



XVIII Congreso Peruano de Geología

CARACTERISTICAS DE LOS BLOQUES LITOSFERICOS EN LA ZONA DE SUBDUCCION DE PERU

Leonidas C. Ocola A

Laboratorio de Física de la Tierra, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú (email: locolaa@unmsm.edu.pe)

1. Introducción

La dinámica interna del globo terrestre produce una red de bloques litosféricos interrelacionados que movilizan la corteza y el manto superior. El manto y la corteza terrestre constituyen un medio continuo, en constante movimiento. Los límites o márgenes de estos bloques litosféricos, que Isacks et al. (1968) los denomina placas son: Cordilleras oceánicas o zonas de creación y divergencia de los bloques litosféricos, zonas de convergencia o subducción (destrucción), zonas de conservación o movimientos laterales.

En los márgenes de convergencia da lugar a las grandes cordilleras, fosas oceánicas, retorno de material litosférico a manto, modula la morfología y la tectónica. De este proceso, resultan fenómenos episódicos como sismos, erupciones volcánicas, fenómenos geológicos de superficie, etc.

La litósfera es la capa de mayor rigidez en el globo terrestre, con espesor variable, 70-100 km bajo las cuencas oceánicas y 100-150 km bajo los continentes (Lowrie, 2007), por debajo de estas profundidades se encuentra la astenósfera, material del manto superior en estado sólido pero que puede fluir, debido a sus propiedades reológicas.

2. El bloque litosférico de Nazca

2.1 Márgenes

El bloque litosférico Nazca tiene como márgenes el "Rift de Galápagos" (que se extiende hasta las costas de Panamá) por el norte, la Cordillera del Pacífico Oriental por el oeste, la Cordillera de Chile por el sur,

y la fosa Marina de Perú-Chile que se extiende por todo el borde occidental de América del Sur, desde Panamá hasta $\sim 46^\circ$ Sur de latitud, corresponde al fondo oceánico de la Placa de Nazca (Rea, 1981).

Los principales elementos morfológicos del fondo oceánico son: La Cordillera del Pacífico Oriental, la Cordillera de Galápagos, las cordilleras transversales a la fosa marina de: Carnegie frente al sur de Ecuador, Grijalva, Navarro y Sarmiento frente a Tumbes y Piura en el NW peruano, Nazca en el sur de Perú, Iquique norte de Chile, y Juan Fernández frente a Chile Central: las zonas de fractura de Mendaña, Nazca, Challenger, y Juan Fernández; las cuencas sedimentarias: Perú, Bauer y Yupanqui; la fosa marina Perú-Chile, y un segmento de fosa marina truncado al norte de la fractura de Mendaña.

2.2 Morfología y estructura superficial

Los estudios oceanográficos han producido un cartografiado detallado de las anomalías magnéticas de los materiales del fondo oceánico. La anomalía magnética 22, que se presenta en la región frente al codo de Arica, corresponde al fondo marino más antiguo ~ 50 Ma, la anomalía magnética 10, la más joven cercana al bloque litosférico continental, se encuentra frente a Paita, corresponde a la isócrona de ~ 28 Ma. Las edades citadas son coherentes con los valores calculados por Muller et al. (2008).

La anomalía magnética 10, documenta el desplazamiento del fondo oceánico en la dirección NE-E de ~ 300 km a lo largo de la fractura Challenger ($\sim 36^\circ$ S latitud), ~ 560 km a lo largo de la fractura Nazca ($\sim 24^\circ$ S latitud), y 900 km a lo largo de la fractura Mendaña ($\sim 11.5^\circ$ S latitud). Estos

desplazamientos de la capa límite del fondo oceánico del bloque litosférico de Nazca ha tenido un efecto importante en la geometría de la zona de interacción de los bloques litosféricos continental y oceánico, como lo refleja la geometría de la zona sísmica de Benioff.

