



**INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ**



**CARACTERIZACIÓN BIO OCEANOGRÁFICA DEL ÁREA MARINO  
COSTERA ENTRE PUNTA SAN JUAN Y PLAYA YANUARINA**

**NOVIEMBRE 2009 - ABRIL 2010**

**“Convenio Específico de Cooperación Interinstitucional entre la Municipalidad Distrital  
de Marcona y el Instituto del Mar del Perú Convenio N° 016–2008–IMARPE”**

**Julio - 2010**

**CARACTERIZACIÓN BIO OCEANOGRÁFICA  
DEL ÁREA MARINO COSTERA ENTRE PUNTA  
SAN JUAN Y PLAYA YANYARINA**

**NOVIEMBRE 2009 - ABRIL 2010**

**“Convenio Específico de Cooperación Interinstitucional  
entre la Municipalidad Distrital de Marcona y el Instituto del  
Mar del Perú – Convenio N° 016–2008–IMARPE”**

**JULIO 2010**

## CONTENIDO

### RESUMEN

### I. INTRODUCCIÓN

### II. OBJETIVOS

### III. METODOLOGÍA

#### *3.1. Área de estudio*

#### *3.2. Plan general de muestreo y procesamiento de datos*

#### *3.3. Batimetría*

#### *3.4. Caracterización del fondo marino*

#### *3.5. Comunidad bentónica*

#### *3.6. Evaluación de especies comerciales*

#### *3.7. Aspectos oceanográficos*

#### *3.8. Calidad acuática*

### IV. RESULTADOS

#### *4.1. Descripción del área de estudio*

#### *4.2. Batimetría*

#### *4.3. Características del fondo marino*

#### *4.4. Comunidad bentónica*

#### *4.5. Distribución, población y biomasa de especies comerciales*

#### *4.6. Parámetros oceanográficos*

#### *4.7. Calidad acuática*

### V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### VI. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

### ANEXOS

#### **i. Tablas**

#### **ii. Figuras**

### LISTA DE PARTICIPANTES

### LISTA DE FIGURAS

### LISTA DE TABLAS

## RESUMEN

Se describen los resultados del estudio “Caracterización Bio Oceanográfica del Área Marino Costera entre Punta San Juan y Playa Yanyarina”, desarrollado en base al “Convenio Específico de Cooperación Interinstitucional entre la Municipalidad Distrital de Marcona y el Instituto del Mar del Perú - Convenio N° 016 - 2008 – IMARPE”.

Entre noviembre del 2009 y abril del 2010, se realizó un levantamiento integral de información geográfica, física, química, microbiológica, biológica y pesquera, entre Punta San Juan (15,37420° LS; 75,18170° LW) y Yanyarina (15,46490° LS; 75,02230° LW), con la finalidad de obtener datos técnicos que sustenten la elaboración de planes de manejo y explotación de recursos bentónicos (PMERB).

La zona de estudio mostró una gran heterogeneidad de comunidades bentónicas que caracterizan diferentes hábitats. Las condiciones encontradas durante el estudio mostraron un buen equilibrio entre la distribución de las especies y sus densidades, con ciertas dominancias muy específicas para determinadas especies; las altas biomásas expresadas en ciertos grupos taxonómicos son indicativas de una comunidad saludable, sin evidencias de estrés.

Se determinó la distribución de recursos bentónicos de importancia comercial fuertemente asociados a fondos duros, como *Fissurella* spp., *Concholepas concholepas*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis* spp, así como de especies asociadas a sustratos intermedios *Cancer setosus*, *Loxechinus albus*, *Patallus mollis*, *Stramonita chocolata*, y a sustratos blandos, como *Ensis macha* y *Platyxanthus orbigny*; encontrándolos, además, con una significativa población y biomasa. Por otro lado, los recursos *Cancer porteri*, *Aulacomya ater*, *Sinum cymba* y *Argopecten purpuratus* se encontraron con densidades poblacionales poco significativas.

El área evaluada no presentó mayor impacto en su medio marino. Los parámetros de calidad acuática (Oxígeno, DBO<sub>5</sub>, microbiológicos, pH, SST, MOEH), cumplieron con

los estándares nacionales de calidad ambiental para agua – Categoría 2: Actividades Marino Costeras.

Asimismo, las concentraciones de metales pesados en agua, sedimentos y organismos, en general, no superaron los niveles establecidos para los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Categoría 2: Actividades Marino Costeras) y lo estipulado en la Tabla de Protección Costera de los Estados Unidos, Comisión Europea y la FAO; salvo en el caso de las concentraciones de cobre total en pulpo y choro, que superaron los 10µg/g, nivel máximo recomendado por la FAO.

La elaboración y ejecución de planes de manejo multiespecíficos e integrales contribuirá con la recuperación y sostenibilidad de las poblaciones y ecosistemas acuáticos existentes en el ámbito de estudio.

## I. INTRODUCCIÓN

En el litoral sur peruano existen diferentes bancos naturales de invertebrados marinos bentónicos, algunos de los cuales vienen siendo objeto de una sobreexplotación, por lo que se requiere conocer su situación poblacional y el desarrollo biológico de las especies, a fin de diseñar estrategias de gestión y manejo para el uso óptimo y sustentable de los recursos (IMARPE, 2007a).

La baja producción de la actividad pesquera artesanal, reflejada en el incremento del esfuerzo pesquero y la disminución de la CPUE, debido a la merma de los recursos bentónicos, contribuye con el estancamiento de la calidad de vida del pescador artesanal. La recuperación de los bancos naturales afectados por la sobreexplotación, es una alternativa contemplada en la legislación peruana, la misma que permite el repoblamiento en áreas autorizadas para tal fin.

Uno de los primeros pasos para ello consiste en caracterizar las comunidades biológicas y su entorno, información que será de utilidad para planificar las actividades que conlleven a la recuperación y explotación sostenida de los stock poblacionales de los recursos de interés comercial.

El Ministerio de la Producción, mediante la Ley de Promoción y Desarrollo de la Acuicultura y su Reglamento, establece los lineamientos para normar, orientar y promover las actividades de repoblamiento, como fuente de beneficios económicos, en armonía con la conservación del ambiente y de la biodiversidad.

En San Juan de Marcona la extracción de recursos bentónicos por el sector pesquero artesanal ha disminuido hasta niveles alarmantes; en tal sentido, la elaboración y ejecución del presente estudio permitiría aportar las bases de una estrategia para recuperar los ambientes acuáticos y contribuir a la mejora de la calidad de vida del pescador artesanal local.

En este contexto, la Municipalidad Distrital de Marcona encarga al IMARPE la Caracterización Bio Oceanográfica del Área Marino Costera entre Punta San Juan y Playa Yanyarina, mediante el Convenio Específico de Cooperación Interinstitucional entre la Municipalidad de Marcona y el Instituto del Mar del Perú – Convenio N° 016-2008-IMARPE, cuyos resultados se describen en el presente informe.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 General**

Caracterización biológica, geológica y oceanográfica del área marino costera entre Punta San Juan y Playa Yanyarina, hasta la isobata de 10 brazas.

### **2.2 Específicos**

- Caracterización bati-litológica del área de estudio que incluye profundidad y tipos de sustratos del fondo marino.
- Caracterización de la comunidad del macrobentos mediante indicadores de abundancia, distribución y concentración de las principales especies.
- Caracterización oceanográfica del medio marino costero, con estudios sobre la calidad de agua y dinámica de corrientes.

## **III. METODOLOGÍA**

### **3.1 Área de estudio**

Marcona es uno de los cinco distritos de la Provincia de Nasca, ubicada en el Departamento de Ica, perteneciente a la Región Ica. Limita por el norte con el distrito de Nasca, por el sur con la provincia de Caravelí (Arequipa), por el este con la provincia de Lucanas (Ayacucho) y por el oeste con el mar de Grau.

Esta zona está influenciada por la Corriente Peruana o de Humboldt, de aguas frías provenientes del sur, que abarca desde los 4° latitud sur, hasta Chile, siendo Marcona uno de los principales lugares de afloramiento en el mundo.

El estudio estuvo dirigido exclusivamente a la zona submareal del área comprendida entre el límite sur de punta San Juan, denominada El Basural (15,37420° LS; 75,18170° LW), y Yanyarina (15,46490° LS; 75,02230° LW), hasta la isobata de 10 brazas (Fig. 01).

### **3.2 Plan general de muestreo y procesamiento de datos**

El estudio fue dividido en cuatro componentes, debido a que se emplean diversas estrategias metodológicas; tanto para el muestreo, como para el análisis de las muestras.

1. Estudio Batimétrico
2. Estudio de Sustratos y Biodiversidad
3. Estudio Oceanográfico; y
4. Estudio de Gestión Ambiental

La metodología de muestreo y análisis de las muestras, según los parámetros evaluados, se describen en detalle más adelante.

La obtención de muestras oceanográficas, gestión ambiental, sustratos y biodiversidad, así como los registros batimétricos, se realizaron a bordo de embarcaciones artesanales de la localidad, con la participación de buzos artesanales pertenecientes a la Comunidad Pesquera Artesanal de Marcona COPMAR y buzos científicos del IMARPE; asimismo, se realizaron muestreos de sustratos y biodiversidad por el borde costero, en aquellas estaciones que fueron inaccesibles por mar.

La ubicación de las estaciones de muestreo se realizó con un GPS GARMIN E-trex Summit HC, programadas con coordenadas referidas al DATUM WGS 84 (World Geodetic System 84).

Para la ejecución de los trabajos de mar del Componente Estudio de Sustratos y Biodiversidad, el área se dividió en tres (3) sectores (Fig. 01); el Sector I que comprendió de El Basural a Lobo Fino, con una superficie aproximada de 5,75 km<sup>2</sup> y en el que se establecieron 83 estaciones biológicas, ejecutándose los trabajos en dos periodos, del 19 al 22 y del 26 al 29 de marzo del 2010.

El Sector II comprendió desde Lobo Fino a Tres Hermanas, con un área aproximada de 8,55 km<sup>2</sup> y con 120 estaciones programadas, las actividades de muestreo se realizaron entre el 04 y 18 de noviembre del 2009; y el Sector III, ubicado entre Tres Hermanas y Yanyarina, con 4,23 km<sup>2</sup> y 74 estaciones de muestreo, se ejecutaron entre el 10 y 16 de diciembre del 2009.

