

MORFOLOGÍA SUBMARINA Y SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL FONDO MARINO FRENTE AL LITORAL ENTRE PUNTA VÉGUETA Y PLAYA GRANDE (11-11,4°S), COSTA CENTRAL DEL PERÚ

SURFICIAL SEDIMENTS AND SEABED MORPHOLOGY BETWEEN PUNTA VÉGUETA TO PLAYA GRANDE (11-11.4°S), CENTRAL PERUVIAN COAST

Federico Velazco¹ Juana Solís¹

RESUMEN

VELAZCO, F. y SOLÍS, J. (2023). *Morfología submarina y sedimentos superficiales del fondo marino frente al litoral entre Punta Végueta y Playa Grande (11-11,4°S), costa central del Perú*. *Inf Inst Mar Perú*, 50(2), 175-186.- Con base en la interpretación de datos de cartas de navegación se determinaron las características morfológicas del fondo marino de la plataforma continental hasta 100 m de profundidad entre 11 y 11,4°S para el estudio de Línea de Base Ambiental (ELBA Huacho). Con los resultados del análisis sedimentológico de 21 muestras colectadas el 2018, complementados con información del banco de datos sedimentológico del Laboratorio de Geología Marina del IMARPE, se caracterizó la distribución de la textura del área de estudio, definiéndose 8 facies texturales: limo arcilloso, arcilla limosa, arena, arena arcillosa, limo, limo arenoso, arena limosa y fango. El área de estudio presenta dos sectores bien diferenciados en sus características morfológicas y sedimentológicas, cuyo límite de distribución lo constituye el sector submarino de la plataforma continental frente a Punta Salinas, donde se produce un cambio notable en el arrumbamiento de la línea de costa y en las isóbatas de NW a N y NNW (con variaciones locales de rumbo en los sectores de bahía y desembocadura de ríos). Hacia el sur, en el alineamiento entre Punta Salinas con los islotes Tambillo, Caquitina, las islas Brava y Mazorcas y con la prolongación submarina de sus macizos rocosos hay dominio de sedimentos de la facie textural arena, en tanto que, hacia el norte predomina el conjunto de las demás facies texturales. Las texturas del sedimento obtenidas en el muestreo del ELBA Huacho, comparadas con el mapa de facies texturales, muestran variación geográfica en su distribución al norte del alineamiento con las islas mencionadas, principalmente las texturas limo arcilloso y arcilla limosa que han ampliado su distribución hacia el sur, donde antes estaba presente la textura de arena limosa; esta ampliación podría estar asociada a variaciones en la fuente de aporte o energía hidrodinámica. Los mayores contenidos de materia orgánica total (MOT) en los sedimentos colectados durante el ELBA Huacho, tienen similar tendencia de distribución con las facies texturales conformadas predominantemente por las fracciones de limo y arcilla y también a los mayores contenidos de carbonatos totales; la materia orgánica estaría asociada a la fuente de aporte principalmente de origen marino y los carbonatos a una fuente de origen biológico.

PALABRAS CLAVE: morfología submarina, sedimentología, geoquímica, costa central de Perú

ABSTRACT

VELAZCO, F., and SOLÍS, J. (2023). *Surficial sediments and seabed morphology between Punta Végueta to Playa Grande (11°S-11.4°S), central Peruvian coast*. *Inf Inst Mar Perú*, 50(2), 175-186.- The morphological features of the seabed of the continental shelf, up to a depth of 100 meters and located between 11° and 11.4°S, have been determined for the Environmental Baseline Study (EBS Huacho) based on the interpretation of navigation charts. The study area is characterized by eight textural facies: clayey silt, muddy clay, sand, clayey sand, silt, sandy silt, muddy sand, and mud. This was determined through the results of sedimentological analyses performed on 21 samples collected in 2018, complemented with information from the sedimentological database of the Marine Geology Laboratory (IMARPE). A boundary is observed in the submarine sector of the continental shelf off Punta Salinas, where there is a significant shift in the coastal line trend and isobaths from NW to N and NNW (with local variations in the bay and river mouth sectors), differentiating two sectors in their morphological and sedimentological features. The sediments of the sand textural facies dominate the area to the south, in the alignment between Punta Salinas with the islets Tambillo, Caquitina, the islands Brava and Mazorcas, and with the submarine extension of their rocky massifs, while to the north, the other textural facies predominate. When comparing the sediment textures obtained in the EBS Huacho sampling with the textural facies map, they show geographic variation in their distribution north of the alignment with the islands mentioned, mainly the silty clay and silty clay textures that have widened their distribution towards the south, where the silty sand texture was previously present; this widening could be associated with variations in the source of input or hydrodynamic energy. The highest contents of total organic matter (TOM) in the sediments collected during ELBA Huacho have a similar distribution tendency with the textural facies predominantly composed of the silt and clay fractions, as well as the highest contents of total carbonates. The organic matter would be associated with the input source, mainly marine, and the carbonates with a biological source.

KEYWORDS: submarine morphology, sedimentology, geochemistry, central Peruvian coast

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

1. INTRODUCCIÓN

El estudio realizado como Línea de Base (LB) en el área piloto de Huacho 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".

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), se describen las características del borde costero con base en información bibliográfica así como en la morfología del fondo marino y sedimentos superficiales a partir de la información batimétrica y de análisis sedimentológicos y geoquímicos de sus depósitos superficiales de sedimentos.

El área de estudio se ubica en la costa central del Perú, Región Lima, frente a un sector del litoral entre 11°S (norte de Punta Végueta) y 11,4°S (Playa Blanca), al norte de Chancay (Fig. 1).

Fisiografía del borde litoral

El área de estudio forma parte del sector denominado por SCHEWEIGGER (1964) como Costa Central. De acuerdo a HIDRONAV (1995) el área presenta diversidad de tipos de costas acantiladas, puntas, bahías y en algunas zonas islotes. Por el límite norte (11°S), a continuación de una playa pedregosa y fondos de arena, con rompientes en la playa denominada caleta Végueta, se presenta una punta del mismo nombre. Al suroeste de Punta Végueta, aproximadamente a ½ milla, se encuentra la isla Don Martín, de 500 m de largo, 50 m de ancho y 80 m de altura.

Hacia el SSE de Pta. Végueta, por aproximadamente 3,5 millas, a través de una zona de barrancos de 10 m de altura, con playas estrechas, que desaparecen en algunos lugares donde golpea el

mar en sus flancos acantilados, se encuentra Pta. Centinela la cual se eleva 18 m en forma de frontón, cortada a pique por el lado del mar. Aproximadamente a ¾ de milla y hacia WNW de Pta. Centinela, se encuentra el islote Lobillo, con cima plana y flancos verticales; el cual tiene aproximadamente 300 m de largo, 100 m de ancho y 15 msnm de altura.

