

# BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458-7766

VOLUMEN 33, Número 1



Enero - Junio 2018  
Callao, Perú



PERÚ

Ministerio  
de la Producción

## EL INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ (IMARPE)

### tiene cuatro tipos de publicaciones científicas:

**BOLETÍN (ISSN 0458-7766), desde 1964.-** Es la publicación de rigor científico, que constituye un aporte al mejor conocimiento de los recursos acuáticos, las interacciones entre éstos y su ambiente, y que permite obtener conclusiones preliminares o finales sobre las investigaciones. El BOLETÍN constituye volúmenes y números semestrales, y la referencia a esta publicación es: **Bol Inst Mar Perú**.

**INFORME (ISSN 0378 – 7702), desde 1965.-** Es la publicación que da a conocer los resultados preliminares o finales de una operación o actividad, programada dentro de un campo específico de la investigación científica y tecnológica y que requiere difusión inmediata. El INFORME ha tenido numeración consecutiva desde 1965 hasta el 2001, con referencia del mes y el año, pero sin reconocer el *Volumen*. A partir del 2004, se consigna el *Volumen 32*, que corresponde al número de años que se viene publicando, y además se anota el fascículo o número trimestral respectivo. La referencia a esta publicación es: **Inf Inst Mar Perú**.

**INFORME PROGRESIVO, desde 1995 hasta 2001.** Una publicación con dos números mensuales, de distribución nacional. Contiene información de investigaciones en marcha, conferencias y otros documentos técnicos sobre temas de vida marina. El INFORME PROGRESIVO tiene numeración consecutiva, sin mencionar el año o volumen. Debe ser citado como Inf Prog Inst Mar Perú. Su publicación ha sido interrumpida.

**ANUARIO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO IMARPE (ISSN 1813-2103) desde 2004.-** Es una publicación anual que se considera un RESUMEN DE LOS INFORMES DE LAS DIRECCIONES Y DE LAS SEDES DESCENTRALIZADAS DEL IMARPE durante un año calendario. Estos resultados se editan para su difusión y conocimiento de la comunidad científica y empresarial. La referencia a esta publicación es Anu. cient. tecnol. IMARPE, seguida del año. Para el volumen 17 será *Anu cient tecnol IMARPE Vol 17, 2018*

## The PERUVIAN MARINE RESEARCH INSTITUTE (IMARPE)

### has four types of scientific publications:

**BOLETÍN (ISSN 0458-7766) (IMARPE BULLETIN).- Published since 1964.** This is a strictly scientific journal that provides information as a contribution in the field of aquatic resources and the interactions between these and their environment. It also presents preliminary or final conclusions on these investigations. The BOLETÍN is published and numbered in volumes by semesters, and its reference will be: **Bol Inst Mar Peru**.

**INFORME (ISSN 0378-7702) (IMARPE REPORT).- Published since 1965.** These journals contain preliminary or final results of research activities within a specific scientific and/or technological field that requires immediate circulation. During 31 years the INFORME has had consecutive numeration from N° 1 until N° 164, without correspondence between the volume and publication year. Beginning in 2004, quarterly numbers are being published beginning with Volume 32, which corresponds to the number of years since being in print. The reference will be **Inf Inst Mar Peru**.

**INFORME PROGRESIVO (IMARPE PROGRESSIVE REPORT).- Published between 1995 and 2001.** This is a report that is published bimonthly and distributed nationally. It contains technical information pertaining to ongoing research, conferences and other documents of interest related to marine life in general. These reports have had consecutive numeration from N° 1 to N° 159), including the month of the year, but not the volume number. At this time, the publication of these reports has been interrupted. It must be mentioned as **Inf Prog Inst Mar Peru**.

**ANUARIO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO IMARPE (ISSN 1813-2103) (IMARPE SCIENTIFIC and TECHNOLOGICAL YEARBOOK).- Published since 2004.** This is a yearly Publication edited as a *SUMMARY of the REPORTS OF THE DIVISIONS AND OF THE REGIONAL HEADQUARTERS OF THE PERUVIAN MARINE RESEARCH INSTITUTE (IMARPE)*, published each year, and distributed among the scientific and professional community in general. The reference to this publication will be **Anu cient tecnol IMARPE**, following the year. For volume 17, it will be *Anu cient tecnol IMARPE Vol 17, 2018*

# BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458-7766

VOLUMEN 33, Número 1



Enero - Junio 2018  
Callao, Perú



PERÚ

Ministerio  
de la Producción

**BOLETÍN IMARPE ISSN 0458-7766**

**Bol Inst Mar Perú Vol 33 N° 1, Enero - Junio 2018**



**PORTADA:** *Cardissoma crassum* "cangrejo sin boca" (1), *Ocypode gaudichaudii* "cangrejo carretero" (2)

**FOTO:** (1) Blgo. Elmer Ordinola, (2) Blgo. Ruslan Pastor

**ILUSTRACIÓN:** VIOLETA VALDIVIESO MILLA, ARTURO SANDOVAL NAVARRO

© 2018 Instituto del Mar del Perú (IMARPE)

Esquina Gamarra y General Valle s/n

Casilla postal 22. Callao, Perú

Teléfono 208 8650

Fax: 429.9811

C. electrónico: [imarpe@imarpe.gob.pe](mailto:imarpe@imarpe.gob.pe)

---

#### Consejo Directivo IMARPE 2018

##### **PRESIDENTE**

Valm. AP (r) JAVIER GAVIOLA TEJADA

##### **DIRECTOR EJECUTIVO CIENTÍFICO**

BLGO. RENATO GUEVARA CARRASCO

##### **COMITÉ EDITORIAL**

##### **COORDINADORA**

BLGA. SULMA CARRASCO BARRERA

##### **EDITOR A**

VIOLETA VALDIVIESO MILLA

##### **Co-EDITOR A**

SOLEDAD GUZMÁN CÁRDENAS

##### **DIAGRAMACIÓN**

ARTURO SANDOVAL NAVARRO

---

#### Indizada en Aquatic Science Fisheries Abstracts (ASFA)

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2013-19833

Reservados todos los derechos de reproducción, publicación

total o parcial, los de traducción y de la página Web.

Tiraje: 500 ejemplares

Terminado de imprimir:

---

Distribución: canje, suscripción o compra

---

Av.

Telef. Central

Correo electrónico:

---

La información estadística, los mapas, figuras, términos y designaciones empleados en esta publicación científica son referenciales, no tienen valor oficial, y son de completa responsabilidad de los autores.

# INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

## BOLETÍN

ISSN 0458-7766

Volumen 33, Número 1, Enero - Junio 2018  
[Bol Inst Mar Perú 33 (1)]

### CONTENIDO

1. **Monitoreo de las aguas residuales vertidas en la Bahía del Callao utilizando imágenes Landsat (1985-2015)**  
*Monitoring of wastewater discharged into the Callao bay using Landsat images (1985-2015)*  
GERMAN VELAUCHAGA, CARLOS PAULINO, HAN XU, EDWARD ALBURQUEQUE .....5
2. **Caracterización de folículos post-ovulatorios de la anchoveta peruana *Engraulis ringens* en cautiverio**  
*Characterizing post-ovulatory follicles of anchoveta *Engraulis ringens* in captivity*  
BETSY BUITRÓN, ÁNGEL PEREA, J. SÁNCHEZ, CARLOS ESPINOZA..... 13
3. **Método indirecto para evaluación de distribuciones poblacional y por tallas y patrón de actividad del cangrejo carretero *Ocypode gaudichaudii* (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) en Tacna, 2010 - 2013**  
*Indirect method for the assessment of population and size distributions and activity pattern of the ghost crab *Ocypode gaudichaudii* (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) in Tacna, 2010 - 2013*  
RUSLAN PASTOR, ALEX TEJADA, FABIOLA ZAVALAGA..... 25
4. **Experiencias en el uso de nasas para la pesca de langosta espinosa *Panulirus gracilis* en la Región Tumbes, Perú**  
*Experiences in the use of lobster traps for the fishing of spiny lobster *Panulirus gracilis* in the Tumbes Region, Peru*  
PAOLA CISNEROS, MANUEL VERA, KELLY ORTEGA-CISNEROS ..... 35
5. **Algunas características biológico poblacionales del cangrejo sin boca *Cardisoma crassum* (Crustacea: Gecarcinidae) en los manglares de Tumbes, Perú**  
*Some biological population characteristics of mouthless land crab *Cardisoma crassum* (Crustacea: Gecarcinidae) in the mangroves of Tumbes, Peru*  
SOLANGE ALEMÁN, PAOLA CISNEROS, ELMER ORDINOLA, MANUEL VERA, PERCY MONTERO ..... 43
6. **Variación interanual de los parámetros biológicos del pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el Lago Titicaca (lado peruano), periodo 2009 – 2015**  
*Interannual variation of the biological parameters of silverside *Odontesthes bonariensis* in Titicaca Lake (Peruvian side), period 2009 – 2015*  
STIVE FLORES-GÓMEZ ..... 53
7. **Características del fitoplancton del mar peruano. Verano 2014, Crucero 1402-04**  
*Characteristics of the phytoplankton on the Peruvian sea. Summer 2014, Cruise 1402-04*  
ELCIRA DELGADO LOAYZA ..... 65

|   |     |
|---|-----|
| <b>8. El fitoplancton en invierno 2014. Crucero de estimación de biomasa desovante de anchoveta peruana</b><br><i>The phytoplankton in winter 2014. Survey cruise estimating spawning biomass for anchoveta</i>   |     |
| AVY BERNALES, FLOR CHANG.....   | 73  |
| <b>9. Crecimiento y tasas fisiológicas de chita <i>Anisotremus scapularis</i> (Tschudi, 1846): Bases técnicas para cultivo</b><br><i>Growth and physiological rates of Peruvian grunt <i>Anisotremus scapularis</i> (Tschudi, 1846): Technical bases for cultivation</i>  |     |
| JHON DIONICIO-ACEDO, MARYANDREA ROSADO-SALAZAR, FERNANDO GALECIO-REGALADO,<br>ARTURO AGUIRRE-VELARDE.....   | 79  |
| <b>10. Diversidad densidad y distribución vertical de la meiofauna bentónica en sedimentos fangosos frente a Perú central (12°S)</b><br><i>Diversity, density and vertical distribution of benthic meiofauna in muddy sediments of Central Peru (12°S)</i>  |     |
| VÍCTOR ARAMAYO.....   | 90  |
| <b>11. Abundancia meiofaunal en sedimentos arenosos de una bahía somera, costa central peruana</b><br><i>Meiofaunal abundance inhabiting sandy sediments in a shallow-water bay at Central Peru</i>   |     |
| VÍCTOR ARAMAYO.....   | 98  |
| <b>12. Nota Científica: Registro de <i>Lophoura unilobulata</i> (Copepoda: Sphyriidae), mesoparásito de <i>Nezumia stelgidolepis</i> (Gadiformes: Macrouridae) en aguas profundas de la costa norte de Perú</b><br><i>Record of <i>Lophoura unilobulata</i> (Copepoda: Sphyriidae), mesoparasite of <i>Nezumia stelgidolepis</i> (Gadiformes: Macrouridae) in deep waters of the northern coast of Peru</i> |     |
| FABIOLA ZAVALAGA, JHON CHERO .....  | 108 |
| Instrucciones para los autores .....  | 112 |

# MONITOREO DE LAS AGUAS RESIDUALES VERTIDAS EN LA BAHÍA DEL CALLAO UTILIZANDO IMÁGENES LANDSAT (1985-2015)

## MONITORING OF WASTEWATER DISCHARGED INTO THE CALLAO BAY USING LANDSAT IMAGES (1985-2015)

German Velaochaga<sup>1</sup>  
Han Xu

Carlos Paulino  
Edward Alburqueque

### RESUMEN

VELAOCHAGA G, PAULINO C, XU H, ALBURQUEQUE E. 2018. Monitoreo de las aguas residuales vertidas en la bahía del Callao utilizando imágenes Landsat (1985-2015). *Bol Inst Mar Perú*. 33(1): 5-12.- Se procesaron imágenes Landsat desde 1985 hasta el 2015 en la zona ubicada entre los ríos Rímac y Chillón, para realizar el monitoreo e identificar los sólidos suspendidos provocados por los colectores residuales y vertederos de los ríos. Se observó aumento de temperatura de hasta 2 °C en zonas con alta concentración de residuos mediante la banda visible y térmica del satélite. Se identificó que después de la construcción del colector submarino se presentaron diferencias de coloración y temperatura con respecto a sus alrededores, además mediante una gráfica de firmas espectrales se comprobó que los residuos causaban un incremento de reflectancia entre los rangos 600-700 nanómetros. Finalmente se encontró alta correlación ( $R=0,951$ ) entre la temperatura in-situ y satelital, lo cual indica que con las medidas del satélite se puede estimar con precisión los valores reales de la temperatura superficial del mar.

PALABRAS CLAVE: Aguas residuales, bahía del Callao, imágenes Landsat, 1985-2015

### ABSTRACT

VELAOCHAGA G, PAULINO C, XU H, ALBURQUEQUE E. 2018. *Monitoring of wastewater discharged into the Callao bay using Landsat images (1985-2015)*. *Bol Inst Mar Peru*. 33(1): 5-12.- Landsat images were processed from 1985 to 2015 between the Rimac and Chillon rivers, in order to monitor and identify the suspended solids originated by the waste collectors and landfills located on the aforementioned rivers. An increase in temperature of up to 2 °C was observed in areas with a high concentration of waste through the visible and thermal band of the satellite. It was identified that after the construction of the submarine collector, differences of coloration and temperature appeared. In addition, by means of a graph of spectral signatures it was possible to verify that the residues caused an increase of reflectance between the ranges of 600-700 nanometers. A high correlation ( $R = 0.951$ ) was found between the *in situ* and satellite temperatures, which indicates that by using the measurements of the satellite, the real values of the sea surface temperature can be accurately estimated.

KEYWORDS: wastewater, Callao bay, Landsat images, 1985-2015

## 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación marina es un problema complejo y reviste carácter mundial debido a los daños que produce en el ecosistema marino (GUILLÉN y AQUINO 1978).

La Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar describe la contaminación marina como: "...la introducción por el hombre, directa o indirectamente, de sustancias o de energía en el medio marino, incluidos los estuarios, que produzca o pueda producir efectos nocivos tales como daños a los recursos vivos y a la vida marina, peligros para la salud humana, obstaculización de las actividades marítimas, incluidos la pesca y otros usos legítimos del mar, deterioro de la calidad del agua del mar para su utilización y menoscabo de los lugares de esparcimiento;..." (ONU 1982).

Los desechos domésticos comprenden casi en su totalidad aguas cloacales, restos orgánicos e inorgánicos como alimentos, detergentes, desagües de zonas agrícolas, etc. que se caracterizan por su alto contenido microbiano. De estos residuos, las bacterias fecales tienen alto índice de mortalidad en el mar, ya sea por el nivel de salinidad, la temperatura, la interacción ecológica con otras especies y la radiación ultravioleta; es por este motivo que las descargas de los colectores se realizan en el océano (GUILLÉN *et al.* 1980).

El material particulado en suspensión juega un papel importante en la determinación de las propiedades ópticas de las aguas oceánicas. Es importante reconocer que el término "material suspendido" no se aplica a un solo tipo de material, sino a toda una familia de materiales con características propias (ROBINSON 1985).

<sup>1</sup> Área de Sensoramiento Remoto AFSR-DGIHSA- Instituto del Mar del Perú – IMARPE. Av. Argentina 2245-Callao, Perú, E-mail: gvelaochaga@imarpe.gob.pe

Las imágenes satelitales permiten identificar y monitorear áreas marinas y costeras contaminadas a través de los canales visible e infrarrojo del espectro electromagnético. Otra de las ventajas que ofrecen los sensores remotos, con respecto a los actuales procesos de medición de calidad de agua, es que se puede tener información del objeto de estudio con la misma resolución espacial y temporal; algo que resultaría imposible con los métodos de medición tradicional (KULKARNI 2011).

El Instituto del Mar del Perú, a través de sus áreas funcionales especializadas, monitorea los parámetros de calidad del ambiente acuático en estaciones puntuales con el objetivo de evaluar, identificar y cuantificar los impactos que generan las actividades antrópicas en el ecosistema marino. Actualmente, existen pocas investigaciones relacionadas a la descarga de aguas residuales en el mar peruano usando información satelital.

El objetivo de este trabajo es investigar la distribución espacial y temporal de las aguas residuales vertidas en el mar del Callao procedente de los colectores en el período 1985 al 2015.

**Área de estudio**

El mar del Callao es una bahía extensa que está protegida por las islas San Lorenzo y El Frontón, y por los islotes Palomino, Cabinzas y Redondo. Esta zona registra actividades de pesca artesanal muy costera (Fig. 1). La zona costera recibe las descargas de los ríos Rímac y Chillón, además de los efluentes orgánicos e inorgánicos procedente de los colectores de toda la ciudad de Lima, ocasionando en la zona costera un impacto negativo en la calidad de sus aguas.

**Antecedentes de la zona de estudio**

Según información brindada por SEDAPAL (Tabla 1), hasta antes del 2013 existían tres colectores (Centenario, Bocanegra y Comas) que descargaban sus residuos en la zona costera del Callao.

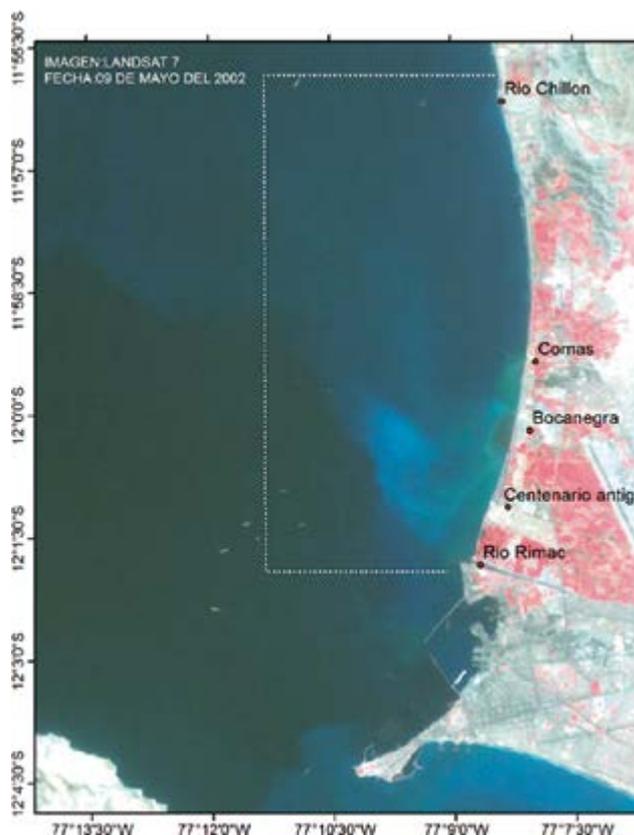


Figura 1.- Imagen Landsat-7 del 9 mayo del 2002. El área de estudio se encuentra delimitada con líneas blancas - Bahía del Callao, Lima-Perú

El 12 de mayo del 2008, según Resolución Presidencial N° 093-2008-CONAM/PCD, se declaró en emergencia ambiental la zona de vertimiento de aguas servidas del interceptor norte ubicada en Taboada por un plazo de 90 días, que recibía las descargas de los colectores Centenario Nuevo, Centenario Antiguo, Bocanegra y Comas; además de aprobar un plan para la recuperación de la zona señalada.

En el 2013 se puso en operación la planta de tratamiento de aguas residuales Taboada (PTAR) que procesa la descarga de los colectores Bocanegra y Comas, mientras que el colector Centenario Antiguo es derivado al colector Centenario Nuevo (Tabla 1).

Tabla 1.- Localización geográfica de colectores antiguos y actuales (Fuente: SEDAPAL) 2014

| Zona de Vertimiento | Puntos de Descarga |              | Observaciones                               |
|---------------------|--------------------|--------------|---|
|                     | Latitud S          | Longitud W   |   |
| Centenario Nuevo    | 12°00'55,78"       | 77°08'15,35" | Vertimiento vigente                         |
| Centenario Antiguo  | 12°01'9,5"         | 77°08'19,59" | Derivado hacia el colector Centenario Nuevo |
| Bocanegra           | 12°00'13,17"       | 77°08'12,68" | Derivado hacia PTAR Taboada                 |
| Comas               | 11°59'22,82"       | 77°07'58,23" | Derivado hacia PTAR Taboada                 |
| Taboada             | 11°59'35,54"       | 77°10'07,47" | Final del emisor submarino                  |

La profundidad máxima que alcanza el emisario submarino (PTAR Taboada) es 15 metros, y el tratamiento que reciben las aguas residuales antes de ser vertidas al fondo del mar a una distancia de 2,5 km de la costa es con un tratamiento físico avanzado con retención de sólidos hasta 1 mm sin utilizar ningún tipo de agente químico.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### DATOS SATELITALES

Se utilizaron 76 imágenes de los sensores TM del satélite Landsat 5, ETM+ del satélite Landsat 7 y OLI del satélite Landsat 8, para el periodo 1985 al 2015 (Tabla 2), de las cuales se eliminaron aquellas con alta nubosidad, obteniéndose un promedio de 2 a 3 imágenes por año (Fig. 2). La resolución temporal de dichos satélites por la zona de estudio es de 16 días, aproximadamente entre las 09:13 y las 10:16 hora local.

Las imágenes Landsat son proporcionadas gratuitamente por el Servicio Geológico de los EEUU (USGS) y fueron descargadas a través de su portal web Global Visualization Viewer.

Para identificar las áreas de mezcla y desplazamiento de las aguas contaminadas en el mar del Callao se usaron imágenes de falso color; asimismo, se usaron las bandas térmicas del sensor TIRS del satélite Landsat 8, para estimar y comparar las diferencias de temperatura satelital y datos *in situ*, y demostrar lo afirmado por MITCHELL y STAPP (1995), quienes dicen: "...altas cantidades de sólidos en suspensión también pueden causar un aumento en la temperatura del agua superficial, debido a que las partículas suspendidas absorben el calor de la luz solar...".

### ESTIMACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR - TSM

Para obtener la temperatura de brillo se realizó la calibración radiométrica de los sensores TM, ETM+ y TIRS, que consiste en encontrar la relación lineal entre los números digitales (ND) y la radiancia espectral ( $L_{\lambda}$ ), registrada por el sensor y expresada en la ecuación (CHANDER *et al.* 2009):

$$L_{\lambda} = a \cdot ND + b ,$$

con :

$$a = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{ND_{\max} - ND_{\min}} ,$$

$$b = L_{\min} - \left( \frac{L_{\max} - L_{\min}}{ND_{\max} - ND_{\min}} \right) \cdot ND_{\min} ,$$

Donde: ND tiene un valor mínimo de cero y máximo de 255 para los sensores TM y ETM+ (8 bits), y el valor máximo de 4095 para el TIRS (12 bits);  $ND_{\max}$  y  $ND_{\min}$  representan los valores máximo y mínimo de la imagen;  $L_{\max}$  y  $L_{\min}$  representan los valores de la radiancia espectral máximo y mínimo de la imagen ( $W/(m^2 \text{ sr } \mu m)$ ). Por tanto, a y b se denotan como los factores de ganancia y sesgo reescalados para un determinado canal en unidades ( $W/(m^2 \text{ sr } \mu m)/DN$ ).

Donde: W es vatios;  $m^2$  es metro al cuadrado; sr es estereorradian,  $\mu m$  son micrómetros y DN son los números digitales.

La  $L_{\lambda}$  registrada por el sensor está formada por tres componentes: radiancia emitida por la atmósfera hacia

Tabla 2.- Características de los sensores del satélite Landsat (CHANDER *et al.* 2009, USGS, 2015)

| Sensor-satélite | Rango espectral ( $\mu m$ )         | Nº Bandas   | Resolución espacial ( $m^2$ ) | Resolución radiométrica | Resolución temporal |         |
|-----------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------|---------|
| TM-L5           | Región visible e infrarrojo cercano | 0,45-2,35   | 1-5 y 7                       | 30                      | 8-bit               |         |
|                 | Región térmica                      | 10,40-12,50 | 6                             | 120                     |                     |         |
| ETM+ - L7       | Región visible e infrarrojo cercano | 0,45-2,35   | 1-5 y 7                       | 30                      | 8-bit               | 16 días |
|                 | Región térmica                      | 10,40-12,50 | 6a, 6b                        | 60                      |                     |         |
| OLI - TIRS L8   | Región visible e infrarrojo cercano | 0,44-2,29   | 1 - 7                         | 30                      | 12-bit              |         |
|                 | Región térmica                      | 10,90-12,00 | 10 - 11                       | 30                      |                     |         |

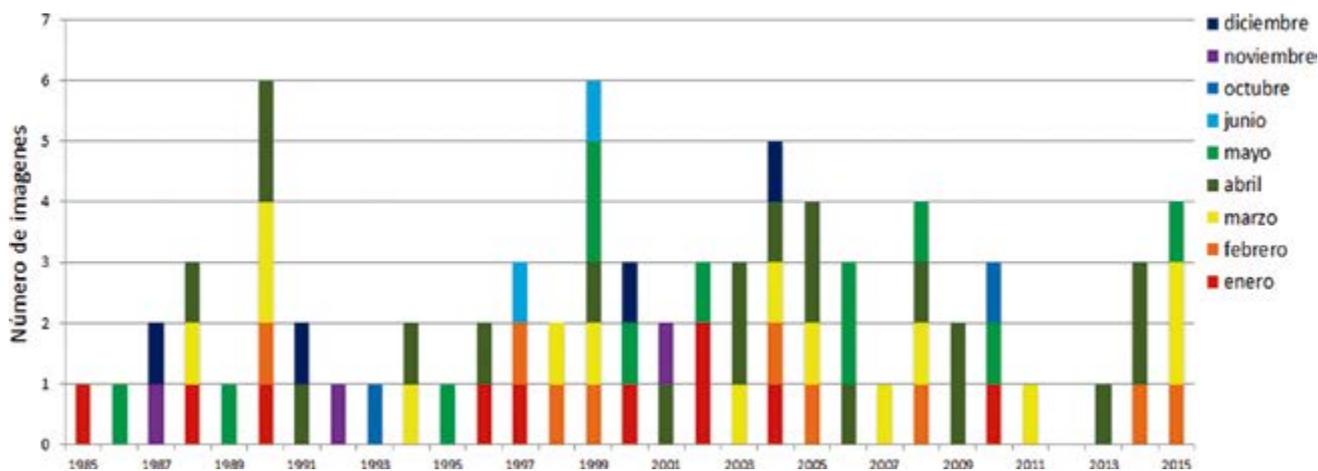


Figura 2.- Imágenes satelitales Landsat utilizadas durante el periodo de estudio

el sensor ( $L_{\uparrow}$ ); emitida por un objeto de la Tierra, ya sea suelo u océano  $B(T_s)$ ; y emitida por la atmosfera hacia el suelo, reflejada por él y registrada por el sensor  $L_{\downarrow}$ .  $L_{\lambda}$  se expresa por la siguiente ecuación:

$$L_{\lambda} = \tau_{\lambda} [\epsilon_{\lambda} B(T_s) + (1 - \epsilon_{\lambda})L_{\downarrow}] + L_{\uparrow} ,$$

Donde:  $\epsilon_{\lambda}$  es la emitancia superficial del objeto;  $B(T_s)$  es la radiancia espectral de un cuerpo negro con temperatura superficial  $T_s$ ;  $\tau_{\lambda}$  es la transmisividad atmosférica espectral (VINCENT y THOMSON 1972).

El algoritmo unicanal es utilizado para estimar la temperatura superficial del mar (TSM) con el canal térmico (canal 6 para Landsat5, canal 6a o 6b para Landsat7) (JIMÉNEZ-MUÑOZ *et al.* 2014). Como el sensor TIRS-Landsat8 posee dos canales térmicos (canales 10 y 11) se implementó el algoritmo Split window para la estimación de temperatura (ROZENSTEIN *et al.* 2014).

En este trabajo de investigación se ha utilizado el método de referencia de canal en la cual se asigna un valor constante 0,995 a  $\epsilon_{\lambda}$  (CLAUS *et al.* 1998) para los cuerpos de agua, y se estima el valor de  $B(T_s)$  de cada pixel de la imagen.

Una vez que se tenga la imagen de  $B(T_s)$  se estima la temperatura superficial del mar ( $T_s$ ) usando la ecuación de Planck:

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{B(T_s)} + 1\right)} ,$$

Donde  $K_1$  y  $K_2$  (en grados Kelvin) son constantes de conversión para una longitud de onda ( $\lambda$ ) específica (Tabla 3).

Tabla 3.- Constantes de calibración de los satélites Landsat5, Landsat7 y Landsat8 (CHANDER *et al.* 2009, USGS 2015)

| Satélite | Banda       | Sensor | $K_1$ ( $W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ ) | $K_2$ (kelvin) |
|----------|-------------|--------|---|----------------|
| Landsat5 | Banda 6     | TM     | 607,76                                  | 1260,56        |
| Landsat7 | Banda 6a 6b | ETM+   | 666,09                                  | 1282,71        |
| Landsat8 | Banda 10    | TIRS   | 774,89                                  | 1321,08        |
|          | Banda 11    | TIRS   | 480,89                                  | 1201,14        |

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las imágenes Landsat de falso color permitieron identificar la extensión e impacto de las aguas residuales que son vertidas en el mar del Callao sin ningún tipo de tratamiento antes del 2013, las cuales muestran una coloración distinta en los puntos a) Centenario antiguo, b) Bocanegra y c) Comas (Fig. 3).

La alta resolución espacial de las bandas térmicas de los satélites Landsat, permitieron identificar las diferencias de temperatura superficial del mar alrededor de las zonas de descarga de los colectores y del río Rímac, la alta concentración de sólidos suspendidos de las aguas residuales originaron un aumento en la temperatura de hasta 2 °C en los puntos de descarga, debido a mayor absorción de calor (Fig. 4).

La validación entre datos de TSM obtenida con Landsat y datos *in-situ* obtenidos de una prospección en la bahía del Callao realizada por la Unidad de Monitoreo y Gestión Marino Costero (UMGMC) del IMARPE del 23 al 27 de diciembre del 2013, presentó alta correlación ( $R= 0,951$ ); comprobándose la alta capacidad de las bandas térmicas del Landsat para identificar procesos oceanográficos a un nivel más detallado (Fig. 5).

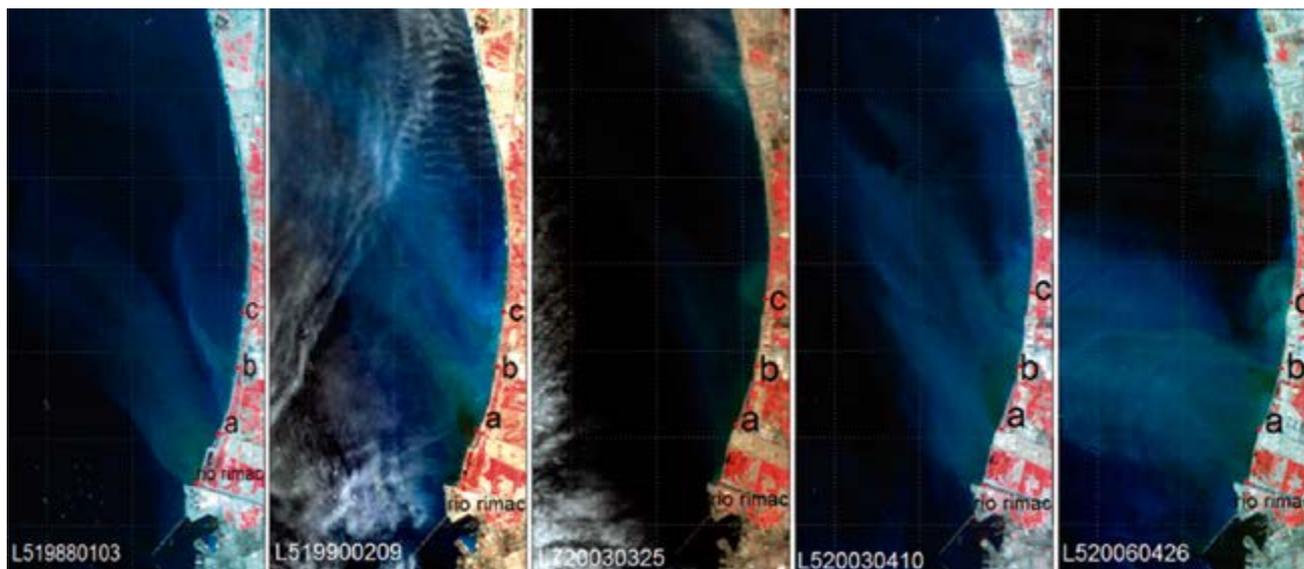


Figura 3.- Imágenes de falso color Landsat que registran la contaminación de la zona costera por efectos de la descarga de aguas residuales de los colectores a) Centenario antiguo, b) Bocanegra y c) Comas, antes de la construcción del colector Taboada

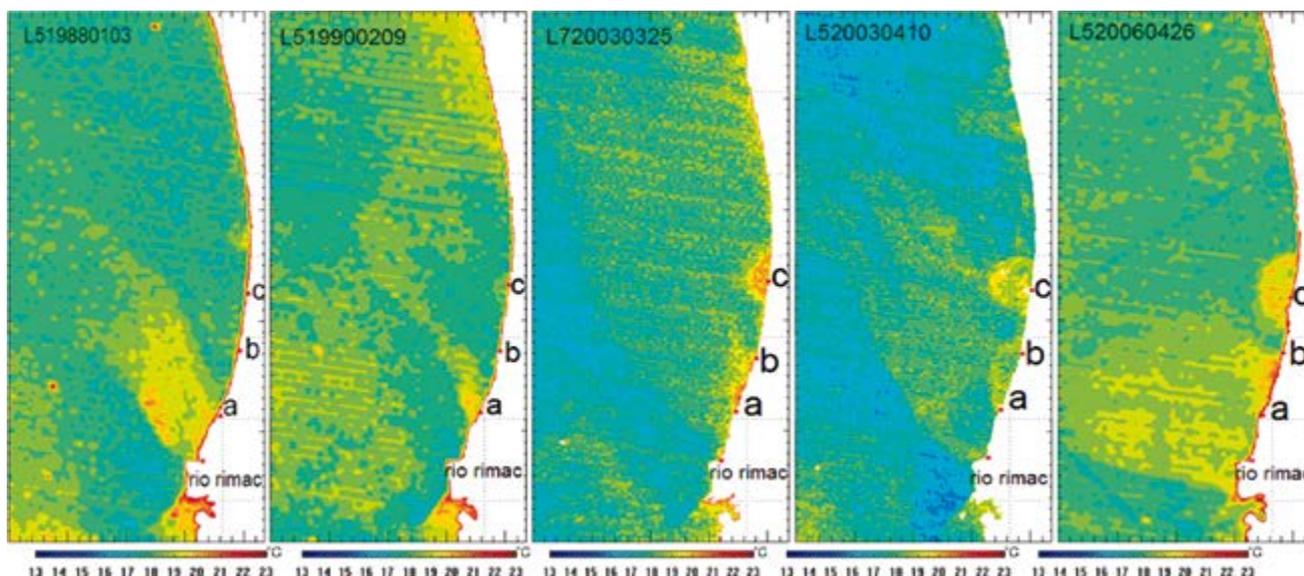


Figura 4.- Imágenes de TSM que registran el incremento de temperatura en el litoral costero como producto de la descarga de aguas residuales de los colectores a) Centenario antiguo, b) Bocanegra, c) Comas

Antes del 2013, la descarga de aguas residuales se realizaba en la zona costera afectando las actividades de pesca y recreación. Posteriormente, con la construcción del colector Taboada la descarga se realiza a 2,5 km de la costa y a una profundidad de 15 metros; sin embargo, por acción de las corrientes marinas las partículas logran ascender a la superficie alrededor del Taboada y se desplazan originando plumas de contaminación que son registradas por las imágenes satelitales (Fig. 6).

Las imágenes de TSM alrededor del emisor submarino PTAR-Taboada muestran disminución de la temperatura superficial, esto comprueba que las aguas del colector logran ascender hasta la superficie disminuyendo la temperatura alrededor.

Por otra parte, en la zona costera hay disminución de descargas de aguas residuales tal como se observa en las imágenes de falso color y TSM (Fig. 7).

La comparación de firmas espectrales en los 6 puntos tomados de la imagen Landsat del 25 de marzo del 2015, permitió identificar las diferentes respuestas de la reflectancia. La firma espectral de los puntos 1 y 2 presenta un pico de reflectancia en 650 nm asociadas a un alto contenido de partículas suspendidas y poca profundidad. El punto 4 también presenta un comportamiento similar a los puntos 1 y 2, pero su amplitud es menor debido a que se encuentra en una zona más profunda. Los puntos 3, 5 y 6 representan el típico comportamiento espectral del agua con pocos sedimentos (Fig. 8).

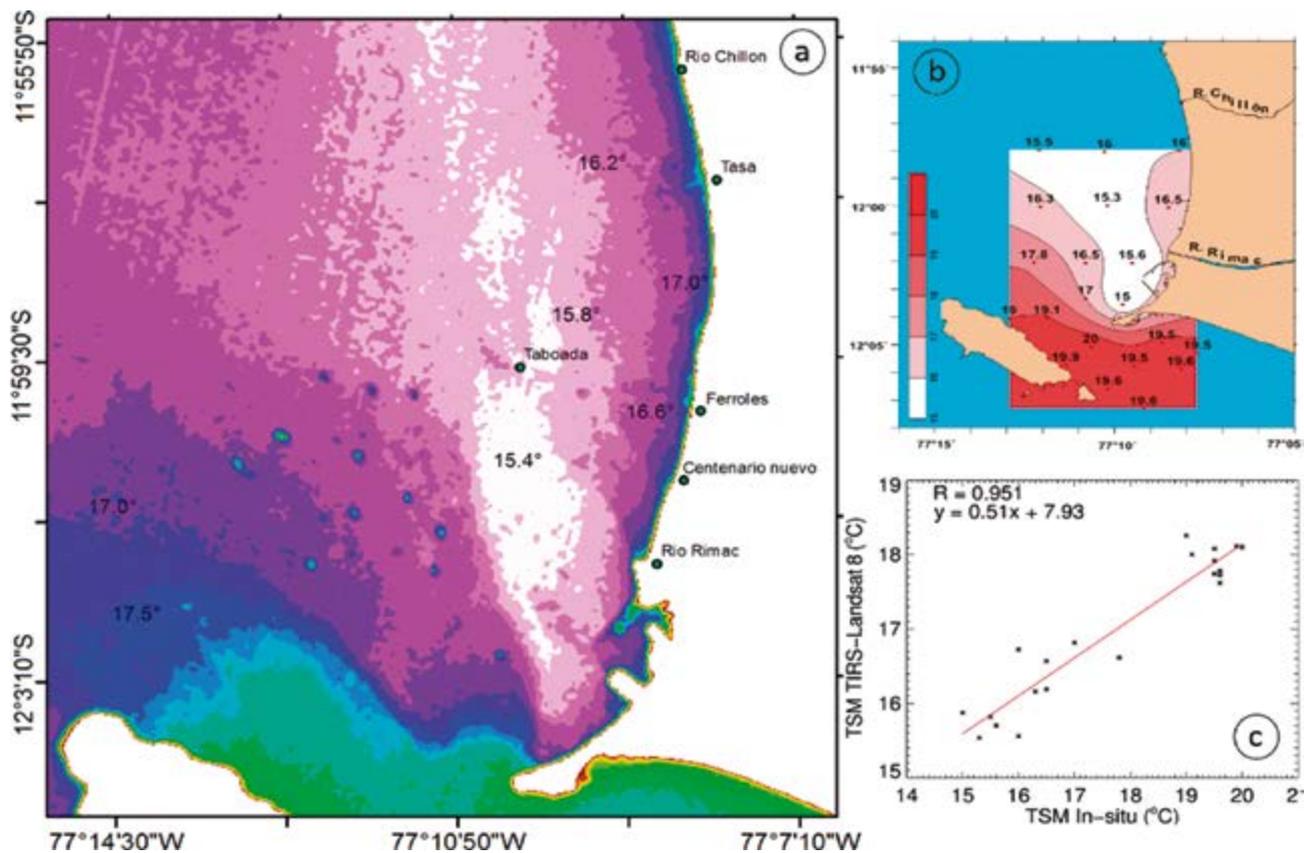


Figura 5.- a) Imagen de TSM del Landsat 8 del 25/12/2013, b) TSM promedio del 23-27/12/2013, fuente: UMGMC –IMARPE, c) Regresión lineal entre datos de TSM Landsat e *in-situ*

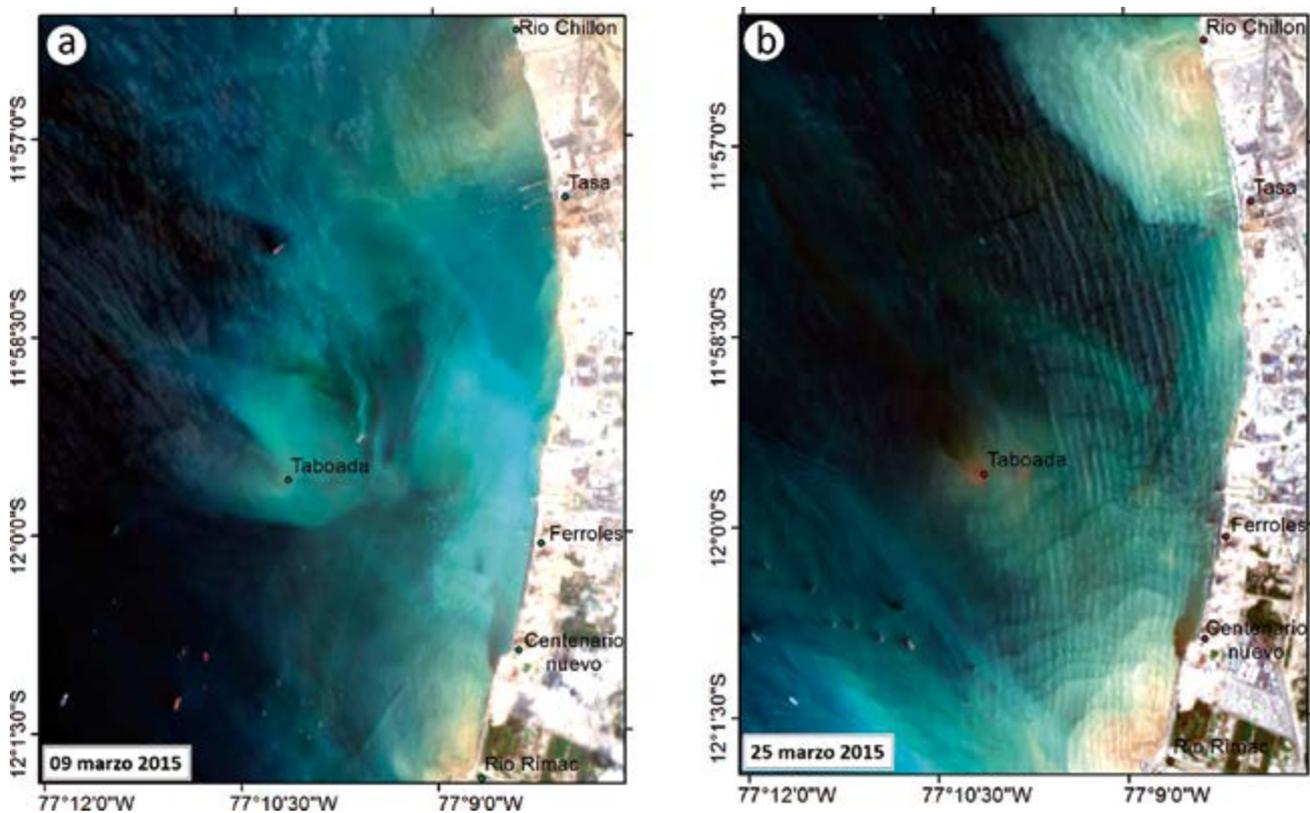


Figura 6.- Imágenes de falso color del Satélite Landsat 8 muestran distinta tonalidad a nivel superficial del colector Taboada en los días a) 9 marzo, b) 25 marzo del 2015

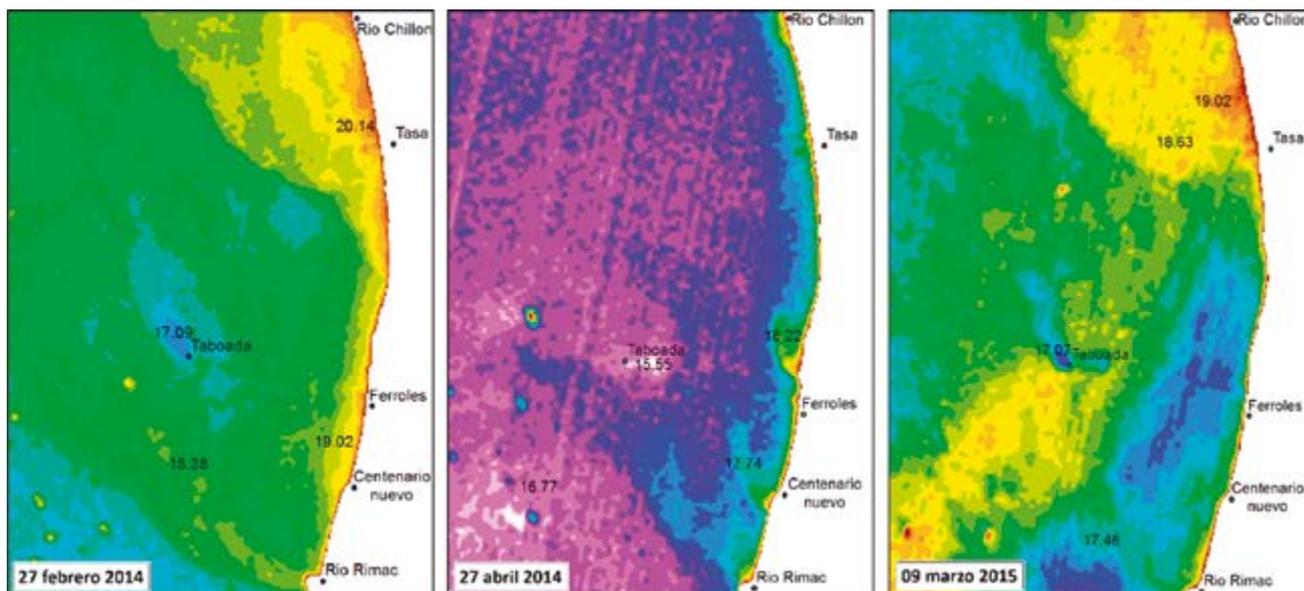


Figura 7.- Imágenes de TSM del Landsat 8, se observa una disminución de la TSM alrededor del PTAR-Taboada

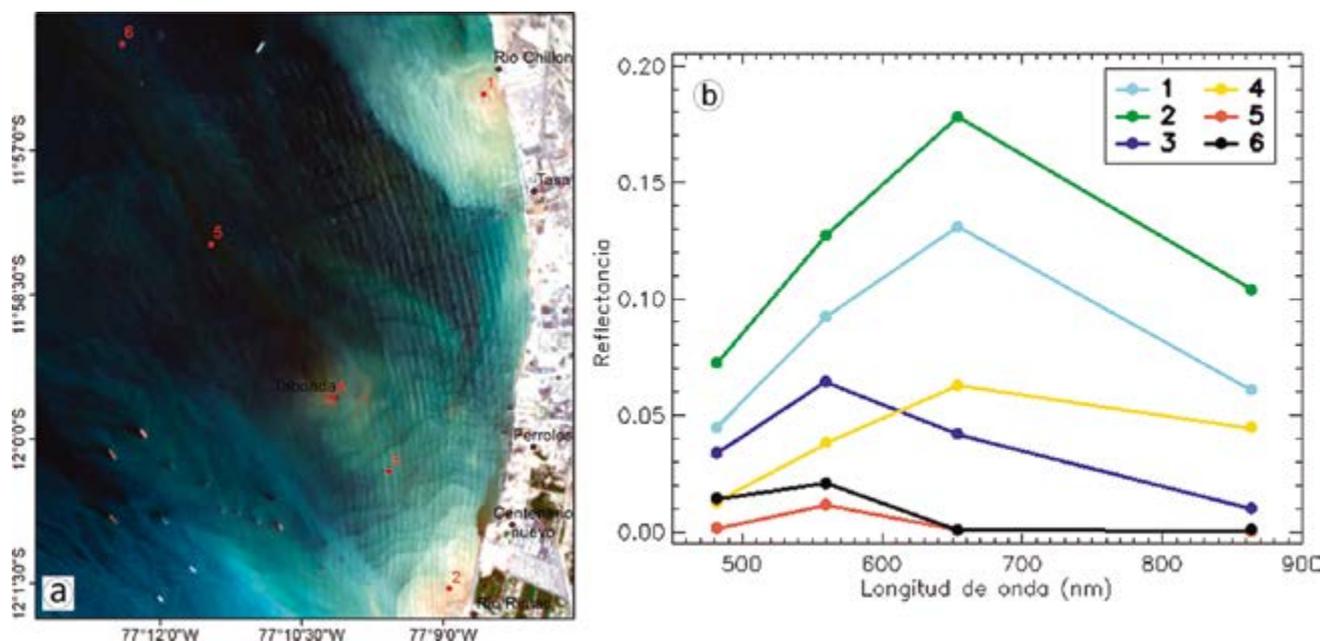


Figura 8.- a) Imagen Landsat del 25 marzo 2015 con 6 puntos de muestreo para determinar la reflectancia del agua de mar, b) Firmas espectrales de los 6 puntos de la Bahía del Callao

GARCÍA AGUDO *et al.* (1987) describe que cuando las materias residuales, incluyendo sustancias flotantes tales como partículas de frutas, heces, etc., se descargan a una profundidad de 20 metros o más, la presión resultante modifica la materia para que no flote y así se sedimente hacia el lecho del mar. Por lo tanto, el impacto de las materias residuales flotantes que no pueden ser removidas por el sistema de tratamiento no debe ser de preocupación.

Asimismo, Russell y Ludwig (1988) nos dicen: "... la dinámica de desplazamiento de los sólidos suspendidos en el mar con respecto a la profundidad de descarga, deberá hacerse a 20 m o más por dos razones: **Primero**,

en zonas donde es posible alcanzar profundidades de 20 m o más, existe estratificación significativa en la columna de agua, especialmente durante los meses de verano. Es decir, donde existe suficiente estratificación de densidad, la pluma mezclada de aguas negras/agua marina no subirá a la superficie del mar, sino que permanecerá sumergida en una ubicación intermedia. **Segundo**, cuando existe estratificación, si el efluente de aguas negras menos denso es mezclado rápidamente con el agua más fría/más densa del fondo del océano, la mezcla resultante será más densa que la capa superficial. Bajo tales condiciones, en algún punto de la columna de agua marina, la mezcla de aguas negras/agua marina encontrará agua de la misma densidad y, por lo tanto, no continuará con su tendencia a ascender..." (Fig. 9).

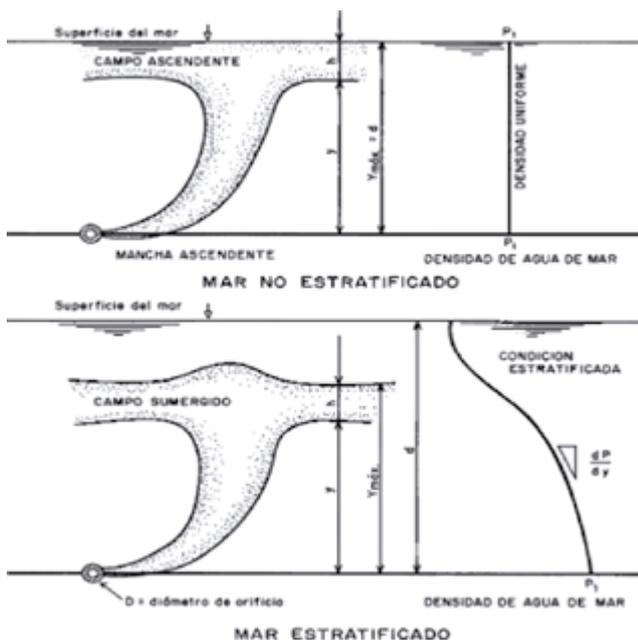


Figura 9.- Diferencias de la dinámica de mezcla de aguas negras y agua marina bajo condiciones estratificadas y no estratificadas de la densidad del agua de mar (RUSSEL y LUDWIG 1988)

Sin embargo, el PTAR-Taboada descarga aguas tratadas a 15 m de profundidad, lo cual podría permitir que las partículas pudieran ascender a la superficie, tal como se observa en las imágenes de falso color.

