# MORFOLOGÍA SUBMARINA Y SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL FONDO MARINO FRENTE AL LITORAL ENTRE MÁNCORA Y TALARA (4 – 4,65°S), COSTA NORTE DEL PERÚ

## SURFICIAL SEDIMENTS AND SEABED MORPHOLOGY BETWEEN MÁNCORA AND TALARA (4 - 4.65°S), NORTHERN PERUVIAN COAST

*Federico Velazco*[1] *Juana Solís*[1]

**RESUMEN**

*Velazco, F. y Solís, J. (2023). Morfología submarina y sedimentos superficiales del fondo marino frente al litoral entre Máncora y Talara (4 - 4,65°S), costa norte del Perú. Inf Inst Mar Perú, 50(2), 187-198.-* Se describen las características morfológicas del fondo marino de la plataforma continental y parte del talud continental superior frente al litoral de los distritos de Máncora y Talara, hasta 81°20'W, para el estudio de Línea de Base Ambiental Área Piloto de Máncora (ELBA Máncora) a través de la interpretación y modelación de datos de cartas de navegación; así como la distribución de las características de los sedimentos superficiales en base al análisis sedimentológico de 6 muestras colectadas el 2018 que se complementó con información del banco de datos sedimentológicos del Laboratorio de Geología Marina del Imarpe. Se definieron 8 facies texturales: arcilla limosa, arena limosa, arena, fango, limo arcilloso, arena arcillosa, limo arenoso y limo. La distribución lateral y batimétrica del tipo de textura del sedimento y del contenido de materia orgánica está condicionada por diferentes factores, como la morfología del fondo marino, en el que los cañones submarinos tienen el papel de sumidero de sedimentos, así como la extensión de la plataforma continental y el talud continental superior respecto a la ubicación de las fuentes de sedimentos terrígenos y relictos; otro factor, es el aporte de la productividad marina en la columna de agua como fuente de componentes particulados biogénicos marinos, así como las fuentes de aporte biológico de sedimentos bentónicos, organismos y bioclastos calcáreos de sedimentos relicto que, además influye en el tamaño y contenidos del carbonato; otro factor importante es la hidrodinámica que refleja condiciones de mayor energía hacia el norte del área de estudio.

Palabras clave: morfología submarina, sedimentología, geoquímica, Máncora, Talara, costa norte de Perú

**ABSTRACT**

*Velazco, F., and Solís, J. (2023). Surficial sediments and seabed morphology between Máncora and Talara (4 - 4.65°S), northern Peruvian coast. Inf Inst Mar Perú, 50(2), 187-198.-* Within the context of the Environmental Baseline Study (EBS Máncora), this paper provides an in-depth analysis of the submarine morphology and surficial sediments along the northern coast of Peru. Specifically, we focus on the Máncora Pilot Area and aim to describe the morphological features of the continental shelf and upper continental slope encompassing the districts of Máncora and Talara (4 - 4.65°S) up to 81°20'W. Data was collected by interpreting and modeling navigation chart data and analyzing six sediment samples collected in 2018. Additional information was obtained from the sedimentological database of the Marine Geology Laboratory (Imarpe). A total of 8 textural facies were identified: silty clay, silty sand, sand, mud, clayey silt, sandy clay, sandy silt, and silt. The distribution of sediment texture type and organic matter content, both laterally and bathymetrically, is influenced by a variety of factors. The morphology of the seafloor plays a role, with submarine canyons acting as sediment sinks, and the extent of the continental shelf and upper continental slope relative to the location of terrigenous and relict sediment sources also being important. Another factor is the contribution of marine productivity in the water column as a source of marine biogenic particulate components, along with the contribution of benthic sediments, organisms, and calcareous bioclasts from relict sediments, which can also impact the size and carbonate content. Finally, hydrodynamics is an important factor, with conditions of higher energy observed to the north of the study area.

Keywords: submarine morphology, sedimentology, geochemistry, Máncora, Talara, northern Peruvian coast

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio realizado como Línea de Base (LB) en el área piloto de Máncora fue elaborado en el marco del proyecto: "Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en el Ecosistema Marino Costero del Perú y sus Pesquerías", Componente 2: "Desarrollo de un sistema de vigilancia y predicción ambiental moderno y eficiente en los ecosistemas marino costeros a escala regional y local que apoya la gestión de la pesca adaptativa bajo los principios del EEP", Actividad 2.1.2: "Establecimiento de programas de vigilancia del ambiente marino en sitios piloto en coordinación con los actores locales".

1 IMARPE, Dirección General de Investigaciones Oceanográficas y Cambio Climático, Laboratorio de Geología Marina, fvelazco@imarpe.gob.pe

El presente trabajo comprende la Componente geológica de la LB, dentro del Objetivo Específico "Impacto de los Cambios Climáticos en los ecosistemas marinos frente al Perú: vulnerabilidad, riesgo, modelado y adaptación" (Obj. Esp. Cambio Climático) que fue realizada por el Laboratorio de Geología Marina (AFIOQG); se describen el litoral, la caracterización del relieve del fondo marino y la caracterización sedimentológica y geoquímica de sus depósitos superficiales de sedimentos.

El área de intervención del proyecto, se ubica en la Región Piura; entre su límite norte hasta la latitud de Playa Santa Jobina por el sur (al sur de Punta Peña Negra); al oeste hasta 5 millas de la línea de costa. El estudio de Línea Base Máncora comprende mayor área geográfica, cubriendo cuatro distritos costeros Máncora, El Alto, Lobitos y La Brea; también cubre mayor área marina al oeste del ámbito de la intervención de 5 mn a la costa, hasta aproximadamente 81°20'W (Fig. 1).

Comprende el análisis en laboratorio de sedimentos obtenidos en 6 estaciones realizadas durante el ELBA Máncora 2018 entre el 6 y 10 de diciembre 2018, ejecutado en la embarcación científica EC/IMARPE IV.

## Contexto fisiográfico y Geológico

### Características físicas del litoral

El arrumbamiento de la costa presenta tendencias generales (con algunos cambios de rumbo locales): desde el extremo norte del área de intervención hasta Playa Santa Jobina (al sur de caleta Cabo Blanco) el rumbo de la línea de costa es noreste (NE); entre Playa Santa Jobina y Punta Yapato (Lobitos) es NNEE; entre esta punta y hacia el sur de Talara (con excepción de la bahía del mismo nombre), hasta la localidad de Negritos es casi norte-sur.