Las muestras del Estudio Oceanográfico se obtuvieron entre el 13 y 19 de noviembre del 2009, el Estudio Batimétrico se realizó entre el 1 y 4 de abril del 2010 y los muestreos del Estudio de Gestión Ambiental se desarrollaron durante el 09 y 13 de abril del 2010, abarcando la totalidad del área de estudio.

Los datos obtenidos fueron tabulados y procesados en hojas de cálculo Excel V.2007 (Microsoft, Inc.), PRIMER V.5,0 (Primer-E, Inc.) y SPSS V.12,0 (Spss, Inc); utilizando posteriormente los software de interpolación Surfer V.8,0 (Golden Software, Inc.) y MAPINFO V.7,5 (Mapinfo, Inc.), para la representación geográfica de los resultados.

### **3.3 Batimetría**

Se realizó la toma de información para delimitar el borde costero y realizar el levantamiento batimétrico en la zona de estudio, los datos se registraron en una bitácora de campo, fueron integrados y procesados en hoja de cálculo EXCEL

V.2007, la carta batimétrica se elaboró empleando el método de interpolación KRIGING, en SURFER V.8., con una resolución de 0,25 mn, en la que el espacio de interpolación contiene 100 líneas en el eje X y 58 líneas en el eje Y; posteriormente, fueron transferidos a MapInfo V 7,5 y ajustados en Google Earth V. 8, antes de su representación gráfica.

### **Delimitación del borde costero**

Se realizó el recorrido por la línea de orilla (línea de alta marea), en toda la extensión de la zona en estudio, registrando posiciones geográficas en Datum WGS84, cada 20 m de distancia aproximadamente (Fig. 02).

Este registro se realizó paralelamente con el Estudio de Sustratos y Biodiversidad, durante muestreos realizados por orilla, ante la imposibilidad de realizarlos por mar, debido a los accidentes geográficos de la zona y a las condiciones adversas del medio marino.

El borde costero obtenido se contrastó con imágenes satelitales disponibles en internet vía Google Earth V.8,0; y se complementó con el elaborado por la Unidad de Pesca e Imágenes Satelitales del IMARPE.

### **Levantamiento batimétrico**

El sondeo acústico se desarrolló a bordo de la embarcación artesanal REBECA SN-14020-BM, en la que se instaló una ecosonda portátil a color GARMIN (700 khz), se realizaron transectos equidistantes ( $\pm 200$  m) perpendiculares a la línea de costa, entre Punta San Juan y Playa Yanyarina; así como recorridos paralelos, cubriendo la totalidad del área de estudio (Fig. 02). Durante el trayecto se registraron las profundidades y su posición geográfica.

Adicionalmente, se bordearon islotes, peñascos y peñas a flor de agua, que conforman accidentes geográficos en la zona de estudio y que son peligrosos para realizar estaciones de muestreo en sus inmediaciones.

### **3.4 Caracterización del fondo marino**

Las 406 estaciones de muestreo realizadas estuvieron dispuestas en transectos perpendiculares al borde costero, distanciados uno del otro en 200 m aproximadamente (Fig. 03); mediante buceo científico semiautónomo se describieron las características del fondo marino, paralelamente a la colecta de muestras de biodiversidad.

Se establecieron 8 categorías de tipos de sustrato, en función al tamaño de la partícula y a la naturaleza del fondo marino, con la finalidad de conocer su distribución espacial y su relación con la componente biológica; las categorías de sustrato empleadas fueron las siguientes:

- 1 Bloques
- 2 Piedras
- 3 Canto rodado
- 4 Ripio
- 5 Arena Gruesa
- 6 Arena Media
- 7 Arena Fina
- 8 Fango

Asimismo, se registró la presencia/ausencia de conchuela (restos orgánicos inertes que conforman el sustrato).

Cada estación de muestreo fue debidamente catalogada y el ploteo se realizó mediante el programa SURFER V8 y Map Info V7,5.

Adicionalmente, se obtuvieron muestras de sedimentos superficiales en zonas con fondo blando, en el perímetro del área de estudio (Fig. 04), empleando una draga Van Veen. Cada una de las muestras fueron caracterizadas (textura, olor, color, composición), antes de ser envasadas y rotuladas a bordo.

Las muestras se mantuvieron en congelación hasta su análisis en el Laboratorio de Pisco, los que se desarrollaron siguiendo los procedimientos de análisis de sedimentos establecidos en CARVER (1971), con el asesoramiento del Área de Geología Marina de la Sede Central del IMARPE.

Posterior a su descongelamiento, las muestras húmedas fueron catalogadas empleando una carta de colores de suelos MUNSELL. La determinación de la granulometría de la fracción gruesa de sedimentos se realizó utilizando tamices, según INGRAM (1974). La fracción fina (limo y arcilla) se reportó como una sola.

La determinación de las texturas sedimentarias se realizó en base a los contenidos parciales de arena, limo y arcilla según el diagrama de FOLK (1954). El contenido de materia orgánica total (M.O.T.) y carbonatos se determina mediante la técnica de pérdida de peso por ignición, con el método descrito originalmente por DEAN (1974).

### **3.5 Comunidad bentónica**

Las estaciones de muestreo para determinar la biodiversidad megabentónica fueron las mismas para la determinación de sustratos (Fig. 03). En cada una de ellas se procedió a coleccionar muestras de todos los organismos contenidos dentro de un marco de 1 m<sup>2</sup> de área, por triplicado (tres réplicas).

Estas fueron extraídas, izadas a bordo y coleccionadas para su posterior análisis biológico, en el caso de las macroalgas pardas *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis* spp., el análisis biométrico y biológico se realizó a bordo.

La densidad (número de individuos por  $m^2$ ) y la biomasa (peso húmedo expresado en gramos por  $m^2$ ), fueron determinadas para los organismos de importancia comercial, sólo se registró la densidad para los organismos no comerciales, componentes de la flora y fauna acompañante.

Las muestras de sedimento para determinar la macrofauna bentónica, fueron colectadas con una draga tipo van Veen de  $0,05 m^2$  de superficie de colecta, tomándose una réplica por estación.

El contenido fue tamizado a través de una bolsa tamiz de malla tipo Nyltal-500  $\mu m$  de abertura y preservado en frascos con formol al 10%, teñido con rosa de bengala para una mejor determinación de los organismos y neutralizado con bórax como neutralizador o tampón.

La densidad (número de individuos por  $0,05 m^2$ ) y la biomasa (peso húmedo expresado en gramos por  $0,05 m^2$ ) de los organismos macrobentónicos se ponderaron al metro cuadrado. La estructura comunitaria es descrita teniendo en cuenta la densidad, biomasa y número de especies por estación de muestreo.

Se determinó la composición de la comunidad bentónica hasta el menor nivel taxonómico posible, con ayuda de bibliografía especializada Álamo y Valdivieso (1987), Barnes (1982), Barnard (1954), Chirichigno (1970), Fauchald (1977), y Hobson y Banse (1981).

La abundancia de las especies por estación de muestreo fue utilizada para calcular el índice de diversidad de Shannon y Wiener ( $H'$ ) y el índice de equidad o uniformidad ( $J'$ ) de Pielou, calculados usando  $\log_2$  (base 2).

Riqueza de especies (S):

S= Número total de especies en la muestra

Índice de diversidad ( $H'$ ) de Shannon-Wiener (Pielou, 1966):

$$H' = \sum p_i (\log_2 p_i)$$

Donde:  $p_i = n_i/N$

$n_i$  = Número de individuos de la especie  $i$ -ésima.

$N$  = Número total de individuos

Medida de Uniformidad ( $J'$ ) (Pielou, 1966):

$$J' = H' / H' \text{ max}$$

Donde:  $H'$  = Índice de diversidad de Shannon-Wiener

$H' \text{ max} = \log_2 S$ , Diversidad máxima teórica

Índice de Dominancia ( $D$ ) de Simpson (Pielou, 1966):

$$D = \frac{\sum n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:  $n_i$  = Número de individuos de la especie  $i$ -ésima

$N$  = Número total de individuos.

Para determinar el grado de similitud entre estaciones y especies de importancia comercial se realizó un análisis multivariado de clasificación numérica, usando el método de clasificación jerárquica aglomerativa con media ponderada (grupo par no ponderado con promedio aritmético **UPGMA**) (Sneath y Sokal, 1973) con el índice de Bray-Curtis.

Los mapas de distribución espacial de las estaciones y diferentes variables fueron elaborados con el programa Surfer V8.

### 3.6 Evaluación de especies comerciales

Con la finalidad de estimar los principales indicadores poblacionales de los recursos de importancia comercial, se realizaron muestreos biométricos y biológicos de los individuos obtenidos en el estudio de biodiversidad (Fig. 03).

Los ejemplares de recursos comerciales fueron medidos utilizando un malacómetro de acrílico de 1 mm de escala, un vernier o una cinta métrica, según la especie analizada, registrándose la longitud valvar, ancho del cefalotórax, diámetro o diámetro mayor del rizoide.

Fueron pesados con una balanza electrónica digital con 0,1 gr de precisión o con balanzas romanas de 25, 10 y 5 k; registrándose los pesos total, cuerpo, rizoide y/o gónada, dependiendo del organismo evaluado.

El grado de madurez gonadal se determinó macroscópicamente, utilizando diferentes escalas, cuyos estados fueron I (inmaduro), II (madurante), III (desovante), IV (desovado) y V (recuperación).

Para la determinación de la biomasa y población de los recursos de importancia comercial se utilizó el método del muestreo estratificado al azar, mediante el cual el número y los pesos de los individuos, obtenidos dentro del metro cuadrado, fueron empleados para estimar la población en número y biomasa, por estratos y áreas, de acuerdo a Bazigos, 1981 en (Mendo y Ramírez, 1987), utilizando el software EXCEL de Microsoft V. 2007.