#### 4. CONCLUSIONES

Las imágenes Landsat han identificado descargas de los colectores y ríos Rímac y Chillón en el espectro visible y térmico alrededor del colector PTAR-Taboada antes y después del 2013. Por lo que es posible usar dichas imágenes para el monitoreo del desplazamiento de las aguas de mezcla y su impacto en las actividades pesqueras y de recreación.

La descarga a 15 metros de profundidad del emisario submarino podría no ser suficiente tal como lo demuestran las imágenes satelitales ya que los residuos son observados en la superficie.

A través de la firma espectral de los seis puntos se confirma el comportamiento de la reflectancia ante la presencia de partículas suspendidas en el océano.

Es importante realizar monitoreos de calidad del agua utilizando un espectro radiómetro con el objetivo de obtener información radiométrica *in situ* para

cuantificar la concentración de partículas suspendidas y conocer las propiedades ópticas de los cuerpos de agua.

#### 5. REFERENCIAS

CHANDER G, MARKHAM B L, HELDER D L. 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*. 113: 983-903.

CLAUS F, BRUCE F, ATSUMU O, ANTHONY S. 1998. The baseline surface radiation network pyrgeometer Round-Robin calibration experiment. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. 1: 687-696.

GARCÍA AGUDO E, *et al.* 1987. Evaluation of the efficiency of Santos/Sao Vicente preconditioning station for oceanic submarine outfall, En: *Proceedings of the IAWPRC Marine Disposal Seminar*, Río de Janeiro, Brasil, 1986. Vol. 18(11): 1986 ISBN 008 035 5811, Pergamon Press.

GUILLÉN O, ASTHU V, AQUINO R. 1980. Contaminación Marina en el Perú. Instituto del Mar del Perú. Informe N° 77. Callao – Perú.

GUILLÉN O, AQUINO R. 1978. Contaminación en los puertos del Callao y Chimbote y su efecto en la Productividad. Informe N° 61. Instituto del Mar del Perú.

JIMÉNEZ-MUÑOZ J, SOBRINO J, SKOKOVIC D, MATTAR C, CRISTÓBAL J. 2014. Land surface temperature Retrieval Methods from Landsat-8 Thermal Infrared Sensor Data. *IEEE Geoscience and remote sensing letters*. Vol. 11, N° 10.

KULKARNI A. 2011. Water Quality Retrieval from Landsat TM Imagery. *Complex adaptive systems*. 6(0): 475-480. doi:10.1016/j.procs.2011.08.088.

MITCHELL K M, STAPP W B. 1995. *Field Manual for water quality monitoring*.

NACIONES UNIDAS (ONU). 1982. *Convención sobre las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar*.

ROBINSON I S. 1985. *Satellite oceanography: An introduction for oceanographers and remote-sensing scientists*. Ellis Horwood series in marine science. 175-184 pp. John Wiley and Sons, Inc., Somerset, N.J. 455 p.

ROZENSTEIN O, QIN Z, DERIMIAN Y, KARNIELI A. 2014. Derivation of Land Surface Temperature for Landsat-8 TIRS using a Split Window Algorithm. ISSN 1424-8220. doi: 10.3390/s140405768

RUSSELL G, LUDWIG. 1988. *Evaluación del Impacto Ambiental. Ubicación y diseño de emisarios submarinos*. Centro de Investigación de Monitoreo y Evaluación King's College London, Universidad de Londres-Organización Mundial de la Salud. Documento Guía de EIA. Traducido por Henry J. Salas.

VINCENT R K, THOMSON F. 1972. Spectral compositional imaging of silicate rocks. *J. Geophys. Res.* 77: 2465-2472.

SEDAPAL. Acceso a la información. <http://www.sedapal.com.pe>

USGS UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. <http://glovis.usgs.gov/>

# CARACTERIZACIÓN DE FOLÍCULOS POST-OVULATORIOS DE LA ANCHOVETA PERUANA *Engraulis ringens* EN CAUTIVERIO

## CHARACTERIZING POSTOVULATORY FOLLICLES OF ANCHOVETA *Engraulis ringens* IN CAPTIVITY

Betsy Buitrón<sup>1</sup>  
Javier Sánchez<sup>1</sup>

Ángel Perea<sup>1</sup>  
Carlos Espinoza<sup>2</sup>

### RESUMEN

BUITRÓN B, PEREA A, SÁNCHEZ J, ESPINOZA C. 2018. Caracterización de folículos post ovulatorios de la anchoveta peruana *Engraulis ringens* en cautiverio. *Bol Inst Mar Perú*. 33(1): 13-24.- En este estudio se caracterizó la edad de los folículos post-ovulatorios (FPO) de anchoveta peruana al inducir el desove en cautividad, esto permitirá la validación de los datos obtenidos en campo, además de hacer más confiable las estimaciones de frecuencia de desove en el ambiente natural. Las características morfológicas de los FPO de *E. ringens* fueron similares a las descritas para *E. mordax*. Los FPO del día 0 se observan como una cuerda larga con numerosos pliegues, células foliculares ordenadas y bien definidas, poco o ningún grado de degeneración, teca delgada y lumen del folículo evidente. Seis horas después del desove, los FPO presentan primeros signos de degeneración, con aparición de núcleos picnóticos en la granulosa y en la luz del folículo, algunos linfocitos y vacuolas en las células de la granulosa. Después de 12 horas, los folículos están muy contraídos y reducidos, con células de la granulosa muy irregulares, la teca más adherida a la granulosa y mayor presencia de núcleos picnóticos, que evidencian la progresiva degeneración celular. Los FPO de 24 horas ya están degenerados, tienen forma irregular, con células de granulosa desordenadas y lumen reducido, restos de gránulos eosinofílicos. Después de 36 horas, los FPO son muy pequeños y pueden confundirse con ovocitos atrésicos avanzados.

PALABRAS CLAVE: folículos post-ovulatorios, anchoveta peruana, *Engraulis ringens*, desove, reproducción

### ABSTRACT

BUITRÓN B, PEREA A, SÁNCHEZ J, ESPINOZA C. 2018. Characterizing postovulatory follicles of anchoveta *Engraulis ringens* in captivity. *Bol Inst Mar Peru*. 33(1): 13-24.- The present study characterized the ages of POFs of anchoveta, by inducing spawning in captivity. This will allow the validation of the data obtained in the field, which in turn makes the estimates of spawning frequency of this species in the natural environment more reliable. Morphological characteristics of POFs of *E. ringens* were similar to those described for *E. mordax*. Day 0 POFs appeared as a long cord with numerous folds, with ordered and well-defined follicular cells, with little, if any, degree of degeneration, a thin theca, and a visible follicle lumen. Six hours after spawning, POFs present the first signs of degeneration, with the appearance of pyknotic nuclei in the granulosa and the follicle lumen, some lymphocytes and vacuoles in the granulosa cells. After 12 hours, follicles look very contracted and reduced, with very irregular granulosa cells, the theca is more attached to the granulosa, and there is a greater presence of pyknotic nuclei, therein, evidence that cellular degeneration is in progress. POFs of 24 hours are already degenerated, irregularly shaped, with cluttered granulosa cells and small lumen, with remains of eosinophilic granules. After 36 hours, POFs are very small and, at this level, can be confused with advanced atretic oocytes.

KEYWORDS: postovulatory follicles, anchoveta, *Engraulis ringens*, spawning, reproduction

## 1. INTRODUCCIÓN

La anchoveta peruana *Engraulis ringens* Jenyns, es la especie que sustenta la pesquería peruana, debido a sus grandes volúmenes de pesca y la demanda de sus productos en el mercado internacional. Por tal motivo, el IMARPE realiza monitoreos continuos de su biomasa y estado reproductivo en forma anual en el litoral peruano, asegurando un manejo sustentable de su pesquería. Uno de los parámetros técnicos importantes para dicho manejo es la biomasa desovante, para lo cual es necesario determinar las edades y tasas de reabsorción de los folículos post-ovulatorios (FPOs) que evidencian el desove de un pez.

## 1. INTRODUCTION

Anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns, is the species that sustains the Peruvian fishery, due to its large fishing volumes and the demand for its products in the international market. For this reason, IMARPE carries out continuous monitoring of its biomass and reproductive status on an annual basis along the Peruvian coast, ensuring the sustainable management of its fishery. One of the important technical parameters for such management is the spawning biomass, for which it is necessary to determine the ages and rates of reabsorption of the postovulatory follicles (POFs) that evidence the spawning of a fish.

1 Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Callao, Perú, bbuitron@imarpe.gob.pe, aperea@imarpe.gob.pe, jsanchez@imarpe.gob.pe

2 ALICORP. CEspinozaP@alicorp.com.pe

Al final de la maduración gonadal se produce la ovulación, es decir la ruptura de la capa folicular que contiene el ovocito y su liberación al lumen del ovario. Los folículos remanentes se denominan folículos post-ovulatorios (FPO) (SAIDAPUR 1982, LOWERRE-BARBIERI *et al.* 2011). Los FPO se identifican fácilmente a las pocas horas de ocurrida la ovulación, pero degeneran rápidamente dependiendo de la temperatura, ocurriendo en unos pocos días en peces pelágicos (HUNTER y GOLDBERG 1980) o en varias semanas como en *Pleuronectes flesus* Linnaeus (JANSSEN *et al.* 1995), bacalao del Atlántico *Gadus morhua* Linnaeus (SABORIDO y JUNQUERA 1998) y *Dexistes rikuzenius* Jordan y Starks (NARIMATSU *et al.* 2005). En algunos casos, los FPOs no son fáciles de distinguir de los ovocitos atrésicos en estadios avanzados de degeneración, por lo que es necesario efectuar minuciosas observaciones.

La correcta estimación de la edad de los FPO y su tasa de reabsorción dentro del ovario, permiten determinar la fracción de hembras desovantes en un stock de peces (método de folículos post-ovulatorios: HUNTER y GOLDBERG 1980), parámetro necesario para el cálculo de la producción total de huevos en un evento reproductivo determinado, aplicando el método de producción diaria de huevos (PARKER 1980, ALHEIT 1993, STRATOUDAKIS *et al.* 2006, BERNAL *et al.* 2012, DICKEY-COLLAS 2012, MELIÁ *et al.* 2012, ARMSTRONG y WITTHAMES 2012), que ha sido ampliamente aplicado para estimar la biomasa desovante de anchoveta (ALHEIT *et al.* 1984, ARMSTRONG *et al.* 1988, SANZ *et al.* 1992, PALOMERA y PERTIERRA 1993, WARD *et al.* 2001, KIM y LO 2001, MELIÁ *et al.* 2002, SOMARAKIS *et al.* 2002, SOMARAKIS *et al.* 2004, CUBILLOS *et al.* 2007, PÁJARO *et al.* 2009, SOMARAKIS *et al.* 2012) así como de otras especies (LOCKWOOD *et al.* 1981, SOMARAKIS *et al.* 2006, CUBILLOS *et al.* 2007, MURUA *et al.* 2010, BERNAL *et al.* 2011, JACKSON *et al.* 2012, KRAUS *et al.* 2012, PÁJARO *et al.* 2013). También se ha utilizado en muchos trabajos científicos desde la década de 1980, con un promedio de más de 20 artículos por año publicados en la literatura científica primaria durante los últimos años (BERNAL *et al.* 2012).

Este método es muy importante en los estudios y estimaciones de reclutamiento de peces con reproducción indeterminada o desovadores parciales, como es el caso de la anchoveta peruana *E. ringens*. A pesar de su popularidad, el uso de la clasificación de la degeneración de los FPO puede ser impreciso si se aplican criterios de identificación de otras especies sin haber realizado una validación previa (STRATOUDAKIS *et al.* 2006, GANIAS 2012).

Es necesario comprender los procesos de degeneración de los FPO para poder clasificarlos por edades, lo cual se requiere para estimar la frecuencia de desove. La clasificación de edades de FPO en *E. ringens*, tanto en Perú como en Chile (CUBILLOS 2005) se

Ovulation is produced at the end of the gonadal maturation, i.e. the rupture of the follicular layer containing the egg, and its release to the ovarian lumen. These remaining follicles are then called postovulatory follicles (POFs) (SAIDAPUR 1982, LOWERRE-BARBIERI *et al.* 2011). POFs are easily identified within hours after ovulation occurs, but they degenerate fast depending on the temperature, usually for a few days in pelagic fishes (HUNTER & GOLDBERG 1980) or several weeks in the case of *Pleuronectes flesus* Linnaeus (JANSSEN *et al.* 1995), Atlantic cod, *Gadus morhua* Linnaeus (SABORIDO & JUNQUERA 1998), and *Dexistes rikuzenius* Jordan and Starks (NARIMATSU *et al.* 2005). In some cases, POFs are not easy to be distinguished from atretic oocyte in advanced stages of degeneration, thus a much closer observation is necessary.

The correct estimation of the age of POFs and their resorption rate within the ovary allow to determine the fraction of spawning females in a fish stock (postovulatory follicles method: HUNTER & GOLDBERG 1980), a parameter needed for estimating the total egg production in a given reproductive event, by applying the daily egg production method (PARKER 1980, ALHEIT 1993, STRATOUDAKIS *et al.* 2006, BERNAL *et al.* 2012, DICKEY-COLLAS 2012, MELIÁ *et al.* 2012, ARMSTRONG & WITTHAMES 2012), which has been widely applied for estimating the spawning biomass of anchoveta (ALHEIT *et al.* 1984, ARMSTRONG *et al.* 1988, SANZ *et al.* 1992, PALOMERA & PERTIERRA 1993, WARD *et al.* 2001, KIM & LO 2001, MELIÁ *et al.* 2002, SOMARAKIS *et al.* 2002, SOMARAKIS *et al.* 2004, CUBILLOS *et al.* 2007, PÁJARO *et al.* 2009, SOMARAKIS *et al.* 2012), as well as of other species (LOCKWOOD *et al.* 1981, SOMARAKIS *et al.* 2006, CUBILLOS *et al.* 2007, MURUA *et al.* 2010, BERNAL *et al.* 2011, JACKSON *et al.* 2012, KRAUS *et al.* 2012, PÁJARO *et al.* 2013). It has also been used in many scientific papers since the 1980's, with a mean of more than 20 articles per year published in the primary scientific literature for the last three years (BERNAL *et al.* 2012).

Moreover, its importance is significant for studying and estimating fishing recruitment of fishes with undetermined reproduction or which are partial spawners, as in the case of anchoveta *Engraulis ringens*. Despite the popularity of this method, the use of the POFs degeneration classification could be quite inaccurate if identification criteria are applied to other species without carrying out a preliminary validation (STRATOUDAKIS *et al.* 2006, GANIAS 2012).

In order to classify them by age, which is required for estimating the spawning frequency, it is necessary to understand the processes of POFs degeneration. Up to the present, age classification for POFs of *E. ringens*, both in Peru and Chile (CUBILLOS 2005),

basó en el modelo de clasificación propuesto para la anchoveta del norte *Engraulis mordax* Girard (HUNTER y GOLDBERG 1980, HUNTER y MACEWICZ 1985). Sin embargo, aunque *E. mordax* es una especie filogenética o taxonómica similar a *E. ringens*, es necesario ajustar o validar dichas edades, ya que de lo contrario podrían producirse desviaciones en la estimación de la biomasa desovante.

La mejor manera para realizar un seguimiento adecuado de las edades de los folículos post-ovulatorios y por lo tanto mejorar los cálculos de biomasa desovante en peces, es de forma experimental en ambientes controlados (HUNTER y GOLDBERG 1980, HUNTER y MACEWICZ 1985, PÉREZ *et al.* 1992, DRUMMOND *et al.* 2000). Esto permite conocer la hora exacta en la que cada hembra desova y determinar la edad precisa de los FPO, así como su tiempo de degeneración dentro del ovario. Para ello, las técnicas de inducción al desove en peces en cautiverio utilizadas en acuicultura son muy útiles. Se han desarrollado pocos trabajos experimentales con el objeto de describir el proceso de degeneración de los FPO y clasificarlos por edades (PÉREZ *et al.* 1992, FITZHUGH y HETTLER 1995, ALDAY *et al.* 2005).

El presente trabajo explica los resultados del experimento que tuvo como finalidad caracterizar diferentes edades de los FPO, lo cual permitió validar los datos obtenidos en campo haciendo confiables las estimaciones de frecuencia de desove en el medio natural (ALHEIT *et al.* 1984).

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizó ejemplares adultos de anchoveta peruana (13,7 cm de talla promedio) recolectados en la bahía del Callao en julio de 2006, mediante el sistema de red izada y con luces de atracción, según la metodología descrita por ESPINOZA *et al.* (2008).

Los peces correspondientes al stock Norte-Centro del mar peruano pasaron por un período de acondicionamiento en tanques de fibra de vidrio de 10 m<sup>3</sup> de capacidad, conectados a un sistema de recirculación de agua de mar (ESPINOZA *et al.* 2010). Durante este período se administró *ad libitum* alimento micro encapsulado LARVAL AP100 de 250-450 µm de diámetro, que fue reemplazado gradualmente por alimento extruido comercial de 0,8-2,0 mm de diámetro.

Diariamente se revisó el nivel de PH, oxígeno disuelto y concentraciones de nitrógeno amoniacal total. La temperatura se mantuvo constante en 16,5 °C y el fotoperiodo de 10 horas de luz (8:00 horas - 18:00 horas) - 14 horas de oscuridad. En estas condiciones, las anchovetas desarrollaron sus gónadas hasta estadios maduros, lo que fue validado semanalmente

was based on the classification pattern proposed for the northern anchovy, *E. mordax* Girard (HUNTER & GOLDBERG 1980, HUNTER & MACEWICZ 1985). However, even though *E. mordax* is a phylogenetic species or taxonomically similar to *E. ringens*, it is necessary to adjust or validate the resulting age classification, otherwise deviations could occur when estimating spawning biomass.

The best way to conduct a proper monitoring of the age of postovulatory follicles and therefore improve the estimation of spawning biomass in fishes is on an experimental basis in controlled environments (HUNTER & GOLDBERG 1980, HUNTER & MACEWICZ 1985, PÉREZ *et al.* 1992, DRUMMOND *et al.* 2000). This allows to know the exact time each female spawns and to determine the exact age of POFs as well as its time of degeneration within the ovary. To do so, the techniques for spawning induction of captive fishes used in aquaculture are very useful. Little experimental work has been made for describing the process of POFs degeneration and classifying them by age (PÉREZ *et al.* 1992, FITZHUGH & HETTLER 1995, ALDAY *et al.* 2005).

The present study explains the results obtained from the experiment aimed at characterizing POFs at different ages, validating in this way the data obtained in the field, and therefore making reliable the estimations of spawning frequency in their natural environment (ALHEIT *et al.* 1984).

## 2. MATERIAL AND METHODS

This investigation used adult specimens of anchovy (mean size of 13.7 cm) collected in the Callao bay during the month of July 2006, using stationary lift nets system with attraction lights, according to the methodology described by ESPINOZA *et al.* (2008). Fishes corresponding to the Northern-Central stock of the Peruvian sea went through a period of preparation in fiberglass tanks of 10 m<sup>3</sup> of capacity, connected to a recirculation system of seawater, as designed by ESPINOZA *et al.* (2010). During this period, food was administered *ad libitum* using microencapsulated larval feed Larval AP100 of 250-450 µm in diameter, which was gradually replaced by commercial extruded feed of 0.8-2.0 mm in diameter.

PH level, dissolved oxygen, and total ammonia nitrogen concentrations in the water were monitored in a daily basis. Temperature remained constant at 16.5 °C, and photoperiod in 10 hours of light (8:00 hours - 18:00 hours) - 14 hours of darkness. Under these conditions, anchovetas developed their gonads to mature stages; this was validated on a weekly basis

mediante análisis histológico de gónadas de 10 ejemplares.

Una vez que llegaron a la fase de vitelogenesis máxima se efectuó la inducción al desove. Se utilizó de 0,005 a 0,010 µg de acetato de buserelina, siguiendo la metodología descrita por ESPINOZA *et al.* (2009) y las hembras desovaron entre 12 y 24 horas después de la inyección. Se registró el tiempo de desove y los peces se mantuvieron vivos durante 0, 6, 12, 24 y 36 horas post desove, luego fueron sacrificados y se realizó el análisis histológico de las gónadas. El proceso utilizado fue la técnica de infiltración de parafina (HUMASON 1979) y se colorearon con hematoxilina-eosina. Para la caracterización, se evaluaron al menos 25 FPO por cada edad (en horas).

### 3. RESULTADOS

Se da a conocer las características de los FPOs de 0, 6, 12, 24 y 36 horas de ejemplares desovados y mantenidos en cautiverio a 16 °C de temperatura promedio.

#### FPO-0 horas

Se observa una cuerda larga con numerosos pliegues y longitud aproximada de 1000 µm. Las células foliculares aparecen ordenadas, con formas bien definidas, sin ningún o poco grado de degeneración. Las células de la granulosa se observan cilíndricas (Figs. 1a, 1b, ANEXO), mientras que las células de la teca se observan como una delgada capa, más notorias que cuando rodeaban al ovocito hidratado (Fig. 1b). Se manifiestan grandes núcleos de la capa granulosa, generalmente en el ápice de las células (Fig. 1b). El lumen del folículo post-ovulatorio es evidente y puede contener algunos gránulos eosinófilicos (Figs. 1a, 1b).

#### FPO-6 horas

Se observan los primeros indicios de degeneración temprana del folículo, como la aparición de núcleos picnóticos en las células de la granulosa, mientras que los bordes celulares ya no se ven de manera tan definida (Fig. 1c, ANEXO). Es común observar presencia de algunos linfocitos en el lumen del folículo (Fig. 1d, ANEXO) mientras que en las células de la granulosa empiezan a aparecer algunas vacuolas.

#### FPO-12 horas

Folículo muy contraído y de tamaño más reducido (Fig. 1e, ANEXO). Las células de la granulosa se observan de forma irregular. La teca aparece más adherida a la granulosa (Fig. 1f, ANEXO). Mayor presencia de núcleos picnóticos en la granulosa indican que la degeneración celular está en progreso; el lumen del folículo es visible y con presencia de linfocitos (Fig. 1f).

through the histological analysis of gonads of 10 fishes that were sacrificed.

Once the maximum vitellogenesis stage was reached, spawning induction was carried out. From 0.005 to 0.010 µg of buserelin acetate was used, following the methodology described by ESPINOZA *et al.* 2009; this stimulated the spawning in females, 12 to 24 hours post-injection. Spawning time was registered, and fishes were kept alive for 0, 6, 12, 24, and 36 hours post-spawning, then they were sacrificed, and their gonads were histological analyzed. The process used was the technique of paraffin infiltration (HUMASON 1979) and stained with hematoxylin-eosin. In order to ensure a correct characterization, at least 25 POFs were evaluated for each age (in hours).

### 3. RESULTS

Below are listed the characteristics of POFs of ages 0, 6, 12, 24, and 36 hours of anchoveta specimens, spawned and kept in captivity at an average temperature of 16 °C.

#### POF-0 hours

It appears as a long cord with numerous folds, and an approximate length of 1000 µm. Follicular cells appear arranged orderly, with well-defined forms, without any or little degree of degeneration. The granulosa cells are cylindrical (Fig. 1a, 1b, Annex), while the theca cells appear as a thin layer, more visible than when they surrounded the hydrated oocyte (Fig. 1b). There are large nuclei on the granulosa layer, usually at the apex of the cell (Fig. 1b). The lumen of the post-ovulatory follicle can be observed, and it may contain some eosinophilic granules (Fig. 1a, 1b).

#### POF-6 hours

The first signs of early degeneration of the follicle are visible, such as the presence of pyknotic nuclei in the granulosa cells, while cell edges do not appear much-defined (Fig. 1c). It is common to observe the presence of some lymphocytes in the follicle lumen, (Fig. 1d), while a few vacuoles begin to appear in the granulosa cells.

#### POF-12 hours

The follicle appears greatly shrunken and smaller (Fig. 1e). The granulosa cells are irregular in shape. The theca appears more attached to the granulosa (Fig. 1f). Greater presence of pyknotic nuclei in the granulosa, indicating that cellular degeneration is in progress; the follicle lumen is visible, with presence of lymphocytes (Fig. 1f).

**FPO-24 horas**

Folículo claramente degenerado e irregular; las células de la granulosa presentan un patrón más desordenado y de manera discontinua (Figs. 2a, 2b, ANEXO). El lumen es más reducido y puede contener pocos restos de gránulos eosinófilos (Fig. 2b). La teca es más difícil de distinguir por su adosamiento a la granulosa.

**FPO-36 horas**

Folículos son de tamaño muy pequeño y debido a la gran presencia de vacuolas, producto de la autólisis celular, se pueden confundir con ovocitos atresicos avanzados (Fig. 2c, ANEXO). El lumen del folículo es muy reducido o no es visible. Las paredes celulares son difíciles de distinguir (Fig. 2d, ANEXO).

**4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

La degeneración de los FPO se ha utilizado por más de 30 años para el cálculo de la frecuencia del desove. Aunque la estimación se puede hacer con el material recolectado en el campo, teniendo en cuenta el tiempo de muestreo y el momento del pico de desove de la población (GANIAS 2012), lo más recomendable es hacer desovar a los peces en laboratorio y muestrearlos en intervalos de tiempo precisos.

En nuestro caso no se observó mayor diferencia entre las edades de los FPO de *E. ringens* que desovaron en cautiverio a 16 °C (con edad de FPO conocida) y la catalogación efectuada en ejemplares de anchoveta peruana obtenidas del seguimiento pesquero en base a la descripción realizada por HUNTER y MACEWICZ (1985) en *E. mordax*, a pesar que la temperatura del agua en la que se encontraron las anchovetas en cautiverio no fue similar al ambiente natural, donde las anchovetas viven a diferentes temperaturas durante todo el día. Además, las características estructurales de los FPO de *E. ringens* se muestran semejantes a las de *E. mordax* (HUNTER y MACEWICZ 1985) y *E. japonicus* Temminck y Schlegel (AHMED y OZAWA 2002) y posiblemente también a los de otros engráulidos, debido a la semejanza de ellos con los FPO de *E. mordax* como lo mencionaron HUNTER y MACEWICZ (1985).

Al igual que para la anchoveta en el Golfo de Biscay (ALDAY *et al.* 2010) las características tales como aparición de vacuolas, crecimiento de la granulosa en las células y ruptura de las paredes celulares son determinantes para describir el proceso de degeneración de los FPO. Cabe mencionar además, los cambios en la forma de los FPO, los que durante los primeros estadios son muy grandes, con muchos pliegues, pasando por una forma más cuadrada y terminan por tener forma triangular, muy similar a las características en la sardina *Sardina pilchardus* (Walbaum) descritas por GANIAS *et al.* (2007)

**POF-24 hours**

The follicle appears clearly degenerated and irregular; the granulosa cells present a more disorganized pattern, in a discontinuous way (Fig. 2a, 2b, Annex). The lumen is smaller and may contain few remnants of eosinophilic granules (Fig. 2b). The theca is less distinct because it is attached to the granulosa.

**POF-36 hours**

The follicle is very small and due to the large presence of vacuoles as a product of cellular autolysis, it may be confused with advanced atretic oocyte (Fig. 2c, Annex). The follicle lumen is either very small or not visible. Cell walls are difficult to be distinguished (Fig. 2d, Annex).

**4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS**

POFs degeneration has been used for more than 30 years for calculating the frequency of spawning. Although the estimation can be made base on the material collected in the field, taking into account the sampling time and the peak time of the spawning stock (GANIAS 2012), it is recommended to make fishes spawn in the laboratory and sample them at identified and defined intervals. In our case, no great differences were observed between the ages of POFs of *E. ringens* that spawned in captivity at 16 °C (with known age of spawning POF), and those of anchoveta specimens obtained from fishery monitoring, based on the description made by HUNTER & MACEWICZ (1985) for *E. mordax*, although the water temperature in which the anchovetas were found in captivity was not similar to their natural environment, since they normally live at different temperatures throughout the day. Moreover, the structural characteristics of POFs of *E. ringens* are similar to the classifications developed for *E. mordax* (HUNTER & MACEWICZ 1985) and *E. japonicus* (AHMED & OZAWA 2002), and maybe for other engraulids, due to their similarity with POFs of *E. mordax*, as mentioned by HUNTER & MACEWICZ (1985).

As with the anchovy in the Bay of Biscay (ALDAY *et al.* 2010), characteristics such as the appearance of vacuoles, the growing of granulosa cells and the rupture of cell walls, are determinant to describe the process of POFs degeneration. It is also worth mentioning the changes in the form of POFs, which during the early stages are very large, with many folds, then they are more square-shaped, and end up having a triangular form, very similar to the characteristics described by GANIAS *et al.* (2007) for the sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum), who

quienes indican que la evolución de la forma de los FPO es alométrica.

Otro criterio que se tiene en cuenta para caracterizar los FPO es la medida de su eje mayor, parámetro utilizado por ROUMILLAT y BROUWER (2004) en el pez estuarino *Cynoscion nebulosus* (Cuvier). Ellos observaron ejes de 200 a 300  $\mu\text{m}$  entre las 0 y 4 horas post desove, disminuyendo progresivamente a 250-180  $\mu\text{m}$  entre las 5 y 8 horas y 175-130  $\mu\text{m}$  entre las 13 y 24 horas. Sin embargo, este es un parámetro muy variable dependiendo de la ubicación del corte histológico, y tomando en cuenta que la forma del ovocito de *E. ringens* es ovoidal, se prefirió no usarlo en este estudio.

La degeneración de los FPO es un proceso apoptótico, es decir una muerte programada, al igual que la atresia folicular. En estos últimos estadios, ambos tienen características morfológicas muy parecidas de acuerdo a MIRANDA *et al.* (1999). En algunas especies, como por ejemplo *S. pilchardus*, los FPO son muy distinguibles de todos los tipos de atresia, lo que no ocurre en *E. ringens*, en que los estadios avanzados de FPO se podrían confundir fácilmente con estadios avanzados de atresia de ovocitos vitelogénicos. Los FPO de *E. ringens* obtenidos en aguas a 16 °C, podrían ser confundidos con ovocitos atrésicos en estadios tardíos a partir de las 36 horas de edad, tiempo que podría disminuir conforme se incrementa la temperatura del agua en que habita (HUNTER y MACEWICZ 1985) lo que podría conducir a subestimaciones de la tasa de degeneración de los FPO (GANIAS *et al.* 2007). Según ALHEIT *et al.* (1984) en el caso de la anchoveta peruana los FPO pueden ser identificados hasta 50 horas después del desove. Otras anchovetas, como la japonesa *E. japonicus*, desovan en aguas más cálidas, entre 15 y 25 °C y la degeneración de sus folículos ocurre entre las 21 y 34 horas (FUNAMOTO y AOKI 2002); en el caso de *E. encrasicolus* (Linnaeus) los FPO se terminan de reabsorber entre 55 y 60 horas después del desove (ALDAY *et al.* 2005); la reabsorción ocurre más rápido en el caso de los túnidos (HUNTER *et al.* 1986; MCPHERSON 1991). En el caso del pez vela, se produce en menos de 24 horas después del desove (CHIANG *et al.* 2006).

La validación de las etapas de degeneración de los FPO para *E. encrasicolus* en base a muestras del medio ambiente y de medio controlado, dio como resultado que la degeneración de los FPOs tenían 7 etapas (ALDAY *et al.* 2008, ALDAY *et al.* 2010), mostrando un proceso de degeneración más rápido que lo esperado, por lo tanto, la fracción del desove sería mayor a las que se habían estimado (URIARTE *et al.* 2012). En el caso de la anchoveta peruana, los procesos degenerativos de los FPO fueron descritos en 5 etapas y no se observaron cambios en su velocidad. El principal factor principal que podría ocasionar diferencias en la tasa de degeneración de los FPO es la temperatura (FITZHUGH y

state that the evolution of the shape of POFs is allometric.

Another criterion taken into account to characterize POFs is the measure of its major axis, parameter used by ROUMILLAT & BROUWER (2004) in the estuarine fish *Cynoscion nebulosus* (Cuvier). They observed axes of 200 to 300  $\mu\text{m}$  between 0 and 4 hours post-spawning, which decreased gradually to 250 - 180  $\mu\text{m}$  between 5 and 8 hours, and 175 - 130  $\mu\text{m}$  between 13 and 24 hours. However, this is a very variable parameter depending on the location of the histological section, and, since the oocyte of *E. ringens* is ovate, we preferred not to use it in the present study.

Degeneration of post-ovulatory follicles is an apoptotic process; that means a programmed death, as it is the follicular atresia. In the last stages, both have very similar morphological characteristics, according to MIRANDA *et al.* (1999). In some species such as *S. pilchardus*, POFs are very visible from all types of atresia, which does not happen in *E. ringens*, where the advanced stages of POFs may be easily confused with advanced stages of atresia of vitellogenic oocytes. POFs of *E. ringens* presented in the water at 16 °C, could be confused with atretic oocytes in late stages, from 36 hours of age, time that could decrease depending if water temperature increases (HUNTER & MACEWICZ 1985). This may lead to underestimations of the degeneration rate of POFs (GANIAS *et al.* 2007). In the case of anchoveta, as mentioned by ALHEIT *et al.* (1984), POFs can be identified up to 50 hours after spawning. Other anchovies, such as the Japanese *Engraulis japonicus* spawn in warmer waters, between 15 and 25 °C and follicles degeneration occurs between 21 and 34 hours (FUNAMOTO & AOKI 2002); in the case of *E. encrasicolus* (Linnaeus), POFs are partially reabsorbed between 55 and 60 hours after spawning (ALDAY *et al.* 2005); resorption occurring even faster in the case of tuna (HUNTER *et al.* 1986, MCPHERSON 1991). In the case of sailfish it occurs less than 24 hours after spawning (CHIANG *et al.* 2006).

The validation of POFs degeneration stages for *E. encrasicolus*, based on samples in natural and controlled environments, resulted in 7 stages of POF degeneration, and they were staged according to them (ALDAY *et al.* 2008, ALDAY *et al.* 2010), showing a faster degeneration process of POFs than what they expected, and therefore, spawning fraction was bigger than what they had estimated (URIARTE *et al.* 2012). In the case of anchoveta, the degenerative processes of POFs were described in 5 stages and no changes in their speed were observed. Since temperature is the main factor that could cause differences in the rate of POFs

HETTLER 1995, GANIAS *et al.* 2003; ROUMILLAT y BROUWER 2004). GANIAS *et al.* (2007) consideraron que el aumento de 1 °C en la temperatura ambiental aceleraría la tasa de reabsorción por más del 3%; entonces un aumento de 4 a 5 °C lo aceleraría de 12 a 15%, lo que equivale a 8 horas de aceleración. Esto implica que diferencias de temperatura entre sub-áreas de muestreo no introducirían desviaciones significativas en la correcta clasificación de los FPO y en el subsecuente efecto en las estimaciones de edades de los FPO. Según CLARAMUNT *et al.* (2007) cambios más drásticos en la temperatura, como eventos El Niño, produciría una aceleración más evidente en el proceso de degeneración de los FPOs.

Es necesario verificar los valores de diferencia térmica que podrían afectar significativamente las tasas de absorción de los FPO en *E. ringens*, considerando que stocks desovantes pueden ser encontrados a temperaturas que van de 14 a 22 °C (según datos de los cruceros oceanográficos del Instituto del Mar del Perú). Que según CUBILLOS *et al.* (2007) las temperaturas bajas también afectarían la tasa de reabsorción de los FPO, ellos observaron que en el rango de temperatura de 11 - 12 °C se estaría afectando la precisión en la asignación del grado de envejecimiento de los FPOs. Si existiesen diferencias significativas en las tasas de reabsorción, se deberían utilizar diferentes patrones para identificar los estadios de reabsorción de acuerdo a la temperatura de la zona de muestreo. La tasa de reabsorción de los FPO es baja en comparación a la de los ovocitos atrésicos y depende de la temperatura ambiente (SANTOS *et al.* 2005). Según GANIAS (2012) no se espera que la variabilidad en la temperatura inserte sesgo en la clasificación de los FPO. Sin embargo, el mismo autor menciona que, en casos en los que el número de clases de FPO se ve influenciado por la temperatura del ambiente, es necesario desarrollar claves para estudiar los estadios de los FPO a diferentes temperaturas.

Con respecto a la posibilidad de interpretaciones erróneas en las lecturas de las láminas histológicas conteniendo FPO, GANIAS (2012) menciona, y lo muestra con fotografías, que se obtiene diferentes resultados en la histomorfometría de los FPO según se utilice resina o parafina para la infiltración del tejido o se use diferentes tipos de fijador. En nuestro caso, utilizamos parafina para la infiltración de todas las muestras y formol bufferado al 10% como fijador, por lo que no habría problemas de confusión en la caracterización de la degeneración de los FPO. El tiempo de fijación post-mortem también es importante y es requisito indispensable que sea el mínimo para evitar problemas en las lecturas. Otro aspecto que GANIAS (2012) menciona con respecto al posible origen de error en la identificación de FPO es el tamaño de éste en relación a los ovocitos. Lo que podría ayudar, en este caso, es tener varias secciones de tejido que permitan comparar los cortes de estas estructuras a diferentes niveles. En nuestro caso, en una sola lámina

degeneración (FITZHUGH & HETTLER 1995, GANIAS *et al.* 2003, ROUMILLAT & BROUWER 2004). GANIAS *et al.* (2007) consider that, if an increase of 1 °C in the ambient temperature would accelerate the rate of resorption by more than 3%; then an increase from 4 to 5 °C would accelerate it from 12 to 15%, which is equivalent to 8 hours of acceleration. This implies that differences in the temperature among sampling sub-areas would not introduce significant deviations in the correct classification of POFs, and in the subsequent effect on POFs ages. According to CLARAMUNT *et al.* (2007) more drastic changes in the temperature, such as the El Niño event, would produce a more evident acceleration in the POFs degeneration process.

It is imperative to verify the values of thermal difference that could significantly affect the absorption rates of POFs in *E. ringens*, considering that spawning stocks can be found at temperatures from 14 °C to 22 °C (according to the data provided by the oceanographic cruises of the Peruvian Marine Research Institute). As reported by CUBILLOS *et al.* (2007), low temperatures would also affect the resorption rate of POFs, since they observed that at a temperature range of 11 - 12 °C the accuracy for assigning the degree of ageing of POFs would be affected. If there are significant differences in the resorption rates, different patterns should be used to identify the stages of resorption depending on the temperature of the sampling area. The resorption rate of POF is low compared to that of the atretic oocytes, and depends on the ambient temperature (SANTOS *et al.* 2005). According to GANIAS (2012), the variability in the temperature is not expected to insert bias into the correct classification of POFs. However, the same author mentions that, in those cases where the number of types of POF is influenced by the ambient temperature, it is necessary to develop keys that help staging POFs at different temperatures.

Regarding the possibility of misinterpretations in the readings of the histological glass slides containing POFs, GANIAS (2012), with the help of pictures, states that different results are obtained on POF histomorphometry, depending if the tissue is infiltrated with resin or paraffin, or on the type of fixative used. In our study, we used paraffin to infiltrate all samples with 10% buffered formaldehyde as fixative; this would prevent confusion when characterizing POFs degeneration. Post-mortem fixing time is also crucial and it has to be minimum in order to avoid problems in the readings. Another aspect mentioned by GANIAS (2012) that could lead to errors is the size of POF, in relation to oocytes. What could help is having several sections of tissue, which allow to compare the cuts of these structures at different levels. In our case, we include up to 12 or

podemos tener 12 o más secciones de tejido gonadal ya que se colocan dos filas de corte de tejido. Esto permite hacer un mejor análisis y se puede hacer porque las gónadas de anchoveta son relativamente pequeñas, pero para gónadas de mayor tamaño se requeriría un mayor número de láminas.

En el caso de *E. ringens*, se ha observado que los FPO recientes son sobreestimados debido a un sesgo en la captura de las hembras en el momento del desove (ALHEIT 1993); por lo tanto, las hembras desovantes Día 0 (menos de 24 horas) se excluyen de la estimación de la frecuencia de desove en la aplicación del método de producción de huevos. Para corregir este sesgo, el número de hembras desovantes Día 0 se iguala al número de hembras desovantes Día 1, ya que los FPO entre 24 y 36 horas no son sobreestimados y su identificación es más sencilla, ya que la degeneración de las células no es avanzada, por lo que no hay problema en ser confundidas con ovocitos atrésicos, como ocurre con los FPO de más de 36 horas después del desove, a diferencia de los estimado para *E. anchoita* Hubbs y Marini, donde se utiliza el promedio de los FPO día 1 y día 2 (PÁJARO *et al.* 1997) así como para *Brevoortia aurea* (Spix y Agassiz) (MACCHI y ACHA 2000). Como menciona GANIAS (2012), para asignar la edad de los FPO deben considerarse algunas características adicionales tales como la cantidad de FPO y el tamaño de ovocitos de más avanzado desarrollo. Los FPO más avanzados se presentan en menor número en la lámina y con ovocitos más grandes en la fase más avanzada de desarrollo.

Aunque hay pocos estudios de este tipo, es necesario hacer comparaciones de los resultados a diferentes temperaturas del agua, considerando el amplio rango latitudinal y de temperatura donde la anchoveta peruana desova, y la dependencia de la tasa de reabsorción de los FPO con respecto a la temperatura (PÉREZ *et al.* 1992, FITZHUGH y HETLER 1995, MACCHI *et al.* 2003, ALDAY *et al.* 2008).

### Agradecimientos

Los autores desean agradecer al colega Enrique Mecklenburg S. por su apoyo y trabajo en el proceso de construcción de las instalaciones donde se realizaron los experimentos en el edificio Humboldt en el Instituto del Mar del Perú.

more sections of gonadal tissue in a single slide since we set two rows of tissue sections. This enables to do a much better analysis since the gonads of anchoveta are relatively small, but for bigger gonads, a larger number of slides would be required.

In the case of *E. ringens*, it has been observed that young POFs are overestimated due to a bias in the capture of females at spawning time (ALHEIT 1993); therefore spawning females Day 0 (less than 24 hours) are excluded from the estimation of the spawning frequency when applying the method of egg production. In order to correct this bias, the number of spawning females Day 0 is equated to the number of spawning females Day 1, since POFs between 24 and 36 hours are not over-estimated and their identification is simpler because cells degeneration is not in progress, and they are not likely to be confused with atretic oocytes, as it happens with POFs older than 36 hours of age. This does not occur in the case of *Engraulis anchoita* Hubbs & Marini, where the mean of POF Day 1 and Day 2 is used (PÁJARO *et al.* 1997), and *Brevoortia aurea* (Spix y Agassiz) (MACCHI & ACHA 2000). As mentioned by GANIAS (2012), some additional characteristics, such as the amount of POFs and the size of oocytes with more advanced development, should be considered when determining the age of POFs. Most advanced POFs appear on the slide in a reduced number, and with bigger oocytes in the most advanced stage of development.

Although there are few studies of this type, it is necessary to make comparisons of the results at different water temperatures, considering the wide latitudinal and temperature range where anchoveta spawns, and the dependence of the reabsorption rate of the FPOs regarding the temperature (PÉREZ *et al.* 1992, FITZHUGH & HETLER 1995, MACCHI *et al.* 2003, ALDAY *et al.* 2008).

### Acknowledgments

The authors would like to thank our colleague Enrique Mecklenburg S. for his support and his work in the process of building the installations where the experiments have taken place in the Humboldt building at Peruvian Marine Research Institute.

## 5. REFERENCIAS

- AHMED Z, OZAWA T. 2002. Annual eggs production of seasonal population of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) in Kagoshima Bay, Southern Japan. Pakistan Journal of Biological Sciences. 5(6): 728-732.
- ALDAY A, URIARTE A, SANTOS M, MARTIN I, MARTINEZ DE MURGUIA A, MOTOS L. 2005. Staging and ageing the degeneration of postovulatory follicles for the Bay of Biscay anchovy (*Engraulis encrasicolus*). ICES CM/Session Q: 25. 25 pp.
- ALDAY A, URIARTE A, SANTOS M, MARTIN I, MARTINEZ DE MURGUIA A M, MOTOS L. 2008. Degeneration of postovulatory follicles of the Bay of Biscay anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.). Sci. Mar. 72: 565-575.
- ALDAY A, SANTOS M, URIARTE A, MARTÍN I, MARTINEZ U, MOTOS L. 2010. Revision of criteria for the classification of postovulatory follicles degeneration, for the Bay of Biscay anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.). Revista de Investigación Marina. 17(8): 165-171.

- ALHEIT J, ALARCÓN V H, MACEWICZ B J. 1984. Spawning frequency and sex ratio in the Peruvian anchovy, *Engraulis ringens*. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report. 25: 43-52.
- ALHEIT J. 1993. Use of the daily egg production method for estimating biomass of clupeoid fishes: A review and evaluation. Bulletin of Marine Science. 53(2): 750-767.
- ARMSTRONG M, SHELTON P, HAMPTON I, JOLLY G, MELO Y C. 1988. Egg production estimates of anchovy biomass in the Southern Benguela System. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report. 29: 137-156.
- ARMSTRONG M J, WITTHAMES P R. 2012. Developments in understanding of fecundity of fish stocks in relation to egg production methods for estimating spawning stock biomass. Fisheries Research. 117-118: 35-47.
- BERNAL M, STRATOUDAKIS Y, WOOD S, IBAIBARRIAGA L, VALDÉS L, BORCHERS D. 2011. A revision of daily egg production estimation methods, with application to Atlanto-Iberian sardine. 2. Spatially and environmentally explicit estimates of egg production. ICES Journal of Marine Science. 68(3): 528-536.
- BERNAL M, SOMARAKIS S, WITTHAMES P R, VAN DAMME C J G, URIARTE A, LO N C H, DICKEY-COLLA M. 2012. Egg production methods in marine fisheries: An introduction. Fisheries Research. 117-118: 1-5.
- CHIANG W C, SUN C L, YEH S Z, SU W C, LIU D C. 2006. Spawning frequency and bath fecundity of the sailfin ( *Istiophorus platypterus* ) (Istiophoridae) in waters off Eastern Taiwan. Zoological Studies. 45(4): 483-490.
- CLARAMUNT G, SERRA R, CASTRO L R, CUBILLOS L. 2007. Is the spawning frequency dependent on female size? Empirical evidence in *Sardinops sagax* and *Engraulis ringens* off northern Chile. Fisheries Research. 85: 248-257.
- CUBILLOS L. 2005. Biología pesquera y evaluación de stock. Evaluación de poblaciones marinas y análisis de pesquerías. Departamento de Oceanografía, UDEC, Concepción. 198 pp.
- CUBILLOS L A, RUIZ P, CLARAMUNT G, GACITÚA S, NÚÑEZ S, CASTRO L R, RIQUELME K, ALARCÓN C, OYARZÚN C, SEPÚLVEDA A. 2007. Spawning, daily egg production, and spawning stock biomass estimation for common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off central southern Chile in 2002 Fisheries Research. 86: 228-240.
- DICKEY-COLLAS M. 2012. Where do egg production methods for estimating fish biomass go from here? Fisheries Research. 117-118: 6-11.
- DRUMMOND C, BAZZOLI N, RIZZO E, SATO Y. 2000. Postovulatory follicle: A model for experimental studies of programmed cell death or apoptosis in teleosts. Journal of Experimental Zoology. 287(2): 176-182.
- ESPINOZA C, PEREA A, CALDERÓN J, SALAZAR C, BUITRÓN B, VERA V, MECKLENBURG E, ROJAS P. 2008. Captura y acondicionamiento en cautiverio de anchoveta peruana (*Engraulis ringens*). Inf. Inst. Mar Perú. 34(3): 269-277.
- ESPINOZA C, VERA V, PEREA A, BUITRÓN B, ROJAS P, KJESBU O S. 2009. Efecto de la ración alimenticia sobre la maduración gonadal y acumulación de grasa de anchoveta peruana (*Engraulis ringens* Jenyns, 1842) en cautiverio. Lat. Am. J. Aquat. Res. 37(2): 181-190.
- ESPINOZA C, PEREA A, BUITRÓN B, CISNEROS P, CATCOPARCO C, ROMERO L, ALBERRO A, ROJAS P, VIZZIANO D. 2010. Inducción del desove y espermiación de anchoveta peruana *Engraulis ringens* en cautiverio, mediante la inyección de un análogo de GnRH. Lat. Am. J. Aquat. Res. 38(2): 234-24.
- FITZHUGH R, HETTLER F. 1995. Temperature influence on postovulatory follicle degeneration in Atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus*. Fish. Bull. 93: 568-572.
- FUNAMOTO T, AOKI I. 2002. Reproductive ecology of Japanese anchovy off the Pacific coast of eastern Honshu, Japan. Journal of Fish Biology. 60: 154-169.
- GANIAS K. 2012. Thirty years of using the postovulatory follicle method: Overview, problems and alternatives. Fisheries Research. 117-118: 63-74.
- GANIAS K, SOMARAKIS S, MACHIAS A, THEODOROU A. 2003. Evaluation of spawning frequency in a Mediterranean sardine population (*Sardina pilchardus* sardine). Mar. Biol. 142: 1169-1179.
- GANIAS K, NUNEZ C, STRATOUDAKIS Y. 2007. Degeneration of postovulatory follicles in the Iberian sardine *Sardina pilchardus*: structural changes and factors affecting resorption. Fish. Bull. 105: 131-139.
- HUMASON G. 1979. Animal tissue techniques. Fourth edition. W. H. Freeman Co. San Francisco. 661 pp.
- HUNTER J, GOLDBERG S. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fish. Bull. 77: 641-652.
- HUNTER J, MACEWICZ B. 1985. Measurement of spawning frequency in multiple spawning fishes. En: An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *E. mordax*. R. Lasker (editores). 79-94.
- HUNTER J, MACEWICZ B, SIBERT H. 1986. The spawning frequency of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, from the South Pacific. Fish. Bull. 84: 895-903.
- JACKSON G, CHENG Y W, WAKEFIELD C B. 2012. An evaluation of the daily egg production method to estimate spawning biomass of snapper (*Pagrus auratus*) in inner Shark Bay, Western Australia, following more than a decade of surveys 1997-2007. Fisheries Research. 117-118: 22-34.
- JANSSEN P, LAMBERT G, GOOS H. 1995. The annual ovarian cycle and the influence of pollution on vitellogenesis in the flounder, *Pleuronectes flesus*. J. Fish. Biol. 47: 509-523.
- KIM J, LO N C H. 2001. Temporal variation of seasonality of egg production and the spawning biomass of Pacific anchovy, *Engraulis japonicus*, in the southern waters of Korea in 1983-1994. Fish. Oceanogr. 10 (3): 297-310.
- KRAUS G, HINRICHSSEN H H, VOSS R, TESCHNER E, TOMKIEWICZ J, Köster F W. 2012. Robustness of egg production methods as a fishery independent alternative to assess the Eastern Baltic cod stock (*Gadus morhua callarias* L.) Fisheries Research. 117-118: 75-85.
- LOCKWOOD S J, NICHOLS J, DAWSON W A. 1981. The estimation of a mackerel (*Scomber scomber* L.) spawning stock size by plankton survey. J. Plankton Res. 3: 217-233.
- LOWERRE-BARBIERI S, BROWN-PETERSON N, MURUA H, TOMKIEWICZ J, WYANSKI D, SABORIDO-REY F. 2011. Emerging Issues and Methodological Advances in Fisheries Reproductive. Biology Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science. 3: 32-51.
- MACCHI G J, ACHA E. 2000. Spawning frequency and batch fecundity of Brazilian menhaden, *Brevoortia aurea*, in the Rio de la Plata estuary off Argentina and Uruguay. Fish. Bull. 98: 283-289.

