

CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS Y GEOQUÍMICAS DE SEDIMENTOS RECIENTES DE LA BAHÍA DE PARACAS, PISCO DURANTE LOS AÑOS 2013, 2014 Y 2015

SEDIMENTOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF RECENT SEDIMENTS FROM PARACAS BAY, PISCO (2013, 2014, AND 2015)

J. Solís¹ F. Velazco¹ O. Morón¹ S. Sánchez¹,
A. Calderón¹ J. C. Fernández¹ L. Luciano² J. Vitor¹

<https://doi.org/10.53554/boletin.v37i2.377>

RESUMEN

SOLÍS, J., VELAZCO, F., MORÓN, O., SÁNCHEZ, S., CALDERÓN, A., FERNÁNDEZ, J. C., LUCIANO, L., VÍTOR, J. (2022). *Características sedimentológicas y geoquímicas de sedimentos recientes de la bahía de Paracas, Pisco, durante los años 2013, 2014 y 2015. Bol Inst Mar Perú. 37(2): 348-360.*- Se presentan características sedimentológicas y geoquímicas de sedimentos marinos superficiales recientes de la bahía de Paracas, como parte de los Proyectos “Estudio Integrado de la Dinámica de los Procesos Físicos y Biogeoquímicos en Ecosistemas del Borde Costero” y “Fondo Para el Medio Ambiente Mundial”, desarrollados durante 2013, 2014 y 2015. Los sedimentos recientes de la bahía de Paracas corresponden a texturas limo arcilloso, arcilla limosa y limo arenoso, que están asociados a bajas intensidades de corrientes. Los sedimentos arenosos se registraron cerca de la línea de costa y de la desembocadura del río Pisco, la presencia de grava es muy escasa (<1%) hallada al norte del río Pisco. En la zona costera se incrementa la corriente y el oleaje, transportando material más fino hacia lugares donde la corriente es menor. Los mayores valores de materia orgánica total corresponden a fracción fina conformada por limo y arcilla, estando condicionada al aporte de material de origen biogénico relacionado a la alta productividad biológica en la columna de agua, y también por presencia de partículas muy finas de desechos urbanos e industriales, que se incorporan al fondo por procesos de transporte y sedimentación. La mayor variación se halló en la zona sur de la bahía entre la Puntilla y El Chaco, con valores que fluctuaron de 12,21 a 17,80%; mientras que los más bajos contenidos de materia orgánica total están asociados a sedimentos con dominio de la fracción arena y se encontraron al norte del río Pisco, con valores de 3,16 a 3,21%, que corresponden a evaluaciones realizadas en primavera 2014 e invierno 2015. El interior de la bahía es ocasionalmente afectado por contaminantes de origen antropogénico al presentarse vientos norte y circulación marina con dirección sur.

PALABRAS CLAVE: granulometría, biogénico, materia orgánica, limo, arcilla, grava

ABSTRACT

SOLÍS, J., VELAZCO, F., MORÓN, O., SÁNCHEZ, S., CALDERÓN, A., FERNÁNDEZ, J. C., LUCIANO, L., VÍTOR, J. (2022). *Sedimentological and geochemical characteristics of recent sediments from Paracas Bay, Pisco (2013, 2014, and 2015). Bol Inst Mar Perú. 37(2): 348-360.*- During 2013, 2014, and 2015, we analyzed the sedimentological and geochemical characteristics of recent marine surface sediments from Paracas Bay, as part of the projects “Integrated Study of the Dynamics of Physical and Biogeochemical Processes in Coastal Edge Ecosystems” and “Global Environment Facility”. At Paracas Bay, recent sediments correspond to clayey silt, silty clay, and sandy silt textures, which are associated with low current intensities. The sandy sediments were recorded near the coastline and the mouth of the Pisco River, the presence of gravel is very scarce (<1%) found north of the river. The current and waves increase in the coastal area, transporting finer material to places where the current is lower. The highest values of total organic matter correspond to the fine fraction made up of silt and clay, which is conditioned by the contribution of biogenic material related to the high biological productivity in the water column, and also by the presence of very fine particles of urban and industrial waste, which are incorporated to the bottom by transport and sedimentation processes. The greatest variation was found in the southern part of the bay between Puntilla and El Chaco, with values ranging from 12.21 to 17.80%; while the lowest total organic matter contents are associated with sediments dominated by the sand fraction and were found north of the Pisco River, with values of 3.16 to 3.21%, corresponding to evaluations conducted in spring 2014 and winter 2015. The inner bay is occasionally affected by anthropogenic pollutants due to north winds and southward marine circulation.

KEYWORDS: granulometry, biogenic, organic matter, silt, clay, gravel

1 Instituto del Mar del Perú -IMARPE. jsolis@imarpe.gob.pe

2 Universidad Nacional Federico Villarreal -UNFV

1. INTRODUCCIÓN

La bahía de Pisco se ubica entre 13°39'30,00"S y 13°50'55,20"S. De acuerdo con la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN, 1988) tiene como límite oeste el alineamiento entre Punta Pejerrey con las islas Ballestas y Chincha y como límite norte el sector ubicado frente a la desembocadura del río Pisco. La zona sur de esta área la conforma la bahía de Paracas.

Existen numerosos estudios sobre geología marina de la zona litoral y submarina frente a Pisco y Reserva de Paracas. SMITH (1968) efectuó las primeras descripciones de las características granulométricas de los sedimentos marinos y la morfología litoral y submarina de la bahía de Paracas. También el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) ha realizado detallados estudios sedimentológicos y geoquímicos entre la bahía de Paracas y el sector de la desembocadura del río Pisco (Velazco, 1999³; VELAZCO y SOLÍS, 2000). De acuerdo con estudios que describen las características del litoral en la zona de estudio (VELAZCO y SOLÍS, 2000) se conoce que la configuración geomorfológica costera, favorece la protección de la línea de costa de las corrientes y oleaje al interior de la bahía, donde sus efectos son menores. El oleaje es desviado (difracta) a la altura de Punta Pejerrey, ingresando a la bahía y se distribuye (refracta) en función de la batimetría.

Velazco y Solís (2001⁴) amplían este conocimiento y elaboran el primer mapa textural de la bahía de Pisco en alta resolución, caracterizando también las fracciones granulométricas, textura y el contenido orgánico (materia y carbono orgánico), encontrando influencia de vertidos con alto contenido orgánico de origen antrópico en los sedimentos de la bahía. Además, presentan las primeras imágenes submarinas de los fondos marinos de esta bahía que evidencian procesos de transporte de sedimentos y procesos biogeoquímicos de mineralización de materia orgánica.

Morón *et al.* (2017) hace una actualización detallada del contenido de materia orgánica en los sedimentos y la tipificación de los sedimentos de la bahía de Paracas, observándose disminución de contenidos

1. INTRODUCTION

Pisco Bay is located between 13°39'30.00"S and 13°50'55.20"S. According to the *Dirección de Hidrografía y Navegación* (DHN, 1988), its western boundary is the alignment between Punta Pejerrey and the Ballestas and Chincha islands, and its northern boundary is the sector located off the mouth of the Pisco River. The southern part of this area is Paracas Bay.