La estimación de la biomasa total, en base al muestreo estratificado al azar (Bazigos, 1981), y la biomasa media por estratos fue obtenida mediante:

$$\bar{Y}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_i} y_i \quad (1)$$

La varianza de la media en el estrato j la obtenemos de:

$$V(\bar{Y}_j) = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} (y_i - \bar{Y}_j)^2}{n_j - 1} \quad (2)$$

donde:  $\bar{Y}_j$  = densidad o biomasa media en el estrato j

$n_j$  = número de estaciones en el estrato j

$y_i$  = densidad o biomasa por muestra en la estación i

$V(\bar{Y}_j)$  = varianza de la media en el estrato j

Así la densidad o biomasa total por estrato será

$$D_j = A_j * \bar{Y}_j \quad (3)$$

donde:  $D_j$  = densidad o biomasa total en el estrato j

$A_j$  = área total del estrato j

$\bar{Y}_j$  = densidad o biomasa media por m<sup>2</sup> en el estrato j

La densidad o biomasa media estratificada por unidad de área será:

$$\bar{Y}(est.) = \frac{1}{A} \sum_{j=1}^E A_j * \bar{Y}_j \quad (4)$$

con E = número de estratos

A = área total de la zona evaluada

$\bar{Y}(est.)$  = densidad o biomasa media estratificada

La densidad o biomasa total "D" de la especie en la zona evaluada, esta dada por:

$$D = \sum_{j=1}^E D_j = \sum_{j=1}^E A_j * \bar{Y}_j = A * \bar{Y}(est.) \quad (5)$$

La varianza de la densidad o biomasa media estratificada está dada por:

$$V(\bar{Y}_j(est.)) = \frac{1}{A^2} \sum_{j=1}^E A_j^2 * V(\bar{Y}_j) \quad (6)$$

Los límites de confianza de la densidad o biomasa media estratificada están dados por:

$$\bar{Y}(est.) \pm t(\alpha, G.L.) * \sqrt{V(\bar{Y}(est.))} \quad (7)$$

en donde  $t$  = valor de t de Student a cierto nivel de significancia (por lo general 95%) y grados de libertad (G.L.).

$$G.L. = \left\{ (\sum n_j) - 1 \right\}$$

$\alpha$  = probabilidad de error aceptable

### 3.7 Aspectos oceanográficos

El área de estudio estuvo comprendida entre los 15°22'21,2" - 15°29'39,4" LS y 75°01'36,6" - 75°12'33,4" LW, abarcando desde Punta San Juan hasta Playa Yanyarina a una distancia aproximada de 2,5 mn de la línea de costa.

En el área evaluada se trazaron seis perfiles principales, equidistantes y perpendiculares a la costa. En cada uno de los perfiles se realizaron cuatro estaciones hidrográficas y entre los perfiles se consideraron dos perfiles más costeros con dos estaciones cada uno, haciendo un total de 46 estaciones (Fig. 05).

Las estaciones fueron ubicadas con un GPS Garmin E-trex Summit HC, se tomaron muestras a dos niveles de profundidad (superficie y fondo); para la

colecta de muestras de agua de la superficie del mar, se utilizó un recipiente de plástico de 12 litros de capacidad y para el nivel del fondo, una botella Niskin.

La actividad de muestreo se realizó siguiendo el “Protocolo para el Monitoreo de Efluentes y Cuerpo Marino Receptor” aprobado según R.M. N°003-2002-PE.

Se describen la metodología analítica empleada para los diferentes parámetros oceanográficos en el presente estudio.

## **Oceanografía química**

### *Nutrientes:*

Las muestras de nutrientes (Fosfatos, Silicatos, Nitratos y Nitritos), fueron analizadas mediante determinación colorimétrica de nutrientes, según metodología descrita en Strickland y Parsons (1972).

### *Clorofila a:*

Para la determinación de clorofila-a se empleó el método fluorométrico Holm Hansen (1965), cuyo procedimiento considera que las muestras de clorofila-a son retenidas en microfiltros de fibra de vidrio de 0,7  $\mu\text{m}$  (Whatman GF/F) filtrando 100 mL de agua de mar, siendo congeladas para su posterior análisis.

Las muestras descongeladas son trituradas en 10 mL de acetona al 90%, se maceran por espacio de tres horas.

El sobrenadante es leído en un fluorómetro Turner Design (Modelo AU-10), previamente calibrado con clorofila-a (Sigma Chemical Co.), enseguida se realiza una lectura agregando 0,15 mL de HCL (10%), las celdas se enjuagan también con 10 mL de acetona al 90%.

#### *Oxígeno disuelto:*

Las concentraciones de oxígeno disuelto, tanto en superficie como en el fondo, fueron determinadas por titulación “*in situ*”, según la metodología de Winkler, modificada por Carrit y Carpenter (1966).

#### *Potencial de iones Hidronio pH:*

El potencial de iones hidronio pH, se determinó electrométicamente mediante el medidor de pH Hanna, modelo HI 9025 con electrodo de pH combinado.

### **Oceanografía física**

#### *Circulación marina:*

Se realizaron mediciones directas de las corrientes marinas, en los niveles de superficie y fondo, haciendo uso del correntómetro Doopler RCM-9.

#### *Temperatura:*

La temperatura superficial se registró con un termómetro de inmersión total, con rango de -8 a +32 °C y con escala de división de 0,1 °C; mientras que, la temperatura de fondo se registró con un termómetro de inversión, con rango de -2 a +32 °C y con escala de división de 0,1 °C.

#### *Salinidad:*

Las determinación de salinidad de las muestras de agua superficial y de fondo se realizaron por inducción, empleando el salinómetro Portasal Guildline 8410A.

## **Oceanografía biológica**

Las muestras de plancton superficial fueron obtenidas con una red estándar de 75 micras de abertura de malla, mediante arrastres horizontales a nivel sub-superficial durante 5 minutos, a una velocidad aproximada de 3 nudos.

Las muestras fueron preservadas con una solución de formaldehído al 2%, siguiendo la metodología descrita en Throndsen (1978) y UNESCO (1981).

Mediante análisis semicuantitativos, se determinaron los volúmenes de plancton, distribución, composición, abundancia y presencia de indicadores biológicos de masas de agua. Los volúmenes de plancton fueron obtenidos por el método de centrifugación a 2400 rpm durante 5 minutos y los resultados se expresan en mililitros por metro cúbico de agua de mar filtrada (mL/m<sup>3</sup>).

V=volumen centrifugado

K=volumen de agua de mar filtrada por la red

Donde  $K=6,6273 \text{ m}^3$ .

Para la determinación taxonómica de los fitopláctones se consultaron los trabajos de Hustedt (1930), Cupp (1943), Hendey (1964), Sournia (1967), Schiller (1971), Sundström (1986), Balech (1988), Thröndsen (1993), Heimdal (1993), Hasle y Syvertsen (1996), Steidinger y Tangen (1996) y Ochoa y Gómez (1997).

### **3.8 Calidad acuática**

#### **Coliformes**

Las muestras de agua de mar para la cuantificación de coliformes totales y coliformes termotolerables se analizaron con el método de Tubos Múltiples (Número Mas Probable) según el Standard Methods for Examination (1995).

## **Metales pesados**

Con la finalidad de determinar el grado de contaminación inorgánica se realizó la colecta de muestras en agua, sedimentos y organismos, para determinar las concentraciones de los contaminantes inorgánicos principales como Cobre (Cu), Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Hierro (Fe), Manganeso (Mn) y Zinc (Zn), en el área de estudio.

La metodología analítica para la determinación de trazas de metales se basó en el método modificado de Eggman y Betzer (1976) y Johnson y Maxwell (1981), que requiere el tratamiento químico para el análisis de trazas de metales por espectrofotometría de absorción atómica; procedimiento que varió según la fuente de análisis:

### *Agua de mar:*

Se empleó la técnica de quelación-extracción con APDC y MIBK. Para el análisis de cobre total se utilizó el método de adición Standard.

### *Sedimentos:*

Previa liofilización (secado en frío) se tamizan por malla Nyltal 100 (149 micras) para luego pasar por una digestión ácida por un sistema de microondas.

### *Organismos:*

El ataque químico se realiza con ácido nítrico concentrado.

Finalmente, las lecturas analíticas de las muestras de agua, sedimento y organismos se realizaron en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica modelo 6701F-Shimadzu con sistema automatizado en horno de grafito y flama.

### **DBO<sub>5</sub>**

La determinación de la demanda bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub>, se realizó empleando el método APHA-AWWA-WEF, SM, 20TH Ed., 1998. Method 5210 B. Biochemical oxygen demand (BOD) 5-day BOD test.

### **Sólidos suspendidos totales**

La determinación gravimétrica de sólidos suspendidos totales se realizó mediante el método APHA-AWWA-WEF, SM, 20TH Ed., 1998. Method 2540 D. Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C.

### **Aceites y grasas**

Se empleó el método gravimétrico para la determinación de aceites y grasas (Environment Water Resources Service, 1976).

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1 Descripción del área de estudio**

La franja costera de San Juan de Marcona se caracteriza por presentar en su mayoría grandes extensiones de arrecifes y acantilados al sur y al norte del distrito, conteniendo una de la más rica biodiversidad de recursos pesqueros de nuestro país; sus playas tanto al sur como al norte del distrito, ofrecen ensenadas y diversidad de hábitats.

El área designada para la ejecución del Programa Piloto Demostrativo, se ubica al sur del distrito, desde los 200 m al sur del muro límite de la guanera hasta la zona conocida como Tres Hermanas, límite con el departamento de Arequipa.

El área de estudio se extiende hasta Yanyarina, localidad en el que tradicionalmente los pescadores artesanales de Marcona ejecutan faenas de pesca y extracción de recursos bentónicos (Fig. 01).

## **4.2 Batimetría**

La mayor parte de la línea costera está conformada por arrecifes, acantilados y escarpas que le dan un perfil variado y único a dicha zona. Desde Punta San Juan hasta Lobo Fino, el borde costero está rodeado de pequeños arrecifes y playas con sustratos arenosos y rocosos, seguido hacia el sur por extensos acantilados y una gran cantidad de ambientes de sustrato duro.

La franja costera hasta las 10 brazas de profundidad no es mayor a media milla náutica, las isobatas de profundidad son bastante regulares, sin mostrar áreas con pendientes batimétricas pronunciadas o áreas amplias de cierta profundidad que formen pampas, siguiendo en todo caso, el mismo patrón batimétrico a lo largo de la zona evaluada (Fig. 06).

## **4.3 Características del fondo marino**

### **Sustratos**

La distribución del sustrato en la zona de estudio estuvo representada principalmente por bloques (58,1%) y arena (32,9%), seguido de canto rodado (3,9%), ripial (2,4%) y piedras (1,8%) (Tabla 01, Fig. 07).

La conchuela representó el 0,9% y no se encontró fango en la zona evaluada (hasta las 10 bz de profundidad) (Tabla 01).

#### *Bloques:*

Desde Punta San Juan hasta Yanyarina, el sustrato duro es el predominante, se encuentra ampliamente distribuido y está representado por islotes, rocas, bajos y fondos compuestos por roca maciza; se le encuentra mezclado con pequeñas porciones de arena media y conchuela (Fig. 08).

