



INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

INFORME

ISSN 0378-7702

Volumen 42, Número 4



Octubre-Diciembre 2015
Callao, Perú

SEDIMENTOS SUPERFICIALES Y MORFOLOGÍA DE LA PLATAFORMA Y TALUD CONTINENTAL SUPERIOR, ENTRE 3°30'S Y 15°30'S, PERÚ

SURFACE SEDIMENTS AND MORPHOLOGY OF THE PERUVIAN CONTINENTAL SHELF AND UPPER SLOPE BETWEEN 3°30'S TO 15°30'S

Federico Velazco

Juana Solís

César Delgado

Riedner Gomero

Área de Geología Marina UIOQ-DIO- Instituto del Mar del Perú - IMARPE
Esquina Gamarra y Gral. Valle S/N Chuchito, Callao, Lima. C.P. 22

RESUMEN

VELAZCO F, SOLÍS J, DELGADO C, GOMERO R. 2015. *Sedimentos superficiales y morfología de la plataforma y talud continental superior entre 3°30'S y 15°30'S, Perú. Inf Inst Mar Perú. 42(4): 526-537.*- Basados en la compilación de resultados de análisis sedimentológicos (granulometría, contenido orgánico) de 1191 estaciones realizadas por IMARPE, de 1975 a 2001, la compilación de información sobre el tema entre los 3°30'S y los 15°30'S y con el conocimiento de la morfología del fondo marino de esta región, se definen tres grandes áreas: al norte de los 6°15'S, de 6°15'S a 9°30'S y entre 9°30' y 15°30'S. Entre los 3°30' y los 6°15'S los contenidos de materia orgánica son mayores a 5% y menores a 10%, el carbono orgánico predomina con valores <1% a 2%. Los sedimentos corresponden a facies de fango y arenas, de origen terrígeno. El ancho de la plataforma es variable aproximadamente de 3 a 30 mn (14 mn promedio), la pendiente del talud superior es bastante pronunciada, presenta caídas bruscas. El relieve es disperejo, con fuertes desmembramientos en el borde exterior de la plataforma y el talud superior debido a que se encuentra surcado por cañones submarinos. En el extremo noroccidental de esta zona, se halla el Banco de Máncora cuyo fondo es rocoso e irregular. Entre los 6°30'S y los 9°30'S los contenidos de materia orgánica se incrementan de 5% a 15%, los contenidos de carbono orgánico son >2% y llegan a 5%, en algunos casos localmente superan este valor casi en tres puntos más. En los sedimentos del sector norte de esta zona predominan facies texturales de arenas y fango de origen terrígeno y también biógenos (foraminíferos), hacia el sur de esta zona predominan sedimentos de origen biogénico y autigénico (principalmente fosforita). El ancho de la plataforma se incrementa hasta alcanzar su máxima magnitud, esta es variable, aproximadamente de 22 a 70 mn. El talud superior tiene un declive moderado. El relieve del fondo marino en el borde exterior de la plataforma y talud superior se hallan surcados por cañones submarinos (7° - 9°S). Frente a Punta Chao aproximadamente a 65 mn se encuentra el Banco de Chimbote cuyo fondo es rocoso e irregular. La granulometría de los sedimentos y sus estadígrafos muestran un cambio definido desde los 10°30'S. Desde los 9°30' a los 15°45'S los valores de materia orgánica por lo general sobrepasan el 15% y pueden alcanzar hasta 32,12%, los contenidos de carbono orgánico varían de 5% a 11,14%. En esta zona se encuentra presente, principalmente fango limoso y fango arcilloso terrígeno y biógeno (diatoméico). El ancho de la plataforma varía de modo general entre 10 y 50 mn (24 mn promedio aproximadamente). La pendiente del talud superior es suave en casi toda su extensión, el relieve del fondo marino es bastante uniforme, surcado por algunos pequeños cañones submarinos que no afectan la regularidad del relieve. De la interpretación de la data, análisis de parámetros estadísticos generados y condiciones de los sedimentos, se encontró coincidencia en la zona de la plataforma y talud superior de más de uno de los factores medio ambiente deposicional que permiten la preservación del contenido de materia orgánica tales como: Tipo y condiciones geoquímicas del sedimento y fondo marino, morfología del fondo marino, hidrodinámica, fuente de suministro, tasa de sedimentación, bioturbación.

PALABRAS CLAVE: Sedimentos superficiales, plataforma y talud continental, Perú

ABSTRACT

VELAZCO F, SOLÍS J, DELGADO C, GOMERO R. 2015. *Surface sediments and morphology of the Peruvian continental shelf and upper slope between 3°30'S to 15°30'S. Inf Inst Mar Perú. 42(4): 526-537.*- Based on the compilation of results of sedimentological analysis (grain size, organic content) 1191 stations made by IMARPE, from 1975-2001, compiling information on the subject between 3°30'S and 15°30'S and the knowledge of the morphology of the seabed in this region, defined three major areas: north of 6°15'S, between 6°15'S to 9°30'S and between 9°30' S to 15°30'S. Between 3°30' to 6°15'S the organic matter content generally is higher than 5% and lower than 10%, the organic carbon values are predominantly between 1% to 2% with terrigenous mud and sand facies. Shelf wide is from 3 to 30 mn (14 mn average), upper slope inclination is high with a very irregular surface and submarine canyons present. Northwest is present the rocky Máncora Bank. From 6°15' to 9°30'S the organic matter content are between 5% and 15%. Organic carbon is from 2% to 5% but in some places can reach at least three points over those values. Terrigenous sand and mud facies with biogenic origin are present (mainly foraminifers). Shelf wide is variable since 22 mn and reach the maximum value at 70 mn off Chimbote, outer shelf and upper slope are crossed by submarine canyons between 7°S and 9°S, upper slope has medium inclination. Chimbote Bank with rocky and irregular surface is present in front Pta. Chao approximately 65 mn. Between 9°30' to 15°45'S organic matter values are higher than 15% and reach 32.12%, organic carbon content is from 5% to 11.14%. In this zone sediments are silty mud and clayed mud with terrigenous and biogenic (mainly diatomaceous) origin. Shelf wide is between 10 to 50 mn (approximately 24 mn average). Slope inclination is soft, only crossed by submarine canyons. Sedimentological and geochemical data interpretation are found that in shelf and upper slope are coincident more than one depositional environmental factors that permit the sedimentary record preservation. The conditions are: Type of sediment, geochemical conditions, sea bottom morphology, hydrodynamics, supply source, sedimentation rate, and bioturbation.

KEYWORDS: Surface sediments, continental shelf and slope, Peru

1. INTRODUCCIÓN

Una amplia caracterización de los sedimentos marinos superficiales del Margen Continental Peruano ha sido realizada por DELGADO et al. (1987) quienes elaboraron un mapa textural de sedimentos en la plataforma y talud continental, definiendo dos provincias sedimentológicas a partir de los 10°30'S; SALZWEDEL et al. (1987) generaron un compendio de datos de muestreo y resultados de análisis sedimentológicos y geoquímicos obtenidos entre 1976 y 1987. DELGADO y GOMERO (1995) presentaron un atlas sedimentológico mostrando la distribución de sedimentos superficiales, parámetros estadísticos del tamaño de grano y geoquímica de sedimentos superficiales con registros de información entre los años 1976 y 1983, sobre un total de 726 muestras. VELAZCO et al. (2007) incluyeron información sobre la variabilidad de condiciones en parámetros físicos y geoquímicos del sedimento como parte de las investigaciones oceanográficas en estaciones costeras fijas frente a las costas de Piura, Lambayeque y Callao así como de cruceros de investigación oceanográfica y de investigación demersal entre los años 1995 y 2001. THIEDE y SUESS (1981), determinan contenido de carbono y nitrógeno orgánicos en sedimentos de la Plataforma Continental.

SCHEDEIGGER et al. (1982) y KRISSEK y SCHEDEIGGER (1983) realizaron estudios sobre distribución de la composición, mineralogía, granulometría y parámetros estadísticos del tamaño de grano asociados en transectos distribuidos a lo largo de la plataforma, el talud continental y de la Placa de Nazca, encontrando que en los sedimentos detríticos más alejados de la costa la distribución del cuarzo es producto del transporte eólico y la fracción fina de arcilla es determinada por el aporte fluvial; en ambos casos, son determinados por las formaciones geológicas que atraviesan y condicionan su contenido mineralógico y geoquímico. Además, propusieron un mecanismo de "transporte biológico" para explicar la exportación de partículas minerales de granulometría fina (arcilla) hacia el subsistema bentónico a través de pellets fecales de zooplancton.

