el desplazamiento es vertical y el bloque del techo se desliza por gravedad sobre el plano de falla, hundiéndose y abriendo la corteza; Figuras 3, ver en medio en contraportada, y 4) asociadas a volcanismo de las zonas donde hay abertura. Algunas de estas estructuras están debajo del agua del Alto Golfo, y otras están dentro del valle de Mexicali, en el delta del río Colorado y en las sierras circundantes. El fallamiento de vez en cuando produce sismos. Si los sismos tienen lugar debajo del agua, normalmente no se aprecian sus efectos en las zonas habitadas del continente, pero cuando ocurren en las zonas pobladas, como el valle de Mexicali por ejemplo (Figuras 5 y 6), entonces nos afecta y nos preocupa más.

Sismo del 3 de agosto de 2009

El sismo del 3 de agosto del 2009 fue reportado inicialmente con epicentro en un sitio donde generalmente no se ha registrado actividad sísmica, entre las islas Ángel de la Guarda y Tiburón. Se reportó con magnitud 6.9, de acuerdo a la energía que llegó a los sismómetros de la red mundial. Esto es extraño, pues casi no se sintió en Hermosillo, donde tuvo efectos muy suaves, lo que resulta curioso si el epicentro estuvo en el lugar reportado, a 145 km de la ciudad. Debido al hecho de que la red de sismómetros del Servicio Sismológico Nacional no tiene estaciones cercanas a este lugar, y a que siempre hay bastante incertidumbre en cuanto a la posición de los epicentros, la explicación más probable es que la red no pudo localizarlo correctamente.



Figura 4. John Fletcher (CICESE) estudiando el escarpe de falla en la parte central de la sierra Cucapah. El escarpe principal se observa como muro sombreado. Además hay otras grietas paralelas pero con menos desplazamiento. Latitud 32.39°N, longitud 115.49°W. Foto núm 7106 de Kenneth Hudnut (USGS), 10 de agosto de 2010.

Esta explicación se apoya en datos satelitales obtenidos posteriormente, comparados con imágenes previas, que indicaron que el mayor desplazamiento de la tierra tuvo lugar en las orillas del canal de Ballenas, es decir, en las aguas al oeste de la isla Ángel de la Guarda. De este modo, se confirma que efectivamente hubo desplazamiento entre las dos placas: el deslizamiento se dio sobre una falla submarina (transforme de Ballenas) que ha tenido sismicidad anteriormente y que se considera como la falla principal entre las dos placas en esta zona. El mismo día hubo otros dos sismos de menor intensidad en la zona: uno con magnitud 5.8, cinco minutos antes del evento principal, y el otro con magnitud 5.9, cuarenta minutos después del evento principal. Probablemente hubo varias réplicas de magnitudes menores pero, debido a la falta de sismómetros en la

zona, no se pudieron localizar. Aquel sismo afectó fuertemente terrenos del desierto donde vive poca gente y no hay infraestructura importante. El poblado más cercano era Bahía de Los Ángeles.



Figura 5. Tramo viejo de la carretera Tijuana-Mexicali, cortada por la falla, al este de Laguna Salada. La sombra de la persona tiene una dirección hacia el NO y se nota el desplazamiento vertical con el bloque al SE hundido con respecto al bloque al NO. Foto núm. 5762 de la autora tomada en la mañana del 27 de abril de 2010.

Unas personas que se encontraban en una isla volcánica más al norte (isla San Luis, cerca de la bahía de San Luis Gonzaga) reportaron que cayó mucha pómez de los acantilados de la isla y temían una erupción, porque no sabían que había habido un sismo.



Figura 6. Grietas en un tramo viejo de la carretera Tijuana-Mexicali. Los camiones que se aprecian al fondo están en la nueva carretera 2 que ya fue reparada. Se nota que hay desplazamiento lateral sobre unas grietas con movimiento dextral (ver desplazamiento del borde del pavimento). Dirección de la vista: hacia el SE. Foto núm. 5767 de la autora, 27 de abril de 2010.

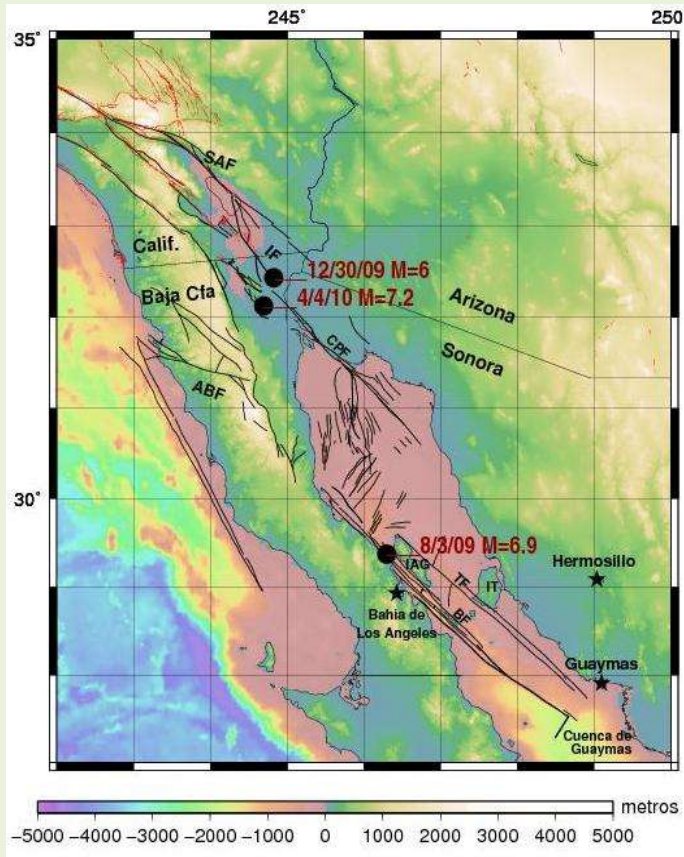


Figura 7. Mapa con los epicentros de los 3 sismos, trazado por la autora utilizando el programa Generic Mapping Tools. Las ubicaciones y magnitudes de los sismos se tomaron del NEIC – USA (National Earthquake Information Center, Boulder, Colorado, Estados Unidos). Los valores topográficos y batimétricos proceden de la base de datos SRTM30plus v. 2.0. IF: Falla Imperial, BF: Falla Ballenas, TF: Falla Tiburón, ABF: Falla Agua Blanca, SAF; Falla San Andreas, IT: Isla Tiburón, IAG: Isla Ángel de la Guarda. Los colores indican elevación en metros (ver escala).