Hacia el S del cerro Centinela se inicia la bahía Carquín, la cual está orientada en dirección N-S y posee aproximadamente 1,5 millas de largo por ½ milla de ancho, con fuerte rompiente del oleaje; en esta bahía desemboca el río Huaura, considerado como de descarga permanente, la bahía limita al oeste con Punta Carquín, una punta árida y escarpada, que además abriga la caleta del mismo nombre.

A continuación de Punta Carquín se inicia la bahía de Huacho limitada al este por una punta peñascosa de color rojizo, de 60 m de altura con el mismo nombre, y que alberga el Puerto de Huacho ubicado en el sector SE de la bahía; desde Pto. Huacho y hacia el lado oriental de la misma (hacia Punta Huacho) se encuentra un barranco de mediana altura delante del cual hay una lengua angosta de playa.

De punta Huacho, la costa se desarrolla siguiendo la dirección SW por aproximadamente 600 m, donde cambia de dirección hacia el SE dando lugar a punta La Viuda. A partir de esta punta la costa forma un pequeño seno de poco menos de 1,0 km, para luego tomar la dirección SE y extenderse por aproximadamente 3,0 km, en forma de una playa de acantilados bajos que comprende la playa del balneario de Hornillos y playa Colorado; esta última presenta hacia el W y a 150 m de la parte central, un islote del mismo nombre. El extremo S de playa Colorado lo forma una pequeña prominencia que constituye el límite N de la bahía Salinas, denominado Punta Malpaso. Desde allí se extiende una gran playa tendida en forma de media luna, de aproximadamente 4 millas de longitud, detrás de la cual, y paralela a ella, se forma una laguna especialmente en épocas de marea de sicigias, protegida por la barrera de arena que forma la misma bahía. En el extremo S de la bahía, la parte más pronunciada de la curvatura toma el nombre de playa Chica, la cual remata por el lado W en

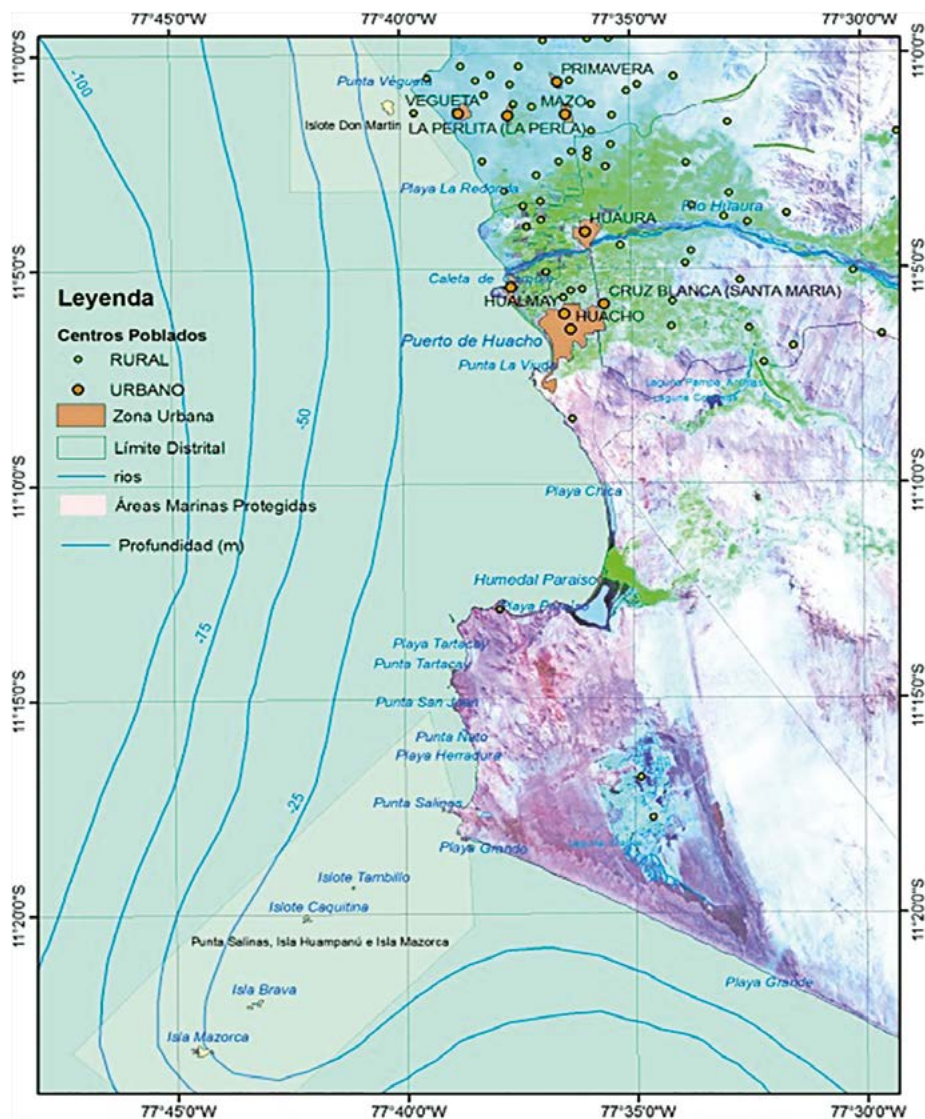


Figura 1.- Área de estudio - Proyecto Vulnerabilidad del Cambio Climático

la punta de Quilca; a partir de aquí se forman 2 pequeñas entrantes, separadas por un mogote; el extremo W de la segunda entrante se denomina Punta Bourayne.

Hacia el sur se abre Bahía Grande, la cual forma parte de la bahía Salinas que se prolonga aún más hacia el occidente hasta alcanzar Pta. Bajas, al sur de esta se encuentra Pta. Salinas la que es el límite SW de la espaciosa bahía del mismo nombre. El cerro Salinas constituye el promontorio de Pta. Salinas, además de un conjunto de cerros de 5 millas de ancho que se extienden hasta 4 millas al oeste para formar una pronunciada saliente entre las Puntas Bajas y Salinas. Al sur de Pta. Bajas, se encuentra un bajo denominado Roca Misteriosa que también se conoce como Bajo San Juan.

Desde Pta. Salinas la costa sigue la dirección sur labrando una pequeña ensenada denominada Playa Tartacay que limita al sur en la punta del mismo nombre. Frente a esta punta se encuentra el islote Haragán. Hacia el sur le siguen pequeñas caletas y playas como caleta El Niño y terminan en la punta Herradura, a partir de la cual hacia el SW se extiende una amplia playa del mismo nombre.

Geología y Geomorfología

La geología de la zona costera ha sido estudiada por COBBING (1973), identificando en las puntas de afloramientos rocosos mencionados, una secuencia de rocas sedimentarias y volcánicas andesíticas de las Formaciones Casma, cuya edad corresponde al periodo Cretácico inferior y que geomorfológicamente representan colinas. Entre

estas puntas se alternan depósitos Cuaternarios marinos, eólicos, marinos y aluviales (estos últimos presentes en la cuenca del río Huaura); que constituyen rasgos geomorfológicos denominados planicies (marina o fluvial).

