

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ



INFORME

ISSN 0378-7702

Volumen 44, Número 2



Abril - Junio 2017
Callao, Perú



MORFOLOGÍA Y SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL FONDO MARINO DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA DE PUNTA SAN JUAN. MARZO 2015

MORPHOLOGY AND SURFACE SEDIMENTS OF THE MARINE BOTTOM OF THE PROTECTED NATURAL AREA PUNTA SAN JUAN. MARCH 2015

Federico Velazco¹

Juana Solís

Iván Calderón

RESUMEN

VELAZCO F, SOLÍS J, CALDERÓN I. 2017. *Morfología y sedimentos superficiales del fondo marino del área natural protegida de punta San Juan. Marzo 2015. Inf Inst Mar Perú. 44(2): 198-212.*- Como parte del ELBA del Área Natural Protegida (ANP) Punta San Juan y de la Reserva Nacional (RN) San Fernando, realizados en el marco del proyecto GEF en marzo 2015, se caracterizó el relieve y los sedimentos marinos a partir de registros obtenidos con una ecosonda científica y muestras geológicas colectadas con draga Van Ven y buceo científico. Los depósitos de bloques, guijas, grava y arena se ubican al pie de los relieves más abruptos como el islote Roca Negra, los bajos próximos a él, en 2 elevaciones submarinas ubicadas al noroeste del mismo y cerca de los acantilados costeros. Los sedimentos con textura de arena limosa y arena arcillosa poseen los mayores contenidos de materia orgánica total (MOT) y están presentes en áreas donde el fondo tiene menor pendiente. Los contenidos de MOT y de carbonatos totales (CBTOS) tienen similar tendencia de distribución; el mayor contenido de MOT (5,36%) en sedimentos se ubicó en el extremo norte del ANP (al este de una elevación submarina) en tanto que el mayor contenido de CBTOS (18,28%) se encontró al sureste del ANP (S del islote El Avión). En las proximidades a las puntas que conforman la Ensenada San Fernando, se encuentran fondos rocosos. Los sedimentos de profundidades menores a 100 m tienen textura de arcilla arenosa con bajos contenidos de MOT. En el extremo suroeste de la RN, los sedimentos de profundidad mayor a 100 m tienen textura de arena arcillosa, con elevados contenidos de MOT (9,24%) y fango.

PALABRAS CLAVE: Morfología, Sedimentos superficiales, Punta San Juan, marzo 2015

ABSTRACT

VELAZCO F, SOLÍS J, CALDERÓN I. 2017. *Morphology and surface sediments of the marine bottom of the protected Natural Area of Punta San Juan. March 2015. Inf Inst Mar Peru. 44(2): 198-212.*- As part of the ELBA of the Punta San Juan Protected Natural Area (PNA) and the San Fernando National Reserve (NR), carried out within the framework of the GEF project, in March 2015, the relief and marine sediments were characterized from records obtained with a scientific echosounder and geological samples collected with Van Veen dredge and scientific diving. The deposits of blocks, gravel and sand are located at the foot of the steepest reliefs such as the Roca Negra islet, the lows next to it, in 2 submarine elevations located to the NW of the islet and near the coastal cliffs. Sediments textured with silty sand and clayey sand possess the highest total organic matter (TOM) content and are present in areas where the bottom has a lower slope. The contents of TOM and total carbonates have a similar distribution tendency. The highest content of TOM (5.36%) in sediments is located at the northern end of the PNA (the E of an underwater elevation) while the highest content of total carbonates (18.28%) is in the SE of the PNA (S of the islet El Avión). In the proximities to the points that make up the San Fernando Cove there are rocky bottoms. Sediments of depths less than 100 m have sandy clay texture with low contents of TOM. At the SW end of the NR, sediments with a depth greater than 100 m are of clayey sand textured, with high contents of TOM (9.24%) and mud.

KEYWORDS: Morphology, Surface Sediments, San Juan Point, March 2015

1. INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto de Borde Costero de la Dirección de Investigaciones Oceanográficas y el proyecto GEF-UNDP Hacia un manejo ecosistémico de la Corriente de Humboldt (GEMCH) – PIMS 4147, se financiaron los estudios de las componentes morfológica y sedimentológica del Estudio de Línea Base ELBA en los sitios piloto Punta San Juan y San Fernando (San Juan de Marcona).

En este estudio, se determinaron las características morfológicas del fondo marino, la distribución del tipo y geoquímica de sedimentos superficiales y la litología de rocas, de los alrededores del Área Natural Protegida- ANP Pta. San Juan (San Juan) y en la Reserva Natural San Fernando. El trabajo se desarrolló para contar con información cuantificable que valide los enfoques de manejo utilizados como herramientas de gestión, así como base a los modelos a ser establecidos en el litoral para una gestión efectiva de las áreas marinas protegidas (AMPs).

¹ IMARPE, esq. Gamarra y Gral Valle s/n, Callao, Perú. fvelazco@imarpe.gob.pe

En el Área Natural Protegida Punta San Juan se presentan las mayores inclinaciones del relieve en los fondos abruptos de rocas que conforman el islote Roca Negra y los bajos rocosos próximos a este desde la superficie hasta aproximadamente 55 a 60 m de profundidad. Al pie y alrededor de estos bajos e islote se encuentran depósitos de bloques y guijas heterométricos de variada litología. Hacia el suroeste de esos afloramientos rocosos, la inclinación del relieve cambia a una superficie uniforme, también inclinada, que abarca, dentro de la ANP, un área cubierta por sedimentos no consolidados con textura de arena y presencia ocasional de grava, que comprende los sectores noroeste, centro y una parte del sector suroeste del ANP y, que se conecta hacia mayores profundidades con superficies de menor inclinación mediante un brusco cambio de pendiente a 100 m de profundidad en el sector oeste y el extremo norte, aproximadamente a los 110-120 m de profundidad, conformado por facies texturales de arena limosa y cambiando ligeramente de inclinación proyectándose hasta los 135 - 140 m donde están presentes sedimentos de grano más fino, de textura arena arcillosa y continuando fuera de los límites del ANP.

Desde el sector donde están los bajos y el islote Roca Negra hacia el extremo norte del ANP, hay elevaciones de afloramientos rocosos que en conjunto constituyen un alineamiento de dirección NW-SE; hacia el norte de estas elevaciones submarinas, la pendiente cambia a relieves sub-horizontales que constituyen la zona más profunda de bahía San Juan; al este del islote Roca Negra, tanto el área circundante como los fondos de elevada pendiente adyacentes a los acantilados de Punta Parada, se conectan entre sí a través de una estrecha franja sub-horizontales y el inicio de una depresión cóncava hacia el norte ubicada a 30 m de profundidad que asemeja un canal de corta extensión.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Tabla 1.- Límites de la ANP Punta San Juan

Punto	Latitud	Longitud
1	15°24'17,59"	75°12'56,14"
2	15°23'27,17"	75°13'56,51"
3	15°22'07,91"	75°13'57,70"
4	15°21'09,73"	75°13'53,15"
5	15°20'39,80"	75°13'06,35"
6	15°23'50,31"	75°10'34,59"
7	15°24'17,69"	75°11'08,07"

Área de estudio.- Las operaciones de mar para colecta de información y muestras, se realizaron entre el 5 y 11 de marzo 2015, teniendo como punto de embarque el muelle del Terminal Pesquero Artesanal de punta San Juan (Tabla 1, Fig. 1) en el Área Natural Protegida Punta San Juan (ANP) y en la Reserva Natural San Fernando (RN). Estas operaciones se extendieron al sur del ANP (fuera de sus límites) y

además, se trabajó con muestras provenientes de la operación Elba Punta San Juan 2014.

En la RN se realizaron estudios frente a punta San Fernando y la información se completó utilizando la información de un perfil oceanográfico realizado durante el Elba Punta San Juan 2014.

El planeamiento de las estaciones de muestreo se realizó usando la carta de navegación Bahía de San Juan N° 3123 de la Dirección de Hidrografía y Navegación a escala 1:15,000. Para la punta San Fernando se utilizó la carta base de la Dirección General de Investigaciones en Hidroacústica, Sensoramiento Remoto y Artes de Pesca, elaborada a partir de la carta 3123 a escala 1:100,000 para este sector.

En la embarcación Coco y Sencillo N° Matrícula SN-312053-BM, se realizaron actividades de levantamiento de información oceanográfica *in situ* y colecta de muestras obteniendo sedimentos y rocas del fondo marino, además de las profundidades geo referenciadas. Los muestreos se efectuaron mediante transectos (Fig. 2), en los que se ubicaron las estaciones correspondientes.