Si pensamos en el epicentro que se dio originalmente para este evento, entonces surgen varias preguntas: ¿hay fallas activas en aquella zona, entre Bahía Kino y la isla San Pedro Mártir? ¿Son fallas importantes? ¿Tenemos que preocuparnos por la posibilidad de sismos en esta zona?

En la zona submarina entre la isla Ángel de la Guarda y la costa de Sonora, se han encontrado fallas a profundidad utilizando la técnica de sismica de reflexión, una técnica que muestra las capas sedimentarias que yacen debajo del fondo marino, e indica si éstas están desplazadas. Inclusive se llegan a observar unas fallas importantes y bien marcadas pero inactivas, como la falla Tiburón (ver Figura 7) que anteriormente funcionaba como límite principal entre las placas Pacífico y Norteamérica en ese lugar. Parece que estas fallas son actualmente inactivas, porque las capas sedimentarias más jóvenes no están desplazadas. Del análisis detallado de estos sedimentos marinos se infiere que la actividad

tectónica se desplazó al oeste de la isla Ángel de la Guarda, al canal de Ballenas, desde hace 2 millones de años. Esto último, si bien no favorece a la costa oeste del golfo, es bueno para poblaciones como Hermosillo, pues los sismos en aquella zona no hacen mucho daño en Sonora.

Sismo del 30 de diciembre de 2009

A partir de agosto, esta fase de movimiento sísmico siguió el límite de las placas, con otros sismos más al norte en el golfo de California y el valle de Mexicali, hasta que el 30 de diciembre tuvo lugar el sismo de magnitud 5.8 con ruptura de la superficie en la falla Imperial. Esta falla se conoce desde los años 1800 y ha producido sismos importantes, con rupturas de la superficie en 1940 y 1979. Junto con la falla de Cerro Prieto, se consideraba que formaba la zona principal de fallamiento del límite entre las placas en este lugar.

La falla Imperial (Figura 7) pasa cerca de la nueva garita de Mexicali, al oeste del aeropuerto; de la frontera se dirige al sureste por una serie de pueblos que se extienden al este del campo geotérmico de Cerro Prieto. Siempre hay movimientos lentos en esta falla, que ocasionan daños graduales a los canales y a los caminos que la atraviesan.



Figura 8. Efectos sísmicos en un campo de agricultura en el valle de Mexicali. Sierra el Mayor al fondo. Se observa un depósito de arena que salió de la tierra y cubrió las plantas. Las depresiones circulares son las puntas de emisión de la arena. Hubo muchas manifestaciones de este tipo debido a la licuefacción durante el sismo del 4 de abril, sobre todo en zonas con arena subterránea somera relacionadas con el antiguo delta del río Colorado. Fotografía núm. 5802 de la autora, 29 de abril de 2010.

En el caso del sismo del 30 de diciembre, hubo también pequeñas manifestaciones de licuefacción - lodo y arena que salieron como pequeños volcanes en un campo agrícola (Figura 8); hubo daños a caminos,

puentes peatonales y casas, y se tuvo que cerrar el canal La Reforma (que lleva el agua a Tijuana) por cuatro días para repararlo. Pero en general fue una situación común para la gente de Mexicali, en el sentido de que siguieron con una serie de sismos menores, lo que es típico de la región.

Sismo del 4 de abril de 2010

El sismo del 4 de abril fue una sorpresa, porque no se dio ni en la falla Imperial ni en la falla de Cerro Prieto (Figura 7). Hay otra falla importante en la zona, que tuvo un sismo de magnitud 7.2 en 1892; esta falla es la llamada falla de Laguna Salada, porque se ve en la superficie al este de la laguna y al oeste de la Sierra Cucapah. Como la carretera 2 entre Tijuana y Mexicali sufrió daños justo al noreste de la laguna, se pensó que fue en la falla de Laguna Salada donde empezó el temblor. Los geólogos siguieron la falla por helicóptero el 6 de abril y vieron desplazamientos que fotografiaron y cartografiaron (Figuras 9, 10 ver portada, 11 ver abajo en contraportada). Detectaron también movimiento sobre la falla Borrego dentro de la Sierra Cucapah (Figuras 12 y 13).



Figura 9. John Fletcher y Orlando Terán del CICESE observando el escarpe de falla en la parte central de la sierra Cucapah. Se puede ver que la cima de la loma fue desplazada hacia la derecha y con una componente de levantamiento de la parte alta del cerro. Las zonas que parecen muros sombreados son escarpes que se formaron en el sismo del 4 de abril de 2010. Fotografía núm. 7478 de Kenneth Hudnut, USGS, 11 de agosto de 2010. Latitud 32.41°N, longitud 115.46°W.

Después, cuando se obtuvieron observaciones de satélite, los científicos vieron evidencias de ruptura en otras fallas, también dentro de la Sierra Cucapah, y tuvieron que hacer más trabajo de campo (Figuras 14, 15 y 16) para medir los desplazamientos sobre la falla

Pescadores. El estudio arrojó como conclusión que ésta y la falla Borrego son las que tuvieron mayor movimiento. Adicionalmente, parece que hubo una falla sepultada debajo del delta del río Colorado que se movió durante el sismo, dando lugar a las muchas zonas de licuefacción y daños a los campos agrícolas.



Figura 12. Mapa tomado de Google con las fallas resaltadas a colores. Diapositiva de Kenneth Hudnut, USGS.

Los trabajos de reconocimiento aéreo de la zona del delta del río Colorado mostraron fracturas, distensión lateral y numerosos impactos en la región agrícola, con un costo de reparación muy elevado. El impacto agrícola puede equipararse al que se produjo en los años 1940, 1979 y 1987.