Entre los estudios sedimentológicos previos en el área de estudio, un mapa textural (DELGADO *et al.*, 1987; DELGADO y GOMERO, 1995) muestra en la zona costera a la latitud de Pta. Végueta facies de arena limosa y de arcilla limosa, esta última se extiende a mayor profundidad y, hacia mayores profundidades de la plataforma continental (PC), se alterna con limo arcilloso con textura limo arenoso. Frente a playa Chica texturas de arena se extienden desde la costa hacia el suroeste desde Punta Salinas, limitando en la zona costera y hacia el extremo sur del área de estudio con arena limosa, presentando en estas facies variables proporciones de grava; las zonas más profundas y alejadas de la costa frente a este sector y que se proyectan hasta la isóbata de 200 m y aún más profundo muestran sedimentos con textura de arcilla limosa.

DELGADO y GOMERO (1995) indican que el contenido de materia orgánica total (MOT) está en relación con el tipo de sedimento y el contenido de carbono orgánico total (COT) en relación con 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.

También se han elaborado informes técnicos previos relacionados a la caracterización del fondo marino y del contenido de materia orgánica para la "Evaluación ambiental de la Bahía de Huacho" y "Contenido de Materia Orgánica y Carbonatos en los Sedimentos de las Bahías de Huacho, Chancay, Carquín y Végueta"

(SOLÍS y VELAZCO², 2009, 2014; VELAZCO³ *et al.*, 2016); así como análisis y reportes para estudios sobre efectos del empleo de motobomba accionada por buzos para extraer el recurso concha navaja.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Morfología del fondo marino

La morfología del fondo marino se realizó con información proveniente de las cartas de navegación HIDRONAV (2010); así como del mapa base proporcionado por el grupo de trabajo de campo. Para el análisis de la morfología del fondo fue empleado el programa *Surfer for Windows*. El detalle de esta interpretación se limita a la resolución existente entre los puntos de sondajes de las cartas náuticas que solo permiten discernir rasgos morfológicos a una escala muy gruesa, descritos entre la línea de orilla hasta 100 m de profundidad.

Sedimentología y geoquímica

Se analizaron 21 muestras de sedimentos superficiales, obtenidas empleando una draga van Veen, de 0,075 m². Estas muestras conforman 5 perfiles en el área de estudio (Fig. 2), los cuales de norte a sur se sitúan frente a Punta Végueta, Huacho, Humedal El Paraíso, Punta San Juan y Playa Grande.

El estudio en su componente de facies texturales se complementa con información proveniente de análisis de muestras analizadas, durante los años 2014, 2015 (Velazco³ *et al.*, 2016) y el año 2018 para el Estudio de Línea Base Ambiental de la zona marina frente a Huacho; en conjunto con anteriores estudios desarrollados por el Laboratorio Costero de Huacho (años 2012, 2013) recogidos en los informes Solís y Velazco⁴ (2012, 2013), adicionalmente se incluye información de textura del sedimento del banco de datos del Laboratorio de Geología Marina.

2 Solís, J. y Velazco, F. (2009). Informe Técnico: Contenido de materia orgánica y carbonatos en los sedimentos de la bahía de Huacho, abril 2009. Proyecto Evaluación ambiental de la Bahía de Huacho. Informe Técnico. DGIOCC. IMARPE.

Solís, J. y F. Velazco. (2014). Informe Técnico Contenido de materia orgánica y carbonatos en los sedimentos de la Bahía de Huacho. Programa del Estudio de la Calidad de Aguas, junio 2014. Informe Técnico. DGIOCC. IMARPE.

3 Velazco, F., A. Calderón, J. Solís y F. Campusano. (2016). Morfología y sedimentos superficiales del fondo marino frente a Huacho. ELBA Huacho (2014, 2015). Proyecto Vulnerabilidad del Cambio Climático

4 Solís, J. y Velazco, F. (2012). Informe Técnico Contenido de materia orgánica y carbonatos en los sedimentos de las zonas de Huacho, Chancay, Carquín y Végueta (1211). Proyecto Evaluación ambiental en las zonas de Huacho, Chancay, Carquín y Végueta - Huacho. Informe Técnico.

Solís, J. y Velazco, F. (2013). Informe Técnico Contenido de materia orgánica y carbonatos en los sedimentos de las zonas de Huacho, Chancay, Carquín y Végueta.

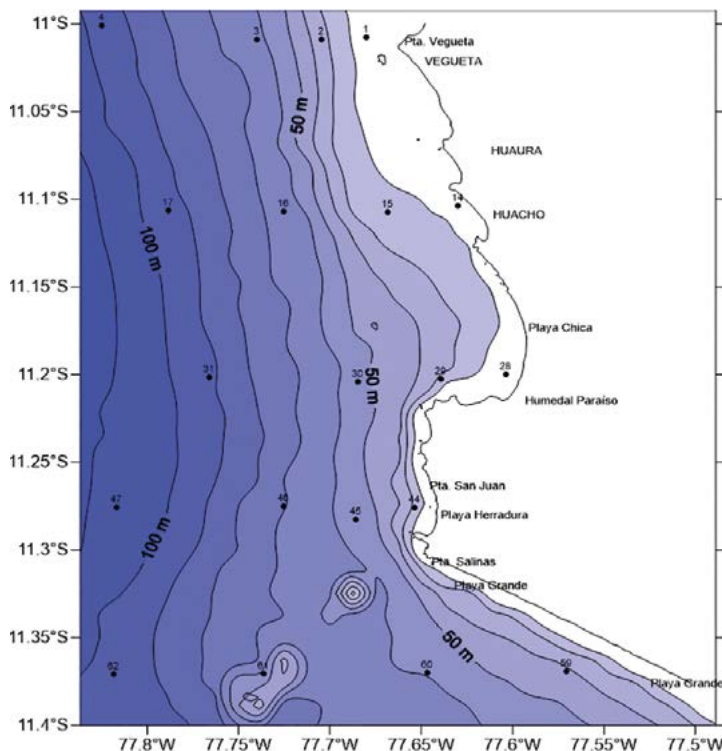


Figura 2.- Distribución geográfica de estaciones colectadas en el ELBAS 2018 superpuesta al modelo digital de batimetría obtenido