Las principales especies asociadas a este tipo de sustrato son *Concholepas concholepas* “chanque”, *Aulacomya ater* “choro”, *Stramonita chocolata* “caracol”, *Fissurella* spp. “lapa”, *Loxechinus albus* “erizo rojo”, *Patallus mollis* “pepino de mar”, *Lessonia trabeculata* “aracanto” y *Macrocystis* spp. “sargazo” (Tabla 01).

#### *Arena:*

La fracción de arena alcanza el 32,9%, estando compuesta principalmente por arena fina (24,3%), seguida de arena media (7,2%) y arena gruesa (1,5%) (Tabla 01).

La mayor distribución de la arena fina se encuentra al norte de la zona evaluada (Sector I), cerca de Punta San Juan, frente a playa Acapulco y las Loberas, donde habita principalmente *Ensis macha* “concha navaja” y *Sinum cymba* “babosa”, la menor distribución se ubicó frente a El Elefante (Tabla 01, Fig. 08).

En este tipo de sustrato habita también *Platyxanthus orbigny* “cangrejo moro” y *Cancer porteri* “jaiva” (Tabla 01).

La arena media se encontró muy dispersa, con importante presencia frente a Yanyarina y a profundidades mayores de los quince metros (Fig. 08).

Se encuentra asociada a fragmentos calcáreos de origen biogénico (restos de conchas de moluscos) y a pequeños fragmentos de roca. En ambientes con este tipo de sustrato se encontró a *Cancer porteri* “jaiva” (Tabla 01).

La arena gruesa fue más escasa, con parches frente a Colorado, Carrizales y frente a Yanyarina, con presencia de *Cancer setosus* “cangrejo peludo” (Tabla 01, Fig. 08).

*Canto rodado, ripial y piedras:*

Las fracciones de canto rodado, ripial y piedras estuvieron distribuidas principalmente en las orillas de la porción central y sur de la zona evaluada, asociadas principalmente a *Loxechinus albus* “erizo rojo”, *Stramonita chocolata* “caracol” y *Macrocystis* spp. “sargazo” (Tabla 01, Fig. 08).

Se les encontró rodeadas de bloques y arena, conformando una diversidad de hábitats, albergando *Platyxanthus orbigny* “cangrejo moro”, *Fissurella* spp “lapa” y *Lessonia trabeculata* “aracanto” (Tabla 01).

### **Materia orgánica total**

El contenido de materia orgánica está asociado con el tipo de sedimento y principalmente a los sustratos blandos, los sedimentos muy finos usualmente contienen los valores más altos de materia orgánica.

El sustrato arena fina se encuentra al norte de la zona evaluada, no habiéndose encontrado fango en el área comprendida hasta las diez brazas de profundidad.

#### **4.4 Comunidad bentónica**

Los análisis efectuados de la macrofauna bentónica corresponden básicamente a una línea batimétrica mayor a los 50 m de profundidad, a excepción de la E9 (10m). Debido a las características propias del área evaluada, se puede observar diferencias entre el extremo norte (Punta San Juan) y el extremo sur (Yanyarina).

Las comunidades en el extremo norte parecen ser más saludables desde el punto de vista ecológico, aunque con menor riqueza específica de especies que en la parte sur en donde se observa una tendencia de incremento de especies pero con dominancia de algunas en particular.

#### **Parámetros biológicos de la macrofauna**

Las estaciones de muestreo de la macrofauna se realizaron a profundidades entre 10 y 70 m (Tabla 02). Fueron registrados en total 32 taxa de la macrofauna, distribuidos en 5 grandes grupos: 22 pertenecientes a la Clase Polychaeta (Phylum Annelida), 03 a la Clase Crustacea (Phylum Arthropoda), 02 a Mollusca, 03 a Nemertinea y 02 a otros grupos, Ophiuroidea y Sipunculida (Tabla 03).

En la Tabla 04 se describe los parámetros de abundancia, peso húmedo y riqueza de especies encontrados en las muestras. El rango de densidad varió de 360 ind.m<sup>-2</sup> (E4, 59m) a 18 440 ind.m<sup>-2</sup> (E24, 70m). La mayor densidad se debió al aporte del crustáceo *Ampelisca araucana* y los poliquetos *Paraprionospio pinnata* y *Chone* sp (Fig. 09).

La biomasa varió de 0,138 g.m<sup>-2</sup> (E9, 10m) a 43,504 g.m<sup>-2</sup> (E18). Las mayores biomásas se debieron al aporte del anfípodo *A. araucana* que como se mencionó antes dominó también numéricamente, y a los poliquetos *Diopatra chilensis* y *Nephtys ferruginea* (Fig. 10).

El número de especies estuvo comprendido entre 03 y 14 spp./0,05 m<sup>2</sup>, en las estaciones E9 y E24 respectivamente (Tabla 05).

El grupo Crustacea y el grupo Polychaeta alcanzaron mayor dominancia numérica con 55,3 % y 41,9% respectivamente (Fig. 11). En biomasa el mayor aporte fue los Polychaeta con el 58,9% del total, seguido de Crustacea con 33,0% (Fig. 12).

Los géneros de la familia Nephtidae (*Nephtys* y *Aglaophamus*) presentaron una mayor frecuencia en la presencia por estación, sin alcanzar abundancias mayores a 1000 ind.m<sup>-2</sup>. *A. araucana* siendo menos frecuente si presentó un alto valor en número de individuos.

Los sabélidos tubícolas *Chone* sp. y *Megalomma* sp. fueron medianamente frecuentes pero con menor abundancia. Finalmente, se determinaron muchas especies muy locales y con baja densidad por metro cuadrado (*Lumbrineris* sp., *Phyllodoce* sp., Ostracoda y Ophiuroidea) (Fig. 13).

### **Diversidad específica**

El índice de diversidad de Shannon que varió de 0,591 - 2,362 bitios ind.<sup>-1</sup> fue mayor en las estaciones E2, E4 y E6. Estos valores coinciden con las mayores equidades respecto a los organismos encontrados y su buena distribución entre los mismos. Contrariamente la E9, que presentó un índice de diversidad bajo, también lo fue en equidad con una relativa dominancia del poliqueto *Tauberia* sp.

Las estaciones al sur del área evaluada (E18 y E24) registraron un índice de diversidad de Shannon entre 1 – 2 bitios ind.<sup>-1</sup> valores que fueron particularmente disminuidos por la alta dominancia de *A. araucana* y *P. pinata* (Tabla 06).

## **Análisis comunitario**

Del análisis efectuado en modo R (entre especies) se establece dos grandes grupos con una disimilitud al 90%. El GE1 está representado por especies exclusivamente de la E24, esto nos sugiere que esta estación frente a playa Yanyarina fue particularmente diferente a las demás estaciones evaluadas (Fig. 14).

La profundidad de muestreo resulta ser un factor importante en esta diferenciación, ya que en este punto se dragó a 70 m de profundidad. Los organismos encontrados son típicos de fondos fangosos muy distintos a los hallados por encima de esta isóbata (estaciones menos profundas <60m) donde caracterizaron a organismos de sedimentos más gruesos.

De las muestras obtenidas, mediante un análisis de clasificación numérica se observó núcleos muy densos en las estaciones E18 y E24 frente a Tres Hermanas y Playa Yanyarina, representados por las especies *A. araucana* y *P. pinnata* (Fig. 15).

En biomasa los núcleos se localizaron entre Punta San Juan y El Elefante (E4 y E6) caracterizados por *D. chiliensis* y *N. ferruginea* (Fig. 15).

## **Curvas de abundancia – biomasa (ABC)**

Un posterior análisis del estado de las comunidades bentónicas en cada una de las estaciones consistió en graficar curvas de abundancia y biomasa acumulada en términos de porcentaje versus el ranking de especies (Fig. 16). Este gráfico es útil para determinar posibles señales de estrés ecológico, como perturbaciones por contaminación.

Curiosamente las estaciones al sur del área evaluada y por debajo de los 50 m presentaron valores negativos en el estadístico de Warwick ( $w$ ), encontrándose las curvas de abundancia por encima de la de biomasa, lo cual es indicativo de perturbación.

Como ya se describió, esto se encuentra fuertemente influenciado por la dominancia numérica de las especies *A. araucana* y *P. pinnata*.

Un caso particular sería la E9 donde la poca diversidad de organismos podría tener relación con la profundidad de la colecta de muestra (10m), muy cercana a la costa frente a Lobo Fino, donde pueda haberse dado algún impacto.

### **Parámetros biológicos megabentónicos**

Fueron registrados en total 113 taxa, 99 pertenecientes a la fauna, distribuidos en 09 grandes grupos: 43 pertenecientes al Phylum Mollusca, 27 a la Clase Crustacea (Phylum Arthropoda), 12 a Echinodermata, 07 a Cnidaria, 04 a Chordata, 03 a la Clase Polychaeta (Phylum Annelida), y 01 para cada uno de los Phylum Brachiopoda, Sipuncula y Nudibranchia. Asimismo, se determinaron 14 taxa pertenecientes al Phylum Algae (Tabla 07, Fig. 17).

El rango de densidad varió de 1 ind.m<sup>-2</sup> a 87 ind.m<sup>-2</sup>. La mayor densidad se debió al aporte de los moluscos *Tegula euryomphalus* y *Turritela* sp., y al erizo negro *Tetrapyrgus niger*. Otro grupo igualmente numeroso fueron las algas pardas del género *Lessonia*.

Los grupos Mollusca y Crustacea alcanzaron mayor dominancia numérica con 38,1 % y 23,9% respectivamente. Los Algae alcanzaron un 12,4% y los Echinodermata el 10,6%. Otros menos frecuentes y de pobre densidad, catalogadas como raras, son los Cnidaria (6,2%), Chordata (3,5) y Annelida (2,7%) (Tabla 07; Fig. 17).

## **Diversidad específica**

El índice de diversidad de Shannon, cuya variación por estaciones de muestreo fue de 0,169 - 3,668 bitios ind.<sup>-1</sup>, presentó el mayor valor en el Sector II (4,863 bitios ind.<sup>-1</sup>), el menor valor correspondió al Sector III, con 3,966 bitios ind.<sup>-1</sup>, siendo para el Sector I 4,609 bitios ind.<sup>-1</sup>, valores que demuestran una alta biodiversidad en la zona de estudio (Tabla 08).