Figura 13. Escarpe de la falla Borrego con grietas atribuidas al sismo del 4 de abril de 2010. Se nota una grieta principal y una serie de grietas paralelas a ésta, sobre una distancia de varios metros en dirección perpendicular a la falla principal. Latitud 32° 29' N, longitud 115° 37' W. Foto núm. 1132 de Kenneth Hudnut, USGS, 6 de abril de 2010.

Conclusiones

Hay algunas ideas que se pueden resaltar de este texto: en primer lugar, cuando sucede un sismo, no siempre está clara la localización del epicentro en un principio, cuando la red de sismómetros no es muy densa. Se requiere de un trabajo muy detallado para precisarlo. Por otra parte, el análisis de los sismos ayuda a definir los rasgos tectónicos de la región, lo

cual es fundamental para desarrollar una cultura de prevención ante el riesgo sísmico.



Figura 14. Tramo viejo de la carretera Tijuana-Mexicali con grietas producidas por el movimiento sísmico sobre una de las fallas que se desplazó el 4 de abril de 2010. Se aprecia una grieta en primer plano. Foto núm. 5768 de la autora, 27 de abril del 2010.

Otra idea es que los sismos tienen distinto significado según la localización de la región: así, en Mexicali es normal que haya sismos, de mayor o menor intensidad, y se pueden esperar sismos con magnitud mayor que 6. La región es muy activa, debido a que corresponde a un límite de placas tectónicas muy dinámico. En cambio, en Hermosillo la



Figura 15. Grieta producida por el sismo. Se aprecia en su interior al Dr Kenneth Hudnut (USGS), mostrando la profundidad de la grieta y cómo se separaron los dos bloques por movimiento de la falla. Fotografía núm. 5765 de la autora, tomada el 27 de abril de 2010 al este de Laguna Salada y al norte de la carretera Tijuana-Mexicali. En el plano posterior figuran Sinan Acsiz (Universidad de California, Irvine) y Steven Skinner (Caltech).

peligrosidad es menor, porque la actividad tectónica en el golfo se mueve hacia el oeste, alejándose de la ciudad. Otro factor que debe considerarse es el efecto del sismo en función de la densidad de población de la región afectada: en el caso de los ejemplos anteriores, por su mayor proximidad y por la mayor población en la región afectada, el efecto del sismo de diciembre fue mayor que el del sismo de agosto.

Recordamos a nuestros lectores que, aunque no hay tanto riesgo de sismos en Hermosillo comparando con otras zonas del país, es importante saber cómo comportarse durante un sismo y cómo se pueden reducir los daños con una preparación previa. El último sismo grande ocurrido en el interior de Sonora fue el sismo de Bavispe de 1887, con ruptura sobre la falla Pitaycachi cerca de la frontera con Arizona. Fue de una magnitud estimada de 7.4 y causó movimientos muy fuertes en gran parte del estado de Sonora. Los sismos en esta zona no son muy comunes, pero debido al hecho de que no se pueden predecir los sismos, siempre existe cierto riesgo. Les sugerimos ver las siguientes páginas del Servicio Sismológico Nacional para encontrar información de cómo prepararse: <http://secre.ssn.unam.mx/SSN/Doc/que-hacer.html>



Figura 16. Medición del desplazamiento en el escarpe de la falla Borrego. Las personas que se observan, de izquierda a derecha, son: Tom Rockwell (San Diego State University), Javier González (CICESE), Kenneth Hudnut (USGS) y John Fletcher (CICESE). Fotografía núm. 1707 de Kenneth Hudnut (USGS) tomada el 6 de abril de 2010 por el piloto Jim McCrory, de Aspen Helicopters. Latitud 32° 27' N y Longitud 115° 36' W.

Bibliografía

Hauksson, E., J. Stock, K. Hutton, W. Yang, J.A. Vidal-Villegas, H. Kanamori, 2010, The 2010 Mw 7.2 El Mayor-Cucapah Earthquake Sequence, Baja California, Mexico and Southernmost California, USA: Active Seismotectonics along the Mexican Pacific Margin: Pure and Applied Geophysics, DOI 10.1007/s00024-010-0209-7

Biodiversidad en el Archipiélago Madrense de Sonora, México

Thomas R. Van Devender

Sky Island Alliance, PO Box 41165, Tucson, Arizona, USA 85717

VanDevender@skyislandalliance.org

En la segunda medición e inventario biológico para el deslinde fronterizo México-Estados Unidos 1892-1893, el teniente David Gaillard describió la región como “Sierras pelonas y empinadas saliendo de las llanuras como islas en el mar”. Actualmente las sierras aisladas en el área se conocen como islas serranas o sky islands en inglés, evocando imágenes de islas continentales surgiendo de un mar de valles bajos. El Archipiélago Madrense es la zona de islas serranas entre la Sierra Madre Occidental en Sonora y Chihuahua, y el llamado borde Mogollón en el centro de Arizona (Figuras 1 y 2). Fue estudiado desde el punto de vista biológico a mediados del siglo pasado. De 1938 a 1941, Stephen S. White llevó expediciones de la Universidad de Michigan para coleccionar plantas en la región del río Bavispe en el noreste de Sonora, y publicó la flora en 1948. En 1957, Joe T. Marshall, de la Universidad de Arizona, estudió los pájaros y árboles de los bosques de pino-encino en las sierras del sureste de Arizona y el noreste de Sonora, y en la Sierra Madre Occidental en Chihuahua. Después las actividades de los biólogos en la región fueron muy limitadas.



Figura 1. Vista del este de las sierras San José (Sonora) y Huachuca (Arizona). Fotografía de T.R. Van Devender.

Sin embargo, en el año 2004, la Sierra Madre Occidental fue considerada uno de los lugares con la biodiversidad más alta del mundo (“hotspot”) por Conservation International, una organización no gubernamental. La proximidad de este macizo montañoso con las islas serranas, su relación geológica y la complejidad fisiográfica de éstas sugieren que también estas islas deben ser relevantes desde el punto de vista de la biodiversidad.



Figura 2. Mapa de las influencias biogeográficas sobre el Archipiélago Madrense (Imagen de Sky Jacobs).

