

ESTRUCTURAS QUE MODIFICAN EL PATRON DE LA SISMICIDAD EN LA ZONA DE SUBDUCCIÓN DEL PERÚ

Víctor Manuel Uribe⁽¹⁾, Laurence Audin⁽²⁾, Hugo Perfettini⁽²⁾, Hernando Tavera⁽³⁾

¹Universidad Nacional Mayor de San Marcos, *vm_uribe@yahoo.es*

²Instituto de Investigación para el Desarrollo – IRD, *Teruel 357 - Lima 18*

³Instituto Geofísico del Perú, *Calle Badajoz 169, Lima 3*

RESUMEN

La continua fricción entre las placas de Nazca (Oceánica y la Placa Sudamericana (Continental) da origen con mayor frecuencia a los mas violentos sismos conocidos en la historia sísmica del Perú. Pero esta actividad sísmica no se produce geográficamente de manera uniforme, sino más bien posee un comportamiento bastante complejo y altamente diferenciado mostrando ciertas zonas anómalas. Estas zonas anómalas podrían coincidir con la presencia de ciertas estructuras morfo-tectónicas que presenta la Placa de Nazca y que al subducir producirían esta variación. Utilizando la data sismológica proveniente de la Red Sismográfica Nacional, hemos desarrollado secciones perpendiculares y paralelas a estas estructuras para mostrar como estas podrían generar un aumento o disminución de la actividad sísmica durante su subducción.

CONFIGURACION MORFO-TECTÓNICA

La Placa de Nazca frente al Perú presenta una serie de estructuras lineares, las cuales algunas se desarrollan en forma paralela, además su según su desarrollo y evolución muestran ser zonas de expansión oceánica o zonas donde se genera corteza. Estas estructuras tectónicas se han formado en un contexto independiente con respecto a la Orogenia Andina. Muchos Autores han estudiado y descrito las estructuras de la Cordillera de los Andes y de la Placa de Nazca (Mégard, 1978; Dalmayrac et al., 1980; Macharé et al., 1986; Tavera, 1998). En la presente investigación nos basamos en la descripción y características más importantes de cada estructura. Las estructuras, a nivel macro, mas importantes son: Dorsal de Nazca., Fractura de Mendaña (mendaña fracture zone), Fractura de Nazca (nazca fracture zone), Fractura Virú y la Depresión submarina de Trujillo. (trujillo trough).

BASE DE DATOS DE SISMICIDAD

El Catalogo utilizado proviene de la Red Sísmica Nacional, desarrollado por el Instituto Geofísico del Perú, el cual presenta un periodo de tiempo desde Enero de 1982 a Diciembre del 2005, con un rango de magnitud entre 3.9 (Magnitud de Completitud) hasta 7.7 M_L (Magnitud local). Se tomó como punto de partida del catálogo el año de 1982, debido a que la Red Sísmica Nacional (RSN - IGP) comenzó a trabajar con gran precisión en ese año, por lo tanto el periodo comprendido entre 1982 – 2005 es el tiempo donde el catalogo sísmico local posee un reporte más homogéneo y continuo de la data sísmica local para el Perú.

VARIACIÓN DE LA SISMICIDAD

La subducción de anomalías topográficas (i.e. dorsales y/o montes marinos) está caracterizada por presentar ciertos rasgos: Una ausencia de volcanes en tierra, aumento de la actividad sísmica debido a un fuerte acoplamiento y, una alta tasa de erosión tectónica (Hampel et al., 2004; Vogt et al., 1976). En otras palabras toda la dinámica de subducción y, la actividad sísmica que se genera durante este proceso, estaría influenciada por estas anomalías topográficas. Además, Robinson et al. (2006) sugieren que los eventos sísmicos pueden propagarse alrededor o por encima de zonas de fractura que se encuentran en las placas oceánicas actuando como *barreras* o *parches* morfotectónicos. Es decir, el incremento de esfuerzos generado por un sismo de gran magnitud en estas áreas puede ocasionar

ruptura en estas mismas barreras si se llega a alcanzar el valor del esfuerzo crítico para producir la activación de estas fallas o barreras.

