

## Comportamiento tectónico de la Costa Sur del Perú durante el Cuaternario

José MACHARÉ<sup>1</sup> Luc ORTLIEB<sup>2</sup>

Durante los últimos años, los estudios neotectónicos realizados en la costa meridional del Perú se han enfocado principalmente hacia los movimientos verticales. Ello complementa observaciones previas referentes al fallamiento reciente, así como sobre los estados de esfuerzos cenozoicos de esta región. En este trabajo se discuten los aspectos cinemáticos de los levantamientos tectónicos experimentados por la región sur de la costa peruana y sus relaciones con la estructura y dinámica de corteza sobre la zona de subducción Nazca-América del Sur.

### Introducción

Los bordes de placas con subducción presentan a menudo costas en proceso de levantamiento. En el Perú, el comportamiento tectónico de la costa durante el Cuaternario es variable: mientras en un largo segmento central entre Chiclayo (7°S) y Paracas (14°S) no existe ninguna evidencia de levantamiento pleistoceno, las regiones tanto al norte como al sur de dichos límites presentan sistemas de terrazas marinas bien desarrollados que indican la ocurrencia de movimientos ascendentes (Sébrier et al., 1982; CERESIS, 1985; Ortlieb & Macharé, 1990). Recientemente se han desarrollado varios estudios sobre la geomorfología y la geocronología de los depósitos marinos cuaternarios que han permitido lograr avances sobre las tasas de levantamiento en algunos sectores de la costa meridional (Hsu, 1988; Hsu et al., 1989; Ortlieb et al., 1990; Goy et al., 1990, en prensa; Ortlieb & Macharé, en prensa). Sin embargo, aún no se conocen bien los factores que gobiernan dichos levantamientos. Así, el objetivo del presente trabajo es situar estos sectores estudiados en el contexto tectónico general de la costa peruana y luego analizar las influencias de las estructuras regionales y locales en los movimientos de cada zona.

### Segmentos costeros central y meridional del Perú: posición y naturaleza de su límite

En la zona costera, una importante inflexión de la línea de litoral, cerca a los 14°S, marca el límite morfológico entre la costa central y la costa meridional. Esta inflexión permite la aparición al sur, de las dos unidades orientales del antearco: la cuenca interna -rellena de sedimentos terciarios- y la Cordillera de la Costa -macizo de rocas precámbricas y paleozóicas- (Macharé et al., 1986)(Fig. 1). La presencia de estas dos unidades a lo largo de toda la costa meridional es una característica que

(1) Instituto Geofísico del Perú, Apartado 3747, LIMA 100  
(2) Misión ORSTOM, Apartado, 18-1209, LIMA 18

contrasta con el segmento central en donde ellas se hallan hundidas bajo el nivel del mar (Thornburg & Kulm, 1981). En esta región, existen estructuras mayores que podrían haber influido este límite morfotectónico, y estar relacionadas con la naturaleza ascendente de la costa. A continuación analizamos cuáles de ellas pueden tener una influencia en la tectónica costera reciente.

La Deflexión de Abancay es una rasgo antiguo de la corteza continental que se manifiesta por un cambio de la dirección estructural andina de NNW-SSE a E-W (Marocco, 1979). Ella involucra un ancho de más de 400 km (entre 12° y 16°S) y no se refleja por ninguna estructura geológica en la zona de Pisco. Sin embargo, consideramos que influyó en la distribución de las cuencas cenozoicas de antearco (cuencas Pisco y Moquegua), (Fig. 1) y por consiguiente, en las notables diferencias de comportamiento entre estos segmentos durante el Terciario.

Las reconstrucciones cinemáticas indican que los parámetros (azimut y velocidad) de convergencia de placas, así como la edad de la placa subducida no varían notablemente de norte a sur del Perú (Pardo & Molnar, 1987). Sin embargo, los estudios de sismicidad han mostrado que existen diferencias en la geometría de la zona de subducción (Hasegawa & Sacks, 1981). Así, en el Perú central, la Placa de Nazca subduce con un ángulo de 30° hacia el este, hasta los 100 km de profundidad donde ella se horizontaliza. En cambio, en el Perú meridional, el ángulo de subducción de 30° se mantiene hasta más de 300 km de profundidad. Pensamos que esta diferencia no debe influir por sí misma en el régimen tectónico de la costa ya que el cambio de geometría se produce por una torsión a la latitud de 16° y bajo la zona cordillerana (Grange et al., 1984)(Fig. 1).