La equidad fue particularmente alta en toda el área de estudio, disminuyendo ligeramente de norte a sur, con valores de 0,768; 0,739 y 0,643 para los Sectores I, II y III, respectivamente (Tabla 08).

## **Análisis comunitario**

El análisis de clasificación por conglomerados (*Cluster análisis*) entre especies comerciales permitió diferenciar al 10 % de similitud; es decir, con una disimilaridad del 90 % la formación de 03 grupos (G) (Fig. 18).

El G1 estuvo caracterizado por especies comerciales que son extraídas principalmente por orilla (*Loxechinus albus*, *Fissurella spp.*, *Macrocystis spp.*, *Acanthopleura echinata* y *Patallus mollis*), el G2 lo conformaron especies que se extraen a bordo y principalmente de fondos duros o asociados a ellos (*Lessonia trabeculata*, *Cancer setosus*, *Concholepas concholepas* y *Stramonita chocolata*), y el G3 por especies de fondos blandos (*Platyxanthus orbigny*, *Ensis macha* y *Sinum cymba*); asimismo, se observó que *Aulacomya ater* y *Cancer porteri* se encuentran aislados de estos grupos, encontrándolos cercanos a la isobata de las 10 bz. (Fig. 18).

### **4.5 Distribución, población y biomasa de especies comerciales**

Se encontraron especies de importancia comercial, con representatividad importante en número y biomasa para describir sus poblaciones.

### ***Lessonia trabeculata***

El promedio del Diámetro Mayor del Disco (DMD) del aracanto, se encontró por debajo de 20 cm en toda el área evaluada, las frecuencias absolutas para un total de 952 plantas medidas, muestran una distribución normal con promedio en 15,8 cm, moda en 13 cm y una desviación estándar de 12,4 (Tabla 09, Fig. 19).

La relación entre el DMD y el peso total, muestra un  $R^2$  de 0,75, cuyos coeficientes a y b se muestran en la Tabla 10 y la Fig. 20.

Se le encontró a lo largo de toda la zona de estudio, entre 1 y 23 m de profundidad, asociado a sustrato duro (bloque, piedras y ripial), su distribución fue limitada tan solo por el tipo de sustrato (Fig. 21). La distribución por densidades y biomasa relativa se muestran en las Figs. 22 y 23.

Se ha estimado una biomasa total en 28,31 t (+/- 11,8%) y la población en 11,8 millones de individuos (+/- 9,3%) (Tabla 11); de los cuales, tan solo 3,6 millones de ejemplares fueron adultos (30,9%) (Tabla 12).

### ***Concholepas concholepas***

El recurso chanque se encontró ampliamente distribuido en la zona de estudio, en profundidades que van desde los 4 hasta los 18 m, asociado a sustrato duro (bloques, roca, bajos, peñas). Se localizó un núcleo importante entre Colorado y Tres Hermanas; así como, frente a Cenicero, Lobo Fino, y Yanyarina, zonas que se caracterizan por presentar numerosos islotes y peñascos a flor de agua, en lugares expuestos a las corrientes marinas, conformando el hábitat preferido de esta especie (Fig. 24). La distribución por densidades y biomasa relativa se muestran en las Figs. 25 y 26.

Se midió un total de 234 ejemplares, cuyo rango de tallas se encontró entre 14 y 125 mm de longitud valvar, media en 97,7 mm, moda en 105 mm y con el 83,8% de ejemplares de talla comercial ( $\geq 80$  mm) (Tabla 09, Fig. 19). La relación longitud-peso total, al 95% de confianza, mostró una  $R^2$  de 0,9353 (Tabla 10, Fig. 20).

La biomasa total fue estimada en 510,1 t ( $\pm 36,2\%$ ) y la población en 2,2 millones de ejemplares ( $\pm 30,0 \%$ ) (Tabla 11).

La población de talla comercial ( $\geq 80$  mm) se calculó en 1,85 millones de ejemplares (83,8 %); mientras que 0,36 millones de ejemplares (16,2 %) fueron menores a la talla mínima de extracción (Tabla 12).

### ***Fisurrella spp.***

Al centro y sur de la zona evaluada, asociados a sustrato duro y en todos los niveles de profundidad (hasta las 10 bz), se encontraron ejemplares de lapa cuya distribución fue limitada únicamente por los tipos de sustrato que conforman la arena y conchuela (Fig. 27).

La distribución por densidades y biomasa relativas se muestran en las Figs. 28 y 29.

La longitud valvar promedio de 371 ejemplares medidos se determinó en 66,4 mm, oscilando entre 7 y 103 mm, con una moda en 72 mm y con el 66,8% de ejemplares de talla comercial ( $\geq 60$  mm) (Tabla 09, Fig. 19). Se obtuvo la relación longitud-peso total, cuyos resultados se resumen en la Tabla 10; Fig. 20.

La biomasa total se estimó en 270,0 t ( $\pm 18,0\%$ ) y la población en 5,7 millones de ejemplares ( $\pm 16,4 \%$ ) (Tabla 11). La población de talla comercial ( $\geq 60$  mm) se calculó en 3,8 millones de ejemplares (66,8 %) (Tabla 12).

### ***Stramonita chocolata***

Los caracoles se encontraron desde Punta San Juan hasta Yanyarina al borde de las 10 bz de profundidad, y en ningún caso a menos de 5 bz, estimándose que su distribución batimétrica, probablemente, sea a mayor profundidad del área de estudio (Fig. 30). La distribución por densidades y biomasa relativas se muestran en las Figs. 31 y 32.

La distribución de las tallas de caracol, en base a 171 ejemplares, mostraron un rango de tallas desde 13 hasta 87 mm de longitud valvar, con media en 47,0 mm, moda en 57 mm y con el 28,1% de ejemplares de talla comercial ( $\geq 60$  mm) (Tabla 09, Fig. 19). La relación longitud-peso total muestra una  $R^2$  de 0,947, al 95% de confianza (Tabla 10, Fig. 20).

Se estimó una biomasa total en 77,4 t ( $\pm 55,8\%$ ) y la población en 2,3 millones de ejemplares ( $\pm 40,6\%$ ) (Tabla 11), de los cuales el 28,1% (0,64 millones de ejemplares) correspondieron a ejemplares de talla comercial (Tabla 12).

### ***Ensis macha***

La concha navaja habita en sustratos de arena fina, cohabita con *Sinum cymba* “babosa” y *Platyxanthus orbigni* “cangrejo moro”, en tres zonas bien definidas, ubicadas en el extremo norte de la zona evaluada, frente a Basural, Cenicero y al sur de Lobo Fino, en ambientes mayores a los 11 m de profundidad (Fig. 33). La distribución por densidades y biomasa relativas se muestran en las Figs. 34 y 35.

La distribución por tallas de los 182 ejemplares de concha navaja medidos, muestran un rango de tallas que va desde los 68 hasta los 158 mm de longitud valvar, con media en 120,0 mm, moda en 116 mm y con el 47,8% de ejemplares de talla comercial ( $\geq 120$  mm) (Tabla 09. Fig. 19).

Los valores estimados de la relación longitud-peso total se alcanzan en la Tabla 10 y Fig. 20. La biomasa total estimada para esta especie se encontró en 89,8 t ( $\pm 53,4\%$ ) y la población en 4,0 millones de ejemplares ( $\pm 54,7 \%$ ) (Tabla 11), calculándose 1,9 millones de ejemplares adultos (Tabla 12).

### ***Cancer setosus***

El crustáceo *Cancer setosus* “cangrejo peludo”, se halló ampliamente distribuido en la zona de estudio, encontrándosele en todo tipo de sustrato, asociado a praderas de *Lessonia trabeculata* y a los bancos de *Ensis macha*, con mayor presencia al centro y norte de la zona evaluada, principalmente desde Punta San Juan hasta Tres Hermanas y en todo el rango de profundidad evaluado (Fig. 36). Las distribuciones por densidades y biomasa relativas se muestran en las Figs. 37 y 38.

Se midieron 178 ejemplares, cuyas tallas estuvieron comprendidas entre 60 y 158 mm del ancho de cefalotorax. Presentó una talla media de 121,8 mm, moda en 140 mm y con el 60,1% de ejemplares de talla comercial ( $\geq 120$  mm) (Tabla 09, Fig. 19). Los resultados de la regresión ancho del cefalotorax-peso total, se muestran en la Tabla 10 y Fig. 20.

Se estimó una biomasa total de 890,1 t ( $\pm 18,1\%$ ) y la población en 3,0 millones de ejemplares ( $\pm 17,0 \%$ ) (Tabla 11), con 1,8 millones de ejemplares adultos (Tabla 12).

### ***Loxechinus albus***

El erizo rojo fue encontrado a profundidades menores de las 5 bz, cercanas al borde costero, asociado a sustratos duros (bloques, piedras, canto rodado y ripial), desde Lobo Fino hasta Yanyarina (Fig. 39). La distribución por densidades y biomasa relativas se muestran en las Figs. 40 y 41.

La distribución por tallas de 277 ejemplares de erizo rojo, se encontraron en un rango de tallas de 16 a 117 mm de diámetro, con media en 76,2 mm, moda en 78 mm y con el 75,5% de ejemplares de talla comercial ( $\geq 70$  mm) (Tabla 09, Fig. 19). Se determinó la regresión diámetro-peso total, obteniéndose un  $R^2$  de 0,975 (Tabla 10, Fig. 20).

Se estimó una biomasa total en 418,0 t ( $\pm 28,7\%$ ) y población en 2,5 millones de ejemplares ( $\pm 26,1 \%$ ) (Tabla 11), con 1,85 millones de ejemplares de talla comercial (Tabla 12).

### ***Patallus mollis***

El pepino de mar se encontró en ambientes someros con presencia de sustrato duro asociado a arena media y conchuela, hasta los 4 m de profundidad, encontrándoseles muy espaciados (Fig. 42). La distribución por densidades y biomasa relativas se muestran en las Figs. 43 y 44.

De un total de 114 ejemplares de pepino de mar medidos, se encontró que las tallas oscilaban entre 7 y 30 cm de longitud, con una talla media de 17,0 cm, moda en 15 cm. (Tabla 09, Fig. 19). Se obtuvo la relación longitud-peso total, con una submuestra de 95 ejemplares, los resultados se resumen en la Tabla 10 y Fig. 20. La biomasa total se estimó en 54,2 t ( $\pm 75,4\%$ ) y la población en 0,4 millones de ejemplares ( $\pm 61,4 \%$ ) (Tabla 11).