En el Perú, mas específicamente en la Placa de Nazca, presenta ciertas estructuras morfotectónicas que pueden producir una variación medible en el patrón de la sismicidad al momento de subducir debajo de la placa Sudamericana. Estas estructuras en orden de importancia son: Dorsal de Nazca, la fractura de Mendaña, la fractura de Nazca y la depresión submarina Trujillo (Trujillo Trough).

Una vez reconocidas las principales características tectónicas de la Placa de Nazca realizaremos el análisis y evaluación detallada de cómo estas estructuras evidencian una variación en el patrón de la sismicidad. Realizaremos este análisis de la distribución sísmica sobre mapas, mostrando en primer lugar su distribución geográfica para poder observar las variaciones tanto en latitud, longitud y profundidad, y de esa manera reconocer las áreas donde la sismicidad posee un comportamiento anómalo. Una vez ubicados estas zonas realizamos perfiles paralelos y perpendiculares en niveles de profundidad.

FRACTURA DE MENDAÑA

- *Secciones paralelas (M1 a M3)*: En la sección M2 se encuentra la zona de fractura, se observa que los sismos aumentan considerablemente a lo largo de la fractura misma hasta donde la fractura subduce, siendo la sección que posee sismicidad $>5M_L$. M1 y M3 abarcan la secciones laterales, aquí el número de sismos es mínimo, disminuyendo considerablemente los eventos $>5M_L$ (Fig. 1 y 2)
- *Secciones perpendiculares (M4 a M9)*: En M4 y M5 se produce sismicidad en la zona de fractura anterior a la fosa. La evidencia más saltante de todas las secciones se aprecia en la laguna sísmica formada en la zona de fractura (Fig. 1 y 2). Además en las secciones M5, M6 y M9 se produce eventos $>5M_L$ en la zona de la fractura que se encuentra acoplada por debajo de la Placa sudamericana.

FRACTURA DE NAZCA

- *Secciones paralelas (N1 a N3)*: En la sección N2 (sobre la fractura misma) la distribución de la sismicidad muestra dos aspectos importantes: el primero considera la existencia de sismicidad con magnitudes $>4M_L$ en la zona anterior a la fosa y el que corresponde a la porción de la fractura subducida. La sismicidad de gran magnitud ($> 5 M_L$) disminuye en la zona sismogénica con respecto a las secciones N1 y N3 (Fig. 1 y 3), a pesar de ser una de las zonas sísmicamente más activas del Perú.

DEPRESIÓN TRUJILLO (TRUJILLO TROUGH)

- *Sección paralela (T1)*: En esta sección, se observa la presencia de un número mayor de eventos $>5M_L$ a lo largo de toda la depresión submarina, distribuyéndose un agrupamiento importante hacia el extremo izquierdo de la sección (Fig. 1 y 4). El principal evento que haga presumir esta morfo-estructura como generadora de terremotos, es el sismo del 20 de Noviembre de 1960 de magnitud 6.8 M_w , que generó un Tsunami, que fue localizado en la zona donde la depresión de Trujillo subduce debajo del continente.
- *Secciones perpendiculares (T2 a T4)*: En esta sección se observa una importante disminución del número de sismos (Laguna sísmica), especialmente los $>4M_L$. En T3 se observa el evento del 20/11/1960 (6.8 M_L).

DORSAL DE NAZCA (SECCIÓN EN SUBDUCCIÓN)

Gutscher et al. (1999), enuncian que la dorsal de Nazca produjo una subducción tipo *flat slab* en la Placa de Nazca, ya que al ser menos densa que la corteza oceánica se produce un levantamiento del *slab* (Fig. 4), y que además coincide con la ausencia de vulcanismo.

