



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: [www.sgp.org.pe](http://www.sgp.org.pe) ISSN 0079-1091

## Resultados geoquímicos y mineralógicos preliminares del testigo de sedimento marino obtenido frente a Tambo de Mora (13°s) en la campaña INGEMAR II

Kathy Córdova<sup>1</sup>, José Herrera<sup>1</sup>, Gerardo Herbozo<sup>1</sup>, Jorge Piana<sup>2</sup>, Andrés Torres<sup>2</sup>, Carlos Holguín<sup>2</sup>, Luis Cerpa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Programa de Geología Marina

<sup>2</sup> Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), Marina de Guerra del Perú (MGP)

### RESUMEN

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) en cooperación estratégica con la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) de la Marina de Guerra del Perú (MGP) han iniciado un reconocimiento sistemático y detallado del fondo marino peruano. Durante el Crucero INGEMAR II a bordo del BAP Carrasco se obtuvo un testigo de sedimento (88 cm) frente a las costas de Tambo de Mora, a 135 m de profundidad en la plataforma continental. El objetivo es caracterizar la composición mineralógica y elemental del registro sedimentario de los testigos. En este trabajo se presenta la radiografía, composición elemental, mineral y orgánica del testigo mencionado. Particularmente, se observa que los sedimentos limo-arcillosos están relacionadas con valores altos de materia orgánica, bajo porcentaje de terrígenos (silicatos) carbonatos, y minerales variados como la pirita framboidal, calcita y clorita. En contraste, las partes del testigo donde la granulometría del sedimento es arenas fina, se observa niveles reducidos de materia orgánica, altos porcentaje de terrígenos (80%) suelen estar acompañados por ocurrencias de albita y zirconio. Un nivel rico en conchas desarticuladas (75-74 cm del testigo) corresponde a corrientes de turbidez. El presente estudio representa el primer paso de INGEMMET para explorar testigos de sedimento marino en el Mar Peruano. Del análisis realizado se ha obtenido conocimiento valioso para entender la evolu-

ción geológica y deposicional del margen convergente peruano.

*Palabras clave:* sedimentos marinos, testigo de pistón, mineralogía, geoquímica, XRF, DRX, geología marina, Mar Peruano, Perú

### ABSTRACT

The Peruvian Geological, Mining and Metallurgical Institute (INGEMMET) in strategic cooperation with the Directorate of Hydrography and Navigation (DHN) of the Peruvian Navy (MGP) have begun a systematic and detailed survey of the seafloor of the Peruvian Sea. During the INGEMAR II cruise in the "BAP Carrasco", a sediment piston core (88 cm) was obtained off the coast of Tambo de Mora in the continental shelf (135 m water depth). We show the first results whose objective is to characterize the mineralogical and elementary composition of the sedimentary record of the core. We report X-ray, elemental, mineral and organic composition of the sediment core. Particularly, silty-clayey sediments are related to high values of organic matter, low percentage of terrigenous (silicates), carbonates, and varied minerals such as pyrite framboidal, calcite and chlorite. In contrast, fine sandy sediments correspond reduced levels of organic matter, high percentage of terrigenous (80%) are usually accompanied by albita and zirconium. A level rich in disarticulated bivalve shells (75-74 cm of the control) corresponds to turbidity currents. The present study

represents the first step of INGEMMET to explore marine sediment cores in the Peruvian Sea. From the analysis carried out, valuable knowledge has been obtained to understand the geological and depositional evolution of the Peruvian convergent margin.