El área de estudio, de acuerdo a Hidronav (1995), presenta diversidad de tipos de costas, arenosas, acantiladas, puntas, bahías.

En el área de intervención, distrito de Máncora, por el límite norte se encuentra una playa baja de arena, a lo largo de la cual cruzan las quebradas Bravo, Seca y Fernández; esta última se desprende cerca de la playa y sobre sus bordes hay abundante vegetación; la playa está limitada por un Cordón litoral formado durante El Niño 1982-83 (Woodman y Mabres, 1993). El veril de 10 metros corre paralelo al perfil de la playa, a distancia

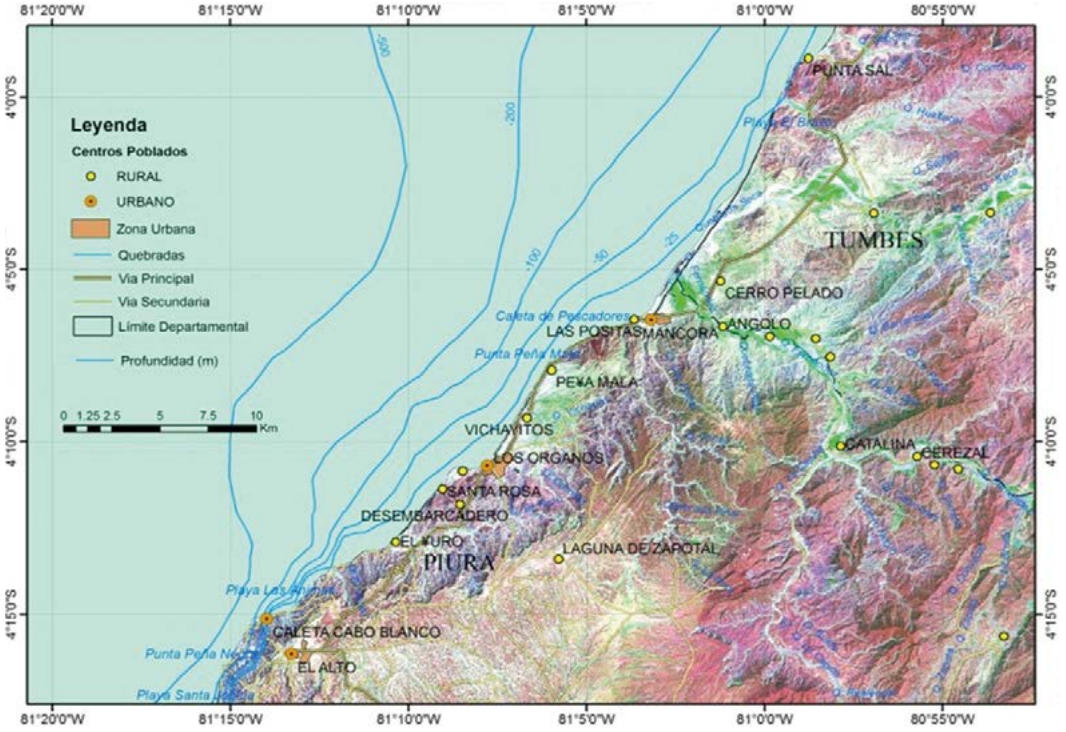


Figura 1.- Área de estudio (proporcionada por el Proyecto Vulnerabilidad del Cambio Climático)

variable entre 250 y 900 metros de ella; el fondo de manera general es regular y está constituido principalmente de fango (Hidronav, 1995). Hacia el noreste de la desembocadura de la quebrada Fernández existe un bajo de 4 metros. En la zona donde se ubica el fondeadero, en la Caleta Máncora, la profundidad varía de 7 a 11 metros y su fondo es de arena fina.

Desde Peña Mala, se presentan formaciones rocosas que se extienden hacia el SW hasta formar la punta del mismo nombre, a partir de la cual se extiende una playa arenosa, recta y baja que llega hasta la caleta Los Órganos Hidronav (1995). Desde punta Peña Mala y a 1 milla al NE y SW de la misma, la playa se presenta cubierta de rocas y bajos peligrosos hasta aproximadamente 500 metros. Esta playa se extiende hacia el SW donde se produce un cambio en la orientación de la línea de costa que da lugar a la punta Los Órganos y donde se emplaza, en la zona protegida por esta punta, la caleta del mismo nombre. La zona de fondeo a 1/2 milla de la playa tiene un fondo de 8 a 9 metros de profundidad.

Hacia el sur se encuentra la caleta Cabo Blanco, de acuerdo a Hidronav (1995) constituye una rada abierta donde las profundidades crecen en forma regular desde la costa hasta el veril de los 10 metros, que está aproximadamente entre 1/4 y 1/2 milla de la costa por el lado N de la caleta. En la caleta existe un fondeadero a más de 1/4 de milla en la dirección del muelle, entre 16 y 18 metros de profundidad sobre fondo de arena y fango. A 125 m de distancia en el extremo del antiguo muelle artesanal, durante su funcionamiento, la profundidad inicial fue de 8,70 m. A 2 millas al NE de Cabo Blanco, en la playa Quebrada Verde, en el cabezo de un muelle de 220 metros de largo existía una profundidad de 15 metros.

**Geología y Geomorfología**

El área de estudio de acuerdo a la división de Schweigger (1947), conforma parte de la costa norte. Este sector de la margen del noroeste, es anómala y su desarrollo estaría ligado a los fenómenos tectónicos del Golfo de Guayaquil (Macharé *et al*., 1986) Esta zona está constituida por tablazos del Paleógeno y del Neógeno que se hallan emergidos y expuestos.

La geomorfología y geología de la zona costera en el área de estudio ha sido estudiada por Ingemmet (Palacios, 1994) quien identifica las siguientes unidades geomorfológicas: el Borde litoral y la Repisa costanera en la zona costera en tanto que la zona submarina presenta la Plataforma continental y el Talud continental.

De acuerdo a Palacios (1994) el Borde litoral es el sector de playa comprendido desde la línea de alta y baja marea, hasta el borde de los acantilados; constituye una estrecha faja cubierta de arena, que en el caso de playas abiertas están limitadas por el cordón litoral. La Repisa Costanera está adyacente al Borde Litoral, su estructuración geológica es de naturaleza sedimentaria (Cretácico-Terciaria), la misma que descansa en partes sobre o adosada a rocas del Basamento paleozoico. Su evolución geomorfológica obedece a la estructura tectónica del subsuelo, con levantamientos verticales que siguen un lineamiento y que han dado lugar a terrazas marinas escalonadas, conocidas como tablazos, las mismas que constituyen elementos geomorfológicos importantes dentro de la Repisa costanera. Estos tablazos (Máncora, Talara, Lobitos y Salina) forman 4 niveles, los más altos y más alejados de la línea litoral son los más antiguos.

