

SISMICIDAD CORTICAL Y SU RELACION CON FALLAS ACTIVAS Y ANOMALIAS GRAVIMETRICAS EN EL NORTE DEL PERU

Ana Soles amsv01@hotmail.com
Laurence Audin laurence.audin@ird.fr
Hugo Perfettini hugo.perfettini@ird.fr
Hernando Tavera hjtavera@geo.igp.gob.pe

RESUMEN

El presente estudio se enfoca en el análisis sismotectónico entre los paralelos -3°N a -8°N y -80°W a -74°W (Figura 1) para definir las zonas que registran deformación cortical en el norte de Perú. De hecho se considera que el norte de Perú es la zona menos sísmica del país, pero en detalle es el primer estudio que enfoca sobre el tema de sismicidad cortical en esta zona. A partir de los datos del Catálogo del Instituto Geofísico del Perú para el periodo 1982 al 2005 con magnitudes hasta 6.4 mb con profundidades entre 0-247 Km, recopilación de fallas mapeadas publicadas anteriormente y con la data gravimétrica obtenida de altimetría satelital (Sandwell and Smith, 1997) desarrollamos un análisis de la sismicidad superficial del norte del Perú y de su relación con fallas activas. Correlacionando los datos sísmicos y los datos estructurales encontramos

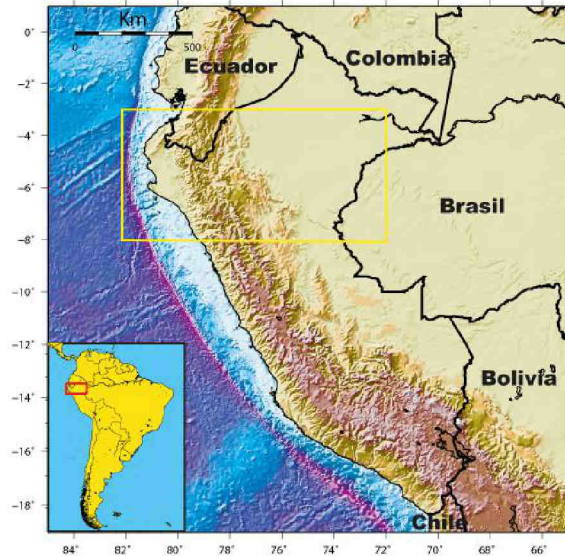


Figura 1: Ubicación del área de estudio.

una importante actividad sísmica cortical en ciertas regiones por profundidades de rango entre 0-50 Km.(Figura 4) que probablemente esta relacionada a fallas activas con controles estructurales antiguos. Además se generó un mapa gravimétrico del área de estudio con datos de anomalías gravimétricas free air satelital (mGal, Sandwell & Smith, 1997). Las fuertes anomalías gravimétricas positivas entre 80-120 mGal han sido anteriormente correlacionadas con los macizos paleozoicos y precambrianos existentes (Figura 3) que presenta esta zona (Mourier, 1988) y se ha denotado en este estudio que además están relacionados a la sismicidad cortical. Siendo por lo tanto una correlación sísmica-gravimétrica-geológica. Las zonas límites entre las anomalías fuertes positivas al paso a las negativas (0-40 mGal) tienen una fuerte correlación con la sismicidad que ha sido observada en esta área (Figura 5).

INTRODUCCION

El Perú por encontrarse en una zona de subducción activa presenta una intensa actividad sísmica especialmente a lo largo de la zona Wadati-Benioff. En esta zona han ocurrido sismos de grandes magnitudes $M_w=8.2$ en el sur del Perú (Tavera et al, 2002). El buzamiento en el norte del Perú de la placa que entra en subducción (placa de Nazca) para pasar debajo de la placa Sudamericana es subhorizontal (Barazangi M. and Isacks B., 1976). Este buzamiento subhorizontal llamado '*flat slab*' es el principal factor que determina esta diferencia entre la zona norte y sur del Perú. Una de las consecuencias de esta diferencia es la ausencia vulcanismo actual en la presente área de estudio (Gutscher et al, 2000). Aunque en los catálogos sísmicos actuales no se han registrado sismos recientes con magnitudes momento $M_w=8$ en la zona norte del Perú en el análisis realizado se ha observado la presencia de fuerte actividad sismicidad cortical (0-50 Km) en la parte continental de la placa sudamericana. Esta sismicidad ha generado grandes daños especialmente en la zona de

