



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe ISSN 0079-1091

Estratigrafía sísmica de alta resolución frente a Tambo de Mora (12.5°S - 13.5°S)

Deisy Arriola¹, Gerardo Herbozo¹, Jimmy Yataco², Andrés Torres²¹ Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Programa de Geología Marina y Estudios Antárticos² Marina de Guerra del Perú (MGP), Dirección de Hidrografía y Navegación

RESUMEN

En junio el año 2017, el INGEMMET lideró el crucero INGEMAR II a bordo del nuevo buque de investigación BAP Carrasco donde se adquirió sísmica de reflexión monocanal de alta resolución con el perfilador de subsuelo SBP120 de KONGSBERG frente a Tambo de Mora. El objetivo del presente estudio es realizar un modelo estratigráfico de alta resolución (escala de decenas de metros) en la plataforma continental de la zona de estudio. En base al reconocimiento estratigráfico sísmico se han diferenciado dos zonas en plataforma: (1) el sector norte el cual es y habría sido afectado por una dinámica intensa de corrientes de fondo marino durante periodos de escala milenial, (2) el sector sur que habría estado en una zona protegida en el pasado reciente dado que existe una superficie de máxima inundación producto de una subida del nivel del mar asociándolo a un periodo transgresivo marino (*Transgressive System Tract* – TST).

Palabras clave: sísmica monocanal de alta resolución, periodo transgresivo, corrientes de fondo, erosión del fondo marino, sistema de corrientes peruano, erosión, mar peruano, Perú.

ABSTRACT

In June 2017, INGEMMET led the INGEMAR II cruise on board the new research vessel BAP Carrasco where high-resolution single-channel seismic reflection data (KONGSBERG SBP 120) were acquired off Tambo de Mora. The aim of the present study is to make a high-resolution strati-

graphic model (at a scale of tens of meters) along the continental shelf of the study area. Based on the seismic stratigraphic recognition, two zones have been differentiated along the shelf: (1) a northern sector which is and has been affected by the intense dynamics of bottom currents during millennial-timescale periods, (2) a southern sector which has been in a protected area in the recent past because there is a maximum flooding surface as result of a rise in sea level associated with a transgressive marine period (*Transgressive System Tract* - TST).

Keywords: high-resolution single-channel seismics, transgressive system tract, bottom currents, seafloor erosion, Peruvian Currents System, Peruvian Sea, Peru.

INTRODUCCIÓN

El Programa de Geología Marina y Estudios Antárticos del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), en alianza estratégica con la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) de la Marina de Guerra del Perú (MGP), realizaron el crucero INGEMAR II en el buque oceanográfico polar “B.A.P. Carrasco” en el área de la Carta Náutica Recalada N°225 ubicado frente a Tambo de Mora entre 12.5°S - 13.5°S (Figura 1). Sísmica monocanal de alta resolución fue adquirida en el crucero INGEMAR II con la finalidad de mejorar el conocimiento geocientífico sobre las características estratigráficas y paleoceanográficas del pasado reciente en el margen convergente peruano. Al realizar el análisis estratigráfico sísmico

se desea caracterizar las facies sedimentarias y conocer el desarrollo de secuencias deposicionales e historia geológica en márgenes continentales (Alonso *et al.* 1989; Cross y Lessenger, 1988). A nivel regional es conocido que los cambios e interacción entre el clima y las oscilaciones del nivel del mar han controlado el desarrollo de la historia geológica en ambientes marinos durante el Cuaternario (Alonso *et al.*, 1989). Vail *et al.* (1984) define dos tipos de discontinuidades en función de la velocidad y extensión a la que se produce el descenso eustático. El primer tipo se caracteriza por una etapa de discontinuidad submarina y subaérea cuando la velocidad de descenso del nivel eustático excede a la subsidencia en el borde de la plataforma continental. El segundo tipo ocurre cuando la erosión subaérea se da únicamente en la parte interna y media de la plataforma sin alcanzar el borde, la cual se forma cuando la velocidad del