- MACCHI G J, ACHA E M, MILITELLI M I. 2003. Seasonal egg production of whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) in the Rio de la Plata estuary, Argentina-Uruguay. *Fish. Bull.* 101: 332-342.
- McPHERSON G R. 1991. Reproductive biology of yellowfin tuna in the eastern Australian fishing zone, with special reference to the north-western Coral Sea. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 42: 465-477.
- MELIÁ P, CASAVOLA N, GATTO M. 2002. Estimating daily egg production of European anchovy in the Adriatic Sea: A critical appraisal. *Marine Ecology.* 23(1): 272-279.
- MELIÁ P, PETRILLO M, ALBERTELLI G, MANDICH A, GATTO M. 2012. A bootstrap approach to account for uncertainty in egg production methods applied to small fish stocks. *Fisheries Research.* 117-118: 130-136.
- MIRANDA A, BAZZOLI N, RIZZO E, SATO Y. 1999. Ovarian follicular atresia in two teleost species: a histological and ultrastructural study. *Tissue and Cell.* 31(5): 480-488.
- MURUA H, IBAIBARRIAGA L, ALVAREZ P, SANTOS M, KORTA M, SANTURTUN M, LOTOS L. 2010. The daily egg production method: A valid tool for application to European hake in the Bay of Biscay? *Fisheries Research.* 104: 100-110.
- NARIMATSU Y, KITAGAWA D, HATTORI T. 2005. Reproductive biology of female Rikuzen sole (*Dexistes rikuzenius*). *Fish. Bull.* 103: 635-647.
- PÁJARO M, MACCHI G J, R.P. SÁNCHEZ R P. 1997. Fecundidad y frecuencia reproductiva de las poblaciones bonaerense y patagónica de anchoíta argentina (*Engraulis anchoita*). *Rev. Invest. Des. Pesq.* 11: 19-38.
- PÁJARO M, MACCHI G J, LEONARDUZZI E, HANSEN J E. 2009. Spawning biomass of Argentine anchovy (*Engraulis anchoita*) from 1996 to 2004 using the Daily Egg Production method. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom.* 89(4): 829-837.
- PÁJARO M, HANSEN J E, LEONARDUZZI E. 2013. Applying a non-parametric bootstrap technique to assess the accuracy of biomass estimates of Argentine anchovy (*Engraulis anchoita*) northern stock (34°S-41°S) with the Daily Egg Production Method. 1993-2008 period. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP).* 23: 69-86.
- PALOMERA I, PERTIERRA J P. 1993. Anchovy spawning biomass estimate by the daily egg production method in 1990 in the Western Mediterranean Sea. *Scientia Marina.* Vol. 57: 243-251.
- PARKER K. 1980. A direct method for estimating northern anchovy, *Engraulis mordax*, spawning biomass. *Fish Bull.* 78: 541-544.
- PÉREZ N, FIGUEIREDO I, MACEWICZ. B J. 1992. The spawning frequency of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb.), off the Atlantic Iberian coast. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 8: 175-189.
- ROUMILLAT W, BROUWER M. 2004. Reproductive dynamics of female spotted seatrout (*Cynoscion nebulosus*) in South Carolina. *Fish. Bull.* 102: 473-487.
- SABORIDO-REY F, JUNQUERA S. 1998. Histological assessment of variations in sexual maturity of cod (*Gadus morhua* L.) at the Flemish Cap (north-west Atlantic). *ICES J. Mar Sci.* 515-521.
- SAIDAPUR K S. 1982. Structure and function of postovulatory follicles (corpora lutea) in the ovaries of non-mammalian vertebrates. *Int. Rev. Cytol.* 75: 243-285.
- SANTOS B, RIZZO E, BAZZOLI N, SATO Y, MORO L. 2005. Ovarian regression and apoptosis in the South American teleost *Leporinus taeniatus* Lutken (Characiformes, Anostomidae) from the Sao Francisco Basin. *K. Fish Biol.* 67: 1446-1459.
- SANZ A, L. MOTOS L, URIARTE A. 1992. Fecundidad diaria de la población de anchoa, *Engraulis encrasicolus* (L.) del golfo de Vizcaya en 1987. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 8(1): 203-214.
- SOMARAKIS S, KOUTSIKOPOULOS C, MACHIAS A, TSIMENIDES N. 2002. Applying the daily egg production method (DEPM) to small stocks in highly heterogeneous seas. *Fisheries Research.* 55: 193-204.
- SOMARAKIS S, PALOMERA I, GARCÍA A, QUINTANILLA L, KOUTSIKOPOULOS C, URIARTE A, MOTOS L. 2004. Daily egg production of anchovy in European waters. *ICES Journal of Marine Science.* 61: 944-958.
- SOMARAKIS S, GANIAS K, SIAPATIS A, KOUTSIKOPOULOS C, MACHIAS A, PAPAConstantinou C. 2006. Spawning habitat and daily egg production of sardine (*Sardina pilchardus*) in the eastern Mediterranean. *Fish. Oceanogr.* 15(4): 281-292.
- SOMARAKIS S, SCHISMENOU E, SIAPATIS A, GIANNOULAKI M, KALLIANIOTIS A, MACHIAS A. 2012. High variability in the Daily Egg Production Method parameters of an Eastern Mediterranean anchovy stock: Influence of environmental factors, fish condition and population density. *Fisheries Research.* 117-118: 12-21.
- STRATOUDAKIS Y, BERNAL M, GANIAS K, URIARTE A. 2006. The daily egg production method: Recent advances, current applications and future challenges. *Fish and Fisheries.* 7: 35-57.
- URIARTE A, ALDAY A, SANTOS M, MOTOS L. 2012. A re-evaluation of the spawning fraction estimation procedures for Bay of Biscay anchovy, a species with short interspawning intervals. *Fisheries Research.* 117-118: 96-111.
- WARD T M, HOEDT F, McLEAY L, DIMMLICH W F, KINLOCH M, JACKSON G, McGARVEY R, ROGERS P J, JONES K. 2001. Effects of the 1995 and 1998 mass mortality events on the spawning biomass of sardine, *Sardinops sagax*, in South Australian waters. *ICES Journal of Marine Science.* 58: 865-875.

## ANEXO

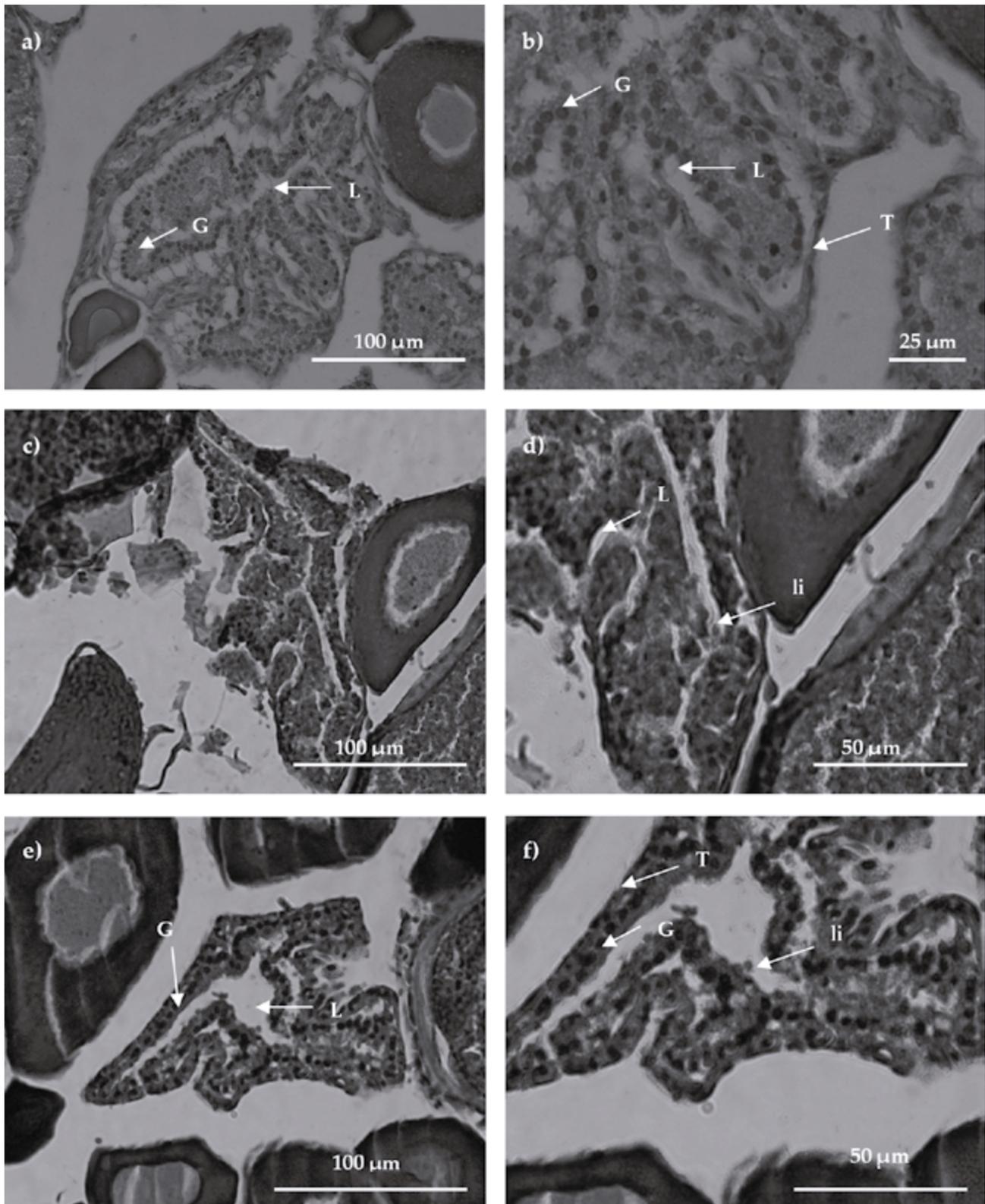


Figura 1.- Folículos post-ovulatorios de 0 a 12 horas en anchoveta peruana, *E. ringens* desovada en cautiverio a través de la inducción hormonal. a-b) FPO-0 horas. c-d) FPO-6 horas. e-f). FPO-12 horas. G: las células de la granulosa folicular, T: las células de la teca folicular, L: lumen folicular, li: linfocitos en el lumen folicular. La barra indica la escala de la fotografía

Figure 1. Post-ovulatory follicles from 0 to 12 hours in anchoveta, *E. ringens* spawned in captivity through hormonal induction. a-b) POF-0 hours. c-d) POF-6 hours. e-f) POF-12 hours. G: cells of the follicular granulosa, T: cells of the follicular theca, L: follicular lumen, li: lymphocytes in the follicular lumen. The bar indicates the scale of photography

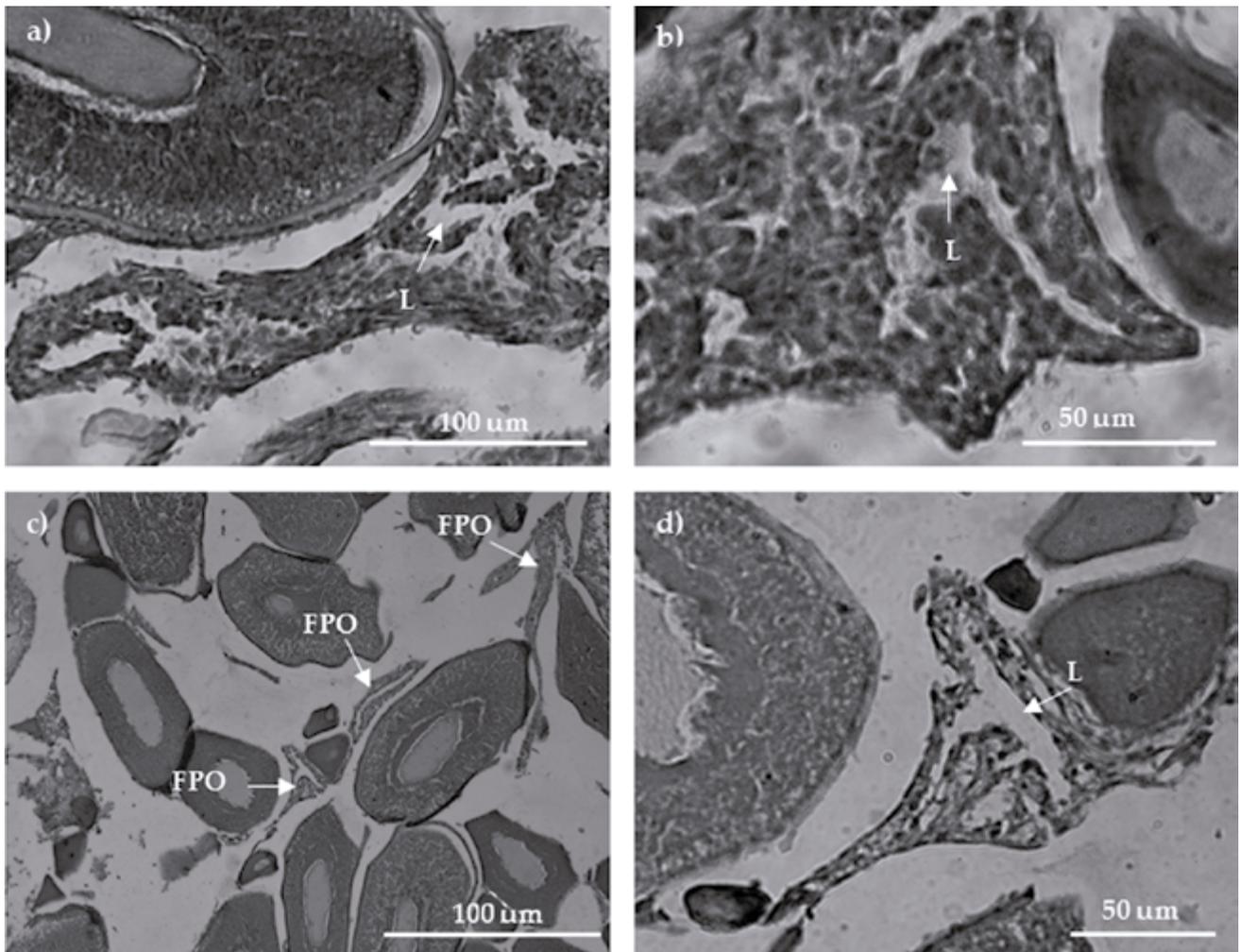


Figura 2.- Folículos post-ovulatorios de 24 a 36 horas, de la anchoveta peruana, *E. ringens* desovada en cautiverio a través de la inducción hormonal. a-b) FPO-24 horas. (c-d) FPO-36 horas. L: lumen del folículo, FPO: folículo post-ovulatorio

Figure 2. Post-ovulatory follicles at 24 to 36 hours, of anchoveta, *E. ringens* spawned in captivity through hormonal induction. (a - b) POF-24 hours. (c - d) POF-36 hours. L: follicle lumen, POF: post-ovulatory follicle

# MÉTODO INDIRECTO PARA EVALUACIÓN DE DISTRIBUCIONES POBLACIONALES Y POR TALLAS Y PATRÓN DE ACTIVIDAD DEL CANGREJO CARRETERO *Ocyopde gaudichaudii* (CRUSTACEA, DECAPODA, OCYPODIDAE) EN TACNA, 2010 – 2013

## INDIRECT METHOD FOR THE ASSESSMENT OF POPULATION AND SIZE DISTRIBUTIONS AND ACTIVITY PATTERN OF THE GHOST CRAB *Ocyopde gaudichaudii* (CRUSTACEA, DECAPODA, OCYPODIDAE) IN TACNA, 2010 – 2013

Ruslan Pastor<sup>1</sup>Alex Tejada<sup>2</sup>Fabiola Zavalaga<sup>1</sup>

### RESUMEN

PASTOR R, TEJADA A, ZAVALAGA F. 2018. Método indirecto para evaluación de distribuciones poblacionales y por tallas y patrón de actividad del cangrejo carretero *Ocyopde gaudichaudii* (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) en Tacna, 2010 - 2013. *Bol Inst Mar Perú*. 33(1): 25-34.- En el presente trabajo se analiza la distribución espacial y patrón de actividad de *Ocyopde gaudichaudii* mediante un método indirecto a través del conteo del número de madrigueras, diámetro, profundidad y distancias entre puntos al azar y madrigueras para determinar diferentes tipos de dispersión espacial y medir el estado de salud de los ambientes intermareales de sustrato arenoso. En campo se establecieron como mínimo 2 cuadrículas de 20 m<sup>2</sup> (20x10 m), grilladas cada 4 m<sup>2</sup> (2x2 m) que se distribuyeron entre las zonas de dunas y de resaca. En cada cuadrícula se seleccionaron al azar 15 cuadrantes (c) y 15 vértices (v) y se estimó el índice de dispersión ( $I_{BR}$ ) de Byth-Ripley, basado en el cálculo de distancias para muestras independientes. En el periodo 2010-2013 se efectuaron 96 estaciones de muestreo que permitieron realizar 729 simulaciones de distribución espacial afines al tipo (agrupada, uniforme y aleatoria) además de construir variogramas de dispersión en base a la densidad y distribución de madrigueras. Se hizo una comparación entre playas según los valores de dispersión que reflejaron una misma tendencia entre la distribución simulada y la distribución observada en campo. El índice de Byth-Ripley resultó eficiente para diferenciar entre los tipos de distribución espacial descritos. Los variogramas permitieron analizar la distribución de las variables y determinar el comportamiento espacial de *O. gaudichaudii*. La distribución de la especie fue del tipo uniforme en ambas playas, excepto en verano cuando fue tipo aleatoria para Santa Rosa (ocupando cualquier espacio disponible) y tipo agrupada para Rancho Chico (en respuesta a posibles impactos antrópicos o ambientales). Los periodos de máxima actividad se distribuyeron entre las 5 y 10 am y entre las 5 y 8 pm, sobre todo para los adultos, y entre periodos para ejemplares juveniles.

PALABRAS CLAVE: patrón de actividad, *O. gaudichaudii*, variograma, dispersión espacial

### ABSTRACT

PASTOR R, TEJADA A, ZAVALAGA F. 2018. Indirect method for the assessment of population and size distributions and activity pattern of the ghost crab *Ocyopde gaudichaudii* (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) in Tacna, 2010 - 2013. *Bol Inst Mar Peru*. 33(1): 25-34.- In this paper, the spatial distribution and activity pattern of *Ocyopde gaudichaudii* is analyzed by means of an indirect method through the count of the number of burrows, diameter, depth and distances between random points and burrows in order to determine different types of spatial dispersion and measure the state of the intertidal environments of sandy substrate. In the field, at least 2 grids of 20 m<sup>2</sup> (20x10 m) were established and grided every 4 m<sup>2</sup> (2x2 m) which were distributed between the dune and undertow zones. In each grid, 15 quadrants (c) and 15 vertex (v) were selected at random and the dispersion index ( $I_{BR}$ ) of Byth-Ripley was estimated, based on the calculation of distances for independent samples. In the 2010-2013 period, 96 sampling stations were carried out that allowed us to perform 729 similar spatial distribution simulations (grouped, uniform and random), and dispersion variograms were constructed based on density and burrow distribution. A comparison was made between beaches according to the dispersion values that reflected the same trend between the simulated distribution and the observed distribution in the field. The Byth-Ripley index was efficient to differentiate the spatial distribution types described. The variograms allowed to analyze the distribution of the variables and determine the spatial behavior of *O. gaudichaudii*. The distribution of the species was of the uniform type in both beaches, except in summer when it was random for Santa Rosa (occupying any available space) and grouped for Rancho Chico (in response to possible anthropic or environmental impacts). The periods of maximum activity were distributed between 5 and 10 am and between 5 and 8 pm, especially for adult specimens, and between periods for juvenile specimens.

KEYWORDS: activity pattern, *O. gaudichaudii*, variogram, spatial dispersion

1 Área Funcional de Investigaciones en Biodiversidad - Instituto del Mar del Perú, rpastor@imarpe.gob.pe

2 Laboratorio Costero de Ilo - Instituto del Mar del Perú

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de los tipos de distribución tanto espacial como por tallas, así como de comportamiento del cangrejo carretero *Ocypode gaudichaudii* Milne Edwards y Lucas, resultan de gran interés para el conocimiento del estado de salud de los ecosistemas de playas de arena, ya que muchas de las poblaciones y comunidades de invertebrados suelen estar reguladas por ambientes muy dinámicos (DEFEO y McLACHLAN 2005). Además, la respuesta de estos invertebrados depende de su historia natural, de tal forma que los organismos que habitan ambientes intermareales presentan diferencias en su modo de vida, con respecto a aquellos que se encuentran en la zona submareal (DEFEO y McLACHLAN 2011). En estos ecosistemas arenosos, los organismos presentan cinco adaptaciones claves para su supervivencia: movilidad, construcción de galerías, ritmos circadianos, orientación y algún nivel de plasticidad en su comportamiento (NEL *et al.* 2014, SCAPINI 2014).

Todos los organismos que presentan mayor grado de exposición al oleaje, se encuentran en constante estrés físico, al ser objeto de numerosos eventos antrópicos, como la instalación hotelera o recreativa de veraneantes y las actividades pesqueras, principalmente con chinchorro de mano y mecanizado; además de otros eventos ambientales como altura y frecuencia de olas, corrientes de gran intensidad, mareas, entre otros, que suelen limitar su distribución espacial y temporal (STEINER y LEATHERMAN 1981, WOLCOTT y WOLCOTT 1984, DEFEO y DE ÁLAVA 1995, JARAMILLO *et al.* 1996, BRAZEIRO y DEFEO 1999).

Estos ambientes pueden sufrir varias transformaciones debido a los disturbios ocasionados por el hombre, generando un impacto fuerte sobre los organismos que los habitan. Se ha demostrado que la fuerte presión ejercida por la urbanización y el desarrollo turístico en las playas, ha llevado a la extinción local de algunas especies (HUBBARD *et al.* 2014).

El género *Ocypode* está conformado por 26 especies en todo el mundo (WoRMS Editorial Board 2018) las que actúan como importantes indicadores biológicos, destacando para las costas del Pacífico sur, la especie *O. gaudichaudii* que se distribuye desde el Golfo de Fonseca (13°12'N) en el Salvador hasta Bahía de Concepción (36°41'S) en Chile.

Al ser una especie semi-terrestre, *O. gaudichaudii* tiene un vínculo directo con el mar ya que este ambiente no solo le proporciona la humedad necesaria, sino que también le ofrece las condiciones óptimas para su desarrollo larval (RUPPERT y FOX 1988). Además de caracterizarse por presentar pocos depredadores terrestres y competidores de alimento y espacio, sus hábitos alimenticios son flexibles y tiene la capacidad

de soportar periodos largos en ausencia de alimento (WOLCOTT 1978).

Junto con el isópodo *Excirrolana braziliensis* Richardson, representan a las pocas especies que habitan estos ambientes y se consideran importantes en el metabolismo de los ecosistemas de playas de arena (JARAMILLO 1987, CLARKE y PEÑA 1988). Ecológicamente son trascendentales ya que eliminan el detritus orgánico y participan en la transferencia de energía entre los diferentes niveles tróficos (WOLCOTT 1978, ALBERTO y FONTOURA 1999); además, están considerados como carroñeros efectivos de materia orgánica en descomposición, incluidos huevos y pichones de aves y tienen la capacidad de ser filtradores y captar su alimento a lo largo del ecosistema terrestre-marino (WOLCOTT 1978).

En el Perú, los estudios realizados por KOEPCKE (1953) se enfocaron a explicar las estructuras y comportamientos, o los modos de conducta de importancia ecológica de *O. gaudichaudii* en medio natural, y concluyeron que éstas son manifestaciones adaptativas a la vida en playas de arena, por lo que la consideran como una especie muy apropiada para su existencia en este tipo de biotopos, además que *O. gaudichaudii* contribuye a la conservación del equilibrio biológico en la biocenosis de estos ecosistemas intermareales.

Algunos estudios realizados en México determinaron que *O. quadrata* (Fabricius) ha presentado constante disminución en su densidad poblacional, sobre todo en playas con perturbaciones, debido a la construcción de edificios y caminos que han generado un deterioro ecológico difícil de restaurar (FISHER y TEVESZ 1979, BARROS 2001).

Otras especies del mismo género, han sido usadas como indicadores de los disturbios ocasionados por los humanos en playas de arena. En ellas se han observado que las menores densidades de estos cangrejos se han presentado en zonas afectadas por el paso constante de las personas (BLANKENSTEYN 2006, NEVES y BEMVENUTI 2006, ARAUJO *et al.* 2008), el tráfico de vehículos motorizados (SCHLACHER *et al.* 2007), así como la construcción de obras civiles (BARROS 2001).

En el Perú no se ha evaluado la información histórica de *O. gaudichaudii* respecto a su distribución espacial, temporal y patrón de actividad, a pesar que en los últimos años, el incremento de las actividades antrópicas como el chinchorreo, circulación vehicular y actividades recreativas, han ido modificando estos ecosistemas afectando la distribución poblacional de muchos organismos, incluyendo al cangrejo carretero. El presente documento tiene como objetivo dar a conocer un método indirecto para evaluar la distribución poblacional, estructura por tallas y el patrón de actividad del cangrejo carretero, como indicador biológico, con la

finalidad de medir el estado de salud de los ambientes intermareales de sustrato arenoso.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### ESTABLECIMIENTO DEL ÁREA DE MUESTREO

Para el establecimiento del área de muestreo, del 2010 al 2013 se realizaron 96 muestreos en campo, principalmente en horas diurnas de baja marea, en las playas de Santa Rosa y Rancho Chico, ubicadas en el litoral de Tacna y caracterizadas entre intermedias y disipativas de acuerdo a la clasificación de MASSELINK y SHORT (1993). En cada estación de muestreo se establecieron 2 cuadrículas de 20 m<sup>2</sup> (20x10 m) grilladas cada 4 m<sup>2</sup> (2x2 m), georeferenciadas con un GPS y distribuidas entre el límite inferior de la zona de dunas y el límite inferior de la zona de resaca (Fig. 1).

En ambas cuadrículas se seleccionaron, al azar, 15 cuadrantes réplicas (C), que representaron las unidades de muestreo y 15 vértices réplicas (V) que representaron los puntos para medir la distancia entre las madrigueras, lo que permitió obtener un total de 30 cuadrantes y 30 vértices. En los cuadrantes, se contó el número de madrigueras (censo indirecto del número de cangrejos), diferenciando las madrigueras activas (con actividad de excavación reciente) de las madrigueras inactivas (Fig. 2). Se registraron dos medidas: a) profundidad de la madriguera (Pr) y b) diámetro de la madriguera (Di), este último permitió agruparlas de acuerdo al diámetro, en cuatro rangos (<20 mm; 20-50 mm; 51-80 mm y >80 mm). Los vértices representaron el punto referencial para el registro de las siguientes medidas: a) distancia entre el vértice y madriguera más cercana ( $X_i^2$ ) y b) distancia entre esta madriguera y la segunda madriguera más próxima ( $R_i^2$ ).



Figura 1.- Cuadrícula de 20 m<sup>2</sup> (20x10 m), grillada cada 4 m<sup>2</sup> (2x2 m), dispuesto desde el límite inferior de la zona de dunas hasta el límite inferior de la zona de resaca. Marcaje de los cuadrantes (C) y vértices (V) para el conteo del número, diámetro y distancias de las madrigueras de *O. gaudichaudii*

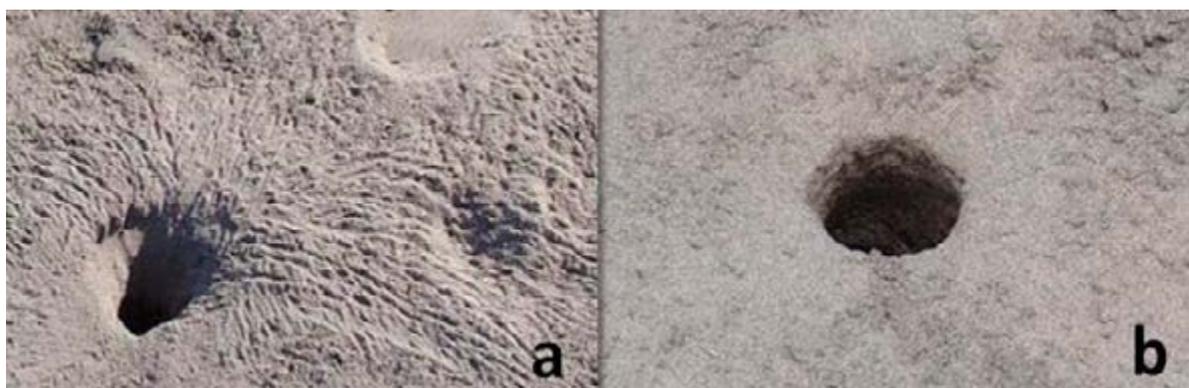


Figura 2.- (a) Madrigueras con actividad de excavación reciente, (b) madrigueras inactivas de *O. gaudichaudii*

### ÍNDICE BASADO EN EL CÁLCULO DE LAS DISTANCIAS

Se utilizó el índice de dispersión de Byth-Ripley ( $I_{BR}$ ), basado en el cálculo de distancias para muestras independientes (BYTH y RIPLEY 1980). Este índice relaciona la distancia entre un punto elegido al azar con la madriguera más cercana ( $X_i^2$ ) y la distancia entre madrigueras ( $R_i^2$ ).

$$I_{BR} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{d^2_{pt}}{d^2_{pt} + d^2_{tt}}$$

Donde:

n: número de puntos tomados al azar

$d^2_{pt}$ : distancia entre un punto al azar y la madriguera más cercana

$d^2_{tt}$ : distancia entre la madriguera más cercana y una segunda madriguera más próxima

El cálculo de este índice permite determinar el patrón de distribución poblacional del cangrejo carretero (Tabla 1, ANEXO). Mientras que el diámetro y profundidad de las madrigueras permiten conocer la disposición espacial de éstos, en función al grupo etario y a la actividad mostrada por *O. gaudichaudii*. Se elaboró una base de datos con 729 simulaciones de distribución espacial del tipo agrupada, uniforme y aleatoria, basada en los valores del índice de dispersión de Byth-Ripley.

Se considera generalmente, que la distribución de estos puntos pueden responder a alguno de los siguientes tipos de dispersión espacial tipo Poisson (Fig. 3):

- Agrupada o agregada (Fig. 3a): donde las madrigueras tienden a ubicarse próximas entre sí, por lo que la interacción entre ellas es fuerte como consecuencia de la falta de homogeneidad en el espacio o por alguna alteración fuerte que puede estar generándose en el ambiente. El valor de dispersión para este tipo de distribución será ( $I_{BR} > 0,5$ ), (PIELOU 1977).
- Uniforme o regular (Fig. 3b): donde las madrigueras tienden a mantener entre sí una distancia más o menos constante, como respuesta a la fuerte competencia ya sea por alimento o espacio. El valor de dispersión para este tipo de distribución será ( $I_{BR} < 0,5$ ) (PENTTINENET *et al.* 1992).
- Aleatoria (Fig. 3c): es decir que las madrigueras se pueden distribuir al azar en todo el espacio disponible, sin tener interacción entre ellos, por

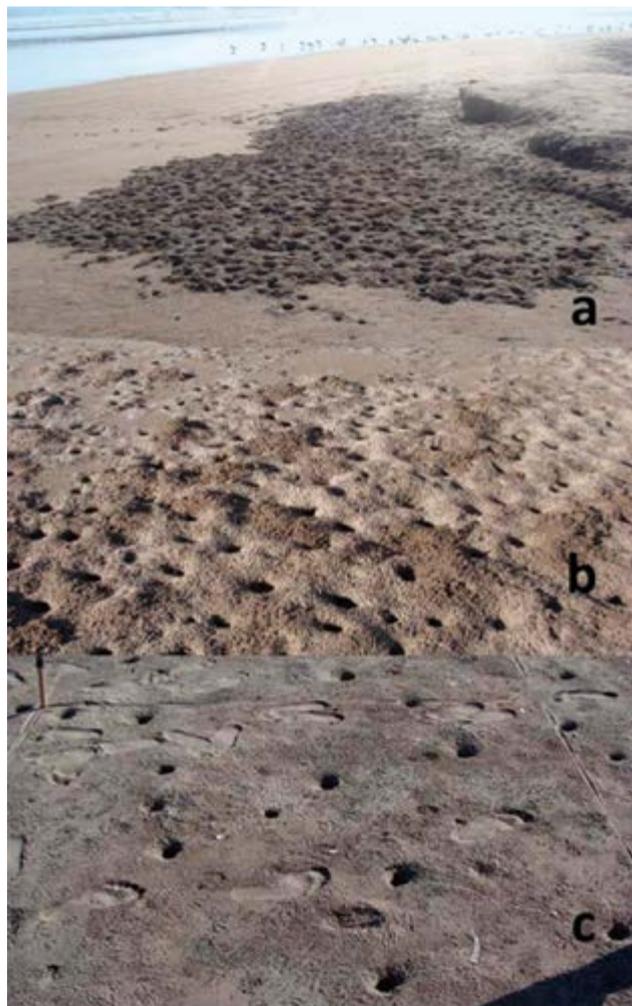


Figura 3.- Dispersión espacial en campo de *O. gaudichaudii* en base al índice  $I_{BR}$ . a) agrupada, b) uniforme, c) aleatoria

lo que la presencia de algún individuo en cierto punto no afecta la ubicación de otro individuo. El valor de dispersión para este tipo de distribución será ( $I_{BR} = 0,5$ ) (PIELOU 1977).

### VARIOGRAMAS DE DISPERSIÓN ESPACIAL

Este método de simulación resulta importante para medir la dispersión de una variable en un espacio determinado. Una vez obtenido el variograma experimental, y en varias repeticiones, se debe analizar detenidamente cada variable para definir su comportamiento en un determinado espacio.

Los variogramas simulados tienen como base las cuadrículas en lo que se refiere al número de madrigueras por cuadrante de muestreo y a la distribución espacial de las madrigueras que la componen. En estas simulaciones se asigna a cada madriguera una posición, diámetro y profundidad, aunque para el cálculo del índice de dispersión, éstos últimos no se utilizan (Tabla 2, ANEXO).

El procedimiento para estas simulaciones obedece a la siguiente rutina:

$$Y = \frac{1}{2} N \cdot \sum [ ( Z(x) - Z(x+h) ) ]^2$$

Donde:

Y: valor de la función variograma

N: número de datos

Z: variable estudiada

Z(x): valor de dicha variable en el punto Xi

Z(Xi+h): valor de la variable en el punto (Xi+h)

En distribuciones agrupadas o agregadas, las cuadrículas se simulan suponiendo que la distribución es del tipo doble Poisson con un valor de dispersión mayor a 0,5. En cada cuadrícula se calcula el número de cuadrados vacíos y el número de cuadrados que van a contener, al menos, una madriguera, seleccionando dichos cuadrados aleatoriamente.

En distribuciones uniformes o regulares, se simula que el número de madrigueras en cada cuadrícula, presenta un valor de dispersión menor a 0,5. En este sentido, la simulación del número de madrigueras coincide con el número de cuadrantes que va a presentar cada cuadrícula y se sitúa, aleatoriamente, una madriguera en cada cuadrante dentro de la cuadrícula.

En distribuciones aleatorias, las cuadrículas se simulan suponiendo que la distribución es de tipo Poisson con un valor de dispersión igual a 0,5. Para ello, cada madriguera se sitúa aleatoriamente dentro de la cuadrícula sin tener en cuenta la posición del resto de madrigueras. Esto indica la generación aleatoria de coordenadas (x, y) para cada madriguera dentro de la cuadrícula, repitiendo este procedimiento para el total de madrigueras.

### 3. RESULTADOS

#### ÍNDICE BASADO EN EL CÁLCULO DE LAS DISTANCIAS

Basado en el cálculo ( $I_{BR}$ ), la distribución espacial de las madrigueras de *O. gaudichaudii* en Santa Rosa durante las estaciones de verano fue del tipo aleatoria ( $I_{BR}$ : 0,51) cambiando a uniforme ( $I_{BR}$ : 0,35; 0,46 y 0,31) durante las estaciones de otoño, invierno y primavera, respectivamente. El número total de madrigueras activas fue mayor en verano (104 mad.) y menor en invierno (34 mad.), con promedios que oscilaron entre 12 y 4 mad. Sin embargo, las madrigueras con mayores promedios de diámetro (46 mm) y profundidad (215 mm) se presentaron en invierno y las madrigueras con menores promedios de diámetro en verano (25 mm y 187 mm). A lo largo del periodo de estudio, el promedio de las distancias entre madrigueras ( $Ri^2$ ) fue mayor que el promedio de las distancias entre el vértice y la madriguera más cercana ( $Xi^2$ ) (Tabla 3).

Tabla 3.- Número de madrigueras totales (To), número de madrigueras activas (Na), número de madrigueras inactivas (Ni), promedio de madrigueras (4 m<sup>2</sup>), rango de madrigueras (4 m<sup>2</sup>), promedio del diámetro y profundidad de madrigueras, promedio de distancia Xi, promedio de distancia Ri, durante las estaciones de verano, otoño invierno y primavera

| Variables                                | Número de madrigueras y valores de dispersión <i>O. gaudichaudii</i> |        |          |           |
|--|--|--------|----------|-----------|
|  | Verano   | Otoño  | Invierno | Primavera |
| <b>Santa Rosa</b>                        |  |        |          |           |
| Nº Madr.                                 | 183  | 112    | 54       | 55        |
| Nº Madr. activas (Na)                    | 104  | 77     | 38       | 49        |
| Nº Madr. inactivas (Ni)                  | 79   | 35     | 16       | 6         |
| $\bar{X}$ Madr. (4m <sup>2</sup> )       | 12   | 7      | 4        | 4         |
| Rango de madr. (4m <sup>2</sup> )        | 6 - 22   | 4 - 12 | 0 - 10   | 1 - 9     |
| $\bar{X}$ Diámetro (mm)                  | 25   | 39     | 46       | 35        |
| $\bar{X}$ Profundidad (mm)               | 172  | 204    | 215      | 209       |
| $\bar{X}$ Distancia Xi <sup>2</sup> (mm) | 301  | 290    | 785      | 518       |
| $\bar{X}$ Distancia Ri <sup>2</sup> (mm) | 335  | 411    | 902      | 824       |
| <b>Valor IBR</b>                         | 0,51   | 0,35   | 0,46     | 0,31      |
| Variables                                | Número de madrigueras y valores de dispersión <i>O. gaudichaudii</i> |        |          |           |
|  | Verano   | Otoño  | Invierno | Primavera |
| <b>Rancho Chico</b>                      |  |        |          |           |
| Nº Madr.                                 | 46   | 97     | 66       | 86        |
| Nº Madr. activas (Na)                    | 37   | 87     | 60       | 77        |
| Nº Madr. inactivas (Ni)                  | 9  | 10     | 6        | 9         |
| $\bar{X}$ Madr. (4m <sup>2</sup> )       | 3  | 6      | 4        | 6         |
| Rango de madr. (4m <sup>2</sup> )        | 0 - 7  | 2 - 13 | 1 - 10   | 2 - 15    |
| $\bar{X}$ Diámetro (mm)                  | 35   | 63     | 54       | 57        |
| $\bar{X}$ Profundidad (mm)               | 212  | 333    | 301      | 219       |
| $\bar{X}$ Distancia Xi <sup>2</sup> (mm) | 1093   | 518    | 588      | 491       |
| $\bar{X}$ Distancia Ri <sup>2</sup> (mm) | 1020   | 703    | 764      | 763       |
| <b>Valor IBR</b>                         | 0,62   | 0,34   | 0,35     | 0,31      |

En Rancho Chico, durante las estaciones de verano, la distribución espacial de las madrigueras fue del tipo agrupada ( $I_{BR}$ : 0,62) cambiando a uniforme ( $I_{BR}$ : 0,34; 0,35 y 0,31) durante las estaciones de otoño, invierno y primavera. Contrario a Santa Rosa, el número total de madrigueras activas fue mayor en otoño (87 mad.) y menor en verano (37 mad.), con promedios que oscilaron entre 6 y 3 mad. Los promedios más altos de diámetro y profundidad de las madrigueras también se presentaron en otoño y los menores en verano (Tabla 3).

**VARIOGRAMAS DE DISPERSIÓN ESPACIAL**

La descripción en la composición por rango de tallas de *O. gaudichaudii* en función al diámetro de las madrigueras (rango 1: <20 mm; rango 2: 20-50 mm; rango 3: 51-80 mm; rango 4: >80 mm) y basado en la acumulación de los muestreos durante todo el periodo de estudio (2010-2013), determinó que más del 70% de las madrigueras oscilaron entre 20 y 50 mm, sobre todo en las estaciones de verano y primavera. Se registraron madrigueras con diámetros mayores a 80 mm; sin embargo, solo fueron representativos en Rancho Chico y durante la estación de otoño (Fig. 4).

En Santa Rosa, más del 80% de las madrigueras presentaron diámetros menores a 50 mm con tendencia a ocupar, principalmente, los espacios cercanos a la zona de resaca. Durante las estaciones de verano, solo se registraron madrigueras con diámetros menores a 50 mm distribuidas desde el límite inferior de la zona de dunas hasta el límite inferior de la zona de resaca; sin embargo, el 50% de estas madrigueras estuvieron inactivas. Madrigueras con diámetros mayores a 80 mm fueron registradas entre otoño e invierno y se distribuyeron, en las proximidades de la zona de dunas (Fig. 5). En general, la distribución de *O. gaudichaudii* fue del tipo uniforme, excepto en verano

donde fue del tipo aleatoria. Esto demostraría que durante las estaciones de verano la distribución de *O. gaudichaudii* puede estar ocupando cualquier espacio disponible a lo largo de la localidad.

En Rancho Chico, se presentó distribución similar a Santa Rosa. El 60% de las madrigueras con diámetros menores a 50 mm se ubicaron en las proximidades del límite inferior de la zona de resaca. Durante las estaciones de primavera, se registraron únicamente madrigueras con diámetros menores a 50 mm, distribuidas desde el límite inferior de la zona de dunas hasta el límite inferior de la zona de resaca. Las madrigueras con diámetro mayor a 80 mm se presentaron en otoño cerca al límite inferior de la zona de dunas. En general la distribución fue del tipo uniforme, excepto en verano donde fue del tipo agrupada. Es decir, que durante las estaciones de verano, las madrigueras tienden a distribuirse formando grupos, en respuesta a posibles impactos antrópicos o ambientales que se puedan estar generando a lo largo de esta localidad (Fig. 6).

El presente trabajo permitió describir el patrón de actividad de *O. gaudichaudii*, determinando dos periodos de máxima actividad a lo largo del día, distribuidos entre las 5 y 10 am y entre las 5 y 8 pm. Siendo el primero el de mayor duración y con mayor presencia de ejemplares adultos, contrario a lo reportado por STRACHAN *et al.* (1999) quienes afirman que su actividad es casi exclusivamente nocturna.

Tanto en Santa Rosa como en Rancho Chico, los periodos de actividad de *O. gaudichaudii* se distribuyeron para todas las tallas. Sin embargo, fuera de estos periodos se observó mayor actividad por parte de ejemplares juveniles, los mismos que se desplazaban dentro del límite inferior de la zona de resaca.

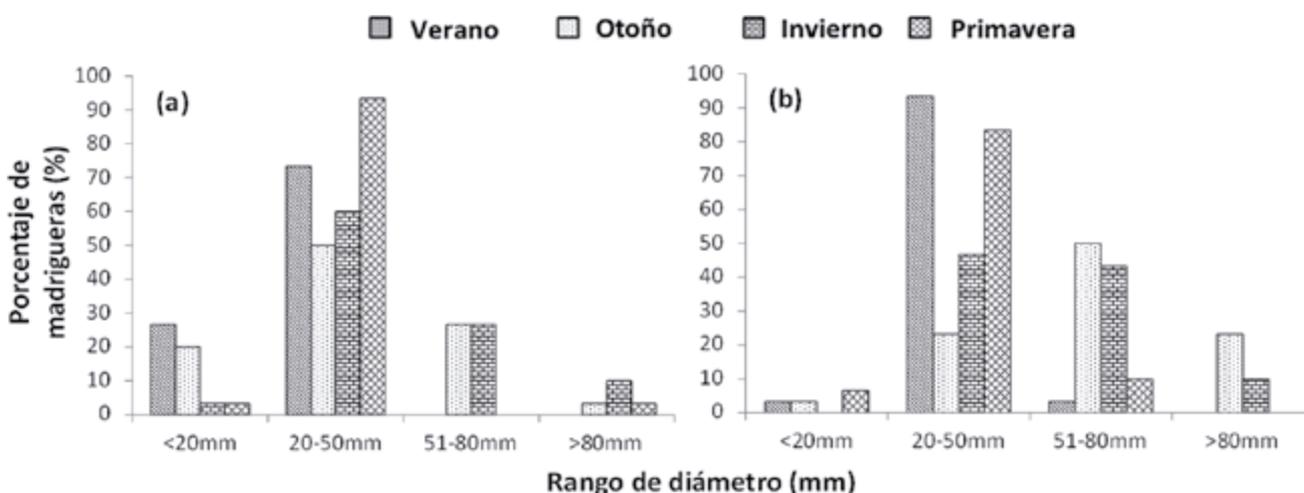


Figura 4.- Promedio del número de madrigueras, según rango: <20 mm; 21-50 mm; 51-80 mm; >80 mm). (a) Santa Rosa y (b) Rancho Chico, durante las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera

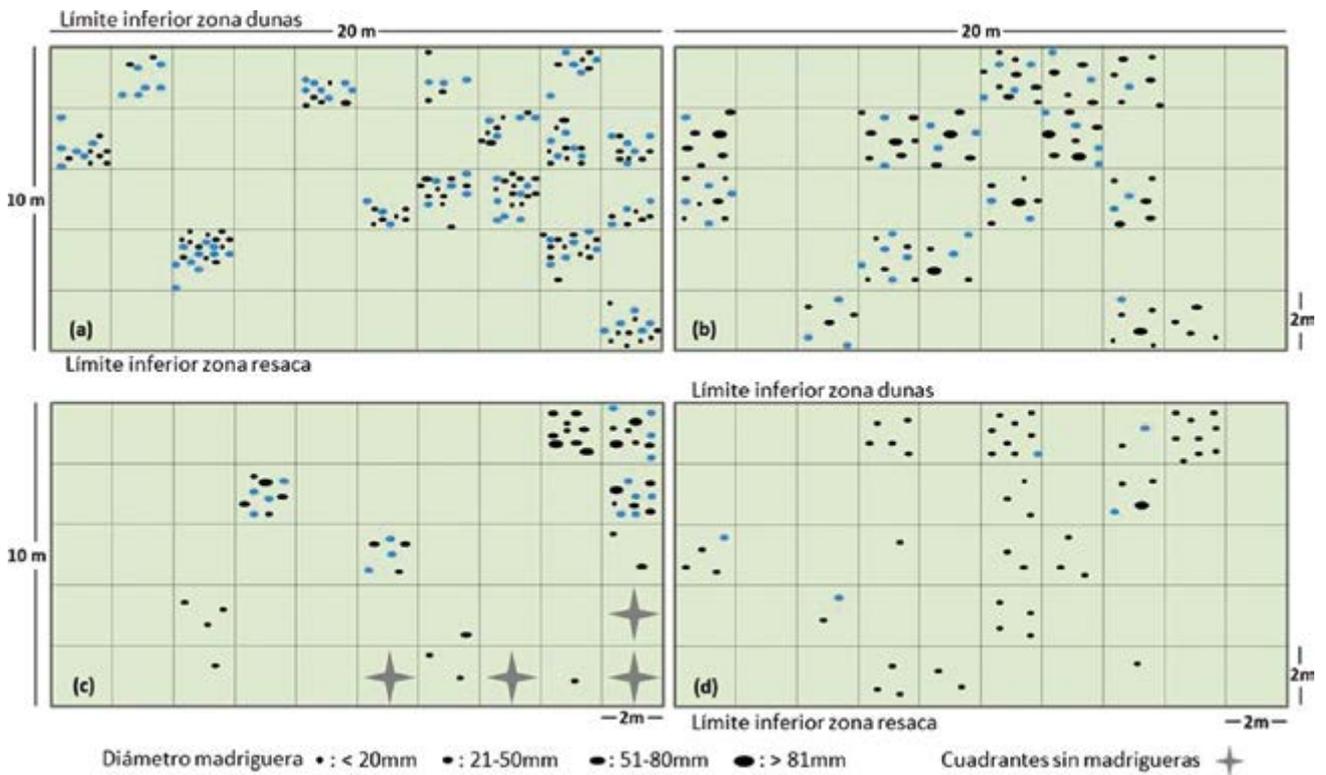


Figura 5.- Cuadrículas de distribución espacial de madrigueras de *O. gaudichaudii* durante las estaciones: (a) verano, (b) otoño, (c) invierno, (d) primavera en la playa de Santa Rosa, Tacna 2010 – 2013. Madrigueras activas (círculo negro), madrigueras inactivas (círculo azul). Diámetro de madrigueras: (a) <20 mm, (b) 21-50 mm, (c) 51-80 mm y (d) >80 mm

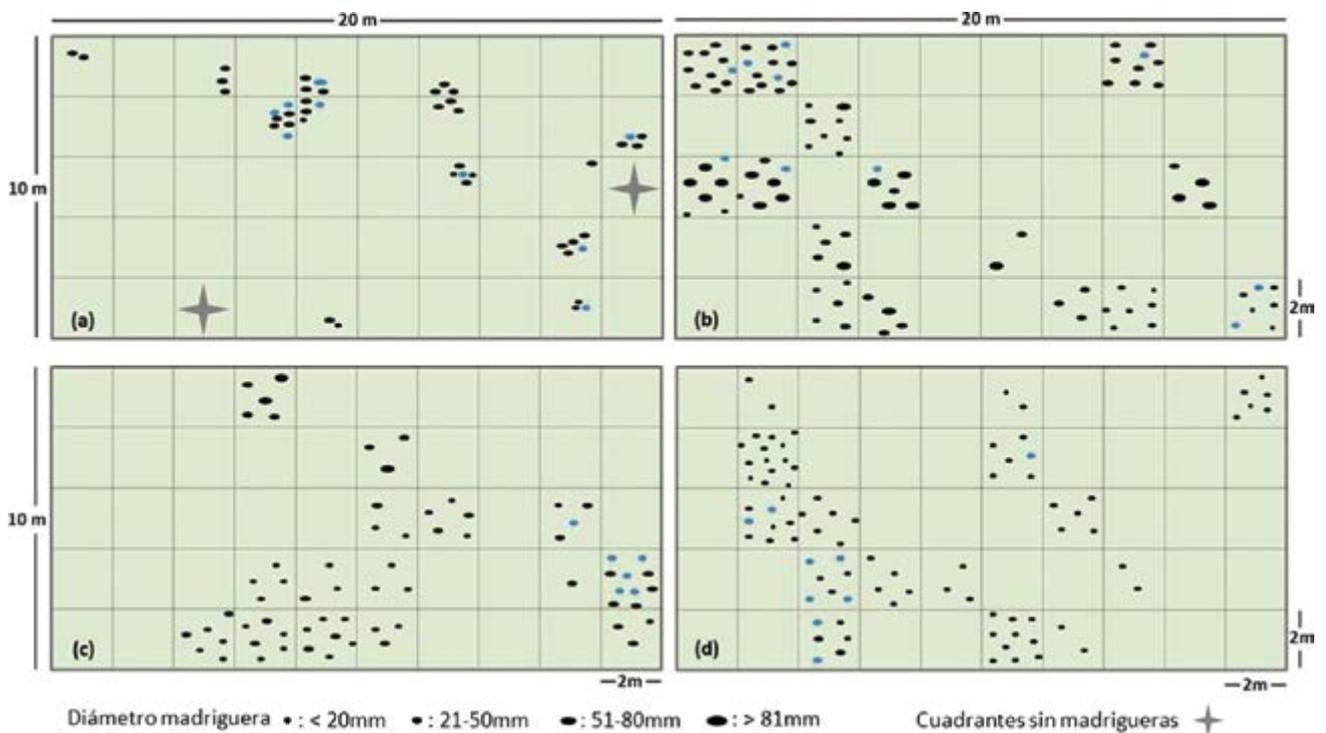


Figura 6.- Cuadrículas de distribución espacial de madrigueras de *O. gaudichaudii* durante las estaciones: (a) verano, (b) otoño, (c) invierno, (d) primavera en la playa de Rancho Chico, Tacna 2010 – 2013. Madrigueras activas (círculo negro), madrigueras inactivas (círculo azul). Diámetro de madrigueras: (a) <20 mm, (b) 21-50 mm, (c) 51-80 mm y (d) >80 mm

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A pesar que el cangrejo carretero *Ocypode gaudichaudii*, se distribuye a lo largo de la costa del Pacífico desde el Golfo de Fonseca (El Salvador) incluyendo las islas Galápagos hasta el norte de Chile, ha sido poco estudiada a escala global y casi nula a escala local. En este trabajo se describe un método indirecto que cuantifica la abundancia, detallando la distribución espacial, temporal, estructura por tallas y el patrón de actividad de la especie.

Este análisis se basa en el conteo indirecto a través del censo de madrigueras y no en el conteo directo de individuos, siendo un método simple que permite estudiar el comportamiento y respuesta frente a actividades antrópicas que pueden afectar el estado de conservación de los ecosistemas que habitan estos cangrejos.