There are many studies on the marine geology of the coastal and submarine areas off Pisco and the Paracas Reserve. SMITH (1968) was the first to describe the granulometric characteristics of the marine sediments and the coastal and submarine morphology of Paracas Bay. IMARPE has also carried out detailed sedimentological and geochemical studies between the Paracas Bay and the Pisco River mouth sector (Velazco, 1999³; VELAZCO & SOLÍS, 2000). According to studies describing the characteristics of the coastline in the study area (VELAZCO y& SOLÍS, 2000), the coastal geomorphological configuration favors the protection of the coastline from currents and waves in the inner bay, where their effects are less intense. The swell is deflected (diffracted) at Punta Pejerrey, entering the bay, and is distributed (refracted) depending on the bathymetry.

Velazco & Solís (2001⁴) expand this knowledge and elaborate the first high-resolution texture map of Pisco Bay, also characterizing the granulometric fractions, texture, and organic content (organic matter, organic carbon). They found the influence of discharges with high anthropogenic organic content in the sediments of the bay; also, they presented the first underwater images of the seafloor of this bay that show evidence of sediment transport processes and biogeochemical processes of organic matter mineralization.

Morón *et al.* (2017) provide a detailed update of the organic matter content in sediments and sediment typing in Paracas Bay, showing a decrease in organic matter content compared to

3 Velazco, F. 1999. Informe del Estudio Sedimentológico del proyecto: Análisis comparativo entre el contenido de hidrocarburos del petróleo en especies comerciales y sedimentos correspondiente a las bahías de Samanco y Ferrol. Inf. Int. Inst. Mar del Perú. DGIO. No publicado

4 Velazco, F. y J. Solís. 2001. Informe final Estudios de geoquímica y Sedimentología en áreas de interés pesquero. Informe final. Bahía de Miraflores y alrededores de islas Cabinzas, Palomino y banco El Camotal. No publicado.

de materia orgánica con respecto a los valores hallados en la zona para los años 2009 y 2011.

Este trabajo se desarrolla en el marco del proyecto de investigación "Estudio integrado de los Procesos Físicos, Químicos y Biológicos en el Ecosistema del Borde Costero en la Bahía de Paracas" durante los años 2013, 2014 y 2015 y tiene como objetivo actualizar la información de diferentes parámetros sedimentológicos y geoquímicos estudiados previamente por IMARPE y conocer su evolución a través del tiempo.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se basa en los resultados cuantitativos y cualitativos de sedimentos obtenidos de cinco muestreos del fondo marino realizados en el marco de los proyectos "Estudios integrados de la dinámica de los Procesos Físicos y Biogeoquímicos en Ecosistemas del Borde Costero" y "Fondo para el Medio Ambiente Mundial" durante abril y octubre 2013, noviembre 2014, así como marzo y julio 2015.

La zona de estudio comprende el área entre bahía de Paracas y desembocadura del río Pisco, el cual se extiende por el oeste hasta alrededores de las islas Ballestas y Chincha, de 13°39'30,00" a 13°50'55,20"S y de 76°13' a 76°19'30,60"W, hasta profundidades que variaron de 6 a 56 m (Fig. 1).

Las muestras de sedimentos fueron colectadas mediante una draga van Veen de 0,25 m² de área de cobertura. Se colectaron 78 muestras de sedimentos superficiales distribuidas en el área de estudio, de las cuales 33 corresponden a los muestreos del 2015, 31 muestras al 2014 y 14 al 2013.

El análisis granulométrico se efectuó con tamices (INGRAM, 1971) y pipeta (GALEHOUSE, 1971); la de-

the values found in the area between 2009 and 2011.

Our work is developed as part of the research project "Integrated Study of the Physical, Chemical, and Biological Processes in the Coastal Border Ecosystem in Paracas Bay" in 2013, 2014, and 2015 and its objective is to update the information on different sedimentological and geochemical parameters previously studied by IMARPE and to know their evolution through time.

2. MATERIAL AND METHODS

Our study is based on quantitative and qualitative sediment results obtained from five seabed samplings carried out as part of the projects "Integrated Studies of the Dynamics of Physical and Biogeochemical Processes in Coastal Edge Ecosystems" and "Global Environment Facility" in April and October 2013, November 2014, as well as March and July 2015.

The study area ranges from Paracas Bay to the mouth of the Pisco River, extending west to the Ballestas and Chincha Islands, from 13°39'30.00" to 13°50'55.20"S and from 76°13' to 76°19'30.60"W, to depths that varied from 6 to 56 m (Fig. 1).

Sediment samples were collected using a van Veen dredge with a 0.25 m² coverage area. We collected a total of 78 surface sediment samples which were distributed over the study area, of which 33 correspond to the 2015 sampling, 31 samples to 2014, and 14 samples to 2013.

The particle size analysis was carried out with sieves (INGRAM, 1971) and pipette (GALEHOUSE,

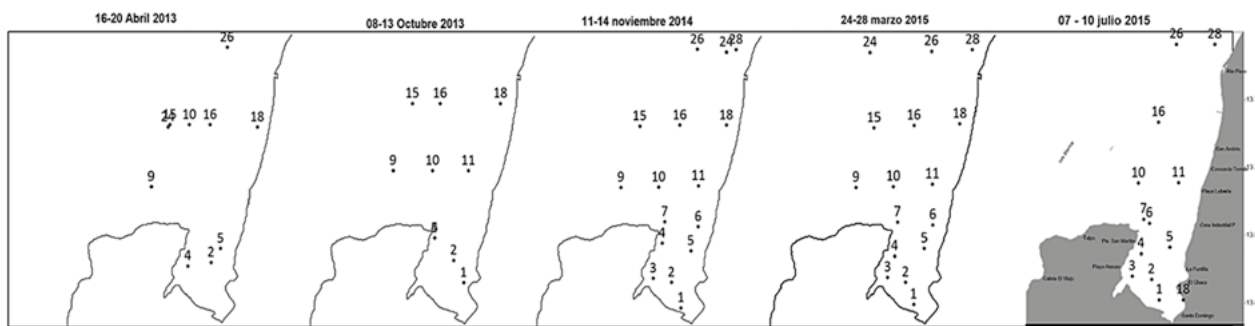


Figura 1.- Carta de posiciones. Bahía de Paracas-Pisco, 2013,2014 y 2015

Figure 1. Position chart. Paracas-Pisco Bay (2013, 2014, and 2015)

terminación del contenido de materia orgánica total y carbonatos totales se hizo por el método de pérdida de peso por ignición (DEAN, 1974); las texturas sedimentarias se realizaron de acuerdo al diagrama de SHEPARD (1963). Para los cálculos se utilizó el paquete estadístico Excel, Minitab y R; los mapas temáticos de distribución geoquímica y granulométrica se graficaron mediante el uso del programa Surfer Ver.13 (Fig. 1).

3. RESULTADOS

GRANULOMETRÍA Y TEXTURAS SEDIMENTARIAS

Fracción Grava

La fracción grava en los sedimentos marinos para abril y octubre 2013, se caracterizó por estar compuesta, principalmente por fragmentos calcáreos y de roca (sub - redondeados). Los mayores contenidos de grava (5,0%) se hallaron en la estación E-1 localizada en la zona sur de la bahía, frente a El Chaco y alrededor de las islas Ballestas, donde alcanzaron hasta 4,70%.