En el Archipiélago Madrense hay más de 50 sierras desde el borde Mogollón en el centro de Arizona hasta la sierra San Javier en el sur. Cada una está coronada por un encinal o bosque de pino-encino que se sitúa por encima del pastizal, matorral desértico o matorral espinoso. Esta complejidad topográfica y la ubicación en la intersección entre climas tropicales y templados aumentan la diversidad de las sierras y la región. La flora del noreste de Sonora tiene cerca de 3000 especies que representan el 75% de la flora del estado.

Ante esta evidencia, en 1990 se creó Sky Island Alliance, una organización sin fines de lucro, con una gran cantidad de voluntarios, dedicada a la protección y restauración de especies nativas y hábitats en la región de las islas serranas.

Esta organización puso en marcha un proyecto colaborativo, La Evaluación de la Biodiversidad del Archipiélago Madrense (MABA por sus siglas en inglés), que empezó con apoyo de la Fundación Veolia Environment de Francia. El objetivo principal de MABA es acumular información sobre las distribucio-



Figura 3. El grupo de la Expedición de MABA a la sierra de Bacadéhuachi. Fotografía de Chris Marzonie.

nes de animales y plantas de la zona de las islas serranas. Todos los registros de las colecciones de museos, la literatura y observaciones están disponibles para la conservación así como para investigaciones científicas, en una base de datos (Madrean.org). En

San Antonio y la sierra de Bacadéhuachi en 2011 (Figura 3). Las expediciones son eventos extraordinarios con 30-45 participantes de México y Estados Unidos, patrocinados por la Reserva los Ajos-Bavispe-CONANP, la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES), la Universidad de Sonora, la Universidad de la Sierra y el Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (CESUES), entre otros. Cada expedición produce observaciones de cerca de 900 a 1000 especies para la base de datos, muchas con fotos de alta calidad (para algunos ejemplos de éstas, ver Figuras 4, 5, 6, 7, 8 y 9).

La base de datos está disponible a través de Internet para usarse en proyectos de investigación y conservación. Se invita a investigadores y estudiantes a someter sus registros a esta base de datos. Después de considerarse la fuente de la información (colector y taxónomo) de la planta o animal se acepta en esta base de datos regional.

(vandevender@skyislandalliance.org)



menos de dos años desde el inicio del proyecto, se cuenta con más de 200 000 observaciones biológicas de Sonora, incluyendo 60 000 registros de la Comisión

Figuras 4, 5 y 6. Respectivamente: Palo de azúcar (*Acer grandidentatum*). Choyita arco iris (*Echinocereus rigidissimus*). Encino (*Quercus gambelii*). Fotografías de T.R. Van Devender.



Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). También el personal de MABA organiza dos expediciones grandes por año a islas serranas poco conocidas para tomar registros nuevos - la sierra San Luis en 2009, las sierras el Tigre y la Madera en 2010, y la ciénega de Saracachi – sierra

Figuras 7, 8 y 9. Respectivamente: Escarabajo joya (*Chrysin adelaida*). Rana (*Rana magnaocularis*). Falso coralillo (*Lampropeltis pyromelana*). Fotografías de T. R. y R. W. Van Devender.

Existen bastantes oportunidades para participar en MABA y Sky Island Alliance como voluntarios.

Los tremores no-volcánicos del Pacífico mexicano y su posible significado

Héctor R. Hinojosa Prieto

9501 N. FM 620 Austin, Texas, USA

hector.hinojosa@hotmail.com

La sismicidad de México

El interior de nuestro planeta siempre está en constante movimiento y de vez en cuando ocurren devastadores sismos que cobran vidas y destruyen ciudades. Los sismos ocurren cuando gigantescas masas de roca en movimiento llamadas placas tectónicas chocan, se separan o se deslizan una al lado de la otra abruptamente causando movimientos bruscos. Respectivamente, estos límites tectónicos se conocen como zonas de subducción, fallas extensionales y fallas de cizalla (Figura 1). Mucha de la sismicidad del país ocurre en una zona de subducción paralela a la costa del Pacífico. Aquí, la placa tectónica de origen oceánico choca y se hunde por debajo del margen continental, sometiéndose a altas presiones y temperaturas durante el proceso de subducción. Al mismo tiempo, el agua atrapada en la placa oceánica se escapa y genera nuevos magmas, los cuales se convertirán en corteza continental (Figura 1). La sismicidad asociada a la subducción se concentra en una zona sísmica donde la roca es más rígida y quebradiza, la cual es denominada falla megacabalgadura y separa la placa inferior oceánica de la placa superior continental. Los hipocentros (profundidad de origen) y epicentros (proyección vertical del hipocentro en la superficie) de estos sismos forman una franja paralela a la trinchera oceánica (Figura 1). De esta manera los hipocentros ayudan a definir una zona de subducción. En la megacabalgadura, la placa oceánica se hunde por debajo de la placa continental y eso causa una constante fricción a altas presiones y temperaturas. Con el tiempo, la enorme presión acumulada en las rocas a decenas de kilómetros de profundidad es tanta que las rocas ya no aguantan y la energía atrapada se libera en forma de un sismo. La costa del Pacífico mexicano descansa sobre una peligrosa

megacabalgadura. Por eso es importante identificar la ubicación de esta megacabalgadura y que se entiendan los procesos naturales que ocurren en ella, tal como el fenómeno conocido como “tremor no-volcánico” que posiblemente podría estar asociado a esta megafalla.