Keywords: core sediment, mineralogy, geochemistry, XRF, XRD, marine geology

## INTRODUCCION

El estudio de la mineralogía y geoquímica los sedimentos marinos han permitido entender los procesos de sedimentación y proveniencia (Bremner and Willis, 1993). El fondo marino del Perú ha sido estudiado a nivel internacional debido a sus características oceanográficas y geológicas particulares que proporciona un contexto especial para considerarlo como un laboratorio y archivo geológico natural. Estudios han mostrado que la plataforma continental contienen sedimentos fangosos ricos en materia orgánica debido al afloramiento permanente donde factores como el bajo nivel de oxígeno de la columna de agua dentro de la Zona Mínima de Oxígeno (ZMO), gran productividad biológica primaria, corrientes submarinas energéticas, aporte continental eólico y fluvial y eventos oceanográficos extraordinarios como El Niño tienen influencia sobre la composición mineralógica y geoquímica de los sedimentos del margen convergente peruano (Böning et al., 2004, Sifeddine et al., 2008, Gutiérrez et al., 2009, Sal-

vatecci et al., 2013, Zuluaga et al 2015). El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) en cooperación estratégica con la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) de la Marina de Guerra del Perú (MGP) han colaborado para comenzar un reconocimiento sistemático y detallado del fondo marino a lo largo de las 200 millas náuticas territoriales soberanas del Mar de Grau mediante cruceros hidrográficos-geológicos denominados INGEMAR. El crucero INGEMAR II estudió un total de 4800 km<sup>2</sup> del fondo marino entre la zona de la Carta Náutica Recalada N°225 costa afuera de Tambo de Mora en la zona off-shore de la cuenca Pisco (Figura 1) donde se obtuvo el testigo de sedimento GR37A\_17\_PC01 (13°S). Este trabajo muestra resultados geoquímicos y mineralógicos preliminares del testigo GR37A\_17\_PC01. EL objetivo de este trabajo es mostrar los resultados preliminares de la caracterización geoquímica y mineralógica del testigo obtenido.

## METODOLOGÍA

El testigo GR37A\_17\_PC01 se extrajo frente a Tambo de Mora (13°17,99'S, 76°77.66' O) y a una profundidad de 135 m (Figura 1), con un equipo Piston Corer Osil de 6 m de longitud; de los cuales se recuperó 190 cm de sedimentos. Siendo la parte que preservó las estructuras los últimos 88 cm del testigo.

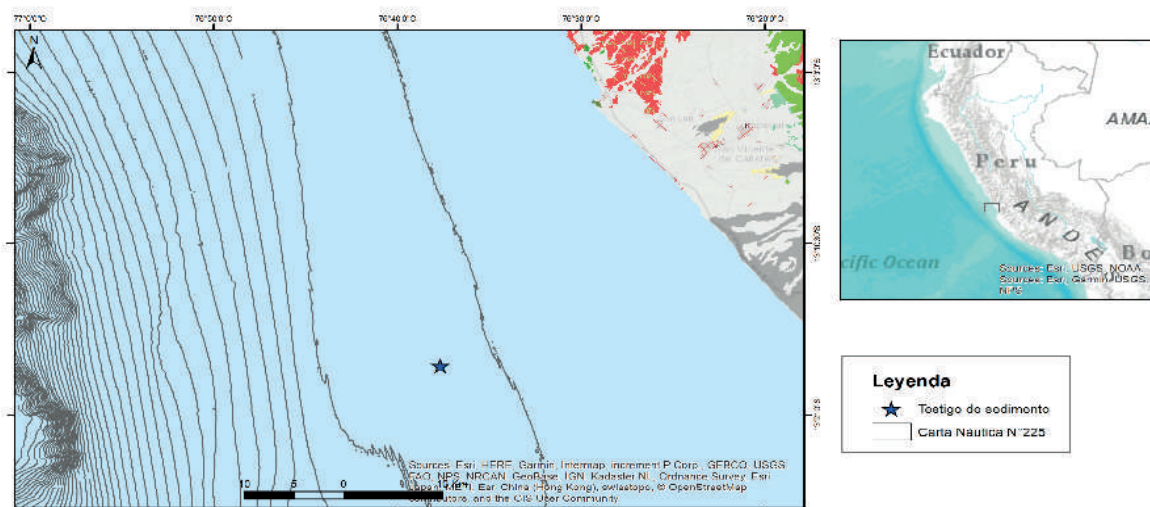


Figura 1. Mapa de ubicación de la Carta Náutica N° 225 "Punta Malpaso de Asia a Tambo de Mora" y ubicación del testigo GR37A\_17\_PC01.