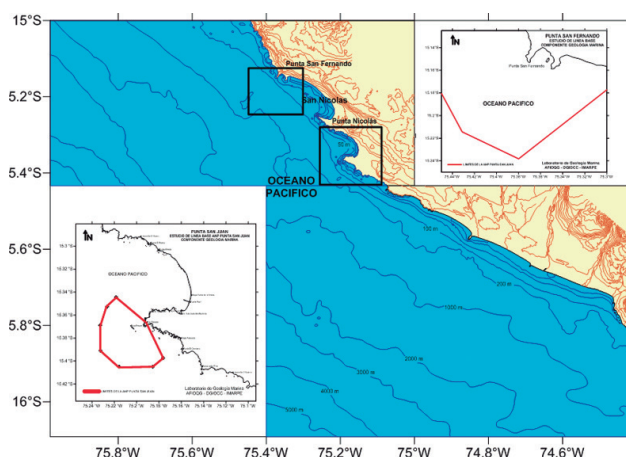


Figura 1.- Ubicación del ANP Punta San Juan y de parte del sector suroeste de la RN San Fernando

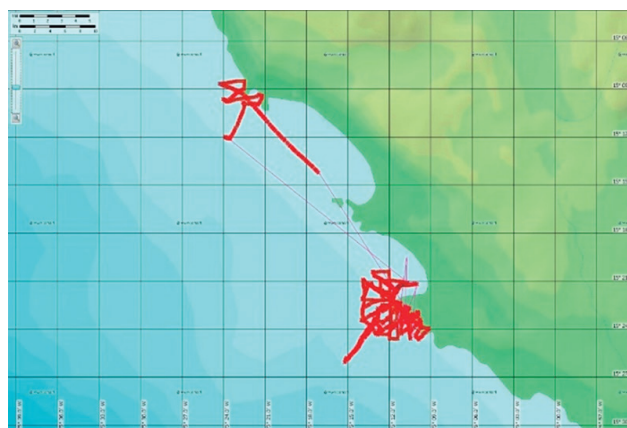


Figura 2.- Distribución de transectos acústicos en el área de estudio

Batimetría y muestreo del fondo marino.- El trabajo de la componente acústica abarcó los límites del ANP y se proyectó hacia el sur hasta un sector del mar frente al litoral entre las puntas Cenicero y Lobo Fino (15,41°S). El estudio batimétrico comprendió hasta 140 m de profundidad.

Para la determinación de profundidades, se recorrieron transectos perpendiculares a la línea de costa hasta los límites del ANP y algunas líneas de comprobación en direcciones norte-sur o sub paralelos a la línea de costa. Tanto en el ANP como en la RN se efectuó, adicionalmente, un transecto a mayor profundidad para complementar el muestreo de columna de agua.

En el registro de las profundidades del fondo marino se empleó un ecosonda científica marca SIMRAD Modelo EY 60 con un transductor de frecuencia de trabajo de 120 kHz tipo split beam, conectada a un Navegador GPS marca Garmin 12 para el posicionamiento.

Se realizó la calibración del equipo siguiendo la metodología de Foote et al. (1987). Como herramienta de análisis acústico se empleó el programa Echoview (versión 5.1.47, Miriix Software) en la detección del fondo marino y la identificación de los registros acústicos.

Muestreo del fondo marino.- En el ANP se efectuaron 68 estaciones. En 42 estaciones se muestrearon sedimentos superficiales del fondo marino, de los cuales 26 tuvieron suficiente cantidad de sedimento para análisis, y en 26 estaciones se estudiaron los fondos rocosos o depósitos de fragmentos de rocas (Fig. 3a). En la RN se colectaron 5 muestras de sedimento del fondo marino, la estación SF-6 presentó fondo rocoso (Fig. 3b).

Colecta de sedimentos del fondo marino

En cada zona se colectaron muestras de sedimentos marinos con una draga tipo Van Veen de acero de 0,05 m² de área de cobertura. Debido a las condiciones del mar y viento, en varios casos, se desviaron las trayectorias prefijadas de la embarcación y la ubicación de las estaciones de muestreo respecto al transecto original.

Las muestras a bordo fueron descritas por sus características de tamaño de grano (Fig. 4), composición, color, olor. Posteriormente se almacenaron y etiquetaron (Nº de estación, fecha y profundidad), se refrigeraron y fueron trasladadas al Laboratorio de Geología Marina del IMARPE para su análisis granulométrico y geoquímico. Se emplearon lupas Baush & Lomb (10X, 20X), algunas muestras se fotografiaron.

Muestras de afloramientos rocosos del fondo marino.- Esta actividad está orientada a identificar las formaciones rocosas como fuente de aporte de partículas minerales al sedimento teniendo como criterio la litología y mineralogía en estos afloramientos en relación a la composición, forma y tamaño de partículas de los sedimentos.

En zonas próximas a la línea de ribera y de menor profundidad, se recolectaron muestras del fondo rocoso expuesto. La profundidad fue indicada por el buzo al efectuar la lectura del profundímetro de mano empleado en la inmersión.

La recolección se realizó mediante inmersiones con equipo dependiente de la superficie (compresora de aire adaptada para el buceo y mangueras de baja presión acoplada a un regulador de buceo). Las muestras se obtuvieron fracturando la roca del fondo marino con una picota de geólogo.

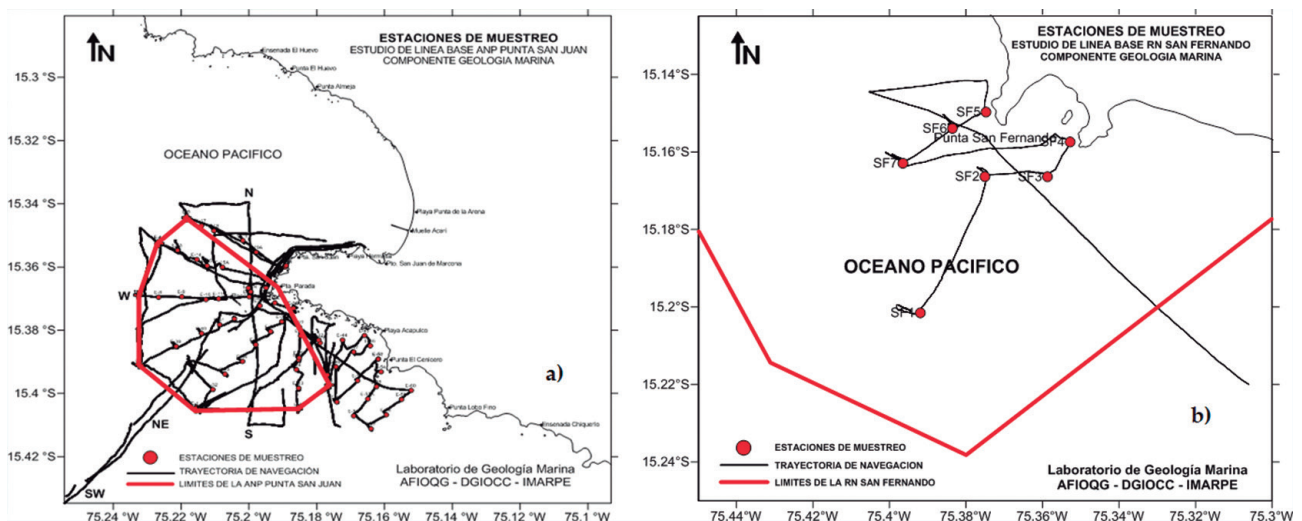


Figura 3.- Estaciones de muestreo de sedimentos marinos a) Punta San Juan, b) Punta San Fernando

Trabajo de laboratorio.- El análisis granulométrico en las muestras de sedimento del fondo marino se realizó con tamices (INGRAM 1971) para la fracción gruesa y en caso de la fracción fina mediante sedimentación por el método de la pipeta (GALEHOUSE 1971).

El contenido de materia orgánica total (MOT) en los sedimentos marinos se obtuvo por el método de pérdida de peso por ignición (DEAN 1974), empleando una mufla eléctrica Thermolyne.

Los estudios petrográficos se realizaron empleando el microscopio de luz plana polarizada Nikon Eclipse serie E600 POL con una cámara Infinity Lumenera Corporation y un objetivo principal de 4X/0,10. Las imágenes fotográficas se tomaron considerando la escala en micras ($1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$), se fotografió cada muestra con filtros polarizados en nicóles cruzados y paralelos, para determinar los aspectos mineralógicos más resaltantes de cada una de ellas. Se identificaron los minerales componentes de las rocas y se indicó la composición química (Fig. 5).

Trabajo de gabinete y procesamiento de data

Digitalización de cartas base.- En el gabinete, se realizó la digitación de línea de costa de la carta navegación Bahía San Juan 3123 (escala 1:15,000). Previamente, se obtuvo esta carta en formato digital, escaneándose a resolución de 600 DPI y formato TIFF.

Para la digitalización se asignó 4 puntos de control a la imagen TIFF escaneada para localizarla con el sistema de coordenadas geográficas WGS 1984. El error total estimado para esta localización es casi nulo (0,0000653461). Se digitalizó manualmente la línea de costa, las islas y los sondeos batimétricos (en metros).

Procesamiento de data.- Los cálculos de resultados tanto del análisis en laboratorio como del trabajo en gabinete se realizaron empleando hoja de cálculo EXCEL.



Figura 4.- Sedimento del fondo marino de San Juan. a) Guija, b) Arena con fango



Figura 5.- Equipos de análisis en laboratorio a) Mufla eléctrica Thermolyne b) Tamizador eléctrico marca Tyler c) Microscopio petrográfico Nikon E600POL

Procesamiento de datos batimétricos.- Este trabajo se efectuó con el programa de interpolación y geoestadística Surfer versión 12, Golden Software, USA, el mismo que también se utilizó en el diagrama de elevación digital. Para la distribución y seguimiento de trayecto de la embarcación y mapas temáticos, se utilizó el programa MapInfo versión 12.5; para el planeamiento y administración de trayectorias se utilizó el programa OpenCpn versión 4.