descenso eustático es inferior a la subsidencia en el borde de la plataforma, pero excede la parte interna (Alonso *et al.*, 1989). La deposición de facies sedimentarias durante eventos eustáticos deberían estar influenciados por la dinámica de corrientes marinas existentes en sistemas de afloramientos persistentes y de alta variabilidad espacio-temporal como lo es el sistema de surgencias del Mar Peruano el cual, adicionalmente, es afectado por eventos oceanográficos-climáticos extraordinarios regionales (por ejemplo, El Niño y La Niña) (Guillén *et al.*, 1983). Tal interacción ejercería un control predominante durante estos eventos regionales de oscilaciones del nivel del mar. El objetivo del presente trabajo es analizar la estratigrafía sísmica de los datos del crucero INGEMAR II para realizar un modelo estratigráfico a escala de decenas de metros a lo largo de la plataforma costa afuera de Tambo de Mora.

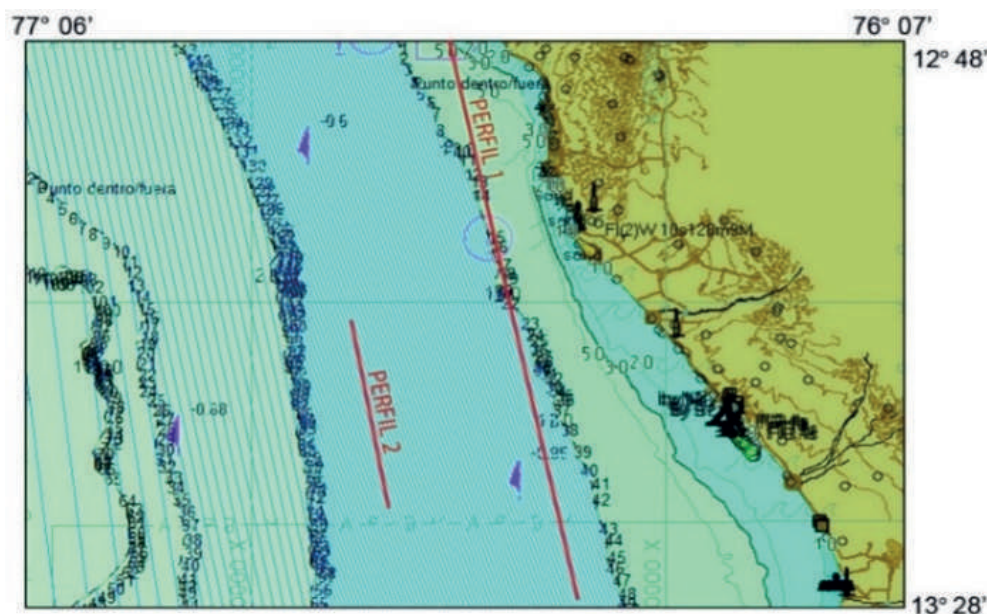


Figura 1. Área de trabajo del crucero INGEMAR II frente a Tambo de Mora en la Carta Náutica Recalada N°225.

METODOLOGÍA

La adquisición de la sísmica monocanal de alta resolución se hizo con el perfilador de subsuelo de KONGSBERG SBP 120. Este sistema usa transductores piezoeléctricos que emiten frecuencias entre 2.5 kHz y 7 kHz para la generación de las ondas sísmicas. La penetración de la señal sísmica generada es inversamente proporcional al tipo de sustrato presente en el fondo marino, es decir, mayor penetración en sustratos limosos y menor penetración en sustratos gravosos. Para que esta información pueda ser interpretada es necesario procesar la información sísmica adquirida. Los ar-

chivos crudos en formato estándar SEG Y fueron procesados con el software *Seismic Unix* mediante una secuencia de procesamiento preliminar que consiste en (1) filtro pasabanda para atenuar ruido en los datos, (2) ecualización automática (*Automatic Gain Control* o AGC) de las amplitudes sísmicas filtradas, (3) muteo automático del fondo marino en base a información de profundidad almacenada en las cabeceras de los archivos SEG Y, (4) conversión de coordenadas geográficas en la cabecera de los datos, (5) generación de archivos finales en formato SEG Y. Después de realizar el procesamiento, los archivos SEG Y son cargados