Moyobamba (Alva H. y Chang L., 2000). Constituyendo así una amenaza para la población de sus alrededores lo cual motivo al estudio de esta zona. En el análisis realizado hemos encontrado una fuerte correlación entre la sismicidad y fallas mapeadas por publicaciones anteriores (Macharé et al, 2003). Por lo cual estas zonas correlacionadas son probablemente zonas de fallamiento activo. Además se observó relación entre la sismicidad y las anomalías gravimétricas.

DATA Y METODOLOGIA

Los datos analizados en el presente estudio consistieron en: a) Datos sísmicos de la Red Sísmica Nacional del Instituto Geofísico del Perú para el período 1982 al 2005, con magnitudes mb hasta 7, con profundidades hasta 247 Km. Esta data fue declusterizada obteniendo 7644 sismos. Luego de analizar los datos totales realizando cortes transversales que coinciden con los realizados por Tavera, 2006 se evidenció la presencia de sismicidad cortical (Figura 2). Seleccionamos la sismicidad a profundidades hasta 50 Km quedándonos con 4320 datos con magnitudes volumétricas con un máximo de 6.4 mb. b) Recopilación de fallas del mapa tectónico del Perú de INGEMMET y de fallas neotectónicas (Macharé et al, 2003). c) Datos de anomalías gravimétricas obtenidas a partir de altimetría satelital (Sandwell and Smith, 1997). d) Data topográficas obtenidas a partir de altimetría satelital (Sandwell and Smith, 1997). Todo estos datos fueron generados en el software Generic Mapping Tools - GMT (Wessel and Smith, 1998) obteniendo mapas que nos permitieron deducir nuestras conclusiones. Se ubicó la distribución sísmica que luego fue correlacionada con las fallas existentes en la zona según el Mapa Tectónico del Perú y fallas Cuaternarias, de los cuales se delimitaron zonas de acumulación sísmica que se alinean con algunas fallas (Figura 4). Se generó también un mapa de anomalías gravimétricas y se correlacionó con la sismicidad encontrando correlación entre sismos y zonas específicas de anomalías.