Respecto de los sedimentos de la bahía colectados en noviembre 2014, se halló que esta fracción fue escasa y estuvo compuesta, principalmente de fragmentos calcáreos y fracciones de roca. Los mayores contenidos de grava (0,59%) se encontraron en la estación E-16, localizada al noroeste de San Andrés. Hacia la zona sur, la presencia de grava fue aún más escasa detectando valores que fluctuaron de 0,01% a 0,08%.

En marzo y julio 2015, los valores de grava fluctuaron de 0,20% a 0,95%. Estos valores se hallaron en la estación E16, localizada en la zona norte de la bahía, entre San Andrés y el río Pisco; mientras que, en la zona sur la presencia de grava fue aún más escasa, mostrando el valor mínimo de <0,03% (Fig. 2).

1971). The loss of weight by the ignition method was used to determine the total organic matter and total carbonate content (DEAN, 1974).

Sedimentary textures were determined according to SHEPARD's diagram (1963). The Excel, Minitab, and R statistical packages were used for the calculations. The thematic maps of geochemical and granulometric distribution were plotted using the Surfer Ver.13 software (Fig. 1).

3. RESULTS

GRANULOMETRY AND SEDIMENTARY TEXTURES

Gravel Fraction

In April and October 2013, the gravel fraction in marine sediments was characterized by being composed mainly of calcareous and rock fragments (sub-rounded). The highest gravel contents (5.0%) were found at station E-1 located in the southern part of the bay, off El Chaco, and around the Ballestas Islands, where they reached up to 4.70%.

For the bay sediments collected in November 2014, this fraction was scarce and mainly composed of calcareous fragments and rock fractions. The highest gravel contents (0.59%) were found at station E-16, located northwest of San Andrés. The presence of gravel was even scarcer towards the south, where values fluctuated from 0.01% to 0.08%.

Gravel values ranged from 0.20% to 0.95% in March and July 2015. These values were found at station E16, located in the northern part of the bay, between San Andrés and the Pisco River. On the other hand, the presence of gravel was even scarcer in the southern part of the bay, with a minimum value of <0.03% (Fig. 2).

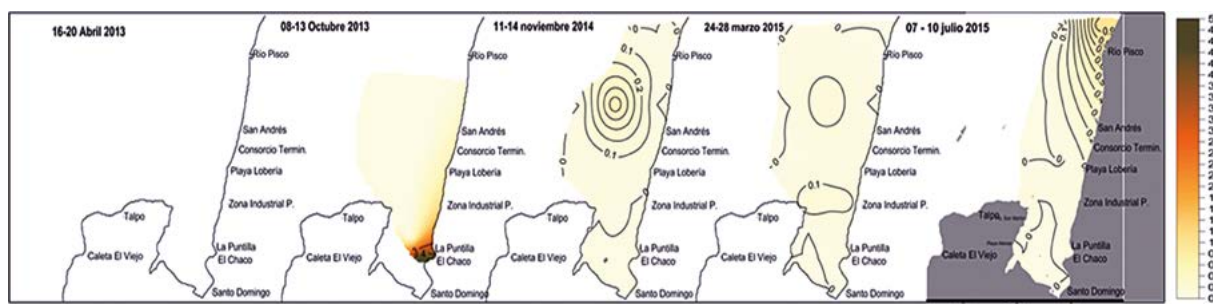


Figura 2.- Fracción grava. Bahía de Paracas-Pisco, 2013,2014 y 2015

Figure 2. Gravel fraction. Paracas-Pisco Bay (2013, 2014, and 2015)

Fracción Arena

La fracción arena está conformada principalmente de minerales de origen terrígeno como cuarzo, feldespatos, entre otros y también componentes de origen biogénico (fragmentos calcáreos).

En abril y octubre 2013, los contenidos de arena mostraron mayores concentraciones en la zona sur de la bahía con máximo valor de 99,35% en la Estación E-1 entre La Puntilla y El Chaco; valores mayores (>65%) se hallaron al noreste de isla Blanca. En la zona centro y norte del área de estudio los contenidos de arena tendieron a disminuir a menor profundidad en abril y lo contrario se observó en octubre.

Para noviembre 2014 en la zona de estudio, el contenido de la fracción arena no fue dominante, limitándose a las estaciones próximas a la línea de costa. Los mayores contenidos de la fracción arena de 90,39% y 87%, se localizaron frente a las islas Chincha y a El Chaco (en la zona sur de la bahía), respectivamente.

En los sedimentos marinos de la zona de estudio para marzo y julio 2015, la fracción arena mostró dominio en sectores cercanos a la línea de costa; en la estación entre el río Pisco y San Andrés (E-18), se halló el máximo contenido de arena de 33,51%, con tendencia a disminuir hacia la zona sur de la bahía. Para la evaluación correspondiente a julio, se halló que el contenido de arena disminuyó a 29,32% y su distribución se amplió más al sur de la bahía, hasta playa Atenas, coincidiendo en el punto de muestreo. El menor contenido de la fracción arena se halló en la zona central de la bahía (Fig. 3).

Sand Fraction

The sand fraction is mainly formed by terrigenous minerals such as quartz, and feldspars, among others, and also biogenic components (calcareous fragments).

Sand contents showed higher concentrations in the southern part of the bay in April and October 2013, with a maximum value of 99.35% at Station E-1, between La Puntilla and El Chaco. Higher values (>65%) were found northeast of Isla Blanca, while in the central and northern part of the study area, sand contents tended to decrease at shallower depths in April and the opposite was observed in October.

Sand fraction content was not dominant in the study area during November 2014, and was limited to the nearshore stations. Off Chincha Island and El Chaco (in the southern part of the bay), we found the highest sand contents of 90.39% and 87%, respectively.

The sand fraction in the marine sediments of the study area showed dominance in the nearshore sectors during March and July 2015. At the station (E-18), located between the Pisco River and San Andrés, the maximum sand content was found to be 33.51%, with a decreasing tendency towards the southern part of the bay. In July, the sand content decreased to 29.32% and its distribution widened further south in the bay, up to Atenas beach, coinciding with the sampling point. The lowest content of the sand fraction was found in the central zone of the bay (Fig. 3).