En la plataforma continental de la costa central, MANHEIM (1975) y ARNING et al. (2009) describieron la composición mineral autigénica y génesis de la glauconita y la fosforita, específicamente de la fosforita relacionada a Zonas de Mínimo Oxígeno (ZMO) y de alta productividad que se han originado desde el Pleistoceno; además MAYOR (1996), determinó el contenido microfósilífero que identifica las especies bentónicas que caracterizan la presencia de la ZMO tales como la *Bolivina seminuda*.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Para este trabajo se utilizó la información y muestras de 1191 estaciones procedentes de 36 operaciones de mar correspondientes a cruceros de evaluación de

recursos demersales y de investigación oceanográfica del IMARPE de los años 1975 al 2001, abarcando las latitudes de 3°30' a 15°30'S; las muestras correspondieron a sedimentos recientes obtenidos en el margen continental (Tabla 1, Fig. 1).

Además, se incluye la información de muestras obtenidas durante cruceros de investigación de otros países, tales como el Cr. Baffin 7711, el Cr. Profesor Siedlecki 8001 y el Cr. Akademik Kurchatov 8202.

2.1 Análisis granulométricos y geoquímicos

El análisis granulométrico para la fracción gruesa (grava y arena) se determinó con tamices de acuerdo a INGRAM (1971) empleando una columna de 11 tamices y para la fracción fina (limo y arcilla) con pipetas según GALEHOUSE (1971). En un grupo de muestras, las fracciones de arena, limo y arcilla fueron determinadas globalmente empleando un microscopio estereoscópico.

El contenido de materia orgánica y carbonatos se determinó según DEAN (1974). El carbono orgánico mediante titulación por GAUDETTE et al. (1974).

Los datos de profundidad se basaron en recopilación de datos de cartas de navegación de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (HIDRONAV) a escala 1:500000.

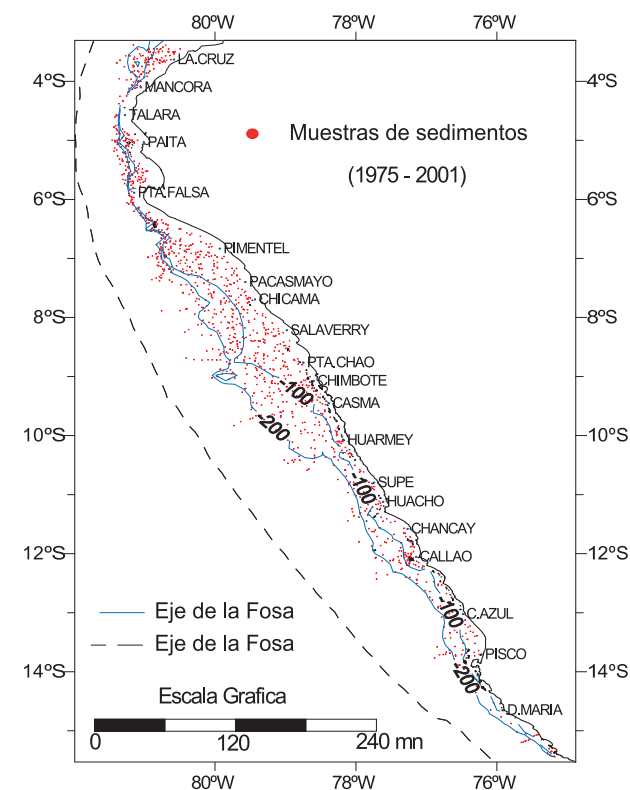


Figura 1.- Distribución de estaciones con datos sedimentológicos y geoquímicos en la plataforma y talud superior

Tabla 1.- Relación de datos recuperados, seleccionados e integrados a la base de datos en el presente informe

Crucero	Tipo de análisis			
	Granulometría	Carbono orgánico	Materia orgánica	Carbonatos
Tareq II (7512)		27	27	25
Tareq II (7512)	33	60	60	60
Tareq II (7708)	32	62	62	62
Tareq (7711)	45	79	79	79
Baffin (7711)		10	10	10
Tareq II (7805)	41	78	78	78
Tareq II (7907)	5	66	66	66
Tareq II (7910)	108	110	110	110
Prof. Siedlecki (8001)	44	45	45	45
Tareq II (8010)	13	4	13	13
Tareq II (8012)	22	15	20	20
BIC Humboldt (8103-04)	46	127	127	127
Humboldt (8105)	46	48	48	48
Ak Kurchatov (8202)	9	9	9	9
Humboldt (8212)	13	8	13	13
Humboldt (8301)		50		50
Bolichera (8308)		5		5
SNP 1 (8406)		8		8
Humboldt (8412)		123		122
Humboldt (8502)		19		19
Humboldt (8503)		36		36
SNP1 (9401)	2	2	2	2
Humboldt 9511-12	14	14	14	14
Humboldt 9603	6	6	6	6
Humboldt 9605-06			7	7
Humboldt 9607-08			10	10
SNP 1 (9607-08)			22	22
Humboldt (9611-12)	7		7	7
Humboldt (9703)			1	1
Humboldt (9706-07)			5	5
Carrasco (9711)		2	2	2
Olaya (9905)			2	2
Olaya (0004-05)			18	18
Olaya (0101-02)	30		49	
Olaya (0105-06)	36		36	

2.2 Procesamiento estadístico e interpretación de datos

El almacenamiento de datos se realizó en hoja de cálculo Excel. El ploteo de estaciones de muestreo y generación de curvas isolíneas en Surfer (7,0), utilizando el método de interpolación Krigging para los datos sedimentológicos y geoquímicos y para la morfología del fondo.

Se determinó los valores promedio, varianza y coeficiente de variación de los datos granulométricos y geoquímicos. También se graficó sus valores respecto a la latitud.

Las texturas de los sedimentos se obtuvieron ploteando los porcentajes relativos de arena, limo y arcilla en el diagrama de SHEPARD (1954), a partir del porcentaje de peso de cada clase de tamaño presente obtenido de los análisis granulométricos según Mc BRIDE (1971).

Para denominar las diversas clases de tamaño de sedimento se empleó la Escala Modificada de WENTWORTH (1922), esta escala puede ser expresada como la función:

$\phi = -\log_2$ (diámetro en mm); donde ϕ (phi) es una exponente integral

Los resultados de porcentaje en peso de cada intervalo de clase obtenido de los análisis granulométricos se graficaron en curvas de frecuencia acumulada probabilística para obtener, a partir de la técnica gráfica computacional (INGRAM 1971) y las fórmulas de FOLK (1954), los parámetros estadísticos del tamaño de grano (la media, selección y asimetría).

La media aritmética ($M\phi$) representa la variación del tamaño promedio de los sedimentos. Es la mayor estimación de la tendencia central de las distribuciones del tamaño de grano del sedimento.

La selección ($S\phi$) o Desviación Estándar representa la variación del grado de selección o clasificación de los sedimentos estudiados. Este parámetro granulométrico-estadístico indica las fluctuaciones del nivel energético del agente deposicional y de sus capacidades para clasificar los sedimentos.

La asimetría ($Sk\phi$) representa la variación del grado de asimetría, es decir la posición relativa de los valores tanto gruesos (+) como finos (-), en relación a los elementos de tendencia general. La asimetría es considerada uno de los parámetros granulométricos más sensibles de la caracterización ambiental y es dependiente de la dinámica del medio deposicional.

3. RESULTADOS

La distribución de los datos en la plataforma y talud continental a lo largo de la costa muestra mayor densidad entre la zona norte de Tumbes y los 15°45'S, por lo que el estudio presenta mayor definición en esta región. En la Tabla 2, se presentan los resultados estadísticos del total de datos analizados provenientes de los análisis sedimentológicos y geoquímicos.

3.1 Granulometría y texturas sedimentarias

551 muestras de sedimento fueron analizadas para la determinación de granulometría, determinándose

independientemente los componentes de la fracción gruesa (grava y arena), como también los componentes de la fracción fina (limo y arcilla). A continuación, cada fracción es descrita independientemente.