La Dorsal de Nazca comenzó su subducción en forma oblicua durante el Mioceno medio (11 – 15 MA) con una tasa de 7 a 7.5 *cm/año* (Hampel et al., 2002).

Nosotros hemos examinado secciones sísmicas para poder encontrar como afecta la Dorsal de Nazca a la actividad sísmica.

En la sección DN1 de la Fig. 4, se observa una importante disminución del número de sismos $> 4 M_L$ en dos zonas (Lagunas sísmicas) localizadas entre los Kms. 600-800 y 950-1150, y sobre todo en las zonas superiores a éstas, la sismicidad circundante es de baja magnitud. Entre ambas zonas se

produce un considerable aumento de la sismicidad, que inclusive registra sismos $> 5 M_L$, eventos que prácticamente no tienen lugar en las lagunas sísmicas.

La primera zona corresponde muy bien con la extensión subducida de la Dorsal de Nazca, que según varios autores (Gutscher et al., 2000; Bernal, 2002), se produce debido a que ésta se introduce de forma lateral en la Placa Sudamericana funcionando como un sólido flotante (menor densidad) que produce el levantamiento del *slab*.

Según Gutscher et al. (2000), la segunda laguna sísmica le correspondería a la Meseta Inca, la cual encaja bien con el modelo desarrollado por los autores. Ellos deducen que la sección *flat slab* de la Placa de Nazca (entre 2.5°S y 12°S), se produjo por la subducción de la Dorsal de Nazca y la Meseta Inca, produciendo un levantamiento de la placa, ya que estas estructuras corresponderían los límites superior e inferior del *flat slab* (Figuras 4), mientras que la zona entre ambas, se produciría un arqueamiento producido por la gravedad (sag o combamiento).

CONCLUSIONES

Las estructuras tectónicas que se encuentran en la Placa de Nazca frente a la margen continental Peruana producen variaciones en la distribución espacial de la sismicidad. Estas estructuras por orden de importancia son: La Dorsal de Nazca; la Fractura de Mendaña; la Fractura de Nazca y; la Depresión Submarina de Trujillo. Estas estructuras actúan de dos formas sobre la distribución de la sismicidad. En primer lugar, aumenta la actividad microsísmica en la periferia de las estructuras y en segundo lugar, producen lagunas sísmicas. Para que se presente sismicidad deben alcanzar una cantidad de esfuerzo crítico necesaria para generar ruptura sobre estas estructuras, como la que ocurre en las zonas de contacto entre placas.