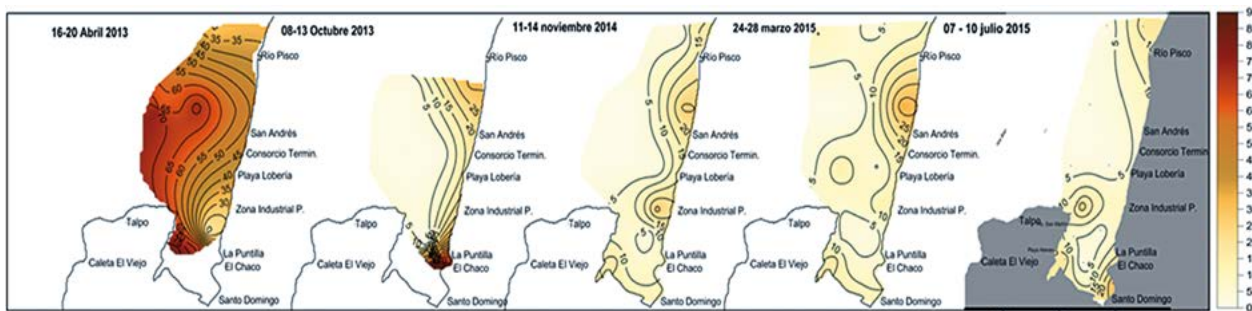


Figura 3.- Fracción arena. Bahía de Paracas-Pisco, 2013,2014 y 2015

Figure 3. Sand fraction. Paracas Bay-Pisco (2013,2014, and 2015)

Fracción Limo

La fracción limo conformada por partículas menores a $>3,9 \mu\text{m}$ y $<63\mu\text{m}$, dominó la zona de estudio, hallándose los mayores contenidos de esta fracción en la zona norte y centro oeste de la bahía. Valores máximos de 86,23% y 78,50% correspondieron al verano e invierno, mostrando una tendencia de distribución característica para la zona. Los menores valores de esta fracción, de 20,94% en verano y 19,10% en invierno, se hallaron frente a la zona industrial pesquera extendiéndose hacia La Puntilla y El Chaco (Fig. 4).

Fracción Arcilla

La fracción arcilla conformada por partículas menores ($<3,9 \mu\text{m}$) mostró tendencia de distribución opuesta a la fracción arena. Los mayores valores hallados variaron de 71,37 a 80,31% en las estaciones de verano e invierno, respectivamente, las que se localizaron en las posiciones norte y sur del área de estudio. Para la evaluación de la estación de verano se halló el máximo contenido de arcilla en la estación más alejada del perfil localizado entre el río Pisco y San Andrés. Durante la evaluación de invierno la distribución de arcilla mostró su máximo valor en la zona sur de la bahía de Paracas entre Consorcio Terminales, playa La Lobera, Atenas y El Chaco.

Silt Fraction

The silt fraction made up of particles smaller than $>3.9 \mu\text{m}$ and $<63\mu\text{m}$, dominated the study area. Its highest contents were found in the northern and central-western parts of the bay. Summer and winter had maximum values of 86.23% and 78.50%, respectively, thus indicating a characteristic distribution pattern for the area. The lowest values of this fraction, 20.94% in summer and 19.10% in winter were found off the industrial fishing zone, extending towards La Puntilla and El Chaco (Fig. 4).

Clay Fraction

The clay fraction was formed by smaller particles ($<3.9 \mu\text{m}$), thus differing in distribution from the sand fraction. Summer and winter had the highest values ranging from 71.37 to 80.31%, respectively; these values were found to the north and south of the study area. In summer, the maximum clay content was found in the farthest station of the profile located between the Pisco and San Andrés rivers. In winter, the clay distribution showed its maximum value in the southern zone of Paracas Bay between Consorcio Terminales, La Lobera beach, Atenas, and El Chaco.

The lowest clay values ranged from 6.99 to 11.73%, corresponding to stations E-9 and E-2,

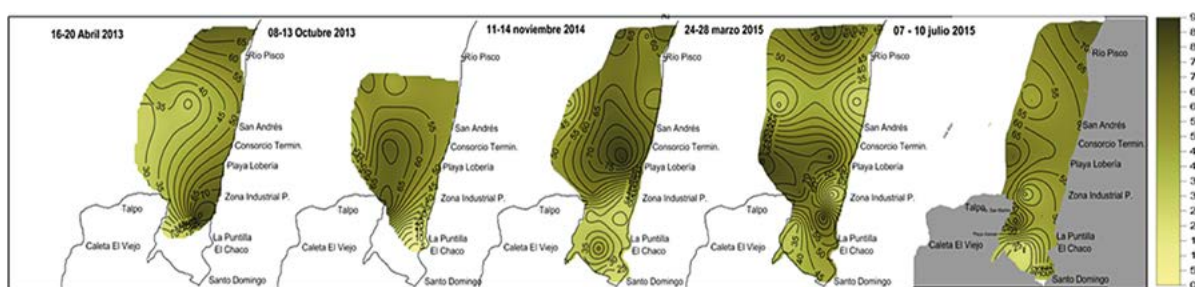


Figura 4.- Fracción limo. Bahía de Paracas-Pisco, 2013,2014 y 2015

Figure 4. Silt fraction. Paracas Bay-Pisco (2013,2014, and 2015)

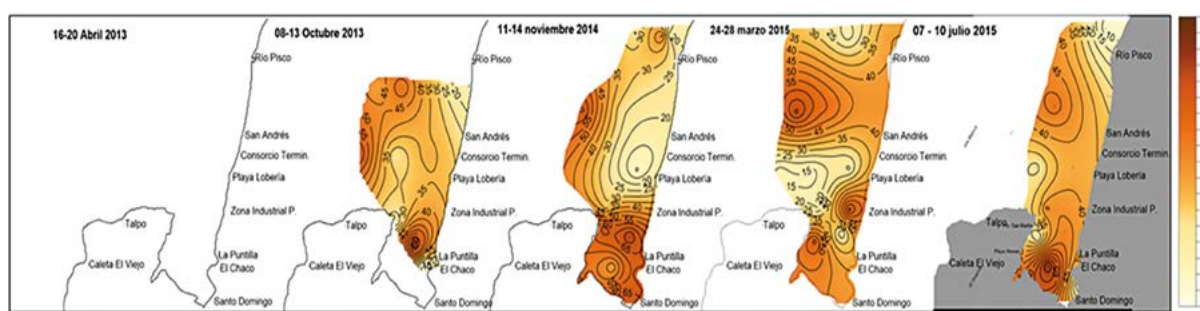


Figura 5.- Fracción arcilla. Bahía de Paracas-Pisco, 2013,2014 y 2015

Figure 5. Clay fraction. Paracas Bay-Pisco (2013,2014, and 2015)

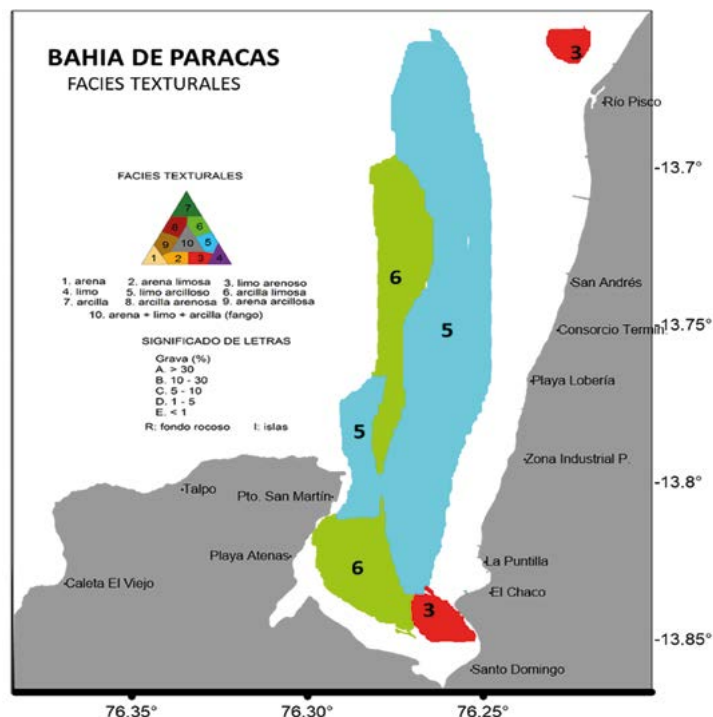


Figura 6.- Mapa de facies Texturales de Sedimentos superficiales recientes. Bahía de Paracas (2013-2015)

Figure 6. Textural facies map of recent surficial sediments. Paracas Bay (2013-2015)

Los menores valores de arcilla variaron de 6,99 a 11,73%, correspondiendo a las estaciones E-9 y E-2, localizadas frente a playa La Lobera, El Chaco y La Puntilla (Fig. 5).