Fracción gruesa.- Está compuesta de grava y arena, presenta la más amplia distribución en los sedimentos, principalmente en la zona norte y en la costa central, de ambas la de grava es la menos frecuente y no está presente en todas las muestras de sedimento.

De un total de 87 muestras que contienen grava, el mayor contenido de esta fracción alcanzó el valor de 53,53%. El menor valor fue 0,01%. El valor promedio del contenido de grava 6,22%. La desviación estándar 10,83, la varianza 117,20 y el coeficiente de variación 173,99.

Un total de 551 muestras analizadas contienen arena, el mayor valor del contenido de arena alcanzó 98,39% y el menor valor 0,06%. El valor promedio 42,59%. La desviación estándar 33,80, la varianza 1142,67 y el coeficiente de variación 79,37.

La mayor distribución de arena en el norte se encontró en un núcleo frente a La Cruz, hacia el sur se observan otros dos núcleos cuyos contenidos de arena van decreciendo ligeramente, uno frente a Talara y otro frente a la ensenada de Sechura. Frente a La Cruz, se halla concentrada entre el Talud Continental superior y la Plataforma Continental externa decreciendo hacia la costa, tanto hacia La Cruz como hacia Máncora sin dejar de ser contenidos significativos. El otro núcleo de mayor concentración de la fracción arena localizado frente a Talara, se encontró también en el Talud Continental superior, en tanto que en el tercer núcleo de mayor concentración de arena ubicado frente a la ensenada de Sechura, las mayores concentraciones de arena se observaron en la Plataforma Continental externa y de allí disminuyen tanto hacia el Talud Continental como en dirección a la costa, hasta la zona central de esa ensenada.

Tabla 2.- Resultados estadísticos básicos producto de los análisis sedimentológicos y geoquímicos

	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Grava+ Arena	Limo+ Arcilla	Md	M	S	Sk	K	C-org	MOT	Cbtos
Nº Datos	87	551	551	551	551	551	459	460	460	460	460	1011	947	1084
Máximo	53,53	98,39	84,26	82,34	98,39	100	9,70	9,80	20,90	0,89	8,61	11,14	32,12	85,15
Mínimo	0,01	0,06	0,09	0,80	0,06	1,61	-1,50	-0,52	0,36	-0,72	0,38	0,10	0,49	0,38
Promedio	6,22	42,59	28,60	27,73	43,58	56,33	5,12	5,38	2,05	0,28	1,93	2,25	7,35	11,96
Desv. Est.	10,83	33,80	19,24	21,12	34,57	34,56	2,49	2,28	1,06	0,38	1,46	1,90	5,19	15,75
V	117,20	1142,67	370,06	446,18	1194,90	1194,68	6,21	5,19	1,13	0,14	2,12	3,60	26,99	248,11
CV	173,99	79,37	67,27	76,17	79,32	61,36	48,65	42,31	51,77	136,83	75,48	84,30	70,72	131,71

* Se analizaron muestras de 1191 estaciones de muestreo

Al sur de Pta. Falsa, en la zona donde la Plataforma Continental es más amplia entre Pimentel y Huarney, se encuentran elevados contenidos en casi toda su extensión, disminuyendo hacia la costa y el talud superior. Las más altas concentraciones están presentes al norte de Pimentel, frente a Pta. Chao y frente a Huarney. Al sur de Huarney los contenidos de arena decrecen, hasta ser la fracción menos representativa hacia el extremo sur de la zona estudiada (Fig. 2).

Fracción fina.- En la totalidad de las muestras analizadas se encontró presente la fracción limo. El mayor contenido de limo encontrado alcanzó a 84,26%. El menor contenido 0,09%. En promedio el limo alcanzó contenido de 28,60%, desviación estándar 19,24, varianza 370,06 y coeficiente de variación 67,27 (Fig. 3).

También en la totalidad de las muestras analizadas estuvo presente la fracción arcilla, alcanzando su mayor contenido de 82,34%. El menor contenido fue 0,8%. En promedio alcanzó 27,73%. La desviación estándar 21,12; la varianza 446,18 y su coeficiente de variación 76,17 (Fig. 4).

Desde el extremo norte de la zona de estudio hasta los 10°30'S, la abundancia de sedimentos de tamaño de grano fino es escasa con excepción de algunos sectores. Estos sedimentos se encuentran en una zona estrecha de la plataforma al norte de La Cruz (frente a la desembocadura del río Tumbes), al sur y al sureste del Banco de Máncora, ampliando su distribución hacia la plataforma externa y talud superior entre Máncora y Talara, concentrándose localmente cerca de la costa frente a Paita y al sur de Punta Falsa (hasta los 6°30'S aproximadamente); hacia el sur de los 6°30'S, frente a Pimentel hasta 10°30'S, las fracciones limo y arcilla son menores en abundancia en la Plataforma y borde superior del Talud Continental, excepto en algunas áreas como frente a Pacasmayo donde comienza a incrementarse significativamente tanto en el Talud, el borde externo de la Plataforma, como también en una estrecha franja cerca al borde costero y en algunas áreas aisladas como núcleos en la amplia Plataforma Continental o conectadas a la franja cercana al borde costero frente a Chicama y Salaverry, observándose un gradual incremento de la fracción fina entre Chimbote y Huarney, específicamente desde los 9°15'S para el caso del limo y desde los 9°30'S para el caso de la arcilla (Fig. 5).

Desde los 10°30'S un casi continuo predominio de la fracción arcilla está presente en la extensión de la Plataforma y Talud Continental adyacente, con excepción de parte del talud superior desde aproximadamente los 12°S hasta los 14°15'S, proyectándose esta disminución a la plataforma entre los 13° y 13°30'S (al sur de Cerro Azul) para el caso del limo. También se observa disminuciones de la fracción arcilla de algunas

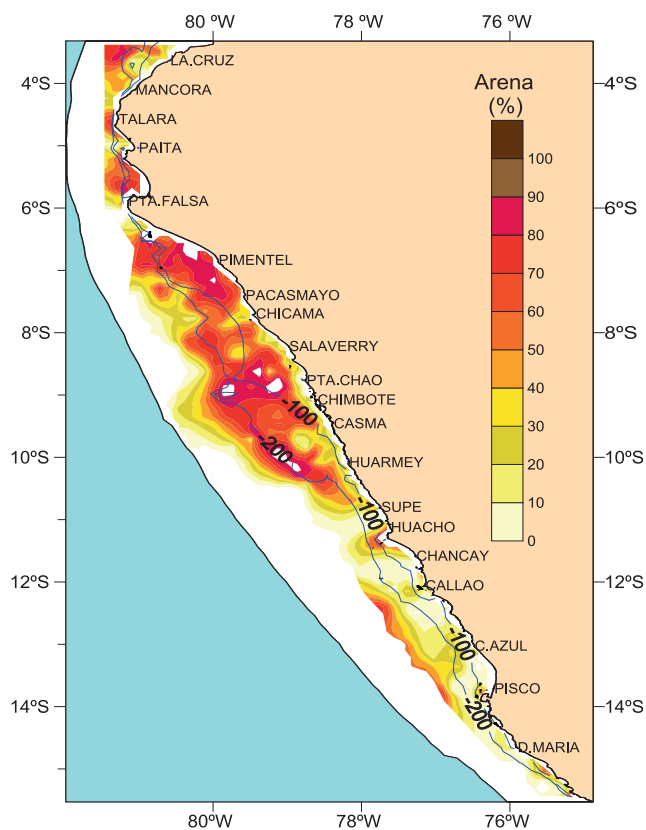


Figura 2.- Distribución del contenido de arena en los sedimentos superficiales de la plataforma y talud superior frente a la costa peruana