Para obtener el componente elemental del testigo se utilizó un analizador de metales portátil Olympus Delta DS2000-XRF con lecturas de cada 2 centímetros a lo largo del testigo. El análisis de mineralógico se realizó con un equipo Difractómetro Shimadzu XRD-7000 con un rango de barrido de 3°-70° con tubo de Cu a 40Kv y 30 mA. Para este análisis se submuestreó el testigo usando una canaleta de aluminio y se obtuvo muestras de 2 gr por cada centímetro del testigo. Las muestras se secaron a 60°C y luego se pulverizaron.

De manera complementaria a la descripción litológica se tomaron rayos X, para una correcta visualización de las estructuras sedimentarias. La medición de la densidad del testigo se realizó por dos métodos. El primero en base a las diferencias de transparencia de las radiografías, conocidos como escala de grises (Migeon et al., 1999). El segundo en base a mediciones de humedad a partir de 1 cm<sup>3</sup> de sedimento submuestreado por cada centímetro del testigo, calentado a 60°C hasta alcanzar peso constante; así se estimó a partir del volumen y peso seco del cubo de sedimento (Andrén et al., 2015).

La materia orgánica se obtuvo del submuestreo

de 1cm<sup>3</sup> calcinados a 550°C por 2 horas. La obtención del porcentaje de carbonatos fue producto de la calcinación a 950°C por 2 horas (Heiri et al., 2001).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La longitud total de la recuperación del testigo es de 88 cm. Las características granulométricas nos muestran 3 secuencias. La secuencia de la base tiene un espesor de 15 cm, son arenas finas con laminaciones horizontales de 1 cm de espesor. La segunda secuencia comienza con una base erosiva de un conglomerado bioclástico con restos de bivalvos desarticulados; presenta un espesor de 45 cm, y es granodecreciente a la mitad y granocreciente hacia el techo.

La secuencia superior presenta una ligera discordancia erosional a la base, con un espesor de 15 cm. Hacia la parte superior presenta un sector disturbado producto de la obtención del testigo.

La caracterización química determinó 21 elementos (S, Th, Ag, Co, Y, As, Ti, Cl, Zr, V, Ni, Mo, Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, Rb, K, Sr, Ca). Los elementos con mayor representación se muestran en la Figura 2.