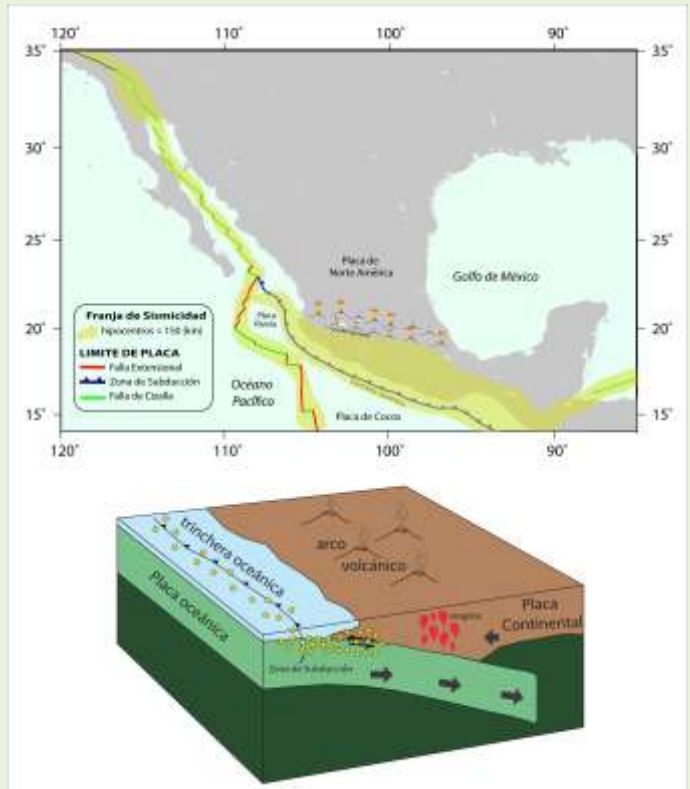


Figura 1. Arriba. Mapa de México ilustrando la franja sísmica con hipocentros a profundidad < 150 km. Abajo. Esquema de una zona de subducción donde una placa oceánica choca y se hunde por debajo de una placa continental. El contacto entre estas placas ocurre en la trinchera oceánica y es una megafalla. La porción más somera de la zona de subducción y donde ocurren los sismos corresponde a la megacabalgadura (estrellas amarillas).

El tremor no-volcánico: antecedentes y su existencia en Oaxaca, México

A principios de esta década, el sismólogo japonés Kazushige Obara descubrió débiles e inofensivas vibraciones de la corteza terrestre en áreas alejadas de los volcanes activos que descansan sobre la zona de subducción japonesa. Las denominó tremor no-volcánico (TNV) asociado a zona de subducción (Obara, 2002). Él descubrió que los epicentros de actividad TNV definen una franja de ~600 km paralela a la banda de actividad sísmica y a la orientación de la placa oceánica (filipina) que se hunde por debajo del margen continental en el Pacífico japonés y con hipocentros a más de 30 km que probablemente se concentran enseguida del límite inferior de la megacabalgadura japonesa. Al comparar la corta

duración (segundos) de los sismos ordinarios, Obara (2002) descubrió que el fenómeno TNV puede durar desde segundos hasta varios días sin generar notables terremotos ni desplazamientos de placa tectónica. En la zona de subducción mexicana, las placas oceánicas Rivera y Cocos se hunden por debajo del continente (placa tectónica de Norte América) con distintos ángulos de inclinación a lo largo y ancho de la costa del Pacífico (Figura 1). La porción central de la placa

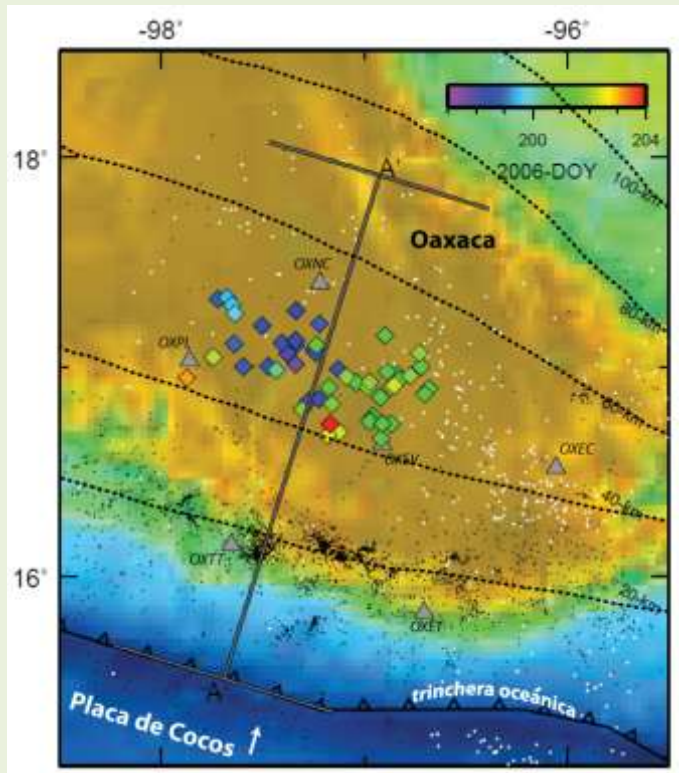


Figura 2. Mapa del sur de Oaxaca ilustrando la red sísmica (triángulos) instalada por la Universidad de Miami sobre la zona de subducción semi-horizontal. Las líneas negras punteadas representan la superficie de la placa de Cocos debajo de Oaxaca. Los epicentros (rombos de colores) de TNV ocurrieron en julio de 2006 y están rodeados de microsismos con hipocentros <35 km (puntos negros) y >35 km (puntos blancos). La escala de colores indica el día del año juliano 2006 en que ocurrió la actividad TNV. La línea gris muestra la orientación, longitud y grosor de la sección transversal A-A' mostrada en la Figura 4.

de Cocos se mete por debajo de Guerrero y Oaxaca (Figura 2) con un ángulo más o menos horizontal (Pardo y Suárez, 1995). Ahí, los sismos asociados a su megacabalgadura ocurren frecuentemente (50-100 años) cerca de Acapulco y Oaxaca, y son de peligrosa magnitud (Kostoglodov y Ponce, 1994).

Una red de sismómetros se instaló en el estado de Oaxaca (Figuras 2 y 3) y detectó una abundancia de más de 3000 microsismos locales (Jensen y otros, 2008) y la presencia de actividad TNV con un tiempo de duración mayor a la de los microsismos y un ciclo de repetición entre 60 y 75 días. Decenas de

microsismos rodean a los epicentros de TNV, los cuales se distribuyen en una franja de 140 km de longitud y 60 km de espesor (Figura 2). Esta franja de actividad TNV tiene una orientación noroeste-sureste, de manera paralela a la costa de Oaxaca, y está alejada ~170 km de la trinchera oceánica. La profundidad promedio de los hipocentros TNV es de 40 km (Figura 4), justamente donde las placas oceánica y continental están en contacto tectónico a lo largo de la interface de placa. Esto podría significar que la inofensiva actividad TNV podría originarse en la interface de placa, debido a que algunos eventos TNV ocurren en la placa continental, posiblemente reflejando el flujo de fluidos o una zona de deformación (Kao y otros, 2005), o debido a que el ángulo de entrada de la placa oceánica es más horizontal en esta región de Oaxaca (Jödicke y otros, 2006).