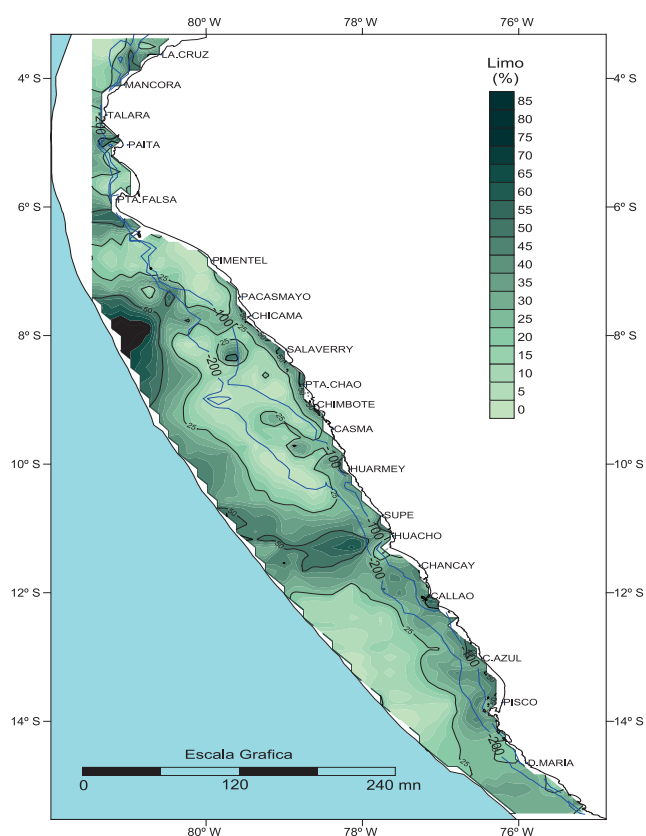


Figura 3.- Distribución del contenido de limo en la plataforma frente a la costa peruana

áreas en las proximidades a la costa entre los 11° y 11°30'S inmediatamente al sur de Huacho y norte de Chancay y también en el Talud Continental superior de los 13° a 13°45'S.

Textura y origen de los sedimentos.- Según el origen, se ha podido determinar (basado en la descripción microscópica de las fracciones gruesa y fina de los sedimentos superficiales) los siguientes tipos de sedimentos: Terrígenos: arcillas y limos (fangos), arenas y gravas minerales como cuarzo, feldspatos, micas; Biógenos: silíceos (fangos diatoméicos) y carbonatados (limos y arenas de foraminíferos, arenas y grava de fragmento de caparazones de moluscos) y Autígenos: fosforita del tamaño de arenas, gravas y en algunos casos guijas y glauconita (esta última ha sido reportada en zonas más profundas del talud). También en las muestras se han reportado restos de peces como vértebras y escamas en la fracción gruesa.

3.2 Parámetros estadísticos

Los parámetros estadísticos del tamaño de grano se determinaron en 460 muestras, encontrándose la media granulométrica, selección y asimetría.

Media.- Los valores de la media granulométrica (Md) varían ampliamente, comprendiendo rangos de magnitudes que varían de 9,70 para sedimentos de grano muy fino, de arcilla mediana hasta -1,50 para sedimentos de granulometría gruesa, de grava muy fina. El valor promedio de toda la distribución en los sedimentos es 5,12 correspondiente a limo mediano. Los menores valores de la media se observan en la amplia plataforma entre Pimentel hasta el sur de Huarney (10°30'S) y al norte de Pta. Falsa. Los mayores valores están presentes en esas zonas en el talud superior principalmente y parte de la Plataforma interna desde Casma (9°30'S) y más ampliamente al sur de Huarney desde los 10°30'S, tanto en la mayor extensión de la plataforma continental como del Talud Continental superior, y una franja muy fina a las mayores profundidades entre Callao y Pisco (Fig. 6).

Selección.- Los valores de selección varían de extremadamente pobre (20,90) a buena (0,36), la selección promedio es muy pobre (=2,05). Se observan algunas zonas muy localizadas en la costa central con selección buena, localizadas una de ellas muy cercana a la costa al noroeste de Pimentel, otra se encuentra frente a un sector del litoral entre Pta. Chao y Chimbote casi a 100 m de profundidad y, la tercera zona frente a Huarney casi en el límite del talud superior con la plataforma. Rodeando esos núcleos, la selección es moderada y se halla más ampliamente distribuida, alcanzando a cubrir casi toda la Plataforma Continental al norte de Pimentel hasta Chicama y entre Salaverry y Casma; esta

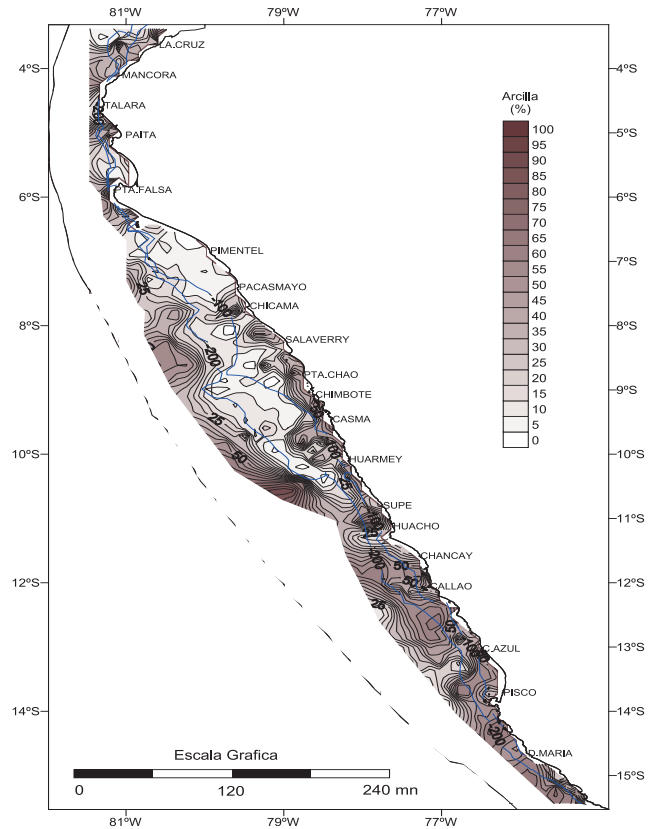


Figura 4.- Distribución del contenido de arcilla en la plataforma frente a la costa peruana

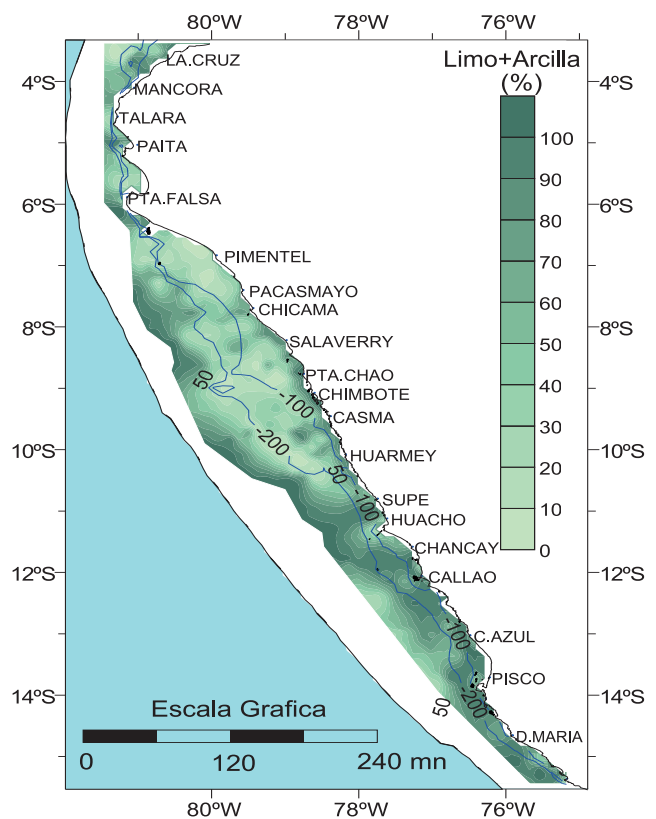


Figura 5.- Distribución del contenido de la Fracción (Limo+Arcilla) en sedimentos superficiales de la plataforma y talud superior frente a la costa peruana

distribución está conectada con el talud superior frente a Huarmey, proyectándose a la Plataforma Continental en forma de una estrecha franja al sur de esta localidad. Otras zonas con selección moderada y cercanas a la costa se hallan: entre Supe y Huacho en la Plataforma Continental, hacia el suroeste de Huacho entre Chancay y Callao en el Talud Continental y, entre la Plataforma Continental y el Talud Continental entre Callao y Cerro Azul (13°S); en la Plataforma Continental entre Cerro Azul y Pisco y pequeñas áreas a manera de parches en el borde externo de la Plataforma Continental y el borde superior del Talud Continental, uno frente a Pisco y otro frente a San Nicolás (aprox. 15°30'S). Al norte, noroeste y frente a Punta Falsa también es moderada en el talud y plataforma continental entre Paita y Talara (5°S) y en los alrededores del Banco de Máncora (al noroeste de La Cruz) entre los 100 y 200 m de profundidad. El resto se halla rodeado principalmente de selecciones clasificadas como pobre a muy pobre y frente a Doña María tanto en la Plataforma como en el Talud Continental la selección es extremadamente pobre (Fig. 7).