Procesamiento de resultados de laboratorio.- El tamaño de grano se identificó empleando la escala de WENTWORTH (1922). La determinación de las texturas sedimentarias se realizó graficando las proporciones relativas de las fracciones granulométricas en acuerdo al diagrama de SHEPARD (1954).

3. RESULTADOS

Morfología del fondo marino

La información obtenida de la digitalización de la línea de costa y cartas náuticas HIDRONAV 3123 Bahía de San Juan (Escala 1:15,000), permitió obtener mapas de distribución de isobatas y un modelo de elevación digital para el análisis general de la morfología del fondo marino (Fig. 6).

Un total de 94.090 datos sobre profundidades se obtuvieron para el trabajo en la zona de San Juan y 24.384 datos en algunos transectos en la zona de San Fernando. Los transectos, permitieron hacer discriminación de límites y extensión de fondos de afloramientos rocosos o de sedimentos a partir de la observación de variación de pendientes y se complementó la información batimétrica del sector sur y sureste del ANP, que no estaba incluida en la

carta HIDRONAV. Con la data integrada y con la colectada en campo, se elaboró el mapa del ANP Punta San Juan, que contiene los veriles de profundidad y se pudo determinar el relieve del fondo.

Tanto para la RN San Fernando como para el ANP San Juan, las divergencias de rumbo o cambios de concavidad de las isóbatas se encuentran probablemente asociadas a pequeñas elevaciones sobre el fondo, fallas geológicas o depósitos al pie de pendientes; en caso de concavidades cerradas están asociadas a pequeñas depresiones presentes en la zona de estudio, que se podría confirmar con estudios batimétricos de detalle o multihaz.

ANP Punta San Juan

Las isóbatas presentan más o menos el mismo rumbo que las líneas de costa, islotes y rocas. Alrededor de punta San Juan hay numerosos bajos, peñas e islotes; frente a punta Parada destaca un alineamiento de islotes de dirección NW-SE denominados Roca Negra; a la misma latitud de punta Cenicero se ubica al islote El Avión.

Al noroeste del islote Roca Negra, cerca al extremo norte del ANP hay dos elevaciones sobre el fondo, equidistantes entre sí y con el islote Roca Negra, de pendientes abruptas que alcanzan profundidades entre 30 y 40 m (Fig. 7) y, entre los 40 y 100 m de profundidad se aprecia una superficie de elevada pendiente. Por el oeste de los islotes Roca Negra y El Avión la pendiente llega hasta los 110 m abarcando una amplia superficie que cubre los sectores noroeste, parte del sector central y SO del ANP. A partir de los 110 m de este amplio sector, la pendiente disminuye y el terreno es relativamente inclinado, hasta los 140 m, en los límites SO del ANP (Fig. 7).

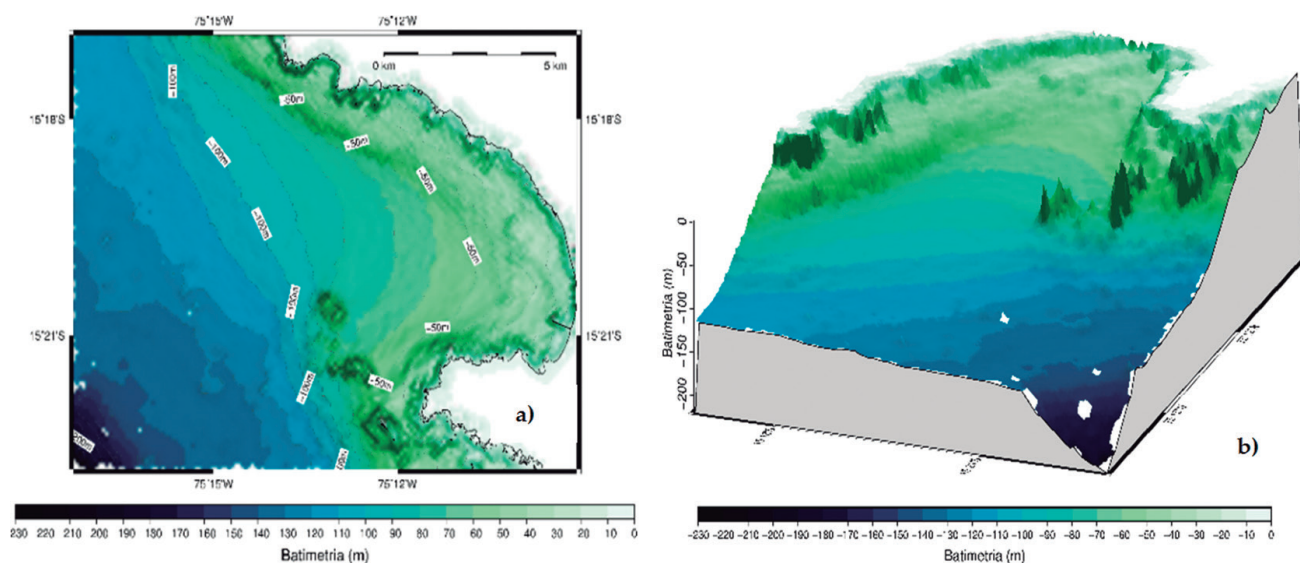


Figura 6.- Características del relieve del fondo marino, San Juan. a) Distribución de isóbatas, b) Modelo de elevación digital (MED)

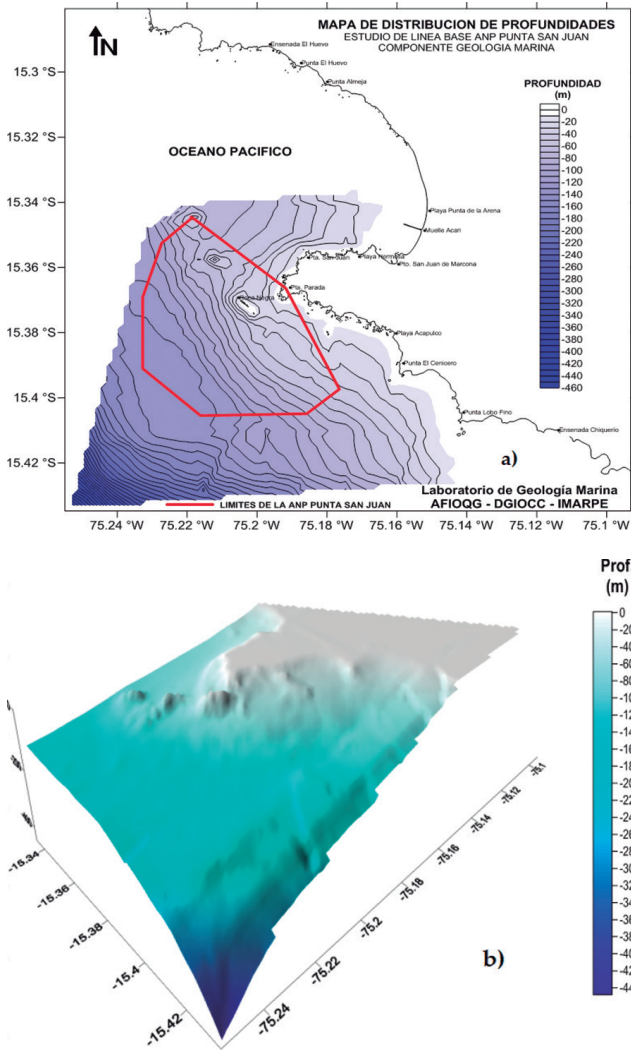


Figura 7.- Morfología del fondo marino: a) Distribución de isóbatas en el fondo en proyección plana y b) Modelo de elevación digital del relieve del fondo en el ANP Punta San Juan

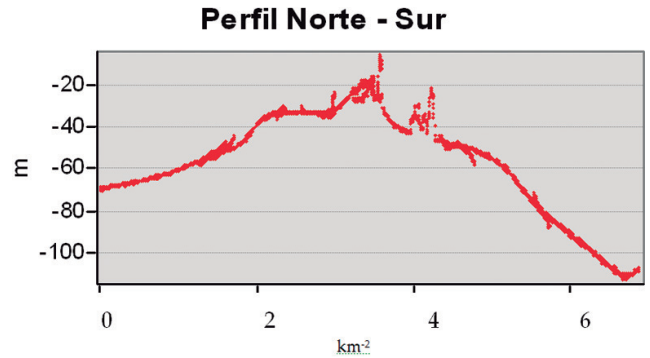
Por el este del alineamiento de bajos, peñas e islotes mencionados, la abrupta pendiente cambia hacia relieves sub-horizontales que corresponden también a la zona más profunda de bahía San Juan; al este de Roca Negra, tanto el área circundante como los fondos de elevada pendiente adyacentes a los acantilados de punta Parada, se conectan a través de una estrecha franja sub-horizontales ubicada a 30 m de profundidad.

Entre las estaciones 20 y 21 (cerca al límite este del ANP) entre las latitudes de las puntas Acapulco y El Cenicero, se presenta una inflexión convexa hacia el norte cambiando la dirección de las isóbatas de 10 y 30 m frente a este sector.