La Dorsal de Nazca es un alto batimétrico de la Placa de Nazca que está subduciendo justamente bajo el segmento costero entre 14° y 16°S (Fig. 1). Se ha calculado que debido a la dirección de convergencia, esta dorsal tiene un movimiento de "barrido" de norte a sur respecto a la costa a una velocidad de 63.535 km/Ma (Macharé & Ortlieb, en prensa). De lo anterior se deduce que la Dorsal de Nazca no puede tener ninguna relación con la Deflexión de Abancay. En cambio es muy probable que sí esté ligada a la torsión de la placa subducida. Respecto a la zona costera, varios trabajos recientes han aportado datos que sustentan bien la hipótesis que la subducción de la Dorsal de Nazca ocasiona un fuerte levantamiento de la costa del dpto. de Ica (Moretti, 1982; Macharé, 1987; Hsu, 1988; Macharé & Ortlieb, en prensa).

En conclusión, la zona entre 15° y 16°S constituyó una bisagra separando dos cuencas en el Terciario, tal vez en nexa con la zona de Deflexión de Abancay. Independientemente, la subducción de la Dorsal de Nazca, localizada entre 14° y 16°S durante el Cuaternario, parece provocar una modificación en la geometría de la placa subducida a 100 km de profundidad. Para precisar el rol de estas megaestructuras, es preciso examinar con más detalle la geometría de las deformaciones verticales Cuaternarias de la costa.

## Marcadores geológicos y patrón de las deformaciones en la Costa Sur del Perú

### Antiguas líneas de costa

Las terrazas de abrasión marina, y en particular los pies de acantilados fósiles, son los mejores marcadores del nivel alcanzado por el mar durante las transgresiones pleistocenas (Ortlieb, 1987). Entonces, para caracterizar el levantamiento experimentado por una zona costera se requiere: identificar dichas antiguas líneas de costa, conocer su edad de formación y comparar su altura actual con su altura de formación, deduciendo así la magnitud del levantamiento y su velocidad. Sin embargo, existen varias fuentes de incertidumbre para lograr esto: en primer lugar, no se conoce precisamente la altura que alcanzó el nivel marino (paleogeóide) en cada uno de los episodios transgresivos (máximos interglaciales); en segundo lugar, los métodos actuales de fechamiento tienen rangos de aplicación y precisiones muy limitadas para terrazas anteriores al Pleistoceno superior (125 ka). Por otro lado, se debe considerar que los movimientos de una zona han podido ser discontinuos e irregulares en el tiempo, lo que limita la validez de los cálculos de velocidades promedio de levantamiento.