Existen pequeñas áreas (puntas acantiladas) donde está ausente la franja de arena y el oleaje incide directamente en las formaciones rocosas.

Con relación al sector submarino, morfológicamente en el ámbito de intervención del proyecto y el área de estudio del ELBA se presentan 2 sectores elongados y paralelos a la fosa los cuales son Plataforma Continental y Talud Continental; definidos como unidades morfoestructurales por Macharé *et al*. (1986). La Plataforma Continental es una faja estrecha paralela a la costa que tiende a ampliarse hacia el norte, alcanzando su mayor amplitud frente a Máncora. Unos rasgos geomorfológicos importantes lo constituyen los cañones submarinos como: Cañón de Cabo Blanco (Sheperd & Moberly, 1981), Cañón de Talara (Hidronav, 1995); Gutiérrez[2] *et al*. (2009) identificaron al sur de Máncora un cañón submarino de dirección NW-SE desde el borde externo de la plataforma continental submarino; Imarpe (2014),

2 Gutiérrez, D., Velazco, F., Romero, M., Rodríguez, F., Argüelles, J., Kameya, A., Gaviola, G., Quipúzcoa, L., García, R., *et al*. (2009). Current geological and ecological knowledge of the submarine canyons off the Peruvian coast: a balance. Internal report (IMARPE).

basado en el modelo batimétrico elaborado por Chacón (2014) quienes muestran la distribución de cañones submarinos en todo el margen continental peruano, destacando el cañón de Talara que surca la Plataforma continental desde la zona costera y otros cañones submarinos que se inician desde el borde externo de la Plataforma continental como el cañón de Cabo Blanco.

Trabajos realizados por Herrera (2019) e Ingemmet (2020), basados en estudios integrados de batimetría multihaz, reflectividad y sedimentología, definen en el área de estudio la unidad geomorfológica Cuenca del talud continental, delineando con mayor especificidad, el relieve de todas las unidades geomorfológicas submarinas y caracterizando en detalle las geoformas registradas en la Plataforma continental tales como montículos de grava y grava bioclástica, escarpes rectilíneos y curvos, afloramientos de rocas, ondas de sedimentos, flujos de sedimentos, depresiones y volcanes de fango; así como también las geoformas en el Talud continental, tales como cañones submarinos, escarpes rectilíneos y curvos, afloramientos rocosos y barrancos.

Con relación a los sedimentos superficiales, de acuerdo a estudios desarrollados por Delgado *et al.* (1987); Delgado y Gomero (1995) y Velazco *et al*. (2015), se conoce la distribución de las características sedimentológicas y geoquímicas de los sedimentos superficiales. El Talud continental superior está conformado predominantemente por sedimentos de textura arcilla limosa. En cambio, la Plataforma continental presenta variadas facies texturales.

Frente a Máncora los sedimentos de la plataforma continental tienen predominantemente textura limo arcilloso, siendo en la zona central cortados por una franja de textura fangosa que se prolonga con dirección sur frente a los Órganos y luego, bordeando la costa paralela a ésta y terminando frente a El Alto, da continuidad en este sector a sedimentos de arena y arena arcillosa los cuales se proyectan en casi toda la plataforma continental a la vez que, los sedimentos limo arcillosos van disminuyendo su extensión para dar paso, en la zona más profunda, a sedimentos de arcilla limosa que mantienen la misma facie textural en el talud continental. Hacia el sur de El Alto hasta el extremo sur, nuevamente predominan en la plataforma continental sedimentos de textura limo arcillosa. Solamente un pequeño parche de textura arcilla arenosa está presente al sur del área del estudio de la línea base.

Con base en calibraciones y establecimiento de relaciones entre los datos de reflectividad y fracciones granulométricas del sedimento (grava, arena, limo y arcilla); Herrera (2019) e Ingemmet (2020), definen cinco áreas a lo largo de la plataforma continental entre 50 m y 200 m de columna de agua: **Área I**, representada por sedimentos fangosos con mayor predominio de limo sobre arcillas, compuestos de cuarzo (más del 50 %) y minerales ferromagnesianos; **Área II**, dominada por sedimentos de fracciones gruesas tales como gravas y arena gruesa a media, constituidos por fragmentos de conchas de gasterópodos y bivalvos; **Área III**, limitada al sur por el cañón de Talara caracterizada por presencia de sedimentos limosos de tamaño grueso a medio, constituidos de cuarzo, minerales ferromagnesianos y micas; **Área IV**, limitada por el cañón de Talara y su principal tributario, se caracteriza por presencia de sedimentos arenosos de tamaño fino a muy fino constituido por conchillas fragmentadas y foraminíferos y; **Área V**, limitada en el extremo norte por el principal tributario del cañón de Talara observándose predominancia de sedimentos limosos de tamaño grueso a medio con menor proporción de arena muy fina.

Delgado y Gomero (1995) indican que el contenido de MOT está en relación al tipo de sedimento y el contenido del COT en relación a restos de origen biogénico que se encuentran en diferentes facciones del tamaño de sedimento. La elevada concentración y distribución de materia orgánica está controlada por diversos factores del área deposicional, entre las que destacan las condiciones geoquímicas oxidantes/reductoras del agua de fondo e intersticiales de los sedimentos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se divide en dos componentes, la primera corresponde a la interpretación de datos georreferenciados de cartas de navegación Hidronav y la segunda es el estudio de los sedimentos marinos colectados durante el trabajo de campo de la línea base; adicionalmente, para el desarrollo de esta segunda componente, se inclu-

ye información de textura del sedimento del banco de datos del Laboratorio de Geología Marina.

**Morfología del fondo marino**

La morfología del fondo marino se determinó con información proveniente de las cartas de navegación Hidronav (2010), así como del mapa base proporcionado por el grupo de trabajo de campo. Para la interpretación de la morfología del fondo se emplearon modelos digitales empleando el programa Surfer para Windows. El alcance de esta interpretación se limita a la resolución existente entre los puntos de sondajes de las cartas náuticas que por la escala solo permiten discernir rasgos morfológicos a una escala muy gruesa, descritos entre la línea de orilla hasta el Talud continental superior. Se incide mayormente en el área del ámbito de intervención del proyecto.