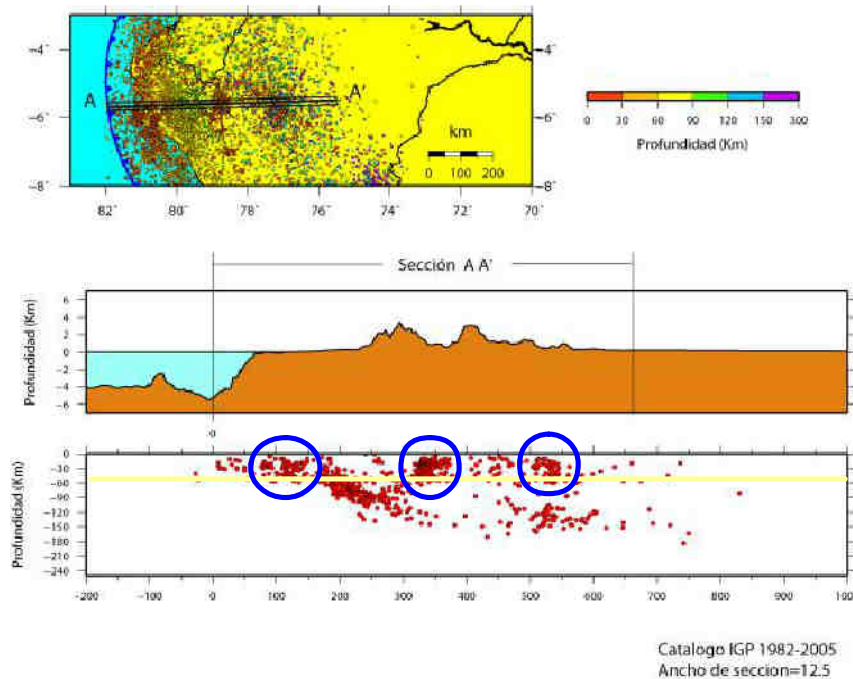


Figura 2: Corte transversal perpendicular a la fosa en la zona norte del Perú. Se observa acumulación de sismicidad en la parte continental a 350 Km de distancia respecto a la fosa en los alrededores de la Falla de Recodo y a 500 Km de distancia respecto a la fosa en la zona de Fallamiento Rioja-Moyobamba.

GEOLOGIA

Se describirá en forma resumida la existencia de los macizos antiguos antes mencionados debido a que están relacionados con parte del estudio. Estos se dividen según su antigüedad en:

ZÓCALOS PRECAMBRIANOS

Al sur del paralelo 5° Sur se exponen unas series metamórficas que fueron desarrolladas entre el Precambriano y el Paleozoico temprano. Estas rocas, teniendo en cuenta el grado de metamorfismo,

pueden ser diferenciadas en dos conjuntos metamórficos; el más antiguo; con seguridad de edad precambriana, correspondiente al Complejo del Marañón y el otro más joven, posiblemente a fines del Precambriano e inicios del Paleozoico, integrado dentro del Complejo Olmos y el Macizo de Illescas (Figura 3). Estos últimos forman parte de un basamento granulítico. (Boletín n°39, INGEMMET).

ZÓCALOS PALEOZOICOS

Al noroeste del Perú se ubican macizos paleozoicos aflorantes conformado por dos secuencias epimetamórficas hercinianas; la inferior consistente de filitas lustrosas, esquisotos manchados y metavolcánicos. Se pueden diferenciar dos secuencias epimetamórficas en razón de la litología predominante; la parte inferior, reconocida como el Grupo Salas consiste mayormente de filitas lustrosas y pizarras manchadas, alteradas con capas de cuarcitas foliadas, y la parte superior, denominada río seco, que se caracteriza por la predominancia de cuarcitas foliadas, gris oscuras, con venillas de cuarzo, alternadas con niveles de filitas y algunos niveles de pizarras (Boletín n°54, INGEMMET). Estos macizos paleozoicos son: el Macizo Amotape-Tahuin al noroeste del Perú y el Macizo Paita al sur del Macizo de Amotape-Tahuin (Figura 3).

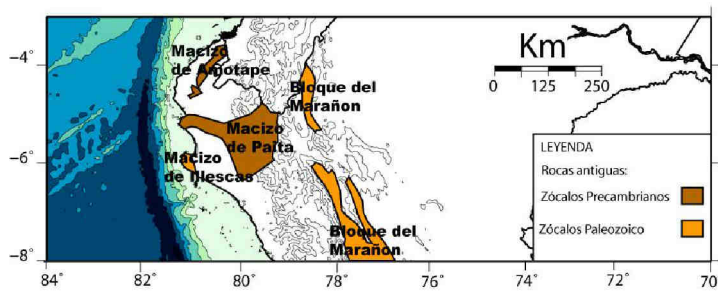


Figura 3: Ubicación de Bloque levantados en épocas Mesozoicas. Según INGEMMET, estos bloques se dividen según su edad en: Zócalos Precambrianos: Complejo de Marañón, Complejo Olmos-Morropón, Macizo de Illescas y Zócalos Paleozoicos: Macizo Amotape-Tahuin, Macizo Paita. Esquema tomado de Boletín N° 32 de la Serie A de INGEMMET.