Descripción de pendientes en Punta San Juan

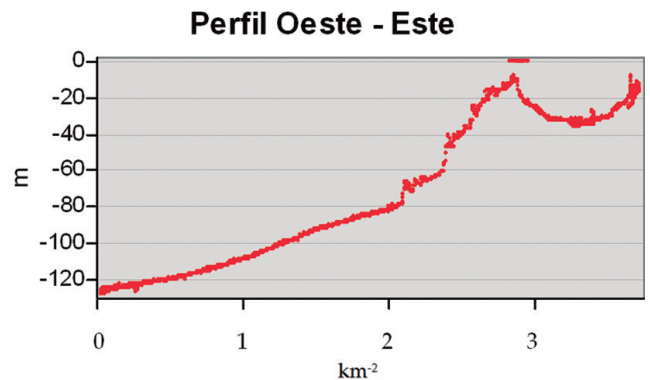
En el área de estudio, en proyección vertical, se presentan dos transectos uno en dirección N-S que

crucza parte del ANP y otro de rumbo E-W dentro del ANP, ambos muestran algunos rasgos del relieve del fondo marino (Fig. 8). También se muestra un transecto con rumbo SW-NE (en dirección a Punta San Juan), fuera del ANP, entre aproximadamente 450 m hasta 170 m de profundidad.



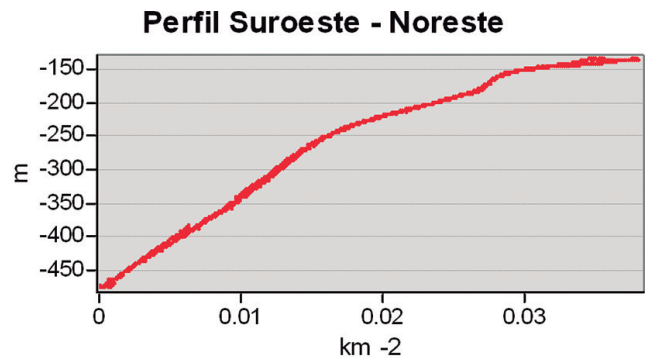
Morfología Sub marina

- a) Tramo que comprende desde 0 hasta 3,5 km, tiene una pendiente de 0,63° y su mayor pendiente es de 1,08° con dirección al sur



Morfología Sub marina

- b) Este perfil tiene en promedio inclinación de 3° siendo su mayor inclinación el tramo desde 2km hasta 2.8km donde su pendiente es de 5,35° y la menor inclinación de 1,20°



Morfología Sub marina

- c) La mayor pendiente de este tramo se ubica en los primeros 3 km con 5,27°, luego se encuentra la plataforma sub horizontal de menor ángulo, dentro de los límites de la ANP Punta San Juan

Figura 8.- Perfiles batimétricos en el ANP Punta San Juan a) Norte-Sur; b) Oeste-Este y c) Suroeste-Noreste

El perfil N-S no corta perpendicularmente las isóbatas por lo que las inclinaciones que se mencionan no corresponden a las máximas pendientes en este perfil, pero indica la variabilidad del relieve en varias estaciones de muestreo. El sector que corresponde al límite oeste de bahía San Juan muestra una inclinación del relieve de $0,63^\circ$ que luego alcanza a $1,20^\circ$. Conforme ingresa a los linderos del ANP el relieve es casi horizontal y levemente se inclina en las cercanías del islote Roca Negra hasta 18 m de profundidad (SW del islote Roca Negra) y luego cae hacia el sur con mayor inclinación ($1,80^\circ$) conectándose a través de una inclinación de 2° con una pequeña elevación sobre el fondo de aproximadamente 20 m, presentando una superficie más extensa ($1,08^\circ$ de inclinación) hasta el límite sur del ANP en que las profundidades varían entre 100 a 105 m, continuando al sur fuera del ANP con la misma inclinación.

El perfil Oeste-Este no corta perpendicularmente las isóbatas por lo que las pendientes no son las máximas en este perfil, pero indican la variabilidad del relieve en varias estaciones de muestreo. Entre 122 y 80 m se observó un relieve inclinado con pendientes uniformes que cambian ligeramente entre sí (de 122 a 120 m, de 120 a 100 m y de 100 m a 80 m) y en conjunto presentan una inclinación promedio de 3° . Entre 80 y 60 m de profundidad cambia bruscamente con dos saltos verticales de 10 m (entre 80 y 70 m y entre 60 m y 50 m de profundidad) y entre ellos (hasta la cima a 15 m de profundidad) están conectadas dos pendientes de diferente inclinación, que en promedio son de $5,35^\circ$, cambiando bruscamente la inclinación hacia el este mostrando el perfil de un canal cuyo registro llega hasta los 20 m de profundidad cerca a punta Parada.

El transecto SW-NE cruza perpendicularmente las isóbatas entre 450 m y 150 m de profundidad, fuera de los límites del ANP Punta San Juan y muestra la verdadera pendiente de esta zona. Se observa gradual disminución de la pendiente entre 470 y 550 m y luego menor inclinación hasta 180 m de profundidad y que en conjunto (470 m a 180 m) tiene pendiente promedio de $4,8^\circ$ para luego conectarse a través de una pendiente más inclinada ($5,27^\circ$) con nivel sub horizontal presente desde los 160 m de profundidad hasta el extremo este del perfil.

Extremo SO de la Reserva Nacional San Fernando

En los primeros 50 m de profundidad las isóbatas frente a la bahía San Fernando presentan paralelismo con la línea de costa; contorneando las puntas y con mayor proximidad entre sí, con excepción del sector ubicado al noroeste de la misma, que muestra concavidad hacia la costa y se encuentran más separadas. Entre 50

y 100 m las isóbatas son más próximas entre sí, tienen orientación NW-SE como el rumbo general de la línea de costa. Hacia la costa y también NS, a partir de los 100 m se aprecian variaciones de rumbo en forma de concavidades y divergencia de su rumbo hacia el sur (Fig. 9).

Sedimentos del fondo marino

La descripción directa de los sedimentos, efectuada a bordo, permitió diferenciar tipos de tamaños de grano de los depósitos del fondo marino (de mayor a menor granulometría): bloques, guijas, grava, arena, fango (limo y arcilla), los que en muchas estaciones se encuentran combinados en diferentes proporciones.

Contenido de arena

ANP Punta San Juan

Los más elevados contenidos de arena se distribuyeron hacia ambos lados (S y NE) del islote Roca Negra, que alcanzaron como máximo 98,23% frente a Punta San Juan (Est. 19a) y 97,33% en la zona central del ANP (Est. 60). Hacia el sur y noreste del islote Roca Negra estos contenidos descendieron conforme aumentó la profundidad sin dejar de ser significativos (no menores a 60%). Los mínimos contenidos de arena se ubicaron en los sectores norte con 66,86% (Est. 17a) y en el sector oeste con 67,39% (Est. 39) (Fig. 10).

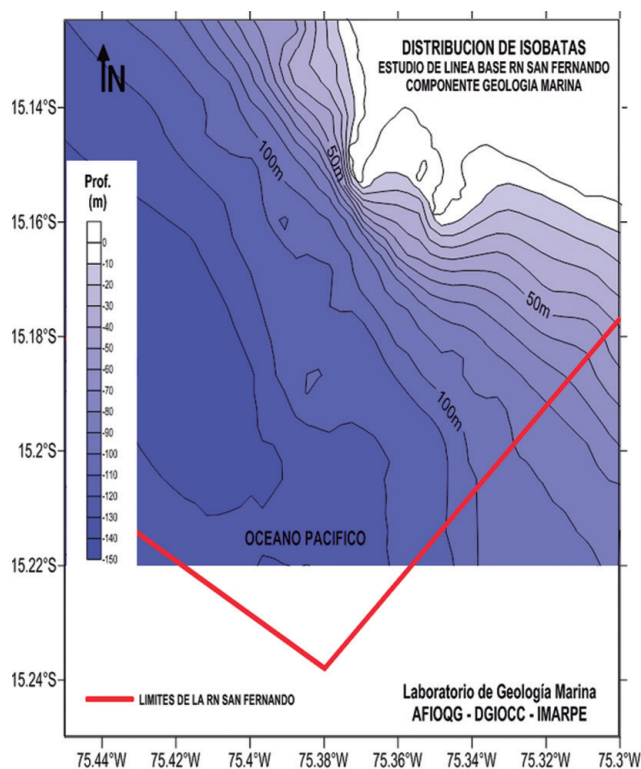


Figura 9.- Distribución de isóbatas en el sector suroeste de la RN San Fernando

Entre las puntas Cenicero y Lobo Fino los contenidos de arena fluctuaron entre 85,10% (Est. 57 y 32 m de profundidad) y 76,01% (Est. 59).

Extremo SO de la Reserva Nacional San Fernando

Tanto las estaciones SF-1 y SF-5, ubicadas más próximas a la línea de costa y a profundidades menores a 50 m, presentaron fondos rocosos. Los mayores contenidos de arena 62,72% (Est. SF-2) y 59,97% (Est. SF-1) se encuentran en las estaciones más profundas (>100 m) del transecto más largo ubicado en San Fernando. El menor valor 15,25% se localizó a 92 m de profundidad (Fig. 11).

Contenido de limo

ANP Punta San Juan

Los mayores contenidos de la fracción limo se presentaron en estaciones cercanas a la costa, ubicadas entre punta Lobo Fino y playa Acapulco, con valores entre 23,07% (Est. 59) y 16,27% (Est. 48). Al interior de la ANP, los contenidos de limo más elevados se encontraron en los sectores norte con 16,01% (Est. 38) y en el sector oeste con 15,47% (Est. 39) (Fig. 12).