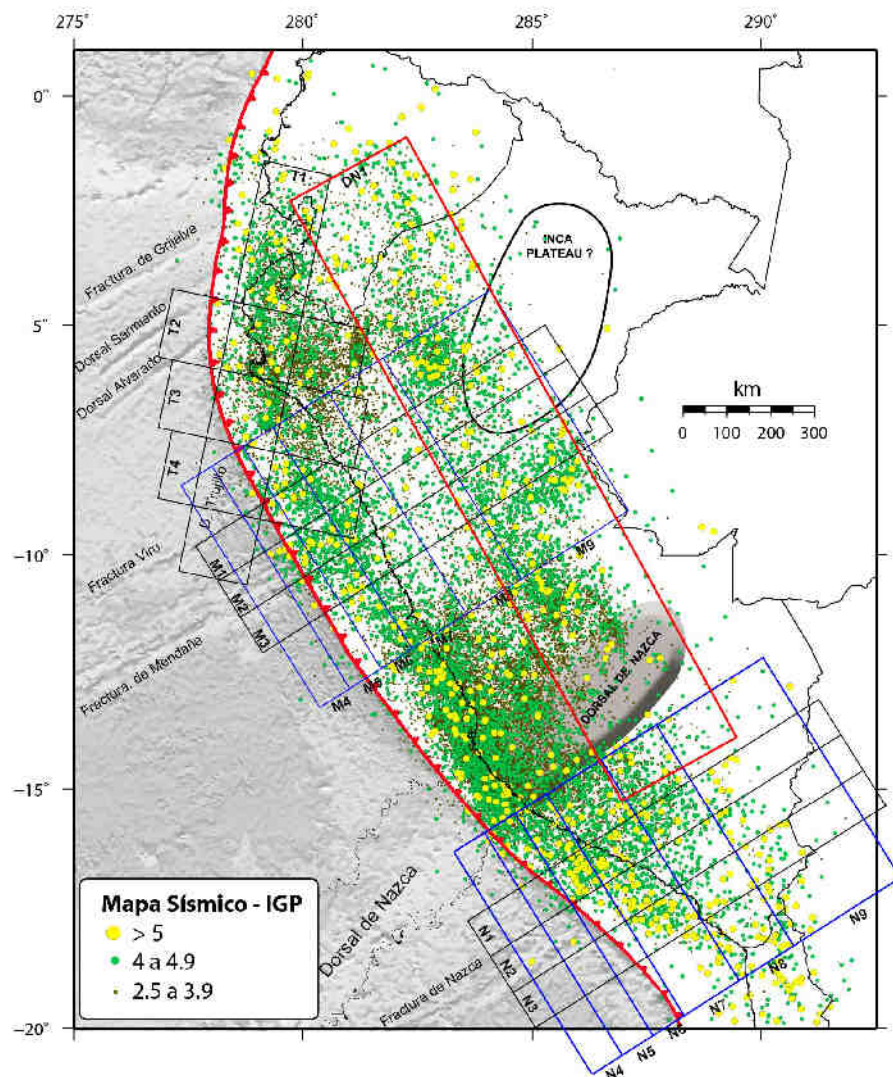
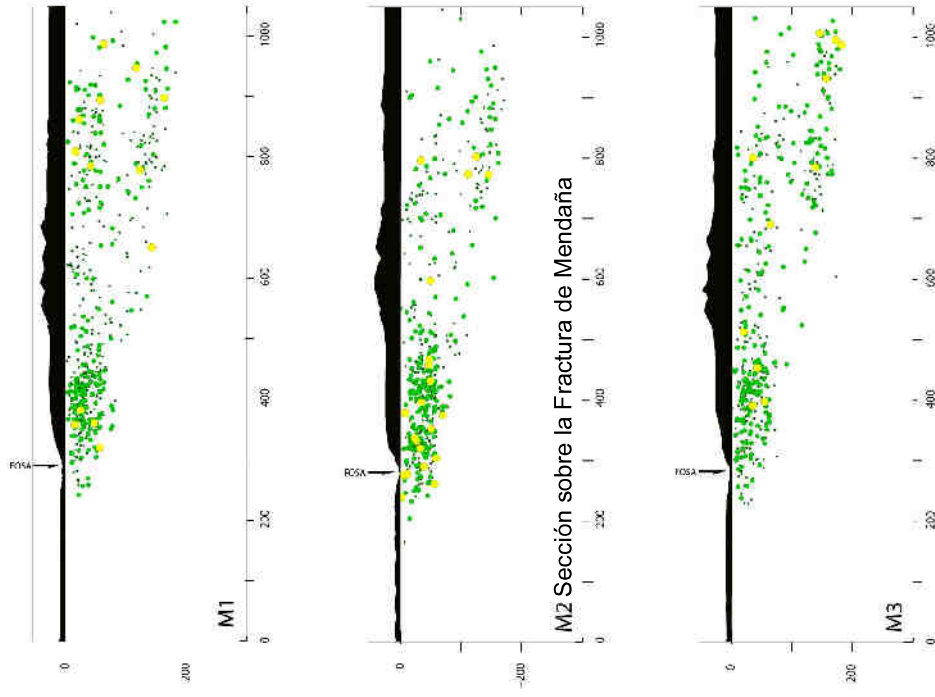


Figura 1. Mapa sísmico del Perú, los datos corresponden al IGP (1982-2005). Los marcos azules muestran las secciones transversales a la Fractura de Mendaña y Nazca respectivamente. Los marcos negros muestran las secciones longitudinales a la Fractura de Mendaña, Fractura de Nazca y la Depresión de Trujillo. El marco rojo indica la sección para la Dorsal de Nazca. y la probable Peseta “perdida” Inca, según Gutscher et al. (2000).