DISCUSION

J. C. Villegas (comm. pers.) a partir del modelo de velocidades con datos actuales ha determinado que el espesor de la corteza para el norte del Perú es de 50 Km. Siendo por lo tanto la sismicidad correspondiente para esta profundidad sismicidad cortical, lógicamente se observa que la corteza es de menos espesor que en los Andes Centrales.

Utilizando esta afirmación y los datos del Catalogo sísmico del IGP se analizó la distribución sísmica cortical, sismicidad con profundidades entre 0-50 Km, y se relacionó con las fallas del Mapa Tectónico del Perú y fallas Cuaternarias encontrando una relación estrecha entre la sismicidad y las siguientes fallas (Figura 4). En la zona subandina tenemos dos zonas de gran actividad sísmica.

- a) Falla Recodo: Corresponde a una falla inversa de alto ángulo buzando hacia el oeste con orientación NW y de gran recorrido kilométrico, cuya prolongación es reportada a lo largo del territorio ecuatoriano cambiando de orientación NE, fallando el Batolito de Zamora. En la localidad El Recodo, cerca al puerto Chichipe-San Ignacio, se observa claramente que el Grupo Goyllarisquiza se ha elevado poniéndose en contacto lateral con la formación Chulec (INGEMMET). Ocurriendo en esta falla un alineamiento con la sismicidad cortical asociado con mecanismos focales consistentes con el buzamiento y la cinemática de los sistemas de falla. (Figura 4).
- b) Zona de falla Rioja-Moyobamba: La zona de fallas de Rioja-Moyobamba comprende un conjunto de fallas en la zona de faja plegadas y corridas del Subandino Peruano. Estas fallas corresponden a un fallamiento de tipo inverso con alto buzamiento hacia el oeste. La ocurrencia de sismicidad cortical tanto histórica como actual (1927, 1968, 1990, 1991) nos dan un indicio de la activación recurrente de estas fallas (Alva y Chang, 2003).

En la zona costera cercana al margen continental tenemos actividad sísmica en las siguientes fallas.

- a) Falla Amotapes: que esta controlada por el macizo de Amotapes. Presentándose fallamiento en bloques de alto ángulo. En esta zona también se ha encontrado gran actividad sísmica que este relacionada con fallamiento activo, observándose en la geomorfología y con firma topográfica.
- b) Zona de falla Illescas: La falla Illescas es un accidente Tardi-Herciniano, reactivado durante varias fases tectónicas del Terciario, constituyendo en la actualidad una zona de falla tectónicas del Terciario; caracterizada por un sistema de fallas regionales de dirección NO-SE, y de juego complejo (INGEMMET). La actividad sísmica actual a lo largo de esta falla ha sido observada

Utilizando datos gravimétricos satelitales proporcionados por Scripps Institution of Oceanography, Universidad de California. Se generó un mapa de anomalías gravimétricas para el área de estudio, encontrado fuertes anomalías positivas que se relaciona con los macizos antiguos según la geología de esa zona con macizos Precambrianos y Paleozoicos (Mourier, 1988; Figura 3 y 5). A la vez como vimos anteriormente las fallas activas que hemos descritos anteriormente se ubican al borde de estos macizos antiguos. Existiendo una relación sísmica, gravimétrica y estructural de vital importancia para el entendimiento de estos procesos tectónicos.

CONCLUSION

La relación existente entre la actividad sísmica, los macizos antiguos y las fallas que presenta el área de estudio denotan indirectamente el control estructural que estos macizos ejercen sobre las fallas las cuales presentan sismicidad activa actualmente. Las perspectivas de este trabajo serian de proporcionar índices sobre el comportamiento de la zona interplaca (Tavera et al., 2006; Audin et al. 2008).