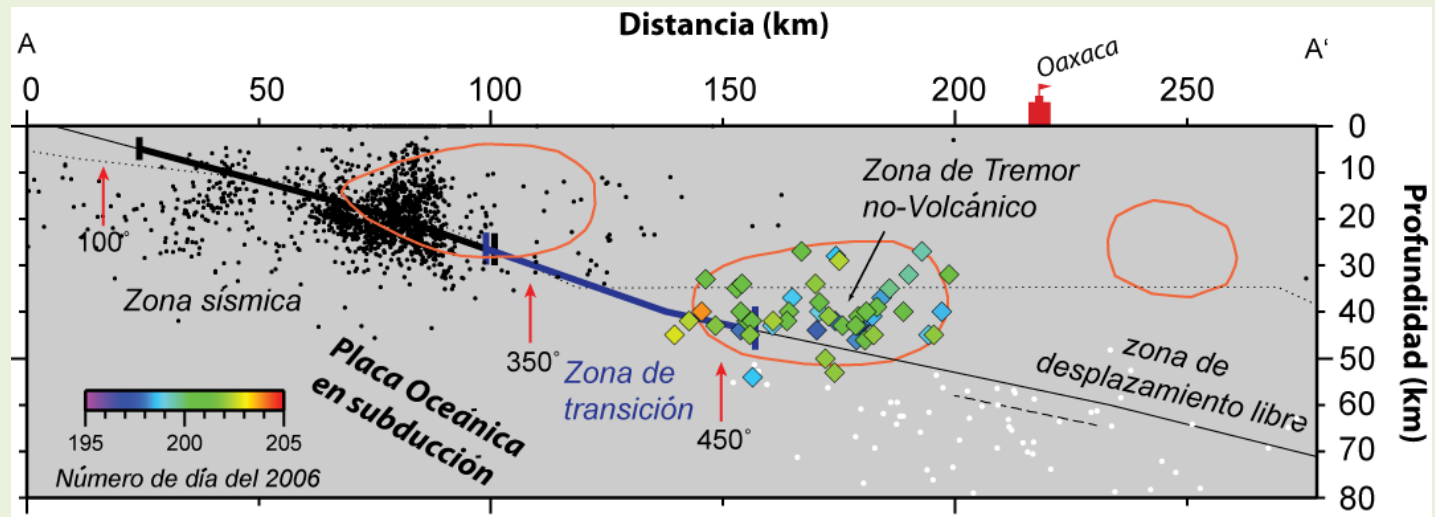
Figura 3. Fotografías de los componentes de una estación sísmica de la red de sismómetros instalada por la Universidad de Miami para la identificación y estudio del fenómeno Tremor-No Volcánico.

El fenómeno TNV en México fue detectado por primera vez en Oaxaca. La ubicación de la actividad TNV (Figura 4) coincide con la presencia de fluidos derivados de la superficie de la placa de Cocos (Jödicke y otros, 2006) a causa de la pérdida y escape de agua que la placa experimenta al hundirse por debajo de Oaxaca. Al escaparse, los fluidos ascienden y quedan atrapados a más de 30 km por debajo de

Oaxaca. Lo anterior sugiere que la actividad TNV puede tener una relación directa con el origen de los fluidos (Schwartz y Rokosky, 2007). La ubicación de la actividad TNV está a más de 75 km tierra adentro con respecto a la orilla de la megacabalgadura. Los devastadores sismos asociados a esta megacabalgadura, la microsismicidad y los desplazamientos lentos e inofensivos ocurren inmediatamente cuesta arriba de la zona TNV. Esto coloca al fenómeno TNV

Transactions of the American Geophysical Union, 89, Abstract T13F-08.

Jödicke, H., A. Jording, L. Ferrari, J. Arzate, K. Mezger y L. Rupke, 2006, Fluid release from the subducted Cocos plate and partial melting of the crust deduced from magnetotelluric studies in southern Mexico: Implications for the generation of volcanism and subduction dynamics: Journal of Geophysical Research, 111, doi: 10.1029/2005JB003739.



en una región más profunda, más adentro del continente y más alejada de la orilla de la megacabalgadura. Consecuentemente, indica que el mecanismo de transición de la zona sísmica a una zona libre de sismos tal vez no ocurra abruptamente, como se pensaba, sino en varias etapas.

Aunque la actividad TNV represente por lo menos una fase del mecanismo de transición de sismos a deslizamiento libre de la placa oceánica, esto no significa que la actividad TNV tiene que estar necesariamente junto a la megacabalgadura. En conclusión, parece ser que la inofensiva actividad TNV es incapaz de provocar devastadores terremotos en la megacabalgadura.

Bibliografía

Franco, S. I., V. Kostoglodov, K. M. Larson, V. C. Manea, M. Manea y J. A. Santiago, 2005, Propagation of the 2001-2002 silent earthquake and interplate coupling in the Oaxaca subduction zone, Mexico: Earth Planets and Space, 57, 973-985.

Jensen, K., T. Carey, M. Brudzinski, H. DeShon, E. Cabral-Cano, A. Arciniega-Ceballos, O. Diaz-Molina y C. DeMets, 2008, Seismicity of the Oaxaca Segment of the Middle American Subduction Zone: Eos,

Figura 4. Sección transversal de hipocentros TNV y otros procesos tectónicos naturales. Interface de placa de Pardo y Suárez (1995) (línea negra continua) y Franco y otros (2005) (línea negra punteada). Extensión del sismo de 1978 (línea gruesa negra) que ocurrió en la megacabalgadura y zona de desplazamiento lento que no genera sismos (línea blanca). Las flechas rojas denotan temperaturas (°C) estimadas en la interfase de placa. Los óvalos naranjas indican zonas de fluidos expulsados de la superficie de la placa oceánica de Cocos actualmente en proceso de subducción

Kao, H., S. J. Shan, H. Dragert, G. Rogers, J. F. Cassidy y K. Ramachandran, 2005, A wide depth distribution of seismic tremors along the northern Cascadia margin: Nature, 436, 841-844.