Asimetría.- Los valores de asimetría varían de 0,89 a -0,72. El valor promedio es 0,28 que corresponde a asimetría positiva. La distribución de asimetrías negativas se muestra coincidente con los contenidos de sedimentos de texturas Limo, Arcilla y Limo-Arcilloso, es decir similar tendencia de distribución a los sedimentos de granulometría más fina. Estas asimetrías se registran en el sector norte, en el borde externo de la Plataforma Continental y el borde superior del Talud Continental frente a La Cruz, entre Máncora y Talara, frente a Paita y frente a Pta. Falsa. También se encuentran en el Talud Continental superior frente a Salaverry y en pequeños núcleos en la Plataforma Continental entre Chimbote a Supe y núcleos de mayor extensión en el Talud Continental superior al sur de esta localidad, inclusive proyectándose hacia la costa, en la Plataforma Continental interna donde aparece en pequeños núcleos cercanos a la costa (Fig. 8).

3.3 Materia orgánica total, carbonatos y carbono orgánico

Materia orgánica total.- El contenido de materia orgánica tiene un patrón de distribución similar al contenido de la fracción fina del sedimento (limo y arcilla). Los contenidos fluctúan entre 32,12% y 0,49%. El contenido promedio de materia orgánica es de 7,35%, con desviación estándar 5,19; varianza 26,99 y el coeficiente de variación es de 70,72.

La zona norte muestra valores predominantemente menores a 5%. Al sur de Pta. Falsa alcanza hasta aproximadamente 10%, de allí hasta el sur de

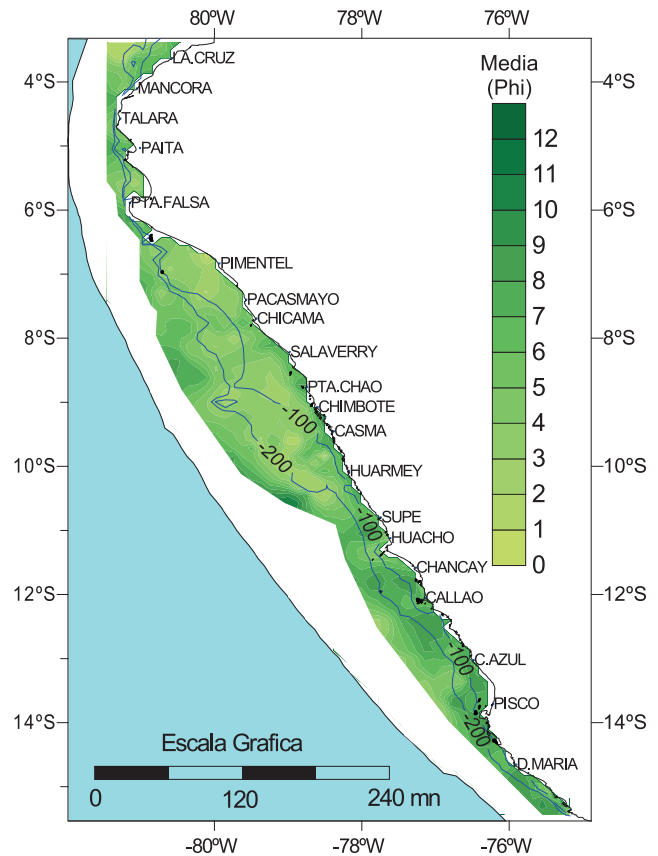


Figura 6.- Distribución de la media granulométrica (Phi) en los sedimentos superficiales de la plataforma y talud superior frente a la costa peruana

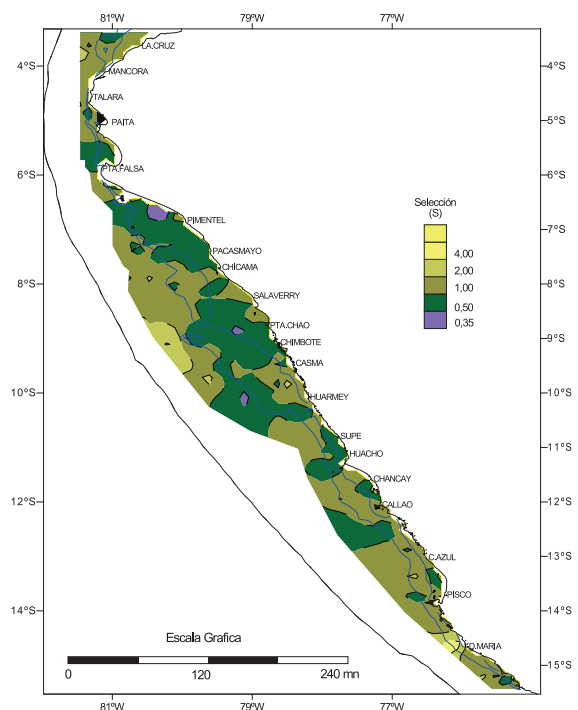


Figura 7.- Distribución de la selección en los sedimentos superficiales de la plataforma y talud superior frente a la costa peruana

Chimbote (9°30'S) se observa valores que alcanzan hasta el 15% en el talud superior entre Chicama y Pta. Chao y un pequeño núcleo frente a Chicama de valores sobre 10%. En la gran extensión de la plataforma, se encuentran valores menores a 10%. Hacia el sur de Chimbote, a partir de los 9°30'S frente a Casma y Huarmey se observan en la plataforma núcleos de contenidos de materia orgánica sobre el 10% que se hallan interconectados a valores más altos que alcanzan y pueden superar el 15% hacia el sur. Sobre el 20% se han registrado en el talud superior frente a Supe, entre la Plataforma Continental externa y el Talud Continental superior entre Chancay, al sureste de Callao y hacia el sur de Cerro Azul, disminuyendo los valores en áreas de la costa donde se aprecia los mayores contenidos de la fracción gruesa. Al sur de Pisco los mayores contenidos predominan tanto en la Plataforma Continental como en el Talud Continental superior hasta los 15°30' S (Fig. 9).

Carbonatos.- Para el contenido de carbonatos totales en sedimentos, que proviene principalmente del carbonato de calcio que conforma los caparazones de moluscos y foraminíferos, se ha encontrado valores que varían de 85,15% a 0,38%. El contenido promedio de carbonatos totales es 11,96%; la desviación estándar 15,75, la varianza 248,11 y el coeficiente de variación 131,71.

Se aprecian valores que sobrepasan el 50% en núcleos ubicados aisladamente entre la plataforma externa y el talud superior en los alrededores del Banco de Mánкора y una gran extensión de Pacasmayo a Huarmey, valores menores del 50% se registraron (un poco más próximos entre sí pero de menor tamaño) entre Pimentel y Pacasmayo. El resto de la plataforma y talud superior circundante a estas zonas presenta valores menores a 10% de carbonatos (Fig. 10).

Carbono orgánico.- Un total de 1011 muestras contienen carbono orgánico, mayor valor: 11,14%, menor valor: 0,10%, promedio 2,25, desviación estándar 1,90, varianza 3,60 y coeficiente de variación 84,30.

La distribución es muy similar a la de la materia orgánica, con concentraciones muy bajas (<5%) al sur de los 3°30'S hasta el sur de Pta. Falsa. Al sur de esta zona, hasta Chimbote se observan núcleos con mayores concentraciones en el talud superior, coincidentes con los de materia orgánica y, la misma disposición de núcleos interconectados entre la plataforma y talud superior hasta Supe, con valores ligeramente >5%. Hacia el sur, los valores se incrementan y coinciden con la distribución de las mayores concentraciones de materia orgánica, alcanzando el 11% (Fig. 11).