TEXTURA

Los resultados obtenidos del análisis granulométrico a los sedimentos superficiales de la bahía de Paracas, nos permitió definir las facies texturales que dominan la bahía, definiendo como “facie” al conjunto de partículas que reflejan la condición de su origen (SHEPARD, 1963).

Se identificaron como facies texturales dominantes a limo arcilloso, arcilla limosa, arcilla arenosa. Se presenta el mapa de distribución y el diagrama de facies texturales, basado en los resultados obtenidos a partir de los análisis granulométricos (Figs. 6, 7, 8, 9).

MATERIA ORGÁNICA TOTAL Y CARBONATOS TOTALES

Materia orgánica total

La materia orgánica total en los sedimentos marinos estuvo formada por componentes

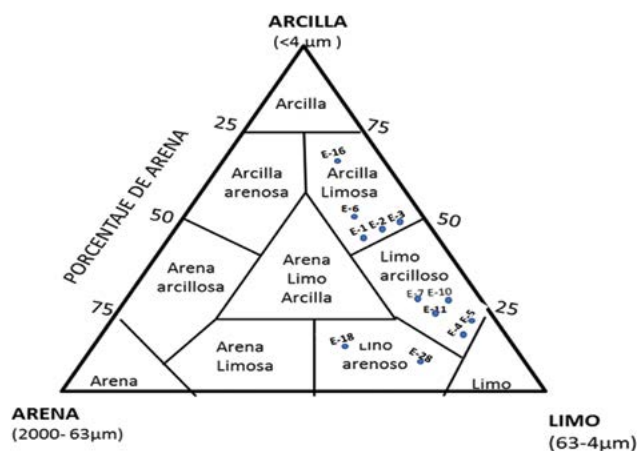


Figura 7.- Nomenclatura textural promedio según Shepard sedimentos superficiales recientes. Bahía de Paracas-Pisco (2013-2015)

Figure 7. Shepard’s average textural nomenclature for recent surface sediments. Paracas Bay-Pisco (2013-2015)

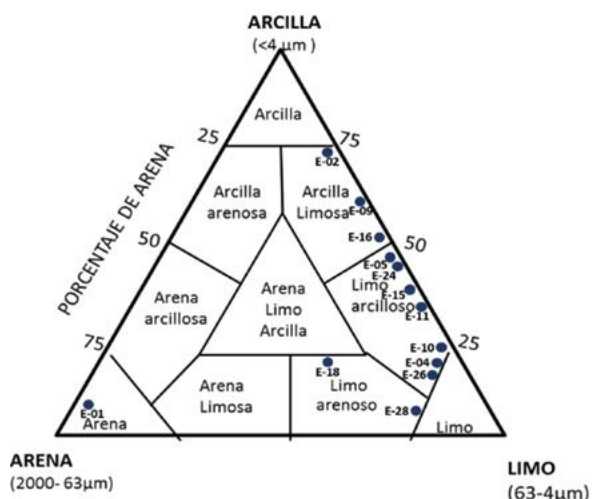
located off La Lobera beach, El Chaco, and La Puntilla (Fig. 5).

TEXTURE

The granulometric analysis allowed us to define the textural facies that dominate Paracas Bay. “Facies” are defined as the set of particles that reflect the condition of their origin (SHEPARD, 1963).

The dominant textural facies were identified as clayey silt, silty clay, and sandy clay. We provide

Paracas 1310



Paracas 1411

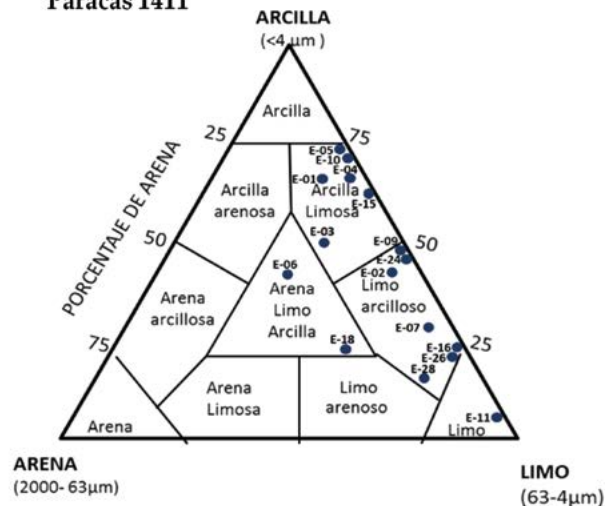
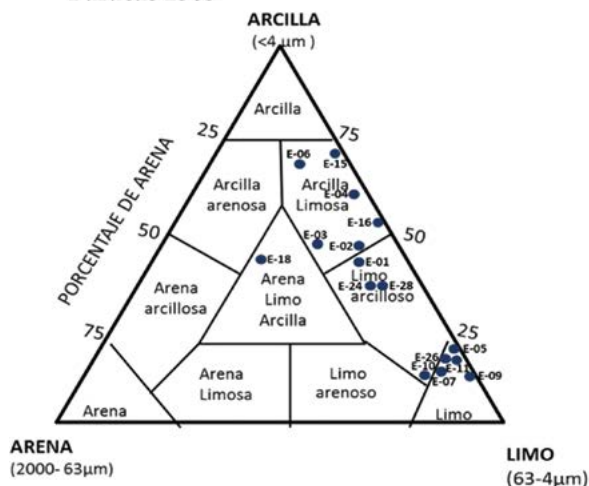


Figura 8.- Distribución granulométrica de sedimentos marinos superficiales según Shepard. Bahía de Paracas- Pisco

Figure 8. Granulometric distribution of shallow marine sediments according to Shepard. Paracas Bay-Pisco

Paracas 1503



Paracas 1507

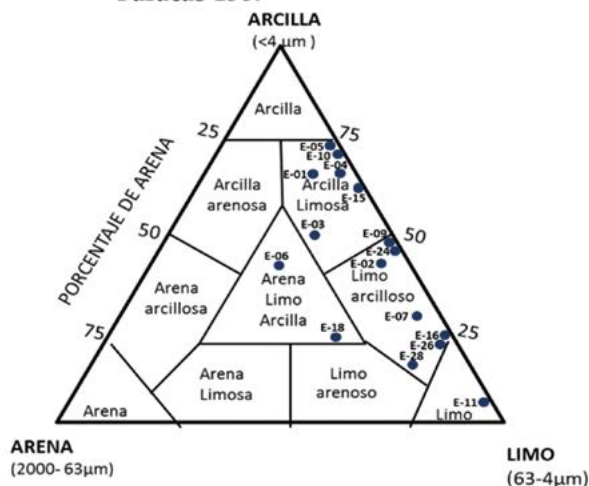


Figura 9.- Distribución granulométrica de sedimentos marinos superficiales según Shepard. Bahía de Paracas- Pisco