Debe considerarse que el esfuerzo de muestreo difiere al de otros trabajos realizados en playas arenosas de México y Chile, en donde se evaluaron *O. quadrata* y *O. gaudichaudii*, respectivamente, por lo que no fue posible comparar las abundancias entre éstas y las obtenidas en el presente trabajo.

Al considerar únicamente las madrigueras con actividad de uso reciente por parte de los cangrejos, se puede determinar que este método mide, de manera indirecta, la distribución y patrón de actividad de la especie, y evalúa y compara el estado de salud de estos ecosistemas.

En aquellas playas donde las actividades humanas son más frecuentes, presentaron un número significativamente menor de madrigueras que en playas donde las actividades humanas son menos frecuentes. Ante ello, resulta factible determinar que el número de madrigueras y su distribución espacial representen indicadores útiles para medir los impactos antrópicos que se presentan en estos ecosistemas.

Los resultados concuerdan con lo reportado por OCAÑA *et al.* (2016) quienes determinaron que la mayor abundancia de cangrejos se presenta en playas más conservadas siendo a su vez concordante con lo reportado por STEINER y LEATHERMAN (1981).

Estudios realizados por BLANKENSTEYN (2006), NEVES y BEMVENUTI (2006), ARAUJO *et al.* (2008), SOUZA *et al.* (2008), MAGALHÃES *et al.* (2009) basados en el conteo indirecto de cangrejos, indican que las playas con mayor perturbación por actividades humanas presentan menor número de madrigueras, y de acuerdo a los resultados de este trabajo se

puede demostrar que toda actividad antrópica que se realice en torno a las playas de arena afectan de manera directa en la distribución y abundancia de *O. gaudichaudii* con resultados negativos que ocurren en el corto y mediano plazo, lo que implica que este cangrejo puede ser considerado como un excelente indicador del nivel de perturbación.

El índice de Byth-Ripley resulta eficiente, para la diferenciación entre los tipos de distribución espacial aquí descritos, ya que los valores de dispersión reflejan una misma tendencia entre la distribución simulada a través del índice  $I_{BR}$  y la distribución de madrigueras observada en campo (Fig. 3).

Los datos de distribución espacial del presente trabajo se relacionan con lo descrito por autores como ALBERTO y FONSECA (1999) quienes en Brasil observaron que las mayores densidades de madrigueras tienden a situarse entre los 20 y 30 m de distancia a la línea de marea alta, y según nuestros resultados corresponde al área circundante entre el límite inferior de la zona de dunas y el límite superior de la zona de resaca.

Los variogramas constituyen una herramienta que ayudan a analizar cómo están distribuidas las variables y permiten determinar el comportamiento espacial, mientras que la estadística se limita al análisis del conjunto más no al orden de las variables analizadas.

En este estudio, el patrón de actividad mostrado por *O. gaudichaudii* se relaciona principalmente con los periodos diurnos donde manifiesta mayor actividad, estando inactivos en horas de oscuridad. El mismo comportamiento lo reporta CRANE (1941), quien determina que *O. gaudichaudii* es un animal típicamente diurno a diferencia de *O. occidentalis* que es activo únicamente de noche.

Por otro lado, KOEPCKE (1953) y STRACHAN *et al.* (1999), afirman que la actividad de *O. gaudichaudii* es casi exclusivamente nocturna. Estos autores se basaron en las huellas encontradas en los recorridos hacia la zona de dunas, probablemente en búsqueda de alimento (cadáveres de aves).

KOEPCKE (1953) manifiesta que *O. gaudichaudii* vive preferentemente en la zona intercotidal, constituyendo un lugar importante para la obtención de alimento. Sin embargo, en este estudio esta zona constituye únicamente un área de alimentación durante las horas de máxima actividad, siendo su principal zona de ubicación el límite inferior de la zona de dunas (donde las madrigueras son preferentemente de mayor diámetro) y el límite superior de la zona de resaca (con presencia de madrigueras de menor diámetro).

## Agradecimiento

Se agradece la colaboración de Ygor Sanz y al personal del Laboratorio Costero de Ilo del Instituto del Mar del Perú por su ayuda durante el trabajo de campo, así como en el apoyo logístico. A Raúl Castillo por su constancia y motivación en la iniciativa del presente trabajo.

## 5. REFERENCIAS

- ALBERTO R M F, FONTOURA N F. 1999. Age structure spatial distribution of *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) on a sandy beach from the South Coast of Brazil (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae). *Revista Brasileira de Biología*. 59(1): 95-421.
- ARAUJO C C V, ROSAL D M, FERNANDES J M. 2008. Densidade e distribuição espacial do caranguejo *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) (Crustacea, Ocypodidae) em três praias arenosas do Espírito Santo, Brasil. *Biotemas*. 21: 73-80.
- BARROS F. 2001. Ghost crabs as a tool for rapid assessment of human impacts on exposed sandy beaches. *Biol. Conservat.* 97: 399-404.
- BLANKENSTEYN A. 2006. O uso do caranguejo maria-farinha *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) (Crustacea, Ocypodidae) como indicador de impactos antropogênicos em praias arenosas da Ilha de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Zoologia*. 23: 870-876.
- BRAZEIRO A, DEFEO O. 1999. Effects of harvesting and density dependence on the demography of sandy beach populations: the yellow clam *Mesodesma mactroides* of Uruguay. *Marine Ecology Progress Series*. 182: 127-135.
- BYTH K, RIPLEY B D. 1980. On sampling spatial patterns by distance methods. *Biometrics*. 36(2): 279-284.
- CLARKE M, PEÑA R. 1988. Zonación de la macroinfauna en una playa de arena del norte de Chile. *Estud. Oceanol.* 7: 17-31.
- CRANE J. 1941. On the growth and ecology of brachyuran crabs of the genus *Ocypode*. *Zoologica*. 26: 297-310.
- DEFEO O, DE ÁLAVA A. 1995. Effects of human activities on long-term trends in sandy beach populations: the wedge clam *Donax hanleyanus* in Uruguay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 123: 73-82.
- DEFEO O, McLACHLAN A. 2005. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 295: 1-20.
- DEFEO O, McLACHLAN A. 2011. Coupling between macrofauna community structure and beach type: a deconstructive meta-analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 433: 29-41.
- FISHER J B, TEVESZ M J S. 1979. Within-habitat patterns of *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) (Decapoda Brachyura). *Crustaceana*. 5: 31-36.
- HUBBARD D M, DUGAN J E, SCHOOLER N K, VIOLA S N. 2014. Local extirpations and regional declines of endemic upper beach invertebrates in southern California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 150: 67-75.
- JARAMILLO E. 1987. Sandy beach macroinfauna from the Chilean coast: zonation patterns and zoogeography. *Vie Milieu*. 37:165-174.
- JARAMILLO E, CONTRERAS H, QUIJON P. 1996. Macroinfauna and human disturbance in Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 69: 655-663.
- MAGALHÃES W F, LIMA J B, BARROS F, DOMINGUEZ J M L. 2009. Is *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) a useful tool for exposed sandy beaches management in Bahia state (Northeast Brazil)? *Brazilian Journal of Oceanography*. 57: 149-152.
- MASSELINK G, SHORT A D. 1993. The Effect of Tide Range on Beach Morphodynamics and Morphology: A Conceptual Beach Model. *Jour. of Coastal Res.* 9 – 3: 785-800.
- NEL R, CAMPBELL E E, HARRIS L, HAUSER L, SCHOEMAN D S, McLACHLAN A, DU PREEZ D R, BEZUIDENHOUT K, SCHLACHER T A. 2014. The status of sandy beach science: Past trends, progress, and possible futures. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 150: 1-10.
- NEVES F M, C.E. BEMVENUTI C E. 2006. The ghost crab *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) as a potential indicator of anthropic impact along the Rio Grande do Sul coast, Brazil. *Biological Conservation*. 133: 431-435.
- OCAÑA F A, DE JESÚS NAVARRETE A, DE JESÚS NAVARRETE R M, RIVERA J J O. 2016. Efectos del disturbio humano sobre la dinámica poblacional de *Ocypode quadrata* (Decapoda: Ocypodidae) en playas del Caribe mexicano. *Revista de Biología Tropical/International Journal of Tropical Biology and Conservation*. 64(4).
- PENTTINEN A, STOYAND D, HENTTONEN H. 1992. Marked point processes in forest statistics. *Forest Science*. 38 (4): 806-824.
- PIELOU E. 1977. *Mathematical Ecology*. John Wiley & Sons, Inc. 386 pp.
- RUPPERT E E, FOX R S. 1988. Animales de la orilla del mar al sureste – en Guía de común invertebrados de aguas someras de la costa atlántica del sudeste. Universidad del Sur de Carolina Press. Columbia, Carolina del Sur. 429 pp.
- SCAPINI F. 2014. Behaviour of mobile macrofauna is a key factor in beach ecology as response to rapid environmental changes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 150: 36-44.
- SCHLACHER T A, THOMPSON L, PRICE S. 2007. Vehicles versus conservation of invertebrates on sandy beaches: mortalities inflicted by off-road vehicles on ghost crabs. *Marine Ecology*. 28: 354-367.
- SOUZA J R B, LAVOIE N, BONIFÁCIO P H, ROCHA C M C. 2008. Distribution of *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) on sandy beaches of Northeastern Brazil. *Atlântica*. 30: 139-145.
- STEINER A J, LEATHERMAN S P. 1981. Recreational impacts on the distribution of ghost crab *Ocypode quadrata* Fab. *Biological Conservation*. 20: 111-122.
- STRACHAN P H, SMITH R C, HAMILTON D A B, TAYLOR A C Y ATKINSON R J A. 1999. Studies on the ecology and behaviour of the ghost crab, *Ocypode cursor* (L) in northern Cyprus. *Scientia Marina*. 63(1): 51-60.
- WOLCOTT T G, WOLCOTT D L. 1984. Impact of off-road vehicles on macroinvertebrates of a mid-Atlantic beach. *Biol. Conserv.* 29: 217-240.
- WOLCOTT T G. 1978. Ecological role of ghost crabs, *Ocypode quadrata* (Fab.) on an ocean beach: scavengers or predators? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 31: 67-82.
- WoRMS EDITORIAL BOARD. 2018. World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2018-02-28. doi:10.14284/170



# EXPERIENCIAS EN EL USO DE NASAS PARA LA PESCA DE LANGOSTA ESPINOSA *Panulirus gracilis* EN LA REGIÓN TUMBES, PERÚ

## EXPERIENCES IN THE USE OF LOBSTER TRAPS FOR THE FISHING OF SPINY LOBSTER *Panulirus gracilis* IN THE TUMBES REGION, PERU

Paola Cisneros<sup>1</sup>Manuel Vera<sup>1</sup>Kelly Ortega-Cisneros<sup>2</sup>

### RESUMEN

CISNEROS P, VERA M, ORTEGA-CISNEROS K. 2018. *Experiencias en el uso de nasas para la pesca de langosta espinosa Panulirus gracilis en la Región Tumbes, Perú. Bol Inst Mar Perú. 33(1): 35-42.*- La pesquería de la langosta *Panulirus gracilis*, en Tumbes, es artesanal empleando redes cortina de fondo, que ocasionan capturas de langostas ovígeras y pequeñas, pesca incidental, fantasma y contaminación marina. Este estudio tuvo como objetivo la evaluación de un modelo de nasa que permita la captura de langosta selectiva y amigable con el ecosistema marino costero. Se probaron nasas con una y dos entradas (entrada de 15x15 cm) tanto en tanques de experimentación como en el mar. Los ensayos en tanques mostraron que no existe diferencia significativa entre capturar langostas empleando nasas con una o dos entradas (prueba de T,  $t=-0,872$ ,  $p=0,386$ ), pero sí existe diferencia significativa en la estructura de tallas entre las langostas capturadas y las no capturadas (ANOVA  $F=22,060$ ;  $p=0$ ). Durante las pruebas en el mar no se capturaron langostas. Este estudio muestra que la nasa captura langostas en condiciones controladas. Es importante considerar las dimensiones de la entrada de la nasa para seleccionar el tamaño de las langostas que se pretende capturar. Se sugiere seguir realizando pruebas en el mar para incluir otros factores que no pueden ser evaluados en los tanques.

PALABRAS CLAVE: *Panulirus gracilis*, langosta espinosa, nasa, red cortina de fondo, pesca artesanal

### ABSTRACT

CISNEROS P, VERA M, ORTEGA-CISNEROS K. 2018. *Experiences in the use of lobster traps for the fishing of spiny lobster Panulirus gracilis in the Tumbes Region, Peru. Bol Inst Peru. 33(1): 35-42.*- The spiny lobster *Panulirus gracilis* is an emblematic species of the Tumbes region. In this region, fishery is artisanal and bottom gillnets are used as fishing gear by local fishermen, causing the catching of ovigerous and small lobsters, bycatch and ghost fishing, and marine pollution. This study aims to evaluate a lobster trap that allows the capture of lobsters in a selective and ecofriendly way. Single or double-entry traps (15x15 cm entry) were tested both in experimental tanks and in the sea. Tank trials showed that there is no significant difference between catching lobsters using single or double-entry traps (T test,  $t = -0.872$ ,  $p = 0.386$ ). However, there is a significant difference in the size structure between the captured lobsters and the lobsters found outside the traps (ANOVA,  $F = 22.060$ ,  $p = 0$ ). During the tests at sea no lobsters were caught. This study shows that the traps catches lobsters under controlled conditions. It is important to consider the size of the trap entry in order to select the size of the lobsters to be caught. The authors suggest to continue testing at sea to include other factors that cannot be evaluated in the tanks.

KEYWORDS: *Panulirus gracilis*, rocky spiny, lobster traps, bottom gillnets, artisanal fishing

## 1. INTRODUCCIÓN

La langosta espinosa *Panulirus gracilis* Streets, es una especie de la costa este del Pacífico, que se distribuye desde Baja California hasta la costa norte del Perú en Piura, incluyendo las islas Galápagos; es de hábitos nocturnos y generalmente se le encuentra en la zona infralitoral rocosa o de sedimento mixto de arena y grava (Moscoso 2012). Su alimentación se fundamenta en moluscos y crustáceos (LOZANO-ALVAREZ y ARAMONI-SERRANO 1996, 1997).

La pesca de langosta muestra una presión extractiva sustancial que se ve reflejada en los diferentes indicadores pesqueros. En Costa Rica, por ejemplo, esta pesquería genera problemas de sobreexplotación y ordenamiento, registrándose capturas de ejemplares de 34 mm de longitud de cefalotórax (LC) tamaño menor

a la talla comercial establecida (80 mm LC) (NARANJO-MADRIGAL 2011). Una situación similar se observó en México y Ecuador donde se hicieron capturas sobre tallas de 70 mm y 58 mm LC, en lugar de 82 mm y 103 mm LC, respectivamente, como lo indican las tallas mínimas comerciales (PÉREZ-GONZALES 2011, MERO-DEL VALLE *et al.* 2015). En Panamá, donde la talla mínima de captura se basa en la longitud del abdomen (112 mm) se registraron capturas por debajo de la talla comercial (81 mm). En Perú, al no existir normas legales sobre talla comercial, sumado a su alta demanda local, se ha generado extracción constante que abarcan ejemplares hasta de 34 mm de LC (ORDINOLA *et al.* 2013).

Existen diversos métodos empleados para la captura de langostas, entre los cuales figuran el buceo y el buceo semiautónomo (CASTREJÓN 2015), las nasas para langosta (PÉREZ-GONZALES 2011) y las redes cortina

1 IMARPE, Laboratorio Costero de Tumbes, Calle Jose Olaya S/N, Zorritos, Tumbes, Perú. paola.cisneros@dal.ca, mvera@imarpe.gob.pe

2 Department of Ichthyology and Fisheries Science, Rhodes University, Grahamstown, South Africa. k.ortegacisneros@ru.ac.za

(ORDINOLA *et al.* 2013, MERO-DEL VALLE *et al.* 2015) siendo esta última aún utilizada a pesar de haber sido prohibida (FAO 2003).

No todos los métodos consideran la selectividad de la especie objetivo, la talla comercial, y el cuidado del medio marino costero. Por ejemplo, se ha registrado que las redes cortina no solo pescan langostas juveniles y ovígeras, sino que también capturan otras especies de crustáceos, moluscos y peces (PÉREZ-GONZALES 2011, ORDINOLA *et al.* 2007<sup>3</sup>).

El empleo de nasas como método de pesca en la pesquería de la langosta ha tenido resultados favorables en términos de pesca responsable en países como Canadá (DFO 2015) y Estados Unidos (California Department of Fish and Wildlife 2016) y otorgamiento de la certificación internacional por parte del Marine Stewardship Council (MSC). Las buenas prácticas pesqueras aplicadas en las pesquerías de langosta, como el uso de artes de pesca selectivas y amigables con el medio marino costero, son medidas fundamentales que favorecen la certificación MSC.

En la actualidad, existen varias pesquerías artesanales de langosta que han sido reconocidas como pesquerías sostenibles, o han logrado mantener esa designación a largo tiempo, tal es el caso de la pesquería artesanal de langosta *Panulirus interruptus* (Randall) en Baja California (PHILLIPS *et al.* 2008), *Homarus americanus* Milne Edwards, en Gaspésie (Quebec), *Panulirus argus* (Latreille) en Banco Chinchorro (México), *Jasus frontalis* (Milne Edwards) en Juan Fernández (Chile), entre otras (<https://www.msc.org/>).

En la Región Tumbes, norte del Perú, la pesca de langosta es netamente artesanal y es importante por el sustento económico que provee a las comunidades costeras que dependen de este recurso. Sin embargo, al no existir una normativa o plan de manejo que proteja esta especie, no solo se extrae durante todo el año empleando redes cortina, sino que se extraen ejemplares con tallas menores a las tallas comerciales establecidas en otros países para el género *Panulirus* spp., repercutiendo en su abundancia relativa (ORDINOLA *et al.* 2013).

Realizar estudios donde se prueben otros métodos de pesca que cumplan con los requisitos de selectividad y cuidado del medio marino costero sería un paso importante para fomentar la pesca responsable en la región Tumbes.

El objetivo de este estudio fue desarrollar y evaluar un modelo de nasa que permita la captura y selección de langosta espinosa, de langostas no objetivo (ovígeras y menores a la talla comercial).

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### NASA DE LANGOSTA

El modelo de nasa empleado fue similar al modelo de nasa japonés Kagotoku Shiroyama Ken-mousha utilizado por AMENGUAL-RAMIS *et al.* (2016) diferenciándose en las dimensiones y en que las nasas trabajadas en este estudio no fueron plegables.

Para la construcción de las nasas se empleó varilla de fierro de 3/8", tratada con pintura epóxica color azul. Estas estructuras fueron recubiertas con malla anchovetera color negro de 0,9 mm de apertura de ojo.

La forma de la nasa fue rectangular con altura 60 cm, ancho 60 cm y largo 100 cm. En cada extremo de la nasa se instaló una rampa, las cuales estuvieron conectadas por un túnel, que presentó en la parte central de su base un orificio rectangular de 13x13 cm, siendo esta la única sección por donde las langostas pudieron ingresar a la nasa. En todos los ensayos se probó el mismo modelo de nasa tanto con una entrada como con dos entradas al túnel. La entrada al túnel midió 15x15 cm.

Con la finalidad de evitar la pesca fantasma, en caso se pierda alguna de las nasas durante las pruebas en el mar, se incluyó una ventana de escape la cual consistió de una abertura rectangular de 18x20 cm, recubierta con malla anchovetera y cerrada empleando fibra natural para una rápida degradación y abertura de la misma (Fig. 1).

### ENSAYOS DE CAPTURA DE LANGOSTA EN AMBIENTES CONTROLADOS

Para los ensayos experimentales se emplearon veinte langostas, con tamaño promedio de longitud de cefalotórax (LC) de 80,05 mm (61-93 mm) y con peso promedio de 196,84 g (81,6-293,9 g).

Previo a los ensayos, las langostas fueron mantenidas en tanques rectangulares de 1.500 L, en un ambiente con luz verde azulada durante el día, para simular el rango de luz que se observa en la profundidad donde son generalmente capturadas y alimentadas con trozos de pescado fresco de las especies "machete de hebra" *Opisthonema* sp. y "botella" *Auxis* sp.

Cada tipo de nasa (una y dos entradas) se probó diez veces y en cada ensayo se emplearon cinco langostas escogidas aleatoriamente (n= 50). Las langostas seleccionadas no fueron alimentadas durante 24 horas previas al ensayo. Durante los ensayos, los ejemplares fueron colocados en tanques rectangulares iguales al tanque de mantenimiento.

3 Ordinola E, Alemán S, Vera M, Inga C, Llanos J. 2007. Algunos aspectos biológico-pesqueros de la langosta verde *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) en la Región Tumbes. I Congreso de Ciencias del Mar del Perú, Lambayeque, Perú.

Para no interferir con sus hábitos nocturnos y facilitar la observación del comportamiento de las mismas con la nasa, se siguió utilizando la luz de color verde azulada colocada a la altura del túnel de la nasa. En todos los ensayos las nasas fueron cebadas con 150 g de *Opisthonema* sp., distribuido en tres bolsitas para carnada. Después de asegurar que las langostas se encontraban en un extremo del tanque rectangular, la nasa se colocó al otro extremo dejando espacio suficiente para que estas puedan circular alrededor de la misma.

Para homogenizar el tiempo de exposición de las langostas a la nasa, cada ensayo tuvo una duración de 20 horas.

Durante la primera hora se monitoreó el comportamiento de las langostas registrando parámetros tales como: número de langostas que localizan la entrada del

túnel, tiempo transcurrido hasta contactar la nasa, tiempo transcurrido para entrar a la nasa y número de langostas que entran a la nasa; mientras que los parámetros analizados después de las 20 horas de exposición fueron: número de langostas capturadas y no capturadas, estructura de tallas, peso y sexo de los ejemplares capturados y no capturados. Los parámetros físico-químicos de temperatura, salinidad, pH y oxígeno fueron medidos al inicio y al final de cada ensayo.

**PRUEBA DE LAS NASAS EN EL MAR**

Considerando que la principal zona de captura y presencia de bancos naturales de *P. gracilis* se encuentra entre las zonas de Acapulco y Bonanza, Tumbes (ORDINOLA *et al.* 2010<sup>4</sup>) se propuso esta zona como área de estudio para las pruebas de las nasas en el mar (Fig. 2).

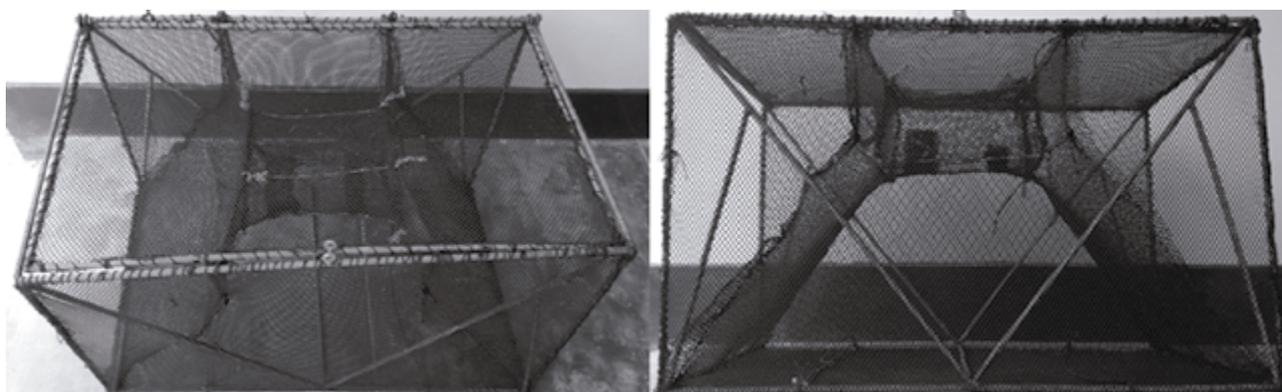


Figura 1.- Modelo de nasa empleada en las pruebas en ambientes controlados y en los ensayos en el mar

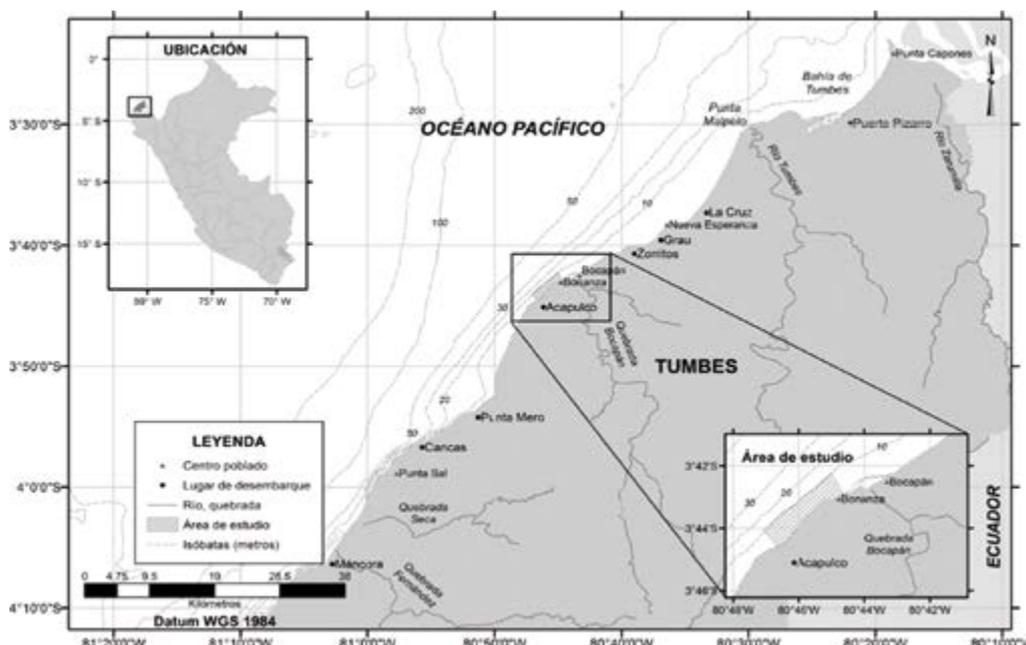


Figura 2.- Área de estudio para el empleo de nasa en los ensayos en el mar

4 Ordinola E, López E, Gonzales I, Montero P, Agurto K, Torres E, Vera M, Inga C. 2010. Delimitación y caracterización de bancos naturales de invertebrados bentónicos comerciales y áreas de pesca artesanal en el litoral de Tumbes. Inf. Interno. Inst. Mar Perú. 79 pp.

Una muestra representativa de pescadores de langosta participó en los experimentos probando las nasas durante sus jornadas de pesca. Las pruebas de las nasas se ejecutaron durante los meses de junio, julio, agosto y octubre. Como se trata de una pesquería artesanal, los ensayos se realizaron en zonas costeras a profundidad promedio de pesca de 9 m (6-12 m).

Mensualmente, se colocaron un promedio de 18 nasas, de manera aleatoria, sobre sustrato rocoso mayormente, y con condiciones de mar calmo con olas pequeñas de preferencia. Las nasas fueron instaladas individualmente, por lo que fueron fijadas al fondo empleando piedras como sistema de anclaje y botellas de plástico como boyas de marcaje.

Como carnada se utilizaron trozos de pescado fresco de las especies botella *Auxis* sp., chita *Anisotremus* sp., espejo *Selene* sp., bereche *Larimus* sp., lisa *Mugil* sp., machete de hebra *Opisthonema* sp. y tapadera *Urotrygon* sp. La carnada fue colocada en bolsitas para cebo elaboradas de malla anchovetera. Para estandarizar el período de inmersión, las nasas estuvieron sumergidas aproximadamente 24 horas.

Los datos colectados en cada prueba fueron: lugar de captura, hora de zarpe, hora de recobro, profundidad de la zona de pesca, condiciones del mar (escala de Douglas), presencia o ausencia de carnada, número de langostas capturadas, longitud del cefalotórax, peso total y pesca incidental.

## ANÁLISIS DE DATOS

Se analizaron los datos de ensayos de captura de langosta en ambientes controlados. Para determinar diferencias entre el número de langostas que ingresaron a ambos tipos de nasas (una o dos entradas) se empleó la prueba de T para igualdad de medias. Para determinar diferencias en la estructura de tallas de las langostas dentro y fuera de las nasas se empleó el ANOVA de un factor. En ambos casos se aplicó, previamente, la prueba de Levene para determinar homogeneidad de varianzas ( $\alpha = 0,05$ ,  $p > 0,05$ ).

## 3. RESULTADOS

### EXPERIMENTO EN AMBIENTES CONTROLADOS

Inicialmente, cuando la nasa fue colocada en el tanque de experimentación con las langostas, la mayoría de ellas mostraron interés explorando alrededor de la nasa o trepando por la rampa, seguramente atraídas por la carnada. Se notó que las langostas intentaron acceder a la carnada con sus patas a través de la malla anchovetera de la rampa, pero al no tener éxito siguieron explorando encontrando eventualmente la entrada del túnel e

ingresando a la nasa. Este comportamiento fue repetido por otras langostas, quienes intentando acceder a la misma carnada, ocasionaron enfrentamientos entre ellas, evidenciando un comportamiento territorial.

Los resultados sobre el comportamiento de las langostas expuestas a nasas con una o dos entradas se muestran en la Tabla 1. Dentro de la primera hora de evaluación, el porcentaje de langostas que ingresaron a nasas con una entrada fue 30%, mientras que el porcentaje de langostas que ingresaron a nasas con dos entradas fue 34%.

Después de 20 horas, se registraron similares porcentajes de langostas que ingresaron en ambos tipos de nasa (76% en nasas de una entrada y 78% en nasas de dos entradas).

Las langostas que ingresaron a las nasas (N= 76) registraron talla promedio de 78,12  $\pm$  7,86 DS mm LC; menor al de aquéllas que no ingresaron (N=24, promedio=86,71 $\pm$ 7,66 DS mm LC) (Tabla 2).

Los datos de ensayos de captura de langosta en ambientes controlados presentaron homogeneidad de varianzas tanto en el número de langostas capturadas con ambos tipos de nasas (prueba de Levene W= 0,519;  $p = 0,473$ ) como en la estructura de tallas de las langostas dentro y fuera de las nasas (prueba de Levene W= 0,399;  $p = 0,529$ ).

La prueba de T para igualdad de medias corroboró que no existieron diferencias significativas entre el número de langostas capturadas con nasas de una o dos entradas ( $t = -0,872$ ,  $p = 0,386$ ) (Tabla 3).

El ANOVA de un factor determinó que existieron diferencias en el tamaño del cefalotórax de las langostas que ingresaron a las nasas (una o dos entradas) y las que no ingresaron ( $F = 22,060$ ,  $p = 0$ ) (Tabla 4).

Los parámetros físico-químicos monitoreados registraron los siguientes promedios: temperatura 24,85 °C (23,12-26,84 °C), salinidad 35,12 ups (34,0-35,65 ups), pH 8,69 (8,13-9,58) y oxígeno 6,36 mL.L<sup>-1</sup> (5,14-6,88 mL.L<sup>-1</sup>).

### PRUEBA DE LAS NASAS EN EL MAR

Las nasas con dos entradas fueron probadas 39 veces en el mar, mientras que las nasas con una entrada se probaron 24 veces.

Después de las 24 horas sumergidas, se evaluó presencia o ausencia de carnada. Tanto las nasas con una entrada al túnel (58% ausencia de carnada, 42% presencia de carnada) como con dos entradas al túnel (51% ausencia de carnada, 49% presencia de carnada)

Tabla 1.- Comparación del comportamiento de las langostas expuestas a nasas con una y dos entradas durante los ensayos en ambientes controlados

| Tiempo   | Parámetros   | Nasa con una entrada | Nasa con dos entradas |
|----------|--|----------------------|-----------------------|
| 1 hora   | N° langostas probadas en los ensayos                                   | 50                   | 50                    |
|          | Tiempo promedio de primer contacto de la langosta con la nasa (horas)  | 0,11                 | 0,06                  |
|          | N° veces que las langostas contactaron la entrada de la nasa           | 55                   | 51                    |
|          | N° langostas que entraron a la nasa (%)                                | 15 (30%)             | 17 (34%)              |
|          | Tiempo promedio empleado por la langosta para entrar a la nasa (horas) | 0,5                  | 0,28                  |
| 20 horas | N° langostas que entraron en la nasa (%)                               | 38 (76%)             | 39 (78%)              |

Tabla 2.- Estructura de tallas de las langostas registradas dentro y fuera de las nasas. N: número de ejemplares, DS: desviación estándar, IC: intervalo de confianza del promedio

| Ubicación | Mínimo | Máximo | N   | Promedio | DS    | IC (95%)        |                 |
|-----------|--------|--------|-----|----------|-------|-----------------|-----------------|
|           |        |        |     |          |       | Límite inferior | Límite superior |
| Dentro    | 60     | 93     | 76  | 78,12    | 7,855 | 76,32           | 79,91           |
| Fuera     | 60     | 93     | 24  | 86,71    | 7,664 | 83,47           | 89,94           |
| Total     | 60     | 93     | 100 | 80,18    | 8,602 | 78,47           | 81,89           |

Tabla 3.- Resultados estadísticos de la prueba de T para evaluar las diferencias de captura entre nasas con una y dos entradas. N: número de ejemplares, DS: desviación estándar, t: valor de t calculado, gl: grados de libertad, p: significancia

| N° entradas | N  | Promedio | DS    | Error típico del promedio | Prueba T para la igualdad de medias |    |       |
|-------------|----|----------|-------|---------------------------|-------------------------------------|----|-------|
|             |    |          |       |                           | t                                   | gl | p     |
| 1           | 38 | 3,89     | 0,606 | 0,098                     | -0,872                              | 75 | 0,386 |
| 2           | 39 | 4,03     | 0,707 | 0,113                     |                                     |    |       |

Tabla 4.- Resultados estadísticos de la prueba ANOVA para evaluar las diferencias de la estructura de tallas de las langostas registradas dentro o fuera de las nasas. p: significancia, gl: grados de libertad

| Condición    | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F      | p     |
|--------------|-------------------|----|------------------|--------|-------|
| Inter-grupos | 1345,867          | 1  | 1345,867         | 22,060 | 0,000 |
| Intra-grupos | 5978,893          | 98 | 61,009           |        |       |
| Total        | 7324,760          | 99 |                  |        |       |

mostraron un patrón similar sobre el estado de la carnada (ausencia/presencia).

De todas las veces que las nasas se probaron en el mar, en tres oportunidades se trabajó en condiciones de mar 4 según la escala de Douglas (olas grandes o muy grandes, rompientes, franjas de espuma), resultando en la pérdida de una nasa o en el deterioro de las mismas.

No se capturaron langostas con ninguno de los dos tipos de nasas; sin embargo, como pesca incidental se registraron ejemplares de mero (150 - 250 g), bagres, cangrejos y peces no comerciales.

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el diseño de nasas para capturar langostas es importante considerar las características operacionales de la misma y el medio en que serán manipuladas. Nasas con altura menor a 45 cm y paredes inclinadas tipo pirámide reducen la presión de las olas sobre la nasa y en consecuencia la probabilidad de que esta vire en el fondo del mar (SMOLOWITZ 1978). La nasa probada en este estudio cumple con las características sugeridas (rectangular, rígida, paredes laterales inclinadas o rampas hacia la entrada de la nasa, diámetro de entrada a la nasa

pequeño), lo cual resultó favorable en términos de operatividad de la nasa durante las pruebas en el mar y retención de las langostas transcurridas las 24 horas durante los ensayos en tanques experimentales. Un caso similar fue descrito por NEILSON *et al.* (2008) quienes tras realizar un estudio comparativo de tres tipos de nasas para la captura de *Panulirus interruptus* (Randall) concluyeron que nasas rígidas con paredes piramidales y diámetro pequeño de entrada incrementan el número de langostas retenidas dentro de la nasa luego de ser capturadas.

En relación al número de entradas a la nasa, algunos autores resaltan la ventaja de tener más de una entrada, sugiriendo que eso facilita e incrementa la posibilidad de que las langostas puedan ingresar a ella (AMENGUAL-RAMIS *et al.* 2016). Por el contrario, los resultados de este estudio muestran que no existe diferencia entre la cantidad de langostas que ingresaron a las nasas con una o dos entradas; sin embargo, en las nasas con una entrada se registró pesca incidental en comparación con las nasas de dos entradas.

THOMAS (1959) aseguró que el tamaño de la entrada de la nasa afecta la cantidad y la estructura de tallas de las langostas capturadas. Esto se evidenció en los análisis de LC de las langostas de ingresantes y no ingresantes a las nasas durante los ensayos en los tanques. Las dimensiones de las entradas del túnel de la nasa y del orificio rectangular en la base del túnel permitieron un mayor ingreso de langostas con LC menor (76,32-79,91 cm) en comparación a la LC de las langostas que no ingresaron a la nasa (83,47-89,94 cm). La medida de la entrada a la nasa funciona como una característica de selección en la captura de las langostas; de existir una regulación sobre el tamaño mínimo de captura, las dimensiones de la entrada podrían ajustarse para generar capturas de langostas que cumplan con la talla comercial.

La literatura indica que es importante que las nasas cuenten con entradas fáciles de acceder para asegurar el ingreso de la langosta (AMENGUAL-RAMIS *et al.* 2016), no obstante existen otras características propias de la especie que son sustanciales a considerar. Las observaciones durante los ensayos en los tanques sobre el comportamiento de las langostas frente a las nasas sugieren que tienen visión limitada y que se guían principalmente por las señales químicas captadas a través del movimiento de sus anténulas. En ese sentido, la presencia de carnada en este tipo de arte de pesca es primordial para asegurar el acercamiento de las langostas a la nasa y posterior captura. Aunque se conoce que el género *Panulirus* interactúa con el medio mediante un mecanismo mecánico-químico-receptor de sus anténulas (GOLDMAN y PATEK 2002) se desconoce la estrategia específica empleada por *P. gracilis* para localizar su comida o evitar a sus depredadores.

El material de las nasas es otro factor importante a considerar porque estaría influenciando en la durabilidad y resistencia de la nasa y en el esfuerzo de pesca. Las nasas elaboradas con madera, por ejemplo, aunque son más ligeras, se vuelven más pesadas por la absorción del agua de la madera, incrementando el tiempo de recobro y por ende el tiempo de pesca. Otros materiales como el fierro, son más pesados que la madera pero fácil de manipular porque no agregan peso a la nasa al momento del recobro. En este estudio, se empleó una estructura de metal pintada con pintura epóxica y recubierta con malla anchovetera. Los pescadores manifestaron que colocar o recobrar la nasa en el mar no generó ninguna dificultad; sin embargo, los ensayos en el mar mostraron que la nasa tiende a corroerse a pesar de la pintura anticorrosiva, y que la fricción de la malla con el fondo rocoso causa deterioro en la misma.

SMOLOWITZ (1978) señala que las nasas tienen un rango de corrosión más elevado en zonas costeras, indicando que la temperatura, el oxígeno disuelto y la velocidad de corrientes son los factores que influyen la corrosión. En ese sentido, considerando que la manipulación de las nasas las realiza el mismo pescador, es importante realizar más estudios en donde se evalúen materiales que sean ligeros, resistentes al agua de mar, y durables en el tiempo, o emplear las nasas en zonas alejadas de las zonas costeras o a mayor profundidad.

Los ensayos en el mar muestran que la resistencia de la nasa también está sujeta a otros factores tales como las condiciones del mar. Los pescadores que probaron las nasas en el mar (profundidades entre 6-12 m) en condiciones de mar 4 (fuerte marejada, según la escala de Douglas) manifestaron que estas se vuelven vulnerables al oleaje y fáciles de perder.

La pesca de langosta en la región Tumbes es artesanal, por lo que las embarcaciones (botes o balsas de madera) trabajan en zonas cercanas a la costa donde la acción de las olas y marejada se acentúan. Los pescadores mencionaron que la marejada incrementa la probabilidad de capturar langostas, sin embargo, la literatura señala que las tormentas y oleaje tienden a destruir las nasas en aguas costeras poco profundas y que las nasas son menos susceptibles a la acción de las mareas a profundidades mayores a 20 m (SMOLOWITZ 1978).

A pesar que las pruebas en el mar se realizaron en zonas de bancos del invertebrado, no se lograron capturar langostas. Los pescadores artesanales de la zona de estudio, así como algunos autores (LELAND *et al.* 2013, AMENGUAL-RAMIS *et al.* 2016) identifican al pulpo como el principal depredador de la langosta.

AMENGUAL-RAMIS *et al.* (2016) determinaron que la mortalidad y deterioro de las langostas capturadas por medio de nasas se debió a la presencia de pulpos dentro de ellas. En ese sentido, resaltan la posibilidad de que la presencia de depredadores dentro de las nasas puede disminuir la probabilidad de capturar langostas.

Estudios poblacionales sobre invertebrados marinos en la región Tumbes determinaron superposición de bancos de langosta con bancos del pulpo *O. mimus* (ORDINOLA *et al.* 2010<sup>4</sup>). Aunque durante las pruebas en el mar no se registró presencia de esos depredadores al momento de recobrar las nasas, los pescadores manifiestan que, algunas veces, encuentran pulpos rodeando a las langostas cuando recobran sus redes.

Por otro lado, al no haberse probado las nasas en una zona aislada, como un área marina protegida (MPA) y con presencia de bancos de langosta y al haberse utilizado pocas nasas en el mar, pudo haber influenciado en la nula captura de esta especie. AMENGUAL-RAMIS *et al.* (2016) probaron 60 nasas 30 veces en un MPA obteniendo una captura total de 33 langostas.

En países donde existe la pesquería de langosta, la regulación promueve la operación con un arte de pesca selectivo y amigable con el medio ambiente. En Canadá (DFO 2015) y Estados Unidos (NOAA 2016) con la finalidad de proteger a las hembras ovígeras, capturar langostas por debajo de la talla comercial y evitar la pesca fantasma, las nasas cuentan con ventanas (espacios rectangulares pequeños que permiten sólo el escape de langostas por debajo de la talla comercial) y paneles de escape (espacios rectangulares grandes que permite el escape de todos los animales atrapados en la nasa). Las nasas diseñadas en este estudio no contaron con ventanas de escape pero sí con paneles de escape. No se incluyeron las ventanas de escape porque se quiso evaluar la estructura de tallas de las langostas capturadas. Considerar el panel de escape, aun en diseños experimentales, es importante porque en caso de pérdida de la nasa, este dispositivo disminuye o evita la pesca fantasma ocasionada por trampas de langosta perdidas en el mar (SMOLOWITZ 1978, BLOTT 1978) como lo sucedido en este estudio durante las pruebas en el mar.

El análisis de los resultados de este estudio demuestra que el diseño de una nasa que asegure una pesca de langosta sostenible y amigable con el medio marino-costero exige la evaluación de varias características. LELAND *et al.* (2013) indicaron que a pesar que el uso de nasas no genera efectos fisiológicos permanentes, éstas deberían incluir mecanismos que disminuyan los impactos propios de la extracción como técnicas

apropiadas para coleccionar y liberar langostas, mecanismos para disminuir la pesca incidental, etc.

Finalmente, considerando que el arte de pesca empleado actualmente para la captura de langosta no es selectivo y genera basura marina y pesca fantasma, se propone seguir realizando estudios para desarrollar medios de pesca alternativos y amigables con el medio marino-costero. Se sugiere continuar con las pruebas experimentales en el mar para incluir otros factores que no pueden ser evaluados en ambientes controlados tales como corrientes de fondo, depredadores, material de la nasa, profundidad de captura, etcétera.

### Agradecimientos

Los autores desean expresar su gratitud a S. Alemán y D. Herrera por su apoyo en la elaboración de la nasa y en las pruebas experimentales en ambientes controlados, a G. Valencia por su apoyo durante las encuestas a los pescadores de langosta en la zona de estudio, a los pescadores de langosta que participaron del proyecto probando las nasas en el mar y a E. Ordinola por el apoyo logístico durante el desarrollo de este estudio. Este trabajo fue financiado por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE).

## 5. REFERENCIAS

- ALEMÁN S, MONTERO P. 2016. Seguimiento de la pesquería de invertebrados marinos en la Región Tumbes. Informe Anual 2015. 40 pp.
- AMENGUAL-RAMIS J, VÁZQUEZ-ARCHDALE M, CÁNOVAS-PÉREZ C, MORALES-NIN B. 2016. The artisanal fishery of the spiny lobster *Palinurus elephas* in Cabrera National Park, Spain: Comparative study on traditional and modern traps with trammel nets. *Fish. Res.* 179: 23-32.
- BLOTT A. 1978. A preliminary study of timed release mechanisms for lobster traps. *Mar. Fish. Rev.* 40(5-6): 44-49.
- CALIFORNIA DEPARTMENT OF FISH AND WILDLIFE. 2016. California spiny lobster fishery management plan. <https://www.wildlife.ca.gov/Conservation/Marine/Lobster-FMP> (accessed 27.03.2017).
- CASTREJÓN M. 2012. Experiencias aprendidas sobre la pesquería de langosta roja (*Panulirus interruptus*) en la zona central de la Península de Baja California, México. En: Ramírez, J., Castrejón, M., Toral-Ganda, M.V. (Eds.). Mejorando la pesquería de langosta espinosa en la Reserva Marina de Galápagos. WWF. Galápagos, Ecuador. 17-43 pp.
- CASTREJÓN M. 2015. Marine Stewardship Council Plus (MSC+) pre-assessment for the spiny lobster (*Panulirus penicillatus* and *P. gracilis*) fishery from the Galapagos Marine Reserve. Conservation International. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador. 90 pp.
- CASTREJÓN M, CHARLES A. 2013. Improving fisheries co-management through ecosystem-based spatial management: The Galapagos Marine Reserve. *Mar. Policy.* 38: 235-245.

- CRISTINA M, GAGLIANO M. 2004. Performance of traditional rush and modern plastic traps on the capture of *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) in laboratory tanks. *Fish. Res.* 67: 235-239.
- DFO (FISHERIES AND OCEANS CANADA). 2015. Lobster. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/fm-gp/sustainable-durable/fisheries-peches/lobster-homard-eng.htm> (accessed 16.03.2017).
- FAO. 2003. Report of the second workshop on the management of Caribbean spiny lobster fisheries in the Wecafc area. FAO Fisheries Report N° 715. Roma. 273 pp.
- GOLDMAN J, PATEK N. 2002. Two sniffing strategies in panilurid lobsters. *J. Exp. Biol.* 205: 3891-3902.
- GOÑI R, QUETGLAS A, REÑONES O. 2003. Differential catchability of male and female European spiny lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) in traps and trammelnets. *Fish. Res.* 65: 295-307.
- LELAND J, BUTCHER P, BROADHURST M, PATERSON B, MAYER D. 2013. Damage and physiological stress to juvenile eastern rock lobster (*Sagmariasus verreauxi*) discarded after trapping and hand collection. *Fish. Res.* 137: 63-70.
- LOZANO-ÁLVAREZ E, ARAMONI-SERRANO G. 1996-1997. Alimentación y estado nutricional de las langostas *Panulirus inflatus* y *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) en Guerrero, México. *Rev. Biol. Trop.* 44(3)/45(1): 453-461.
- MERO-DEL-VALLE D, CASTILLO-RUPERTI R, FIGUEROA-PICO J. 2015. Distribución de tallas y potencial reproductivo de hembras de langosta verde *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) en Santa Rosa, Manabí, Ecuador. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 50(1): 125-134.
- MOSCOSO V. 2012. Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. *Bol. Inst. Mar Perú.* 27(1-2): 212.
- NARANJO-MADRIGAL H. 2011. Biología pesquera de la langosta *Panulirus gracilis* en Playa Lagarto, Guanacaste, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 59(2): 619-633.
- NEILSON D, BUCK T, READ R. 2008. A comparison of catch rate between a traditional, basket-style hoop net and a rigid, conical-style hoop net used in the California recreational lobster fishery. *California Fish and Game.* 94(4): 53-61.
- NOAA. 2016. American lobster information sheet. <https://www.greateratlantic.fisheries.noaa.gov/regs/infodocs/lobsterinfosheet.pdf> (accessed 16.03.2017).
- ORDINOLA E, ALEMÁN S, MONTERO P. 2013. Biología y pesquería de cuatro especies de invertebrados marinos de importancia comercial, Región Tumbes, II etapa 2007. *Inf Inst Mar Perú.* 40(3-4): 254-273.
- PÉREZ-GONZALES R. 2011. Catch composition of the spiny lobster *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) off the western coast of Mexico. *Lat. Amer. J. Aquac. Res.* 39(2): 225-235.
- PHILLIPS B, BOURILLÓN L, RAMADE M. 2008. Case Study 2: The Baja California, Mexico, Lobster Fishery, in: Ward, T., Phillips, B. (Eds.), *Seafood Ecolabelling: Principles and Practice*, Wiley-Blackwell, Oxford. doi: 10.1002/9781444301380.ch12
- ROSALES C, VERA M, LLANOS J. 2010. Varamientos y captura incidental de tortugas marinas en el litoral de Tumbes, Perú. *Rev. peru. Biol.* 17(3): 293-301.
- SMOLOWITZ R. 1978. Trap design and ghost fishing: discussion. *Mar. Fish. Rev.* 40(5-6): 59-67.
- THOMAS H. 1959. A comparison of some methods used in lobster and crab fishing. *Scot. Fish. Bull.* 12: 3-8

# ALGUNAS CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICO-POBLACIONALES DEL CANGREJO SIN BOCA *Cardisoma crassum* (CRUSTACEA: GECARCINIDAE) EN LOS MANGLARES DE TUMBES, PERÚ

## SOME BIOLOGICAL-POPULATION CHARACTERISTICS OF MOUTHLESS LAND CRAB *Cardisoma crassum* (CRUSTACEA: GECARCINIDAE) IN THE MANGROVES OF TUMBES, PERU

Solange Alemán<sup>1</sup>

Paola Cisneros

Elmer Ordinola

Manuel Vera

Percy Montero

### RESUMEN

ALEMÁN S, CISNEROS P, ORDINOLA E, VERA M, MONTERO P. 2018. Algunas características biológico-poblacionales del cangrejo sin boca *Cardisoma crassum* (Crustacea: Gecarcinidae) en los manglares de Tumbes, Perú. Bol Inst Mar Perú. 33(1): 43-52.- Se estudió el recurso cangrejo sin boca *Cardisoma crassum* en el ecosistema de manglares de Tumbes, con la finalidad de ubicar e identificar sus principales colonias, conocer el índice de abundancia (densidad media y población), algunos aspectos biológicos y características del hábitat. Se efectuaron 23 estaciones biológicas comprendidas en cuatro zonas (SNLMT-ZA, Puerto Pizarro, río Tumbes – Chérrez, Corrales) empleándose el método del área barrida en lugares con antecedentes de la presencia de *C. crassum*. Se corrobora que los individuos habitan zonas altas del manglar y en el intersticio manglar-bosque seco o manglar-laguna hipersalina, con presencia de vegetación del tipo *Avicennia germinans*, *Batis maritima*, *Prosopis chilensis* y *Cryptocarpus pyriformis*. La densidad media global fue de  $0,7 \pm 0,5$  ind.m<sup>2</sup>, evaluándose un área de 340.915,9 m<sup>2</sup> obteniéndose un estimado poblacional de 250.744 individuos. La zona Río Tumbes – Chérrez presentó el mayor tamaño poblacional del recurso y la mayor área habitable respecto a las otras tres zonas evaluadas (SNLMT-ZA, Puerto Pizarro y Corrales). La proporción sexual fue favorable a los machos (3,8 M: 1,0 H), registrándose sólo dos hembras ovígeras. El tamaño promedio en hembras fue 75,6 mm de ancho de cefalotórax (AC) y en el caso de los machos 83,4 mm AC. Se registró predominio de madrigueras activas (abiertas con hospedero), respecto a las inactivas (tapadas) y abandonadas; asimismo, se observó únicamente ejemplares machos alométricos.