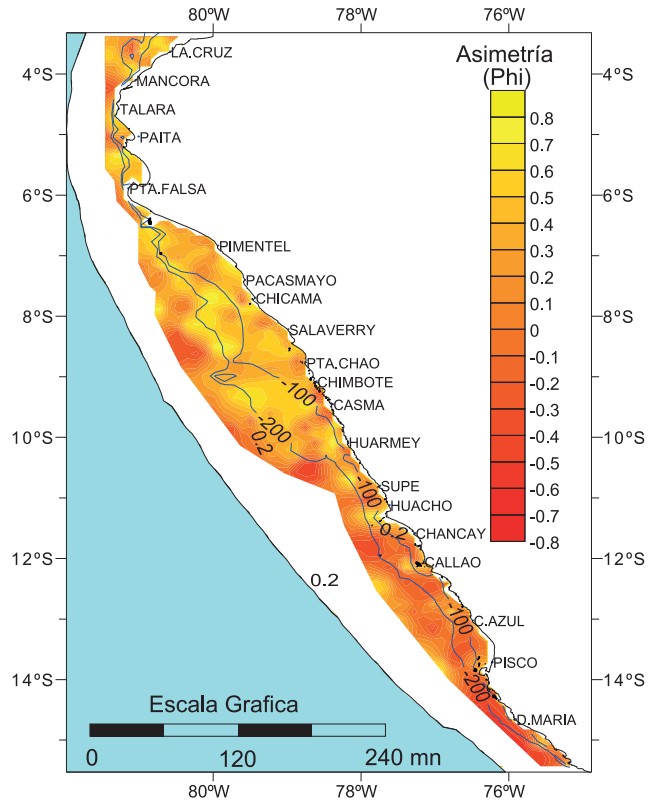


Figura 8.- Distribución de la asimetría en los sedimentos superficiales de la plataforma y talud superior frente a la costa peruana

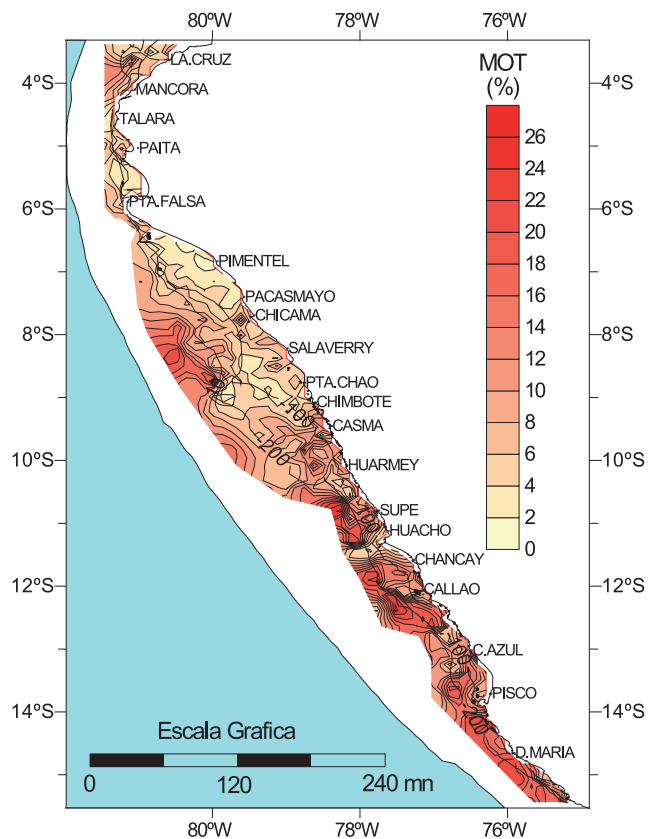


Figura 9.- Distribución del contenido de materia orgánica en los sedimentos superficiales de la plataforma y talud superior frente a la costa peruana

3.4 Morfología del fondo marino

El relieve de la Plataforma Continental y del Talud Continental superior es variable, se describe en base a la información preliminar obtenida a la fecha y que se muestra en la figura 12.

En la zona norte, en términos generales, la Plataforma Continental es angosta con un relieve no muy uniforme. El ancho varía entre 3 a 30 mn, con un promedio de 14 mn. Al norte de los 4°S se amplía a medida que se aproxima a la frontera norte, hasta integrarse a la plataforma del Golfo de Guayaquil. Frente a Puerto Pizarro se encuentra el Banco de Máncora, cuyo fondo es rocoso y presenta en algunas zonas sedimentos de grano grueso de tamaño heterogéneo, además de un relieve irregular, con profundidades de hasta 150 m.

El relieve no es muy uniforme en la mayor parte del borde exterior de la Plataforma Continental y principalmente entre Cabo Blanco y Talara. Entre Talara y Pta. Aguja la plataforma muestra la menor extensión. También están presentes varios cañones submarinos que se inician desde el borde externo de la Plataforma Continental.

Al sur, a partir de los 6°14'S, la Plataforma Continental empieza a ensancharse hasta los 9°30'S, alcanzando su máxima extensión entre Salaverry y Chimbote, variando entre 22 y 70 mn, con un promedio de 52 mn. El relieve en la zona de la amplia plataforma es uniforme con sedimentos que presentan abundante contenido de foraminíferos. El borde externo es irregular, principalmente en los alrededores de las islas Lobos y en las áreas donde están presentes los cañones submarinos.

Al sur de los 9°30'S la Plataforma Continental se angosta, siendo su ancho variable, entre 10 y 50 millas náuticas, con un promedio de 24 millas. El relieve es relativamente uniforme en la mayor extensión de la plataforma pero entre la plataforma externa y talud superior se encuentran algunas depresiones que favorecen la acumulación de sedimentos recientes de granulometría fina.

3.5 Zonas del margen continental con características sedimentológicas y morfológicas comunes

La distribución de los diferentes parámetros sedimentológicos y geoquímicos permiten la determinación de tres zonas que se agrupan en función de su contenido orgánico, textura, características morfológicas entre otras; estas son: entre los 3°30'S y 6°15'S (frontera con Ecuador a Pta. Falsa), entre los 6°15'S y 9°30'S (de Pta. Falsa a Huarmey) y de 9°30' a 15°45'S (Huarmey a Pta. San Juan). Las características comunes de estas áreas se muestran en la Tabla 3.

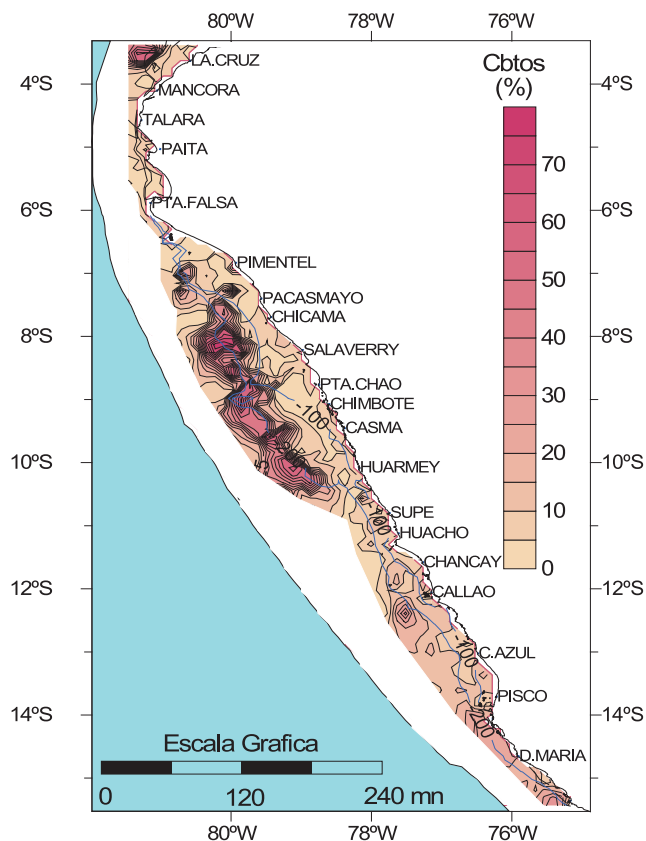


Figura 10.- Distribución de contenido de carbonatos (Cbtos) en sedimentos superficiales de la plataforma y talud superior frente a la costa peruana