### **Otros recursos comerciales**

Asimismo, se elaboraron mapas de distribución de *Macrocystis* spp “sargazo” (Fig. 45), *Aulacomya ater* “choro” (Fig. 46), *Platyxanthus orbigny* “cangrejo moro” (Fig. 47), *Cancer porteri* “Jaiva” (Fig. 48) y *Pyura chilensis* “piure” (Fig. 49).

## 4.6 Parámetros oceanográficos y calidad acuática

### Oceanografía química

*Nutrientes:*

#### Fosfatos

La concentración de fosfatos en el nivel superficial de la zona evaluada presentó valores entre 1,28 y 2,37  $\mu\text{M}$ . Las concentraciones más bajas ( $< 1,5 \mu\text{mol/L}$ ) se ubicaron entre Punta Lobo Fino y Punta Colorada, mientras las concentraciones más elevadas ( $> a 2 \mu\text{mol/L}$ ) se situaron en los extremos del área evaluada, inmediaciones de Punta San Juan y playa Yanyarina (Tabla 13, Fig. 50).

En el nivel de fondo, la concentración de fosfatos fue superior al encontrado en el nivel superficial, con valores  $> a 1,5 \mu\text{mol/L}$ , observándose un núcleo de máxima concentración ( $3,10 \mu\text{mol/L}$ ) a una distancia aproximada de 1,5 mn entre Punta Colorada y Tres Hermanas (Tabla 13, Fig. 51).

#### Silicatos

En la superficie marina predominaron concentraciones de silicatos cercanas a  $5 \mu\text{mol/L}$ , al sur de Punta Colorada hacia la Playa Yanyarina se registraron valores superiores, ubicándose la concentración más elevada para el nivel superficial ( $13,81 \mu\text{mol/L}$ ) en las inmediaciones de playa Yanyarina (Tabla 13, Fig. 52).

En el fondo los silicatos variaron entre  $4,10 - 18,53 \mu\text{mol/L}$ , presentando una distribución ascendente hacia el sur. Los valores más bajos ( $< 10$

$\mu\text{mol/L}$ ) se situaron entre Punta San Juan y la franja costera comprendida entre El Elefante y Punta Colorada (Tabla 13, Fig. 53).

### Nitritos

Los nitritos en la capa superficial de la zona evaluada presentaron concentraciones bajas ( $<$  a  $0,5 \mu\text{mol/L}$ ), excepto la estación 27, ubicada frente a Punta Colorada, que tuvo una concentración de  $0,99 \mu\text{mol/L}$  (Tabla 13, Fig. 54).

En el fondo se apreció una distribución descendente de nitritos hacia la costa, con valores  $<$  a  $0,50 \mu\text{mol/L}$  hasta una distancia de 1 mn (Tabla 13, Fig. 55).

### Nitratos

En el nivel superficial los nitratos presentaron un predominio de concentraciones homogéneas (aprox.  $10 \mu\text{mol/L}$ ) (Tabla 13, Fig. 56).

En el nivel de fondo, la parte norte y central de la zona evaluada (entre Punta San Juan y Punta Colorada) presentaron similares características a las observadas en el nivel superficial; mientras que la parte sur mostró mayores concentraciones, con valores  $>$  a  $15 \mu\text{mol/L}$  en las inmediaciones de playa Yanyarina (Tabla 13, Fig. 57).

### *Clorofila a:*

La clorofila “a” en el nivel superficial presentó valores bajos, con una distribución espacial descendente hacia la costa. Las concentraciones más pobres se ubicaron en la franja costera entre Punta San Juan y Lobo Fino (isolínea de  $0,5 \mu\text{g/L}$ ).

En la zona evaluada predominó la isolínea de 1  $\mu\text{g/L}$ , que se ubicó entre 1 y 1,5 mn de la costa entre Punta San Juan y Punta Colorada, la misma que se encontró más costera en las inmediaciones de la playa Tres Hermanas. La concentración de clorofila “a” en la superficie marina varió entre 0,23 y 1,42  $\mu\text{g/L}$  (Tabla 13, Fig. 58).

En el nivel de fondo los valores de la concentración de clorofila “a” fueron menores a 1  $\mu\text{g/L}$ . La concentración para este nivel presentó una distribución creciente hacia la costa, acorde con una mejor intensidad lumínica en las estaciones más costeras y menos profundas. Para el nivel de fondo los valores de clorofila “a” se encontraron entre 0,03 y 0,54  $\mu\text{g/L}$  (Tabla 13, Fig. 59).

#### *Oxígeno disuelto:*

La concentración de oxígeno disuelto en la superficie marina de la zona evaluada varió de 2,62 a 8,27mg/L. La concentración más baja (2,62 mg/L), se ubicó en las inmediaciones de la zona denominada Lobo Fino y estuvo asociada a la temperatura mínima para el nivel superficial (14,5 °C).

La parte norte de la zona evaluada (entre Punta San Juan y El Elefante) presentó una distribución ascendente de oxígeno disuelto hacia la costa (isolíneas de 5, 6, 7 y 8 mg/L), mientras al sur de Lobo Fino predominaron valores más homogéneos que oscilaron entre 5 y 6 mg/L (Tabla 13, Fig. 60).

En el fondo, el oxígeno disuelto presentó una distribución creciente hacia la costa, lo que tiene relación con la batimetría de la zona evaluada, hallándose valores > a 2 mg/L para profundidades menores a 15 m; mientras que para profundidades mayores a 40 m se registraron concentraciones hipóxicas (< 1 mg/L).

La concentración más baja (0,26 mg/L) se situó a 1,5 mn frente a la zona denominada El Elefante y la concentración más elevada se ubicó en las inmediaciones de Punta Colorada (6,12 mg/L) (Tabla 13, Fig. 61).

#### *Potencial de iones Hidronio:*

El pH en la superficie marina varió de 7,71 a 8,08; los valores más elevados (> 8,00) se ubicaron entre Punta San Juan y El Elefante y estuvieron asociados a concentraciones de oxígeno disuelto > a 8 mg/L. La parte central de la zona evaluada presentó valores de pH más homogéneos, mientras al sur (frente a playa Yanyarina) se observó una ligera disminución (Tabla 13, Fig. 62).

En el fondo el pH varió de 7,45 a 7,91, la distribución de los valores mostraron una tendencia creciente con isolíneas paralelas a la costa (Tabla 13, Fig. 63).

## **Oceanografía física**

#### *Circulación marina:*

##### Circulación superficial (cm/s)

La circulación marina en superficie presentó valores de 0,3 a 10,7 cm/s con un vector de velocidad promedio de 3,5 cm/s (intensidades débiles).

Los flujos predominantes se mostraron con dirección hacia el sureste por fuera de 1 mn entre San Juan y Yanyarina (flujos bien identificados), en tanto que dentro de 1 mn se hallaron pequeños remolinos que circularon en forma anticiclónica entre Punta Colorada – Tres Hermanas y Punta San Juan – El Elefante, debido principalmente a los fuertes vientos que se

presentaron en el área y a la configuración de la costa (bahías semi-cerradas en Tres Hermanas y El Elefante).

Se presentaron tres áreas de circulación débiles: El Elefante, Tres Hermanas y Yanyarina (Fig. 64).

#### Circulación de fondo (cm/s)

La circulación marina en el fondo mostró flujos mejor definidos que en superficie, donde predominaron las corrientes con dirección hacia el sureste por fuera de la media milla, este flujo en su recorrido se mostró con cierto movimiento sinuoso a una mn de la costa entre Punta Colorada y Tres Hermanas.

Al igual que en superficie la zonas de menores velocidades se mostraron entre Punta San Juan - El Elefante, Punta Colorada - Tres Hermanas y frente a Yanyarina. No se apreciaron los remolinos mostrados en superficie (Fig. 65).

#### *Temperatura:*

Los registros de la temperatura superficial del mar (TSM) fluctuaron entre 14,5 y 16,8 °C y no presentaron una distribución uniforme en la zona evaluada. En la zona comprendida entre punta Lobo Fino y la playa Tres Hermanas se ubicaron las temperaturas más elevadas (> 16 °C), mientras que en el resto de la zona evaluada predominaron valores homogéneos, en general, con valores entre 15 °C y 16 °C (Tabla 13, Fig. 66).

El promedio de la TSM para la zona evaluada en el mes de noviembre del 2009 fue 15,9 °C.

En el nivel de fondo los registros de la temperatura mostraron valores homogéneos (entre 13,5 y 15,7 °C), presentando una distribución uniforme, con isotermas paralelas y con valores crecientes hacia la costa. Predominó la isoterma de 14 °C que se ubicó a aproximadamente 1 mn de la línea de costa. Las temperaturas más elevadas (> 15,5 °C) se registraron entre punta Lobo y Punta Colorada (Tabla 13, Fig. 67).

#### *Salinidad:*

Los valores de salinidad en la superficie marina variaron entre 34,766 y 34,983 ups. No se observó una distribución uniforme de la salinidad para el nivel superficial, pero en las inmediaciones de punta Lobo Fino y la playa Tres Hermanas se registraron de manera puntual valores de salinidad menores (< 34,8 ups) a las características para la zona (Tabla 13, Fig. 68). Predominaron salinidades características de Aguas Costeras Frías (ACF), en toda la zona evaluada.

La salinidad en el nivel de fondo presentó una distribución ascendente de oeste a este entre las puntas San Juan y Lobo Fino (isolíneas de 34,8 ups, 34,9 ups y 34,95 ups), mientras en el resto de la zona evaluada predominaron valores de salinidad homogéneos (entre 34,9 y 34,95 ups). En el fondo la salinidad varió de 34,776 a 34,983 ups (Tabla 13, Fig. 69).

### **Oceanografía biológica**

Mediante los análisis semicuantitativos de fitoplancton a nivel superficial se determinaron los volúmenes de plancton, distribución, composición, abundancia y presencia de indicadores biológicos de masas de agua.

Los volúmenes de plancton registraron valores bajos, que fluctuaron entre 0,05 mL/m<sup>3</sup> (Est. 43) y 0,68 mL/m<sup>3</sup> (Est. 6), con valor medio en 0,34 mL/m<sup>3</sup>.

El promedio registrado es significativamente menor al valor promedio de plancton superficial del mar peruano que es mayor a 3,0 mL/m<sup>3</sup>, determinado por ROJAS DE MENDIOLA (1985) (Tabla 14, Fig. 70).