PALABRAS CLAVE: *Cardisoma crassum*, densidad media, madriguera, hábitat, Perú

### ABSTRACT

ALEMÁN S, CISNEROS P, ORDINOLA E, VERA M, MONTERO P. 2018. Some biological-population characteristics of mouthless land crab *Cardisoma crassum* (Crustacea: Gecarcinidae) in the mangroves of Tumbes, Peru. Bol Inst Mar Peru. 33(1): 43-52.- Mouthless land crab *Cardisoma crassum* was studied in the mangrove ecosystem of Tumbes in order to locate and identify its main colonies, know the index of abundance (mean density and population), and some biological aspects and characteristics of its habitat. Twenty three biological stations were sampled in four zones that show a history record of the presence of *C. crassum* (SNLMT-ZA, Puerto Pizarro, Tumbes river-Cherrez, Corrales) by using the swept area method. The results show that individuals inhabit high areas of the mangrove ecosystem and in the mangrove-dry forest or mangrove-hypersaline lagoon transition section, along with the presence of vegetation type *Avicennia germinans*, *Batis maritima*, *Prosopis chilensis*, and *Cryptocarpus pyriformis*. The overall mean density was  $0.7 \pm 0.5$  ind.m<sup>2</sup>, assessing an area of 340,915.9 m<sup>2</sup> and obtaining a population estimate of 250,744 individuals. The Tumbes River - Cherrez area presented the largest population size of *C. crassum* and the largest habitable area compared to the other zones (SNLMT - ZA, Puerto Pizarro and Corrales). Sex ratio was favorable to males (3.8 M: 1.0 H), registering only two ovigerous females. Mean size of cephalothorax width (CW) in female specimens was 75.6 mm, and 83.4 mm CW in males. There was a predominance of active burrows (open burrows with host) compared to inactive (closed burrows) and abandoned burrows. In addition, only male allometric specimens were observed.

KEYWORDS: *Cardisoma crassum*, density, burrow, habitat, Peru

## 1. INTRODUCCIÓN

Por su ubicación geográfica, el ecosistema de manglar de la Región Tumbes tiene gran riqueza hidrobiológica, y esta característica hace que se generen diversas actividades socioeconómicas importantes para la población local (INRENA 2007) como la extracción de diferentes especies de cangrejos. Los sistemas naturales

adyacentes al ecosistema de manglar han influenciado propiciando un efecto borde, el cual tiene como resultado la presencia de diversos ecotonos. La fauna del ecosistema de manglar se desarrolla delimitando su distribución con base a estos ecotonos, tal es el caso del cangrejo sin boca *Cardisoma crassum* Smith. INRENA (2007) determinó que *C. crassum* se distribuye en el ecotono manglar – gramadal (zona alta del bosque de

1 IMARPE – Laboratorio Costero de Tumbes. Calle José Olaya S/N, C.P. Nueva Esperanza, Zorritos, Contralmirante Villar, Tumbes. salem@imarpe.gob.pe, pcisneros@imarpe.gob.pe, elmord@imarpe.gob.pe, mvera@imarpe.gob.pe, pmontero@imarpe.gob.pe

manglar con predominancia de mangle jeli *Avicennia germinans* (L.) o en el ecotono gramadal - bosque seco (ubicado sobre terrenos más altos que el nivel de la marea con un mayor número de elementos florísticos sobre suelo arenoso).

El cangrejo sin boca es una especie de crustáceo que se encuentra plenamente identificada como componente faunístico del ecosistema de manglar de la Región Tumbes (INRENA 2007, LUQUE 2007). Tiene amplia distribución que va desde Baja California hasta el estero San Pedro de Vice en Piura-Perú (ALEMÁN y ORDINOLA 2017, MOSCOSO 2012) y se le ha catalogado como una de las especies más grandes de cangrejos braquiuros capturados en el ecosistema de esteros (HENDRICKX 1984). La dieta de este cangrejo está mayormente constituida por hojas, flores, frutos de las plantas que conforman su hábitat (VERA y ARÉVALO 2012) y ocasionalmente de pequeños macroinvertebrados (ARROYAVE-RINCÓN *et al.* 2014). Una particularidad de este cangrejo es el color azul intenso de su caparazón y sus quelas en forma de tenazas las que le sirven para capturar presas y cavar madrigueras (VERA y ARÉVALO 2012). También presenta mayor actividad nocturna y habitualmente cava sus madrigueras en terrenos duros cerca de humedales de agua salada o salobre (GONZALES-AYANA y SEGURA-CAVANZO 2011).

Las madrigueras de los cangrejos *Cardisoma* spp., han servido como referencia para determinar características asociadas a la especie y a su comportamiento. Por ejemplo, aunque la literatura refiere que las madrigueras son ocupadas por un solo cangrejo (RODRÍGUEZ-FOURQUET y SABAT 2009) se ha reportado que puede ocurrir co-existencia de varios cangrejos en la misma madriguera (GONZALES-AYANA y SEGURA-CAVANZO 2011). SAMPLE y ALBRECHT (2016) concluyeron que la morfología de las madrigueras está relacionada al tipo de sustrato y a la profundidad hasta alcanzar una fuente de agua, y que esta información podría servir para determinar zonas de uso o protección relacionada con la especie. Asimismo, VERA y ARÉVALO (2012) estudiando la flora dominante asociada a las madrigueras de cangrejo *Cardisoma* spp., determinaron que si bien no existe una relación entre la diversidad de la flora y el número de madrigueras, la flora estaría relacionada con el hábitat de la especie.

Estudios que evaluaron la densidad poblacional de cangrejos del género *Cardisoma* spp. han empleado métodos directo e indirecto. El primero, consiste en contar el número de madrigueras y recolectar a los cangrejos a través de trampas o capturándolos fuera o

dentro de sus madrigueras; mientras que el segundo, menos invasivo, estimó la presencia o no de los cangrejos y su tamaño mediante el conteo del número de madrigueras y algunas características tales como diámetro de la madriguera, presencia de excremento fuera de la madriguera, etc. (USCOCOVICH-GARCÉS<sup>2</sup> 2015, HERNÁNDEZ-MALDONADO y CAMPOS-CAMPOS 2015, GOVENDER y RODRÍGUEZ-FOURQUET 2008).

A pesar de la existencia de estas metodologías, pocos estudios se han realizado sobre el estado de las poblaciones de cangrejos *Cardisoma* spp., especialmente para la especie *C. crassum*.

GIFFORD (1962) obtuvo la densidad de 1 madriguera/m<sup>2</sup> para los cangrejos *Cardisoma guanhumi* (Latreille in Latreille, Le Peletier, Serville & Guérin) que habitan en los canales del manglar del sur de Florida, mientras que TAISSOUN<sup>3</sup> (1974) registró la densidad de 0,690 cangrejos/m<sup>2</sup> para la misma especie en la zona centro occidental de Venezuela. En Ecuador, para la especie *C. crassum* detectaron la densidad de 0,038 y 0,032 cangrejos/m<sup>2</sup> (GONZALES-AYANA y SEGURA-CAVANZO 2011) y 0,15 madrigueras/m<sup>2</sup> (VERA y ARÉVALO 2012).

En Ecuador, esta especie está normada desde el 2001 (Acuerdo Ministerial N° 171 y sus modificatorias) (USCOCOVICH-GARCÉS<sup>2</sup> 2015); sin embargo, esta medida regulatoria no ha sido suficiente para la protección de la especie debido al deterioro de su hábitat por actividades antrópicas (tala indiscriminada, actividades camaroneras, derrames industriales y petroleros); ante esta situación, algunas comunidades costeras se organizaron para proteger al cangrejo sin boca implementando corrales domésticos para su cría y engorde (GUERRERO 2014). En el Perú no se tiene conocimiento sobre el estado ni la ubicación de las colonias más representativas de *C. crassum*, pero se sabe que existe presión extractiva no regulada sobre el recurso. En ese sentido, aunque esta especie no haya sido incluida en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), se conoce que a nivel nacional ha sido catalogada con algún grado de amenaza por su virtual desaparición en los Manglares de Tumbes (INRENA 2007), considerándosele en potencial situación vulnerable.

El objetivo de este estudio fue generar información sobre los principales parámetros poblacionales del cangrejo *C. crassum* en algunas de sus zonas de extracción, así como caracterizar las madrigueras y el hábitat en donde se distribuyen. Esta información permitirá sustentar el desarrollo de estudios sobre

2 USCOCOVICH-GARCÉS G D. 2015. Reproducción y densidad poblacional del cangrejo azul *Cardisoma crassum*, en la isla Cerritos - Estuario del río Chone, Manabí, Ecuador. Tesis de Grado Magister en Ciencias. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 67 pp. <<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11647/1/Tesis%20Cardisoma%20crassum.pdf>> Acceso 27/01/2017.

3 Taisoun E. 1974. El cangrejo de tierra *Cardisoma guanhumi* (Latreille) en Venezuela: distribución, ecología, biología y evaluación poblacional. Tesis de grado. Universidad de Zulia. Maracaibo-Venezuela. 50 pp.

la especie en el contexto biológico-poblacional que permitirá respaldar normativas para el manejo sostenible del recurso.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

**Área de estudio.-** El área de estudio se ubicó en el ecosistema de manglares de Tumbes, en cuatro zonas definidas: (i) islas y canales de marea del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes (SNLMT) y su zona de amortiguamiento (ZA) (SNLMT-ZA), (ii) Puerto Pizarro, (iii) Río Tumbes-Chérrez y (iv) Corrales (Fig. 1).

Para la ubicación de las colonias del cangrejo sin boca se utilizó la información existente en la base de datos del Laboratorio Costero de IMARPE en Tumbes (LC-Tumbes), proveniente de los monitoreos de los recursos cangrejo del manglar *Ucides occidentalis* (Ortmann) y concha negra *Anadara tuberculosa* (Sowerby) en los que se observaron algunos ejemplares de cangrejo sin boca; esta información fue complementada con entrevistas a los extractores del recurso *C. crassum* y a los guardaparques del SNLMT.

**Registro de información y muestreo.-** Se realizaron 23 estaciones en las que se ubicaron y delimitaron las colonias existentes, empleando un GPS marca Garmin Etrex Summit HC con referencia al DATUM WGS 84.

Considerando las observaciones *in situ* respecto a la distribución altamente gregaria de *C. crassum*,

que tiende a formar colonias en el ecotono manglar-gramadal asociado con mangle blanco, mangle salado y vidrio o en el ecotono gramadal-bosque seco (INRENA 2007), sus colonias fueron catalogadas como grandes (madrigueras distribuidas en un área extensa), medianas (madrigueras distribuidas a lo largo de una franja angosta) y pequeñas (madrigueras agrupadas en un área reducida y separadas de otras colonias), en las que se registró el número de madrigueras, anotando si se encontraban activas (MA: abiertas y con señales de actividad del ocupante, como barro recientemente acarreado, excremento y huellas de pisadas), inactivas (MI: madriguera que cuenta con presencia de cangrejo sin boca y con entrada a la madriguera tapada), o abandonadas (MAB: abiertas, sin señales de actividad y ausencia del ocupante)(ORDINOLA *et al.* 2012).

Dependiendo del tipo de colonia se aplicó la siguiente metodología de muestreo:

**En colonias grandes,** se delimitó toda su extensión, efectuándose tres muestreos al azar con áreas de 10 m<sup>2</sup> (2 x 5 m) cada uno.

**En colonias medianas,** se registró la longitud y el ancho de la franja y se contaron todas las madrigueras.

**En colonias pequeñas,** se midió el área habitable y se contaron la totalidad de las madrigueras.

Por principio de conservación no se extrajeron ejemplares de estas zonas.

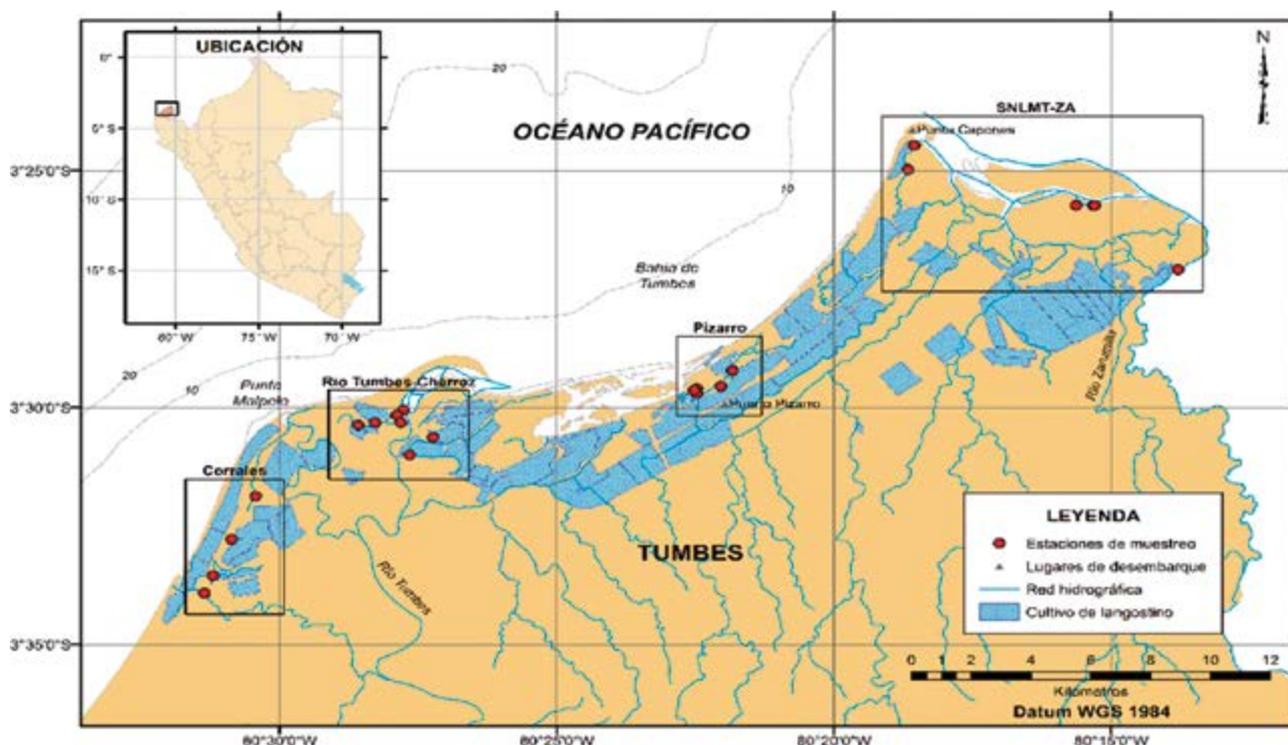


Figura 1.- Área de estudio de cangrejo sin boca *Cardisoma crassum* en los manglares de Tumbes, febrero 2016

Con ayuda de un extractor de cangrejo sin boca se recolectaron algunos ejemplares de *C. crassum*, los que fueron medidos con un vernier metálico marca Truper de  $150 \pm 0,1$  mm (ancho cefalotorácico: AC), pesados con una balanza digital marca Kambor de  $2000 \pm 0,1$  g; sexados (en las hembras se verificó la portabilidad de huevos: ovígeras) y posteriormente devueltos. Asimismo, se registró e identificó la flora presente utilizándose la guía de AGRAZ-HERNÁNDEZ *et al.* (2006). En la bitácora se anotó el lugar de muestreo, estación, coordenadas geográficas y fecha de colecta.

Para la identificación del tipo de ecotono donde se hallaron las madrigueras se empleó el trabajo de INRENA (2007). Para la caracterización de las madrigueras se recolectaron muestras de sedimento del interior de aquellas en las que se confirmó la presencia de *C. crassum*. La cantidad por muestra fue de 350 g aproximadamente, las que se guardaron en bolsas plásticas etiquetadas y rotuladas, para efectuar los análisis físico-químicos correspondientes.

En el laboratorio se determinó el pH de las muestras de sedimento, empleando un potenciómetro WTW 3210, siguiendo la metodología AS-02 de la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-RECNAT-2000, 2002) aplicada por MONTERO (2013). Para los análisis de porcentaje de materia orgánica total (MOT), se empleó el método gravimétrico, pérdida de peso por calcinación (DEAN 1974); se utilizó una balanza analítica OHAUS y una mufla Thermolyne Type 47900 Furnace (MONTERO 2013). Adicionalmente, se realizó un análisis sensorial para la determinación de la textura.

**Análisis de datos.-** En las estaciones evaluadas se analizó estructura de tallas, proporción sexual (PS: número de machos/número de hembras) y porcentaje de ejemplares alométricos.

Se calculó la densidad media, expresada en número de cangrejos.m<sup>-2</sup>, empleando el número de madrigueras activas y tapadas, basándose en el supuesto de que cada madriguera es ocupada solamente por un cangrejo y que cada cangrejo habita una madriguera (ORDINOLA *et al.* 2010, TAISSOUN<sup>3</sup> 1974).

La densidad media (BAZIGOS 1981) en número en cada área fue:

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

La varianza de la media en cada área se obtuvo mediante la fórmula:

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

Donde:  $\bar{Y}_j$  = densidad media en el área j

$n_j$  = número de estaciones en el área j

$y_i$  = densidad por m<sup>2</sup> en la estación i

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

Los límites de confianza de la densidad media:

$$\pm t * \frac{\sqrt{S^2(D_{est})}}{n} \quad (3)$$

Donde:

n = tamaño de la muestra en la zona

S<sup>2</sup> = varianza de la densidad media por zona

D = densidad media por zona

±t = límite de confianza por zona

La población fue estimada a base de la siguiente expresión matemática:

$$P = (D \times Aa)$$

Donde:

D = densidad media

Aa = área habitable

Se aplicó el ANOVA de una vía y la prueba de TUKEY para determinar diferencias (p <0,05) en las densidades medias entre zonas de extracción (SOKAL y RHOLF 1969, ZAR 1999).

Respecto al análisis de los datos de pH y MOT, se calculó el coeficiente de correlación lineal de Pearson "r", para lo cual, se empleó una prueba de hipótesis con base al error estándar de "r" y al estadístico de prueba t-student (tn-2; α/2) con un nivel de confiabilidad del 95%, según lo descrito por CAMACHO-SANDOVAL (2008).

Los datos registrados fueron ingresados en hojas de cálculo tipo base de datos. Para la georreferenciación de las densidades medias, se utilizó el software de información geográfica Quantum GIS 2.18. Las medidas de tendencia central y dispersión de las tallas fueron obtenidas empleando las rutinas estadísticas del programa Microsoft Excel 2013.

### 3. RESULTADOS

**Biometría y biología.-** Las tallas de *C. crassum* variaron de 65,4 mm AC a 104 mm AC, con promedio de 81,8 mm AC (el menor promedio se registró en Puerto Pizarro: 76,1 mm AC y el mayor en Chérrez: 85,3 mm AC). Las hembras presentaron menor talla promedio (75,6 mm AC) que los machos (83,4 mm AC) (Tabla 1).

La proporción sexual global fue favorable a los machos (3,8 M: 1,0 H) (Tabla 2). Se registraron dos hembras ovígeras en Puerto Pizarro y todos los ejemplares machos fueron alométricos (Fig. 2).

**Distribución y concentración de colonias.-** Las colonias de *C. crassum* en la Región Tumbes se

distribuyeron desde isla Las Almejas (límite norte) hasta el estero La Chepa (límite sur), encontrándose las mayores colonias en el sector Río Tumbes-Chérrez (Fig. 3).

**Densidad media y población.-** La densidad media global fue de  $0,7 \pm 0,5$  ind.m<sup>-2</sup>. Las zonas de SNLMT-ZA y Río Tumbes-Chérrez presentaron mayor abundancia ( $0,9$  ind.m<sup>-2</sup>) siendo menor en Puerto Pizarro ( $0,2$  ind.m<sup>-2</sup>), no se encontraron diferencias significativas entre las densidades de las zonas evaluadas ( $F= 2,79$ ,  $p > 0,05$ ).

Según las estaciones evaluadas, las densidades variaron de  $0,1$  ind.m<sup>-2</sup> en las estaciones 1, 2, 4, 5 (estero Jelí) y estación 16 (estero Corrales) a  $2,0$  ind.m<sup>-2</sup> en la estación 11 (isla Matapalo) (Tabla 3, Fig. 3).



Figura 2.- Hembra ovígera de cangrejo sin boca o azul *Cardisoma crassum*. Manglares de Tumbes, febrero 2016 (Foto: P. Cisneros)

Tabla 1.- Datos merísticos de AC (mm) de *Cardisoma crassum*, según sexo y zona de estudio.

| Variable | Sexo               | Nº | Mínimo | Máximo | Media | Moda | Desv. Stand. | Varianza |
|----------|--------------------|----|--------|--------|-------|------|--------------|----------|
| Sexo     | Hembras            | 5  | 65,4   | 92     | 75,6  | 65,4 | 11,2         | 125,4    |
|          | Machos             | 19 | 68     | 104    | 83,4  | 83   | 9,5          | 91,1     |
| Zona     | Puerto Pizarro     | 5  | 68     | 91,1   | 76,1  | 68   | 9            | 81,6     |
|          | SNLMT y ZA         | 6  | 68     | 90,9   | 79,2  | 83   | 8,4          | 70,7     |
|          | Río Tumbes-Chérrez | 10 | 70,2   | 104    | 85,3  | 70,2 | 9,5          | 89,4     |
|          | Corrales           | 3  | 65,4   | 95     | 84,5  | 65,4 | 16,6         | 274,5    |
| Total    |                    | 24 | 65,4   | 104    | 81,8  | 68   | 10,2         | 103,3    |

Tabla 2.- Proporción sexual de *Cardisoma crassum*, según zona de estudios. Manglares de Tumbes, febrero 2016

| Zona               | Hembras | %    | Machos | %     | Total | Proporción (M: H) |
|--------------------|---------|------|--------|-------|-------|-------------------|
| SNLMT-ZA           | 0       | 0,0  | 6      | 100,0 | 6     | -                 |
| Puerto Pizarro     | 2       | 40,0 | 3      | 60,0  | 5     | 1,5: 1            |
| Río Tumbes-Chérrez | 2       | 20,0 | 8      | 80,0  | 10    | 4: 1              |
| Corrales           | 1       | 33,3 | 2      | 66,7  | 3     | 2: 1              |
| Total              | 5       | 20,8 | 19     | 79,2  | 24    | 3,8: 1            |

Tabla 3.- Densidad media de *Cardisoma crassum*, según zona de estudio. Manglares de Tumbes, febrero 2016

| Zona               | Estación | Canal de marea o isla | Densidad (madriguera.m <sup>-2</sup> ) |
|--------------------|----------|-----------------------|--|
| SNLMT-ZA           | 7        | Isla Las Almejas      | 0,4                                    |
|                    | 8        | Isla Las Almejas      | 1                                      |
|                    | 9        | Isla Matapalo         | 0,7                                    |
|                    | 10       | Isla Matapalo         | 0,3                                    |
|                    | 11       | Isla Matapalo         | 2                                      |
|                    | 12       | Puerto Perú           | 0,7                                    |
|                    | Total    |                       | 0,9                                    |
| Puerto Pizarro     | 1        | El Jeli*              | 0,1                                    |
|                    | 2        | El Jeli*              | 0,1                                    |
|                    | 3        | El Jeli               | 0,3                                    |
|                    | 4        | El Jeli*              | 0,1                                    |
|                    | 5        | El Jeli*              | 0,1                                    |
|                    | 6        | El Jeli               | 0,3                                    |
|                    | Total    |                       | 0,2                                    |
| Río Tumbes-Chérrez | 17       | Palo Quebrado         | 1,7                                    |
|                    | 18       | La Turula             | 1,8                                    |
|                    | 19       | Estero Hondo          | 0,8                                    |
|                    | 20       | Chérrez**             | 0,7                                    |
|                    | 21       | Chérrez**             | 0,4                                    |
|                    | 22       | Chérrez**             | 0,8                                    |
|                    | 23       | Chérrez               | 0,3                                    |
|                    | Total    |                       | 0,9                                    |
| Corrales           | 13       | La Chepa              | 0,1                                    |
|                    | 14       | Corrales              | 0,9                                    |
|                    | 15       | Corrales              | 1,2                                    |
|                    | 16       | Corrales              | 0,1                                    |
|                    | Total    |                       | 0,6                                    |
| Total              |          |                       | 0,7                                    |

\* Presencia de madrigueras en un espacio muy reducido

\*\* Colonia extensa analizada en tres estaciones

Se evaluó un área aproximada de 340.915,9 m<sup>2</sup> estimándose la población total en 250.744 individuos, siendo la zona de Río Tumbes-Chérrez donde se encontró la mayor población (243.259 individuos: 97%), en tanto que la zona de Puerto Pizarro registró solo 65 individuos (0,03%) (Tabla 4).

#### CARACTERIZACIÓN DE MADRIGUERAS Y HÁBITAT DE *C. crassum*

Considerando las observaciones *in situ* se registraron madrigueras en elevadas áreas abiertas del bosque de manglar y en la zona de transición de los canales de marea entre el ecotono gramadal-bosque seco y el ecotono manglar-gramadal asociado

principalmente con mangle blanco, mangle salado o jeli salado y vidrio.

La presencia y distribución de las colonias de *C. crassum* estuvieron directamente relacionados a zonas de sustrato arcilloso (Tabla 5), cubiertas principalmente por vegetación como el jeli o mangle salado *Avicennia germinans*, vidrio *Batis maritima*, algarrobo *Prosopis chilensis* (Molina) y macupillo *Cryptocarpus pyriformis* Kunth (Tabla 6).

La proporción de madrigueras activas e inactivas fue de 94% y 4,5% respectivamente, y sólo 1,5% se encontraron abandonadas (Tabla 7). Fuera de las madrigueras activas se registraron huellas de cangrejo, excremento, semillas y restos de frutos.

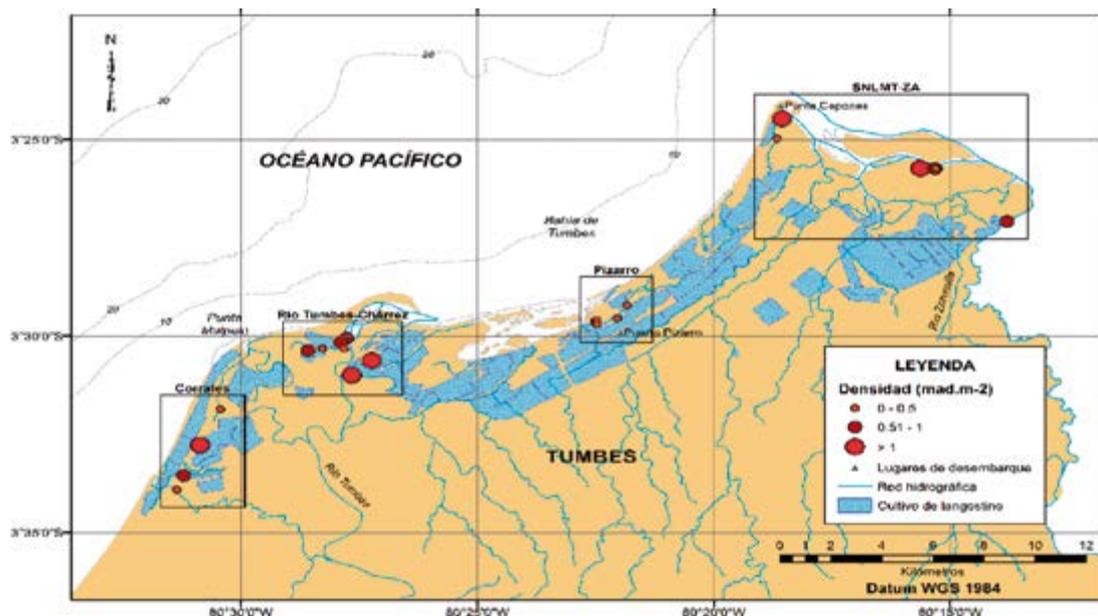


Figura 3.- Distribución y abundancia de cangrejo sin boca *Cardisoma crassum* en los manglares de Tumbes, febrero 2016

Tabla 4.- Estimados poblacionales de *Cardisoma crassum*. Manglares de Tumbes, febrero 2016

| Zona               | Canal de marea o isla | Área (m <sup>2</sup> ) | Densidad (ind.m <sup>2</sup> ) | Población | %     |
|--------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------|-----------|-------|
| SNLMT-ZA           | Isla Las Almejas      | 3510,1                 | 0,7                            | 3471      | 1,4   |
|                    | Isla Matapalo         | 902                    | 1,0                            | 1672      | 0,7   |
|                    | Puerto Perú           | 768                    | 0,7                            | 538       | 0,2   |
|                    | Total                 | 5180,1                 | 0,9                            | 5680      | 2,3   |
| Puerto Pizarro     | El Jelí               | 269,6                  | 0,2                            | 65        | 0,03  |
|                    | Total                 | 269,6                  | 0,2                            | 65        | 0,03  |
| Río Tumbes-Chérrez | Chérrez               | 266361,1               | 0,6                            | 161746    | 64,5  |
|                    | Estero Hondo          | 40086,2                | 0,8                            | 33405     | 13,3  |
|                    | La Turula             | 20347,4                | 1,8                            | 36625     | 14,6  |
|                    | Palo Quebrado         | 6754                   | 1,7                            | 11482     | 4,6   |
| Total              | 333548,7              | 0,9                    | 243259                         | 97,0      |       |
| Corrales           | La Chepa              | 245,0                  | 0,1                            | 28        | 0,01  |
|                    | Corrales              | 1672,5                 | 0,7                            | 1712      | 0,7   |
|                    | Total                 | 1917,5                 | 0,6                            | 1740      | 0,7   |
| Total              |                       | 340915,9               | 0,7                            | 250744    | 100,0 |

Tabla 5.- Potencial hidrógeno (pH), Materia orgánica total (MOT), textura de sedimento. Manglares de Tumbes, febrero 2016

| Estación | Zona               | Canal de marea o isla | pH   | MOT (%) | Textura         |
|----------|--------------------|-----------------------|------|---------|-----------------|
| 7        | SNLMT-ZA           | Envidia               | 5,94 | 2,6     | Arcillo-arenosa |
| 10       | SNLMT-ZA           | Isla Matapalo         | 7,12 | 4,0     | Arcillo-arenosa |
| 11       | SNLMT-ZA           | Isla Matapalo         | 5,32 | 2,6     | Arcillo-arenosa |
| 3        | Puerto Pizarro     | El Jelí               | 6,86 | 3,8     | Arcillosa       |
| 5        | Puerto Pizarro     | El Jelí               | 5,55 | 3,8     | Arcillo-arenosa |
| 6        | Puerto Pizarro     | El Jelí               | 6,05 | 3,3     | Arcillo-arenosa |
| 17a      | Río Tumbes-Chérrez | Palo Quebrado         | 6,88 | 1,3     | Arcillosa       |
| 17b      | Río Tumbes-Chérrez | Palo Quebrado         | 6,05 | 4,7     | Arcillosa       |
| 17c      | Río Tumbes-Chérrez | Palo Quebrado         | 6,3  | 4,7     | Arcillosa       |
| 17d      | Río Tumbes-Chérrez | Palo Quebrado         | 6,68 | 5,3     | Arcillo-arenosa |
| 17e      | Río Tumbes-Chérrez | Palo Quebrado         | 6,59 | 3,4     | Arcillosa       |
| 17f      | Río Tumbes-Chérrez | Palo Quebrado         | 6,19 | 5,5     | Arcillosa       |
| 13       | Corrales           | La Chepa              | 4,49 | 5,1     | Arcillosa       |
| 14       | Corrales           | Corrales              | 6,6  | 6,3     | Arcillosa       |
| 16       | Corrales           | Corrales              | 4,04 | 8,2     | Arcillosa       |

Tabla 6.- Vegetación asociada al hábitat de *Cardisoma crassum*. Manglares de Tumbes, febrero 2016

| Zona               | Canal de marea o isla | Sector         | Estación | <i>Avicennia<br/>germinans<br/>(Jeli)</i> | <i>Batis<br/>maritima<br/>(Vibrio)</i> | <i>Prosopis<br/>chilensis<br/>(Algarrobo)</i> | <i>Cryptocarpus<br/>pyriformis<br/>(Macupillo)</i> | <i>Rhizophora<br/>mangle (Mangle<br/>rojo)</i> |
|--------------------|-----------------------|----------------|----------|---|--|---|--|--|
| SNLMT-ZA           | Isla Las Almejas      | El Palmal      | 7        | X   |  |   |  |  |
|                    | Isla Las Almejas      |                | 8        | X   | X                                      | X   | X  |  |
|                    | Isla Matapalo         |                | 9        | X   |  |   |  |  |
|                    | Isla Matapalo         | Las Esterlinas | 10       | X   |  |   |  |  |
|                    | Isla Matapalo         |                | 11       | X   |  |   |  |  |
|                    | Puerto Pizarro        | Puerto Perú    | 12       | X   | X                                      |   |  |  |
| Puerto Pizarro     | El Jeli               | El Jeli        | 1        | X   |  |   |  |  |
|                    | El Jeli               | El Jeli        | 2        | X   |  |   |  |  |
|                    | El Jeli               | El Jeli        | 3        | X   |  |   |  |  |
|                    | El Jeli               | El Jeli        | 4        | X   |  |   |  |  |
|                    | El Jeli               | El Jeli        | 5        | X   |  |   |  |  |
|                    | El Jeli               | El Jeli        | 6        | X   |  |   |  |  |
| Río Tumbes-Chérrez | Palo Quebrado         | Palo Quebrado  | 17a-f    | X   |  |   | X  |  |
|                    | La Turula             | La Turula      | 18       | X   |  |   | X  | X  |
|                    | Isla Estero Hondo     | Estero Hondo   | 19       | X   |  |   |  |  |
|                    | Chérrez               | Chérrez        | 20-22    | X   |  |   |  |  |
|                    | Chérrez               | Chérrez        | 23       | X   |  |   |  |  |
| Corrales           | Corrales              | La Chepa       | 13       | X   | X                                      |   | X  |  |
|                    | Corrales              | Corrales       | 14       | X   |  |   | X  |  |
|                    | Corrales              | Corrales       | 15       | X   |  |   | X  | X  |
|                    | Corrales              | Corrales       | 16       | X   |  |   |  | X  |

Tabla 7.- Situación de madrigueras de *Cardisoma crassum*. Manglares de Tumbes, febrero 2016. Número de madrigueras

| Zonas              | Activas |      | Inactivas |      | Abandonadas |     | Total |
|--------------------|---------|------|-----------|------|-------------|-----|-------|
|                    | N       | %    | N         | %    | N           | %   |       |
| SNLMT-ZA           | 200     | 99   | 0         | 0    | 2           | 1   | 202   |
| Puerto Pizarro     | 59      | 89,4 | 6         | 9,1  | 1           | 1,5 | 66    |
| Río Tumbes-Chérrez | 115     | 85,8 | 15        | 11,2 | 4           | 3   | 134   |
| Corrales           | 64      | 100  | 0         | 0    | 0           | 0   | 64    |
| Total general      | 438     | 94   | 21        | 4,5  | 7           | 1,5 | 466   |

En la zona de Puerto Pizarro, en el sector El Jeli, el promedio del pH de los sedimentos fue 6,15, variando de 5,55 a 6,86. En la zona del SNLMT-ZA el sedimento de la isla Las Almejas tuvo pH 5,94 y en la isla Matapalo el promedio fue 6,22. En la zona Corrales, el sedimento del sector La Chepa tuvo pH 4,49, mientras que en el sector Corrales se obtuvo pH medio 5,32. En la zona Río Tumbes-Chérrez se obtuvieron valores de pH homogéneos, alcanzando promedio de 6,45 (Tabla 5).

El porcentaje de MOT en el sector El Jeli, alcanzó promedio de 3,7%, no obstante fluctuó de 3,3 a 3,8%. En la zona del SNLMT-ZA, la isla Las Almejas tuvo 2,6% de MOT, mientras que en la isla Matapalo fue 3,3%. En la zona Corrales, en el sector La Chepa, el sedimento tuvo 5,1% de MOT, en el sector Corrales se obtuvo promedio de 6,6% y en la zona Río Tumbes-Chérrez fue 4,1% de MOT (Tabla 5).

En las zonas Pizarro y SNLMT-ZA los sedimentos presentaron textura, en su mayoría, de tipo arcillo-arenosa, mientras que en las zonas Corrales y Río Tumbes-Chérrez fueron mayormente de textura arcillosa (Tabla 5).

En general, los valores de pH y MOT presentaron una correlación muy baja ( $r = -0,390$ ) y estadísticamente no significativa.

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La amplitud de las tallas registradas en esta investigación (65,4 mm a 104 mm AC) fue menor a la registrada por USCOCOVICH-GARCÉS<sup>2</sup> (2015), quien encontró ejemplares entre 45,32 y 94,27 mm AC debido a que la metodología empleada para la recolección de la especie (trampas) fue no invasiva y permitió capturar ejemplares pequeños.

La talla máxima registrada en este estudio fue superior a la máxima (94,27 mm AC) encontrada por USCOCOVICH-GARCÉS<sup>2</sup> (2015). Además, las tallas promedio de machos (83,4 mm AC) y hembras (75,6 mm AC) fueron superiores a las registradas por ese mismo autor en Ecuador (machos: 66,39 mm AC, hembras: 68,64 mm AC) y en Colombia (machos: 73,85 mm AC, hembras: 68,67 mm AC) por HERNÁNDEZ-MALDONADO y CAMPOS-CAMPOS (2015). Esto indicaría que en los manglares de Tumbes la presión extractiva no sería tan intensa debido a que la mayoría de pescadores se dedican a extraer cangrejo del manglar *Ucides occidentalis* por ser más abundante y constituir una actividad menos laboriosa.

CUPUL-MAGAÑA (2004) estudiando el cangrejo violinista *Uca latimanus* (Rathbun), sostuvo que existen di-

ficultades para estimar la densidad de este grupo de crustáceos, ya que sus madrigueras son profundas y generalmente son construidas dentro del lodo duro y seco, lo que dificulta su extracción por medio de excavaciones. Es por ello que la presencia y número de madrigueras ha sido empleada para estimar indirectamente la densidad, estructura y biomasa de la población (VÁZQUEZ-LÓPEZ *et al.* 2014).

La densidad media obtenida en este estudio (0,7 ind. m<sup>-2</sup>) fue similar a lo encontrado por TAISSOUN<sup>3</sup> (1974) (0,690 individuos.m<sup>-2</sup>), GIFFORD (1962) y USCOCOVICH-GARCÉS<sup>2</sup> (2015) (1 madriguera.m<sup>-2</sup>). Densidades mayores (1,66 madrigueras.m<sup>-2</sup>) fueron registradas en México por VÁZQUEZ-LÓPEZ *et al.* (2014). Los resultados de densidad media y por zonas se ajustan al conocimiento tradicional de los extractores de este tipo de cangrejo, quienes manifiestan que esta especie muestra territorialidad construyendo madrigueras algo espaciadas entre sí.

El cangrejo sin boca (*Cardisoma crassum*) no está adaptado para permanecer sumergido en el agua, es terrestre y habita en guaridas en forma de jota, de 1 a 2 metros de profundidad construidas en los terrenos más secos de las regiones de los manglares, siempre y cuando, en la parte inferior del sitio, existan fuentes subterráneas de agua salobre (FIDES 2015).

La tala del mangle para la construcción de langostineiras en décadas pasadas y la ampliación de terrenos para agricultura, habrían disminuido significativamente su área habitable, e inclusive fragmentadas, por ende sus colonias se han restringido a zonas muy aisladas (Fig. 1) ubicando a su población en una situación vulnerable, tal como acontece en Ecuador (GUERRERO 2014); y estas mismas actividades antropogénicas impactan negativamente sobre la población mediante el efecto borde, tal como ha sucedido en *C. guanhumi* del golfo de Urabá en Colombia (ARROYAVE-RINCÓN *et al.* 2014).

Se ha descrito que en ejemplares del género *Cardisoma* spp., la diferencia en el tamaño de la quela (alometría) es independiente del lado del animal en que sucede (GIFFORD 1962), esta característica se evidencia a partir de la etapa transicional de los cangrejos, que es previa al adulto (TAISSOUN<sup>3</sup> 1974). Los ejemplares capturados durante este estudio correspondieron a ejemplares alométricos.

Los resultados de este estudio sugieren que el tipo de vegetación podría tener algún tipo de relación con la ubicación de las madrigueras. VERA y ARÉVALO (2012), por ejemplo, evaluando el estado del hábitat en relación con las especies vegetales reportaron a *Pterocarpus officinalis* Jacq., *Symphonia globulifera* L. f., *Uterpe* spp., y *Carapa megistocarpa* Gentry y Dodson como las especies de flora dominantes en las zonas donde se registraron madrigueras de *C. crassum*. Los autores sugieren a es-

tos representantes de la flora como especies clave en los hábitats de *C. crassum*. En este estudio, en todas las zonas evaluadas, se registró *Avicennia germinans*, lo que indicaría que en los manglares de la Región Tumbes esta especie de mangle podría ser una especie clave en las poblaciones de *C. crassum*.

En zonas de manglar perturbados por actividades antrópicas (deforestación), la presencia de cierto tipo de vegetación podría influir en la densidad poblacional de los cangrejos *Cardisoma* spp., tal es el caso del helecho de manglar *Acrostichum aureum* L., que por sus propias características de tolerancia a la sal y a la exposición solar, puede convertirse en una especie dominante impidiendo la recuperación de bosques de mangle y en consecuencia limitando la presencia de madrigueras de este tipo de cangrejo (ARROYAVE-RINCÓN *et al.* 2014).

GIFFORD (1962) señala que los cangrejos *Cardisoma* spp. se alimentan dentro de sus madrigueras, lo que haría suponer la preferencia de cavar sus madrigueras cerca de su fuente de alimento. USCOCOVICH-GARCÉS<sup>2</sup> (2015) reportó que ejemplares de *C. crassum* del estuario del río Chone en Ecuador, consumen hojas caídas de mangle, raconcha, y romero. Considerando estas condiciones se podría suponer que *C. crassum* en los manglares de Tumbes podrían tener preferencia por las hojas de *Avicennia germinans*. Esto contradice lo encontrado por RODRÍGUEZ-FOURQUET y SABAT (2009) quienes indican que los cangrejos *C. guanhumi* no presentan ningún tipo de comportamiento alimenticio selectivo. El comportamiento de los cangrejos *Cardisoma* spp., al transportar hojas en descomposición a sus madrigueras, repercute en la calidad del sedimento de sus madrigueras y de su área de distribución.

Finalmente, los resultados de este estudio evidencian que en la zona Río Tumbes-Chérrez se encuentran las mayores colonias de *C. crassum*, por lo que se recomienda realizar más estudios espacio-temporales en esa zona a fin de determinar la exacta extensión de las colonias y el tamaño de sus poblaciones. Considerando que la pesquería de *C. crassum* responde a una actividad extractiva de subsistencia y que existe una escasa información sobre el estado de sus poblaciones y hábitat, justifica desarrollar iniciativas y programas orientados a la conservación y manejo sostenible de sus colonias, a fin de asegurar la conservación del recurso como fuente de alimento y su nicho ecológico en el ecosistema de manglar en la región Tumbes.

### Agradecimientos

A la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente del Gobierno Regional de Tumbes, por financiar la ejecución de este estudio. Al extractor de cangrejos Felipe Zavala y a los guardaparques del SERNANP Martín Silva y Edwin Socola.

## 5. REFERENCIAS

- AGRAZ-HERNÁNDEZ C, NORIEGA-TREJO R, LÓPEZ-PORTILLO J, FLORES-VERDUGO F, JIMÉNEZ-ZACARÍAS J. 2006. Guía de Campo. Identificación de los Manglares en México. Universidad Autónoma de Campeche. 45 p.
- ALEMÁN S, ORDINOLA E. 2017. Ampliación de la distribución sur de *Ucides occidentalis* (Decapoda: Ucididae) y *Cardisoma crassum* (Decapoda: Gecarcinidae). Rev. per Biol. 24(1): 107-110. doi.org/10.15381/rpb.v24i1.13110
- ARROYAVE-RINCÓN A, AMORTEGUI-TORRES V, BLANCO-LIBREROS J F, et al. 2014. Efecto de borde sobre la población del cangrejo azul *Cardisoma guanhumi* (Decapoda: Gecarcinidae) en el manglar de la bahía El Uno, golfo de Urabá (Colombia): una aproximación a su captura artesanal. Actualidades Biológicas. 36(100): 47-57.
- 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.
- CAMACHO-SANDOVAL J. 2008. Asociación entre variables cuantitativas: análisis de correlación. Acta Médica Costarricense. 50 (2): 94-96. <http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0001-60022008000200005&lng=es&nrm=iso> Acceso 30/01/2017.
- CUPUL-MAGAÑA F G. 2004. Estudio exploratorio de la densidad del cangrejo violinista *Uca latimanus* (Rathbun, 1893) en "El Salado", Jalisco. Ciencia y Mar. 8(22): 41-47.
- DEAN W E. 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. Journal of Sedimentary Petrology. 44 (1): 242-248.
- FIDES. 2015. Sistematización del proceso comunitario de repoblación *in situ* de cangrejo azul (*Cardisoma crassum*) en 4 áreas del estuario del río Chone. Ecuador. 31 pp.
- GIFFORD C. 1962. Some observations on the general biology of the land crab, *Cardisoma guanhumi* (Latreille), in South Florida. Biological Bulletin. 123 (1): 207-223.
- GONZALES-AYANA M, SEGURA-CAVANZO C E. 2011. Cangrejo azul (*Cardisoma crassum*), en: J.E. Arroyo-Valenzia (Ed.). Planes de manejo para la conservación de 5 especies focales de fauna silvestre amenazada en el Pacífico Vallecaucano. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, Cali. 12-25.
- GOVENDER Y, RODRIGUEZ-FOURQUET C. 2008. Techniques for rapid assessments of population density and body size of the land crab *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825) in Puerto Rico. Tropical Estuaries 1: 9-15.
- GUERRERO D. 2014. Estudio del cangrejo azul en el recinto Vuelta Larga, Cantón Río Verde, provincia de Esmeraldas y su propuesta gastronómica. Tesis de Titulación Administrador Gastronómico. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador. 109 pp. <http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11943/1/58659\_1.pdf> Acceso 07/03/2017.
- HENDRICKX M E. 1984. Studies of the coastal marine fauna of southern Sinaloa, Mexico. II. The Decapod Crustaceans of Estero el Verde. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. 11(1): 23-48.
- HERNÁNDEZ-MALDONADO A, CAMPOS-CAMPOS N H. 2015. Estado actual de la población adulta de cangrejo semiterrestre *Cardisoma guanhumi* (Latreille) en la isla de San Andrés, Caribe Colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 44 (1): 185 - 198.
- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales). 2007. Plan Maestro del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes 2007 - 2011. Lima. 197 pp. <http://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-maestro-2007-2011-santuario-nacional-manglares-tumbes> Acceso 27/01/2017.
- LUQUE C. 2007. Estudio de la diversidad hidrobiológica en Tumbes. Informe ejecutivo. Instituto del Mar del Perú. Tumbes-Perú. 36 pp.
- MONTERO P. 2013. Calidad de los ecosistemas acuáticos de la Región Tumbes 2007. Inf Inst Mar Perú. 40(3-4): 240-253.
- MOSCOSO V. 2012. Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. Bol. Inst. Mar Perú. 27 (1-2): 212.
- NOM-021-RECNAT-2000. 2002. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 80 pp. <http://www.ecolex.org/es/details/legislation/nom-021-recnat-2000-especificaciones-de-fertilidad-salinidad-y-clasificacion-de-suelos-lex-faoc050674/>. Acceso 08/03/2017.
- ORDINOLA E, MONTERO P, LLANOS J. 2012. Prospección biológico - poblacional del cangrejo del manglar (*Ucides occidentalis*) en la Región Tumbes. 07 al 14 de noviembre del 2011. Informe ejecutivo. Instituto del Mar del Perú. Tumbes-Perú. 36 pp.
- ORDINOLA E, MONTERO P, ALEMÁN S, LLANOS J. 2010. El cangrejo de los manglares *Ucides occidentalis* (Ortmann) en Tumbes, Perú. Primavera 2007. Inf Inst Mar Perú. 37 (3-4): 151-159.
- RODRÍGUEZ-FOURQUET C, SABAT A M. 2009. Effect of harvesting, vegetation structure and composition on the abundance and demography of the land crab *Cardisoma guanhumi* in Puerto Rico. Wetlands Ecology and Management. 17(6): 627-640. doi: 10.1007/s11273-009-9139-5.
- SAMPLE S, ALBRECHT M. 2016. Determination of the burrow shapes of *Cardisoma guanhumi* on Vieques, Puerto Rico. Journal of Coastal Life Medicine. 4(2): 94-97.
- SOKAL R R, RHOLF F J. 1969. Biometry. W. H. Freeman, San Francisco. 776 pp.
- VÁZQUEZ-LÓPEZ H, VEGA-VILLASANTE F, RODRÍGUEZ-VARELA A, CRUZ-GÓMEZ A. 2014. Population density of the land crab *Cardisoma crassum* Smith, 1870 (Decapoda: Gecarcinidae) in the estuary El Salado, Puerto Vallarta, Jalisco, México. International Journal of Innovative and Applied Research. 2(8): 1-9.
- VERA W, ARÉVALO A. 2012. Bases para el manejo del cangrejo azul (*Cardisoma crassum*) en la zona de Bajo Borbón, Provincia de Esmeraldas. Investigación y Saberes. 1(1): 43-53.
- ZAR J H. 1999. Bioestadistical analysis. 4th Edition. Prentice Hall. Inc. N.J. 770 pp.

# VARIACIÓN INTERANUAL DE LOS PARÁMETROS BIOLÓGICOS DEL PEJERREY *Odontesthes bonariensis* EN EL LAGO TITICACA (LADO PERUANO), PERIODO 2009 – 2015

## INTERANNUAL VARIATION OF THE BIOLOGICAL PARAMETERS OF SILVERSIDE *Odontesthes bonariensis* IN TITICACA LAKE (PERUVIAN SIDE), PERIOD 2009 – 2015

Stive Flores-Gómez

### RESUMEN

FLORES-GÓMEZ S. 2018. Variación interanual de los parámetros biológicos del pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el lago Titicaca (lado peruano), periodo 2009-2015. *Bol Inst Mar Perú*. 33(1): 53-64.- El pejerrey *Odontesthes bonariensis* es el segundo recurso pesquero más abundante en el lago Titicaca, por ello viene soportando intensa actividad extractiva. Ante su importancia socioeconómica y alimenticia, se ha realizado el estudio con información biológica correspondiente al periodo 2009 – 2015, en cuatro zonas del lago Titicaca (Bahía Puno, Zona Norte, Zona Sur y Lago Pequeño) con el fin de conocer las variaciones temporales de los parámetros biológicos tales como el índice gonadosomático (IGS), índice de actividad reproductiva (IR), factor de condición (FC), talla de primera madurez sexual, parámetros de la estructura poblacional por tallas y los parámetros de edad y crecimiento. El periodo de desove tuvo la amplitud de cuatro a seis meses, ocurriendo principalmente en el invierno. El comportamiento térmico de la laguna influye sobre el desove del recurso, se observaron altos índices reproductivos en los meses cuando la temperatura superficial del lago registró los más bajos valores. Se apreció relación inversa entre el índice gonadosomático y el factor de condición. Los peces evidenciaron mejor condición en otoño. Se apreció que la talla de primera madurez varió de 19,9 a 21,8 cm, media de 20,6 cm Lt para el periodo de estudio. El crecimiento fue mayor en los años 2009, 2014 y 2015, en contraste con los otros años evaluados.

PALABRAS CLAVE: *Odontesthes bonariensis*, parámetros biológicos, 2009-2015, Titicaca

### ABSTRACT

FLORES-GÓMEZ S. 2018. Interannual variation of the biological parameters of silverside *Odontesthes bonariensis* in Titicaca lake (Peruvian side), period 2009-2015. *Bol Inst Mar Perú*. 33(1): 53-64.- Silverside *Odontesthes bonariensis* is the second most abundant fishing resource in Lake Titicaca, and has endured intense extractive activity. Given its socio-economic and nutritional importance, a survey with biological information from the 2009-2015 period has been carried out in four areas of Lake Titicaca (Puno Bay, North Zone, South Zone and Lago Pequeño), in order to know the temporal variations of the biological parameters: gonadosomatic index (IGS), reproductive activity index (IR), condition factor (FC), size-at-first sexual maturity, population structure parameters by size and age and growth parameters. The spawning period lasted from four to six months, mainly in winter. The thermal behavior of the lagoon influences the spawning of the resource, high reproductive indexes were observed in the months when the lake surface temperature registered the lowest values. An inverse relationship was observed between the gonadosomatic index and the condition factor. The species showed better condition in autumn. It was appreciated that the size-at-first maturity varied from 19.9 to 21.8 cm, with a mean of 20.6 cm TL (Total length?) for the study period. The growth was greater in the years 2009, 2014 and 2015, in contrast with the other years assessed.

KEYWORDS: *Odontesthes bonariensis*, biological parameters, 2009-2015, Titicaca

## 1. INTRODUCCIÓN

*Odontesthes bonariensis* (Valenciennes) comúnmente conocida como “pejerrey” es una especie oriunda de los estuarios fluviales argentinos, uruguayos y brasileños (LOUBENS y OSORIO 1988).