El menor contenido de limo fue 0,46% (Est. 5a) al noreste del islote Roca Negra y de 0,75% (Est. 60) al suroeste del mismo islote. También se encontraron contenidos de limo de 0,80% (Est. 20) en el sector sureste del ANP.

Extremo SO de Reserva Nacional San Fernando

El máximo contenido de la fracción limo fue 32,08% (Est. SF-6) a 93 m de profundidad, en tanto que el mínimo contenido 12,43% (Est. SF-2) se encontró a 101 m de profundidad. Este contenido disminuyó con la profundidad y hacia el este (Fig. 13).

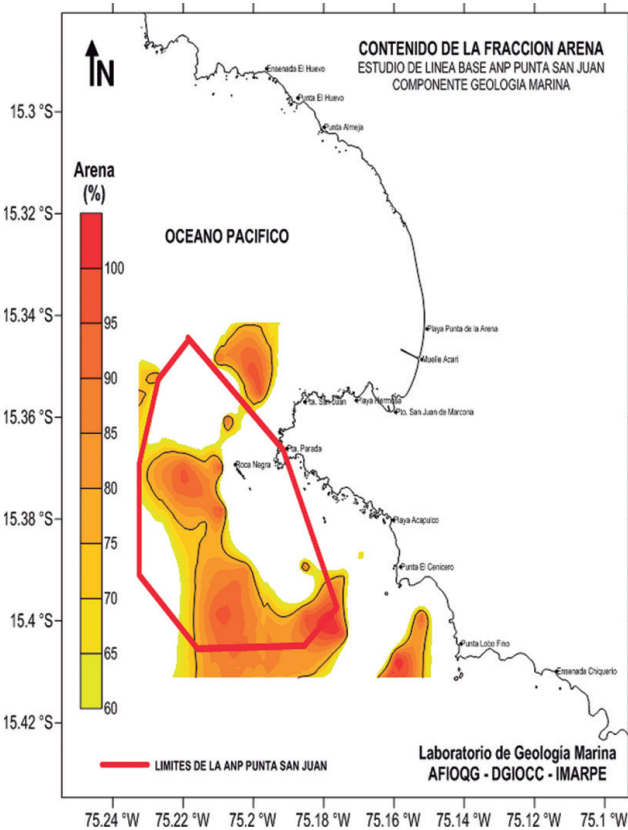


Figura 10.- Distribución del contenido de la fracción arena (%) en sedimentos marinos superficiales del ANP Punta San Juan

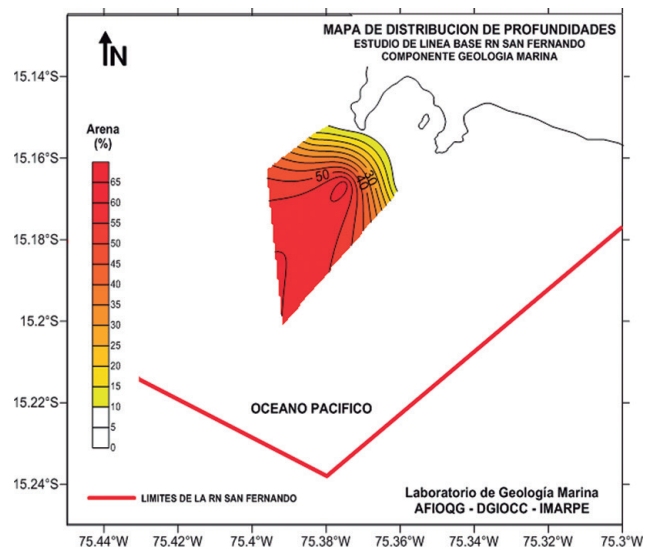


Figura 11.- Distribución del contenido de la fracción arena (%) en sedimentos marinos superficiales del sector suroeste de RN San Fernando

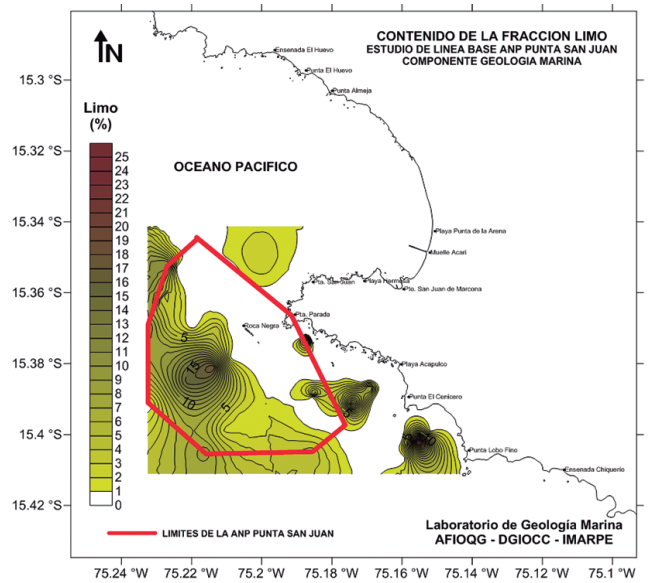


Figura 12.- Distribución del contenido de la fracción limo (%) en sedimentos marinos superficiales del ANP Punta San Juan

Contenido de arcilla

ANP Punta San Juan

Presenta similar distribución de la fracción limo. Los más elevados contenidos de arcilla fueron 21,58% (Est. 17a) al norte del ANP, seguidos por valores de 17,14 (Est. 39) a 16,27% (Est. 10) al oeste. Los sedimentos colectados en la Est. 19a, cercana a la línea de orilla y frente a Punta San Juan, carecen de la fracción arcilla, ligeramente superados por la Est. 3 con 0,3% de arcilla; en el sector norte dentro de la ANP (E-4) el contenido de arcilla fue 1,03% (Fig. 14).

Extremo SO de Reserva Nacional San Fernando

La fracción arcilla tiene la misma tendencia de distribución que la de limo, coincidiendo su valor máximo de 52,67% (Est. SF-6) y el contenido mínimo de 25,72 (Est. SF-2) (Fig. 15).

Textura del sedimento

Los resultados en la variación del tamaño de grano de las fracciones granulométricas que componen el sedimento obtenidos en laboratorio fueron consistentes con lo observado en campo. La variabilidad en las características de los sedimentos (tamaño, forma y composición) responden a los procesos de erosión, transporte y sedimentación (en los que la hidrodinámica juega importante papel), al relieve del fondo marino y a las fuentes de aporte (naturaleza de la fuente erosionada ya sean rocas ígneas o sedimentarias) en la cual la distancia a la fuente (afloramiento rocoso por ejemplo) tiene un rol importante.

Los depósitos de guijas o gravas heterométricas de forma subangular responden a procesos de transporte de corta distancia desde la fuente erosionada y sedimentados al pie de elevaciones topográficas o rocas e islotes, donde se presentan bruscos cambios de pendientes, a veces en depósitos en el que predominan estas fracciones o cuando sufren un mayor transporte y son incorporados al sedimento arenoso. La forma subangular y la litología, evidencian un corto traslado desde la fuente de origen. Los depósitos de arena que son los de mayor extensión suelen estar a ambos lados de los alineamientos de rocas y conforman las elevaciones topográficas sobre el fondo (al N del ANP) como también de las rocas e islotes emergentes a la superficie del mar y adyacentes a los depósitos de guijas y gravas.

La distribución de limo y arcilla, que conforman texturas de arena limosa y arena arcillosa se observaron asociadas a mayores profundidades (>110 m) y relieves de menor pendiente.

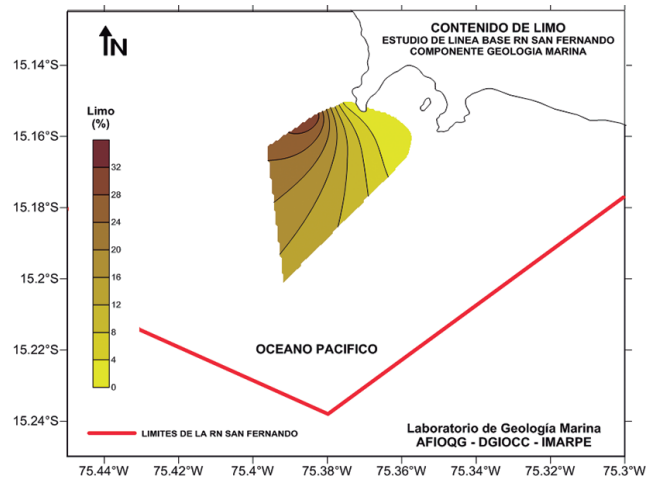


Figura 13.- Distribución del contenido de la fracción limo (%) en los sedimentos marinos superficiales de sector suroeste de la RN San Fernando

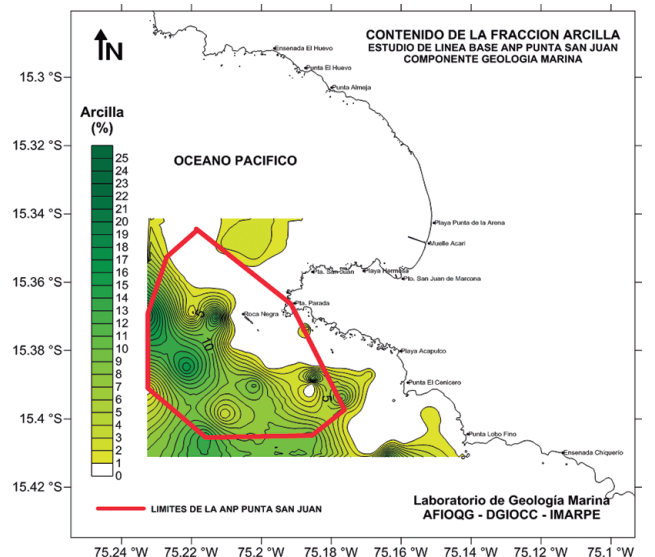


Figura 14.- Distribución del contenido de la fracción arcilla (%) en los sedimentos marinos superficiales del ANP Punta San Juan