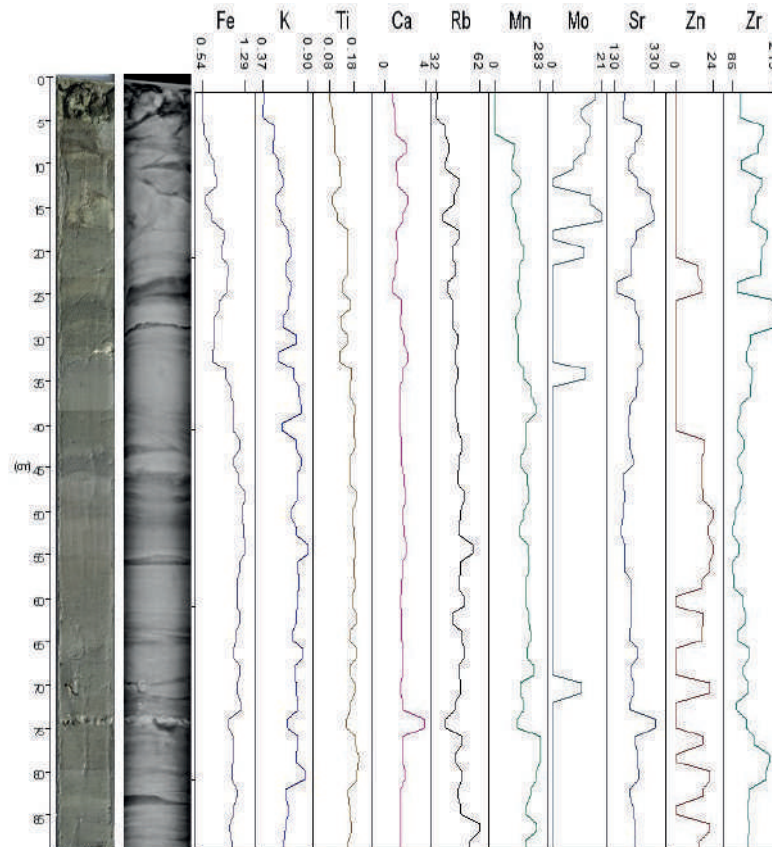


Figura 2. Distribución de los principales elementos Fe, K, Ti y Ca en % y Rb, Mn, Mo, Sr, Zn y Zr en ppm a lo largo del testigo GR37A\_17\_PC01.

Para la caracterización mineralógica el sedimento del testigo presenta una predominancia de cuarzo que en promedio fue 50%, andesina 19%, albita 8%, amorfo 4%, calcita 3%, halita 3% y microclina 2%. Sin embargo, para los análisis de com-

posición los minerales más importantes son calcita, clorita, pirita y amorfo (Figura 3). El amorfo es correlacionado con materia orgánica y/o sílice biogénica (e.g. diatomeas).

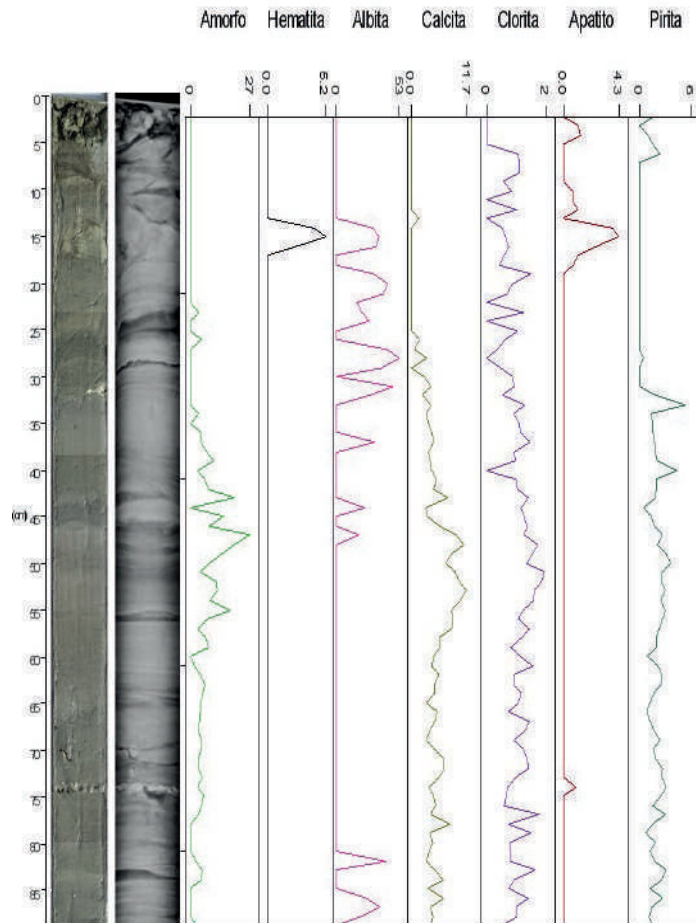


Figura 3. Fotografía digital, radiografía y principales minerales (%) del testigo GR37A\_17\_PC01.

La escala de grises (Figura 4), obtenida de los rayos X, en comparación con las mediciones de densidad muestran un coeficiente de correlación positivo ( $r^2 = 0.52$ ), el grado de libertad 86 y presenta la relación significativa ( $p < 0.001$ ). Esto nos indica que la escala de grises es correlacionable con los parámetros de densidad del testigo.