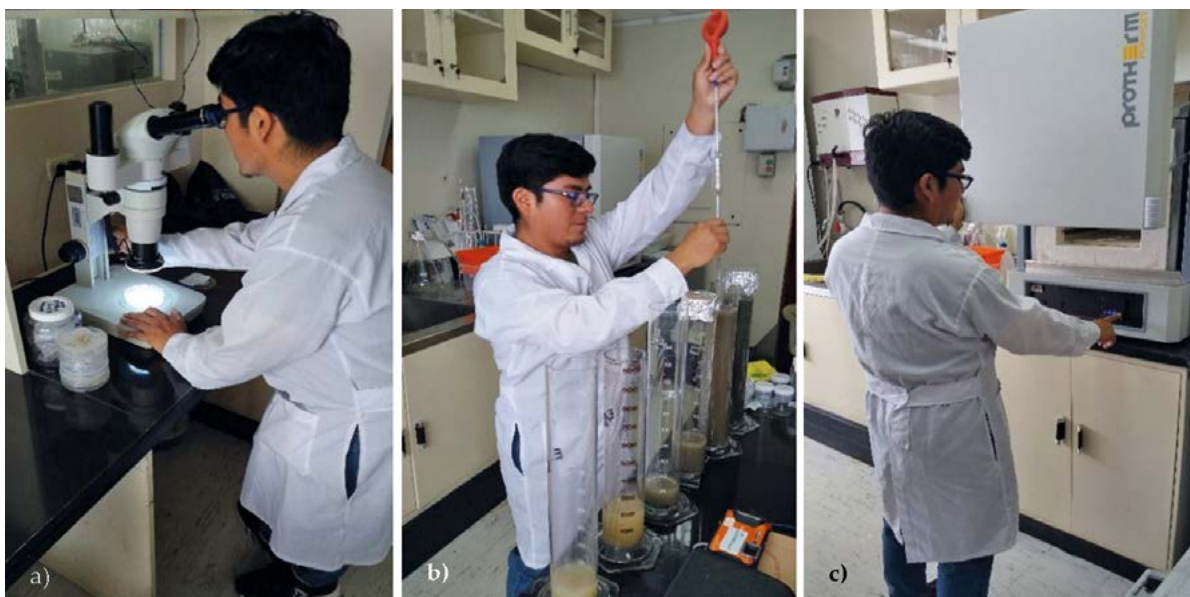


Figura 3.- a) Descripción de componentes del sedimento, b) Análisis de la fracción fina mediante método de la pipeta, c) Análisis del contenido de materia orgánica y carbonatos empleando una mufla

Granulometría y texturas sedimentarias

En el laboratorio, a través de un servicio financiado por PROFONANPE (Vitor⁵, 2019) se analizaron 21 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). El análisis del contenido de

5 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

materia orgánica y carbonatos totales se realizaron mediante el método de pérdida de peso por ignición según DEAN (1974).

La textura sedimentaria se determinó empleando el diagrama de SHEPARD (1954) con base en las proporciones de arena, limo y arcilla. En vista del espaciamiento entre estaciones y que en todos los casos no se repiten exactamente en los mismos puntos entre los años 2014, 2015 y 2018, además considerando la existencia de alta heterogeneidad de tipo de sustrato, se elaboró un solo mapa integrado de texturas sedimentarias, compilando las estaciones de todos los muestreos. Adicionalmente en este mapa integrado de texturas, se han incluido resultados de análisis texturales de otros estudios llevados a cabo por el Laboratorio Costero de Huacho; así como de los estudios de sedimentos en la Plataforma continental y el Talud Continental (DELGADO *et al.*, 1987; DELGADO *et al.*, 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 los 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 for Windows*.

3. RESULTADOS

Morfología del fondo marino

La información obtenida de la carta náutica HIDRONAV (2010) 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 (Figs. 2, 4).

Las isóbatas de 20, 30 y 40 m, se abren en sentido contrario a la línea de costa entre las siguientes localidades: Pta. Végueta y Huacho, Playa Chica y Humedal Paraíso, al norte de Pta. San Juan y frente a Playa Herradura; esta característica se debería tanto a la amplitud de los depósitos de sedimentos que favorecen pendientes de menor inclinación, como a la presencia de islotes, rocas y bajos en el área de estudio. En los otros sectores las mencionadas isóbatas presentan paralelismo con la línea de costa, mostrando una pendiente más inclinada pero continua. Entre las isóbatas de 50 a 90 m se observan cambios muy locales en el contorno de las isóbatas a manera de inflexiones, que se encuentran principalmente desde Pta. Huacho hasta el sur del área de estudio, que podrían deberse a presencia de canales, sin embargo, es necesario una batimetría de detalle para poder confirmarlo.

Hacia el suroeste de Punta Salinas, entre las isóbatas de 60 y 70 m se levantan sobre el fondo marino un grupo de islas (Grupo de Huaura) que se extienden hasta cerca de 14 millas en

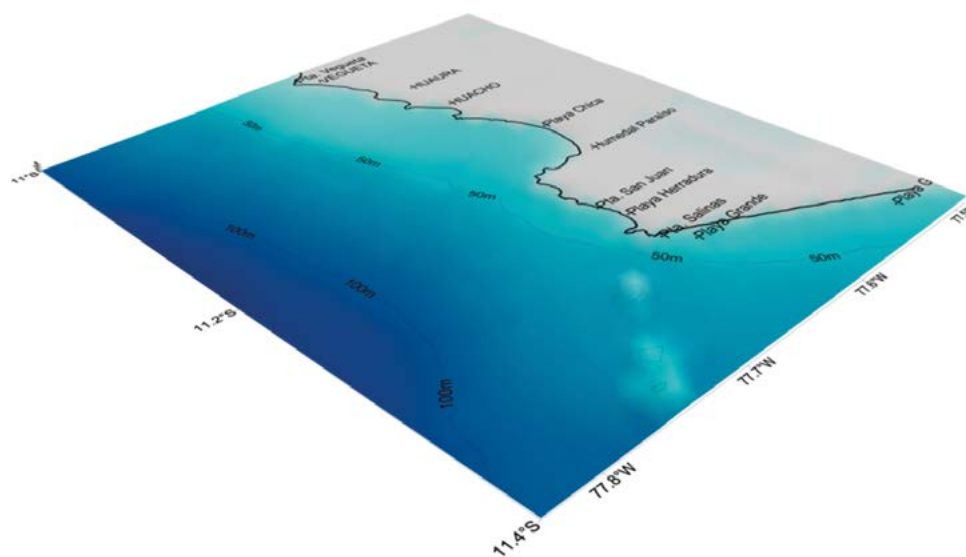


Figura 4.- Distribución de isóbatas a partir de datos de cartas de navegación en Modelo de Elevación Digital de la zona submarina del área de estudio

dirección SW; estas son: Tambillo, Diablillos, Chantales y Mazorcas. Las isóbatas de menores profundidades a 60 m rodean concéntricamente estas islas. Hacia el oeste de estas islas, las isóbatas de 70 a 100 m de profundidad cambian su rumbo contorneando las mencionadas islas.

Las isóbatas tienden a tener contornos más suavizados hacia profundidades de 100 y 120 m y denotan, por su mayor separación, que entre ellas la inclinación es menor que en profundidades más someras.

SEDIMENTOLOGÍA Y GEOQUÍMICA

Granulometría y Texturas sedimentarias

Granulometría: en la Tabla 1 se presenta la descripción de los sedimentos (sedimento húmedo) y en la Tabla 2 los resultados de análisis sedimentológicos en laboratorio de las muestras colectadas en la operación de mar ELBA 2018, incluyendo la descripción de cada una de las muestras del sedimento. Los valores obtenidos de los análisis representan el porcentaje del peso del total del sedimento seco.