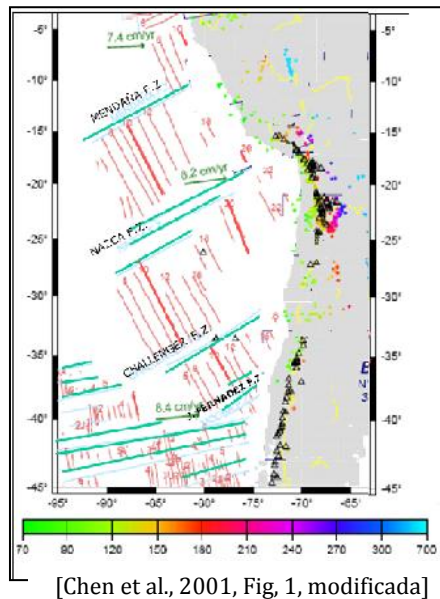


Fig.1: Anomalías magnéticas: Placa Nazca-Líneas rojas líneas verdes: Fracturas, flechas verdes: Movimiento litosférico – fondo oceánico, triángulos: volcanes, puntos en colores: sismos

2.3 El flujo de calor interno

Los datos de flujo de calor internos del bloque litosférico Nazca no son abundantes. Se cuenta con datos desde Panamá hasta la latitud de $\sim 20^{\circ}\text{S}$, entre la longitud de 90°W y la fosa marina (Yamano y Uyeda, 1990).

Los valores al norte de la Cordillera Carnegie (frente a Ecuador) son relativamente altos con respecto a los del sur de esta cordillera. En general, los valores frente a Perú están muy por debajo del promedio global para fondos oceánicos que es $\sim 105 \text{ mW/m}^2$ (Davis y Davis, 2010)

El bloque litosférico de América del Sur corresponde a la denominada Placa de Sud América, y el oceánico a la denominada Placa de Nazca. El concepto que conlleva el término placa, por definición, entre otras, es "Lámina, plancha o película que se forma o está superpuesta sobre un objeto" o "Geol. Cada una de las grandes partes semirrígidas de la litósfera que flotan sobre el manto y cuyas zonas de choque forman los cinturones de actividad volcánica, sísmica o tectónica" (RAE, 2001). Este concepto no describe el proceso geodinámico del manto-corteza terrestre.

3. Bloque litosférico América del Sur

3.1 Márgenes y morfología general.

El bloque litosférico América del Sur tiene como márgenes por el oeste la fosa marina de Perú-Chile, por el este la Cordillera del Atlántico medio, por el norte los bordes con los bloques de América del Norte y por el sur el borde de la Antártida, a través de los bloques litosféricos menores del Caribe y el Mar de Escocia, respectivamente.

La morfología está dominada por las montañas de los Andes en el borde occidental, sobre la zona de subducción del bloque litosférico Nazca. Al este de los Andes se desarrollan las cuencas de la Amazonía y los llanos Argentino-Patagónicos. La estructura y tectónica continental es compleja. La curva de nivel de 3000 msnmm refleja la intensidad del efecto dinámico de la interacción del proceso de subducción por debajo del bloque de América del Sur. El Altiplano Perú-Bolivia se presenta como un elemento morfológico de gran desarrollo al sur de la deflexión Pisco-Abancay, en cambio al norte de la deflexión, no hay altiplano, el ancho de la cordillera es menos de la mitad de la del altiplano, y en las regiones de La Libertad, Piura y Tumbes, en el norte de Perú, la cordillera no alcanza los 3000 m de altitud.

3.2 Volcanes activos

Al sur de la deflexión de Pisco-Abancay hay volcanes activos tanto en Perú como en el norte de Chile. Por otro lado, al norte de la deflexión Pisco-Abancay hasta el sur de Ecuador no hay volcanes activos. La presencia o ausencia de actividad volcánica está estrechamente vinculada a la geometría del proceso de subducción.

3.3 Flujo de calor interno terrestre

El promedio del flujo de calor interno para los continentes en el globo terrestre es de 70.9 mW/m^2 (Davies y Davies, 2010). El patrón de la distribución del flujo calórico muestra anomalías positivas en las zonas de los volcanes de Perú-Chile y del Ecuador. En la zona intermedia, entre la de los volcanes, se presenta una anomalía negativa, los valores están muy por debajo del promedio continental.