La discordancia erosiva de la primera unidad, conglomerado bioclástico, presenta conchas de bivalvos de la especie *Mulinia sp.*, de tallas 1cm aproximadamente aparentemente bien preservadas pero con valvas desarticuladas, actualmente esta especie se reporta a 20 mbnm. Sin embargo, la disposición de los bivalvos, así como las estructuras sedimentarias nos evidencian transporte y sedimentación rápida, típicos de corrientes de turbidez.

De los datos geoquímicos y mineralógicos se realizó un análisis de componentes principales (PCA), los cuales evidencian dos sectores opuestos en composición. El primer sector (ver caja de color rojo en la figura 4) con alta cantidad de materia orgánica (MOT), bajo porcentaje de terrígenos (65%) y una baja densidad (55 a 45 cm), la cual está relacionada con la textura más fina (limo arcilla) con picos de clorita, calcita, Fe y Zn.

En el segundo sector los silicatos alcanzan el 80% en promedio (ver caja de color azul en las Figura 4) siendo la albita el silicato que presenta mayores picos.

Presenta una granulometría de arenas finas, lo cual explica los niveles de materia orgánica mínimos; en este sector los valores de Zr se incrementan.

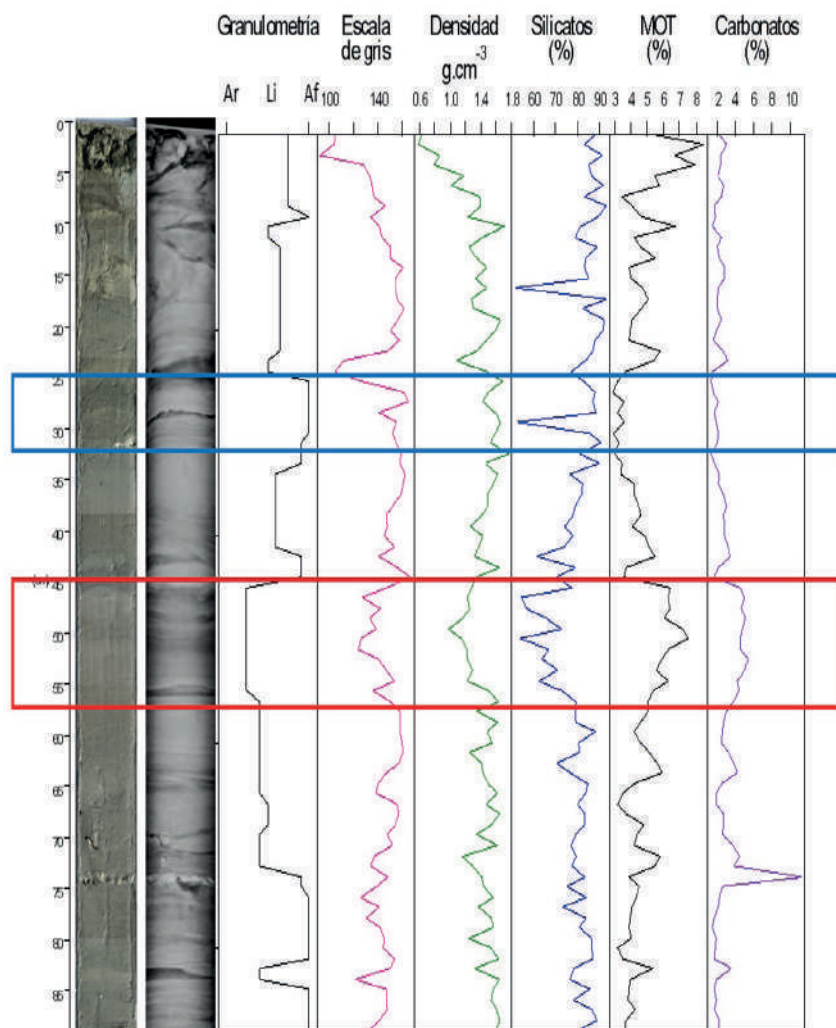


Figura 4. Fotografía digital, radiografía, granulometría, escala de grises, densidad, silicatos, materia orgánica total (MOT) y carbonatos de los sedimentos del testigo GR37A\_17\_PC01.