Tabla 1.- Resumen de datos generales de estaciones de muestreo y descripción visual de sedimentos

Est. N°	Fecha	Latitud	Longitud	Características Físicas: observación visual (muestra húmeda)
E-01	24/11/2018	11°0'27,72"	77°40'48,36"	Arena compacta, color gris verdoso oscuro (Gley 1, 4/5GY), presencia de micas, olor H ₂ S ligero.
E-02	24/11/2018	11°0'32,04"	77°42'16,56"	Arena fangosa con fluido, color gris verdoso oscuro (Gley 1, 4/5GY), presencia de micas, olor H ₂ S ligero.
E-03	24/11/2018	11°0'32,40"	77°44'24,00"	Fango pastoso con fluido, color verde oliva (5Y, 5/3), presencia de fragmentos calcáreos (conchuelas), presencia de bacterias filamentosas (<i>Thioploca</i>), olor H ₂ S moderado
E-04	24/11/2018	11°0'3,60"	77°49'29,64"	Fango pastoso con fluido, color verde oliva (5Y, 4/4), olor H ₂ S moderado.
E-14	25/11/2018	11°6'13,68"	77°37'48,00"	Fango arenoso, color gris verdoso oscuro (Gley 1, 4/5GY), presencia de micas, olor H ₂ S moderado.
E-15	25/11/2018	11°6'26,64"	77°40'6,24"	Arena fangosa, color gris verdoso oscuro (Gley 1, 4/5GY), presencia de micas, olor H ₂ S ligero.
E-16	25/11/2018	11°6'25,20"	77°43'31,08"	Fango pastoso con fluido, color gris oliva oscura (5Y, 3/2), presencia de fragmentos calcáreos (conchuelas), presencia de bacterias filamentosas (<i>Thioploca</i>), olor H ₂ S moderado
E-17	25/11/2018	11°6'23,04"	77°47'18,24"	Fango pastoso, color gris oliva (5Y, 4/2), presencia de bacterias filamentosas (<i>Thioploca</i>), olor H ₂ S intenso
E-18	25/11/2018	11°6'29,16"	77°52'22,80"	Fango fluido, color verde oliva (5Y, 4/3), presencia de bacterias filamentosas (<i>Thioploca</i>), olor H ₂ S moderado.
E-28	26/11/2018	11°11'59,28"	77°36'13,32"	Fango arenoso con fluido, color gris muy oscuro (5Y, 3/1), olor H ₂ S moderado
E-29	26/11/2018	11°12'9,00"	77°38'21,12"	Fango pastoso, color gris muy oscuro (5Y, 3/1), presencia de fragmentos calcáreos (conchuela), olor H ₂ S moderado
E-30	26/11/2018	11°12'14,40"	77°41'4,56"	Fango pastoso con fluido, color gris oliva oscuro (5Y, 3/2), olor H ₂ S moderado
E-31	26/11/2018	11°12'5,40"	77°45'57,60"	Fango pastoso, color verde oliva (5Y, 4/3), presencia de bacterias filamentosas (<i>Thioploca</i>), olor H ₂ S intenso.
E-44	27/11/2018	11°16'32,88"	77°39'12,96"	Fango arenoso pastoso, color gris oliva oscura (5Y, 3/2), presencia de restos de algas, presencia de micas, olor H ₂ S moderado
E-45	27/11/2018	11°16'57,36"	77°41'8,88"	Fango pastoso con fluido, color gris oliva oscura (5Y, 3/2), olor H ₂ S moderado
E-46	27/11/2018	11°16'30,00"	77°43'31,44"	Fango pastoso con fluido, color gris oliva (5Y, 4/2), presencia de bacterias filamentosas (<i>Thioploca</i>), olor H ₂ S moderado
E-47	27/11/2018	11°16'32,52"	77°49'0,48"	Fango pastoso con fluido, color gris oliva (5Y, 4/2), olor H ₂ S moderado
E-59	28/11/2018	11°22'8,76"	77°34'13,80"	Arena fangosa con fluido, color gris muy oscuro (5Y, 3/1), presencia de fragmentos calcáreos (conchuela), olor H ₂ S moderado
E-60	28/11/2018	11°22'12,00"	77°38'48,12"	Arena fangosa con fluido, color gris muy oscuro (5Y, 3/1), presencia de fragmentos calcáreos (conchuela), olor H ₂ S moderado
E-61	28/11/2018	11°22'14,16"	77°44'10,68"	Arena fangosa con fluido, color gris oliva oscura (5Y, 3/2), presencia de bacterias filamentosas (<i>Thioploca</i>), olor H ₂ S moderado
E-62	28/11/2018	11°22'14,88"	77°49'6,24"	Arena fangosa con fluido, color gris oliva oscura (5Y, 3/2), presencia de fragmentos calcáreos (conchuelas), olor H ₂ S moderado

Los sedimentos presentan composición variable de las proporciones de las fracciones de grava, arena, limo y arcilla, predominando en general la de arena (Tabla 2). También se detallan los contenidos de materia orgánica, de carbonatos totales, que se representan como porcentaje en peso del total de la muestra seca.

Clasificación textural

En el área de muestreo del estudio Elba Huacho 1811, con base en la abundancia relativa de las fracciones arena-limo-arcilla ploteadas en el diagrama de SHEPARD, se definieron 8 clases texturales (Fig. 5): Arena arcillosa (E-29, E-45, E-46, E-60 y E-61), Arena (E-28, E-44, E-59 y E-62), Limo arcilloso (E-04, E-17 y E-18), Limo arenoso (E-02, E-14 y E-15), Arcilla limoso (E-16 y E-31), Limo (E-03 y E-30), Arena limosa (E-01) y Fango (E-47).

Mapa integrado de Texturas sedimentarias

Con base en la integración de texturas sedimentarias de diferentes estudios, se definieron 8 clases texturales (en orden decreciente de distribución geográfica): limo arcilloso, arcilla limosa, arena, arena arcillosa, limo, limo arenoso, arena limosa y fango.

La textura de sedimentos de mayor distribución corresponde a limo arcilloso que se extiende entre Pta. Végueta y Humedal Paraíso, desde la zona costera hasta el límite oeste del área de estudio, con parches de limo, limo arenoso y arena limosa que interrumpen su extensión; inclusive uno pequeño de grava; adyacente a esta textura predominante, en la zona más somera y cercana a la costa frente a Pta. Végueta, se encuentra un pequeño parche de textura de arena con presencia de grava.