en el *software* libre *OpendTect* con la finalidad de compararlos con sísmica convencional interpretada para interpretación y análisis sismoestratigráfico. Dentro del área de estudio se reconocieron niveles de fosforitas durante el ODP Leg. 112 (Suess y von Huene 1988) (Figura 2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los reflectores sísmicos interpretados nos permiten definir una penetración promedio de 50 m a

60 m. La calibración con la sísmica convencional permitió identificar horizontes del Pleistoceno en la plataforma y horizontes del Mioceno, Plioceno, Pleistoceno en el talud. En la sección 1 (Figura 3), se observan estructuras sedimentarias caóticas afectadas por truncamientos erosionales y onlaps marinos con estructuras de slumps, hummocky y lóbulos turbidíticos. La sección 1 se encuentra a 135 m de columna de agua, tiene una longitud 62 km y penetración entre 45 m y 55 m.

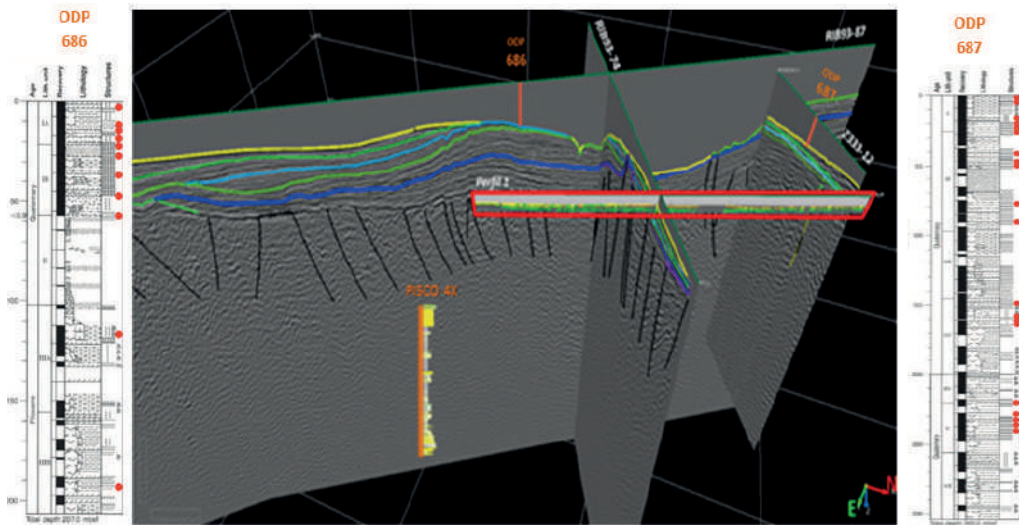


Figura 2. Sísmica convencional interpretada calibrada con la sección 1 (SBP 120) para continuar con la interpretación. Los puntos rojos son los niveles de fosforitas descritos por Suess y von Huene (1988).

La secuencia 0 corresponde al tope del Pleistoceno donde sobreyacen secuencias que onlapan hacia el norte (Figura 3). Se diferenciaron 3 unidades morfológicas con las siguientes características: (1) Depocentro Norte el cual presenta secuencias que *downlapan* de sur a norte e infrayacen a secuencias caóticas. Estas secuencias forman parte del límite norte del depocentro, (2) Límite Cen-

tral, el cual presenta zona con geometrías caóticas (i.e., secuencia 4) y separa dos depocentros, (3) Depocentro Sur, donde se exhiben las secuencias 5 y 6. Estas secuencias formaron un depocentro donde existen secuencias con laminaciones horizontales y vienen de este a oeste por un alto que forma una zona protegida (Figura 3).