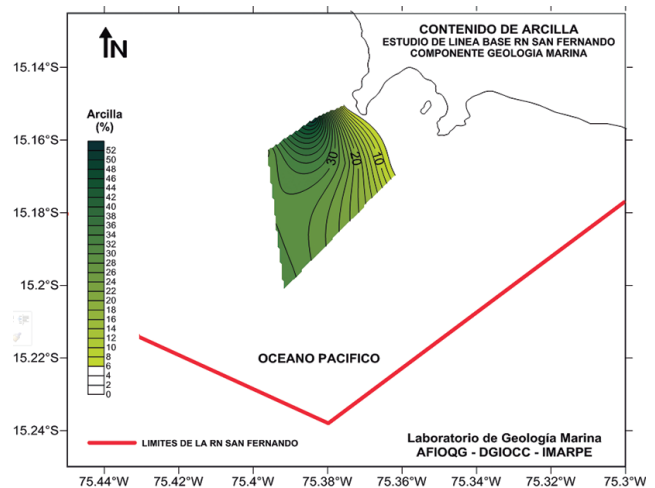


Figura 15.- Distribución del contenido de la fracción arcilla (%) en los sedimentos marinos superficiales en el sector suroeste de la RN San Fernando

ANP San Juan

Alrededor de bajos, zonas de abrupta pendiente, elevaciones sobre el fondo ubicadas al norte del ANP, de las peñas del islote Roca Negra son depósitos de bloques y guijas, así como gravas conformadas por proporciones de pequeños fragmentos de roca de variada litología, grado de redondez y/o de caparazones de moluscos del tamaño de grava. Los sedimentos que rodean estos depósitos de roca, guijas y gravas son extensiones de facies texturales de arena con presencia de grava en algunas estaciones (Fig. 16).

Hacia el suroeste del islote Roca Negra, la extensión de arena que rodea los depósitos de grava se hace más estrecha, observándose presencia de un parche de arena limosa que se conecta luego con un parche de mayor extensión de textura areno arcillosa, que coincide con el cambio de pendiente a relieves de menor inclinación, a 110 m aproximadamente, y que se amplía un poco en su extensión cubriendo el límite oeste y más profundo del ANP. También se aprecia un pequeño parche de arena limosa al lado oeste de la elevación, sobre el fondo que se encuentra en el límite norte del ANP.

Fuera de los límites del ANP, entre playa Acapulco y punta El Cenicero, se aprecian, cerca de la costa, fondos rocosos cuya mayor amplitud se extiende en el mar frente a punta el Cenicero y alrededor de ellos se encuentran depósitos de arena.

Extremo SO de la Reserva Nacional San Fernando

Las facies texturales presentes en las cinco estaciones analizadas en el sector suroeste de la RN son variables, la arena arcillosa se encuentra en la mayor extensión del área estudiada y presenta gravas redondeadas y sub-redondeadas. En menores profundidades y cercanos a la punta sur de la bahía San Fernando se encuentra fango y arena. En la estación SF-6 (93 m de profundidad) próxima a la punta norte de la bahía San Fernando se encontró sedimento con textura de arcilla limosa (Fig. 17).

Contenido de Materia Orgánica Total

Los sedimentos que por sus características de color (verde oliva), de composición diatoméica y con presencia de olor sulfhídrico, son los que presentan los mayores contenidos de materia orgánica (alrededor de 5%) y se asocian a los mayores contenidos de la fracción granulométrica de arcilla (alrededor de 16-17%) y a las zonas profundas de baja pendiente o, cuando están rodeados parcialmente por elevaciones topográficas sobre el fondo marino que las protegen del efecto erosivo de las corrientes y favorecen la acumulación de materia orgánica proveniente de la columna de agua.

ANP Punta San Juan

El mayor contenido de materia orgánica fue 5,32% (Est. 17) ubicado en el sector norte del ANP, seguido de otras áreas en el sector central con valores alrededor de 5% que se localizan al este y sureste del islote Roca Negra (Ests. 10 y 39). El mínimo valor de 1,27% (E-38) se encontró cercano a la zona costera, en el límite este del ANP (frente a punta Parada); otra área con bajos contenidos de materia orgánica se ubicó en el extremo sureste del ANP (Est. 6) y sus alrededores (Fig. 18).

Entre las puntas Cenicero y Lobo Fino (fuera del ANP) se registraron los menores contenidos de materia orgánica total hallados en el estudio, los cuales fluctuaron entre 0,80% en la estación más próxima a la costa (Est. 60) y 1,30% (Est. 57) incrementándose con la profundidad.

Extremo SO de la Reserva Nacional San Fernando

Tanto el mayor contenido de MOT de 9,24% (Est. SF-2) como el mínimo contenido de 4,20% (Est. SF-1) se asociaron a sedimentos de las zonas más profundas, observándose que se concentran frente a la bahía San Fernando (Fig. 19).

Contenido de Carbonatos totales

ANP Punta San Juan

Los carbonatos totales (CBTOS) están compuestos de carbonato de calcio (calcita) que está presente en altas proporciones en los caparazones de moluscos cuyos fragmentos han sido desgastados mecánicamente, transportados y seleccionados por las corrientes y depositados en los sedimentos. El máximo contenido de carbonatos totales fue 18,28% (Est. 29) en el sector sureste del ANP, en los sectores norte (Est.18) y este (Est. 38) del ANP los valores estuvieron alrededor de 10%. El mínimo valor 1,38% (Est. 7) se registró en el extremo sureste y también se encontraron valores bajos (ligeramente >2%) en el límite noroeste del ANP (Ests. 3 y 4) (Fig. 20).

Entre las puntas El Cenicero y Lobo Fino y a 50 m de profundidad, los contenidos de carbonatos totales fluctuaron entre 5,17% (Est. 59) y 4,40% (Est. 57).

Extremo SO de la Reserva Nacional San Fernando

Los carbonatos totales presentaron similar tendencia de distribución que el limo y la arcilla. El máximo contenido fue de 8,63% en la estación SF-2, que también es la que tiene el mayor contenido de la fracción granulométrica de arcilla. El mínimo contenido fue de 2,80% (Est. SF-1) (Fig. 21).

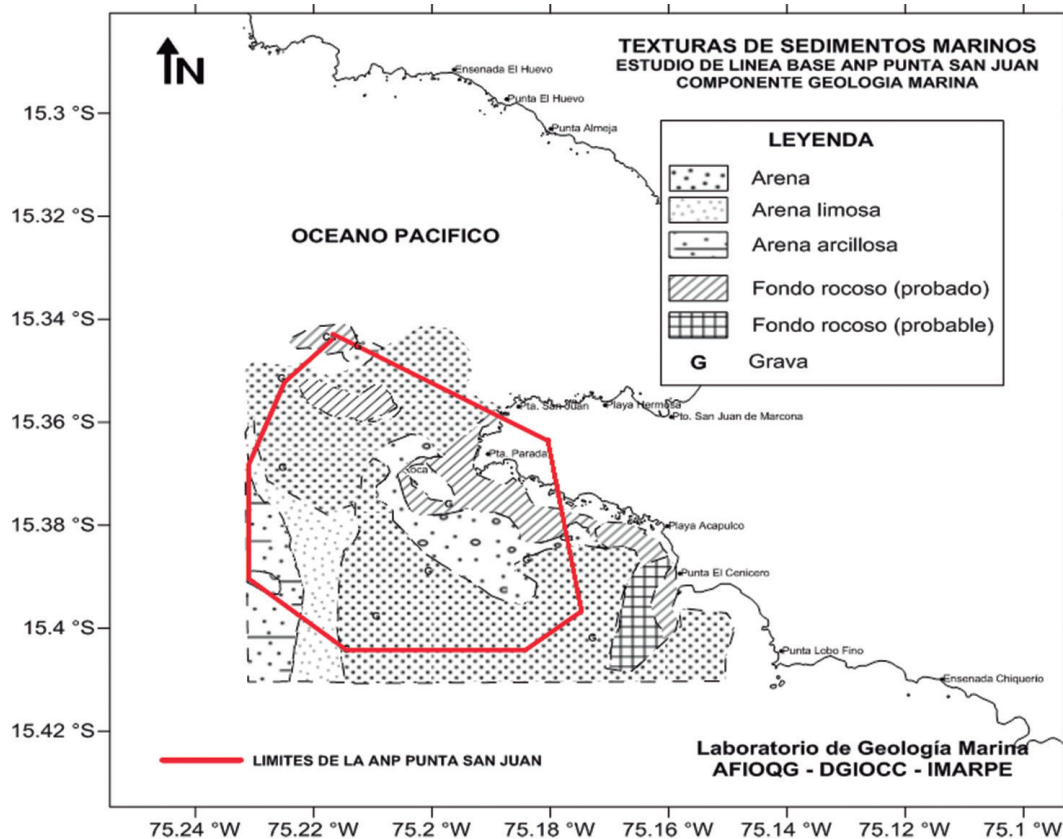


Figura 16.- Distribución de facies texturales de los sedimentos marinos superficiales del ANP Punta San Juan