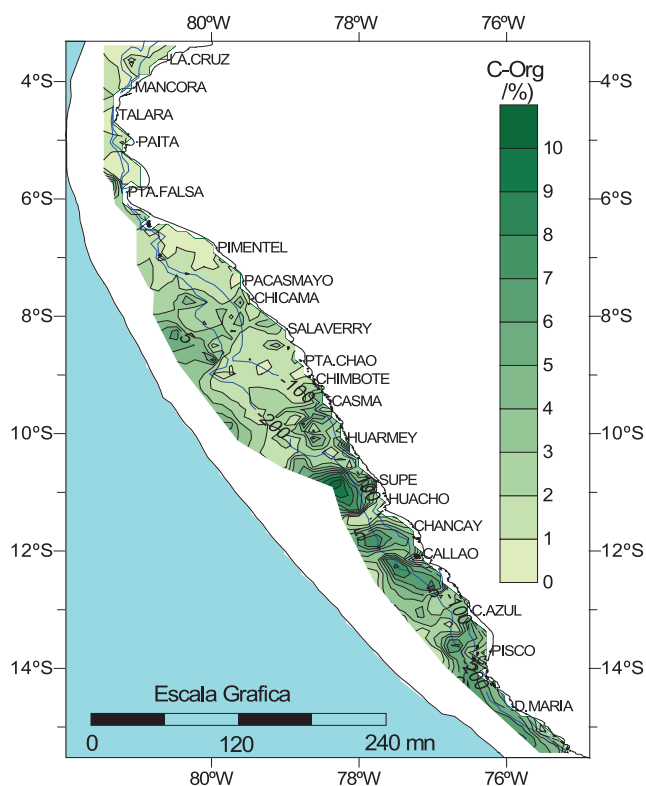


Figura 11.- Distribución del contenido de carbono orgánico (C-Org) en sedimentos superficiales de la plataforma y talud superior frente a la costa peruana

Tabla 3.- Características comunes de las 3 zonas definidas en base a la distribución del contenido orgánico y sedimentológico

Características Generales		Zona I (9°30' -15°30'S)	Zona II (6°15' -9°30'S)	Zona III (3°30' -6°15'S)
1.- Origen y Tipo de sedimentos superficiales	Tipos genéticos predominantes	Terrígenos y biogénicos (diatomáceos), autigénicos en fracción arenosa (fosforita, que disminuye hacia el sur)	Terrígenos, biogénicos (foraminíferos), autigénicos (fosforita, que incrementa hacia el sur)	Principalmente terrígenos
	Textura del sedimento	Principalmente fango (limoso y arcilloso)	Principalmente arenas y fango	Fango y arenas
2. Geoquímica (Contenido orgánico)	Carbono orgánico (C-Org.)	>5% hasta 12%	<2% a >5% hasta 7.6%	<2%, predominan los valores <1%, eventualmente sobre 5% en Talud superior
	Materia orgánica total (MOT)	>15% hasta 29%	<5% a >15%, hasta 26%	<10%, predominan los valores <5%
3.- Morfología del fondo marino	Ancho de la plataforma	10-50 mn: promedio 24 mn.	22-70 mn: promedio 52 mn	3 - 30 mn. Promedio 14 mn
	Pendiente del talud superior	Suave en casi toda su extensión	Declive moderado	Bastante pronunciada, caídas bruscas
	Relieve del fondo	Borde exterior de plataforma bastante parejo, cañones pequeños que no afectan regularidad del relieve	Borde exterior de plataforma y talud superior están seccionados por cañones submarinos. Banco de Chimbote rocoso e irregular	Relieve disperejo con fuerte desmembramiento al borde exterior y talud superior por cañones; en el extremo noroccidental, donde es más amplia la plataforma de esta zona, se halla el Banco de Máncora con cobertura de sedimentos arenosos.

Entre los 3°30'S y 6°15'S, los contenidos de materia orgánica son >5% y <10%, los valores de carbono orgánico oscilan entre >1% y 2%. Los sedimentos corresponden a facies de fango y arenas. El ancho de la plataforma es variable de 3 a 30 mn y 14 mn promedio, la pendiente del talud superior es bastante pronunciada, presenta caídas bruscas. El relieve es disperejo,

con fuertes desmembramientos en el borde exterior de la plataforma y el talud superior debido a que se encuentra surcado por cañones submarinos. En el extremo noroccidental de esta zona, se halla el Banco de Máncora cuyo fondo es rocoso e irregular.

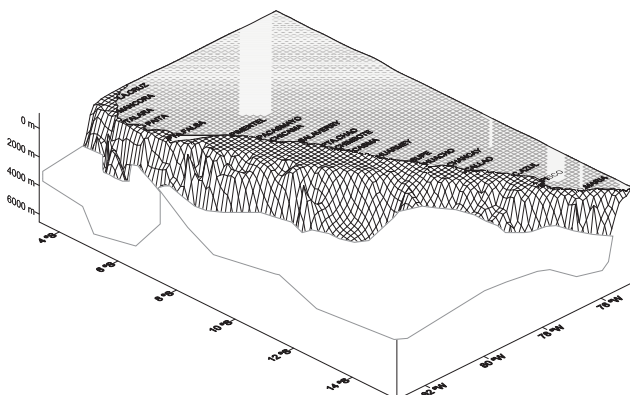


Figura 12.- Morfología del fondo marino de la Plataforma Continental y Talud Continental superior frente a la costa peruana

Entre los 6°15'S y 9°30'S, los contenidos de materia orgánica se incrementan de 5% a 15%, sobrepasando este mayor valor localmente en algunos casos, los contenidos de carbono orgánico son superiores a 2% y llegan a 5%, en algunos casos superan este valor casi en tres puntos más localmente. En los sedimentos de esta zona predominan facies texturales de arenas y fango de origen terrígeno y también biógenos (predominantemente constituido por foraminíferos). El ancho de la plataforma se incrementa hasta alcanzar su máxima magnitud, esta es variable, aproximadamente entre 22 a 70 mn. El talud superior tiene un declive moderado. El relieve del fondo marino en el borde exterior de la plataforma y talud superior se halla surcado por cañones submarinos principalmente entre los 7° y 9°S. Frente a Punta Chao, aproximadamente a 65 mn, se encuentra el Banco de Chimbote cuyo fondo es rocoso e irregular.

De los 9°30'S a los 15°45'S, los valores por lo general sobrepasan el 15% y pueden alcanzar hasta 32,12%, los contenidos de carbono orgánico varían de 5% a 11,14%. En esta zona se registra, principalmente fango limoso y fango arcilloso, terrígeno y biógeno (predominantemente diatoméico). El ancho de la plataforma varía de modo general entre 10 y 50 mn (24 mn de promedio). La pendiente del talud superior es suave en casi toda su extensión, el relieve del fondo marino es uniforme, surcado por algunos pequeños cañones submarinos que no afectan de modo general la regularidad del relieve.

4. DISCUSION

De la información presentada, se realizó la separación de resultados en tres grandes áreas, una ubicada al norte de los 6°15'S, otra entre los 6°15'S y 9°30'S y la tercera de 9°30'S a 15°30'S, debido a las características geomorfológicas (SCHWEIGGER 1954), a la distribución de sus parámetros sedimentológicos y geoquímicos característicos.

Del análisis estadístico básico, se observa la heterogeneidad de muestras, cuya distribución geográfica está determinada por factores del medio ambiente deposicional. Para cada fracción granulométrica los coeficientes de variación están sobre el orden de 67,27 (menor valor obtenido para la fracción limo), del mismo modo para los análisis geoquímicos se registró coeficientes de variación con magnitudes sobre el 70%.

De la interpretación de data, análisis de parámetros estadísticos generados y condiciones de los sedimentos, se ha podido encontrar coincidencia en la zona de la plataforma y talud superior de más de uno de los factores medio ambiente deposicional que permiten la preservación del contenido de materia orgánica en los sedimentos; estos son: Tipo de sedimento, condiciones geoquímicas del sedimento y fondo marino, morfología del fondo marino, hidrodinámica, fuente de suministro, tasa de sedimentación, las cuales se comentan a continuación:

Tipo de sedimento: La matriz de sedimentos finos favorecen mejor la preservación de organismos o minerales que componen el registro sedimentario. Debido al pequeño espacio intergranular posee escasa permeabilidad evitando el lavado hidráulico y remoción, además reduce o evita la oxigenación de éstos, permitiendo acumulación de material orgánico, como el caso de la mayor parte de sedimentos, cuya fracción fina decrece hacia el norte. La matriz fina es además indicadora de condiciones de baja hidrodinámica que se comenta en los siguientes párrafos.