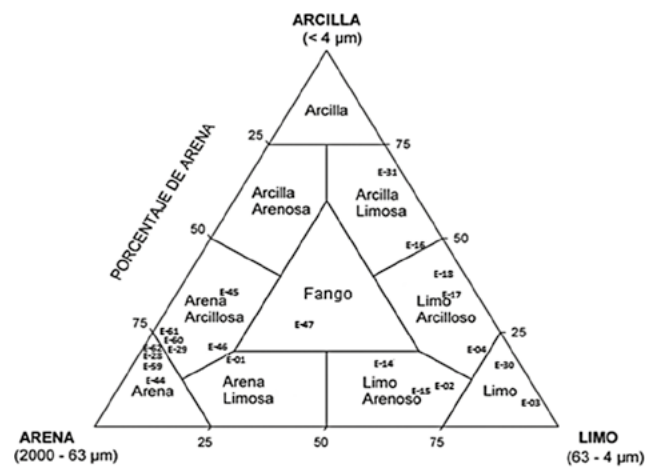


Figura 5.- Facies texturales de los sedimentos frente a la zona de estudio, definidas mediante el diagrama de Shepard (Vitor4, 2019)

Tabla 2.- Resultados de análisis geoquímicos y de granulometría

Nº	MOT (%)	CBTOS (%)	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura (Shepard)
1	1,59	4,83	0,01	58,16	25,60	16,23	Arena limosa
2	3,19	7,10	0,00	25,00	64,60	10,40	Limo arenoso
3	6,71	14,98	0,00	3,68	79,52	16,80	Limo
4	10,68	17,74	0,00	5,26	74,90	19,83	Limo arcilloso
14	2,59	7,61	0,03	29,13	52,23	18,61	Limo arenoso
15	1,49	7,13	0,00	36,07	56,62	7,31	Limo arenoso
16	7,33	10,27	0,00	6,65	45,24	48,11	Arcilla limosa
17	11,94	17,17	0,00	7,18	57,86	34,96	Limo arcilloso
18	17,83	21,11	0,00	5,85	53,75	40,40	Limo arcilloso
28	2,44	4,17	0,00	77,57	4,10	18,33	Arena
29	5,23	2,82	0,00	71,47	6,18	22,34	Arena arcillosa
30	7,16	15,71	0,00	2,99	79,47	17,54	Limo
31	12,30	17,33	0,00	5,02	29,77	65,21	Arcilla limosa
44	2,02	3,62	0,00	80,76	6,79	12,45	Arena
45	4,69	7,25	0,00	50,84	15,81	33,35	Arena arcillosa
46	4,53	6,08	0,00	60,31	16,68	23,01	Arena arcillosa
47	5,28	6,28	0,30	47,47	26,55	25,68	Fango
59	2,07	3,13	0,00	78,72	3,37	17,90	Arena
60	2,84	3,78	0,01	72,28	5,43	22,28	Arena arcillosa
61	2,40	3,20	0,21	68,39	2,73	28,68	Arena arcillosa
62	2,52	2,68	0,00	75,86	3,84	20,30	Arena

Frente a Pta. Huaura hasta Playa Grande (latitud de islas Mazorcas) esta extensión de sedimento con textura limo arcilloso, limita al oeste una gran extensión de arcilla limosa que se extiende hacia las zonas más profundas del área de estudio, presentando pequeños parches de sedimento limo arenoso y arena limosa.

Desde el Humedal Paraíso las grandes extensiones de texturas de arcilla limosa y limo arcilloso son interrumpidas por una franja elongada de sedimentos con dirección NE-SW con textura arena-arcillosa y al este con dos núcleos de sedimento con textura de limo.

Hacia el sur y suroeste de esta franja, así como al noroeste de la misma, entre Playa Chica y el alineamiento entre las islas del Grupo Huaura existe una gran extensión de textura de arena que se extiende entre la zona costera hasta la zona más profunda y alejada de la costa frente a Playa Grande (Fig. 6).

Materia Orgánica Total y Carbonatos Totales

Materia Orgánica Total (MOT)

El contenido de materia orgánica total está conformado por componentes orgánicos tanto de procedencia marina como continental. El mayor contenido MOT fue de 17,83 %, mientras que el menor fue de 1,49 %. El contenido de MOT en sedimentos aumenta latitudinalmente hacia el norte, coincidiendo con el aumento de sedimentos más finos

En las estaciones más alejadas de la costa, ubicadas en los transectos frente a Végueta, Caleta de Carquín y al norte Huacho, predominan valores mayores a 10 %. Los máximos contenidos se encontraron en las estaciones E-18 (17,83 %), E-04 (10,68 %), E-31 (12,30 %) y E-17 (11,94 %). En las estaciones más cercanas a la costa se encuentra el menor contenido de MOT (Fig. 7).

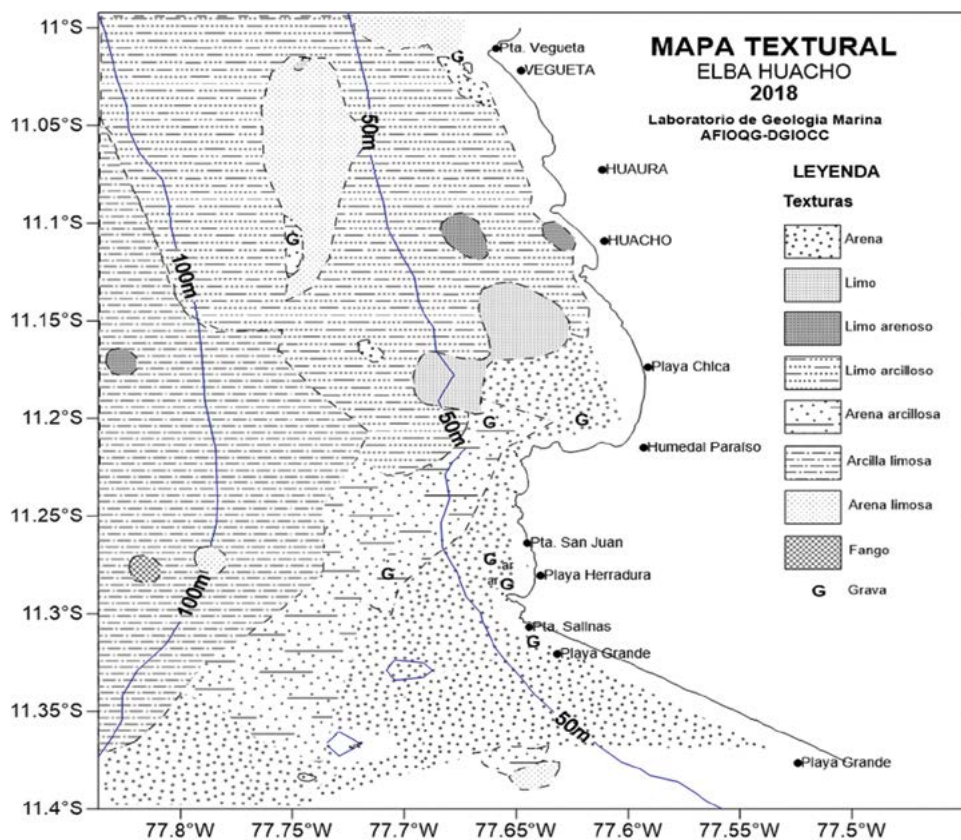


Figura 6.- Distribución de facies texturales de sedimentos superficiales (Información integrada de 2014, 2015, 2018 y datos de cruceros del banco de datos de Geología Marina)