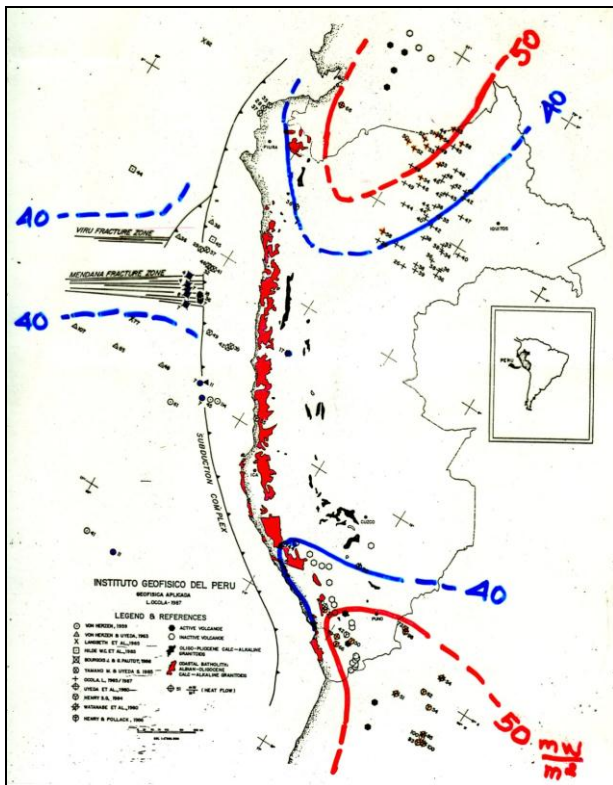


Figura 2: Anomalías de flujo geotérmico en Perú y fractura de Mendaña (Ocola L., 1985)

3.4 Anomalía geoidal

El conocimiento y documentación del campo gravitacional terrestre es fundamental para el cálculo de la efemérides de las órbitas satelitales, particularmente, la de las constelaciones que utiliza la geodesia espacial. Los países han contribuido con datos gravimétricos observados en su territorio. El Perú contribuyó desde 1958. Los datos Latinoamericanos fueron integrados en un sistema Latinoamericano de información gravimétrica (SILAG) por el IPGH (McConnel et al., 1979). Por otro lado, la exigencia de la geodesia satelital requería mejor cobertura tanto en continentes como en las áreas oceánicas. Para tal fin, NASA y ESA pusieron en órbita satélites para medir la gravedad y su gradiente. Uno de los objetivos era determinar la topografía del Geoide con alta precisión. Los resultados de NASA muestran una anomalía negativa en el bloque litosférico de América del Sur, en la zona peruana al norte de la deflexión de Pisco-Abancay y al sur del Ecuador. Esta anomalía del geoide correlaciona con la zona de bajo flujo de calor interno. En la zona sur de la deflexión Pisco-Abancay, la anomalía geoidal es positiva.

4. La actividad sísmica natural en la zona de subducción y segmentación de la zona de interacción de los bloques litosféricos

El material de la parte superior de los bloques litosféricos se moviliza debido a las corrientes de convección del flujo del manto terrestre, particularmente,

en la astenósfera. Los esfuerzos de arrastre se transmiten hacia la superficie, cuya rigidez aumenta conforme se hace más superficial. En la zona de interacción se acumulan esfuerzos que en algún momento sobrepasarán el grado de fricción o resistencia última del material produciendo una inestabilidad mecánica, liberando, episódicamente, energía y causando desplazamientos. Los sismólogos han cartografiado esta zona de interacción localizando los eventos episódicos: Los sismos. A esta zona de interacción de las correspondientes capas límites de los dos bloques litosféricos se le denomina la zona de Benioff.

Un perfil longitudinal de la sismicidad de la Zona de Benioff, desde Panamá hasta el sur de Chile, muestra que la zona de interacción está segmentada tanto en profundidad como en su geometría por debajo del bloque litosférico de América del Sur. La segmentación ocurren en dos grupos: Uno en el cual la penetración de la zona de Benioff se inicia en la fosa marina y penetra con un buzamiento de $\sim 30^\circ$ (subducción normal) y el otro, se inicia en la fosa con buzamiento $\sim 20^\circ$ (subducción anormal), permaneciendo por tramos casi horizontal. La transición entre ambos bloque es relativamente gradual, en las denominadas zonas de contorsión (Grange et al., 1984, Dougherty and Clayton, 2015)

El primer caso se presenta en el sur de Perú: Sur de la deflexión tectónica superficial de Pisco-Abancay. El segundo caso se presenta al norte de dicha deflexión.