**Sedimentología y geoquímica**

Se analizaron 6 muestras de sedimentos superficiales colectadas con draga van Veen, de 0,075 m$^2$, distribuidas en dominios de la plataforma continental, entre 41 y 139 m de profundidad. Las muestras de sedimentos superficiales (3 de las cuales se ubican dentro del ámbito de intervención del proyecto), tienen la siguiente distribución geográfica (Fig. 2):

- Dos estaciones frente al distrito de Máncora.
- Una estación frente al distrito de El Alto.
- Dos estaciones frente al distrito de Lobitos.
- Una estación frente al límite del distrito de Pariñas con La Brea.

**Granulometría y texturas sedimentarias**

En el laboratorio, a través de un servicio financiado por Profonanpe (Vitor[3], 2019) se analizaron 6 muestras de sedimento (Fig. 3). Los análisis granulométricos para la fracción gruesa (grava y arena) se realizaron con tamices según Ingram (1971) y para la fracción fina (limo y arcilla) por el método de la Pipeta de acuerdo a Galehouse (1971).

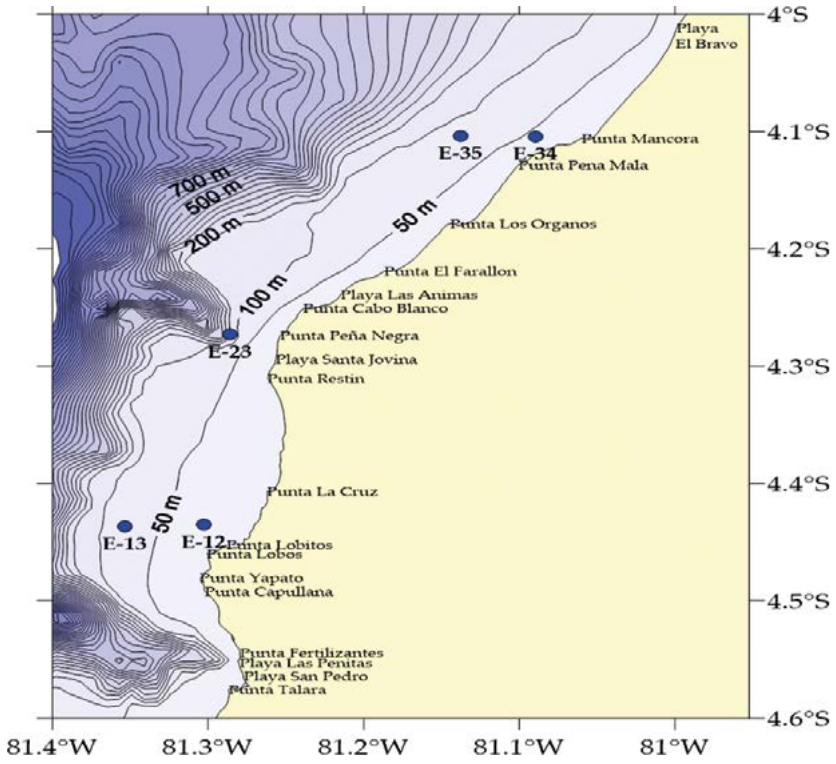


Figura 2.- Distribución geográfica de estaciones colectadas en el Elba 2018 superpuesta al modelo digital de batimetría obtenido

3 Vitor, J. (2019). Caracterización textural y geoquímica de los sedimentos superficiales marinos frente a Huacho. Servicio para el proyecto: Adaptación a los impactos del cambio climático en el ecosistema marino costero del Perú y sus pesquerías, que forma parte del Objetivo Específico Cambio Climático. Imarpe-Profonanpe

Figura 3.- Pre-tratamiento de muestras con peróxido de hidrógeno, análisis granulométrico de la fracción gruesa por tamizado; análisis de la fracción fina mediante método de la pipeta

La textura sedimentaria se determinó empleando el diagrama de Shepard (1954) en base a las proporciones de arena, limo y arcilla. Para la elaboración del mapa textural del ELBA Máncora se han incluido resultados de otros análisis texturales de los estudios de sedimentos en la Plataforma continental y el Talud continental (Delgado *et al*., 1987; Delgado y Gomero, 1995; Velazco *et al*., 2015).

### Geoquímica

El contenido de materia orgánica y carbonatos se determinaron mediante el método de pérdida de peso por ignición (Dean, 1974).

### Procesamiento de datos y análisis estadístico

El procesamiento de datos se realizó empleando la hoja de cálculo Excel y los mapas fueron elaborados empleando el programa Surfer para Windows.

## 3. RESULTADOS

### Morfología del fondo marino

La información obtenida de cartas náuticas Hidronav en conjunto con la de Chacón (2014), permitió conocer la distribución de isóbatas y elaborar un modelo de elevación digital en el cual se puede visualizar la morfología del fondo marino del área de estudio desde los 50 m de profundidad (Figs. 2, 4).

De acuerdo al modelo digital, la isóbata de 50 m presenta un arrumbamiento casi paralelo a la línea de costa de Máncora (a la latitud de Punta Peña Negra) y hacia el sur el arrumbamiento tiene sentido contrario y tiende a ser paralelo a la línea de costa nuevamente al sur de Punta Yapato, hasta Punta Talara. La isóbata de 100 m muestra divergencia a partir de Punta Peña Mala hasta la latitud de Punta El Farallón y nuevamente desde Punta Peña Negra hasta Punta Fertilizantes, la isóbata de 200 m aproximadamente muestra divergencia con el rumbo de la línea de costa desde la latitud de Punta Los Órganos hacia el sur.