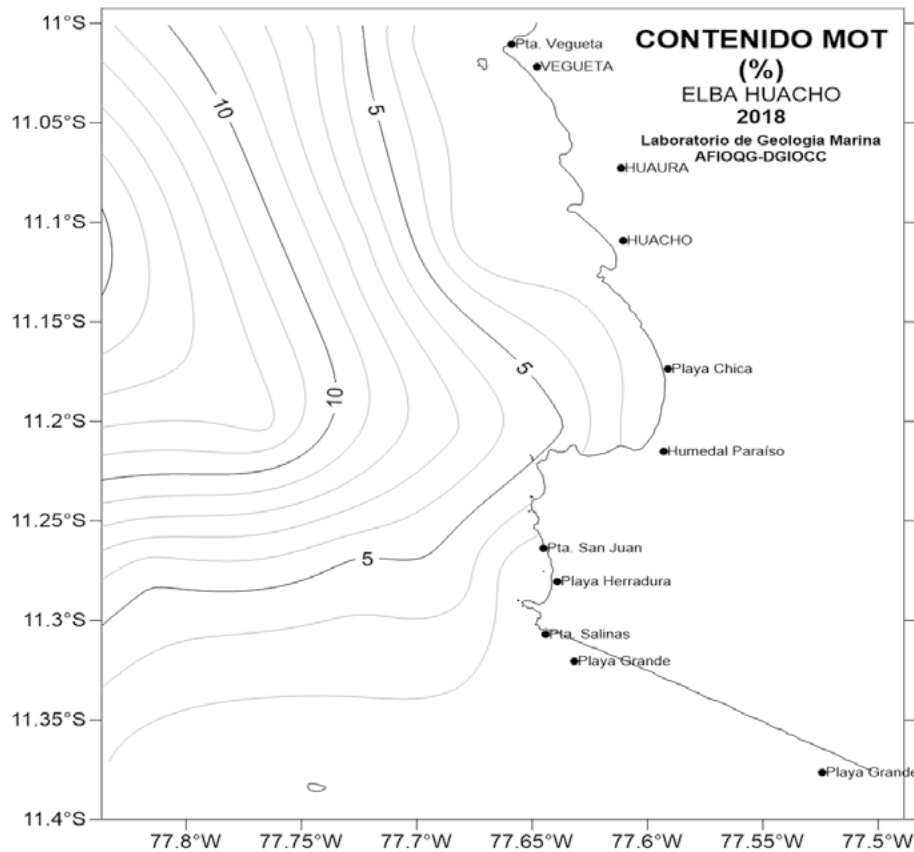


Figura 7.- Distribución del contenido de Materia Orgánica Total en sedimentos marinos (%) con base en el análisis de muestras del ELBA 2018

Carbonatos Totales

El contenido de carbonatos totales en sedimentos proviene mayormente de fragmentos calcáreos de origen biogénico cuya composición es principalmente carbonato de calcio (CaCO₃). El mayor contenido encontrado fue de 21,11 %, mientras que el menor fue de 2,68 %. Similar a la tendencia de MOT, el contenido de carbonatos totales aumenta latitudinalmente hacia el norte, coincidiendo con el aumento de sedimentos más finos.

Las estaciones más alejadas de la costa ubicados en los transectos frente a Végueta, Caleta de Carquín y al norte de Huacho predominan valores mayores al 17 %.

Los máximos contenidos se encontraron en las estaciones E-18 (21,11 %), E-04 (17,74 %), E-31 (17,33 %) y E-17 (17,17 %). Los menores se encuentran en las estaciones más cercanas a la costa (Fig. 8).

4. DISCUSIÓN

En la zona más próxima a la línea de costa, los cambios de dirección de las isóbatas a profundidades menores de 50 m, respecto a la orientación de la línea de costa, se deben a la presencia de: depósitos submarinos de sedimentos de origen fluvial, fondos rocosos expuestos sobre el fondo marino (bajos ahogados) y a la prolongación submarina de islotes próximos al litoral; esto último se aprecia también en las islas más alejadas de la línea de costa, como en el sector submarino de la plataforma continental frente a Punta Salinas, donde se produce un cambio notable en el arrumbamiento de la línea de costa de NW a N y NNW desde la isóbata de 60 m hacia mayor profundidad. El alineamiento de los islotes Tambillo, Caquitina con las islas Brava y Mazorcas donde las prolongaciones de sus macizos rocosos, así como los depósitos de sedimentos, modifican la distribución general de las isóbatas, generando su distribución de forma concéntrica alrededor de las islas.

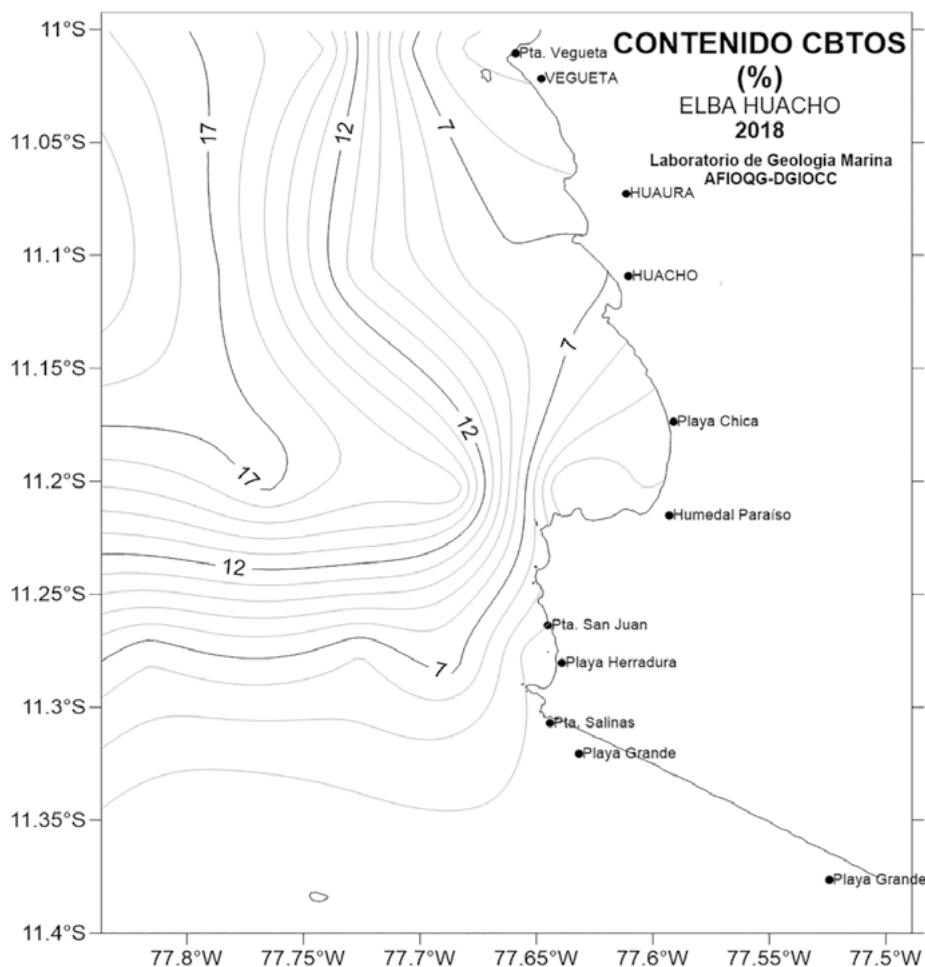


Figura 8.- Distribución del contenido de Carbonatos totales en sedimentos marinos (%) con base en el análisis de muestras del ELBA 2018