Figure 9. Granulometric distribution of shallow marine sediments according to Shepard. Paracas Bay-Pisco

orgánicos de procedencia marina. Para las estaciones de verano e invierno 2015, se hallaron valores máximos que fluctuaron de 13,34 a 17,80%, en la zona sur de la bahía entre Pta. Pejerrey, playa Atenas, El Chaco y la zona central de la bahía. Los valores de materia orgánica total tendieron a ser menores en los sedimentos de la zona norte de la bahía y más cerca de la línea de costa, a excepción de la zona influenciada por el río Pisco. Los menores valores de materia orgánica total se hallaron en el intervalo de 2,91 a 3,21% (Figs. 10, 12). No obstante, un análisis de varianza

the distribution map and the textural facies diagram, based on the results obtained from the granulometric analysis (Figs. 6, 7, 8, 9).

TOTAL ORGANIC MATTER AND TOTAL CARBONATES

Total organic matter

In marine sediments, the total organic matter was formed by marine organic components. In the summer and winter of 2015, we found maximum values ranging from 13.34 to 17.80% in the southern part of the bay between Pta. Pejerrey, Atenas beach, El Chaco, and the central part of the bay. Total organic matter values tended to be

mostró que los resultados de materia orgánica total encontrados en cada temporada de evaluación no presentan diferencia significativa ($p > 0,05$).

Carbonatos totales

En abril y octubre 2013, se hallaron valores mínimos de carbonatos totales que fluctuaron de 4,75 a 6,30% y valores máximos de 17,05 a 17,80%, localizándose el mayor valor en la estación E-9 ubicada al noroeste de Pta. Pejerrey. El menor valor de carbonatos totales se localizó en la línea de costa entre San Andrés y río Pisco. En primavera (octubre, 2014) e invierno (julio, 2015), los carbonatos mostraron tendencia a disminuir, hallándose valores mínimos que variaron en el intervalo de 5,55% a 5,65% y valores máximos de 13,75% a 14,27%, generando distribución variable desde playa Lobera a zona industrial pesquera, una conducta similar se halló en la zona sur de la bahía entre La Puntilla y El Chaco (Figs. 11, 13). Al igual que para la materia orgánica, el análisis de varianza muestra que los resultados de carbonatos totales encontrados en cada temporada de evaluación no presentan diferencia ($p > 0,05$).

lower in the sediments located in the northern part of the bay and closer to the coastline, except for the area influenced by the Pisco River. The lowest total organic matter values were between 2.91 and 3.21% (Figs. 10, 12). An ANOVA showed that the results of total organic matter found in each evaluation season did not present a significant difference ($p > 0.05$).

Total carbonates

Minimum total carbonate values were found in April and October 2013, ranging from 4.75 to 6.30%, while maximum values ranged from 17.05 to 17.80%, with the highest value found at station E-9, located northwest of Punta Pejerrey. The lowest total carbonate value was located on the coastline between San Andrés and the Pisco River. In spring (October 2014) and winter (July 2015), carbonates showed a decreasing tendency, with minimum values ranging from 5.55% to 5.65% and maximum values from 13.75% to 14.27%, with a variable distribution from Lobera beach to the industrial fishing zone, with similar behavior in the southern part of the bay between La Puntilla and El Chaco (Figs. 11, 13). ANOVA shows that the results of total carbonates found in each evaluation season did not show differences ($p > 0.05$), as was the case for organic matter.



Figura 10.- Materia Orgánica Total (%). Bahía de Paracas-Pisco, 2013,2014 y 2015
 Figure 10. Total Organic Matter (%). Paracas Bay-Pisco (2013,2014, and 2015)

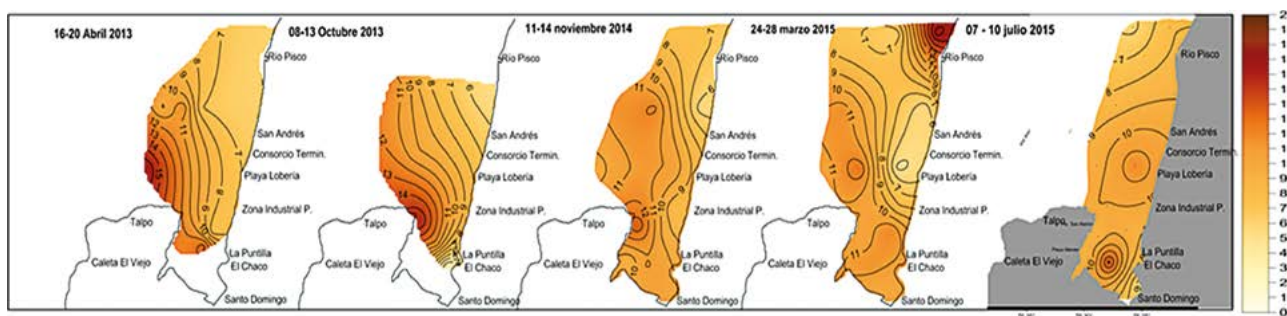


Figura 11.- Carbonato de calcio (%). Bahía de Paracas-Pisco, 2013,2014 y 2015
 Figure 11. Calcium carbonate (%). Paracas Bay-Pisco (2013,2014, and 2015)

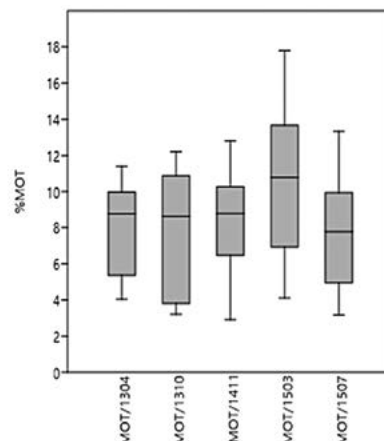
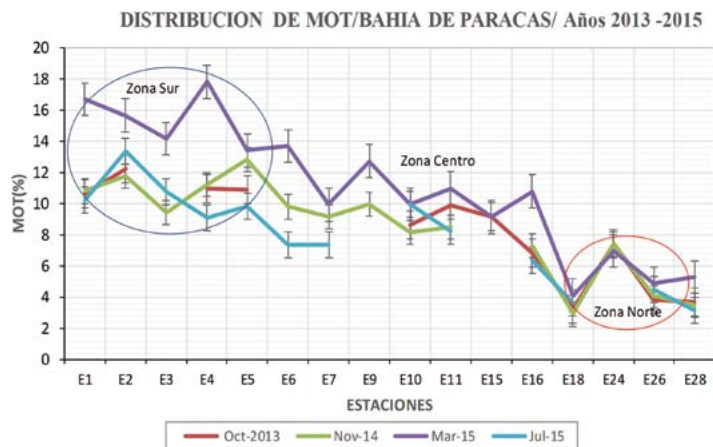