## CONCLUSIONES

1. Durante la campaña INGEMAR II se obtuvo un testigo 88 cm y analizó la composición geoquímica, mineralógica y características físicas de los sedimentos.
2. En base al PCA se determinó dos niveles con características geoquímicas y mineralógicas contrastantes. El primer nivel enriquecido de materia orgánica, granulometría fina, bajo porcentaje de terrígenos y con predominancia de calcita, clorita y pirita. El segundo nivel de arenas finas con reducida materia orgánica, alto porcentaje de terrígenos, presencia de albita y zirconio.
3. Un nivel rico en conchas desarticuladas (75-74 cm del testigo) corresponde a corrientes de turbidez.

## REFERENCIAS

- Andrén, T., Jørgensen, B.B., Cotterill, C., Green, S., Andrén, E., Ash, J., Bauersachs, T., Cragg, B., Fanget, A.-S., Fehr, A., Granoszewski, W., Groeneveld, J., Hardisty, D., Herrero-Bervera, E., Hyttinen, O., Jensen, J.B., Johnson, S., Kenzler, M., Kotilainen, A., Kotthoff, U., Marshall, I.P.G., Martin, E., Obrochta, S., Passchier, S., Quintana Krupinski, N., Riedinger, N., Slomp, C., Snowball, I., Stepanova, A., Strano, S., Torti, A., Warnock, J., Xiao, N., and Zhang, R., 2015. Methods. In Andrén, T., Jørgensen, B.B., Cotterill, C., Green, S., and the Expedition 347 Scientists, Proc. IODP, 347: College Station, TX (Integrated Ocean Drilling Program). doi:10.2204/iodp.proc.347.102.2015
- Bremner, J. M., & Willis, J. P. (1993). Mineralogy and geochemistry of the clay fraction of sedi-

ments from the Namibian continental margin and the adjacent hinterland. *Marine Geology*, 115(1-2), 85-116.

Böning, P., Brumsack, H. J., Böttcher, M. E., Schnetger, B., Kriete, C., Kallmeyer, J., & Borchers, S. L. (2004). Geochemistry of Peruvian near-surface sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68(21), 4429-4451.

Sifeddine, A., Gutiérrez, D., Ortlieb, L., Boucher, H., Velazco, F., Field, D., ... & Garcia, M. (2008). Laminated sediments from the central Peruvian continental slope: A 500 year record of upwelling system productivity, terrestrial runoff and redox conditions. *Progress in Oceanography*, 79(2-4), 190-197.

Gutiérrez, D., Sifeddine, A., Field, D., Ortlieb, L., Vargas, G., Chavez, F. P., ... & Boucher, H. (2009). Rapid reorganization in ocean biogeochemistry off Peru towards the end of the Little Ice Age. *Biogeosciences*, 6, 835-848.

Heiri, O., Lotter, A. F., & Lemcke, G. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of paleolimnology*, 25(1), 101-110.

Salvatteci, R., Gutiérrez, D., Field, D., Sifeddine, A., Ortlieb, L., Bouloubassi, I., ... & Cetin, F. (2013). The response of the Peruvian Upwelling Ecosystem to centennial-scale global change during the last two millennia. *Climate of the Past Discussions*, 9, 5479-5519.

Zuluaga, F. B., Sifeddine, A., Caquineau, S., Cardich, J., Salvatteci, R., Gutierrez, D. & Machado, C. (2015). Terrigenous material supply to the Peruvian central continental shelf (Pisco 14° S) during the last 1100 yr: paleoclimatic implications. *Climate of the Past Discussions*, 11(4).

Cronan, D. S. (1970). *Geochemistry of Recent sediments from the central north-eastern Irish Sea*. HM Stationery Office.

Migeon, S., Weber, O., Faugères, J.-C., Saint-Paul, J., 1999. SCOPIX: a new X-ray imaging system for core analysis. *Geo-Marine Letters* 18, 225-251.