Kostoglodov, V., and L. Ponce, 1994, Relationship between subduction and seismicity in the Mexican part of the Middle America Trench: Journal of Geophysical Research: 99, 729-742.

Obara, K., 2002, Nonvolcanic deep tremor associated with subduction in southwest Japan: Science, 296, 1679-1681.

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

Schwartz, S. Y. y J. M. Rokosky, 2007, Slow slip events and seismic tremor at circum-pacific subduction zones: Reviews of Geophysics, 45.

Rincones sonorenses

Rancho El Aribabi, área natural protegida privada en el norte de Sonora, México

José Jesús Sánchez Escalante

Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (DICTUS), Universidad de Sonora, 83000 Hermosillo, Sonora
jsanchez@guayacan.uson.mx

En el norte de Sonora, los pastizales y matorrales del Desierto Sonorense se extienden desde Arizona y el oeste de Sonora a través de la región conocida como *La Frontera*.



Figura 1. Localización del rancho El Aribabi, entre las poblaciones de Ímuris y Cananea, en la zona serrana del norte de Sonora. Imagen de Google modificada.

En el noreste, montañas aisladas denominadas “islas serranas” (*sky islands* o *inselbergs* según el término geomorfológico) sostienen comunidades de encinares y bosques de pino-encino en una región constituida por un archipiélago de montañas y lomeríos que se extienden hacia el noreste de la Sierra Madre Occidental. En esta zona se lleva a cabo la transición compleja de los trópicos del Nuevo Mundo hacia la zona templada del hemisferio norte.

Dentro de la región de La Frontera se localiza el rancho El Aribabi donde, desde el año 2000, uno de sus propietarios, Carlos Robles Elías, ha realizado grandes esfuerzos para la conservación de los recursos naturales de este lugar. El rancho, que comprende una superficie de 13 000 hectáreas, se localiza en el municipio de Ímuris en la zona serrana del norte de Sonora, a sólo tres horas de Hermosillo y a menos de 50 kilómetros al sur de la línea fronteriza con los Estados Unidos (Figura 1). La entrada al rancho está ubicada en el kilómetro 131 + 900 de la carretera federal número 2, entre las poblaciones de Ímuris y Cananea.

Los rasgos geográficos del rancho El Aribabi incluyen lomeríos, cerros bajos, montañas, valles, cañones, ríos y arroyos, ofreciendo a los visitantes una extraordinaria diversidad de elementos paisajísticos

(Figura 2). Hacia el noreste del rancho, se perfilan las sierras La Mariquita y La Elenita, mientras que el cerro Azul (2465 metros sobre el nivel del mar) domina el horizonte hacia el sur-sureste. Hacia el norte y el oeste, las sierras El Pivito, Mesa Bonita y los cerros del Bellotal presiden los espectaculares atardeceres del rancho. Frente a la casona del rancho, las aguas tranquilas del río Cocóspera se desplazan hacia el sur-suroeste, abriéndose paso entre cerros y cañones. Aguas arriba, el río forma un pequeño y fértil valle



Figura 2. Lomeríos, cerros bajos, montañas, valles, cañones, ríos y arroyos en el rancho El Aribabi. Fotografía del autor.

conocido como el valle de Cocóspera; en esa dirección al este del rancho, podemos ubicar los cerros El Amole, Los Guajes y Guipuzcoana.

Diversidad biológica

Uno de los aspectos notables del rancho El Aribabi es precisamente la riqueza de su diversidad biológica. Un grupo internacional de ornitólogos, herpetólogos, mastozoólogos, botánicos, biólogos, ecólogos y geólogos, de diferentes instituciones académicas y gubernamentales de México y Estados Unidos, han efectuado trabajos de campo durante más de 10 años para conformar un inventario de los recursos biológicos del rancho, lo que ha resultado en la integración de una excepcional base de información.



Figura 3. Aspecto de los lomeríos de matorral xerófilo durante la floración primaveral con predominio de amapolita del monte (*Eschscholzia californica* ssp. mexicana). Fotografía del autor.

Fauna

Entre las especies animales registradas en el rancho El Aribabi podemos destacar la presencia de especies tropicales como el ocelote (*Leopardus pardalis*) y el jaguar (*Panthera onca*), además del oso negro (*Ursus americanus*) y algunos registros interesantes de aves, reptiles (monstruo de Gila, *Heloderma suspectum*, y cascabel cola negra, *Crotalus atrox*) y anfibios. La presencia de estas especies animales se debe en gran medida al buen estado de conservación de los hábitats del rancho, desde los bosques de río en el río Cocóspera, hasta los encinares y bosques de pino-encino en las partes más altas del cerro Azul, los matorrales desérticos y mezquiales en las partes bajas, y grandes zonas con pastizal natural presentes en todo el rancho.

Flora y vegetación

Gracias al apoyo financiero de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), alrededor de 415 especies de plantas fueron inventariadas en El Aribabi. Una colección de más de mil ejemplares, colectados en el rancho por la Universidad de Sonora, documenta esta gran diversidad vegetal.

Lomeríos y planicies con matorral xerófilo

En los lomeríos de matorral xerófilo (Figura 3), las especies más abundantes son: mezquite (*Prosopis velutina*), gatuño (*Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera*), frutilla (*Condalia warnockii*), bachata (*Ziziphus obtusifolia*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), sivrís (*Cylindropuntia thurberi*) y nopales (*Opuntia* spp.). Dentro de la zona de transición al encinar encontramos vegetación de matorral xerófilo micrófilo-rosetófilo (con hojas pequeñas y hojas en roseta) con mezquite, tepeguaje (*Lysiloma watsonii*), sotol (*Yucca arizonica*), palmilla (*Nolina microcarpa*), lechuguilla (*Agave palmeri*), amole (*Agave schottii*) y serruchito (*Dasyilirion wheeleri*); siendo común encontrar cúmaros (*Celtis reticulata*) y janos (*Chilopsis linearis*) en las cañadas y arroyos.