Secciones longitudinales a la Fractura de Mendaña



Secciones transversales a la Fractura de Mendaña

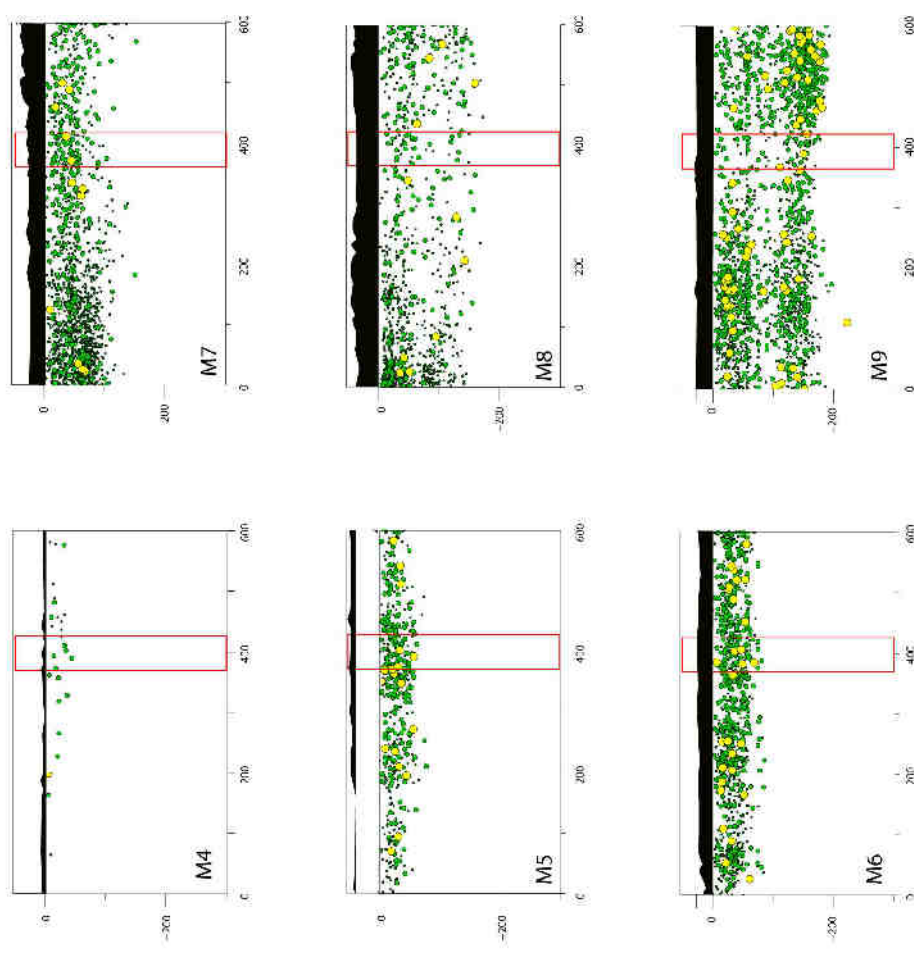
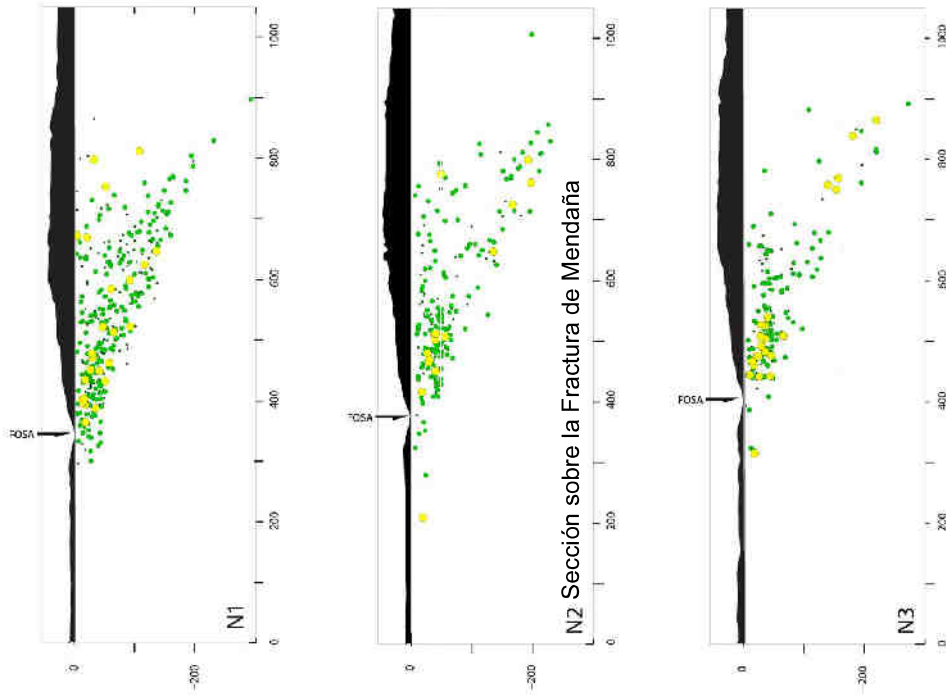