Condiciones geoquímicas oxidantes o reductoras: en condiciones de escaso oxígeno o ausencia de éste (condiciones anóxicas), es posible la preservación de sedimentos debido a la escasa ocurrencia o ausencia

de organismos bentónicos que ocasionen bioturbación del fondo y destruyan las estructuras sedimentarias. La presencia de bacterias filamentosas del género *Thioploca* son indicadoras de ambientes reductores en los sedimentos y están presentes en gran parte de la zona del fondo marino afectada por la mínima de oxígeno, la que es más somera hacia el sur.

Condiciones morfológicas del fondo marino: Las depresiones encontradas en las zonas al sur de los 6°15'S y presentes en mayor extensión al sur de los 9°30'S favorecen la acumulación de sedimentos finos. Las zonas de mucha inclinación favorecen los desplazamientos de materiales en el borde del talud superior por sobrecarga del material que se acumula en estas zonas o por sismos, ocasionando que secuencias sedimentarias sean superpuestas o sean erosionadas según el caso.

Condiciones hidrodinámicas: La escasa hidrodinámica en el fondo evita procesos de transporte o erosión de los sedimentos, permitiendo la predominancia de la sedimentación del material. Las condiciones de hidrodinámica se hacen más intensas hacia el norte.

Fuente de suministro: Una continua fuente de suministro representada por la abundancia de los materiales que son indicadores de determinada condición oceanográfica (masas de agua) son los componentes de origen biogénico como el plancton (especialmente el fitoplancton) que en el margen continental peruano los constituyen las zonas de alta productividad biológica favorecida por los procesos de afloramiento. Esta continua fuente es garantizada además por el corto ciclo de vida de estos organismos. Durante la sedimentación y acumulación en el fondo marino de estos organismos, la materia orgánica que los constituye ejerce demanda de oxígeno que favorece las condiciones de anoxia.

Tasa de sedimentación: Permite la acumulación de material cubriendo aquel que es objeto de mineralización superficial, favoreciendo la preservación de materia orgánica que ocurre en superficie donde los procesos degradativos de la misma son más eficientes. La rápida acumulación secuencial de los sedimentos favorece, además, la formación de registros históricos a muy alta resolución que conservan información pasada del océano y clima tales como los lentes de sedimentos del Holoceno en la plataforma Continental externa y Talud Continental superior conocidos como Mud Lens (KRISSEK y SCHEIDEGGER 1983, ODP 1986) que han permitido reconstituciones paleoclimáticas y paleoceanográficas a resolución decadal (SIFEDDINE et al. 2008, GUTIÉRREZ et al. 2009). Las tasas de sedimentación y las de acumulación se incrementan hacia la zona sur de acuerdo a la comparación de resultados previos de estudios realizados en la zona por distintos investigadores (LEVIN et al. 2001)

5. AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a los Sres. Ricardo Palma y Benéff Zúñiga por su valioso apoyo en la fase de almacenamiento de información.

6. REFERENCIAS

- ARNING E T, LÜCKGE A, BREUER C, GUSSONE N, BIRGEL D, PECKMANN J. 2009. Genesis of phosphorite crust off Peru. *Marine Geology* 262, 68-81.
- 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, GOMERO R, SALZWEDEL H, FLORES L, CARVAJAL G. 1987. Sedimentos superficiales del margen continental peruano, un mapa textural. *Bol. Inst. Mar del Perú*. 11(5): 182-190.
- DELGADO C, GOMERO R. 1995. Atlas sedimentológico de la plataforma continental peruana. *Inf Inst Mar Perú*. (110): 5-28.
- FOLK R L. 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Journal of Geology* 62 (4), 344-359.
- GAUDETTE H, FLIGHT W H, TONER L, ONER, FOLGER D. 1974. An inexpensive titration method for the determination of carbonic carbon in recent sediments. *Jour. Sed. Petrology*. V. 44, N° 1: 249-253.
- GALEHOUSE. 1971. Sedimentation Analysis. In: *Procedures in Sedimentary Petrology*. Eds. Carver, RE, de. Cap. 4. P. 69-94. New York.
- GUTIÉRREZ D, SIFEDDINE A, FIELD D, ORTLIEB L, VARGAS G, CHÁVEZ F, VELAZCO F, FERREIRA V, TAPIA P, SALVATTECI R, BOUCHER H, MORALES M, VALDÉS J, REYSS J L, CAMPUSANO A, BOUSSAFIR M, MANDENG-YOGO M, GARCÍA M, BAUMGARTNER T. 2009. Rapid reorganization in ocean biogeochemistry off Peru towards the end of the Little Ice Age. *Biogeosciences*, 6, 835 - 848.
- INGRAM R. 1971. Sieve Analysis. In: *procedures in Sedimentary Petrology*. Eds. Carver, RE, de. Cap. 3. P.49-67. New York.
- KRISSEK L, SCHEIDEGGER K, KULM L. 1981. Surface Sediment of the Peru—Chile Continental Margin and the Nazca Plate. *Geological Society of America Bulletin*. 91(6), p. 321-331.
- KRISSEK L, SCHEIDEGGER K. 1983. Environmental controls on sediment texture and composition in low oxygen zones off Peru and Oregon. *Coastal Upwelling, Part A: Responses of the Sedimentary Regime to Present Coastal Upwelling*. Suess and Thiede Eds.
- LEVIN LA, ETTER R J, REX M A, GOODAY A J, SMITH C R, PINEDA J, STUART C T, HESSLER R R, PAWSON D. 2001. Environmental influences on regional deep-sea species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 132: 51-93.
- MC BRIDE E. 1971. Tratamiento matemático de los datos de la distribución del tamaño de grano. En: *Procedures in Sedimentary Petrology*. Eds. Craver, RE, ed. P 109-127. New York.
- MANHEIM F. 1975. Marine fosforite formation in front to Peru. *Jour. Sed. Petrol.* 45 (1): 243-251.
- MAYOR S. 1996. Foraminíferos calcáreos bénticos de la Plataforma Continental del norte Peruano. *Inf. Inst. Mar Perú*. 136: 161-176.
- OCEAN DRILLING PROGRAM (ODP). 1988. Proceedings of the Ocean Drilling Program. Initial Reports. 20 October 1986 – 25 December 1986. National Science Foundation - Joint Oceanographic Institutions, INC. Volume 112.
- SALZWEDEL H, FLORES L, CARVAJAL G, CANAHUIRE E, ZAFRA A, ARANDA C. 1987. Información básica sobre muestras de bentos, sedimentos y factores abióticos en la Plataforma Continental del Perú entre 1976 y 1987. *Inf. Inst. Mar Perú*. 90:41.
- SCHWEIDEGGER K, KRISSEK L A. 1982. Dispersal and Deposition of Eolian and Fluvial Sediments Off Peru and Northern Chile. *Geological Society of America Bulletin* 93(2), 150-162.
- SHEPARD F. 1954. Nomenclature based on silt-clay ratios *Jour. Sed. Petrology* 24(1): 151-158.
- SIFEDDINE A, GUTIÉRREZ D, ORTLIEB L, BOUCHER H, VELAZCO F, FIELD D, VARGAS G, BOUSSAFIR M, SALVATTECI R, FERREIRA V, GARCÍA M, VALDÉS J, CAQUINEAU S, MANDENG-YOGO M, CETIN F, SOLIS J, SOLER P, BAUMGARTNER T. 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: 190-197.
- SCHWEIDEGGER E. 1954. Las variaciones periódicas de la temperatura del mar y sus ciclos en el norte del litoral peruano. *Boletín de la Compañía Administradora del Guano*. 1(2):5-20.
- THIEDE J, SUSS E. 1981. Coastal Upwelling, Its Sediment Record. *NATO Conference Series- Series IV: Marine Sciences, Volume 10 a, b*. Suess and Thiede Eds. New York.
- VELAZCO F, SOLÍS J, DELGADO C, GOMERO R. 2007 . Características sedimentológicas del margen continental peruano entre Tumbes y San Juan (3°30'S-15°30S) I *CONCIMAR*. Lambayeque, Perú.
- WENTWORTH A. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Jour. Geology* (30): 377-392.