Su presencia en el lago Titicaca se debe a la migración de especímenes desde el lago Poopó, lugar donde fue introducido por un club de pesca en 1946 (BUSTAMANTE y TREVINO 1980). Su capacidad de adaptarse a diversas condiciones ambientales fue favorable para su desarrollo poblacional en el lago Poopó y posteriormente en el Titicaca, al punto de ser considerada como la especie de mayor importancia comercial (UNEP 1996).

El pejerrey representa una pesquería importante en el lago Titicaca (ORTEGA *et al.* 2011) y es la principal fuente de proteína de la población que habita en las diferentes zonas urbanas y rurales que existen a orillas del lago (PNUMA 2011). Su extracción tiene un importante impacto relacionado con la seguridad alimentaria y economía regional.

En 1984-85 IMARPE estimó para el lago Titicaca una biomasa de 91.000 t, de ellas el 52% (46.410 t) correspondió a biomasa del pejerrey (ALT – PNUD 2002). IMARPE (2014) en agosto 2014 estimó la biomasa de 15.320 t. Las estadísticas indican a la pesca como la principal actividad que realiza presión sobre el recurso, la cual viene provocando el notorio descenso de su biomasa.

1 Área Funcional de Investigaciones de Recursos en Aguas Continentales. IMARPE Callao, danstive@gmail.com

Los factores que vulneran a la población del pejerrey y otras especies son la modificación y alteración de sus hábitats debido a la contaminación ocasionada por la minería, aguas servidas, residuos sólidos y otros (NORTHCOTE *et al.* 1991, FONTÚRBEL 2010); asimismo, a la extracción de plantas acuáticas (totora, macrofitas y otros) y en los últimos años la acuicultura.

El estudio de la biología de una especie en el tiempo es indispensable para comprender los cambios de su población, y permite plantear propuestas conducentes a su protección y conservación, más aún si esta constituye una especie cuya extracción sostiene el desarrollo de la actividad pesquera.

Existen investigaciones que brindan luces respecto a la biología y dinámica poblacional del pejerrey en el lago Titicaca (TREVINO<sup>2</sup> 1980, SARMIENTO *et al.* 1987, VAUX *et al.* 1988, LOUBENS y OSORIO 1988, FLORES 2010, CHURA-CRUZ *et al.* 2012, FLORES<sup>3</sup> 2013); sin embargo, son necesarias investigaciones que permitan comprender los cambios que presenta su población en el tiempo.

La finalidad de este estudio fue determinar los cambios interanuales que han presentado los parámetros biológicos y poblacionales del pejerrey *O. bonariensis* en el lago Titicaca (lado peruano) durante el periodo 2009 – 2015.

Se analizó la evolución mensual del índice gonadosomático (IGS), índice de condición reproductiva (IR) y factor de condición (K), así como su relación con la temperatura superficial del lago (TSL); también se examinó la variación interanual de la talla de primera madurez; estructura poblacional por tallas y el crecimiento somático.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se efectuó en el ámbito peruano del lago Titicaca (Fig. 1). Estratégicamente se definieron principales puntos para acopio de información, estando estos en bahía de Puno (Capachica, Puno, Chucuito, Acora y Parina), en la Zona Norte (Conima, Moho, Huanacáné, Vilquechico, Taraco, Pusi, isla Amantaní, isla Soto, isla Suasi, isla Taquile), en la Zona Sur (Ilave, Juli, Pomata y Pilcuyo) y en el lago Pequeño (Yunguyo, isla Anapia, Copani, Zepita y Desaguadero).

### Obtención de información

La información empleada en este estudio corresponde al periodo 2009 – 2015, obtenida a partir de muestras tomadas de la pesca comercial. El muestreo biométrico se efectuó en 61.592 ejemplares.

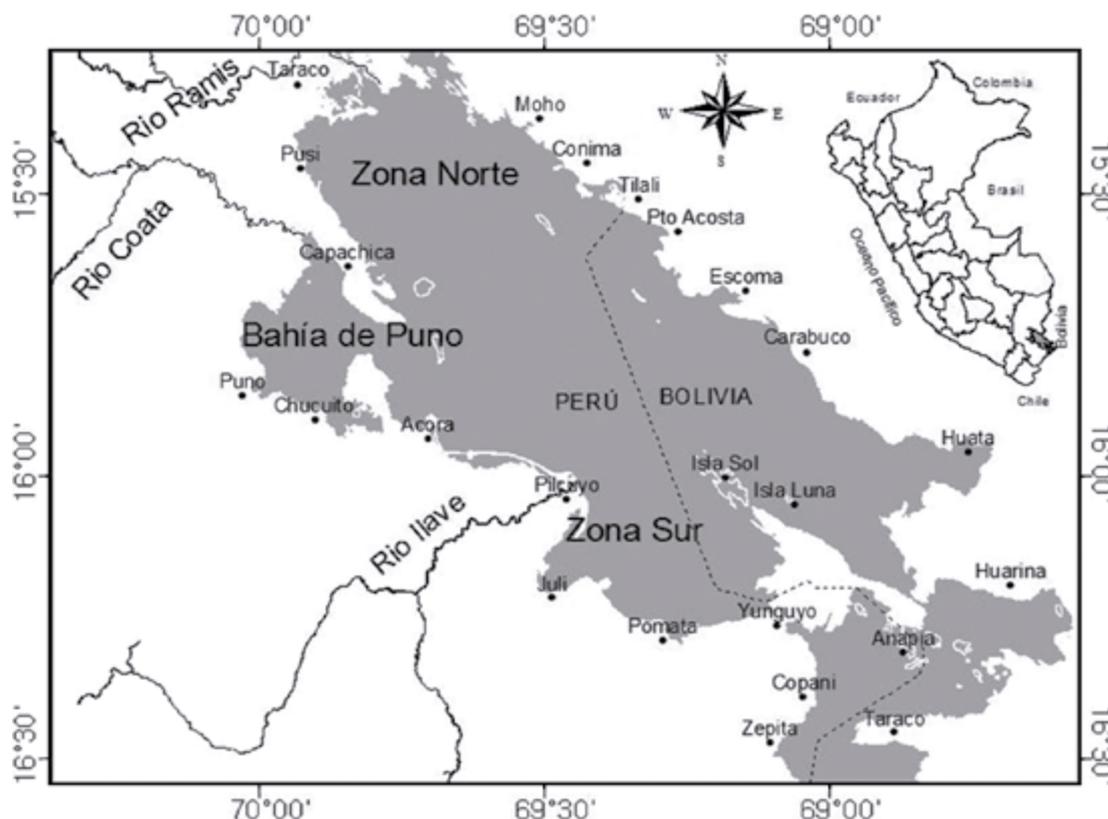


Figura 1.- Localización geográfica del Lago Titicaca, Perú – Bolivia

2 Treviño H. 1980. Crecimiento y tasa de mortalidad en base a la distribución de frecuencias de longitudes (*Odontesthes bonariensis*) de abril de 1989 a marzo de 1990. Informe Interno. Inst. Mar Perú-Puno.  
 3 Flores S. 2013. Estructura de tallas, crecimiento y mortalidad del Pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) en el Lago Titicaca (pag. 35-36). En UNMSA. II Simposio Internacional de Lago Titicaca - TDPS una responsabilidad compartida. Documento preliminar: ponencias en resumen para compartir.

Para la obtención de información de tallas, se tomaron muestras de la captura total en forma aleatoria (GULLAND y ROSEMBERG 1992). El promedio de ejemplares medidos por cada zona (Bahía Puno, Zona Norte, Zona Sur y lago Pequeño) fue de 140 especímenes al mes.

Se trabajaron 11.650 ejemplares en los múltiples muestreos biológicos.

Para la obtención de información biológica, se muestrearon 10 individuos/talla. En cada individuo se registró: longitud total ( $L_T$ ) en centímetros, peso total ( $P_T$ ) (g) y eviscerado ( $P_E$ ) (g), sexo, estadio de madurez gonadal y el peso gonadal ( $P_G$ ) (g).

Los ejemplares fueron medidos con un ictiómetro calibrado a intervalos de 1,0 cm. Para obtener el peso total se utilizó una balanza de precisión de 0,1 g y para el peso de gónadas una balanza de precisión de 0,01 g.

Los datos mensuales de temperatura superficial (°C) del lago (TSL) fueron obtenidos en la estación fija ubicada en Juli (16°12'5,85"S-69°27'40,97"W).

La escala empleada para la identificación del estadio de madurez gonadal en hembras fue la de JOHANSEN (1924) quien considera I-virgen, II-inmaduro, III-maduro virginal o en reinicio de maduración, IV-madurante, V-madurante avanzado, VI-grávido, VII-desove, VIII-postdesove/desovado.

### Análisis de información

El índice gonadosomático (IGS) fue determinado al aplicar la ecuación propuesta por BUITRÓN *et al.* (2011) expresada como:

$$\text{IGS} = P_G/P_E \times 100$$

Dónde:

$P_G$  = peso de la gónadas (g)

$P_E$  = peso eviscerado (g)

Para el análisis se discriminaron ejemplares con tallas inferiores a 22,5 cm (talla de primera madurez sexual, según CHURA y TREVIÑO<sup>4</sup> 2010) y ejemplares en estadios I y II (virginales).

El índice de actividad reproductiva (IR) (modificada por BUITRÓN *et al.* 2011) para hembras fue determinado por aplicación de la ecuación:

$$\text{AR} = ((\text{HVI} + \text{HVII})/\text{Ha}) * 100$$

Dónde:

HVI = hembras con gónadas en estadio VI

HVII = hembras con gónadas en estadio VII

Ha = total de hembras adultas

El factor de condición (FC) se calculó empleando la ecuación  $FC = P_E/L^3$  (CABRERA *et al.* 2008, FLORES-GÓMEZ 2015).

La talla media de primera madurez ( $L_{50}$ ) fue estimada aplicando la ecuación propuesta por CUBILLOS (2005), que la define como la talla en la ojiva de madurez a la cual existe 50% de probabilidad de observar un individuo maduro. La ecuación es:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-\alpha + \beta l}}$$

Donde:

$\alpha$  y  $\beta$  = Coeficientes

$l$  = Longitud total (cm)

$L_{50}$  está definida a partir de los parámetros de la función logística:  $L_{50} = -\alpha/\beta$ . Se determinó la proporción de individuos maduros en cada talla. Los estadios I y II se consideraron como "virginales" y los estadios del III al VIII como "maduros o adultos" (CHURA y TREVIÑO<sup>4</sup> 2010). Se utilizó la información biológica de los meses dentro de la época de mayor actividad reproductiva.

El análisis de la estructura por tallas se efectuó sin distinción de sexos.

El crecimiento fue estimado aplicando la fórmula de von Bertalanffy:

$$L_T : L_{\infty}(1 - e^{-K(t - t_0)})$$

Donde:

$L_T$  : la talla del pez en la edad  $t$

$L_{\infty}$  : la longitud asintótica (longitud media que un pez alcanzaría si creciera indefinidamente),

$K$  : coeficiente de desaceleración del crecimiento;

$e$  : base del logaritmo natural neperiano (2,71828)

$t_0$  : edad teórica a la longitud cero

Los parámetros de crecimiento  $K$  y  $L_{\infty}$  se obtuvieron mediante el Análisis Electrónico de Frecuencia de Longitudes (ELEFAN), rutina del paquete FISAT-ICLARM Fish Stock Assessment Tools (GAYANILO y PAULY 1997, GAYANILO *et al.* 2005). El inicio de la curva de crecimiento se ajustó al mes pico de actividad reproductiva del año.

<sup>4</sup> Chura R, Treviño V. 2010. Talla de madurez y época de desove del pejerrey (*Odontesthes bonariensis* Cuvier & Valenciennes 1835) en el Lago Titicaca. Congreso de Estudiantes de Biología en el 2010.

El parámetro  $t_v$  fue estimado por aplicación de la ecuación de PAULY (1979):

$$\log_{10}(-t_v) = -0,392 - 0,275 \log_{10} L_{\infty} - 1,038 \log_{10} K$$

Donde:  $t_v$ ,  $L_{\infty}$  y  $K$  son parámetros de la ecuación de von Bertalanffy.

El desempeño del crecimiento Phi ( $\emptyset'$ ) que relaciona los parámetros  $L_{\infty}$  y  $K$ , se determinó por la aplicación de la ecuación de MUNRO y PAULY (1983) la cual viene dada por:

$$\emptyset' = \log_{10} K + 2 \log_{10} (L_{\infty})$$

Esto permite determinar la eficiencia y confianza del parámetro obtenido por el método ELEFAN I.

### Métodos estadísticos aplicados

La determinación del promedio, así como la desviación estándar en el análisis anual de longitudes, IGS y FC fueron realizados utilizando el software Microsoft Excel 2010.

Se realizó el análisis de regresión lineal entre el IGS-FC, TSL-IGS y TSL-Phi Prima ( $\emptyset'$ ) aplicando la ecuación:

$$Y = bX + a$$

Donde:

$a$  : intercepto

$b$  : pendiente

Se determinó también el grado de correlación ( $R^2$ ) entre los mismos.

Se realizó el análisis de tendencia en serie de tiempo sobre los promedios mensuales del IGS, IR, FC y TSL (resultados de análisis de relación en Anexo) por aplicación de la ecuación sinusoidal la cual viene definida por:

$$y = a + b \cos (cx + d)$$

Donde:

$x$  = mes (se emplearon números naturales)

$y$  = según el análisis el IGS, IR, FC o TSL

$a, b, c$  y  $d$  = constantes

El análisis se efectuó utilizando el software Curve Expert (versión 2.3.0). En las Tablas A-C de la sección Anexo se exponen los resultados de los análisis de relación no lineal efectuados sobre las variables ya mencionadas.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo 2009-2015 se observó que el IGS en hembras (como indicador del desarrollo gonadal que permite inferir sobre el ciclo reproductivo de la población) tuvo valores  $\leq 2\%$  entre febrero-abril, excepto en los años 2012 y 2015.

La amplitud del periodo de mayor actividad reproductiva, determinada a partir de los meses en que el IGS promedio ( $\geq 2,5\%$ ) fue variable; duró cuatro meses en los años 2009, 2011, 2013 (con inicio en julio) y 2010 (con inicio en junio); cinco meses (con inicio en junio) en 2014; y seis meses (con inicio en mayo) en 2012 y 2015 (con inicio en junio).

El mes pico de IGS fue también variable, dándose en julio en los años 2010 y 2011, y en agosto en los demás años (Fig. 2). Sin embargo, es preciso señalar la presencia de un mínimo porcentaje de hembras en desove durante todo el año, coincidiendo con lo observado por BOSCHI y FUSTER (1959).

Los resultados difieren de los determinados por BUEN (1953) quien señala que el pejerrey desova en primavera (octubre a diciembre) y de IWASKIW y FREYRE (1980) quienes señalan dos periodos de reproducción, el principal de agosto a noviembre y el secundario en el otoño austral.

La amplitud del periodo de mayor actividad reproductiva, determinada a partir del IR considerando los meses con índice  $\geq 14\%$ , fue de dos meses (julio-agosto) en 2015, tres meses (julio-setiembre) en 2013, cuatro meses (junio-setiembre) en 2009 y 2014; cuatro meses (mayo-agosto) en 2010 y 2011, y el más amplio fue de cinco meses (mayo-setiembre) en 2012. Los picos se dieron en julio en los años 2010, 2011, 2012 y 2013 y en agosto en los demás años (Fig. 3).

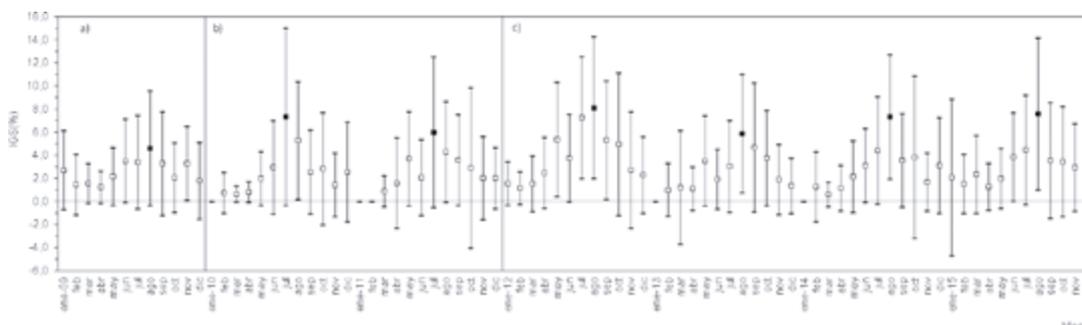


Figura 2.- Evolución mensual interanual (mensual) del índice gonadosomático (IGS) analizado para hembras de pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el lago Titicaca, periodo 2009 – 2015. Dónde: a, b y c indican los años donde se observaron cambios en el pico de IGS; (□) es el promedio mensual de IGS y las extensiones superior e inferior corresponden a su desviación estándar; (■) indica en pico de IGS del año

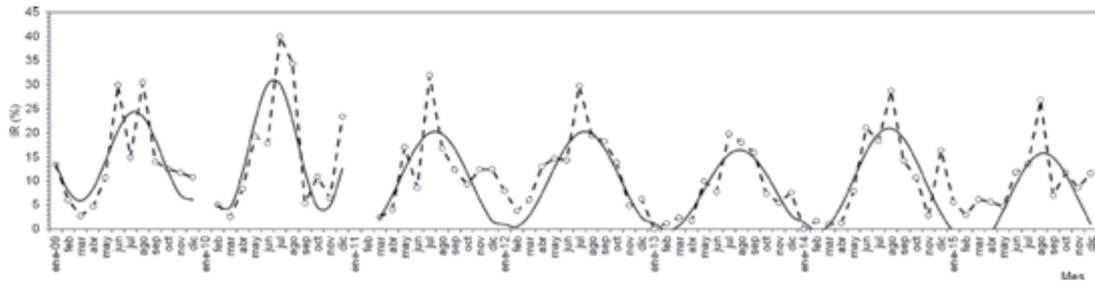


Figura 3.- Variación mensual interanual del índice de actividad reproductiva (IR) analizado para hembras de pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el Lago Titicaca, periodo 2009 – 2015. Dónde: (o) es el valor de IR y la línea continua es tendencia hallada por aplicación de ecuación sinusoidal

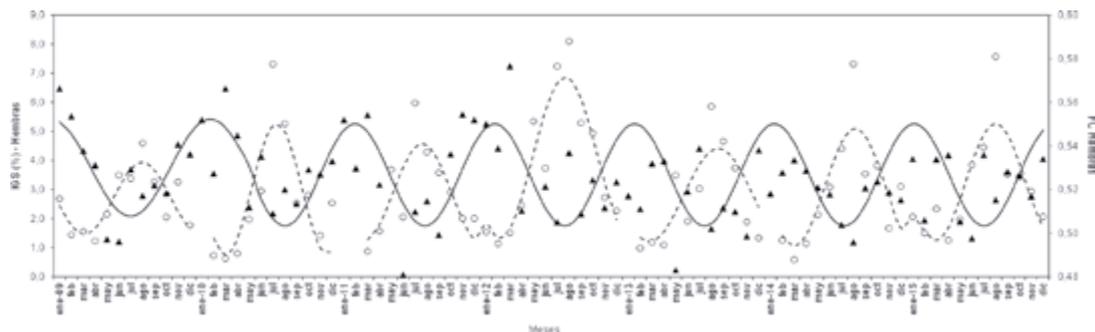


Figura 4.- Evolución mensual interanual del índice gonadosomático (IGS) y el factor de condición (FC) analizado para hembras de pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el lago Titicaca, periodo 2009 – 2015. Dónde: (o) es el promedio mensual del IGS; (▲) es el promedio mensual del FC; la línea discontinua es la tendencia del IGS y la continua del FC, ambas determinadas por aplicación de ecuación sinusoidal

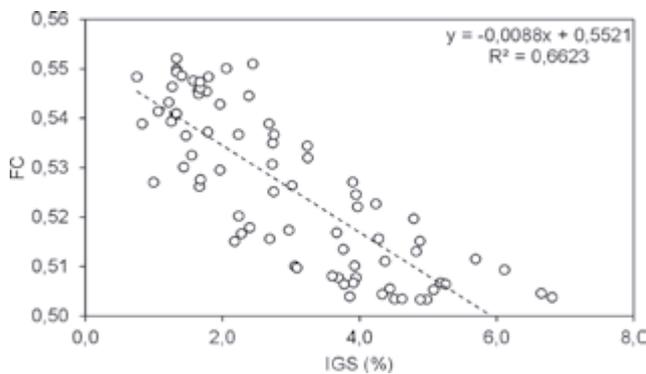


Figura 5.- Relación entre el índice gonadosomático (IGS) y factor de condición (FC) (valores calculados por regresión no lineal) determinado para hembras de “pejerrey” *Odontesthes bonariensis* en el Lago Titicaca, periodo 2009 – 2015. Dónde: (o) es el promedio mensual del IGS frente al promedio mensual del FC dado, y la línea discontinua la tendencia

Los resultados en observaciones sobre valores de IGS e IR indican que la reproducción del pejerrey es estacional, y acontece principalmente durante el periodo de invierno y parte de la primavera.

El factor de condición (FC), índice que permite evaluar el estado de “bienestar” de los peces, y además permite inferir sobre la condición trófica del ambiente acuático (GONZALES *et al.* 2006), fue calculado con el peso eviscerado, para evitar el ruido aportado por el desarrollo gonadal y del estómago (cuyo contenido puede alterar el índice). En los resultados para el

periodo 2009-2015 se observaron que las hembras mostraron mejor condición (robustez) en el verano (enero-marzo), con valores de FC >0,52 y pésima condición (exánime) en invierno (principalmente entre junio-setiembre) con valores de FC <0,52.

En el periodo de reproducción, el FC disminuye debido a que las hembras invierten energía en el desarrollo gonadal, direccionando menos energía para el desarrollo somático; mientras que, en verano son más robustas porque las condiciones ambientales facilitarían la disponibilidad de alimento para su favorable desarrollo (FREYRE *et al.* 2009).

En peces tropicales se han observado diversas adaptaciones morfológicas y fisiológicas frente a los cambios estacionales ambientales (LOWE-McCONNELL 1987). El nivel del lago Titicaca se incrementa estacionalmente por la incidencia de lluvias entre diciembre y abril y también el área de la superficie del lago, extendiéndose la zona litoral, zona que el pejerrey estaría ocupando como zona de refugio y alimentación.

Se apreció que, al incremento del IGS disminuye el FC, a la vez se apreció que en los meses pico de IGS (o cercanos a él) se observaron los valores más bajos de FC, esto evidencia que existe una clara relación inversa con tendencia negativa ( $b = -0,0088$ ) entre ambos índices biológicos, donde el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) fue 0,66 (Figs. 4 y 5).

Se realizó el análisis de regresión lineal para determinar la relación existente entre la TSL y el IGS. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) fue 0,53.

Se observó relación inversa con tendencia negativa ( $b = -0,9613$ ) entre ambas variables (Fig. 7); es decir, a medida que la temperatura disminuye el IGS incrementa. Los picos de IGS en los años 2010 (IGS = 7,32% en julio), 2011 (IGS = 5,97% en julio) y 2013 (IGS = 5,86% en agosto), coincidieron con las temperaturas más bajas de esos años, tal como se aprecia en los rectángulos verticales en la figura 6.

Los mínimos registros de TSL superan al valor más bajo de temperatura (11,25 °C) señalado por ILTIS *et al.* (2001) para el periodo 1977-1979. Los resultados muestran que la temperatura es un factor ambiental que influye sobre el desove del pejerrey en la temporada de invierno.

Los fuertes vientos fríos que tienen mayor incidencia en invierno (5-6 m/s a 8 m se altura) MINEM (2008) y

que oscilaron entre 1,23 y 1,42 m/s a 2 m de altura (ILTIS *et al.* 2001), facilitan mayor oxigenación del agua, por lo tanto, el pejerrey ha sincronizado su desove a este periodo donde la alta concentración de oxígeno posibilitaría la sobrevivencia de su progenie (LEAL y OYARZÚN 2003), puesto que la producción de clorofila-a y fitoplancton en el lago Titicaca es mayor en agosto y setiembre, comparado con otros meses (IMARPE 2013, 2014).

La talla de primera madurez ( $L_{50}$ ) es un parámetro biológico plástico que las especies modulan para optimizar la proliferación de su población (STEARNS 1993). En el caso del pejerrey se observó que  $L_{50}$  redujo de 20,5 cm (2009) a 19,1 cm (2011) e incrementó a 21,8 cm en 2015 (Fig. 8). La estimación efectuada con información acumulada del periodo 2009-2015 fue 20,5 cm, inferior a 23,4 cm señalada en IMARPE (2008) y a 21,8 cm (longitud estándar) estimada por BARROS *et al.* (2004). Los resultados indican que la especie viene modulando su talla de primera madurez como respuesta ante las diversas condiciones ambientales (MERONA *et al.* 2009).

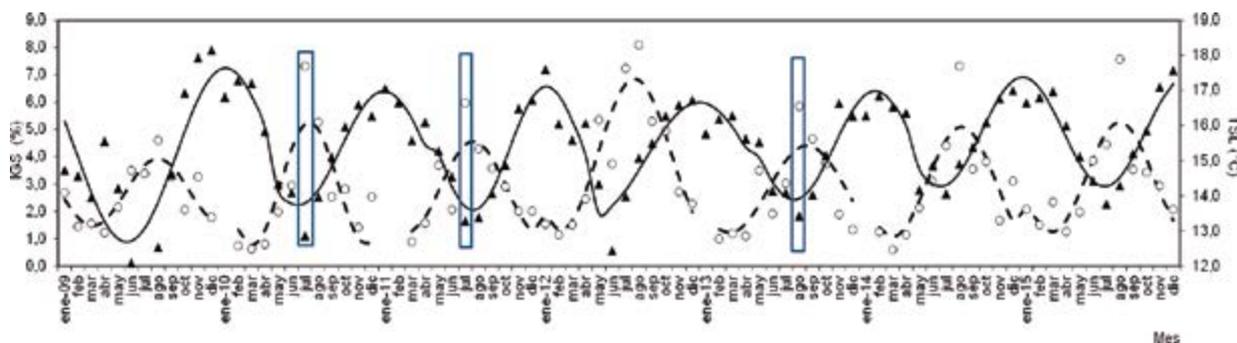


Figura 6.- Evolución mensual interanual del índice gonadosomático (IGS) de hembras de pejerrey *Odontesthes bonariensis* y la temperatura superficial del lago (TSL), periodo 2009 – 2015. Donde: (○) es el promedio mensual del IGS; (▲) es el promedio mensual de la TSL; la línea discontinua es la tendencia del IGS y la continua es de la TSL, ambas determinadas por aplicación de ecuación sinusoidal; y los rectángulos verticales indican los meses en los que hubo coincidencia de picos extremos de TSL e IGS

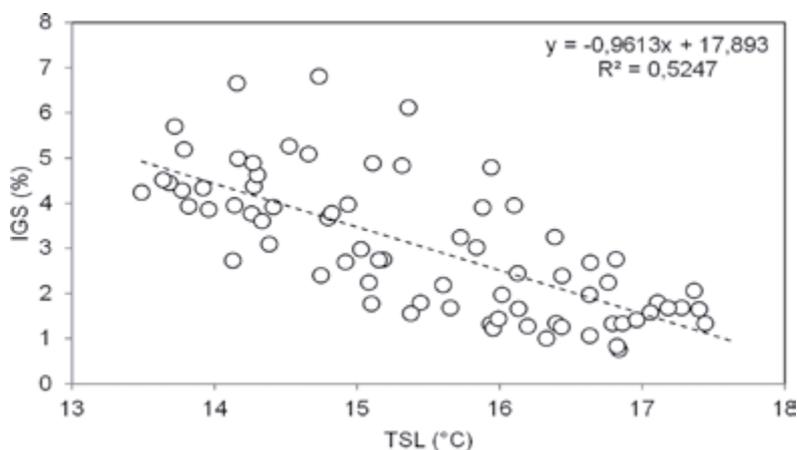


Figura 7.- Relación entre temperatura superficial del lago (TSL) y el índice gonadosomático (IGS) determinado para hembras de pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el lago Titicaca, periodo 2009 – 2015. Donde: (○) son los valores de IGS a una temperatura dada y la línea discontinua es la tendencia

En especies sujetas a explotación, la reducción de la talla de primera madurez a menudo se produce como consecuencia de descensos bruscos de la abundancia; puesto que el crecimiento y la maduración dependerían de la densidad poblacional (HELSE

y ALMEIDA 1997, CASSOFF *et al.* 2007). Los cambios temporales en tamaño y edad de la madurez también pueden ser el producto de la respuesta genética, como una estrategia para hacer frente a la presión de pesca (HUTCHINGS 2005).

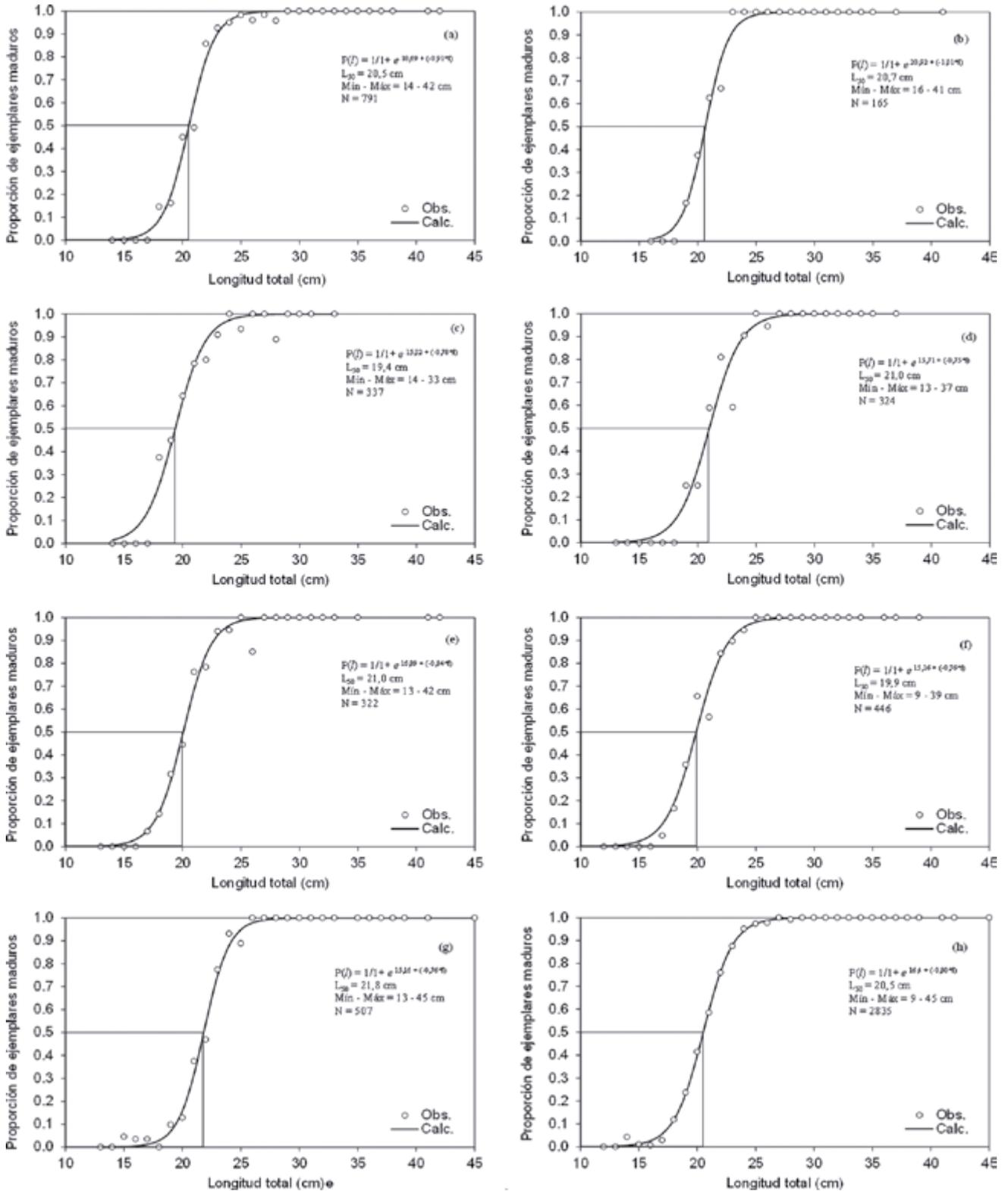


Figura 8.- Tallas de primera madurez (L50) estimadas para las hembras del pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el lago Titicaca. Donde a: 2009, b: 2010; c: 2011; d: 2012; e: 2013; f: 2014; g: 2015 y h: 2009 – 2015. En la estimación del 2009 se consideró la información del periodo junio-setiembre y en los otros años el periodo julio-setiembre

Tabla 1.- Parámetros de la estructura poblacional por tallas del "pejerrey" *Odontesthes bonariensis* en el lago Titicaca durante los años 2009 – 2015

| Año / parám. | N     | Longitud total (cm) |        |            |      |
|--------------|-------|---------------------|--------|------------|------|
|              |       | Mínima              | Máxima | Media ± DE | Moda |
| 2009         | 18939 | 12,0                | 43,0   | 22,5 ± 3,2 | 22,0 |
| 2010         | 9525  | 9,0                 | 41,0   | 21,2 ± 3,2 | 20,0 |
| 2011         | 6731  | 13,0                | 41,0   | 22,0 ± 2,7 | 23,0 |
| 2012         | 7453  | 4,0                 | 47,0   | 20,5 ± 5,1 | 22,0 |
| 2013         | 5627  | 4,0                 | 44,0   | 20,0 ± 4,2 | 22,0 |
| 2014         | 6780  | 9,0                 | 52,0   | 22,3 ± 3,2 | 22,0 |
| 2015         | 6527  | 8,0                 | 50,0   | 22,0 ± 3,4 | 22,0 |

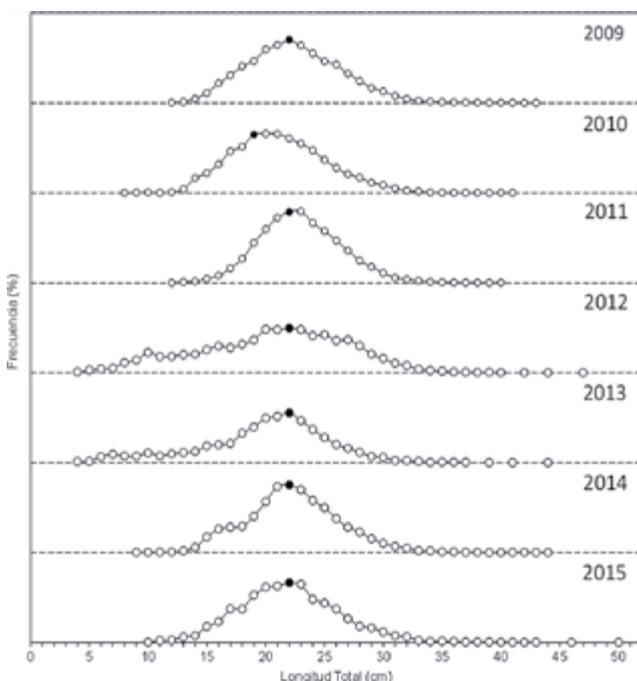


Figura 9.- Estructura poblacional por tallas del pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el lago Titicaca, periodo 2009 – 2015. Dónde: (○) indica la clase de talla y (●) la talla modal

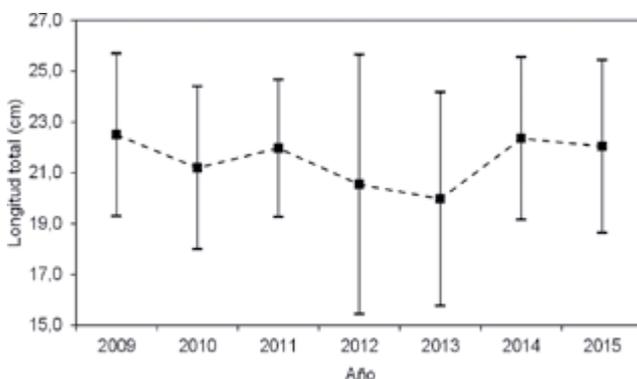


Figura 10.- Variación anual de la longitud promedio del pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el lago Titicaca, periodo 2009 – 2015.

Donde (■) es el promedio anual de la longitud total y las extensiones superior e inferior corresponden a su desviación estándar. La línea discontinua indica la tendencia

En la estructura de la población del pejerrey para el periodo 2009-2015, se observó la talla mínima de 4,0 cm en los años 2012 y 2013, y la máxima fue 52,0 cm en el 2014 (Tabla 1, Fig. 9), esto último también fue reportado por DYER (2006).

La talla media anual tuvo tendencia negativa entre el 2009 y 2013, disminuyendo de 22,5 cm a 20,0 cm, pero luego tuvo recuperación hacia el 2015 cuando la talla media fue 22,0 cm (Fig. 10), sin embargo la moda anual mayormente fue 22,0 cm, excepto en 2009 y 2010.

En el análisis gráfico de la proporción de juveniles y adultos muestreados en el periodo de estudio, se observó que en los años 2010, 2013 y 2015, el porcentaje de juveniles superó el 40%, siendo el 2013 el año en el que hubo mayor porcentaje (57,3%). Es importante indicar que las muestras fueron tomadas de las capturas, por lo que es justo enfatizar que durante los años indicados hubo fuerte incidencia de la pesca sobre la extracción de juveniles, lo cual no fue favorable para la población del pejerrey (Fig. 11).

Los resultados de las estimaciones de crecimiento se muestran en la Tabla 2. El índice de performance del crecimiento ( $\phi'$ ) determinado a partir de  $L_\infty$  y K fue variable para el periodo 2009-2015.

El año con  $\phi'$  más bajo fue el 2013 ( $\phi' = 2,94$ ) y más alto fue el 2015 ( $\phi' = 3,09$ ).  $\phi'$  disminuyó del 2009 ( $\phi' = 3,02$ ) hacia el 2013 ( $\phi' = 2,94$ ) y se recuperó en el 2015 ( $\phi' = 3,09$ ) (Tabla 2).

En el análisis de relación entre  $\phi'$  y el promedio anual de la TLS, para el periodo 2010 – 2015, se observó una relación positiva ( $b = 0,1707$ ), donde el grado de correlación ( $R^2$ ) fue 0,51; es decir a mayor TSL, mayor  $\phi'$ . Esto evidencia que en años relativamente cálidos la eficiencia del crecimiento es mayor (Fig. 12), y vice-versa en años fríos.

En la Figura 13 se aprecian las estimaciones de crecimiento para todos los años del periodo de estudio.

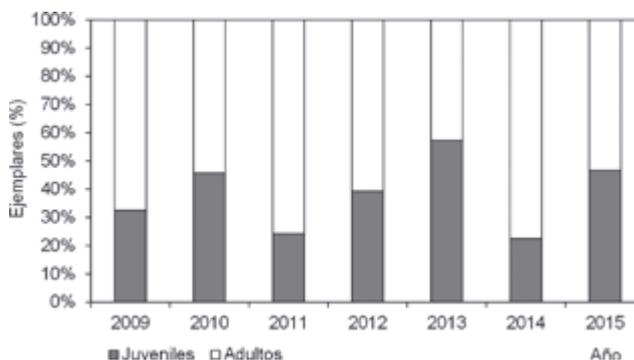


Figura 11.- Variación interanual del porcentaje de juveniles y adultos en la estructura poblacional del pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el lago Titicaca, periodo 2009 – 2015

En la estimación del crecimiento del pejerrey en el presente trabajo, a partir de la información acumulada del periodo 2009-2015 (Fig. 14), se observa que los peces alcanzan los 20,0 cm al 1er. año, 29,4 cm al 2do. año, 36,0 cm al 3er. año, 40,8 cm al 4to. año, 44,2 cm al 5to. año y 46,6 cm al 6to. año. Se estimó que alcanzan la longevidad a los 9 años.

Los valores superan a lo estimado por FLORES (2010), BARROS *et al.* (2004), TREVIÑO (1980) y LOUBENS y OSORIO (1988), pero son cercanos a los resultados obtenidos por BUSCHI y FUSTER (1959) así como VILA y SOTO (1981).

Tabla 2.- Parámetros de crecimiento estimados para el pejerrey *Odontesthes bonariensis* y promedios anuales de temperatura superficial (TSL) en el lago Titicaca, periodo 2009-2015

| Parámetros                              | Símb.        | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2009-15 |
|---|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Longitud asintótica ( $L_{\infty}$ )    | $L_{\infty}$ | 52,50 | 43,05 | 43,05 | 49,35 | 46,20 | 54,60 | 52,50 | 52,50   |
| Coef. crecimiento ( $\text{año}^{-1}$ ) | k            | 0,38  | 0,50  | 0,55  | 0,39  | 0,41  | 0,34  | 0,45  | 0,34    |
| Edad cero (años)                        | $t_0$        | -0,37 | -0,30 | -0,27 | -0,37 | -0,36 | -0,41 | -0,31 | -0,42   |
| Inicio curva (mes)                      |              | 8     | 7     | 8     | 9     | 9     | 9     | 8     | 8       |
| Score                                   | Rn           | 0,172 | 0,164 | 0,142 | 0,160 | 0,162 | 0,134 | 0,156 | 0,128   |
| Índice de performance                   | $\Phi'$      | 3,02  | 2,97  | 3,01  | 2,98  | 2,94  | 3,01  | 3,09  | 2,97    |
| TSL                                     | °C           | 14,7  | 15,5  | 15,3  | 15,5  | 15,3  | 15,8  | 15,8  | 15,4    |

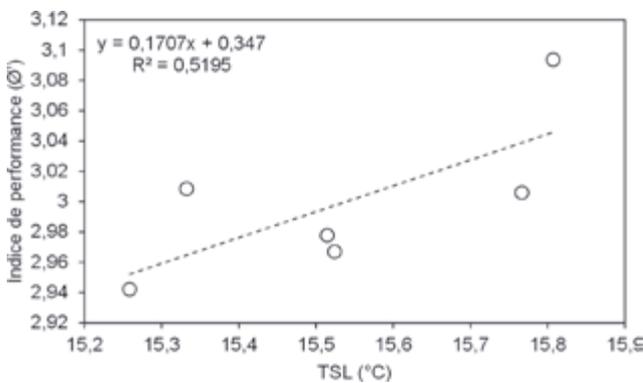


Figura 12.- Relación entre la temperatura superficial del lago (TSL) y el índice de performance del crecimiento ( $\Phi'$ ) determinado para el pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el lago Titicaca, periodo 2010 - 2015. Donde: (o) son los valores de Phi ( $\Phi'$ ) a una temperatura dada, y la línea discontinua es la tendencia

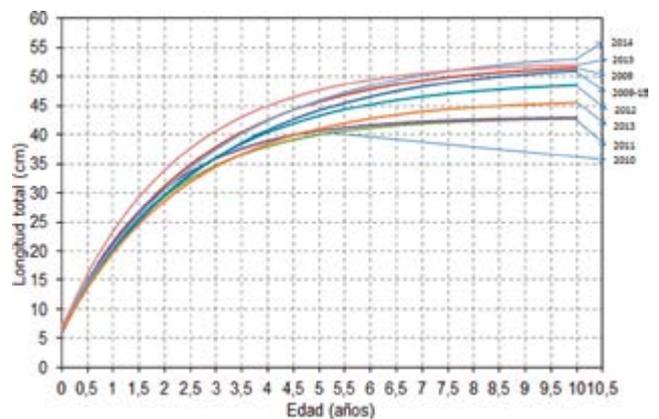


Figura 13.- Proyecciones del crecimiento de pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el lago Titicaca, periodo 2009-2015

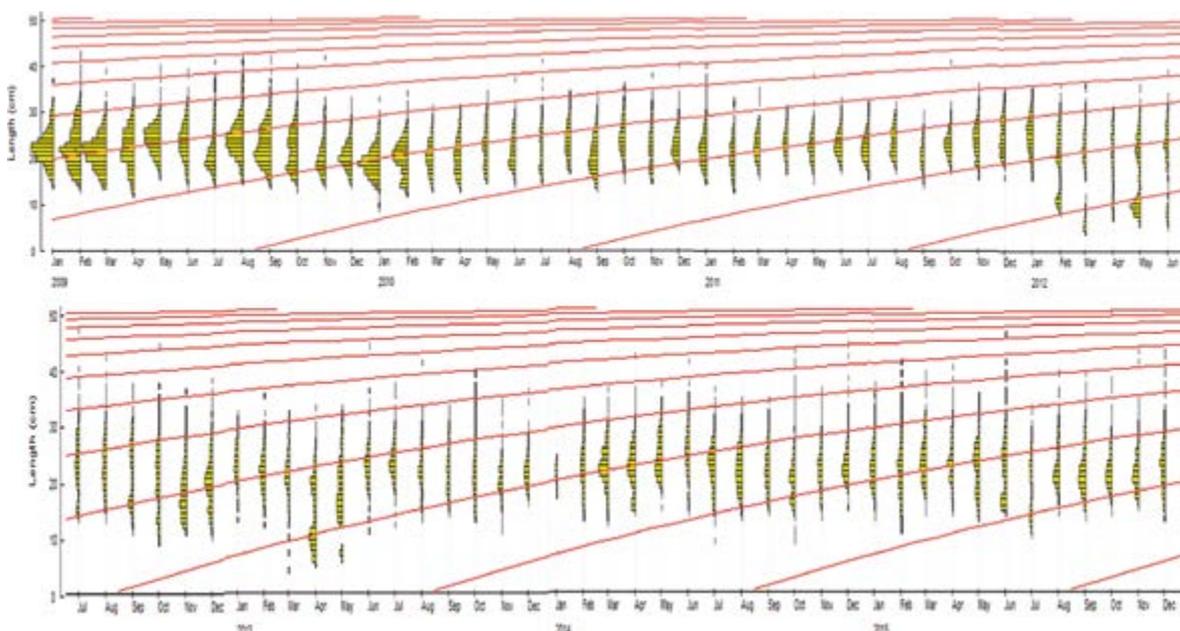


Figura 14.- Histograma de frecuencia de longitudes totales y la curva de crecimiento según la función de von Bertalanffy para el pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el lago Titicaca, periodo 2009-2015

## 4. REFERENCIAS

- ALT – PNUD 2002. Conservación de la diversidad en la cuenca del Lago Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa. Informe Final: Evaluación del potencial de pesca de especies introducidas. 166 pp.
- BARROS SE, REGIDOR H, IWASKIW J. 2004. Biología pesquera del pejerrey *Odontesthes bonariensis* (Cuvier y Valenciennes, 1835) en el subtropical de Argentina. Revista AquaTIC, N° 20: 32-37. <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=159>
- BOSCHI E, FUSTER M H. 1959. Estudio biológico pesquero del pejerrey del Embalse del Río III. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Publicación N° 8. Dpto. de Investigaciones Pesqueras. Nro. 8: 1-61. (Cap. I) (Cap. IV) (Cap. V) (Cap. VIII)
- BUEN F. 1953. Los pejerreyes (Familia Atherinidae) en la fauna uruguaya, con descripción de nuevas especies. Bol. Inst. Oceanogr., Sao Paulo. 4 (1): 3-80.
- BUITRÓN B, PEREA A, MORI J, SÁNCHEZ J, ROQUE C. 2011. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. Inf Inst Mar Perú. 38: 373-384.
- BUSTAMANTE E, TREVIÑO H. 1980. Descripción de las pesquerías en el Lago Titicaca 1975-1979. Inst. Mar Perú, Puno. 73 pp.
- CABRERA Y, AGUILAR C, GONZÁLEZ-SANSÓN G. 2008. Indicadores morfológicos y reproductivos del pez *Gambusia puncticulata* (Poeciliidae) en sitios muy contaminados del río Almendares, Cuba. Rev. Biol. Trop. Vol. 56 (4): 191-200.
- CASSOFF R M, CAMPANA S E, MYKLEVOL S. 2007. Changes in baseline growth and maturation parameters of Northwest Atlantic porbeagle, *Lamna nasus*, following heavy exploitation. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 64: 19-29. doi:10.1139/F06-167
- CHURA R, TREVIÑO V. 2010. Talla de madurez y época de desove del pejerrey (*Odontesthes bonariensis* Cuvier & Valenciennes 1835) en el Lago Titicaca. Congreso de Estudiantes de Biología en el 2010.
- CHURA-CRUZ R, CUBILLOS L A, TAM J, MARCELIANO S, VILLANUEVA C. 2012. Relación entre el nivel del lago y la precipitación sobre los desembarques del pejerrey *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes, 1835) en el sector peruano del lago Titicaca entre 1981 y 2010. Ecología Aplicada, 12(1): 19-28.
- CUBILLOS L. 2005. Biología pesquera y evaluación de stock. Laboratorio de Poblaciones Marinas y Análisis de Pesquerías, Departamento de Oceanografía, UDEC. Concepción, Chile. 198 pp.
- DYER, B S H. 2006. Systematic revision of the South American silversides (Teleostei, Atheriniformes). BIOCELL, 30(1): 69-88.
- FLORES S. 2010. Estimación de edad y crecimiento del pejerrey *Odontesthes bonariensis*, mediante la fórmula de Von Bertalanffy en cuatro zonas del Lago Titicaca. Tesis, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. 120 pp.
- FLORES-GÓMEZ S. 2015. Parámetros reproductivos de llambina *Potamorhina altamazonica* (Characiformes: Curimatidae) en el río Ucayali. Rev Inv Vet Perú. 26(2): 223-234. (<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v26i2.11004>)
- FONTÚRBEL F. 2010. Contaminación hídrica y conservación en el lago Titikaka: ¿Existe suficiente evidencia empírica para tomar acciones concretas? Revista Virtual REDESMA. Vol. 4(2): 57- 62.
- FREYRE L R, COLAUTTI D C, MAROÑAS M E, SENDRA E D, REMES-LENICOV M. 2009. Seasonal changes in the somatic indices of the freshwater silverside, *Odontesthes bonariensis* (Teleostei, Atheriniformes) from a Neotropical shallow lake (Argentina). Braz. J. Biol. 69(2): 389-395.
- GAYANILO F C, PAULY D. 1997. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT) Reference Manual. FAO Computerized Information Series (Fisheries). N° 8. Rome. 262 pp.
- GAYANILO F C, SPARRE P, PAULY D. 2005. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). Revised version. User's guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries) N° 8. Rome. 168 pp.
- GONZALEZ C, ROMÁN E, PAZ X. 2006. Condition and feeding of american plaice (*Hippoglossoides platessoides*) in the north Atlantic with emphasis on the flemish cap. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science. Vol. 37: 87-102.
- GULLAND J A, ROSENBERG A A. 1992. Examen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. FAO Documento Técnico de Pesca. N° 323. Roma, FAO. 112 pp.
- HELSETERTE, ALMEIDA FP. 1997. Density dependent growth and sexual maturity of silver hake in the north-west Atlantic. J. Fish. Bio. 51: 607-623. doi:10.1111/j.1095-8649.1997.tb01516.x
- HUTCHINGS J A. 2005. Life history consequences of overexploitation to population recovery in Northwest Atlantic cod (*Gadus morhua*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62: 824-832. doi:10.1139/f05-081
- ILTIS A, CORMOUZE J-P, LEMOALLE J. 2001. Características físico-químicas del agua. En: Dejoux C, Iltis A (Eds). El lago Titicaca: Síntesis del conocimiento limnológico actual. ORSTOM-HISBOL, La Paz, Bolivia. 584 (Capítulo V.I): 107-114 p.
- IMARPE 2008. Anuario Científico Tecnológico IMARPE. Anu cient tecnol IMARPE. Vol. 9. 285 pp.
- IMARPE 2013. Anuario Científico Tecnológico IMARPE. Anu cient tecnol IMARPE. Vol. 13. 212 pp.
- IMARPE 2014. Anuario Científico Tecnológico IMARPE. 238 p. Anu cient tecnol IMARPE. Vol. 14. 241 pp.
- IWASKIW J M, FREYRE L. 1980. Fecundidad del pejerrey *Basilichthys bonariensis* (Pisces, Atherinidae) del embalse Río Tercero, Córdoba. Limnobiós. 2 (1): 36-49.
- JOHANSEN A C. 1924. On the summer and autumn spawning herring of the North Sea. Meddelelser fra Kommissionen for Havundersøgelser. Serie Fiskeri. Bind VII. Nr.5, 119 pp.
- LEAL E, OYARZÚN C. 2003. Talla de madurez y época de desove de la reineta (*Brama australis* Valenciennes, 1836) en la costa central de Chile. Invest. Mar., Valparaíso. 31(2): 17-24.
- LOUBENS G, OSORIO F. 1988. Observations Sur les Poissons de la Partie Bolibiennue du Lac Titicaca. III. *Basilichthys bonariensis* (Valenciennes, 1835). Rev. Hydrobiolog. Trop. 18 (2):153 – 177.
- LOWE-McCONNELL R H. 1987. Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge, UK: Cambridge University Press. Citado por Hoenig DJ, Winemiller KO, Layman CA, Arrington DA, Jepsen DB. 2006. Effects of seasonality and migratory prey on body condition of Cichla species in a tropical floodplain river.