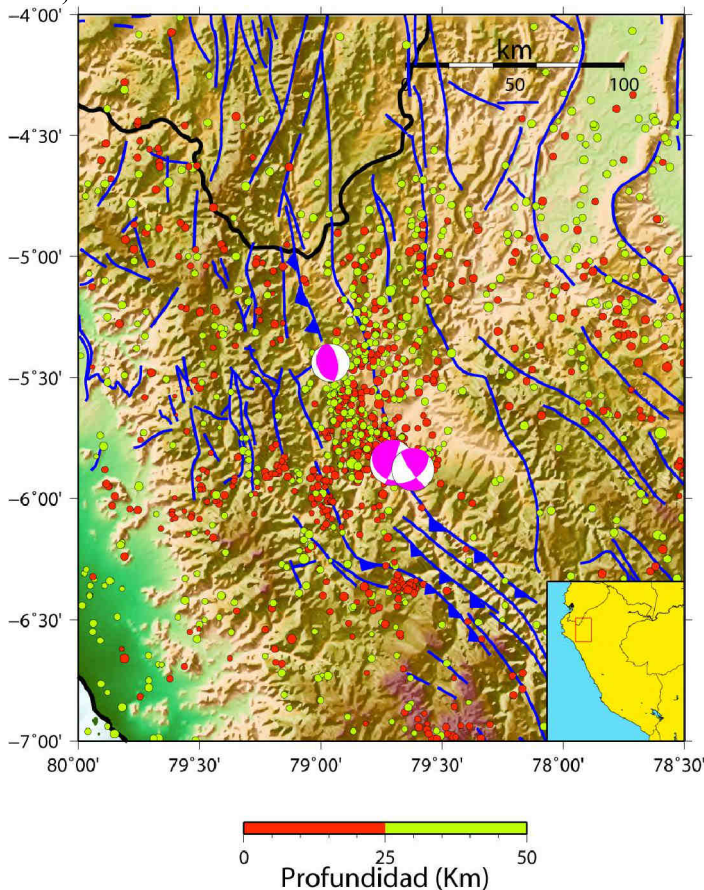


Figura 4: Relación de la sismicidad con fallas que se presentan en el área de estudio. Zona en las cercanías de la cuenca Bagua. La sismicidad se correlaciona con las fallas y además con los mecanismos focales tipo inverso y transpresionales.

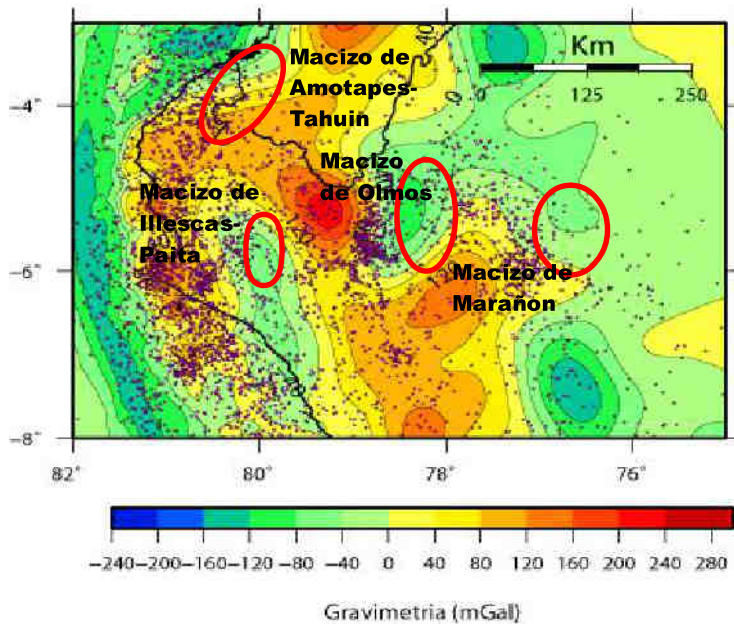


Figura 5: Correlación entre la gravimetría y la sismicidad delineados en rojo. Estas zonas se correlacionan entre 0 a 40 mGal de la anomalía gravimétrica.