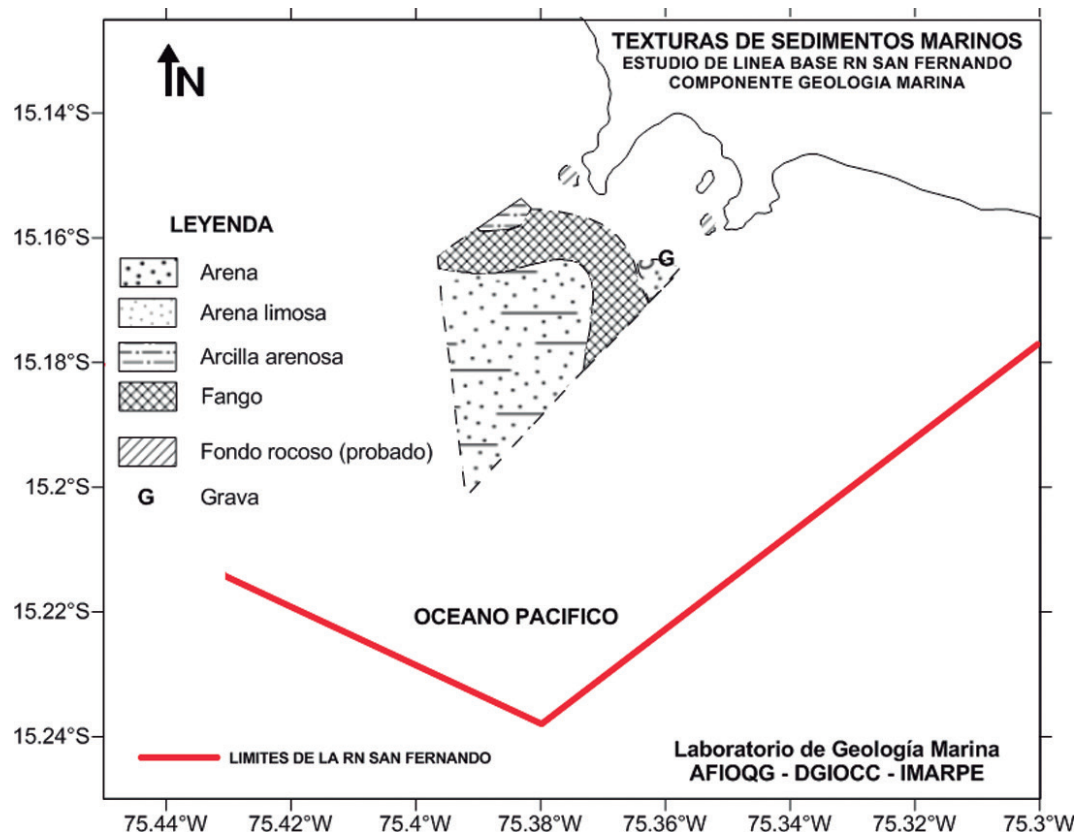


Figura 17.- Distribución de facies texturales en los sedimentos marinos superficiales en el sector suroeste de la RN San Fernando

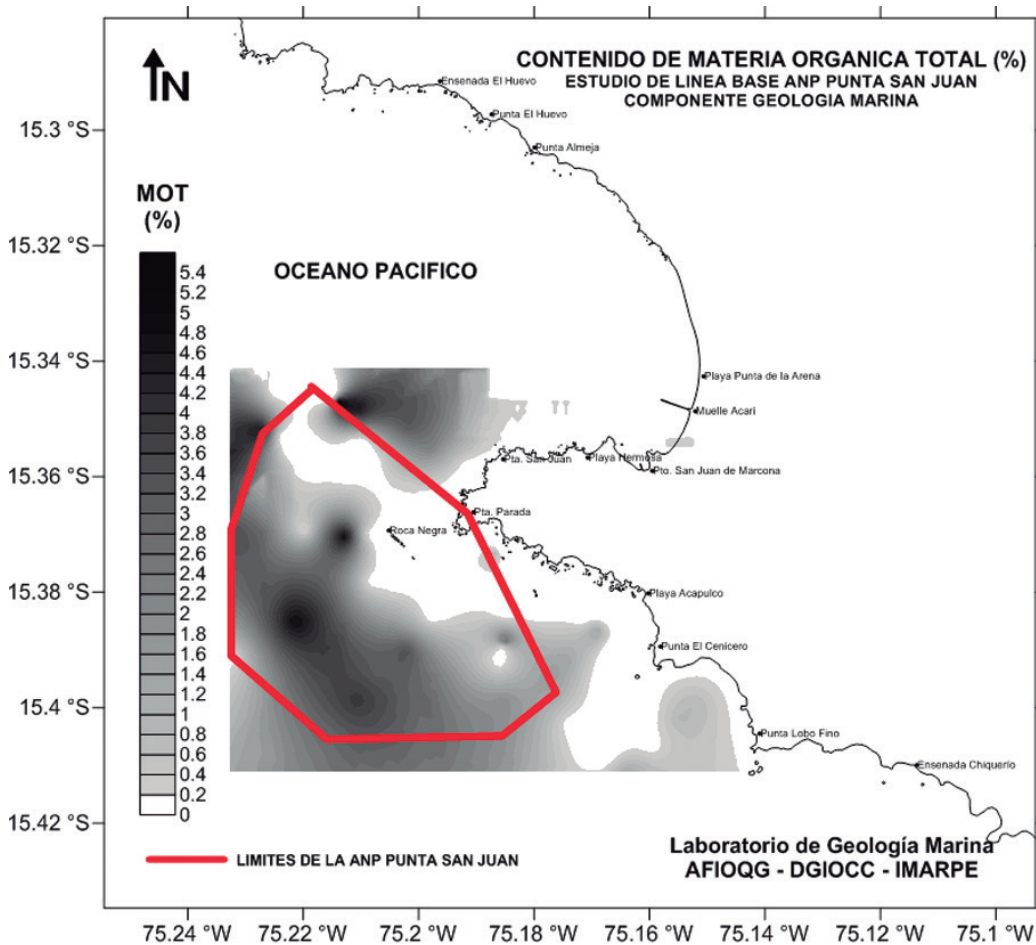


Figura 18.- Distribución del contenido de materia orgánica total (%) en los sedimentos marinos superficiales del ANP Punta San Juan

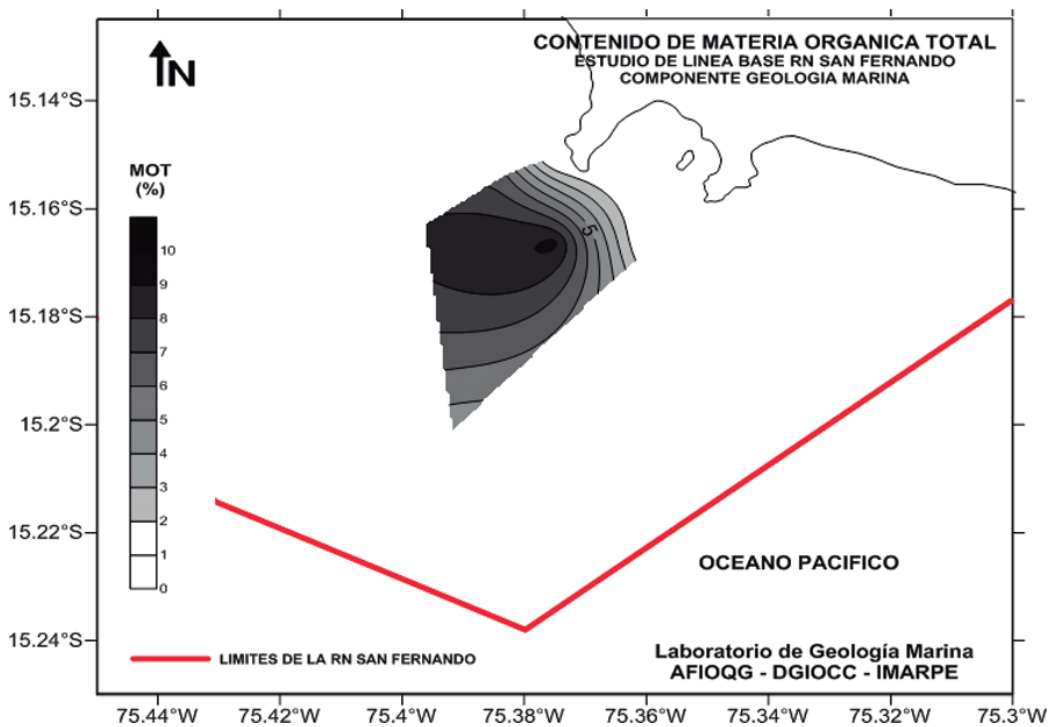


Figura 19.- Distribución del contenido de MOT en los sedimentos marinos superficiales en el sector suroeste de la RN San Fernando