De acuerdo a la distribución de facies texturales descritas se encuentra una importante asociación entre la morfología del fondo marino y la textura, registrándose las facies texturales de arenas asociadas al relieve más somero del sector submarino donde se encuentran alineadas las islas e islotes frente a Punta Salinas y sus fondos rocosos. Respecto a lo observado en el mapa de texturas de DELGADO *et al.* (1987) esta distribución de facies de arenas es similar, sin embargo la distribución de la textura arena se ha proyectado más hacia el sur debido a nuevas estaciones en este sector comparado a las existentes en el mapa de DELGADO y GOMERO (1995) y VELAZCO *et al.* (2015) que permiten conocer la distribución de arena hacia el límite sur y al norte de Punta Salinas a profundidades menores a 50 m y que es explicado por las condiciones de alta energía hidrodinámica o cambios en la tasa de aporte de alguna de las fracciones del sedimento.

Hacia el norte del sector de elevaciones submarinas sobre el fondo y facies de arena, se aprecia el dominio de facies texturales de sedimentos finos, probablemente asociado a condiciones de menor energía hidrodinámica que son favorecidas por la protección del relieve de elevaciones submarinas frente a Punta Salinas; es notable la variación temporal de la distribución geográfica de las texturas del sedimento, principalmente de la textura limo arcilloso que al compararlo con la distribución del mapa de DELGADO *et al.* (1987), se ha proyectado hacia el sur, cubriendo sectores donde antes se encontraban facies de arenas limosas; cabe mencionar que la textura de arena arcillosa no estaba presente antes, pero actualmente también sustituye a la textura de arena limosa por la zona donde limita con la textura de arena; este desarrollo hacia el sur de los sedimentos finos deben ser favorecidos por el mayor suministro de partículas finas

asociadas a contenidos de MOT mayores a 5 %, manteniendo similar distribución a lo observada en el mapa de contenido de materia orgánica de la Plataforma y talud continental (VELAZCO *et al.*, 2015). En cambio, los contenidos de carbonatos totales, al ser comparados con el Mapa del Atlas Sedimentológico (DELGADO y GOMERO, 1995; VELAZCO *et al.*, 2015) que incluye estudios hasta el 2001, muestran con mayor detalle incremento hacia el sur de hasta alrededor a 10 % a 11,25°S y a profundidades mayores a 50 m, evidenciado también por la mayor densidad de estaciones de muestreo del ELBA Huacho, respecto a la de los estudios citados.

5. CONCLUSIONES

La batimetría alrededor de las islas, islotes y línea de costa de zonas rocosas modifica el paralelismo de las isóbatas con la línea de costa debido a su prolongación submarina y depósitos de sedimentos asociados; esto ocurre también frente a la desembocadura de los ríos.

La zona de estudio es de alta heterogeneidad de tipos de sustratos y facies texturales, presentando hasta 8 tipos de texturas sedimentarias: limo arcilloso, arcilla limosa, arena, arena arcillosa, limo, limo arenoso, arena limosa y fango.

Hay dominio de la textura arena asociada a la zona de alineamiento de islas e islotes con Punta Salinas y su prolongación submarina, que se extiende también hacia el sur; en tanto que hacia el norte predominan las facies texturales de sedimentos finos.

Se presenta variación temporal en la distribución geográfica de las texturas, principalmente limo arcilloso y arcilla limosa que muestra mayor desarrollo de las facies texturales limo arcilloso y arcilla limosa hacia el sur, donde antes estaba presente la textura de arena limosa, probablemente asociada a variaciones en la fuente de aporte o energía hidrodinámica.

Los máximos contenidos de materia orgánica total (MOT) en los sedimentos tienen similar tendencia de distribución con los máximos contenidos de limo y arcilla, siendo mayormente asociados con la fracción limo; la materia orgánica estaría asociada a la fuente de aporte principalmente de origen marino en las zonas más profundas como

la fuente de aporte continental en las zonas más próximas a la costa y su preservación depende de la influencia de la ZMO en el área estudiada.

El aporte de sedimentos con composición calcárea se debe a la alta presencia de depósitos de restos de pequeños organismos de constitución calcárea, están asociados también a los contenidos de MOT.

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 Profonampe, fondo ambiental del Perú, y ejecutado por el Ministerio de la Producción en colaboración con el Instituto del Mar del Perú (IMARPE).

6. REFERENCIAS

- COBBING, J. (1973). Geología de los Cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta. Servicio de Geología y Minería, INGEMMET. Bol. 26. Carta Geológica Nacional. Serie A. 164 pp.
- DEAN, W. (1974). Determination of Carbonate and Organic matter in calcareous sediments and rocks by loss on ignition: Comparison the others methods. *Jour. Sed. Petrology*, 44(1), 242-248.
- DELGADO, C. y GOMERO, R. (1995). Atlas sedimentológico de la plataforma continental peruana. *Inf Inst Mar Perú*, 109-110, 31.
- DELGADO, C., GOMERO, R., SALZWEDEL, H., FLORES, L. y CARBAJAL, G. (1987). Distribución de los sedimentos en el margen continental peruano mapa textural. *Bol Inst Mar Perú*. 11(5), 182-190.
- GALEHOUSE, J. (1971). Sedimentation Analysis. In: *Procedures in Sedimentary Petrology*. Eds. Carver, R. E., Wiley Interscience, New York, Cap. 4, 69-94.
- HIDRONAV. (1995). Derrotero de la Costa del Perú. Golfo de Guayaquil a Callao. Vol. 1. 169 pp.
- HIDRONAV. (2010). Carta de Navegación N° 221, escala 1: 100,000.
- INGRAM, R. (1971). Sieve Analysis. In: *Procedures in Sedimentary Petrology*. Eds. Carver, RE, Wiley Interscience New York, Cap. 3, 49-67.
- SCHWEIGGER, E. (1964). *El Litoral Peruano*. 2ª ed. Universidad Nacional Federico Villarreal, 414 pp.
- SHEPARD, F. (1954). Nomenclature based on silt-clay ratios. *Jour. Sed. Petrology*, 24(1), 151-158.
- 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, *Inf Inst Mar Perú* 42(4), 526-537.