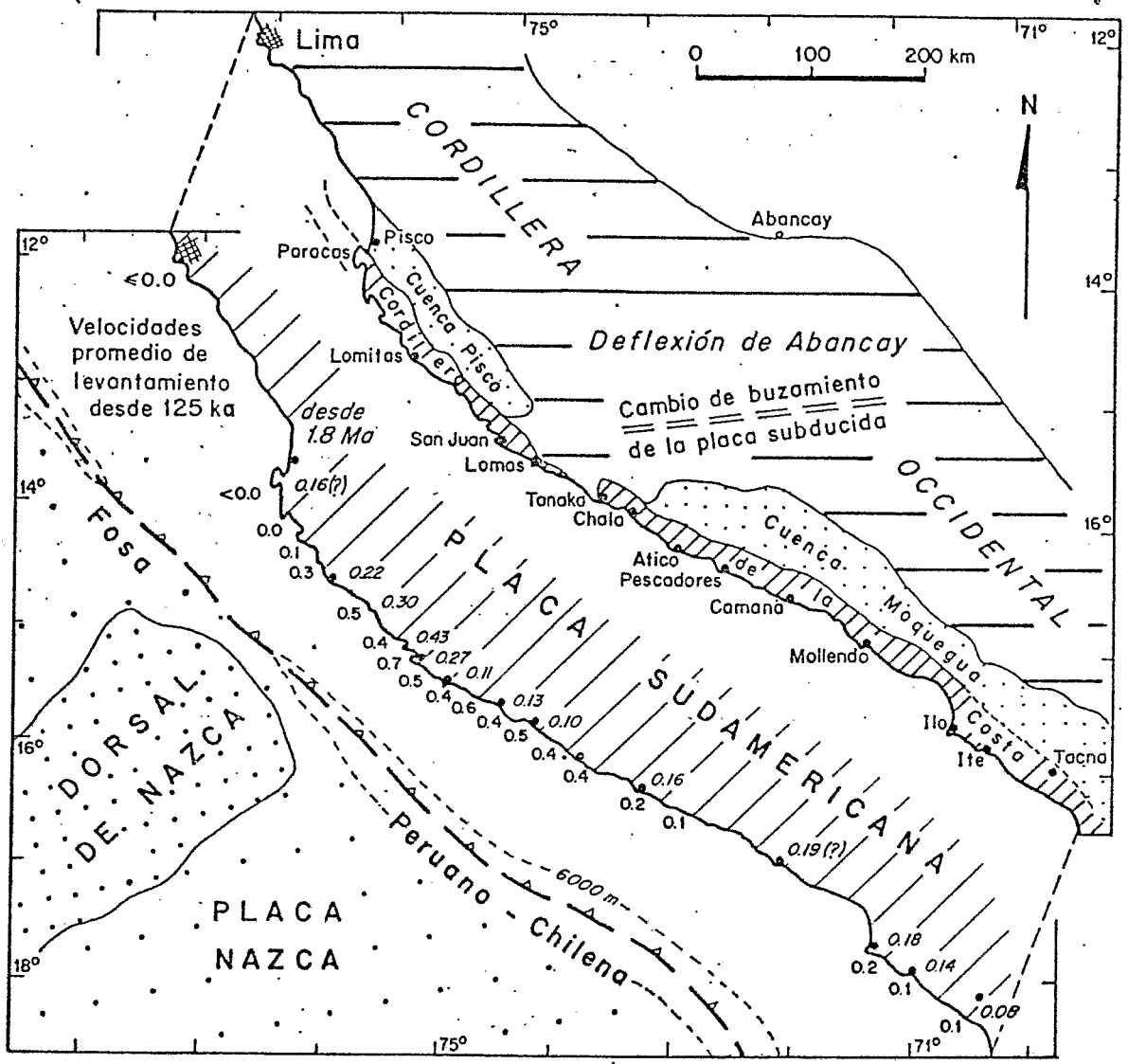


Figura 1

Elementos tectónicos mayores de la costa meridional peruana y velocidades medias de levantamiento en el Cuaternario

### Características del levantamiento a lo largo del litoral sur-peruano

Si bien los remanentes de antiguas líneas de costa son numerosos, solamente algunos sectores han sido estudiados con cierto detalle, habiendo particular escasez de información entre 17° y 18°S. Según los datos compilados por Ortlieb & Macharé (1990a) y Ortlieb et al. (este volumen), se puede apreciar lo siguiente (ver Fig. 1):

- El levantamiento de la costa sur durante el Cuaternario se ha efectuado con una velocidad promedio relativamente homogénea (variación de 0.08 a 0.18 m/10<sup>3</sup> años, con excepción de la zona comprendida entre Lomitas (0.30) y Lomas (0.27). El mayor levantamiento se produjo en San Juan de Marcona con una velocidad promedio de 0.43 m/10<sup>3</sup> años.
- El levantamiento que se ha producido en el Pleistoceno superior (desde 125 ka) es evidente solo a partir del sur de Bahía de la Independencia. La ausencia de terraza del último interglacial al norte de esta Bahía, y la existencia de terrazas marinas Pleistócenas más antiguas hasta Paracas, sugieren que esta región ha subsidido recientemente, después de su movimiento ascendente en el Cuaternario inferior y medio (?) (Macharé & Ortlieb, en prensa). Las velocidades de levantamiento en el Cuaternario superior son bajas cerca de la región subsidente (norte) y en toda la mitad sur del área (Fig. 1), siendo notoriamente más altas (0.4-0.5 m/10<sup>3</sup> años) entre Lomitas y Atico. En este último sector se halla San Juan-Marcona con 0.7 m/10<sup>3</sup> años., la más alta velocidad de levantamiento reportada en América del Sur.

### Factores que influyen en los levantamientos de la costa meridional

Como se puede observar en numerosas áreas peripacíficas (Ota, 1986), los márgenes continentales sobre zonas de subducción activa presentan en general costas emergentes. Las velocidades de levantamiento en la costa sur del Perú pueden parecer moderadas. Aún consideramos que el comportamiento de esta región es "normal" en relación a su posición tectónica. En ese sentido, es la costa del Perú central, sin levantamiento, quien presentaría un comportamiento anómalo (Macharé & Ortlieb, en prep.).

Aunque no se conocen a ciencia cierta las causas internas de dichos levantamientos asociados a las zonas de subducción, se podría pensar en obtener algunas explicaciones usando un acercamiento actualista en base a algún modelaje de las deformaciones cosísmicas (West & McCrumb, 1988). Según este tipo de modelos, sismos con  $M \geq 8$  producirían en la placa superior fenómenos de levantamiento en costas situadas a distancias de hasta 120 km de la fosa y hundimientos en costas situadas a distancias mayores. En el Perú, es interesante notar que la costa central, que no se ha levantado desde el Plioceno, se sitúa a distancias de 180-200 km de la fosa, mientras que la costa meridional, que sí ha experimentado levantamiento cuaternario, se halla a distancias menores (170 km al N de Ilo, 120 km en Chala, 80 km en San Juan-Marcona). Sin embargo, es difícil establecer relaciones directas entre la distancia a la fosa peruano-chilena y el comportamiento vertical cuaternario, ya que existe un gran elemento perturbador del sistema que es la Dorsal de Nazca (fig. 1). Por otro lado, quedan pendientes las interrogantes: ¿Es correcto transponer un modelo de deformación elástica, instantánea y reversible a un caso de deformación permanente y acumulativa a largo plazo?; y respecto a la relación causa-efecto: ¿La costa sur se levanta porque está cerca de la fosa o ella está cerca de la fosa porque se ha levantado?.