Figura 2. Secciones paralelas (M1 a M3) y perpendiculares (M4 a M9) a la fractura de Mendaña (Mendaña Fracture Zone – MFZ). Cada sección está indicada en la figura 1. Los cuadros rojos indican la proyección de la fractura de Mendaña debajo de la Placa Sudamericana y las áreas negras representan la topografía (aumentada x5).

Secciones longitudinales a la Fractura de Nazca



Secciones transversales a la Fractura de Nazca

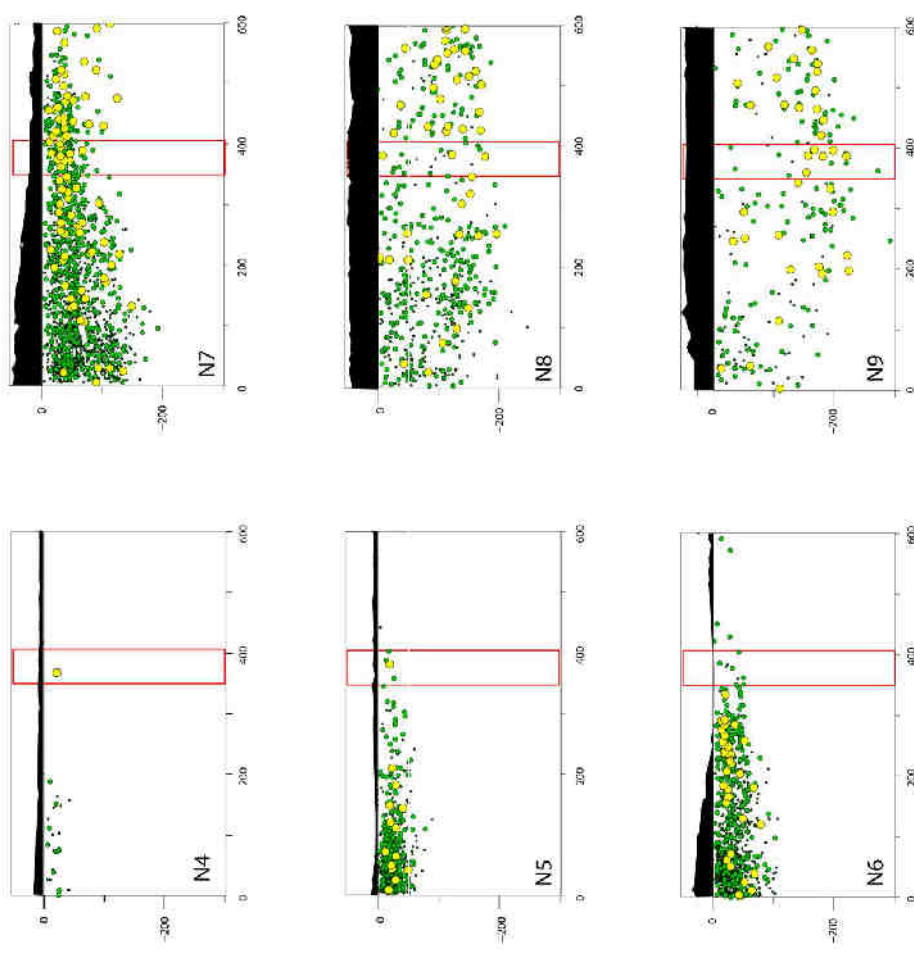


Figura 3. Secciones paralelas (N1 a N3) y perpendiculares (N4 a N9) a la Fractura de Nazca (Nazca Fracture Zone – NFZ). Cada sección está indicada en la figura 1. Los cuadros rojos indican la proyección de la Fractura de Nazca debajo de la Placa Sudamericana y las áreas negras representan la topografía (aumentada 5 veces).