Los volúmenes de plancton estuvieron asociados a la Temperatura Superficial del Mar (TSM) que varió de 15,3 a 16,8 °C (Tabla 14).

Se han determinado 53 especies del fitoplancton marino: 34 diatomeas, 18 dinoflagelados y 01 silicoflagelado. Hubo notoria predominancia del componente zooplanctónico en 91%, seguido de una dominancia compartida entre el fito y zooplancton de 9% respectivamente (Tabla 14).

La estructura de la comunidad fitoplanctonica estuvo representada principalmente por diatomeas neríticas distribuidas en forma homogénea en toda el área evaluada, siendo determinada con abundancia relativa de ABUNDANTE *Coscinodiscus perforatus*, y como ESCASO *Coscinodiscus centralis*, *Chaetoceros eibeinii*, *Chaetoceros debilis* y *Chaetoceros lorenzianus*. Así mismo, se reportaron diatomeas termófilas *Planktoniella sol* y *Thalassiotrix longissima* (Tabla 14).

Los dinoflagelados cosmopolitas aportaron menor número de especies, destacando: *Ceratium furca*, *Ceratium dens*, *Ceratium tripos*, *Protoberidinium conicum*, *P. pentagonum*, entre otras menos abundantes; la abundancia relativa se reportó como ESCASO (Tabla 14).

El grupo de dinoflagelados potencialmente tóxicos como: *Protoberidinium crassipes* y *P. depressum* registraron abundancias relativas de PRESENTE en casi todas las estaciones evaluadas.

Asimismo, hubo notoria presencia organismos del macrozoobentos gelatinoso como: hidromedusas y ctenóforos en las estaciones 1, 9 y 12, asociados al componente zooplanctónico representado por Copépodos,

estadios naupliares y huevos de copépodos, anfípodos estadios naupliares, larvas de moluscos bivalvos, tintinidos, materia orgánica en suspensión – detritus y restos de ecdisis observados en todas las estaciones evaluadas (Tabla 14).

El dinoflagelado *Protoperidinium obtusum*, organismo indicador de ACF, fue reportado en 55% de las estaciones, registrando abundancia relativa de PRESENTE (Tabla 14).

#### **4.7 Calidad acuática**

##### **Coliformes totales y termotolerantes**

De las 24 estaciones evaluadas, 02 estaciones ubicadas en las inmediaciones de Punta San Juan y Punta Colorada superaron el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para coliformes totales y 01 para coliformes termotolerables, respecto a la Categoría 2 (Actividades Marino Costeras), Sub Categoría 3 (Otras actividades).

Más del 90% de las estaciones evaluadas tuvieron concentraciones <30 NMP/100 mL, indicando que la mayor parte de la zona evaluada se encuentra libre de contaminantes fecales (Tabla 15).

##### **Metales pesados**

*Agua de mar:*

La Tabla 16 muestra los resultados de los metales totales en agua de mar a nivel superficial y de fondo.

Los valores de cadmio y hierro estuvieron por debajo del límite de detección del método.

## Cobre

La variación de la concentración de cobre total en agua de mar a nivel superficial fue de 0,0070 a 0,0152 mg/L (Tabla 16), registrándose la más alta en la estación 20.

A nivel de fondo las concentraciones variaron de 0,0080 a 0.0226 mg/L de cobre total encontrándose el mayor nivel en la estación 23.

Los valores registrados muestran niveles por debajo a lo establecido para los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático que estipula 0,05 mg/L).

La Fig. 71 muestra la distribución horizontal de cobre total a nivel superficial, las concentraciones se presentan homogéneas en varios grupos debido a la presencia de islotes a lo largo del área evaluada. A nivel de fondo (Fig. 72), los valores de la zona sur (Yanyarina) se concentran hacia las estaciones más costeras.

## Plomo

La variación de la concentración de plomo total en agua de mar a nivel superficial fue de 0,0008 a 0,0035 mg/L (Tabla 16), registrándose la más alta en la estación 19. A nivel de fondo las concentraciones variaron de 0,0009 a 0.0032 mg/L de plomo total encontrándose el mayor nivel en la estación 23.

El 100% de los valores registrados muestran niveles por debajo de lo establecido para los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático que estipula 0,0081 mg/L).

Las Figs. 73 y 74 muestran la distribución horizontal de plomo total. A nivel de superficie las concentraciones se presentan distribuidas en grupos por la presencia de los islotes. Las concentraciones de fondo tienden a incrementarse hacia las estaciones más costeras.

### Cadmio

Los valores de cadmio total, a nivel de superficie y fondo, estuvieron por debajo de los límites de detección del método ( $< 0,0005$  mg/L). Por tanto, son valores por debajo de lo establecido para los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático que estipula  $0,005$  mg/L) (Tabla 16).

### Hierro

Los valores de hierro total, a nivel de superficie y fondo, se registraron por debajo de los límites de detección del método ( $< 0,0004$  mg/L) (Tabla 16).

### *Sedimentos:*

En la Tabla 17, se muestra los resultados de los metales totales en sedimentos superficiales.

### Cobre

La mayor concentración de cobre total ( $25,69$   $\mu\text{g/g}$ ) se detectó en la estación 2, a una profundidad de  $48,0$  m. El rango de valores de cobre varió de  $6,57$  a  $25,69$   $\mu\text{g/g}$ . (Tabla 17).

Estos valores no superaron los Estándares Canadienses de Calidad para Sedimentos Marinos ( $108$   $\mu\text{g/g}$ ) estipulado por la Canadian Environmental

Quality Guidelines (Summary of Existing Canadian Environmental Quality Guidelines, December 2003).

La distribución horizontal de cobre total muestra que los mayores niveles de cobre se encuentran hacia la zona de Punta San Juan (Fig. 75).

### Cadmio

La mayor concentración de cadmio total (2,37  $\mu\text{g/g}$ ) se detectó en la estación 24 a una profundidad de 70,0 m (Tabla 17). El rango de valores de cadmio varió de 0,14 a 2,37  $\mu\text{g/g}$ .

El total de los valores registrados en las diferentes evaluaciones realizadas en el 2010 no superaron al Nivel de Efecto Probable de 4,2  $\mu\text{g/g}$  estipulado por la Canadian Environmental Quality Guidelines (Summary of Existing Canadian Environmental Quality Guidelines, December 2003).

La Fig. 76 muestra la distribución horizontal de cadmio en sedimentos superficiales. Las mayores concentraciones de cadmio tienden a dirigirse hacia la zona sur del área evaluada (Playa Yanyarina).

### Plomo

La mayor concentración de plomo total (1,52  $\mu\text{g/g}$ ) se detectó en la estación 24 a una profundidad de 70,0 m. (Tabla 17). El rango de valores de plomo varió de 0,66 a 1,52  $\mu\text{g/g}$ .

Este valor no superó el Valor de Efecto Mínimo de 30,2  $\mu\text{g/g}$  estipulado por la Canadian Environmental Quality Guidelines (Summary of Existing Canadian Environmental Quality Guidelines, December 2003),

significando con ello que la bahía presenta niveles adecuados de plomo para el medio marino.

La Fig. 77 muestra la distribución horizontal de plomo con concentraciones crecientes hacia la zona sur (Playa Yanyarina).

### Hierro

La mayor concentración de hierro total (1,54 %) se detectó en las estaciones 18 y 24 a una profundidad de 55,0 m y 70,0 m, respectivamente (Tabla 17). El rango de valores de hierro varió de 1,03 a 1,54 %. La distribución horizontal muestra valores crecientes de hierro hacia la zona sur, del área evaluada (Fig. 78).

### Manganeso

La mayor concentración de manganeso total (237,23 µg/g) se detectó en la estación 2, a una profundidad de 48,0 m (Tabla 17). El rango de valores de manganeso varió de 180,27 a 237,23 µg/g.

La Fig. 79 muestra la distribución horizontal de manganeso en sedimentos superficiales con una gradiente de concentración hacia el norte de la zona evaluada.

### Zinc

La mayor concentración de zinc total (46,68 µg/g) se detectó en la estación 24, a una profundidad de 70,0 m. (Tabla 17). El rango de valores de zinc registrado varió de 27,46 a 46,68 µg/g.

El total de los valores registrados no superaron el Valor de Efecto Mínimo (124,0 µg/g) estipulado en la Canadian Environmental Quality Guidelines

(Summary of Existing Canadian Environmental Quality Guidelines, December 2003), lo que indica que no hay afectación al medio marino por este metal.

La Fig. 80 muestra la distribución horizontal de zinc en sedimentos con niveles crecientes tanto hacia la zona norte como sur del área evaluada.

#### *Organismos:*

La Tabla 18 muestra los niveles de metales pesados en moluscos y equinodermos colectados por buceo en tres puntos del área de muestreo.

#### Cobre

El pulpo (tentáculos y manto) y el choro (cuerpo eviscerado) presentaron valores elevados de cobre total (Fig. 81), valores que superaron los 10,0  $\mu\text{g/g}$  estipulado por la FAO (1983).

#### Cadmio

Los niveles de cadmio registrados en almeja, navaja, choro y pulpo (Fig. 82), no superaron lo estipulado por la Comisión Europea (2001) cuyo valor estricto para moluscos bivalvos y cefalópodos es de 1,0  $\mu\text{g/g}$  peso fresco = 4,0  $\mu\text{g/g}$  peso seco.

#### Plomo

Los niveles de plomo registrados en almeja, navaja y choro (Fig. 83), no superaron lo estipulado por la Comisión Europea (2006) cuyo valor estricto para moluscos bivalvos es de 1,5  $\mu\text{g/g}$  peso fresco = 6,0  $\mu\text{g/g}$  peso seco.

Para los cefalópodos como el pulpo el nivel recomendado por la Comisión Europea (2001) es de 1,0 µg/g peso fresco=4,0 µg/g, nivel no superado.

### Hierro

Las concentraciones de hierro se encontraron por debajo del límite de detección del método (< 0,006 µg/g), excepto para el cuerpo total del choro (0,007 µg/g) (Tabla 18).

### **DBO<sub>5</sub>:**

El parámetro DBO<sub>5</sub> presentó concentraciones en el rango 1,00 – 4,25 mg/L. Predominaron valores menores a 2 mg/L y la concentración más elevada se ubicó a 1,5 mn al suroeste de playa Yanyarina. Ningún valor llegó a superar el valor de referencia del Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua - Categoría 2 (Actividades Marino Costeras), Sub Categoría 3 (Otras actividades) vigente (10 mg/L), según DS N°002-2008-MINAM (Tabla 15, Fig. 84).