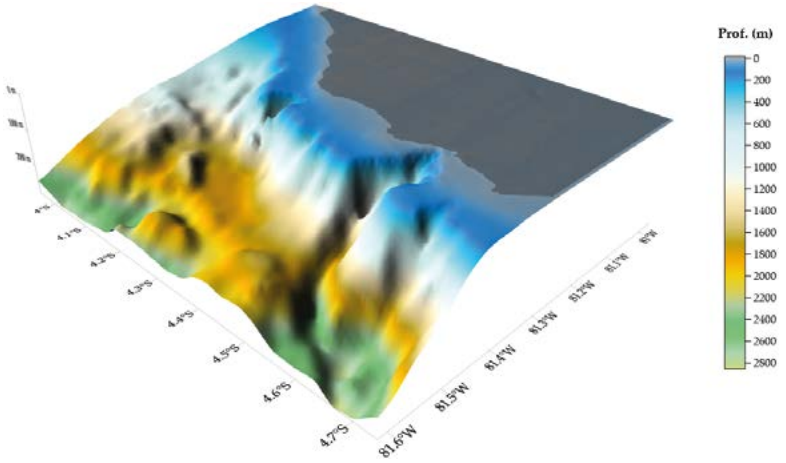


Figura 4.- Distribución de isóbatas a partir de datos de cartas de navegación en Modelo de Elevación Digital de la zona submarina del área de estudio

Tabla 1.- Resumen de datos generales de las estaciones de muestreo y descripción visual de los sedimentos (Campusano[4], 2019)

| Estación | Fecha | Prof. (m) | Latitud | Longitud | Características físicas: observación visual (muestra húmeda) |
|---|---|---|---|---|---|
| E2 | 6/12/2018 | 72 | 4°36,142′ | 81°22,459′ | Arena compacta, color gris verdoso oscuro, (Gley1) 4/10Y, presencia de restos calcáreos, olor a sulfuro de hidrógeno. |
| E12 | 8/12/2018 | 24 | 4°26,092′ | 81°18,164′ | Arena compacta, color gris verdoso oscuro, (Gley1) 4/10Y, presencia de restos calcáreos, olor a sulfuro de hidrógeno. |
| E13 | 8/12/2018 | 83 | 4°26,186′ | 81°21,209′ | Fango pastoso, color olivo (HUE 5Y) 5/3, olor intenso a sulfuro de hidrógeno. |
| E23 | 9/12/2018 | 139 | 4°16,363′ | 81°17,155′ | Fango pastoso, color olivo (HUE 5Y) 5/3, presencia de restos calcáreos, olor intenso a sulfuro de hidrógeno. |
| E34 | 10/12/2018 | 41 | 4°6,255′ | 81°5,375′ | Fango compacto, color marrón olivo claro (HUE 2.5Y) 5/4, olor moderado a sulfuro de hidrógeno. |
| E35 | 10/12/2018 | 87 | 4°6,221′ | 81°8,262′ | Fango pastoso, color olivo (HUE 5Y) 5/3, olor intenso a sulfuro de hidrógeno. |

Los modelos digitales muestran también presencia de al menos 3 cañones submarinos, los cuales de norte a sur incrementan su tamaño, al mismo tiempo que disminuyen la distancia de sus cabeceras a la costa en esa dirección.

De norte a sur, en los tres cañones submarinos disectan el talud continental y sus ubicaciones se encuentran a diferentes latitudes (de norte a sur): a) A la latitud entre Punta Peña Mala y los Órganos, cuya cabecera está a 200 m de profundidad aproximadamente; b) A la latitud de Punta Peña Negra (cañón de Cabo Blanco) y cuya cabecera está en la Plataforma continental aproximadamente a los 100 m de profundidad y c) el cañón de Talara cuya cabecera comienza desde la zona costera. Dos incisiones sobre el fondo marino están presentes a la latitud de Punta La Cruz, las que tienen sus cabeceras aproximadamente en 100 m y 200 m de profundidad.

## Sedimentología y Geoquímica

### Granulometría y Texturas sedimentarias

**Granulometría**: en la Tabla 1 se presenta la descripción visual de las características de los sedimentos (en condición húmeda) y en la Tabla 2 los resultados de análisis sedimentológicos en laboratorio de las muestras colectadas en la operación de mar ELBA Máncora 2018, incluyendo la descripción de cada una de las muestras del sedimento, también se detallan los contenidos de materia orgánica y de carbonatos totales. Los valores obtenidos de los análisis representan el porcentaje del peso del total del sedimento seco; los sedimentos presentan composición variable en proporción de las fracciones de grava, arena, limo y arcilla; predominando la de arena (Fig. 5).

4 Campusano, F. (2019). Caracterización textural y geoquímica de los sedimentos superficiales marinos frente a Máncora. Servicio para el proyecto: Adaptación a los impactos del cambio climático en el ecosistema marino costero del Perú y sus pesquerías. Objetivo Específico Cambio Climático. Imarpe-Profonanpe

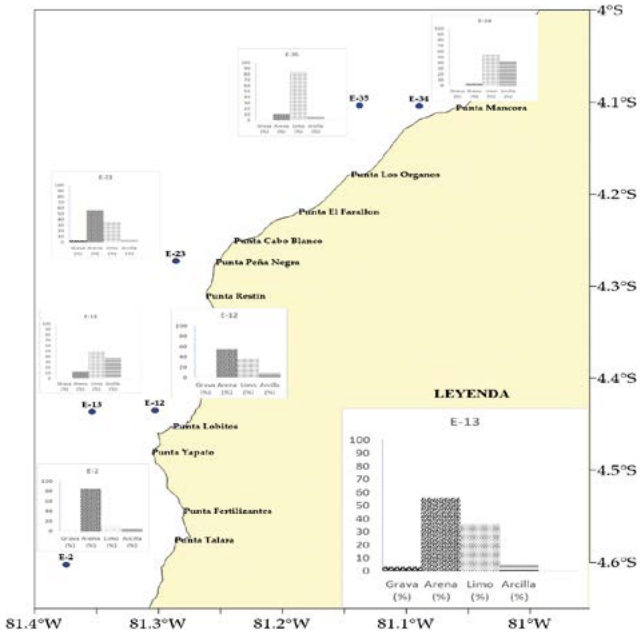


Figura 5.- Distribución de fracciones granulométricas del sedimento en las estaciones de muestreo. Línea Base Máncora, diciembre 2018

La fracción gruesa para las estaciones analizadas estuvo compuesta principalmente de arena, la cual tiene el valor máximo en la E-2 (84,39 %); la E-23 ubicada frente a Punta Peña Negra a 139 m (mayor profundidad de muestreo) presenta el segundo contenido más alto de arena y la única del muestreo de ELBA Máncora que presenta contenido de grava en los sedimentos.

En relación a la fracción fina, el limo fue dominante que presentó el máximo contenido en la E-35 (83,81 %), siendo también esta fracción la dominante en la E-34 (54,05 %) y en la E-13 (50,09 %). La arcilla se presentó como segunda fracción en abundancia también en las mismas estaciones; la E-34 (42,93 %) y E-13 (37,81 %).