- Ecology of Freshwater Fish. 10 pp. doi: 10.1111/j.1600-0633.2006.00152.x
- MERONA B, MOL J, VIGOUROUX R, TARSO P. 2009. Phenotypic plasticity in fish life-history traits in two Neotropical reservoirs: Petit-Saut Reservoir in French Guiana and Brokopondo Reservoir in Suriname. *Neotropical Ichthyology*. 7(4): 683-692.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (MINEM). 2008. Atlas eólico del Perú (viento medio estacional a 80 m). Dirección General de Electrificación Rural. Departamento de Puno. Lima-Perú. <http://deltavolt.pe/phocadownload/puno.pdf>
- MUNRO J, PAULY D. 1983. A simple method for comparing growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte*. 1: 5-6.
- NORTHCOTE T G, MORALES S P, LEVY D A, GEAVEN M S. 1991. Contaminación del Lago Titicaca, Perú. Capacitación, Investigación y Manejo. Instituto Nacional de Lagunas Altoandinas, Westwater Research Centre, University of British Columbia, Vancouver, Canadá.
- ORTEGA H, HIDALGO M, CORREA E, ESPINO J, CHOCANO L, TREVEJO G, MEZA V, CORTIJO A M, QUISPE R. 2011. Lista anotada de peces continentales del Perú. Estado actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación. Museo de Historia Natural, UNMSM. Lima, Perú. 48 p.
- PAULY D. 1979. Theory and management of tropical multispecies stocks. ICLARM Studies and Reviews N°1. Manila. Philippines. 35 pp.
- PNUMA 2011. Perspectivas del Medio Ambiente en el Sistema Hídrico Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa (TDPS)-GEO Titicaca. 187 pp.
- SARMIENTO J, AZABACHE L, MARIÑO L, HINOJOSO A. 1987. Sinopsis biológica de las principales especies ícticas del Lago Titicaca. OLDEPESCA. Doc. Pesca N° 007: 173 pp.
- STEARNS S C. 1993. The evolution of life histories. Oxford, New York, Tokyo, Oxford University Press. 249 pp.
- UNEP 1996. Diagnóstico Ambiental del Sistema Titicaca-Desaguadero-Poopo-Salar de Coipasa (Sistema TDPS) Bolivia-Perú.
- VAUX P, WURTSBAUGH W, TREVIÑO H, MARINO I, BUSTAMANTE E, TORRES J, RICHEISON P, ALFARO R. 1988. Ecology of the pelagic fishes of Lake Titicaca, Perú-Bolivia. *Biotopa*. Vol. 20(3): 220-229 p.
- VILA I, SOTO D, 1981. Atherinidae (Pisces) of Rapel Reservoir, Chile. *Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie*. 21: 1334-1338.

## ANEXO

Tabla A.- Coeficientes de la regresión (no lineal) por aplicación de ecuación sinusoidal y correlación del índice gonadosomático (IGS) determinado para hembras de pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el lago Titicaca, periodo 2009 – 2015

| Parámetros/año                        | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Coeficiente <i>a</i>                  | 2,70  | 3,00  | 2,90  | 4,09  | 2,81  | 3,08  | 3,26  |
| Coeficiente <i>b</i>                  | 1,23  | 2,25  | 1,67  | 2,76  | 1,60  | 2,01  | 2,00  |
| Coeficiente <i>c</i>                  | 0,65  | 0,73  | 0,64  | 0,57  | 0,54  | 0,61  | 0,62  |
| Coeficiente <i>d</i>                  | -5,15 | -5,33 | -4,86 | -4,35 | -4,63 | -4,95 | -4,96 |
| Coef. determinación (R <sup>2</sup> ) | 0,72  | 0,69  | 0,70  | 0,85  | 0,67  | 0,69  | 0,69  |

Tabla B.- Coeficientes de la regresión (no lineal) por aplicación de ecuación sinusoidal y correlación del índice de actividad reproductiva (IR) determinado para hembras de pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el lago Titicaca, periodo 2009 – 2015

| Parámetro/año                            | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Coeficiente <i>a</i>                     | 15,14 | 17,41 | 9,96  | 9,96  | 8,34  | 10,68 | 9,85  |
| Coeficiente <i>b</i>                     | 9,26  | 13,77 | 10,31 | 10,31 | 8,09  | 10,25 | 5,92  |
| Coeficiente <i>c</i>                     | 0,72  | 0,79  | 0,54  | 0,54  | 0,55  | 0,55  | 0,55  |
| Coeficiente <i>d</i>                     | -5,26 | -5,15 | -4,05 | -4,05 | -4,29 | -4,29 | -4,54 |
| Coef. de determinación (R <sup>2</sup> ) | 0,60  | 0,79  | 0,54  | 0,82  | 0,80  | 0,64  | 0,40  |

Nota: los periodos indicados se fijaron debido a que se tuvo mejor ajuste en el análisis de serie de tiempo

Tabla C.- Coeficientes de la regresión (no lineal) por aplicación de ecuación sinusoidal y correlación del factor de condición (FC) determinado para hembras de pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el lago Titicaca, periodo 2009 – 2015

| Parámetro/periodo                     | ene 09 - jul 10 | ago 10 - feb 12** |
|---------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Coeficiente <i>a</i>                  | 0,53            | 0,53              |
| Coeficiente <i>b</i>                  | 0,02            | 0,02              |
| Coeficiente <i>c</i>                  | 0,47            | 0,53              |
| Coeficiente <i>d</i>                  | -0,13           | 1,53              |
| Coef. determinación (R <sup>2</sup> ) | 0,59            | ,51               |

\*\*La ecuación del periodo mayo - 2012 se aplicó al periodo mayo 2013 - diciembre 2015.

# CARACTERÍSTICAS DEL FITOPLANCTON DEL MAR PERUANO. VERANO 2014, CRUCERO 1402-04

## CHARACTERISTICS OF THE PHYTOPLANKTON ON THE PERUVIAN SEA. SUMMER 2014, CRUISE 1402-04

Elcira Delgado Loayza<sup>1</sup>

### RESUMEN

DELGADO E. 2018. Características del fitoplancton del mar peruano. Verano 2014, Crucero 1402-04. Bol Inst Mar Perú. 33(1): 65-72.- Se dan a conocer volúmenes de plancton, distribución y composición del fitoplancton, así como indicadores biológicos de masas de agua para el verano, provenientes de 65 muestras colectadas con red estándar de fitoplancton durante el crucero de evaluación de recursos pelágicos 1402-04 en el BIC Olaya. Frente a Malabrigo y San Juan el promedio del volumen de plancton fue 0,54 mL.m<sup>-3</sup>, el rango varió entre 0,27 y 1,4 mL.m<sup>-3</sup> localizados frente a Malabrigo y San Juan, respectivamente. La dominancia del fitoplancton fue 37%, conformado por diatomeas de fases intermedias de la sucesión y por especies de afloramiento, destacando *Coscinodiscus perforatus*, *Skeletonema costatum*, *Detonula pumila*, *Actynocyclus* sp., *Chaetoceros* spp., *Thalassiosira angulata*, *Lithodesmium undulatum*, *Rhizosolenia styliformis* y *Odontella aurita*. El desplazamiento de ASS hacia la zona costera fue evidente por la gran riqueza de especies pertenecientes a ese tipo de aguas. *Ceratium breve*, indicador de AES, fue registrado de manera normal hasta Punta La Negra (60 mn) y *Protoberidinium obtusum*, indicador de ACF, estuvo restringido a la franja costera (30 mn). Se observó floración algal de *Mesodinium rubrum* desde Huarney hasta Huacho cuya máxima concentración fue de 73x10<sup>6</sup> cel.L<sup>-1</sup>.

PALABRAS CLAVE: fitoplancton, composición y distribución, indicadores biológicos, verano 2014

### ABSTRACT

DELGADO E. 2018. Characteristics of the phytoplankton on the Peruvian sea. Summer 2014, Cruise 1402-04. Bol Inst Mar Peru. 33(1): 65-72.- We present volumes on plankton, distribution and phytoplankton composition, as well as biological indicators of water masses for the summer, from 65 samples collected with standard network of phytoplankton during survey cruise for pelagic resources 1402-04 aboard the R/V Olaya. Off Malabrigo and San Juan, the mean volume of plankton was 0.54 mL.m<sup>-3</sup>, the range varied between 0.27 and 1.4 mL.m<sup>-3</sup> located off Malabrigo and San Juan, respectively. The dominance of the phytoplankton was 37%, formed by intermediate phase diatoms of succession and upwelling species that stood out such as *Coscinodiscus perforatus*, *Skeletonema costatum*, *Detonula pumila*, *Actynocyclus* sp., *Chaetoceros* spp., *Thalassiosira angulata*, *Lithodesmium undulatum*, *Rhizosolenia styliformis* and *Odontella aurita*. The displacement of SSW towards the coastal zone was evident due to the great richness of species belonging to this type of water. *Ceratium breve*, indicator of ESW, was registered normally until Punta La Negra (60 nm) and *Protoberidinium obtusum*, indicator of CCW, was restricted to the coastal strip (30 nm). The algal flowering of *Mesodinium rubrum* was observed from Huarney to Huacho whose maximum concentration was 73x10<sup>6</sup> cel.L<sup>-1</sup>.

KEYWORDS: phytoplankton, composition and distribution, biological indicators, summer 2014

## 1. INTRODUCCIÓN

La evaluación de recursos pelágicos se realiza periódicamente a fin de estimar los niveles de abundancia, distribución y estructura de la población para un manejo adecuado y sostenido. En ese sentido se ejecutó la evaluación con énfasis en la anchoveta (*Engraulis ringens* Jenyns) especie importante en la pesquería del país. Para completar estos estudios se consideró calcular la biomasa planctónica, determinar la composición y distribución de la comunidad de fitoplancton y distribución de indicadores de masas de agua para esa época del año.

Las condiciones ambientales del mar peruano para el verano 2014 se caracterizaron por presentar mayores valores térmicos asociados a la proyección de las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) en la zona norte y Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) en

la zona centro y sur, en tanto los menores valores se asociaron a procesos de surgencia.

Sin embargo, resaltaron anomalías térmicas superficiales del mar (ATSM) que variaron de -5,0 °C (zona costera de Chimbote) a +5,4 °C (40 mn frente a San Juan) con promedio para el área evaluada de -0,56 °C.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

El muestreo se realizó entre el 24 de febrero y 11 de abril 2014, durante la ejecución del Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos a bordo del BIC José Olaya Balandra, L/P IMARPE IV y L/P IMARPE V, en los perfiles hidrográficos (Puerto Pizarro, Paita, Punta La Negra, Malabrigo, Chimbote, Callao, Pisco, San Juan de Marcona, Atico e Ilo). Así mismo, se colectaron muestras en la zona denominada El Triángulo (sur de Ilo).

1 IMARPE. Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria. edelgado@imarpe.gob.pe

El área de muestreo estuvo comprendida desde la franja costera hasta las 200 mn aproximadamente (Fig. 1).

Se obtuvo 65 muestras recolectadas con red estándar de fitoplancton (75 µm) en arrastres superficiales durante 5 minutos y a 3 nudos de velocidad. Las muestras fueron preservadas con formalina neutralizada (THRÖNDSSEN 1978).

Los volúmenes de plancton se obtuvieron por centrifugación a 2400 rpm durante 5 minutos, y se aplicó la siguiente fórmula:

$$V = V_c / K$$

Donde V: volumen de plancton

Vc: volumen de plancton centrifugado (mL)

K: 6,6273 m<sup>3</sup> (constante, indica el agua filtrada por la red)

Los resultados fueron expresados en mililitros de plancton por metro cúbico de agua de mar filtrada (mL.m<sup>-3</sup>).

En el laboratorio las muestras fueron analizadas semicuantitativamente, considerando porcentajes de los componentes del plancton (fitoplancton y zooplancton) (ROJAS DE MENDIOLA *et al.* 1985) y los resultados se expresaron en base a las abundancias

relativas de cada componente del fitoplancton. Para el análisis de comunidades se utilizó el índice de Jaccard y el programa Primer V.6.

Para la determinación taxonómica de la comunidad de fitoplancton se consultaron los trabajos de HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1971), SUNDSTRÖM (1986), HEIMDAL (1993), THRÖNDSSEN (1993), HASLE y SYVERTSEN (1996) y STEIDINGER y TANGEN (1996).

En la elaboración de los gráficos, cartas de posición, distribución de volúmenes de plancton e indicadores de masas de agua se utilizó el programa Excel, Surfer (ver.11).

### 3. RESULTADOS

#### VOLUMEN DE PLANCTON EN LOS PERFILES HIDROGRÁFICOS

El promedio del volumen de plancton fue 0,54 mL.m<sup>-3</sup>, el rango osciló entre 0,27 mL.m<sup>-3</sup> (frente a Malabrigo) y 1,4 mL.m<sup>-3</sup> (frente a San Juan). El fitoplancton dominó en el 37% de las áreas y estuvo asociado a la Temperatura Superficial de Mar (TSM) que fluctuó entre 16,1 y 25,7 °C.

**Perfil Puerto Pizarro.-** Volumen promedio de 1,13 mL.m<sup>-3</sup>, con rango entre 0,3 y 2,32 mL.m<sup>-3</sup>, en las Ests. 606 y 602 a 44 y 70 mn de la costa, respectivamente (Fig. 2). Tanto el fitoplancton como el zooplancton alcanzaron el mismo porcentaje de predominancia (50%). La abundancia relativa de ABUNDANTE estuvo determinada por diatomeas termófilas como *Proboscia alata* f. *indica* Lincea y Santoyo y *P. alata* f. *gracillima* Sundström. La TSM varió entre 23,9 y 28,9 °C.

**Perfil Paita.-** Volumen promedio de 0,874 mL.m<sup>-3</sup>, con rango entre 0,42 (Est. 566 - 20 mn) y 1,36 mL.m<sup>-3</sup> (Est. 573 - 90 mn) (Fig. 2). El predominio de fitoplancton fue 34%. La abundancia relativa de MUY ABUNDANTE estuvo dada por diatomeas de aguas cálidas como *Rhizosolenia styliformis* Brightwell y *P. alata* f. *gracillima*. La TSM varió entre 18,1 y 21,3 °C.

**Perfil Punta La Negra.-** Volumen promedio de 0,79 mL.m<sup>-3</sup>, siendo menor con respecto al perfil Paita, con rango entre 0,49 y 1,04 mL.m<sup>-3</sup>, localizados en las Ests. 540 y 545 y a distancias de la costa de 110 y 10 mn, respectivamente (Fig. 2). El predominio de fitoplancton fue 25% y de zooplancton 75%. Se apreció abundancia de diatomeas de afloramiento como *Skeletonema costatum* Cleve y *Detonula pumila* Gran que estuvieron como ABUNDANTES dentro de las 10 mn. La TSM varió entre 17,6 y 21,7 °C.

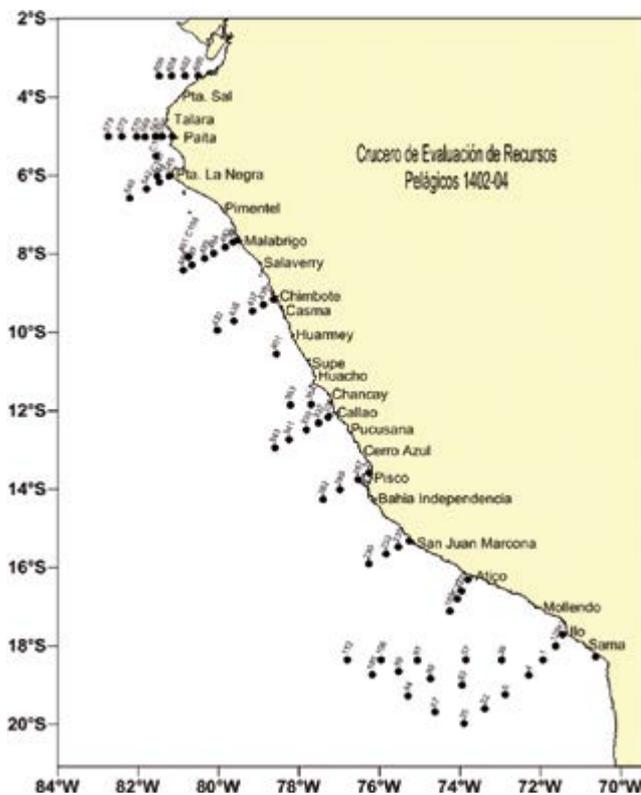


Figura 1.- Carta de posiciones. Cruce de Evaluación de Recursos Pelágicos. BIC Olaya 1402-04

**Perfil Malabrigo.-** Volumen promedio de  $0,27 \text{ mL.m}^{-3}$ , valor más bajo comparado con Puerto Pizarro, Paita y Punta La Negra; con rango entre  $0,075 \text{ mL.m}^{-3}$  (Est. 487- 80 mn) y  $0,62 \text{ mL.m}^{-3}$  (Est. 487 - 80 mn) (Fig. 2). El predominio de fitoplancton fue 57% distribuyéndose hasta las 43 mn donde *Odontella aurita* Agardh y *Coscinodiscus perforatus* Cleve y Möller presentaron abundancias relativas de MUY ABUNDANTE y *Thalassiosira angulata* Hasle y *Thalassionema frauenfeldii* Tempère y Peragallo, como ABUNDANTES. El zooplancton representó 43%. La TSM varió entre  $16,4$  y  $24,3$  °C.

**Perfil Chimbote.-** Volumen promedio de  $0,30 \text{ mL.m}^{-3}$ , aquí se observó un ligero incremento con respecto a anteriores perfiles; con rango entre  $0,11$  y  $0,56 \text{ mL.m}^{-3}$ , ubicados en Est. 432 (130 mn) y Est. 441 (90 mn) (Fig. 2). La comunidad de fitoplancton fue poco predominante (25%) el 75% recayó en el zooplancton. Resaltó *C. perforatus* con abundancia relativa de ABUNDANTE a 10 mn de la costa, además de *Thalassiothrix longissima* Cleve y Grunow que estuvo ESCASO. La TSM varió entre  $15,8$  y  $23,35$  °C.

**Perfil Callao.-** Volumen promedio de  $0,31 \text{ mL.m}^{-3}$ , con rango entre  $0,21 \text{ mL.m}^{-3}$  (Est. 343 a 130 mn) y  $0,62 \text{ mL.m}^{-3}$  (Est. 341 a 90 mn) (Fig. 2). La predominancia del fitoplancton fue similar a Chimbote. A 10 mn las diatomeas *Thalassiosira subtilis* Gran y *Lioloma delicatulum* Hasle fueron MUY ABUNDANTE y ABUNDANTE, respectivamente. Además, *Thalassiosira anguste-lineata* Fryxell y Hasle; *Chaetoceros affinis* Lauder; *Actinocyclus senarius* Ehrenberg; *Planktoniella sol* Schütt y *C. perforatus* tuvieron abundancia relativa de ESCASO. La TSM varió entre  $18,9$  y  $22,2$  °C.

**Perfil Pisco.-** Volumen promedio de  $0,61 \text{ mL.m}^{-3}$ ; con rango entre  $0,47 \text{ mL.m}^{-3}$  (Est. 289 a 7 mn) y  $1,8 \text{ mL.m}^{-3}$  (Est, 285 a 37 mn) (Fig. 2). Sólo a 13 mn predominó el fitoplancton donde el dinoflagelado *Triplos furca* Gómez presentó abundancia relativa de MUY ABUNDANTE, seguido de otras especies como *Protoperidinium crassipes* Balech, *P. depressum* Balech y *Gonyaulax polygramma* Stein cuya abundancia relativa fue ESCASO. La TSM varió entre  $21,7$  y  $23,0$  °C.

**Perfil San Juan de Marcona.-** Volumen promedio de  $1,4 \text{ mL.m}^{-3}$ ; con rango entre  $0,15 \text{ mL.m}^{-3}$  (Est. 230 a 140 mn) y  $0,89 \text{ mL.m}^{-3}$  (Est. 233 a 58 mn) (Fig. 2). La predominancia del fitoplancton fue 50%, 25% fue zooplancton y 25% correspondió a co-dominancia entre fito y zooplancton. Las mayores abundancias relativas fueron dadas por *Coscinodiscus granii* Gough y *C. perforatus* con escalas de MUY ABUNDANTE y ABUNDANTE, respectivamente a 10 mn de la costa. *Proboscia alata* f. *gracillima* fue ABUNDANTE a 80 mn. Otras diatomeas como *Ch. affinis*, *Ch. debilis* Cleve, *Ch. curviretus* Cleve y *Rhizosolenia styliformis* y el dinoflagelado tecado *Protoperidinium steinii* Balech obtuvieron abundancias relativas de ESCASO. La TSM varió entre  $16,9$  y  $24,0$  °C.

**Perfil Atico.-** Volumen promedio de  $0,96 \text{ mL.m}^{-3}$ , con rango entre  $0,27$  (Est. 80 a 80 mn) y  $0,82 \text{ mL.m}^{-3}$  (Est. 27 a 50 mn) (Fig. 2). Sólo a 10 mn predominó el fitoplancton (25%), siendo *C. perforatus*, *T. nitzschoides*, *Lithodesmium undulatum* Ehrenberg y *Chaetoceros debilis* las diatomeas que presentaron abundancias relativas de ABUNDANTE. El 75% estuvo representado por zooplancton. La TSM varió entre  $21,9$  y  $22,6$  °C.

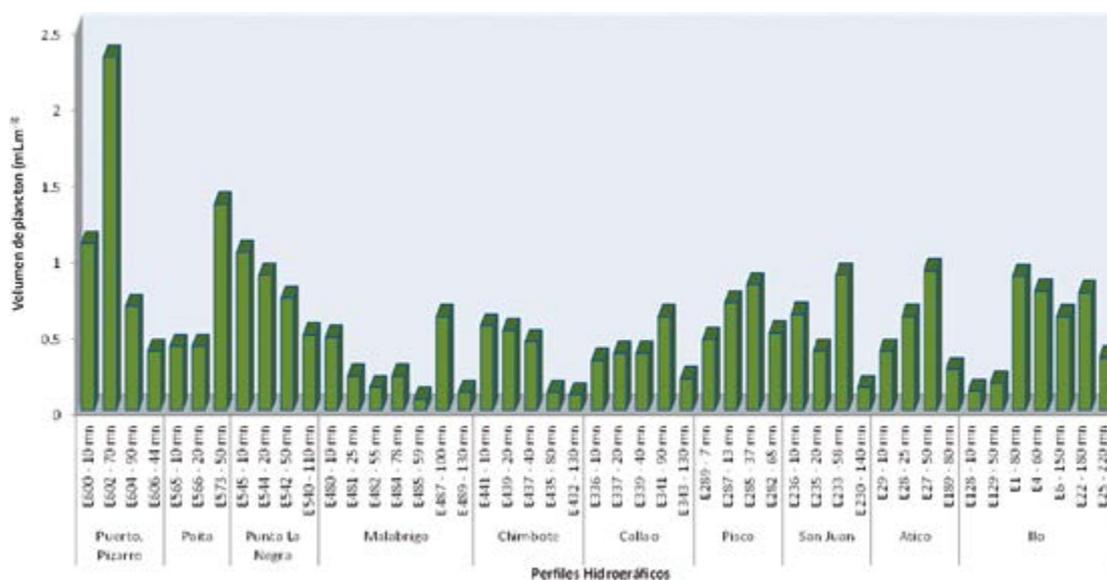


Figura 2.- Distribución del volumen de plancton ( $\text{mL.m}^{-3}$ ) en los perfiles hidrográficos del mar peruano. Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos, BIC Olaya 1402-04

**Perfil Ilo.-** Volumen promedio de 0,53 mL.m<sup>-3</sup>, valor más bajo con respecto a San Juan y Atico; con rango entre 0,13 mL.m<sup>-3</sup> (Est. 128 a 10 mn) y 0,78 mL.m<sup>-3</sup> (Est. 4 a 60 mn) (Fig. 2). La predominancia del fitoplancton continuó presentándose a 10 mn (25%) donde *C. perforatus* y *C. granii* destacaron por obtener abundancias relativas de ABUNDANTE. La predominancia del zooplancton fue similar al perfil Atico. La TSM varió entre 16,7 y 25,8 °C.

Los dinoflagelados se distribuyeron ampliamente en todo el área de estudio, especies como *Triplos furca*; *Ceratium tripos* Nitzsch; *C. fusus* Dujardin; *G. polygramma*; *P. depressum* y *P. conicum* caracterizaron las 10 mn, aunque en algunos perfiles se observó presencia de organismos termófilos en la franja costera, siendo más frecuentes y con mayor riqueza de especies por fuera de las 10 mn registrándose a *Triplos azoricum* Gómez; *Triplos kofoidii* (Jörgensen) Gómez; *Triplos macroceros* (Ehrenberg) Gómez; *Ceratium massiliense* (Gourret) Karsten; *C. gravidum* Gourret; *C. hexacanthum* v. *spirale* (Kofoid); *Podolampas bipes*; *Triadinium polyedricum* (Pouchet) Dodge; *Protoperidinium quarnerense* Balech; *Triplos candelabrus* (Ehrenberg) Gómez y *Pyrocystis horologium* Stein, entre otras.

**DISTRIBUCIÓN LATITUDINAL DEL PLANCTON**

El 93% de los volúmenes promedio de plancton por grado latitudinal presentó valores menores a 1,0 mL.m<sup>-3</sup>, solo 7% obtuvo valores mayores a 1,0 mL.m<sup>-3</sup>.

Dentro de las 30 mn los valores medios fluctuaron de 0,038 mL.m<sup>-3</sup> (12-13°S) a 1,53 mL.m<sup>-3</sup> (03-04°S), entre las 30-60 mn los promedios variaron de 0,038 m<sup>-3</sup> (10-11°S) a 0,739 mL.m<sup>-3</sup> (06-07°S); por fuera de las 60 mn la fluctuación estuvo entre 0,114 (09-10°S) y 1,358 mL.m<sup>-3</sup> (05-06°S) (Fig. 3).

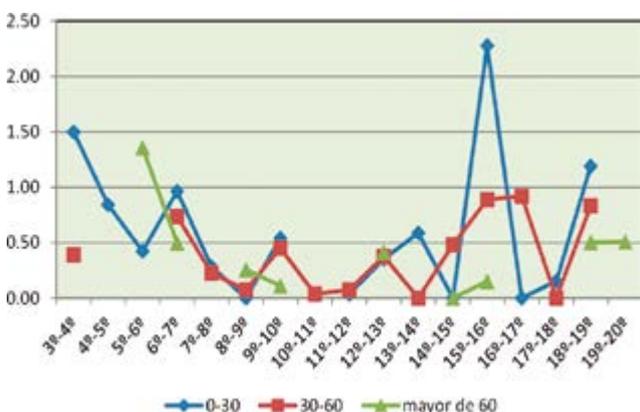


Figura 3.- Distribución latitudinal de volúmenes de plancton (mL.m<sup>-3</sup>). Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos. BIC Olaya 1402-04

**ANÁLISIS COMUNITARIO**

El análisis de similaridad (Jaccard) del fitoplancton de red entre estaciones mostró tres grupos al 16% (Fig. 4).

El grupo 1 conformado por 15 estaciones que obtuvieron abundancia relativa de MUY ABUNDANTE y ABUNDANTE, destacando las diatomeas de alta tasa de reproducción como *Chaetoceros affinis* Lauder; *Ch. debilis* Cleve; *Actinocyclus* sp., *Coscinodiscus perforatus* Cleve y Möller; *Detonula pumila* Gran; *Lithodesmium undulatum* Ehrenberg; *Odontella aurita* Agardh y la diatomea termófila *Lioloma delicatulum* Hasle. La TSM varió entre 15,8 y 18,9 °C.

El grupo 2, congregó 18 estaciones cuyas abundancias relativas fueron de MUY ABUNDANTE y ABUNDANTE en donde se registraron especies termófilas (las diatomeas *Proboscia alata* f. *gracillima*, *Planktoniella sol*, *Chaetoceros coarctatus* Lauder, *Rhizosolenia styliformis*) y alta riqueza de dinoflagelados como *Triplos azoricum*, *Podolampas palmipes* Stein; *Triplos macroceros* (Ehrenberg) Gómez y *Triplos candelabrus* (Ehrenberg) Gómez, entre otros, los que estuvieron relacionados a altas TSM que fluctuaron entre 20,2 y 28,9 °C (Fig. 4).

El grupo 3 agrupó 7 estaciones, la abundancia relativa fue PRESENTE, destacando los dinoflagelados termófilos *Podolampas bipes*, *Pyrocystis steinii* y *Planktoniella sol*. Además de especies de distribución cosmopolita como *Ceratium furca*, *Protoperidinium depressum* y *P. conicum*, seguido de diatomeas como *Thalassionema nitzschioides* Mereschkowsky; *Coscinodiscus centralis* Ehrenberg y *Navicula* spp. La TSM varió entre 19,77 y 23,56 °C (Fig. 4).

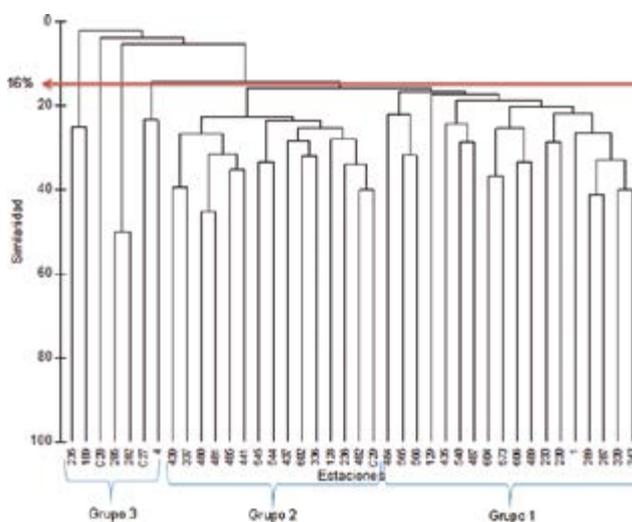


Figura 4.- Dendrograma de similaridad entre estaciones de la comunidad de fitoplancton en superficie. Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos. BIC Olaya 1402-04

**FLORACIÓN ALGAL**

En este período entre Huarney y Huacho se observó la floración algal producida por el ciliado fotosintetizador *Mesodinium rubrum* (Lohmann) cuya densidad fue de  $73 \times 10^6$  cel.L<sup>-1</sup> (Fig. 5).

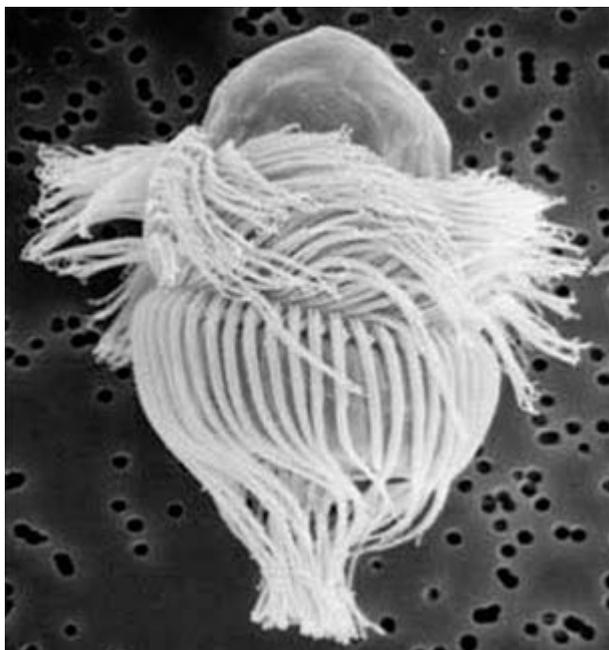


Figura 5.- *Mesodinium rubrum*. Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos BIC Olaya 1402-04

**CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS EN SUPERFICIE**

**Temperatura**

La temperatura superficial del mar (TSM) entre Morro Sama y Puerto Pizarro varió entre 15,18 y 27,70 °C con promedio de 20,62 °C.

Los valores mayores a 24 °C se registraron al norte de Talara, por fuera de las 50 mn entre Malabrigo y Supe; a 40 mn de San Juan y 20 mn de Mollendo.

En cambio, los menores valores (<19° C) se ubicaron en la franja costera adyacente a la línea de costa desde Paita hasta Callao y de Bahía Independencia a Morro Sama con amplitud variable.

Los mayores valores térmicos se asociaron a la proyección de las AES en la zona norte y a ASS en la zona centro y sur; los menores valores se asociaron a procesos de surgencia (IMARPE 2014) (Fig. 6).

**Salinidad**

Las concentraciones halinas entre Morro Sama a Paita oscilaron entre 31,958 ups (zona costera frente a Puerto Pizarro) y 35,531 ups (60 mn frente a Quilca).

Las masas de agua presentes fueron: Aguas Tropicales Superficiales (ATS) frente a Puerto Pizarro, Aguas Ecuatoriales superficiales (AES) al norte de Paita, Aguas Costeras Frías (ACF), en toda la zona costera desde Paita hasta Morro Sama; sin embargo, la amplitud de su cobertura fue variable, mostrando mayor ampliación frente a Paita, Pimentel, Chancay y Atico. Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) se localizaron entre Malabrigo y Morro Sama proyectándose hasta las 40 mn frente a Huarney-Huacho, 20 mn frente a San Juan, Mollendo y Morro Sama.

Se observaron grandes zonas de mezcla por la interacción de las ACF y ASS, así como por la interacción de las aguas continentales y ACF en áreas próximas a la desembocadura de los ríos (IMARPE 2014) (Fig. 7).

**DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE INDICADORES BIOLÓGICOS DE MASAS DE AGUA**

Las condiciones ambientales en el verano mostraron cambios significativos en la distribución de estos organismos. Así se determinó que el indicador de Aguas Costeras Frías (ACF) *Protoperidinium obtusum* Parke y Dodge, se distribuyó a lo largo del litoral dentro de las 30 mn con mayor amplitud de distribución en Atico (60 mn). No se registró frente a Punta La Negra, Pisco y San Juan de Marcona.

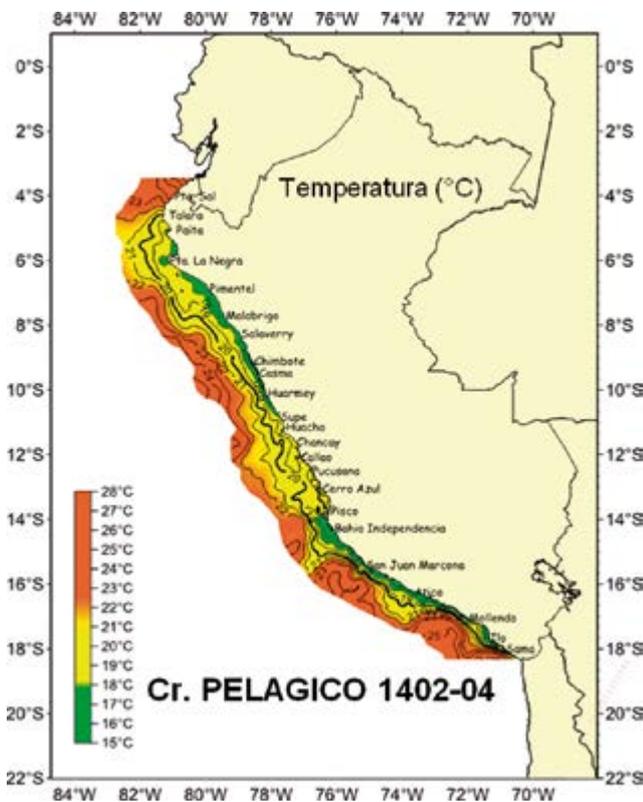


Figura 6.- Distribución superficial de la temperatura del mar (°C). Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos BIC Olaya 1402-04

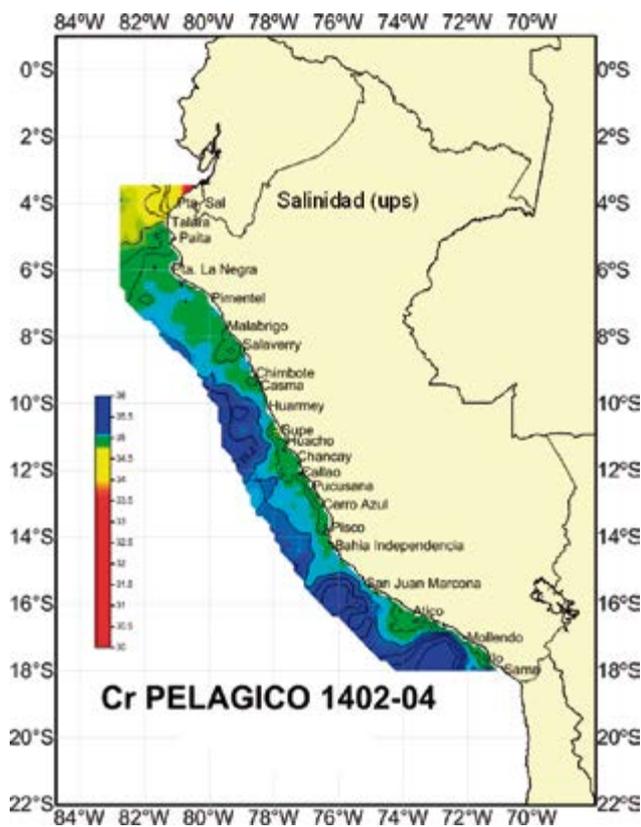


Figura 7.- Distribución superficial de la salinidad del mar (UPS). Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos BIC Olaya 1402-04

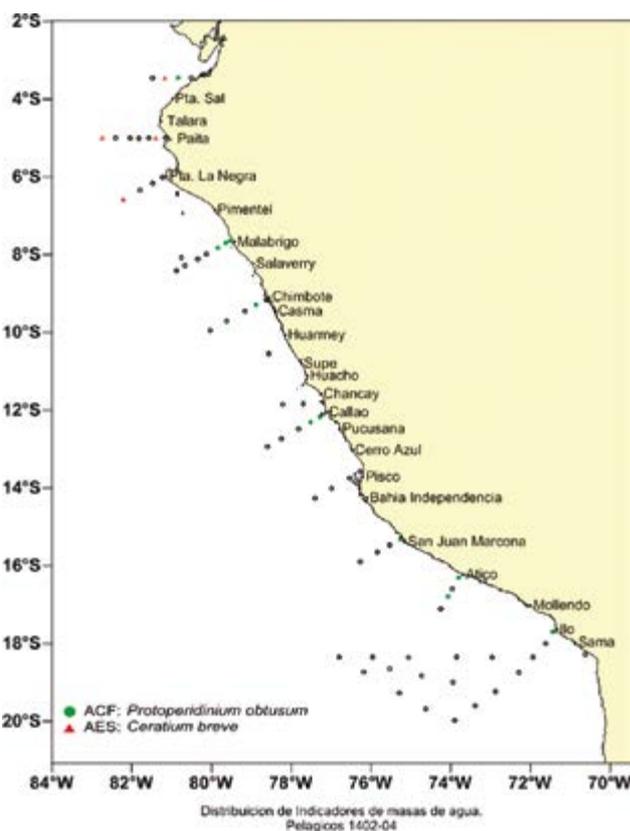


Figura 8.- Distribución de indicadores biológicos de masas de agua. Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos BIC Olaya 1402-04

El dinoflagelado *Ceratium breve* Schröder indicador de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) fue menos frecuente, sin embargo se registró frente a Punta La Negra por fuera de las 60 mn y cercano a la zona costera en Paita y al norte de Punta Sal (Fig. 8).

#### 4. DISCUSIÓN

En el mar peruano, durante la evaluación de recursos pelágicos se obtuvo información del volumen de plancton, lo que permitió apreciar la oferta alimentaria para especies planctófagas. Según ROJAS DE MENDIOLA *et al.* (1985), volúmenes de plancton mayor a 3,0 mL.m<sup>-3</sup> se registran dentro de las 60 mn en períodos normales. SÁNCHEZ (2000) determinó que el máximo pico se presenta en primavera y eventualmente en otoño.

La variación interanual del volumen de plancton durante el verano en los últimos doce años presentó valores bajos; en el período 2002-2008 éstos fueron menores a 0,5 mL.m<sup>-3</sup> (VILLANUEVA y SÁNCHEZ 2006, SÁNCHEZ y VILLANUEVA 2005<sup>2</sup>, DELGADO y

CHANG 2009); en el período 2009-2013 se registró un ligero incremento con el máximo de 0,766 mL.m<sup>-3</sup> y mínimo de 0,541 mL.m<sup>-3</sup> (DELGADO y CHANG 2015), dentro de este rango se registró el promedio para el 2014 (Fig. 9).

Se apreció que entre el 2002 y 2014 la abundancia relativa del fitoplancton no superó al 55%, destacando el 2010 cuando alcanzó el valor más alto (52%).

La variación latitudinal del volumen de plancton ha presentado cambios en su distribución; dentro de las 30 mn. A partir del verano 2002 se registraron valores mayores a 1,0 mL.m<sup>-3</sup> al sur de los 14°S, a excepción de los años 2005 y 2007.

En el verano 2005 las condiciones ambientales fluctuaron de normal a ligeramente frías en la mayor parte del litoral, pero con presencia de ASS próximas a la costa y menor proyección frente a Chicama y Chimbote, San Juan y Atico (IMARPE 2005<sup>3</sup>). En el verano 2007 se registró un calentamiento moderado en la región norte de Mórrope y sur de Ocoña con incursión de ASS a la costa (CHANG y SÁNCHEZ 2008<sup>4</sup>).

2 SÁNCHEZ S, VILLANUEVA P. 2005. Características de los productores primarios frente a la costa peruana durante el verano 2005. Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos. Inf. Int. Área de Fitoplancton

3 IMARPE 2005. Informe ejecutivo del crucero regional oceanográfico 0509-10.

4 CHANG F, SÁNCHEZ S. 2008. Características del microfitoplancton durante el verano 2007. Informe Interno del Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria.

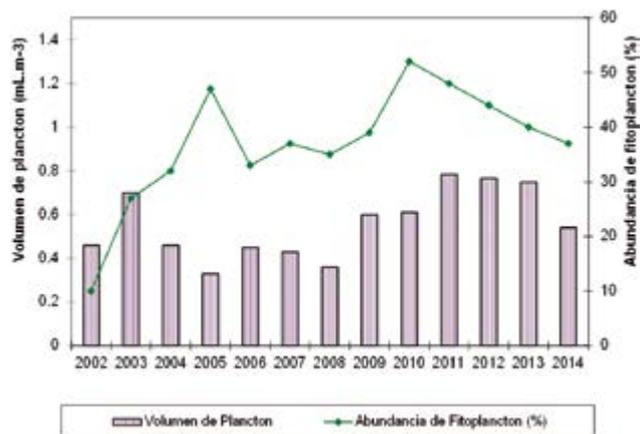


Figura 9.- Variación interanual del volumen de plancton y abundancia porcentual del fitoplancton entre 2002-2014

Solo en los veranos 2003 y 2007 las concentraciones medias del plancton en el norte excedieron los 3,0 mL.m<sup>-3</sup> entre 04 y 06°S. En los veranos del 2005, 2006, 2008, 2009 y 2010 se obtuvieron volúmenes mayores a 1,0 mL.m<sup>-3</sup> en esta zona (SÁNCHEZ y VILLANUEVA 2005<sup>2</sup>, DELGADO y CHANG 2009, 2015; DELGADO *et al.* 2015, SÁNCHEZ y VILLANUEVA 2009<sup>5</sup>). Similar situación se produjo en el verano 2014.

En el verano 2002 entre 6°-7°S se observó recuperación del volumen (de 0,7 a 1,20 mL.m<sup>-3</sup>) entre las 30 y 60 mn (VILLANUEVA y SÁNCHEZ 2006), sin alcanzar valores mayores a 1,5 mL.m<sup>-3</sup> como en los veranos del 2003 al 2005 ante las condiciones influenciadas por procesos de mezcla de las ACF y AES (IMARPE 2008<sup>6</sup>) así como en el verano 2009 (SÁNCHEZ y VILLANUEVA 2009<sup>5</sup>), a diferencia del verano 2010 cuando se incrementó a 3,0 mL.m<sup>-3</sup> (08-09°S), lo que difiere con el 2014 cuando los valores fueron menores a 1,0 mL.m<sup>-3</sup>, debido al desplazamiento de ASS hacia la franja costera del litoral peruano, caracterizadas por sus altas temperaturas y bajas concentraciones de nutrientes.

Sobre la composición de la comunidad de fitoplancton, ROJAS DE MENDIOLA (1966) determinó que *Chaetoceros* spp. y *Coscinodiscus* spp., son componentes principales en la dieta de peces fitófagos, además de otras diatomeas como *Skeletonema costatum*, *Lithodesmium undulatum* y *Detonula pumila*.

En el verano 2014 también se registraron estas especies en estaciones con predominio de fitoplancton

pero estuvieron restringidas a la franja costera como consecuencia de la fuerte influencia de ASS a lo largo del litoral (IMARPE 2014<sup>7</sup>). Situación que coincidió con la distribución de peces pelágicos, por lo que se podría asumir que el fitoplancton como alimento habría estado ofreciendo buena disponibilidad tanto en calidad como en cantidad para especies planctófagas.

A través del análisis de similitud con los conglomerados formados, fue posible distinguir diferencias marcadas entre dos agrupaciones, por un lado un grupo con especies de afloramiento costero y el otro grupo conformado por especies termófilas, ambos grupos con las mayores abundancias relativas, siendo los dinoflagelados termófilos los que sobresalieron por riqueza de especies, lo que estaría indicando que las asociaciones entre estaciones reflejaron el comportamiento de esta comunidad.

En relación a los indicadores biológicos, durante el período 2002-2007 se apreció cambios en la distribución relacionados con las anomalías térmicas por el ingreso de AES hacia la zona costera, excepto en el 2004, cuando no se registró al indicador de AES debido a la fuerte proyección de ASS (30 mn) con anomalías positivas de hasta +2,0 °C (DELGADO *et al.* 2015) y el 2005 presentó condiciones más frías que lo normal originando anomalías negativas de -2,0 °C (IMARPE 2005<sup>3</sup>).

Tanto para el verano 2009 (SÁNCHEZ y VILLANUEVA 2009<sup>5</sup>) como el 2010 (DELGADO y CHANG 2015), las AES presentaron distribución normal, es decir al norte de Punta La Negra y por fuera de las 30 mn, a diferencia del 2008 (DELGADO *et al.* 2015) cuando estuvieron distribuidas entre Puerto Pizarro y Huarmey coincidiendo con las condiciones cálidas asociadas a anomalías de +1,44°C (IMARPE 2008<sup>6</sup>).

Al comparar las condiciones oceanográficas del verano 2014 con el verano 2012 (IMARPE 2012<sup>3</sup>), se ha determinado que ambos períodos fueron casi similares, es decir los mayores valores térmicos se asociaron a la proyección de las AES en la zona norte y las ASS en la zona centro y sur, en tanto los menores valores se asociaron a procesos de surgencia, coincidiendo con la distribución de los indicadores, pero con menor diferencia a lo registrado durante el verano de 2011 cuando las condiciones fueron ligeramente frías.

5 SÁNCHEZ S, VILLANUEVA P. 2009. Verano 2009: El microfitoplancton del verano 2009, características y asociaciones inter-específicas. Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos. Inf. Int. Área de Fitoplancton y Producción Primaria.

6 IMARPE 2008. Informe ejecutivo del crucero de evaluación de recursos pelágicos 0802-04.

7 IMARPE 2014. Informe ejecutivo del crucero de evaluación de recursos pelágicos 1402-04

## 5. CONCLUSIONES

Los volúmenes de plancton registraron el promedio de 0,54 mL.m<sup>-3</sup>.

El fitoplancton de red estuvo conformado por especies de afloramiento con abundancias relativas de ABUNDANTE (*Detonula pumila*, *Chaetoceros* spp., *Coscinodiscus perforatus*, *Lithodesmium undulatum*, *Odontella aurita* y *Actinocyclus* sp.). También por diatomeas oceánicas como *Proboscia alata* f. *alata*, *P. alata* f. *gracillima*, *Planktoniella sol* *Chaetoceros coarctatus* y *Thalassiosira partheneia*. Los dinoflagelados termófilos se distribuyeron ampliamente en todo el litoral.

Las condiciones ambientales fueron típicas de la temporada, sin embargo hubo fuerte desplazamiento de ASS que condicionaron el repliegue a la zona costera del indicador *Protoperidinium obtusum* (30 mn).

La floración algal inocua observada entre Huarmey y Huacho fue producida por el ciliado fotosintetizador *Mesodinium rubrum* cuya densidad fue de 73x10<sup>6</sup> cel.L<sup>-1</sup>.

### Agradecimientos

La autora desea expresar su agradecimiento al personal del Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria por el apoyo brindado en el análisis de muestras, a la Blga. Carmen Gonzáles por la elaboración de los gráficos en Surfer y al Ing. Enrique Tello por la contribución de los gráficos de los parámetros físicos.

## 6. REFERENCIAS

- CUPP E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps Inst. Oceangr. 5: 1-237.
- DELGADO E, CHANG F. 2009. La comunidad microalgal durante el verano 2006. Evaluación hidroacústica de la distribución y biomasa de recursos pelágicos frente a la costa peruana. Años 2005, 2006, 2007. Inf. Inst. Mar Perú. 36(3-4): 131-136.
- DELGADO E, CHANG F. 2015. Fitoplancton del mar peruano, verano 2010. Inf. Inst. Mar Perú. 42(3): 389-397.
- DELGADO E, CHANG F, BERNALES A. 2015. El fitoplancton del mar peruano en el verano 2008. Inf. Inst. Mar Perú. 42(2): 172-177.
- DELGADO E, CHANG F, VILLANUEVA P. 2015. Composición, abundancia y distribución del fitoplancton frente a la costa peruana en el verano 2004. Crucero 0402-03. Inf. Inst. Mar Perú. 42 (2): 158-165.
- HASLE G, SYVERTSEN E E. 1996. Marine diatoms. In: Tomas C. (Ed.). Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc. San Diego. 383 pp.
- 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.
- HUSTEDT F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. En: L. Rabenhorst (ed) Kryptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. 1 Teil. Akat. Verlagsges. Leipzig, Reprint Johnson Rep. Coop, New York 1971. 920 pp.
- IMARPE 2004. Anuario científico tecnológico. Anu. Cient. Tecnol. Vol. 4.
- IMARPE 2005. Anuario científico tecnológico. Anu. Cient. Tecnol. Vol. 5.
- ROJAS DE MENDIOLA B. 1966. Estimación de la producción fitoplanctónica en el área de Callao-Chimbote durante agosto de 1961. En memoria 1er Seminario Latino Americano sobre el océano pacifico Oriental Univ. Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú. 50-56 p.
- ROJAS DE MENDIOLA B, GÓMEZ O, OCHOA N. 1985. Efectos del fenómeno El Niño sobre el fitoplancton. En: ARNTZ, W., A. LANDA Y J. TARAZONA (Eds.). El Niño, su impacto en la fauna marina. Bol. Inst. Mar Perú. Vol. Ext.: 33-40.
- SÁNCHEZ S. 2000. Variación estacional e interanual de la biomasa fitoplanctónica y concentraciones de clorofila-a frente a la costa peruana durante 1972-2000. Bol. Inst. Mar Perú. 19(1-2): 29-43.
- SCHILLER J. 1971. Dinoflagellatae (Peridinea) in monographischer Behandlung. 1 Teil. En: L. Rabenhorst (ed) Kryptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz., Vol. X Flagellatae, Section III3, Part. I. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, London. 617 pp.
- SOURNIA A. 1967. Le genre *Ceratium* (Peridinién Planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une révision mondiale. Vie et Milieu. 18 (2A-A): 375-580.
- STEIDINGER K, TANGEN K. 1996. Dinoflagellates. In: Tomas C. (Ed.). Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc. San Diego. 387-570.
- SUNDSTRÖM B. 1986. The marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Lund, Sweden. 196 pp.
- THRÖNDSSEN J. 1978. Preservation and storage. En: A. Sournia (Ed.) Phytoplankton manual. UNESCO, Paris. 69-74.
- THRÖNDSSEN J. 1993. The Planktonic Marine Flagellates. In Tomas C. (Ed.). Marine Phytoplankton a guide to naked flagellates and coccolithophorids, Cap. 2. Academic Press, Inc. San Diego. 145 pp.
- VILLANUEVA P, SÁNCHEZ S. 2006. La comunidad fitoplanctónica en el mar peruano durante el verano 2002. Inf. Inst. Mar Perú. 33 (3): 117-122.