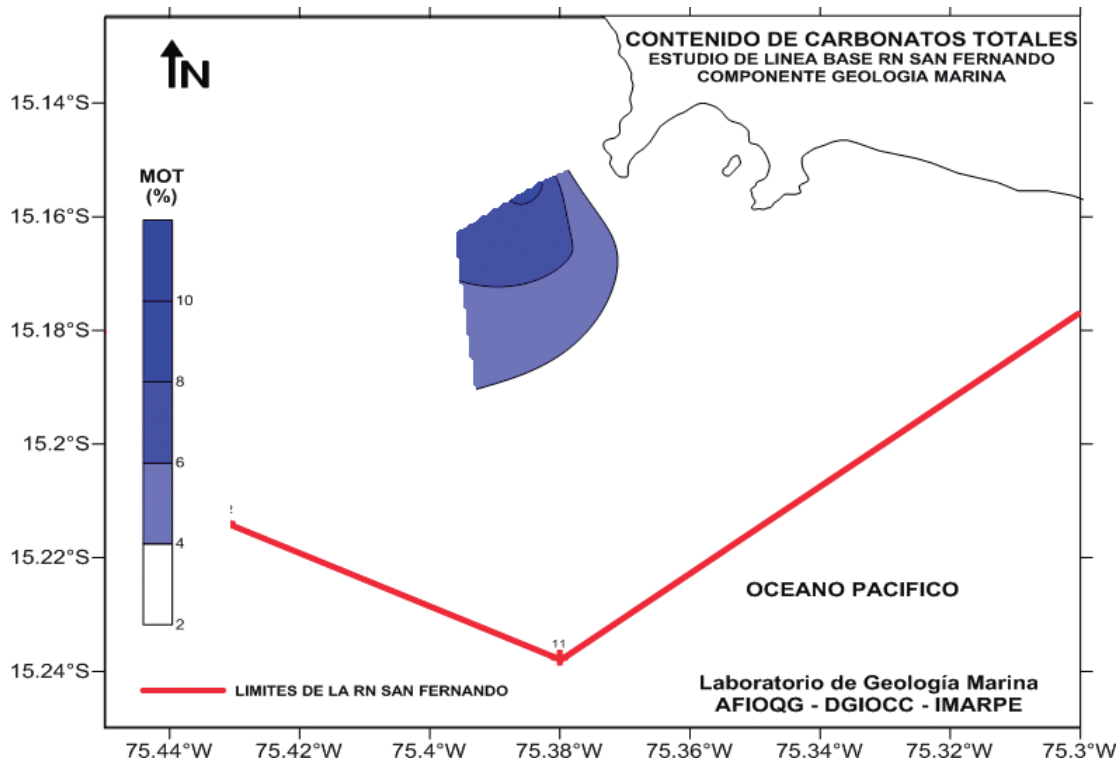


Figura 20.- Distribución del contenido de carbonatos totales (%) en los sedimentos marinos superficiales del ANP Punta San Juan

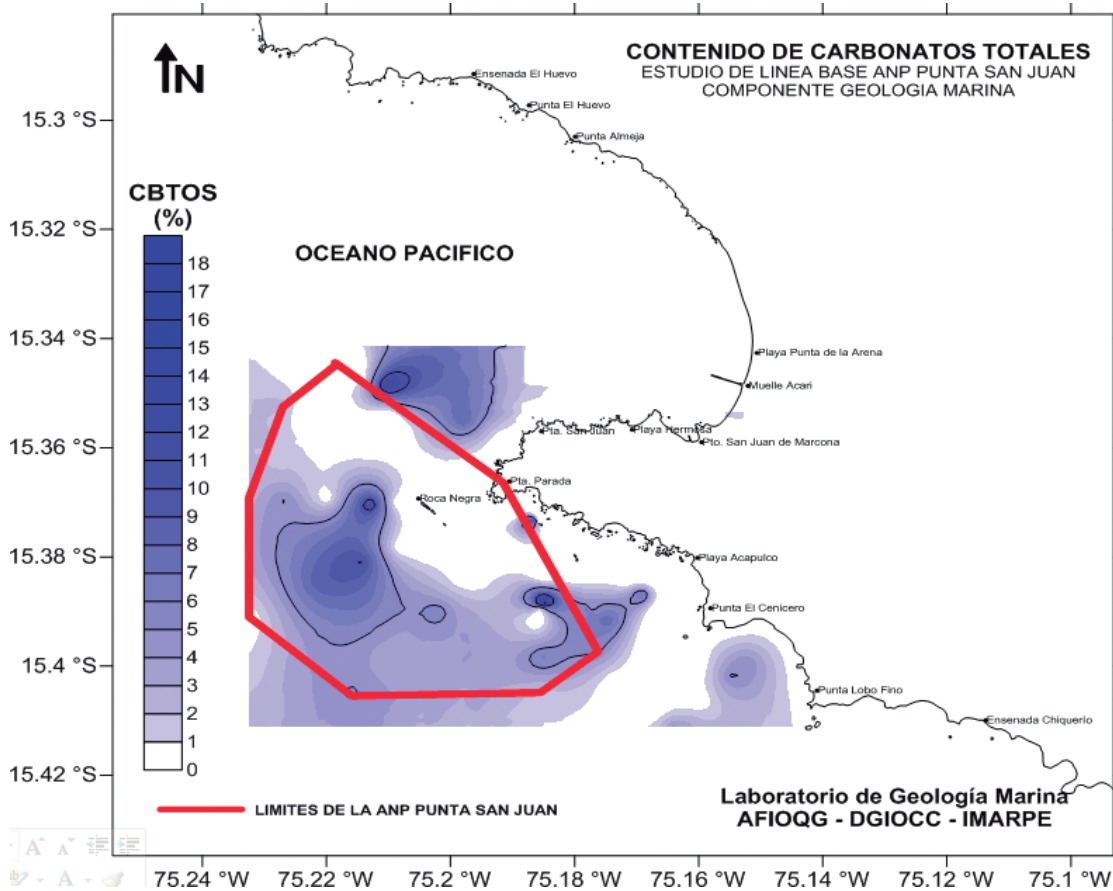


Figura 21.- Distribución del contenido de CBTOS en los sedimentos marinos superficiales en el sector suroeste de la RN San Fernando

LITOLOGÍA DE MUESTRAS DE ROCA DEL FONDO MARINO

De acuerdo al reporte litológico, las rocas ígneas son de origen plutónico (granito y microdiorita) así como de origen volcánico (brecha riódacítica y andesita porfirítica). Las rocas sedimentarias fueron limolita, grauvaca y caliza esparítica.

Las rocas recolectadas del fondo marino fueron principalmente ígneas y sedimentarias, presentando en todos los casos alteración superficial y, en su mayoría estuvieron cubiertas por algas de color rosado y en otros casos perforadas por efecto de bioturbación de organismos bentónicos.

Los granitos presentaron dominante tonalidad rosada y minerales de regular tamaño que fueron identificados macroscópicamente, dentro de los cuales se identificaron minerales típicos formadores de roca como el cuarzo, feldespato potásico y plagioclasas y biotita.

El intercrecimiento mineralógico en la estructura de la roca indica diferentes etapas y un proceso importante en la consolidación de la misma, habiéndose apreciado granos mineralógicos de cuarzos y feldespatos cortando otros granos de su misma especie, a los cuales se les ha dado diferente nomenclatura en su descripción para diferenciarlos, además de ser un aspecto clave para entender el proceso de formación.

4. CONCLUSIONES

Los depósitos de bloques, guijas, grava y arena se ubican al pie de los relieves más abruptos como el islote Roca Negra, en los bajos próximos a él, en dos elevaciones submarinas ubicadas al noroeste del mismo y cerca de los acantilados costeros.

Los sedimentos con textura de arena limosa y arena arcillosa poseen los mayores contenidos de materia orgánica total (MOT) y están presentes en áreas donde el fondo tiene menor pendiente.

Los contenidos de MOT y de carbonatos totales (CBTOS) tienen similar tendencia de distribución; el mayor contenido de MOT (5,36%) en sedimentos se ubicó en el extremo norte del ANP (al este de una elevación submarina) en tanto que el mayor contenido de CBTOS (18,28%) se encontró al sureste del ANP (S del islote El Avión).

En las proximidades a las puntas que conforman la Ensenada San Fernando, se encuentran fondos rocosos.

Los sedimentos de profundidades menores a 100 m tienen textura de arcilla arenosa con bajos contenidos de MOT.

En el extremo suroeste de la RN, los sedimentos de profundidad mayor a 100 m tienen textura de arena arcillosa, con elevados contenidos de MOT (9,24%) y fango.

5. REFERENCIAS

- 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.
- FOOTE K, KNUDSEN H, VESTNES G, MACLENNAN D, SIMMONDS E. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical guide. ICES, Cooperative research Report, N 144: 69 p.
- GALEHOUSE J. 1971. Sedimentation Analysis. In: Procedures in Sedimentary Petrology. Eds. Carver, RE, de. Cap. 4. 69-94 p. New York.
- HIDRONAV. Carta de Navegación Bahía de San Juan N° 3123. Dirección de Hidrografía y Navegación a escala 1:15,000.
- INGRAM R. 1971. Sieve Analysis. IN: procedures in Sedimentary Petrology. Eds. Carver, RE, de. Cap. 3. 49-67 p. New York.
- SHEPARD F. 1954. Nomenclature based on silt-clay ratios Jour. Sed. Petrology 24(1): 151-158.
- WENTWORTH C. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments: Journal of Geology, v. 30, 377-392 p.