Figura 12.- Conducta de distribución de materia orgánica total en sedimentos recientes. Bahía de Paracas -Pisco, (Años 2013,2014 y 2015)

Figure 12. Distribution behavior of Total Organic Matter in recent sediments. Paracas Bay -Pisco (2013,2014, and 2015)

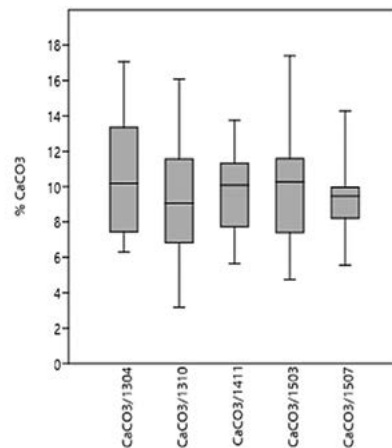
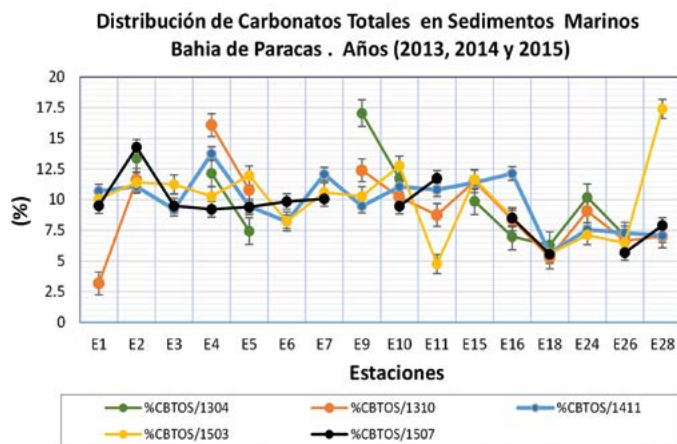


Figura 13.- Conducta de distribución de Carbonatos Totales en sedimentos recientes. Bahía de Paracas -Pisco, (Años 2013,2014 y 2015)

Figure 13. Distribution behavior of Total Carbonates. Paracas Bay -Pisco (2013,2014, and 2015)

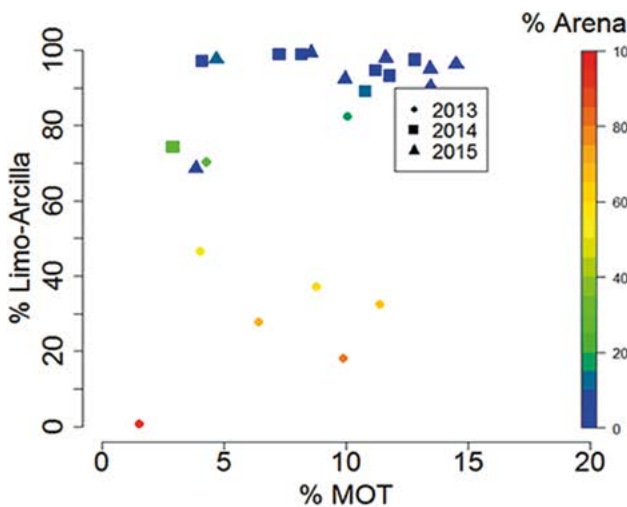


Figura 14.- Diagrama de dispersión entre el % de limo y arcilla y el % de materia orgánica total

Figure 14. Scatter plot between % silt and clay and % total organic matter

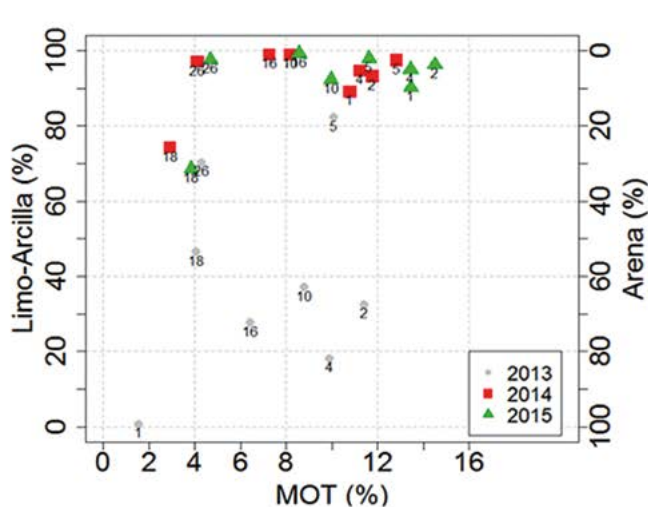


Figura 15.- Diagrama de dispersión entre el % de arena y el % de materia orgánica total

Figure 15. Scatter plot between % sand and % total organic matter

Relaciones de la facie textural dominante con la materia orgánica total

En las figuras 14 y 15, se muestra cómo los porcentajes de partículas finas (fracción integrada de limo y arcilla), materia orgánica total y porcentajes de arena, se relacionan entre sí.

Los mayores contenidos de materia orgánica total estuvieron relacionados con las fracciones granulométricas conformadas por partículas finas menores a (< 0,063 mm).

4. DISCUSIÓN

Se ha podido determinar que los sedimentos en la bahía de Pisco, en su mayor composición granulométrica son dominio de partículas finas, que están conformadas por limo y arcilla (< 63 μm), siendo las fracciones grava y arena las más escasas en la zona norte por influencia del río Pisco. La clasificación de tamaño de grano se ve influenciada por la dinámica marina que condiciona el transporte de sedimentos por las corrientes y deriva litoral y la morfología del fondo, como resultado de una serie de procesos geológicos (tectonismo, sedimentación, etc.) ocurridos del pasado a la actualidad (VELAZCO y SOLÍS, 2000).

Se ha podido hallar en la serie de evaluaciones realizadas en la zona de estudio, que la composición de la fracción arena muestra tendencia a disminuir significativamente en el tiempo (Fig. 3); en abril 2013, esta fracción cubrió toda el área de estudio concentrándose en la zona oeste en la zona más profunda, frente a San Andrés y localmente en la zona noroeste de la bahía de Paracas, que podría ser explicada por aportes del viento.

La fracción limo, aunque se encuentra distribuida en toda la zona de estudio, presenta las mayores acumulaciones al norte y noreste de Punta Pejerrey (frente a la desembocadura del río Pisco); esta distribución espacial podría estar asociada a la variabilidad de los aportes eólicos redistribuidos por las corrientes o por los aportes fluviales en el sector localizado frente al río Pisco.

La fracción arcilla muestra su dominio a través del tiempo principalmente al interior de la bahía de Paracas y en las zonas más alejadas de la línea de costa, donde es mayor la profundidad

Relationships of dominant textural facies to total organic matter

Figures 14 and 15 show how the percentages of fine particles (integrated fraction of silt and clay), total organic matter, and percentages of sand are related to each other.

The highest total organic matter contents were related to particle size fractions formed by fine particles smaller than < 0.063 mm.