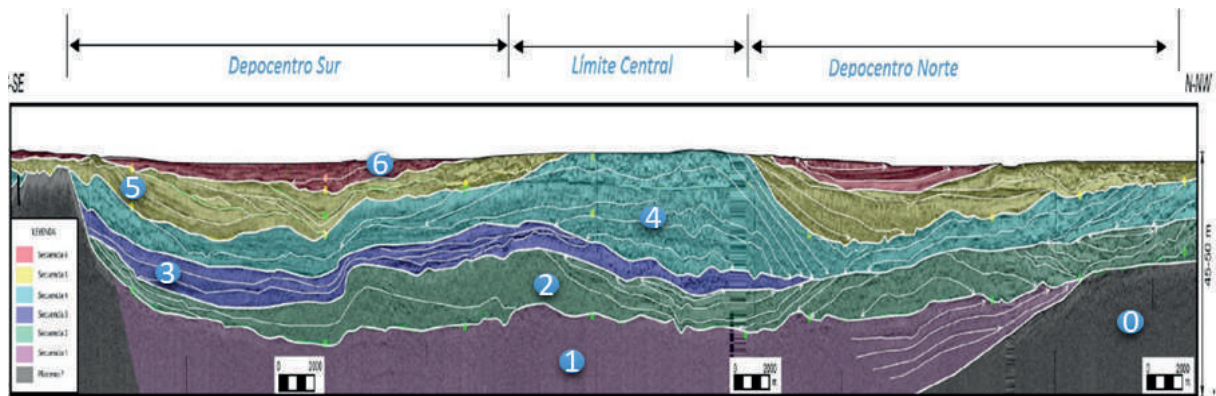


Figura 3. Sección 1 con las secuencias interpretadas de sur a norte frente a Tambo de Mora.

La sección 2 (Figura 4) es un ejemplo que permite describir ciclos completos de cambios del nivel del mar, y presumiblemente, definirían variaciones en la intensidad de las corrientes de fondo. La base de la secuencia 1 (Figura 4) es una disconformidad en el basamento. La secuencia 1 muestra una agradación de sedimentos donde se diferencia el sector de plataforma interna y la transición a la plataforma externa característico de una zona de *Highstand System Tract*. Hacia el tope de esta secuencia se tiene una disconformidad angular donde se generó un hiato no depositacional de la formación infrayacente (secuencia 1). Esta secuencia está catalogada como una zona de erosión y truncamiento (*Subaerial Unconformity* "SU") donde la secuencia 2 progresa sobre el nivel erosivo formando *downlaps* característicos de un *Lowstand System Tract*. Hacia el tope de la secuencia 2 se observa un truncamiento erosional, esta discontinuidad submarina y/o subaérea se da cuando la velocidad de descenso del nivel eustático excede a la subsidencia en el borde de la plataforma continental. Sobreyaciendo esta secuencia se muestra la secuencia 3, la cual muestra reflectores que *on-*

lapan con el paleorelieve generado en la secuencia 2. Esta secuencia se relaciona a un periodo de *Transgressive System Tract* "TST" asociada a una transgresión marina que forma una superficie de máxima inundación (*Maximum Flooding Surface* "MFS") relacionada al último estadio de la transgresión. Sobreyaciendo se tiene la secuencia 4 la cual muestra reflectores que progradan y se relacionan a un *Higstand System Tract*, en donde se depositan los sedimentos en condiciones de nivel de mar alto (regresión normal). Sobreyaciendo se tiene una discordancia erosional con la secuencia 5, la cual presenta geometrías cóncavas hacia la base; posiblemente se comportan como tempestitas o lóbulos distales de slumps las mismas que hacia la superficie vienen siendo trabajadas por las corrientes marinas. La secuencia 5 también se observan secuencias caóticas de dirección norte-sur. Los densos nódulos de fosforitas perforados por el ODP Leg 112 en secuencias cuaternarias (Suess y von Huene, 1988) sugieren periodos de posible intensificación de corrientes de fondo que estarían ligadas con las discontinuidades erosionales observadas en la plataforma continental (Figura 2).