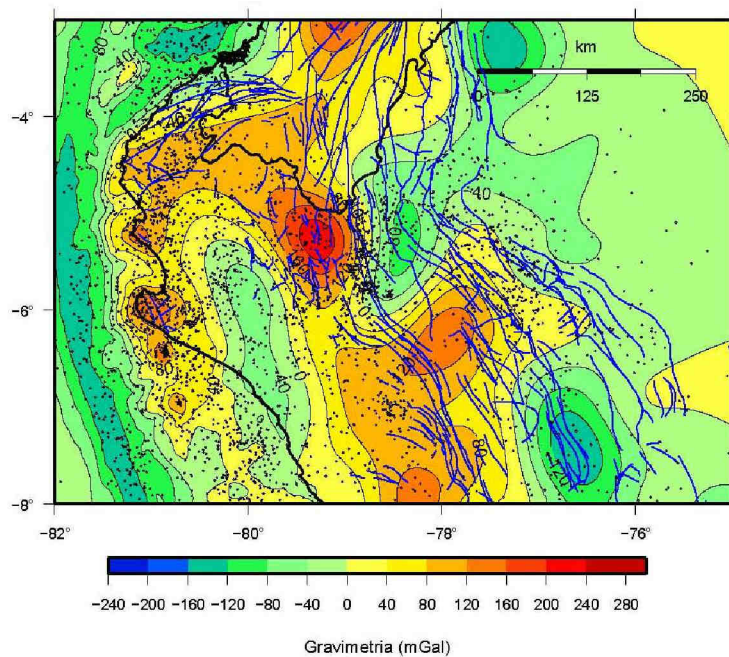


Figura 6: Fallas presentes en el área de estudio. Obsérvese la correlación de algunas fallas con la sismicidad y la anomalía gravimétrica de 0-40 mGal.

REFERENCIAS

- Alva H. Y Chang L. 2003. Efectos de sitio en Alto Mayo Sismos 1990-1991, XVII Simposio Vulnerabilidad sísmica y efectos de sitio, Centro Peruano Japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres.
- Audin, L., Lacan, P., Tavera, H., Bondoux F. Upperplate deformation and seismic barrier in front of Nazca subduction zone: The Chololo Fault System and active tectonics along the Coastal Cordillera, southern Peru, *Tectonophysics*
- Barazangi M. & Isacks B. 1976. Spatial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca plate beneath South America. *Geology*, vol. 4, p. 686-692.
- Braban S. 1987. Apport de la gravimétrie à l'étude du NordOuest péruvien. Séminaire Géodynamique Andes Centrales. Résumés, ORSTOM, Paris, p. 47.

- Gutscher et al. 2000. Geodynamics of flat subduction: Seismicity and tomography constrains from the Andean margin. *Tectonics*, vo. 19, p. 810-833.
- Macharé J., Fenton C., Machette M., Lavenu A., Costa C. and Dart R. 2003. Database and Map of Quaternary faults and folds in Peru and its offshore region. United States Geological Survey Open-File Report, vol 03. p. 49.
- Mourier et al. 1988. L'évolution mésozoïque des Andes de Huancabamba (nord Pérou-sud Équateur) et l'hypothèse de l'accrétion du bloc Amotape-Tahuin. *Bull.Soc.géol. France*, n°1, p. 69-79.
- Sandwell D. and Walter H. Smith. 1997. Marine gravity anomaly from GEOSAT and ERS 1 satellite altimetry. *Journal of Geophysical Research*, vol. 102, n° B5, p.1039-1054.
- Sandwell D. and Walter H. Smith, 1997. Global seafloor topography from satellite altimetry and ship depth sounding, *Science*, vol. 277, p.1956-1961.
- Tavera H. et al. 2002. The Arequipa (Perú) earthquake of June 23, 2001, *Journal of seismology*, vol. 6, p. 279-28.
- Tavera H. et al. 2006. Inference on the geometry of the Nazca Plate in Northwestern Perú based on data collected by local seismograph network. *Earth Science Research Journal*, vol. 10, n°1, p 15-24.
- Wessel P. & Smith W.H. 1998. Improved version of the Generic Mapping Tools released. *EOS Transactions (American Geophysical Union)*, p. 79-579.