4. DISCUSSION

Pisco Bay sediments are mostly composed of fine particles, which are made up of silt and clay (< 63 μm), with the gravel and sand fractions being the scarcest in the northern zone due to the influence of the Pisco River. Grain size classification is influenced by marine dynamics that condition sediment transport by currents and coastal drift and bottom morphology, as a result of a series of geological processes (tectonism, sedimentation, etc.) that have occurred from the past to the present (VELAZCO & SOLÍS, 2000).

After our evaluations in the study area, we have found that the composition of the sand fraction shows a decreasing tendency over time (Fig. 3). In April 2013, this fraction covered the entire study area, concentrating in the western part of the deepest area, off San Andrés and locally in the northwestern part of the Paracas Bay, which could be explained by contributions from the wind.

The silt fraction, although distributed throughout the study area, shows the largest accumulations north and northeast of Punta Pejerrey (off the mouth of the Pisco River). This spatial distribution could be associated with the variability of the aeolian inputs redistributed by the currents or by the fluvial inputs in the area located off the Pisco River.

The clay fraction shows its dominance over time mainly in the inner Paracas Bay and in the areas farther from the coastline, where the depth of the water column is greater and the influence of currents and waves is lower. Therefore, the factor that would influence this distribution is

de la columna de agua y menor la influencia de corrientes y oleaje, por lo que el factor que influiría en esta distribución es la menor intensidad hidrodinámica existente en el fondo marino de estos sectores. La disminución de esta fracción en la zona central que va de octubre a noviembre 2014 estaría relacionada al incremento de la intensidad de las corrientes o a la disminución del flujo del material fino.

Los valores de materia orgánica total muestran una conducta de distribución variable, la que se halla relacionada a las fracciones granulométricas dominantes. Los mayores valores de MOT en la zona sur (entre La Puntilla y El Chaco), están asociadas a sedimentos finos constituidos por partículas de limo y arcilla, con tendencia a disminuir hacia la zona norte y el litoral costero, asociándose estos menores contenidos de MOT a sedimentos arenosos, ubicados a menor profundidad y donde la presencia de oxígeno es mayor, permitiendo mayor mineralización de la materia orgánica. Los mayores valores de materia orgánica total se encontraron al interior de la bahía en la zona sur, con valor promedio de 10,99% en 2015, muy similar al valor promedio de 10,80%, hallado en la bahía para los años 2013 y 2014.

Los carbonatos totales que siempre presentaron sus mayores contenidos alrededor de Punta Pejerrey (al norte y este de Talpo) y al norte de la desembocadura del río Pisco estarían controlados principalmente por carbonato de calcio de origen biogénico.

5. CONCLUSIONES

Las facies texturales dominantes en los sedimentos marinos superficiales de la bahía de Paracas fueron arcilla limosa, limo arcilloso y limo arenoso, con dominio de partículas finas (<3,9 μm).

Considerando el periodo de los últimos 20 años se halló cambio en la dominancia de las fracciones finas, principalmente al interior de la bahía de Paracas y en las zonas más alejadas de la línea de costa, donde es mayor la profundidad de la columna de agua y menor la influencia de corrientes y oleaje, de una condición de dominio de la fracción limo sobre la fracción arcilla, a la condición actual de dominio de la fracción arcilla sobre la fracción limo.

the lower hydrodynamic intensity of the seabed in these sectors. The decrease of this fraction in the central zone from October to November 2014, would be related to the increase in the intensity of the currents or to the decrease in the flow of fine material.

Total organic matter values show a variable distribution behavior, which is related to the dominant granulometric fractions. The highest TOM values in the southern zone (between La Puntilla and El Chaco) are associated with fine sediments made up of silt and clay particles, with a decreasing tendency towards the northern zone and the coastal shore. These lower TOM contents were associated with sandy sediments, located at shallower depths and where the presence of oxygen is greater, thus allowing for greater mineralization of organic matter. The highest values of total organic matter were found inside the bay in the southern zone, with an average value of 10.99% in 2015, very similar to the average value of 10.80% found in the bay in 2013 and 2014.

Total carbonates, which were always highest around Punta Pejerrey (north and east of Talpo) and north of the mouth of the Pisco River, would be controlled mainly by biogenic calcium carbonate.

5. CONCLUSIONS

In Paracas Bay, the dominant textural facies in the shallow marine sediments were silty clay, clayey silt, and sandy silt, dominated by fine particles (<3.9 μm).

Over the past 20 years, we found a change in the dominance of the fine fractions, mainly in the inner Paracas Bay and in the areas farther from the coastline, where the depth of the water column is greater and the influence of currents and waves is lower. This change went from a condition of the dominance of the silt fraction over the clay fraction to the current condition of the dominance of the clay fraction over the silt fraction.

La fracción arena resultó ser escasa y se halló en los sectores más próximos a la línea de costa y entre el río Pisco y San Andrés.

Los contenidos de materia orgánica en la bahía de Paracas no mostraron variación significativa durante las evaluaciones del 2013 al 2015.

En el último periodo de 20 años, se halló que la materia orgánica total muestra incremento significativo de 2% en la zona sur de la bahía y de 1% en la zona central, en comparación a los valores de materia orgánica total reportados por VELAZCO y SOLÍS (2000).

Los mayores contenidos de carbonatos están relacionadas a abundancia de fragmentos de caparzones de moluscos en los sedimentos.

The sand fraction was scarce, being found in the sectors closest to the coastline and between the Pisco and San Andrés rivers.

No significant variation in organic matter content in Paracas Bay was observed during our evaluations, between 2013 and 2015.

We found that in the last 20-year period, total organic matter showed a significant increase of 2% in the southern area of the bay and 1% in the central area, compared to the values of the total organic matter reported by VELAZCO & SOLÍS (2000).

The higher carbonate contents are related to the abundance of mollusk shell fragments in the sediments.

6. REFERENCIAS / REFERENCES

- 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.
- DHN. (1988). Hidronav.1988. Derrotero de la costa del Perú. Dirección de Hidrografía y Navegación. Segunda Edición, 2, 58-60
- GALEHOUSE, J. (1971). Sedimentation Analysis Procedures in Sedimentary Petrology. Eds. Carver, RE, New York, de Cap. 4.P, 69-94.
- INGRAM, R. (1971). Sieve Analysis. In: procedures in Sedimentary Petrology. Eds. Carver, New York. RE, de. Cap. 3, 49-67.
- MORÓN, O., QUISPE, J., LORENZO, A., FLORES, G., SÁNCHEZ, S., ARONÉS, K., SOLÍS, J., QUIPUZCOA, L. (2017). Caracterización de los procesos físicos, químicos, biológicos y sedimentológicos en las islas Ballestas y Chincha. 2013. *Inf Inst Mar Perú*, 44(4), 472-506.
- SMITH, W. (1968). Geología marina de Pisco y alrededores. Tesis para Ingeniero pesquero. Univ. Nac. Federico Villarreal.
- SHEPARD, F. (1963). Submarine geology. Harper and Row Publishers, New York, 557 pp.
- VELAZCO, F., SOLÍS, J. (2000). Estudio sedimentológico de la Bahía de Paracas. *Inf prog. Inst Mar. Perú*, N°133.