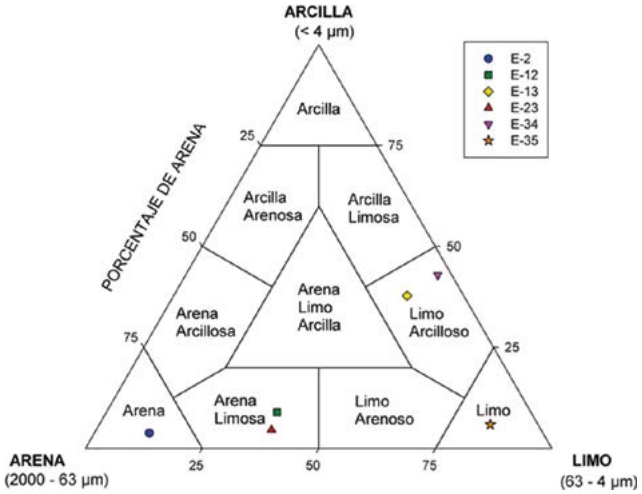


Figura 6.- Facies texturales de los sedimentos frente a la zona de estudio, definidas mediante el diagrama de Shepard (Campusano, 2019)

**Clasificación textural:** el muestreo del estudio ELBA Máncora definió en 6 muestras cuatro clases texturales: Limo (E-35), Limo Arcilloso (E-13 y E-23), Arena (frente a la Brea estación E-2,) y Arena Limosa (E-12 y E-23) (Tabla 2, Fig. 6).

**Mapa Integrado de Texturas Sedimentarias**

Las facies texturales se hallan distribuidas en áreas de diferente extensión y forma (como parches), constituyendo una franja de sedimentos de diferentes texturas.

Esta franja de sedimentos, cuya continuidad es interrumpida por presencia de cañones submarinos; tiene ancho variable, alcanzando en las zonas más alejadas de la costa hasta 7,5 mn (frente a Playa El Bravo), haciéndose más estrecha hacia el sur (entre cabo Blanco y Punta Peña Negra se extiende hasta 3 mn volviendo a ampliarse hacia el sur entre Punta Restín y Punta

Tabla 2.- Resumen de los parámetros sedimentológicos obtenidos del análisis en laboratorio, y clasificación textural (Campusano[4], 2019)

| N° | MOT (%) | CBTOS (%) | Grava (%) | Arena (%) | Limo (%) | Arcilla (%) | Textura (Shepard) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E2 | 1,85 | 3,00 | 0,00 | 84,39 | 11,79 | 3,82 | Arena |
| E12 | 1,98 | 5,81 | 0,00 | 54,44 | 36,60 | 8,96 | Arena Limosa |
| E13 | 4,75 | 12,05 | 0,00 | 12,10 | 50,09 | 37,81 | Limo Arcilloso |
| E23 | 3,87 | 10,53 | 3,34 | 55,88 | 36,29 | 4,48 | Arena Limosa |
| E34 | 4,02 | 8,45 | 0,00 | 3,01 | 54,05 | 42,93 | Limo Arcilloso |
| E35 | 4,61 | 9,97 | 0,00 | 10,23 | 83,81 | 5,96 | Arena |

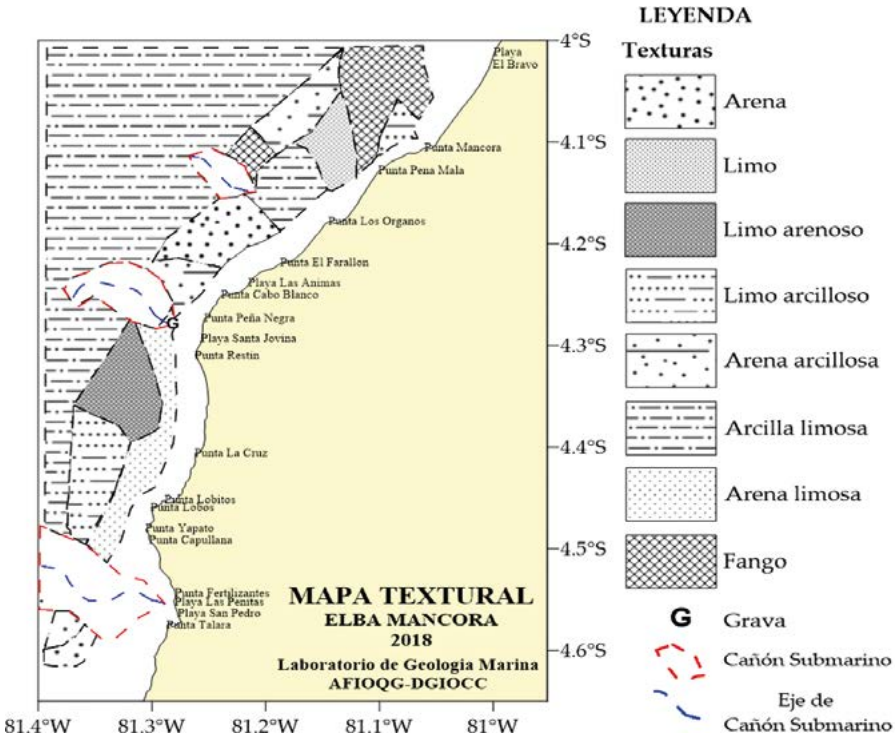


Figura 7.- Distribución de facies texturales de sedimentos superficiales (Información integrada del ELBA Máncora 2018 y datos de cruceros del banco de datos de Geología Marina)

La Cruz, a partir de donde se vuelve a hacer más estrecha hasta Punta Capullana; adelgazándose aún más hacia el sur de Talara. Hacia el oeste de esta franja y hacia mayores profundidades, se encuentran sedimentos de granulometría más fina, de arcilla limosa.

En el área de intervención del proyecto, se presentan dos sectores diferenciados. Desde Playa el Bravo hasta Punta los Órganos predomina la textura de fango, tanto por el noroeste como por el suroeste, y parches de texturas de arena arcillosa, limo, limo arcilloso y arcilla limosa. Desde Punta los Órganos hasta Punta Cabo Blanco en el área más estrecha están presentes texturas de arena y arena arcillosa.

Desde Punta Peña Negra hasta Punta Capullana, un parche delgado, alargado y paralelo al litoral, de textura arena limosa domina el sector y adyacente al mismo, al oeste ampliando la extensión de la franja de este sector, se encuentran parches de textura limo arenoso y limo arcilloso. La fracción grava presente en la arena limosa frente a Pta. Peña Negra está asociada a su ubicación en la cabecera del cañón submarino de Cabo Blanco.