5. Conclusiones

Las características de las manifestaciones de la dinámica de los bloques litosféricos que interaccionan en el borde del continente de América del Sur, se puede resumir en las siguientes conclusiones:

1. La estructura de la zona de convergencia de los bloques litosféricos está segmentada en dos tipos: Uno denominado subducción normal y el otro subducción subhorizontal o anormal.
2. El bloque denominado subducción normal tiene: Una zona de Benioff con buzamiento de 30° o más, volcanes activos, una anomalía positiva de flujo de calor terrestre, y una anomalía geoidal positiva.
3. El bloque denominado subducción anormal tiene: Una zona de Benioff con buzamiento menor de 30° cuasi subhorizontal, no hay volcanes activos, tiene una anomalía negativa del flujo de calor terrestre, y una anomalía negativa geoidal.
4. El bloque litosférico oceánico está afectado por extensas fracturas que se desarrollan desde la cuenca de Bauer hasta la fosa marina. Las anomalías magnéticas documentan grandes desplazamientos horizontales cuya dimensiones aumentan de sur a norte desde la latitud $\sim 36^\circ$ S. El desplazamiento extremo ocurre en la latitud $\sim 11^\circ$ S, la anomalía del flujo de calor es negativa, particularmente, frente al bloque de subducción anormal de Perú.

5. Una litósfera oceánica fría frente al norte de la contorsión de Pisco-Abancay debe tener una influencia de primer orden en al proceso de subducción anormal.

Agradecimientos

El autor agradece al revisor del manuscrito por las observaciones y sugerencia hechas. Estas han permitido mejorar la preparación final del presente documento.

Referencias

Davies J.H., D.R. Davies, 2010, Earth's surface heat flux. EGU. Solid earth, p 5-24.

Dougherty, S., y Clayton R. W., 2015. Seismic structure in southern Perú: Evidence for a smooth contortion between flat and normal subduction of Nazca Plate. *Geophys. J. Int.*, 200, p 534-555.

Grange F., Cunningham P., Ganepain J., Hatzfeld D., Molnar P., Ocola L., Rodríguez A., Roecker S.V., Stock J.M., Suarez G. 1984. The configuration of the seismic zone and downgoing slab in southern Perú. *Geophys. Res. Let.* V- 11, p 38-41.

Isacks, B., Sykes, L.R., Oliver, J. 1968. Seismology and the new global tectonics, *J. Geophys. Res.* V. 73, p 5855-99.

Lowrie, W. 2007. *Fundamental of Geophysics*. Cambridge University Press, pp381.

McConnel R. K., Winter P.J., y Geller R.F., 1979. Red Latinoamericana se normalización de gravedad 1977 (RELANG77), Instituto Panamericano de Historia y Geografía, pp273.

Muller, R.D., Sdrolias M., Gaina, W.R., y Roest W.R., 2008. Ages, spreading rates and spreading symmetry of the world ocean crust. *Geochem., Geophys., Geosyst.*, v. 9, p 1-19.

Ocola L. 1985. Flujo calórico en el nororiente peruano: Cuenca Maraón. III Simposio Sudamericano de COGEOLOGIA, Tema No, 20, Lima, Perú.

Rea, D.K., 1981. Tectonics of the Nazca-Pacific divergent plate boundary, in *Nazca Plate: Crustal Formation and Andean Convergence* (Editors: LV. D. Kulm, J. Dymond, E-J-Dash, D.M. Hussong). The Geological Society of America, Inc. Memoir 154. 27-62.

RAE, 2001. *Diccionario de la Lengua Española*, Real Academia de la Lengua Española, Tolo II. Editorial Espasa Calpe S.A., Madrid, España.

Yamano M. y Uyeda S. 1990. Heat-flow studies in the Perú trench subduction zone, in *Proc. Ocean Drilling Program Sci. Results*, 112. Edited by S. Stewart, Ocean Drilling Program; College Satation, Tx, p 653-661.