Habiendo aceptado que el levantamiento moderado del sur es normal, quedan por explicar las variaciones laterales, y en particular las zonas de movimientos fuertes. Por relaciones espaciales y temporales entre el patrón de deformación y las estructuras, se puede proponer que son estas estructuras regionales o locales las que superponen sus efectos al levantamiento general.

La subducción de la Dorsal de Nazca y su barrido de norte a sur dan cuenta del levantamiento del área frente a la cual subduce; sin embargo, no explica por qué el máximo levantamiento se halla en San Juan-Marcona, al sur de la proyección del eje de la dorsal (Macharé, 1987; Macharé & Ortlieb, en prensa), ni por qué la zona de levantamiento rápido durante el Pleistoceno superior se extiende

hasta 100 km al sur de su supuesta área de influencia. Pensamos que por un lado puede existir una "herencia" estructural del Terciario para la zona San Juan-Tanaka que le confiere una característica de umbral; se conocen movimientos pre-cuaternarios que levantaron el macizo de Huaricangana (N San Juan) (Macharé, 1987). Por otro lado, se han puesto en evidencia fallas locales que controlan los máximos de levantamiento de San Juan-Marcona, Alto Grande (N Lomas) y la Bahía de Chala (Huamán, 1985; Macharé, 1987; Goy et al., 1990, en prensa).

Concluimos entonces que la superestructura (interacción de placas), las megaestructuras (dorsales, umbrales) y las estructuras locales (fallas) contribuyen, interactuando de una manera aún no bien comprendida, con los movimientos tectónicos verticales recientes de la costa sur del Perú.

### Agradecimientos

Trabajo realizado en el Convenio de cooperación científica Instituto Geofísico de Perú-ORSTOM (UR 1E). Contribución al Proyecto PICG 274 y al Proyecto GGT del Programa Internacional de la Litósfera.

### Referencias

- CERESIS (1985).- Mapa neotectónico preliminar de América del Sur. 1/5'000,000. Inst. Geogr. Milit. Chile, 2 hojas.
- GOY ET AL. (1990).- *Bull. INQUA, Neotectonics Comm.*, 13, 72-73.
- GOY J.L., ET AL. (EN PRENSA).- Quaternary shorelines and neotectonics in southern Peru: the Chala embayment record. *Quatern. Intern.*
- GRANGE F. ET AL. (1984).- *Geophys. Res. Lett.*, 11, 38-41.
- HASEGAWA A. & SACKS I. (1981).- *J. Geophys. Res.*, 86, 4971-4980.
- HSU J. (1988).- PhD Thesis. Univ. Cornell, Ithaca, 310 p.
- HSU ET AL. (1989). *Quatern. Sci. Rev.*, 8, 255-262.
- HUAMÁN D. (1985).- Thèse Doct. Sci., Univ. Paris XI, 220 p.
- MACHARÉ J. (1987).- Thèse Doct. Sci., Univ. Paris XI, 391 p.
- MACHARÉ J. ET AL. (1986).- *Bol. Soc. Geol. Perú*, 76, 45-78.
- MACHARÉ J. & ORTLIEB L. (en prensa).- Plio-Quaternary vertical motions and the subduction of the Nazca Ridge. *Tectonophysics*.
- MAROCCO R. (1979).- *Bol. Soc. Geol. Perú*, 63, 51-68.
- ORTLIEB L. (1987).- *Et. & Thèses*, Ed. ORSTOM, v.1, 779 p.
- ORTLIEB L. & MACHARÉ J. (1990).- *Symp. Intern. "Géodynamique Andine"*. Res. comm., Ed. ORSTOM, 95-98.
- ORTLIEB L. & MACHARÉ J. (en prensa).- Geocronología y morfoestratigrafía de terrazas marinas del Pleistoceno superior: el caso de San Juan-Marcona. *Bol. Soc. Geol. Perú*, 81.
- OTA Y. (1986).- *Bull. Roy. Soc. New Zealand*, 24, 357-375.
- PARDO F. & MOLNAR P. (1987).- *Tectonics*, 6 (3), 233-248.
- SÉBRIER ET AL. (1982).- Inf. Proyecto SISRA. Contr. IGP, 109 p.
- SÉBRIER ET AL. (1984).- *Rev. Geol. Sud-Ouest Pyren.*, Francia, 47-70
- WEST D. & MCCRUMB D. (1988).- *Geology*, 16, 169-172.