Finalmente, desde Talara hasta el externo sur del área de estudio, en la plataforma continental, se encuentra un parche de textura de arena y otro de arena arcillosa (Fig. 7).

**Materia Orgánica Total y Carbonatos Totales**

El contenido de materia orgánica total (MOT) está conformado por componentes orgánicos de procedencia marina y continental. Los mayores contenidos de materia orgánica total (Tabla 2, Fig. 8) se presentaron en las estaciones E-13 (4,75 %) y E-35 (4,61 %). Los menores contenidos se presentaron en las estaciones E-12 (1,98 %) y E-2 (1,85 %).

El contenido de carbonatos totales (COT) proviene principalmente de fragmentos calcáreos de origen biogénico cuya composición es mayormente carbonato de calcio ($CaCO_3$). Los mayores contenidos de carbonatos totales (Tabla 2, Fig. 8) se presentaron en las estaciones E-13 (12,05 %) y E-23 (10,53 %). Los menores contenidos se presentaron en las estaciones E-12 (5,81 %) y E-2(3,0 %).

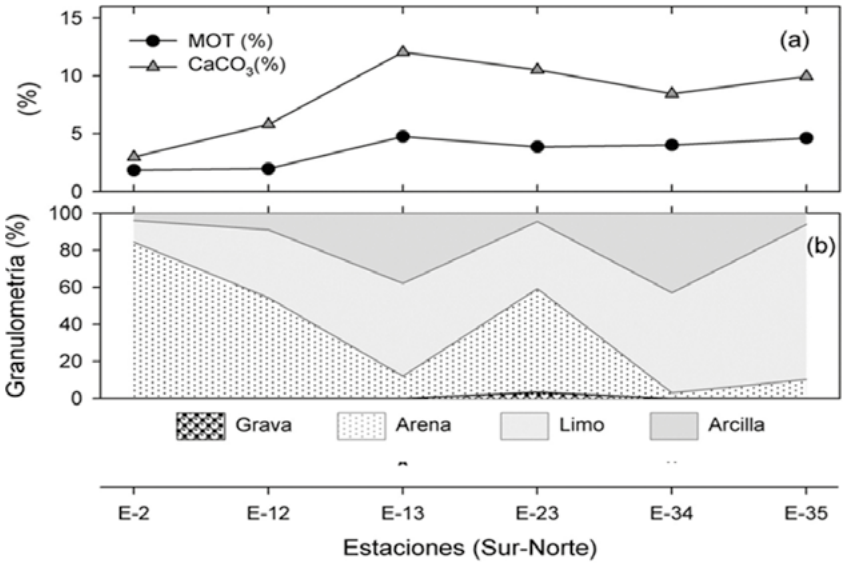


Figura 8.- Distribución del contenido de Materia Orgánica Total (%) y Carbonatos Totales (%) en sedimentos marinos en base al análisis de muestras del ELBA Máncora 2018 y su relación con las fracciones granulométricas

## 4. DISCUSIÓN

Las características del relieve actual pueden ser explicados con base en el análisis e interpretación de diferentes elementos del estudio geomorfológico submarino, de los cuales en el presente estudio solo se abordan los sedimentos superficiales y la batimetría a una resolución muy gruesa que proporcionan las cartas náuticas. Sin embargo, es posible notar que la mayor extensión de la plataforma continental en la zona de estudio se encuentra entre Punta Fertilizantes y Punta Peña Negra, lo que, respecto a otras zonas de estudio, podría parcialmente ser explicada por aportes de sedimentos modernos de las quebradas Yale y Pariñas (Talara), principalmente durante los eventos El Niño; no obstante es importante considerar otros elementos del estudio geomorfológico (litología, estructura, tectonismo, cobertura sedimentaria y composición del sedimento) así como erosión y sedimentación relacionada a los procesos eustáticos. Otro aspecto muy importante que delinea las características de la plataforma y talud continental es presencia de otros rasgos morfológicos como los cañones submarinos y sus tributarios; los cuales, además, influyen en la circulación y transporte de los sedimentos y condicionan hábitats bentónicos especiales.

El tamaño de las partículas de las muestras de sedimentos colectadas en la Plataforma continental durante el ELBA Máncora 2018, entre profundidades de 70-90 m (E-35, E-13, E-2), tiende a incrementarse de norte a sur del área de estudio; desde contenidos dominantes de limos hasta arenas; lo cual refleja variabilidad (de norte a sur) de un régimen de menor energía hidrodinámica, a un régimen de mayor energía hidrodinámica en el fondo marino.

La zona de estudio presenta hasta 8 tipos de texturas sedimentarias, cuya distribución es influenciada por presencia de cañones submarinos que constituyen un sumidero de sedimentos; su fuente de aporte y factores dinámicos que influyen en su distribución. Al no haber repetición de muestras en las mismas posiciones de muestreo a través del tiempo no es posible evaluar una variación temporal de las características de los sedimentos.

Las arcillas limosas ocupan la mayor extensión en las zonas más profundas del Talud continental superior del área de estudio y representan ambientes donde predominan procesos de sedimentación, mientras que, hacia sectores menos profundos del Talud continental superior y de la Plataforma continental se encuentran distribuidas en parches irregulares. Las otras 7 facies texturales: limo arcilloso, arcilla limosa, arena, arena arcillosa, limo, limo arenoso, arena limosa y fango cuya distribución, además del control morfológico, están influenciadas por fuentes de aporte

local y energía hidrodinámica que, de acuerdo a lo inferido de las muestras colectadas el año 2018, se incrementa hacia el norte.

Latitudinalmente, las facies texturales están agrupadas en tres sectores, cuyos límites están influenciados por presencia de cañones submarinos: El sector que cubre el área de intervención del proyecto (hasta Punta Peña Negra), está conformado por numerosos parches de distintas facies texturales predominando la textura de fango. Un segundo sector, hacia el sur hasta Punta Capullana, está dominado por una delgada franja de arena limosa, a mayor profundidad hay parches de sedimentos de textura limo arenoso y arcilla limosa; el tercer sector que abarca hasta el límite sur del ELBA Máncora, está conformado por facies texturales de arena y arena limosa.

El contenido de materia orgánica total y el contenido de carbonatos totales (principalmente $CaCO_3$), son más elevados en la zona central, seguido de la zona norte y menor en la zona sur, coincidiendo con el aumento de sedimentos con granulometría más fina.