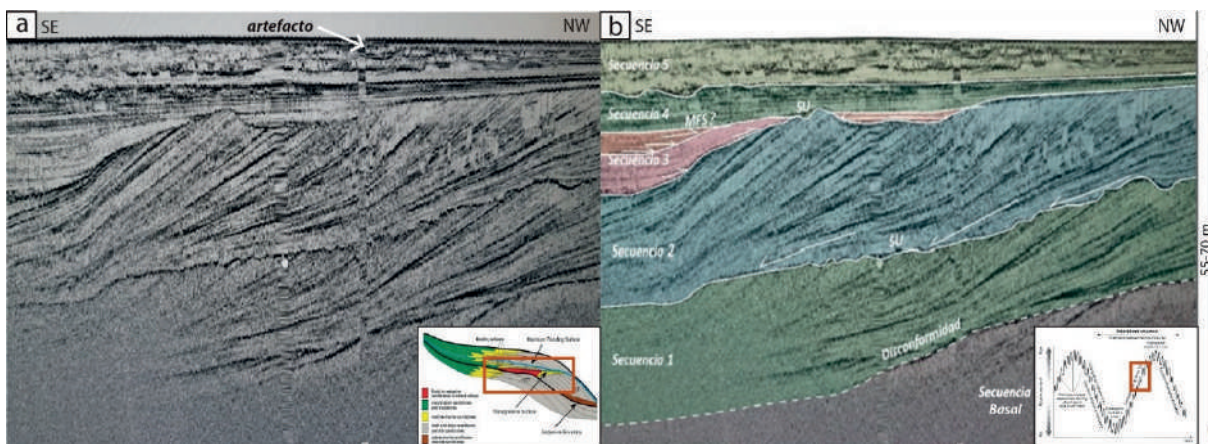


Figura 4. Sección 2 (a) sísmica de alta resolución sin interpretar con un modelo de la estratigrafía de secuencias, (b) sísmica interpretada en base a las geometrías reconocidas en este estudio, las cuales corresponden a una subida del nivel del mar durante un periodo de transgresión (*Transgressive System Tract* - TST).

CONCLUSIONES

Del presente trabajo se concluye que (1) la estratigrafía sísmica de la zona de estudio ha permitido diferenciar zonas del fondo marino donde, aparentemente, las corrientes de fondo marino son y han sido intensas durante el pasado reciente (sector norte) y áreas del fondo marino con mayor protección a la energía de las corrientes de fondo (sector sur), (2) En el sector sur de la plataforma continental se ha reconocido una superficie de

máxima inundación producto de una subida del nivel del mar asociado a un periodo transgresivo marino (*Transgressive System Tract* – TST).

AGRADECIMIENTOS

A los cruceros científicos INGEMAR llevados a cabo gracias a las gestiones realizadas por el Programa de Geología Marina y Estudios Antárticos de INGEMMET y la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) de la Marina de Guerra del

Perú (MGP). A toda la tripulación del “BAP CAR-RASCO” y los participantes del crucero INGE-MAR II.

REFERENCIAS

Alonso, B., Farrán, M., & Maldonado, A. (1989). Estratigrafía sísmica de alta resolución en márgenes continentales pasivos: Factores de control durante el Cuaternario. *Revista Sociedad Geológica de España*, 2, 269-289.

Cross, T. A., & Lessenger, M. A. (1988). Seismic stratigraphy. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 16(1), 319-354.

Guillén, O., & Calienes, R. (1983). Productividad y afloramiento frente a las aguas costeras peruanas.

Suess, E. and von Huene, R. (1988), ODP Leg 112 Scientific Party: Peru continental margin, sites 686, in ‘Proceedings ODP, Initial Reports’, Vol. 112.

Vail, P. R., Hardenbol, J., & Todd, R. G. (1984). Jurassic unconformities, chronostratigraphy, and sea-level changes from seismic stratigraphy