### **Sólidos suspendidos totales**

La concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en el nivel superficial fluctuó en el rango 17,01 – 65,25 mg/L. Las concentraciones más elevadas (>50 mg/L) se ubicaron entre Punta San Juan y El Elefante, mientras en la parte central de la zona evaluada predominaron valores < a 40 mg/L (Tabla 15, Fig. 85).

En el nivel de fondo la concentración de SST fue más homogénea, con valores entre 21,17 y 49,55 mg/L. Los resultados de SST cumplieron con el valor de referencia para el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para agua en la Categoría 2 8 (Actividades Marino Costeras), Sub Categoría 3 (Tabla 15, Fig. 86).

## **Aceites y grasas**

Los resultados de la determinaciones analíticas del parámetro Aceites y Grasas en el área marino costera entre Punta San Juan y Playa Yanyarina presentaron valores dentro del rango 0,1 - 1,0 mg/L y tuvieron un promedio de 0,4 mg/L (Tabla 15).

Los niveles del material orgánico extractable en hexano (Aceites y Grasas) se encuentran en un 100% dentro de lo estipulado en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 2: Actividades Marino Costeras (que establece el valor de 1,0 mg/L). Sin embargo, en la estación 21 (1mg/L), se evidencia cierta actividad antropogénica, ya que presentó una concentración muy próxima al ECA de referencia (Tabla 15, Fig. 87).

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se encontró una diversidad de comunidades bentónicas y hábitats en equilibrio, mostrando ambientes sin evidencias de estrés.

Las poblaciones y biomasa estimadas de recursos bentónicos de importancia comercial; asociados a fondos duros y blandos, muestran disponibilidad para desarrollar planes de manejo multiespecíficos e integrales, que aseguren su sostenibilidad.

El área evaluada no presentó mayor impacto en su medio marino, apreciándose que sus parámetros de calidad no superaron lo permitido por la Ley General de Aguas y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 2, Actividades Marino Costeros.

Las concentraciones de metales pesados en agua, sedimentos y organismos, en general, no superaron los niveles establecidos para los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Categoría 2: Actividades Marino Costeras) y lo

estipulado en la Tabla de Protección Costera de los Estados Unidos, Comisión Europea y la FAO.

Para asegurar la sostenibilidad de la actividad pesquera artesanal, es recomendable que la comunidad de pescadores artesanales de Marcona desarrollen sus actividades de pesca y extracción, en concordancia con los planes de manejo multiespecíficos e integrales que se elaboren en base a este estudio.

## **VI. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

ALAMO V., & VALDIVIESO V. 1987. Lista Sistemática de Moluscos Marinos del Perú. Inst. Mar Perú, Boletín Volumen Extraordinario. 205 pp.

APHA-AWWA-WPCF. 1999. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th Ed. New York.

BALECH, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Public. Espec. Inst. Español de Oceanog. España. 310 pp.

BARNARD, J. 1954. Amphipoda of the family Ampeliscidae collected in the Eastern Pacific Ocean by the VELERO III and VELERO IV. Allan Hancock Pacific Expeditions, 18(10): 1-137.

BARNES, R. 1982. Zoología de Invertebrados. 4ta Edición. Nueva Editorial Interamericana, 1157pp.

BAZIGOS, G.P. 1981. El diseño de reconocimiento de pesca con redes de arrastre. FAO. Com. Coord. Invest. Cient. (COCIC-CPPS). 24-28 noviembre 1980. Lima, CPPS. Series Seminarios y Estudios, 3:1-17.

CANADIAN ENVIROMENTAL QUALITY GUIDELINES. Summary table. December, 2003.

- CARRIT, D. & J. CARPENTER. 1966. Comparison and evaluation of currently employed modification of the Winkler Method for determining dissolved oxygen in sea water. *J. Mar. Res.* 24:286-318.
- CARVER, R. 1971. *Procedures in sedimentary Petrology*. University of Georgia. Athens, Georgia. 655 pp.
- CHAVEZ SALCEDO, G. 1978. Elementos de oceanografía “Movimientos del mar y sedimentos”, Pág. 41-44. Ed. Continental S.A., Mexico, Tercera edición.
- CHIRICHIGNO, N. 1970. Lista de crustáceos del Perú (Decapoda y Stomatopoda). *Inf. Inst. Mar Perú*, 35: 1-237.
- COMISION EUROPEA. 2001. Reglamento (CE) N° 466/2001 de la Comisión de 8 de marzo de 2001 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, L (77): 8, 10.
- COMISION EUROPEA. 2006. Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión de 19 de enero de 2006 por el que se modifica el Reglamento (CE) N° 466/2001 en lo referente a los metales pesados. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L (16).
- CUPP, E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *Bull. Scripps Inst. Oceangr.* 5: 1-237.
- CUSHING D. H., 1975. Ecología Marina y Pesquería “Ciclo de producción en áreas de afloramiento y el papel de los nutrientes”, Ed. Acribia, Zaragoza España, Pág. 23-55.
- DEAN, W. 1974. Determination of Carbonate and Organic matter in calcareous sediments and rocks by loss on ignition: Comparison with others methods. In: *Jour. Sed. Petrology* 44 (1): 242-248.
- ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

- FAUCHAL, K. 1977. The Polychaete worms. Definitions and keys to the order, families and genera. University of Southern California. Science, Series 28: 1-188.
- FOLK, R. 1954. The distinction between grain size parameters and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. J. Geol., 62, 334-359.
- GRASSHOFF, K. 1999. Methods of seawater Analysis. Verlag Chemie. Germany.
- HASLE, G. & E. SYVERTSEN. 1996. Marine diatoms. In: Tomas C. (ed.). Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc. San Diego. 1-383 pp.
- HEIMDAL, B.R. 1993. Modern Coccolithophorids. In C.R. Tomas, Ed., Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press, Tokyo.
- HENDEY, I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British Coastal waters. Part. V. Bacillariophyceae (Diatoms). Her Majesty's Stationery Office, London: 317 pp.
- HOBSON, K. & K. BANSE. 1981. Sedentary and archannelid polychaetes of British Columbia and Washington. Bull. Fish. Aquat. Sci., 209: 1-144.
- HOLM-HANSEN, A., LORENZEN, O., COLMES R., STRICKLAND, J. 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la mer 30, 3-15.
- HUSTEDT, F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands. Oesterreichs und der Schweiz mit Beruecksichtigung der uebrigen Lander Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. En: L. Rabenhorst (ed). Kryptogamen-Flora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz. 1 Teil. Akat. Verlags. New York 1971. 1971: 920 pp. 8.
- IMARPE, 2007a. Estudio de Línea Base de las Áreas de Vila Vila y Quebrada de Burros – Región Tacna. Inst. Mar. Per. Ilo - Perú. 54 pp.

- IMARPE, 2007b. Estudio de Línea Base del ámbito marino de la bahía de Sechura. Inst. Mar. Per. Piura - Perú. 116 pp.
- IMARPE, 2007c. Estudio de Línea Base en el ámbito marino de la bahía Tortugas. Inst. Mar. Per. Ancash - Perú. 98 pp.
- IMARPE, 2009. Estudio de Línea Base en el ámbito marino del área sur de bahía El Ferrol. Inst. Mar. Per. Chimbote - Perú. 78 pp.
- IMARPE, 2009. Estudio de Línea Base en el ámbito marino de bahía de Samanco. Inst. Mar. Per. Chimbote - Perú. 96 pp.
- IMARPE-ITP, 1996. Compendio tecnológico pesquero de las principales especies hidrobiológicas comerciales del Perú, la macha, pag. 121-124.
- INGRAM, R. 1971. Sieve Analysis. In: procedures in Sedimentary Petrology. Eds. Carver, RE, de. Cap.3. P.49-67. New York.
- INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, 1994. Diagnóstico, Evaluación y Manejo de la Principales Pesquerías Bentónicas de la IV Región. Volumen I. 102 pp.
- MARGALEF, R., 1974. Ecología "El sustrato sólido", Pág. 213-227, Ed. Omega S.A. Barcelona.
- OCHOA, N & O. GOMEZ. 1997. Dinoflagelados de mar peruano como indicadores de masas de agua durante los años 1982 a 1985. Bol. Inst. Mar Perú. Vol. 16 N° 2.
- SCHILLER, J. 1971. Dinoflagellate (peridinae) in monogra-phischer Behandlung.2 Tell. En: L. Rabenhortst (ed). Kriptogamen-Flora von Deutchland, Osterreich und der Schweiz. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, 1971, Vol. 10 Section 3, Parte 1: 617 pp.
- SNEATH, P. & R. SOKAL. 1973. Numerical taxonomy. W. H. Freeman, San Francisco. 571pp.

- SOURNIA, A. 1967. Le genre *Ceratium* (Peridinien planctonique) dans le canal de Mozambique. Contribution á une révision mondiale. *Vie Milieu*, ser. A18 (2,3, A): 375-499.
- STANDARD METHODS 1999. For the examination of water and wastewater. 20th Edition. Apha-AWWA- WPCF.
- STEIDINGER K. y K. TANGEN. 1996. Dinoflagellates. In: Tomas C. (ed.). *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Academic Press, Inc. San Diego, 1996. 387-570 pp.
- STRICKLAND, J. & PARSON T. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*, vol. 167
- SUNDSTRÖM, B. 1986. The Marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Lund, Sweden: 196 pp.
- THRONDSSEN, J. 1978. Preservation and storage. In: Sournia A (ed) *Phytoplankton manual*. UNESCO Paris, p 69-74.
- THRONDSSEN, J. 1993. The planktonic marine flagellates. In: C.R. Tomas (ed.). *Marine phytoplankton, a guide to naked flagellates and coccolithophorids*. Academic Press, San Diego, pp. 87-96.
- UNESCO 1981. Programa de plancton para el Pacífico Oriental. Informes de la UNESCO sobre ciencias del mar. *Inst. Mar Perú*, 11:25-26. Callao.
- VALDIVIESO, V. & ALARCÓN, H. 1985. Comportamiento del ciclo sexual y cambios en la abundancia relativa de la concha de abanico *Argopecten putpuratus*, en el área del Callao durante el fenómeno El Niño 1982-83. *Cienc. Technol. Agres. Ambient. El Niño*, 455-482.
- VELAZCO, F. & SOLIS, J. 2000. Estudio sedimentológico de la Bahía de Paracas Inf. *Prog. Instituto Mar Perú-Callao*. (133).