El contenido de carbonatos está asociado a presencia de fragmentos de caparazones de moluscos de variado tamaño cuya principal composición es carbonato de calcio y constituiría su principal fuente de aporte, el tamaño de los fragmentos está en función de la energía hidrodinámica que influye en su transporte y desgaste mecánico desde su origen; es posible que otros bioclastos calcáreos que conforman sedimentos más recientes de la Cuenca Talara se encuentren expuestos en el fondo marino, por lo que localmente podrían ser fuente de aporte de sedimentos de esta composición como también aquellas que se encuentran expuestas en el continente y son transportadas al mar por diferentes procesos.

## 5. CONCLUSIONES

Con base en la interpretación del arrumbamiento de las isóbatas de 50, 100 y 200 m, se definen tres zonas morfológicamente diferentes en la plataforma continental en el área de estudio ubicados frente a los siguientes sectores del litoral: i) Paralelas, desde el extremo norte del área de estudio hasta Punta Peña Mala; ii) Divergentes a partir de los 100 m de profundidad entre Punta Peña Mala a Punta Peña Negra y iii) Divergentes del arrumbamiento de la línea de costa entre Punta Peña Negra hasta Punta Fertilizantes.

El relieve de los cañones submarinos y tributarios modifica también el paralelismo de las isóbatas con la línea de costa en dos de los sectores mencionados anteriormente (al sur de Punta Peña Mala), ocasionando inflexiones cóncavas hacia mar afuera debido al inicio de su incisión en la plataforma continental, desde el sector costero como el caso del cañón de Talara, desde la plataforma continental en caso del cañón de Cabo Blanco o desde el borde externo de la plataforma continental en el caso del cañón submarino ubicado al NW de Punta Los Órganos.

El tipo de textura del sedimento y la distribución del contenido de materia orgánica está condicionado por i) contexto morfológico (cañones submarinos, extensión de la plataforma y talud continental) que limitan la distribución lateral de las facies de sedimentos y constituyen un sumidero de los sedimentos; ii) la fuente de aporte local de origen continental (fluvial y eólico), erosión de formaciones geológicas submarinas (expuestas sobre el fondo marino) así como el aporte de la productividad marina de la columna de agua y, iii) hidrodinámica marina que selecciona los tamaños de partícula.

El contenido de carbonatos es influenciado por un factor biológico (fuente de aporte de caparazones de moluscos) e hidrodinámico que interviene en su selección y transporte; probablemente puede ser influenciado también por fuentes de aporte local provenientes de la erosión de sedimentos relicto (submarinas o continentales) que contienen bioclastos calcáreos.

**Agradecimientos**

Este trabajo fue financiado por el Fondo de Adaptación a través del Proyecto "Adaptación a los impactos del cambio climático en el ecosistema marino costero del Perú y sus pesquerías", teniendo como Agencia Implementadora Nacional a Profonanpe, fondo ambiental del Perú, y ejecutado por el Ministerio de la Producción en colaboración con el Instituto del Mar del Perú (IMARPE).

## 6. REFERENCIAS


Chacón, E. (2014). Predicción de ambientes de deposición sedimentaria en base a características batimétricas, morfológicas y sedimentarias en el margen Continental Peruano mediante modelos de estadística especial. Tesis Ing. Estadístico. Escuela de Ingeniería estadística. Facultad de Ingeniería Económica, Estadística y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Ingeniería. 122 p.

Dean, W. (1974). Determination of Carbonate and Organic matter in calcareous sediments and rocks by loss on ignition: Comparison the others methods. In: Jour. Sed. Petrology, 44(1), 242-248.

Delgado, C. y Gomero, R. (1995). Atlas sedimentológico de la plataforma continental peruana. Inf Inst Mar Perú, 110-111, 5-31.

Delgado, C., Gomero, R., Salzwedel, H., Flores, L. Y Carvajal, G. (1987). Sedimentos superficiales del margen continental peruano, un mapa textural. Bol Inst. Mar Perú, 11(5), 182-190.

Galehouse, J. (1971). Sedimentation Analysis. In: Procedures in Sedimentary Petrology. Eds. Carver, RE, Wiley Interscience, New York. Cap. 4, 69-94.

Herrera, J. (2019). Caracterización Geomorfológica – Textural de la Margen Continental Peruana del área de la Carta Náutica Nº112, Punta Sal a Punta Pariñas. Tesis Ing. Geólogo. Facultad de Ingeniería de Minas. Escuela Profesional de Ingeniería Geológica. Universidad Nacional de Piura. 191 p.

Hidronav. (1995). Derrotero de la Costa del Perú. Vol. 1. Golfo de Guayaquil a Callao. 169 p.

Hidronav. (2010). Carta de Navegación N° 112, escala 1: 100,000.

Imarpe. (2014). 50 años de Mar y Ciencia. Instituto del Mar del Perú. 215 p.

Ingemmet. (2020). Geología de la plataforma continental del Perú: paralelos 03°30′ y 14°00′. Boletín Serie D: Estudios Regionales. N° 32. Ingemmet.

Ingram, R. (1971). Sieve Analysis. In: procedures in Sedimentary Petrology. Eds. Carver, RE, Wiley Interscience, New York, Cap. 3, 49-67.

Macharé, J., Sebrier, M., Huamán, D. y Mercier, J. (1986). Tectónica Cenozoica de la margen continental peruana Bol. Soc. Geol. Perú, 76, 45-77.

Palacios, O. (1994). Geología de los Cuadrángulos de Paita, Piura, Talara, Sullana, Lobitos, Quebrada Seca, Zorritos, Tumbes, Zarumilla. Carta Geológica Nacional. Serie A. Ingemmet. Bol. 54.

Shepard, F. (1954). Nomenclature based on silt-clay ratios Jour. Sed. Petrology 24(1), 151-158.

Sheperd, G. & Moberly, R. (1981). Coastal structure of the continental margin, northwest Peru and southwest Ecuador. In Nazca Plate: Crustal formation and Andean convergence. Geological Society of America. Memoir, 154, 351-391.

Schweigger, E. (1947). El Litoral Peruano. Ed. Cía. Administradora del Guano. 262 pp.

Velazco, F., Solís, J., Delgado, C. y Gomero, R. (2015). Sedimentos superficiales y morfología de la plataforma y talud continental superior entre 3°30′S y 15°30′S, Callao, Perú. Inf Inst Mar Perú 42(4), 526-537.

Woodman, R. y Mabres, A. (1993). Formación de un Cordón Litoral en Máncora, Perú, a Raíz de El Niño de 1993. Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos, Lima, 22 (1), 213-226.