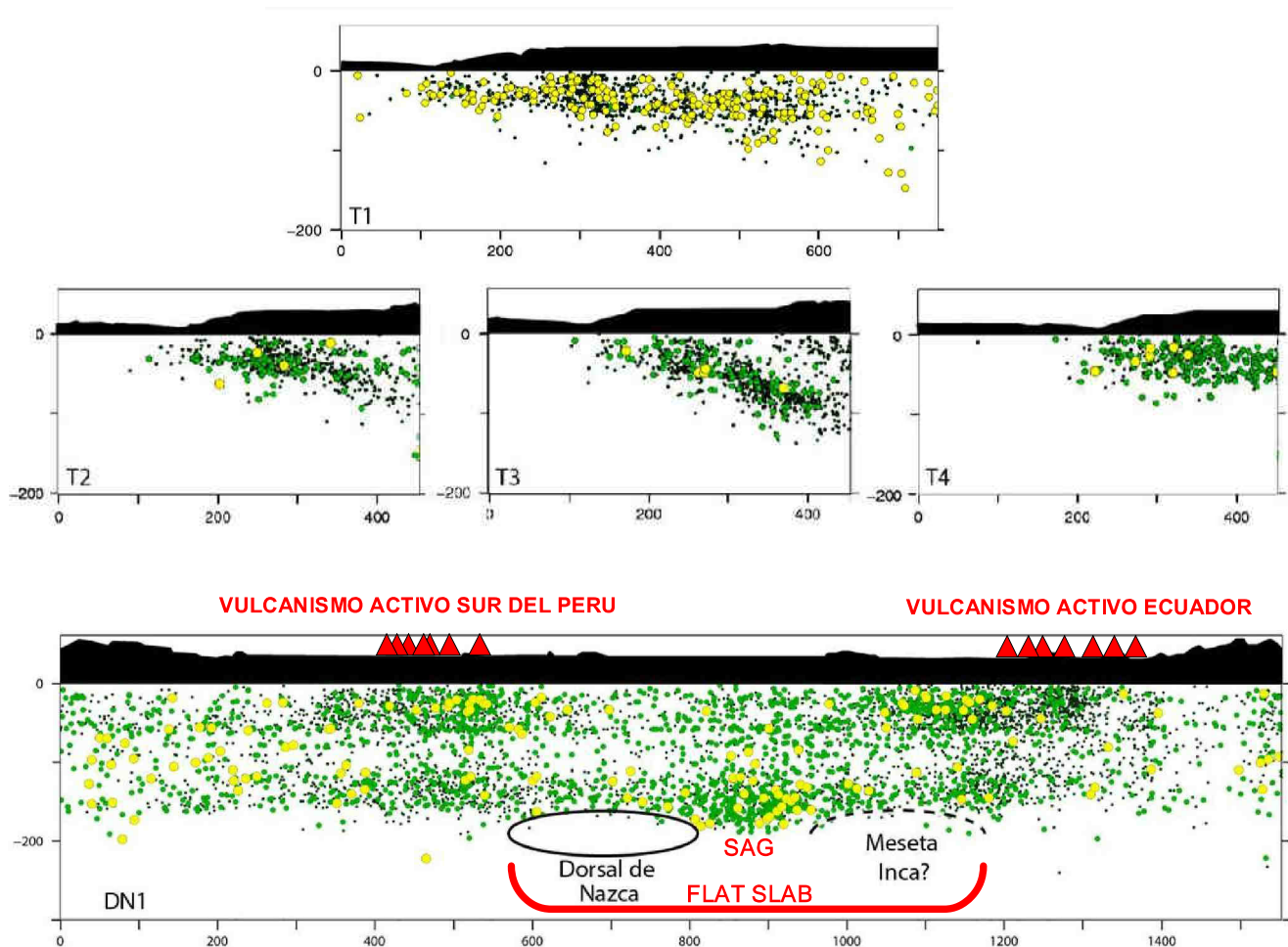


Figura 4. Sección paralela (T1) y secciones perpendiculares (T2 a T4) a la Depresión Submarina de Trujillo. Y la sección paralela a la fosa (IP). Cada sección está indicada en la figura 1. Los cuadros rojos indican la proyección de la Depresión Submarina de Trujillo debajo de la Placa Sudamericana y las áreas negras representan la topografía (aumentada x5).

REFERENCIAS

- Dalmayrac, B., Laubacher, G. y Marocco, R. 1980. Geologie des Andes Peruvienues, caracteres genetiaux d'évolution géologique des Andes Peruvienues. *Travaux en documents de l'OR.S.T.O.M.* 96, p. 217.
- Bernal, I. 2002. Aproximación a un Modelo Detallado de la Sismicidad en el Perú: Características y Evaluación de la Energía Sísmica Liberada. *Tesis de grado UNSA*. p. 170.
- Gutscher, MA, Spakman, W., Bijwaard, H. and Engdahl, E. R. 2000. Geodynamics of flat subduction: Seismicity and tomography constrains from the Andean margin. *Tectonics*, 19: p. 810-833.
- Hampel A. 2002. The migration history of the Nazca Ridge along the Peruvian active margin: A re-evaluation, *Earth and Planetary Science Letters*, 203: p. 665-679.
- Hampel, A., Kukowski N., Bialas J., Huebscher C., Heinbockel R. 2004. Ridge Subduction at an erosive margin: The Collision Zone of the Nazca Ridge in Southern Peru, *Journal of Geophysical Research*, 109-B02101.
- Macharé J., Sébrier M., Huamán D. y Mercier, J. L. 1986. Tectónica cenozoica de la margen continental peruana. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, Vol 76: p. 45-77.
- Megard F. 1978. Etude geologique des Andes du Pérou Central: *Memoires ORSTOM*, 86 : p. 310, Paris.
- Robinson D. P., Das S. and Watts A. B. 2006. Earthquake Rupture Stalled by a Subducting Fracture Zone. *Science*, 312: p. 1203-1205.
- Tavera, H. 1998. Mecanismo focal de terremotos en el Perú y sismotectónica. *Ph.D. Tesis, Universidad Complutense de Madrid*, España.
- Vogt P., Lowrie A., Bracey D. and Hey R. 1976. Subduction of oceanic ridges: Effects on shape, seismicity and other characteristics of consuming plates boundaries. *Geological Society of America Special Paper*, 172: p. 59.