Bosque de encino

Los encinares con mejor estado de conservación se localizan en las partes más altas (alrededor de los 1350 metros sobre el nivel del mar), hacia el límite sur-oriental del rancho, donde se localiza el predio “Las Palomas”, denominado zona de conservación de la reserva. Aquí, el bosque se compone de cuatro especies de encino: bellota (*Quercus emoryi*), encino de Arizona (*Q. arizonica*), encino azul (*Q. oblongifolia*) y bellotita (*Q. toumeyii*). También se cuenta con la presencia de otros árboles como sabino (*Juniperus deppeana*), táscale o táscate (*Juniperus coahuilensis*) y madroño (*Arbutus arizonicus*). En este lugar podemos encontrar también árboles de río como aliso (*Platanus wrightii*), álamo (*Populus fremontii*), nogal (*Juglans major*) y fresno (*Fraxinus velutina*). Sobre las rocosas paredes verticales de las cañadas crecen varias especies de cactáceas conocidas como cabezas de viejo (*Mammillaria* spp., *Coryphantha recurvata*, *Coryphantha*

vivipara y *Echinocereus triglochidiatus*). En las laderas de los arroyos tenemos fresnillo (*Fraxinus gooddingii*) y otros arbustos como *Philadelphus microphyllus* y *Fendlera rupicola*. Varios géneros de helechos también están presentes en esta localidad (*Adiantum*, *Cheilanthes*, *Bommeria* y *Pellaea*).

Bosque de río

Localizado en la cuenca del río Cocóspera, El Aribabi cuenta con un bosque de río en excelente estado de conservación. Algunas organizaciones norteamericanas como *Sonoran Joint Venture* consideran al río Cocóspera de gran importancia para la conservación de las aves, ya que es utilizado por éstas como un corredor migratorio; hasta el momento, se han registrado en el rancho más de 170 especies de aves. Entre ellas destacan la codorniz Moctezuma, también llamada codorniz arlequín mexicana (*Cyrtonix montezumae*) y el águila real o águila dorada (*Aquila chrysaetos*), ambas con *status* de riesgo dentro de la Norma Oficial Mexicana (NOM-059), y por su atractivo visual el trogón elegante (*Trogon elegans*). Las especies de árboles dominantes del bosque de río son: álamo (*Populus fremontii*), sauce (*Salix spp.*), fresno (*Fraxinus velutina*), aliso (*Platanus wrightii*), tapiro (*Sambucus nigra ssp. cerulea*), nogal (*Juglans major*) y mora silvestre (*Morus microphyllus*). En otras zonas riparias del rancho se han registrado plantas interesantes como el magueyito (*Graptopetalum rusbyi*), el huérigo (*Populus monticola*) y un encino arbustivo, *Quercus grisea*.

Pastizales

También podemos encontrar pastizales extensos, desde las partes bajas en el matorral xerófilo hasta las partes más altas, en donde extensas zonas de pastizal se mezclan con el encinar. Hasta el momento, en el rancho se han registrado 40 especies de pastos pertenecientes a diferentes géneros; entre los más importantes están: *Aristida*, *Bothriochloa*, *Bouteloua*, *Erioneuron*, *Hilaria*, *Muhlenbergia*, *Setaria* y una especie de maíz nativo del género *Tripsacum*.

El buen estado de conservación de la biodiversidad del rancho El Aribabi responde a que su propietario ha mantenido este sitio libre de ganado por más de 14 años (Figura 4). Esta conservación y el grado de conocimiento de su flora y fauna arrojaron como resultado que fuera nominado como un área prioritaria para la conservación en México (publicado

en el Diario Oficial de la Federación el 28 de Diciembre de 2007). Posteriormente, gracias a la necesidad de conservar estos ecosistemas y como una medida para la preservación de especies en peligro de extinción como el jaguar y el ocelote, así como para proteger su gran diversidad biológica, el rancho El Aribabi fue declarado Área Natural Protegida Privada dentro del sistema de reservas naturales de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), convirtiéndose así en gran ejemplo, no sólo para Sonora y México, sino también para el mundo.



Figura 4. La imagen muestra el buen estado de conservación del predio Las Palomas, resultado de mantenerlo por más de 14 años libre de ganado; ambientes sanos de pastizales, encinares y bosque de río en sus cañadas y arroyos han creado un refugio propicio para especies en peligro de extinción como jaguar y ocelote. Fotografía del autor.

Contraportada

Arriba. Figura 1 (sismos). Vista desde un helicóptero de reparaciones en proceso en la carretera 2 (Carretera Mexicali-Tijuana) debido a los afectos del sismo del 4 de abril, 2010. Se nota que la zona de falla consiste en una serie de grietas con desplazamiento lateral-derecho y vertical, ocasionando reparaciones en un tramo muy largo del camino. Latitud 32° 34' 45" N, longitud 115° 43' 16" W. Foto por Kenneth Hudnut, USGS el 6 de abril de 2010.

Centro. Figura 3 (sismos). Se ve el escarpe principal debido al sismo y una serie de fallas paralelas con menos desplazamiento. Cada uno de estas fracturas tiene movimiento que contribuye a la suma total de desplazamiento debido al sismo del 4 de abril. Esta foto muestra la importancia de llegar al campo inmediatamente después del temblor para hacer mediciones, para no perder la información de los desplazamientos más pequeños. Latitud 32° 29' N, longitud 115° 37' 13" W. Foto por Kenneth Hudnut, USGS el 6 de abril de 2010.

Abajo. Figura 11 (sismos). Zona de escarpes en el noroeste de la Sierra Cucapah debido al sismo del 4 de abril de 2010. Se ve Laguna Salada al fondo de la foto. Se nota que esta zona de falla parece estar en la base del pendiente topográfico más fuerte. Ruptura de la misma falla en sismos anteriores puede haber controlado la topografía de esta zona. Latitud 32° 33' 39" N, longitud 115° 42' 4" W. Foto por Kenneth Hudnut, USGS. 6 de abril de 2010.