# EL FITOPLANCTON EN INVIERNO 2014. CRUCERO DE ESTIMACION DE BIOMASA DESOVANTE DE ANCHOVETA PERUANA

## THE PHYTOPLANKTON IN WINTER 2014. SURVEY CRUISE ESTIMATING SPAWNING BIOMASS FOR ANCHOVETA

Avy Bernales<sup>1</sup> Flor Chang<sup>1</sup>

### RESUMEN

BERNALES A, CHANG F. 2018. El fitoplancton en invierno 2014. Crucero de estimación de biomasa desovante de anchoveta peruana. *Bol Inst Mar Perú*. 33(1): 73-78.- Durante el invierno del 2014, los volúmenes de plancton superficial oscilaron entre 0,038 y 13,929 mL.m<sup>-3</sup>, con promedio general de 1,76 mL/m<sup>3</sup>. El fitoplancton fue predominante en el 32% de las estaciones, distribuyéndose principalmente en la franja costera entre Punta La Negra y Pisco, con mayor amplitud frente a Chicama, Callao y Pisco; mientras que el microzooplancton predominó en el 60% de las estaciones. Se determinó el indicador de Aguas Costeras Frías (ACF), *Protopeiridium obtusum*, a 2 mn frente a Chilca, coincidiendo con núcleos mayores a 3 y 4 mL.m<sup>-3</sup> donde el fitoplancton fue predominante; el indicador de ASS *Ceratium praelongum* fue determinado a 25 mn, entre Huarmey y Huacho.

PALABRAS CLAVE: fitoplancton, biomasa planctónica, indicadores biológicos, invierno 2014

### ABSTRACT

BERNALES A, CHANG F. 2018. The phytoplankton in winter 2014. Survey cruise estimating spawning biomass for anchoveta. *Bol Inst Mar Peru*. 33(1): 73-78.- During winter 2014, plankton volumes on surface ranged from 0.038 to 13.929 mL.m<sup>-3</sup>, with a mean of 1.76 mL/m<sup>3</sup>. The phytoplankton was the main component in 32% of the stations, being mainly in the coastal area between Punta La Negra and Pisco, with greater amplitude off Chicama, Callao and Pisco. The Cold Coastal Waters indicator (CCW), *Protopeiridium obtusum*, was localized at 2 nm off Chilca, coinciding with concentrations greater than 3 and 4 mL.m<sup>-3</sup>, where the phytoplankton was predominant. *Ceratium praelongum*, the Subtropical Surface Waters indicator (SSW), was registered between Huarmey and Huacho at 25 nm.

KEYWORDS: phytoplankton, planktonic biomass, biological indicators, winter 2014

## 1. INTRODUCCIÓN

La anchoveta es una especie epipelágica multidesovadora, cuyo máximo pico de desove se presenta en invierno (SANTANDER y FLORES 1983). Por ello, es en este período en el que se realizan los cruceros de biomasa desovante en los cuales se aplica el Método de Producción de Huevos (MPH) con el objetivo de estimar el nivel de biomasa y recomendar las cuotas de captura más convenientes para su manejo y uso sostenible.

Entre abril y julio del 2014 se registraron condiciones anómalas caracterizadas por intromisión de aguas. Por el norte fueron Aguas Tropicales Superficiales (ATS), por el oeste Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y por el sur Aguas Subtropicales Superficiales (ASS); además, las ASS presentaron un fuerte ingreso a la altura de Huarmey (10°S) todo lo cual redujo el hábitat de la anchoveta, a lo que se sumó el arribo de ondas Kelvin, desde febrero, habiendo desplazado la biomasa de anchoveta desde la región central hacia el sur (IMARPE 2014a<sup>2</sup>).

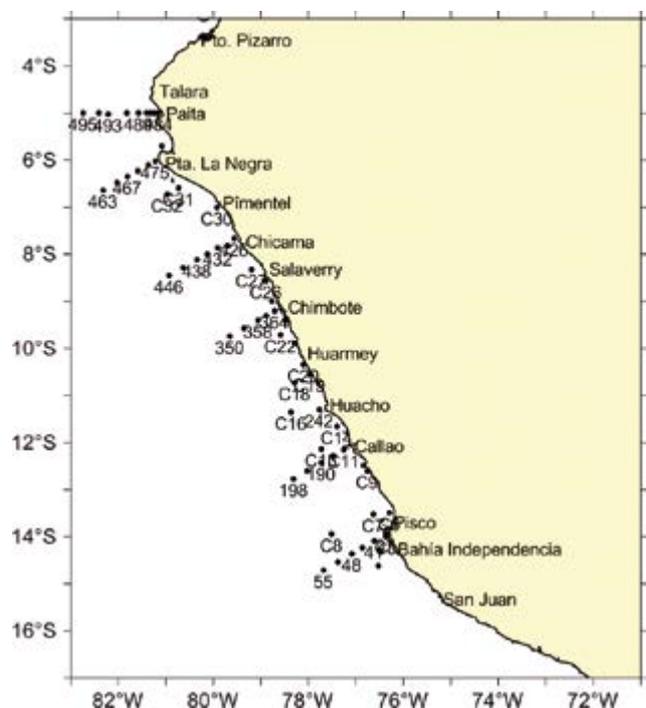


Figura 1.- Estaciones de muestreo. Cr. Biomasa Desovante de Anchoveta 1408-09

1 IMARPE. Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria. [abernales@imarpe.gob.pe](mailto:abernales@imarpe.gob.pe), [fchang@imarpe.gob.pe](mailto:fchang@imarpe.gob.pe)

2 IMARPE. 2014 a. Situación del Stock Norte - Centro de la anchoveta peruana a octubre del 2014. *Inf Inst Mar Perú*. 28 pp.

Personal del Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria participó en el Crucero de Biomasa Desovante para determinar los cambios de distribución, composición, abundancia relativa del fitoplancton así como la presencia de organismos indicadores de masas de agua en el invierno del 2014.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Del 26 de agosto al 30 de setiembre 2014, se efectuó el Crucero de Estimación de Biomasa Desovante de Anchoqueta, en el área comprendida entre Paita y Pisco a bordo del BIC Humboldt, con una cobertura aproximada de 100 mn (Fig. 1).

Se realizaron arrastres superficiales con red estándar de fitoplancton (75 micras) a velocidades de 2, 2,5 y 3 nudos, colectándose 64 muestras, que se fijaron con 10 mL de formalina neutralizada al 20% (THRONDSEN 1978) para la determinación semicuantitativa de la comunidad del microfitoplancton y de indicadores biológicos de masas de agua.

Además, mediante lances de botellas Niskin, se colectaron 66 muestras de agua de fitoplancton correspondientes a los perfiles hidrográficos de Paita, Punta Falsa, Chicama, Chimbote, Callao y Pisco, en columna de agua (Callao y Pisco) y a 10 m en los demás perfiles para posterior análisis cuantitativo por el método de Utermöhl en laboratorio. La preservación se realizó con 2 mL de formalina neutralizada al 20%.

En laboratorio, se procedió a la determinación de los volúmenes de plancton por el método de centrifugación por 5 minutos y a 3 nudos de velocidad. Se utilizó la fórmula:

$$V = V_c / K$$

Donde:

V: volumen de plancton

V<sub>c</sub>: volumen de plancton centrifugado

K: 6,6273 m<sup>3</sup>, constante que indica el agua filtrada por la red y para la determinación de volúmenes se siguió a UNESCO (1981).

Para evaluar la distribución de los volúmenes de plancton respecto a las áreas del stock de la anchoqueta se realizaron boxplots.

Se realizó un análisis semi-cuantitativo de muestras, otorgando a los organismos más representativos del microplancton (fito y zooplancton) valores convencionales de acuerdo a su abundancia siguiendo la metodología descrita por IMARPE.

En la determinación taxonómica de los componentes del fitoplancton se emplearon los trabajos de HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), LICEA *et al.* (1966 a, b), SOURNIA (1967), SCHILLER (1971), SUNDSTRÖM (1986), BALECH (1988), THRONDSEN (1993), HASLE y SYVERTSEN (1996) y STEIDINGER y TANGEN (1996).

## 3. RESULTADOS

### DISTRIBUCIÓN DE LOS VOLÚMENES DE PLANCTON Y COMPOSICIÓN DEL FITOPLANCTON EN SUPERFICIE

El promedio de la biomasa planctónica fue de 1,76 mL/m<sup>3</sup>, la predominancia del microzooplancton se registró en la mayoría de las estaciones. Entre Bahía Independencia y Paita se determinaron volúmenes de plancton que variaron entre 0,038 y 13,929 mL.m<sup>3</sup>, este último entre Punta La Negra y Pimentel a 35 mn; así como núcleos importantes de 7 y 9 mL.m<sup>3</sup> frente a Chancay (Fig. 2) que se caracterizaron por predominancia del fitoplancton, con abundancia de diatomeas neríticas de fases iniciales e intermedias de sucesión como *Chaetoceros debilis* Cleve; *Ch. lorenzianus* Grunow; *Eucampia zodiacus* Ehrenberg y *Lithodesmiun undulatum* Ehrenberg, asociados con los dinoflagelados cosmopolitas *Ceratium furca* = *Tripus furca* Gómez; *C. buceros* Zacharias; *C. dens* Ostenfeld y Schmidt; *Protoperidinium conicum* Balech; *P. depressum* Balech y *P. pentagonum* Balech.

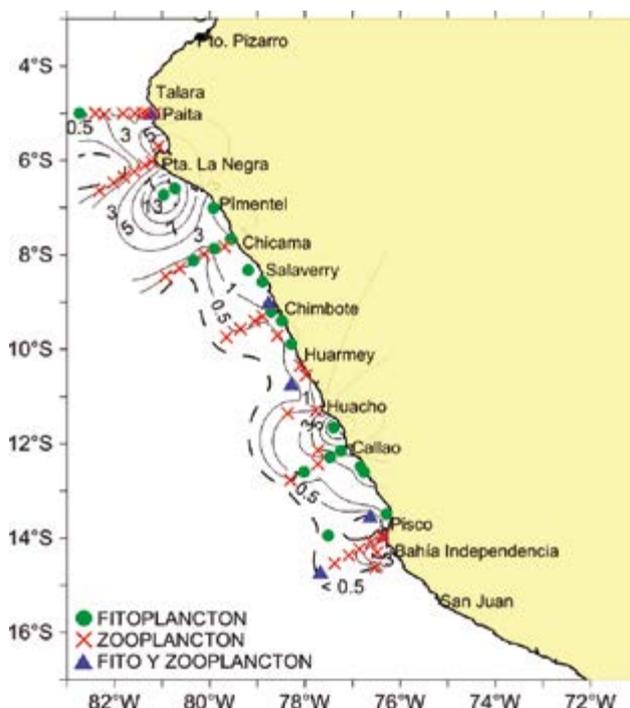


Figura 2.- Distribución de volúmenes de plancton en superficie (mL.m<sup>3</sup>). Cr. Biomasa Desovante de Anchoqueta 1408-09

Frente a Paita, se detectó predominancia del microzooplancton hasta las 80 mn, asociado a presencia de diatomeas y dinoflagelados de aguas cálidas, además de presentarse un florecimiento de la diatomea *Detonula pumila* Gran, localizada a 100 mn de la costa, coincidiendo con los valores altos de oxígeno ( $5 \text{ mL.L}^{-1}$ ).

En Punta Falsa se registró mayor diversidad de diatomeas (*Rhizosolenia temperei* Peragallo) y dinoflagelados de aguas cálidas con algunas especies de afloramiento, entre los dinoflagelados *Pyrocystis fusiformis* Thomson; *P. noctiluca* Murray; *Ceratium gibberum* Gouret; *Dinophysis cuneus* Abé; *Protoperidinium grande* Balech, comunidad relacionada a mezcla de masas de agua (ACF y ASS).

En el perfil Chicama, a 30 y 45 mn destacaron por abundancia *Ch. compressus* Lauder, *Ch. lorenzianus*, *Ch. affinis* Lauder, también se encontraron especies oceánicas como *Lioloma delicatulum* Hasle y *Planktoniella sol* Schütt. A 14 mn se registraron algunas diatomeas oceánicas y centrales.

Replegados a la costa, entre Salaverry y Chimbote se presentaron núcleos dominados por asociaciones de diatomeas neríticas (*Ch. lorenzianus*, *Thalassionema nitzschioides* Mereschowsky; *Coscinodiscus perforatus* Cleve y Moller) y oceánicas (*Thalassiosira partheneia* Schrader; *Achnanthes longipes* Agardh; *Lioloma delicatulum* Hasle; *Planktoniella sol*), además de algunos dinoflagelados cosmopolitas y especies de aguas cálidas como *Protoperidinium grande* Balech.

Frente a Chimbote (6 mn) la comunidad fitoplanctónica estuvo caracterizada por diatomeas de afloramiento como *Chaetoceros lorenzianus*, *Ch. compressus*, *Ch. affinis*, *Detonula pumila*, asociadas desde las 18 mn con diatomeas oceánicas como *Thalassiosira partheneia*, *Proboscia alata* v. *indica* Lincea y Santoyo; *Lioloma delicatulum* y con dinoflagelados de aguas cálidas como *Ceratium lunula* Schimper; *C. trichoceros* Kofoid; y *C. gibberum* v. *dispar* Sournia.

La comunidad fitoplanctónica en Pisco estuvo caracterizada principalmente por mayor número de especies de dinoflagelados de aguas cálidas como *Ceratium hexacanthum* Gouret; *C. gravidum* Gouret; *C. lunula* Schimper; *C. vultur* (Cleve); *C. paradoxides* Cleve; *Amphisolenia bidentata* Schröder; *Goniodoma polyedricum* Jørgensen; *Ceratocorys horrida* Stein, diatomeas oceánicas como *Planktoniella sol* y diatomeas ticoplanctónicas como *Thalassionema nitzschioides* desde las 18 mn relacionados a Aguas subtropicales superficiales.

Frente a Tambo de Mora se registró el volumen de  $1,05 \text{ mL.m}^{-3}$ , dado por un bloom fitoplanctónico de las

diatomeas *Ditylum brightwellii* Grunow y *Chaetoceros debilis* Cleve, asociado a valores altos de pH y oxígeno.

En bahía Independencia, a 14 mn, se determinó un núcleo mayor a  $3 \text{ mL.m}^{-3}$ , donde predominaron eufáusidos y ctenóforos.

Entre Supe y Huarney, predominaron diatomeas centrales de fases intermedias de sucesión como *Coscinodiscus perforatus* Cleve y Möller.

El fitoplancton fue predominante en el 32% de las estaciones, distribuyéndose en la franja costera entre Punta La Negra y Pisco, con mayor amplitud frente a Chicama, Callao y Pisco (Fig. 2); el microzooplancton predominó en el 60% de las estaciones, localizándose en casi todos los perfiles hasta fuera de las 60 mn. El porcentaje restante lo compartió la codominancia del microfítoplancton con el microzooplancton que se dio frente a Chimbote, entre Huarney y Huacho y a 80 mn de Pisco (Fig. 2).

#### DISTRIBUCIÓN LATITUDINAL DE LOS VOLÚMENES PROMEDIO DE PLANCTON

El volumen promedio en superficie dentro de las 30 mn, fue mayor a  $1 \text{ mL.m}^{-3}$ . El mayor volumen promedio ( $6,61 \text{ mL.m}^{-3}$ ) se encontró entre 11 y 12°S. Volúmenes mayores a  $3 \text{ mL.m}^{-3}$  se registraron entre 5 - 7°S y 12 - 13°S.

Entre las 30 y 60 mn se registraron volúmenes promedio de plancton menores a  $1 \text{ mL.m}^{-3}$ , con excepción de dos picos máximos de 4,84 y 2,63  $\text{mL/m}^3$ , situados entre 6 - 7°S y entre 12 - 13°S, respectivamente (Fig. 3).

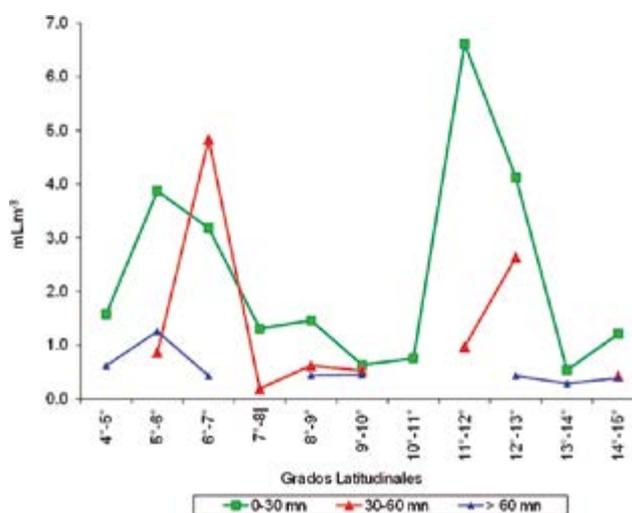


Figura 3.- Distribución latitudinal de volúmenes de plancton ( $\text{mL/m}^3$ ). Cr. Biomasa Desovante de Anchoqueta 1408-09

Por fuera de las 60 mn, las concentraciones medias de plancton fueron bajas en casi todo el litoral con valores menores a 0,5 mL.m<sup>-3</sup>, a excepción de la zona norte entre 4 y 6°S. Cabe destacar que los picos máximos correspondieron a predominancia de fitoplancton, excepto el registrado entre 5 y 6°S donde predominó el microzooplancton dentro de las 30 mn.

Se evaluó zonalmente el volumen promedio de plancton de acuerdo a las áreas de distribución del stock de la anchoveta: Área Norte y Área Centro Sur.

ÁREA NORTE

Dentro de las 30 mn los volúmenes de plancton mostraron distribución simétrica, el valor mínimo fue de 0,1 y máximo de 2,43 mL.m<sup>-3</sup>. El 50% de los datos correspondiente al segundo cuartil (mediana) alcanzó el valor de 0,86 mL.m<sup>-3</sup>, similares a lo reportado por fuera de las 30 mn, aunque los volúmenes mostraron distribución asimétrica positiva. Por otro lado, el 75% (Q3) de los volúmenes, entre las 0 mn y por fuera de las 60 mn tienen valores menores a 1,36 mL.m<sup>-3</sup> (Fig. 4).

ÁREA CENTRO SUR

Dentro de las 30 mn los volúmenes de plancton presentaron distribución asimétrica positiva, con valor mínimo de 0,03 y máximo de 5,76 mL.m<sup>-3</sup>. En cambio desde las 30 mn hasta por fuera de las 60 mn se observaron los volúmenes con distribución simétrica y muy homogénea, los valores fluctuaron entre 0,26 y 0,51 mL.m<sup>-3</sup>. El 50% de los datos correspondientes

al segundo cuartil (mediana) mostraron leves fluctuaciones comprendidas entre 0,98 y 0,43 mL.m<sup>-3</sup>. Asimismo, en el 75% (Q3) de los volúmenes, entre las 0 y por fuera de las 60 mn, se registraron valores menores a 3,05 mL.m<sup>-3</sup> (Fig. 4).

DISTRIBUCIÓN DE ORGANISMOS INDICADORES DE MASAS DE AGUA (FIG. 5)

Se determinó el indicador de Aguas Costeras Frías (ACF) *Protoperidinium obtusum* Parke y Dodge, a 2 mn frente a Chilca, coincidiendo con núcleos mayores a 3 y 4 mL.m<sup>-3</sup> donde el fitoplancton fue predominante. Asimismo, fue registrado dentro de las 5 mn, entre Supe y Huarmey.

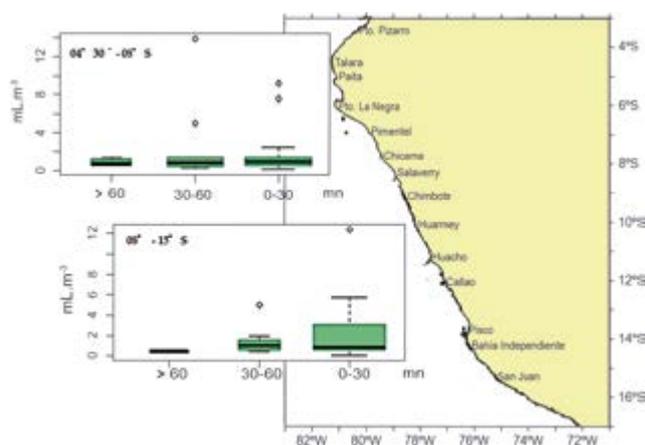


Figura 4.- Boxplot de distribución de volúmenes de plancton. Cr. Biomasa Desovante de anchoveta 1408-09

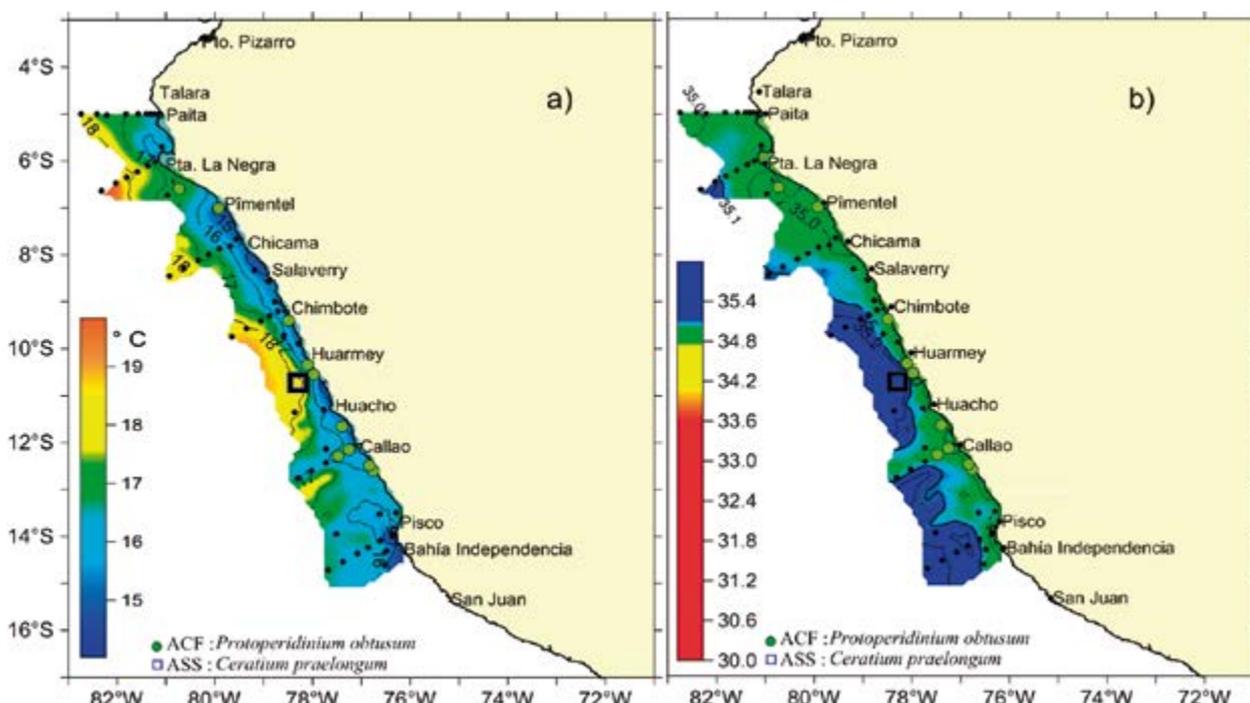


Figura 5.- Indicadores biológicos de masas de agua: a) en función a TSM y b) en función a SSM. Cr. Biomasa Desovante de Anchoveta 1408-09

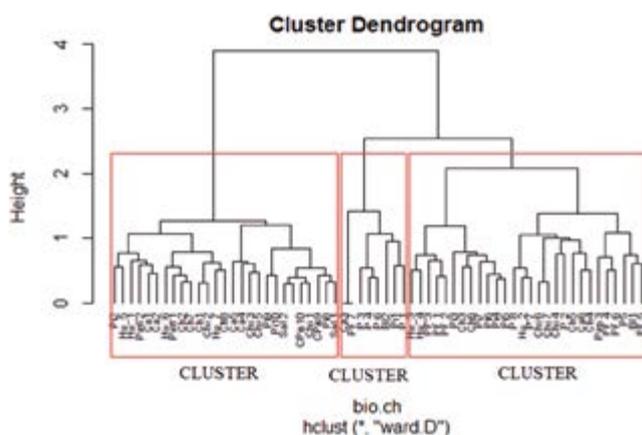


Figura 6.- Dendrograma del análisis de clasificación entre especies de fitoplancton basado en lugares. Cr. Biomasa Desovante de Anchofeta 1408-09

Mientras que el indicador de ASS, *Ceratium praelongum* Kofoid, fue determinado a 25 mn, entre Huarmey y Huacho, asociado con diatomeas (*Lioloma delicatulum* Hasle y *Thalassiothrix longissima* Cleve y Grunow) y dinoflagelados (*Ceratium gibberum* Gourret y *C. falcatum* Jörgensen) especies de aguas cálidas. No se determinaron indicadores de masas de agua en los perfiles Paita y Punta Falsa.

#### ANÁLISIS DE SIMILARIDAD DE JACCARD

El análisis de similaridad según Jaccard resultó en un dendrograma con 3 clusters (Fig. 6):

**Cluster 1.-** Conformado por diatomeas de fases intermedias, de abundancia destacable, como *Eucampia zoodiacus*.

**Cluster 2.-** Conformado por estaciones ubicadas en su mayoría frente a Paita y al centro sur del litoral, caracterizadas por la predominancia del microzooplancton asociada a algunas diatomeas como *Achnanthes longipes*; *Lithodesmium undulatum* Ehrenberg; *Coscinodiscus perforatus*; *Planktoniella sol*; *Licmophora abbreviata* Agardh y escasa representatividad de dinoflagelados.

**Cluster 3.-** Agrupó estaciones con predominancia de fitoplancton, destacando en abundancia diatomeas centrales propias de afloramiento como *C. perforatus*, *Actinocyclus* sp., *Chaetoceros compressus* Lauder; *Ch. affinis*; *Ch. lorenzianus*; *Ch. constrictus* Gran; *Detonula pumila*; *Thalassiosira* cf. *partheneia*, y pennates como *Thalassionema nitzschioides*; con dinoflagelados

cosmopolitas como *Ceratium furca*, *C. buceros*, *C. tripos* Nitzsch; *Protoperdinium conicum* y algunos dinoflagelados de aguas cálidas como *P. grande*, *C. symmetricum* Pavillard; *C. gravidum*, *C. arietinum* Cleve.

#### 4. DISCUSIÓN

Las condiciones oceanográficas del mar peruano fueron alteradas por la intromisión de aguas cálidas y el arribo de ondas Kelvin (IMARPE 2014b<sup>3</sup>) lo que favoreció la predominancia del microzooplancton sobre el microfítoplancton, aunque con algunos núcleos importantes de 7 y 9 mL.m<sup>-3</sup> frente a Chancay con predominancia de fitoplancton. Dicha situación fue diferente a la presentada en el invierno 1998, cuando las máximas concentraciones estuvieron dominadas por la componente del microzooplancton (VILLANUEVA *et al.* 1998).

En relación a los núcleos de biomasa planctónica, las mayores concentraciones a nivel superficial, se registraron dentro de las 30 mn, entre 11 y 12°S (6,61 mL.m<sup>-3</sup>) y entre 30 y 60 mn frente a los 6 - 7°S (4,84 mL/m<sup>-3</sup>), a diferencia de lo encontrado en el invierno 1996 y 2007 (GIRÓN *et al.* 1996) cuando las mayores concentraciones se situaron al norte de los 7°S (10,0 mL/m<sup>-3</sup>) y la intensificación y persistencia de vientos alisios favorecieron la surgencia de aguas frías resultando en el mayor desarrollo de fitoplancton. Los dos inviernos de los años 1996 y 2007 fueron identificados como eventos La Niña.

Respecto a la distribución de los indicadores biológicos del plancton en el invierno 2014 *Protoperdinium obtusum*, indicador de las aguas costeras frías (ACF) fue registrado principalmente en la franja costera, situación que fue diferente a lo encontrado en los inviernos de los años 2006 y 2000 (SÁNCHEZ 2000<sup>4</sup>) cuando fue detectado hasta las 60 y 90 mn, respectivamente, probablemente como consecuencia del Evento La Niña (ENFEN<sup>5</sup> 2007) así como en el invierno 2005 (DELGADO y CHANG 2008)

*Ceratium praelongum*, indicador de las aguas subtropicales superficiales (ASS), durante los años 2002, 2003, 2004 fue localizado al norte de los 6°S principalmente (CHANG y DELGADO 2008, SÁNCHEZ y JACOBO 2008), área que se caracterizó por la intromisión de ASS, con fuertes proyecciones frente a Punta Falsa (15 mn de la costa). En el invierno 2014 se registró entre Huarmey y Huacho a 25 mn.

3 IMARPE. 2014b. Situación actual del stock norte – centro de la anchofeta peruana y perspectivas de explotación para el periodo abril – julio 2014. [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/inf\\_anch\\_tempo1\\_2014.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/inf_anch_tempo1_2014.pdf) / Situación actual del stock norte – centro de la anchofeta peruana y perspectivas de explotación para el periodo octubre 2014 – marzo 2015. [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/inf\\_anch\\_tempo1\\_2014.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/inf_anch_tempo1_2014.pdf)

4 SÁNCHEZ S. 2000. Características del Fitoplancton de invierno durante el Crucero de Evaluación de Biomasa Desovante de Anchofeta (25 agosto al 23 de setiembre 2000).

5 ENFEN. 2007. Informe Técnico Febrero 2007. [http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_enfen\\_inf\\_tec\\_enfen\\_feb07.pdf](http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_enfen_inf_tec_enfen_feb07.pdf)

## 5. CONCLUSIONES

La distribución de los indicadores de ACF (*P. obtusum*) y de ASS (*C. praelongum*) coincidió con las temperaturas y salinidades propias de dichas masas de agua.

La persistencia de aguas cálidas y mezcla de masas de agua durante el invierno 2014 mantuvo restringida la distribución de *P. obtusum* a la franja costera, así como determinó la predominancia del microzooplancton en la mayoría de las estaciones, asociado a una comunidad fitoplanctónica con mayor número de especies pertenecientes a ese tipo de agua.

## 6. REFERENCIAS

- BALECH E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Publ. Esp. Inst. Esp. Oceanogr., Madrid. 219 pp.
- CHANG F, DELGADO E. 2008. Phytoplankton in winter 2003. Inf Inst Mar Perú. 35 (2): 103-107.
- CUPP E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps it. Oceanogr. 5: 1-237.
- DELGADO E, CHANG F. 2008. Fitoplancton del mar peruano a fines del invierno 2005. Inf. Inst. Mar Perú. 35(2): 153-157.
- GIRÓN M, CHANG F, AYÓN P. 1996. Larvas de Ancholeta Peruana (*Engraulis ringens*) y su relación con el fitoplancton como alimento disponible. Inf. Especial. (123): 20-27.
- HASLE G, SYVERTSEN E E. 1996. Marine diatoms. In: Tomas C. (Ed.). Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc. San Diego. 383 pp.
- 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.
- HUSTEDT F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz mit Beucksichtigung der ubrigen Lander Europas sowie der angerzenden Meerresgebiete. En: L. Rabenhorst (Ed.) Kryptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. 1 Teil. Akat. Verlagsges. Leipzig, Reprint Johnson Rep. Goop, New York 1971. 920 pp.
- LICEA S, MORENO L, SANTOYO H. 1966a. Diatomeas del Golfo de California. Inst. Ciencias del Mar y Limnología, México. 258 pp.
- LICEA S, MORENO L, SANTOYO H. 1966b. Dinoflagelados del Golfo de California. Inst. Ciencias del Mar y Limnología, México. 258 pp.
- SÁNCHEZ S, JACOBO N. 2008. El fitoplancton durante el invierno 2004. Inf. Inst. Mar Perú. 35(2): 119-122.
- SANTANDER H, FLORES R. 1983. Los desoves y distribución larval de cuatro especies pelágicas y sus variaciones del ambiente marino frente al Perú. FAO. Fish. Rep/FAO Inf. Pesca (291). Vol 3: 835-67
- SCHILLER J. 1971. Dinoflagellatae (Peridinea) in monographischer Behandlung. 1 Teil. En: L. Rabenhorst (ed) Kriptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz., Vol. X Flagellatae, Section III3, Part. I. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, London. 617 pp.
- SOURNIA A. 1967. Le genre *Ceratium* (Péridinien Planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une révision mondiale. Vie et Milieu. 18 (2A-A): 375-580.
- STEIDINGER K, TANGEN K. 1996. Dinoflagellates. In: Tomas C. (Ed.). Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc. San Diego. 387-570.
- SUNDSTRÖM B. 1986. The marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Lund, Sweden. 196 pp.
- THRONDSSEN J. 1978. Preservation and storage. En: A. Sournia (Ed.) Phytoplankton manual. UNESCO, Paris. 69-74.
- THRONDSSEN J. 1993. The Planktonic Marine Flagellates. In Tomas C. (Ed.). Marine Phytoplankton a guide to naked flagellates and coccolithophorids, Cap. 2. Academic Press, Inc. San Diego. 7-145.
- UNESCO. 1981. Programa de plancton para el Pacífico Oriental. Informes de la UNESCO sobre ciencias del mar. Inst. Mar Perú, Callao. 11: 25-26.
- VILLANUEVA P, FERNÁNDEZ C, SÁNCHEZ S. 1998. Biomasa planctónica como alimento disponible durante el Crucero BIC Humboldt y BIC José Olaya Balandra 9808-09 de Paita a Los Palos (Tacna). Inf. Inst. Mar Perú. (141): 49-54.

# CRECIMIENTO Y TASAS FISIOLÓGICAS DE CHITA *Anisotremus scapularis* (Tschudi, 1846): BASES TÉCNICAS PARA CULTIVO

## GROWTH AND PHYSIOLOGICAL RATES OF PERUVIAN GRUNT *Anisotremus scapularis* (Tschudi, 1846): TECHNICAL BASES FOR CULTIVATION

Jhon Dionicio-Acedo<sup>1</sup>  
Fernando Galecio-Regalado<sup>2</sup>

Maryandrea Rosado-Salazar<sup>1</sup>  
Arturo Aguirre-Velarde<sup>1</sup>

### RESUMEN

DIONICIO-ACEDO J, ROSADO-SALAZAR M, GALECIO-REGALADO F, AGUIRRE-VELARDE A. 2018. Crecimiento y tasas fisiológicas de chita *Anisotremus scapularis* (Tschudi, 1846): Bases técnicas para cultivo. *Bol Inst Mar Perú*. 33(1): 79-89.- El presente estudio proporciona información sobre el crecimiento y tasas fisiológicas (consumo de oxígeno, consumo de alimento y excreción de amonio) así como del tamaño óptimo de partícula de alimento para *A. scapularis* (chita) en condiciones de laboratorio a diferentes temperaturas de aclimatación. Los resultados obtenidos muestran que tiene un crecimiento similar cuando son cultivados a 17 y 22 °C, alcanzando tallas mínimas de captura (24 cm) en 24 y 22 meses de cultivo, respectivamente. Además, las tasas fisiológicas de *A. scapularis* a 22 °C fueron significativamente mayores ( $p < 0,05$ ), respecto a 17 y 14 °C. Estos resultados indican que probablemente los procesos metabólicos de la especie se encuentren en un rendimiento sub-óptimo en individuos acondicionados a 22 °C. En el estadio incipiente de las investigaciones acuícolas en *A. scapularis*, estos resultados servirán como línea base para el dimensionamiento o adaptación de la infraestructura experimental o piloto así como para su manejo en sistemas de cultivo. En este sentido, una mayor inversión energética en procesos de mantenimiento podría comprometer la energía disponible para el crecimiento. Este estudio permite identificar retos productivos para lograr un paquete acuícola que genere el impulso de una actividad de cultivo productiva.

PALABRAS CLAVE: *Anisotremus scapularis*, ecofisiología, cultivos marinos, modelamiento, aclimatación

### ABSTRACT

DIONICIO-ACEDO J, ROSADO-SALAZAR M, GALECIO-REGALADO F, AGUIRRE-VELARDE A. 2018. Growth and physiological rates of Peruvian grunt *Anisotremus scapularis* (Tschudi, 1846): Technical bases for cultivation. *Bol Inst Mar Perú*. 33 (1): 79-89.- We worked with *Anisotremus scapularis* under laboratory conditions at different acclimatization temperatures (14, 17 and 22 °C). The results provide information on growth and physiological rates (oxygen and feed consumption, ammonia excretion) and optimal particle size of food. The species presented similar growth at 17 and 22 °C, reached the minimal catch size (24 cm) in 24 months at 17 °C and 22 months at 22 °C. Physiological rates at 22 °C were significantly higher ( $p < 0.05$ ) in comparison with 17 and 14 °C. These results indicate that probably the metabolic processes of the species are found with a sub-optimal performance in individuals conditioned at 22 °C. In that sense, greater energy investment in maintenance processes could compromise the energy available for growth. This study allow us to identify productive challenges in order to develop an aquaculture package that generates the impulse of the cultivation of this species.

KEYWORDS: *Anisotremus scapularis*, ecophysiology, marine cultures, modeling, acclimatization

## 1. INTRODUCCIÓN

La chita *Anisotremus scapularis* (Tschudi) es una especie bentopelágica marina (CHIRICHIGNO y CORNEJO 2001) que forma cardúmenes en zonas con hidrodinamismo moderado sobre formaciones rocosas, arrecifes y sustratos duros (FISHBASE 1999). Se distribuye sobre el borde oriental del océano Pacífico, desde Antofagasta en el norte de Chile hasta Manta en Ecuador incluyendo la costa peruana (CHIRICHIGNO y CORNEJO 2001). En los mercados locales, esta especie tiene buena aceptación debido a sus cualidades gastronómicas alcanzando un valor de comercialización relativamente elevado (mínimo S/. 20.00/Kg).

Los desembarques de *A. scapularis* presentan variabilidad inter-anual importante oscilando entre 87 y

274 TM en los últimos 10 años (PRODUCE 2015). Con el objetivo de asegurar una explotación sostenible del recurso la talla mínima de captura es de 24 cm (EL PERUANO 2016).

Actualmente, la acuicultura marina en el Perú está orientada principalmente a la producción de langostino *Penaeus vannamei* Boone y concha de abanico *Argopecten purpuratus* (Lamarck) (PRODUCE 2016). Con el fin de ampliar la frontera productiva acuícola, el Estado peruano viene promoviendo la investigación e innovación en tecnología para que nuevas especies se integren a la actividad acuícola nacional. En el Plan Nacional de Desarrollo Acuícola se ha considerado a *A. scapularis* como una especie con potencial para la acuicultura en el país (PRODUCE 2016).

1 Laboratorio de Ecofisiología Acuática, Instituto del Mar del Perú (Imarpe), Esquina Gamarra y General Valle S/N, Chucuito, Callao, Perú. jdionicio@imarpe.gob.pe, mrosado@imarpe.gob.pe, aaguirre@imarpe.gob.pe

2 Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Av. La Molina S/N, La Molina, Lima, Perú

En este horizonte, el Instituto del Mar del Perú-IMARPE viene realizando investigaciones sobre la biología productiva (IMARPE 2015). A partir del 2014 se han conseguido desoves de forma rutinaria en condiciones de laboratorio (IMARPE 2015<sup>3</sup>) habiéndose realizado la descripción del desarrollo embrionario (MONTES *et al.* 2015).

Sin embargo, el conocimiento necesario para generar un paquete tecnológico de cultivo se encuentra aún en desarrollo, es preciso conocer el efecto de la interacción de las variables ambientales (temperatura, oxígeno disuelto, pH, entre otros) sobre los procesos fisiológicos/metabólicos claves en el crecimiento y reproducción de la especie.

Una de las variables clave en la producción de peces es la temperatura, al influir sobre los organismos (BRETT y GROVES 1979, ÁRNASON *et al.* 2009) afectan sus procesos metabólicos (IBARZ *et al.* 2003). Dentro de un rango térmico de tolerancia los organismos poiquiloterms, como los peces, incrementan sus tasas fisiológicas con el aumento de la temperatura y viceversa (FRY 1971).

La estimación de las tasas fisiológicas es útil para elaborar planes de manejo (determinación de la ración y frecuencia alimenticia, manejo de la calidad de agua, programación de la producción, etc.). Además, la fisiología y el modelamiento matemático son herramientas que permiten el desarrollo de tecnologías acuícolas, permitiendo diseñar, dimensionar y optimizar la infraestructura.

En este trabajo se aporta al conocimiento de la fisiología de *A. scapularis* abordando el efecto de la temperatura sobre el crecimiento y las tasas fisiológicas (consumo de alimento y de oxígeno, así como excreción de amonio).

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### ACLIMATACIÓN

Quinientos juveniles de *A. scapularis* (talla <10 cm) provenientes de desoves en cautiverio (Laboratorio de cultivo de peces, IMARPE) fueron acondicionados en un tanque de fibra de vidrio de 340 L conectado a un sistema de recirculación, con densidad de 1,4 ind/L.

El sistema de recirculación estuvo constituido por una bomba electromagnética de agua de 3/4 HP, un filtro mecánico-biológico (Bubble bead filters) con

un volumen de material filtrante (biobolas) de 170 L, una bomba de calor de 3 HP para el control de la temperatura y un esterilizador UV de 80 watts. En el tanque, la aireación fue mantenida constante por medio de una piedra difusora.

En el sistema de recirculación los juveniles fueron aclimatados a 18 °C. El registro de parámetros (saturación de oxígeno disuelto y temperatura) fue realizado diariamente con un multiparámetro HI-9828 de la marca HANNA. La alimentación de los peces fue realizada con una dieta comercial para peces marinos de la marca ОТОИМЕ (proteína al 48% y 14,5% de lípidos, tamaño de partícula 2 mm), proporcionándose a saciedad en dos raciones al día (08:00 y 14:00 horas). El periodo de aclimatación tuvo una duración de 20 días, periodo en el cual la mortalidad de los peces se redujo a 0%.

### CRECIMIENTO

El crecimiento de juveniles fue evaluado en tres cultivos simultáneos correspondientes a tres temperaturas contrastadas (14, 17 y 22 °C) durante 296 días. Luego del acondicionamiento, 150 juveniles fueron seleccionados con talla inicial de  $9,80 \pm 0,23$  cm, los que fueron repartidos al azar en tres tanques de fibra de vidrio de 2 m<sup>3</sup> de capacidad cada uno, obteniéndose densidad inicial de 50 peces/tanque.

Con la finalidad de evitar estrés térmico en los peces, cada tanque estuvo conectado a un sistema de recirculación cuya temperatura inicial fue similar a la temperatura de aclimatación (18 °C). Posteriormente, la temperatura fue programada a 14, 17 y 22 °C (tratamientos). La tasa de variación de la temperatura fue de 1 °C/día.

Alimentos para peces marinos de la marca Otohime del tipo EP2, EP4 y EP6 (Tabla 1) fueron utilizados de acuerdo al crecimiento de los peces. La alimentación fue realizada a saciedad dos veces al día.

Tabla 1.- Composición proximal del alimento entregado a juveniles de *A. scapularis* y tamaño de partícula en función de la longitud de los peces

| Código | Forma    | Tamaño del alimento (mm) | Proteína cruda (%) | Lípido crudo (%) | Ceniza cruda (%) |
|--------|----------|--------------------------|--------------------|------------------|------------------|
| EP2    | Extruido | 2,3                      | 48                 | 14,5             | 14               |
| EP4    | Extruido | 4,1                      | 48                 | 14,5             | 15               |
| EP6    | Extruido | 6                        | 48                 | 14               | 15               |

3 IMARPE. 2015. Laboratorio de Cultivo de Peces (en línea).

Revisado en [http://www4.imarpe.gob.pe/imarpe/index.php?id\\_seccion=I0170050101000000000000](http://www4.imarpe.gob.pe/imarpe/index.php?id_seccion=I0170050101000000000000)

Los muestreos para el seguimiento de crecimiento fueron realizados cada  $30 \pm 1$  días. Todos los individuos de cada tanque fueron muestreados. Un ictiómetro ( $\pm 0,1$  cm) y una balanza de precisión ( $\pm 0,01$  g) fueron utilizados para el registro de la longitud total (cm) y peso (g). Previo a los muestreos, los peces fueron dejados en ayunas por espacio de 24 horas.

Mediante el método de residuos cuadrados no lineales (GAMITO 1998) se estimaron los parámetros de crecimiento (VON BERTALANFFY 1934) en cada tratamiento térmico según la fórmula:

$$L_t = L_{\infty}(1 - \exp^{-k(t-t_0)})$$

Dónde:

$L_t$ : Longitud esperada a la edad  $t$ ;  $L_{\infty}$ : longitud máxima promedio;  $k$ : Parámetro de curvatura y  $t_0$ : edad teórica a la cual el tamaño es cero.

Para el ajuste del modelo se fijó la longitud asintótica  $L_{\infty}$  a un valor referencial de 40 cm (FISHBASE 1999).

Además, se estimó la curva de crecimiento en peso, a partir de la relación talla-peso para un rango amplio de tallas de *A. scapularis*.

### RELACIÓN TALLA-PESO

Se evaluó la isometría del crecimiento en *A. scapularis* durante el experimento en cada temperatura (14, 17 y 22 °C) mediante una relación potencial de talla-peso:

$$P = aL^b$$

Donde  $P$  es el peso (g),  $L$  es la longitud total (cm),  $b$  es el exponente de la ecuación y  $a$  es la densidad del organismo ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ).

Se utilizaron mediciones de peso y talla complementarios al experimento para completar el rango de tallas observado en la especie.

### TAMAÑO ÓPTIMO DE PARTÍCULA DE ALIMENTO

La relación entre el tamaño de partícula del alimento artificial óptimo y la longitud total del pez se obtuvo utilizando 61 individuos de *A. scapularis* de diferentes tallas.

Dos medidas bucales fueron realizadas (dorso-ventral y latero-lateral) en cada individuo, utilizando un vernier de plástico (resolución  $\pm 0,1$ mm). Un modelo lineal del diámetro promedio bucal ( $D_B$ ) en función de la longitud del individuo ( $L$ ) fue efectuado según la ecuación:

$$D_B = aL + b$$

Luego, dos ecuaciones fueron obtenidas a partir de los parámetros  $a$  y  $b$  representando el 50 y 60% del diámetro promedio de boca:

$$D_{50\%} = 0,5 * (aL + b)$$

$$D_{60\%} = 0,6 * (aL + b)$$

El rango obtenido representa el diámetro óptimo de partícula para un pez en función de su longitud total (DABROWSKI y BARDEGA 1984).

### TASA DE CONSUMO DE ALIMENTO

La alimentación fue proporcionada diariamente, dos veces al día (8:00 y 14:00 horas) a saciedad aparente. La cantidad de alimento consumido fue calculado mediante la diferencia entre el peso del alimento contenido en un recipiente antes y después de alimentar a los peces en cada temperatura de experimentación (14, 17 y 22 °C). La tasa de consumo de alimento por individuo (TCA) de *A. scapularis* fue estimada de la siguiente manera:

$$TCA = \frac{AC}{N * t}$$

Dónde:

TCA: Tasa de consumo de alimento ( $\text{g}_{\text{alimento}} \cdot \text{ind}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ ), AC: Alimento consumido (g),  $N$ : número de individuos,  $t$ : el tiempo en días.

La estimación de la relación entre TCA y longitud de los peces fue modelada mediante una regresión no lineal siguiendo el modelo potencial:

$$TCA = aL^b$$

Donde:

$a$ : Tasa de consumo de alimento por unidad de superficie ( $\text{g}\cdot\text{día}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$ ),  $L$ : Longitud de los peces (cm),  $b$ : valor de la potencia

### TASA DE CONSUMO DE OXÍGENO ( $\text{VO}_2$ )

La estimación de consumo de oxígeno ( $\text{VO}_2$ ) del metabolismo de rutina se realizó durante el seguimiento de crecimiento en distintos periodos para su evaluación a distintas tallas. Las mediciones respirométricas se efectuaron en tres cámaras herméticas (10 L), dos fueron las réplicas (cada cámara con un individuo) y una cámara fue el control (cámara sin individuo). Las cámaras se colocaron dentro de un acuario acrílico de 160x60x35 cm (largo, ancho y alto) el cual contó con agua saturada de oxígeno

(100%) y regulación de la temperatura de acuerdo al tratamiento correspondiente (14, 17 y 22 °C).

Un sistema automatizado basado en el microcontrolador electrónico (Arduino) fue utilizado para realizar mediciones sucesivas del consumo de oxígeno. Este sistema permitió establecer dos fases: (1) la de incubación, donde el agua circuló en circuito cerrado dentro de la cámara respirométrica, registrándose constantemente el agotamiento del oxígeno disuelto dentro de la misma; (2) la fase de recambio, la cual consistió en el cambio de agua al interior de la cámara respirométrica con la finalidad de recuperar la saturación al 100% de oxígeno consumido en la fase de incubación. La programación del tiempo para la fase de incubación y el recambio variaron de acuerdo a la temperatura y tamaño de los individuos (entre 20 a 30 minutos para la incubación y entre 15 a 25 minutos para el recambio). Los peces fueron dejados en ayuno por 24 horas antes de cada medición para evitar el efecto del incremento de la tasa metabólica causada por la digestión y asimilación del alimento.

La concentración de oxígeno en las cámaras fue medida mediante un oxímetro óptico de cuatro canales de alta sensibilidad (OXY mini 4) programados para registrar datos de saturación cada minuto. Cada prueba tuvo duración de 24 horas, realizándose entre 25 y 35 mediciones (de acuerdo al tiempo programado para la incubación y el recambio). Para el análisis de datos se descartaron las primeras tres (3) horas de medición debido al estrés causado por la manipulación de los peces y la aclimatación en la cámara. Una vez terminada la prueba se determinó la longitud total (cm), el peso (g) y el volumen del individuo (L).

Una regresión lineal de las mediciones permitió determinar la pendiente ( $\Delta O_{sat} \Delta t^{-1}$ ) que fue utilizada para hallar la tasa de consumo de oxígeno por individuo ( $VO_2$ ;  $mgO_2 \text{ ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) (AGUIRRE-VELARDE *et al.* 2016).

$$VO_2 = \frac{TCO_{\text{peces}} - TCO_{\text{ct}}}{n}$$

Donde:

$TCO_{\text{peces}}$ : Tasa de consumo de oxígeno en la cámara respirométrica con individuos ( $mgO_2 \text{ h}^{-1}$ );  $TCO_{\text{ct}}$  tasa de consumo de oxígeno en la cámara respirométrica del grupo control y  $n$ : número de individuos.

La estimación de la relación entre la  $VO_2$  y la longitud de los peces fue modelada de acuerdo a la regresión no lineal (modelo potencial):

$$VO_2 = aL^b$$

Donde:

$a$ : Tasa de consumo de oxígeno por unidad de superficie ( $mgO_2 \cdot h^{-1} \cdot cm^{-2}$ ),  $L$ : Longitud de los peces (cm),  $b$ : valor de la potencia

### EXCRECIÓN DE AMONIO

Para este experimento se utilizó un nuevo grupo de individuos de la especie en estudio procedentes de cautiverio, cuyo rango de talla estuvo comprendido entre 7 y 30 cm. Los peces fueron aclimatados en dos grupos diferentes, a 16 y 22 °C en tanques de 250 L equipados con sistema de recirculación, aireación constante y fotoperiodo natural. La aclimatación a ambas temperaturas fue realizada durante 7 días. Las temperaturas de aclimatación fueron obtenidas mediante un descenso o incremento gradual de 1 °C.día<sup>-1</sup>. Durante este periodo, los peces fueron alimentados con la dieta comercial para peces marinos (Otohime) una vez al día. La alimentación fue suspendida 72 horas antes del experimento para evitar la excreción amoniaca debido al catabolismo de los nutrientes de la dieta.

Las mediciones de la tasa de excreción de amonio ( $NH_3 + NH_4^+$ ) fueron realizadas en dos tanques de fibra de vidrio con capacidad de 300 L, uno con peces y el otro control. Ambos tanques fueron llenados con 60 L de agua de mar, se les colocó aireación y un enfriador de agua para mantener la temperatura a 16 y 22 °C. Tres peces fueron medidos, pesados y colocados en el tanque correspondiente. Las pruebas tuvieron una duración de 24 horas (periodo de acumulación de amonio). La concentración de amonio en los tanques al inicio y final de la experimentación fue determinada por fluorimetría (KÉROUEL y AMINOT 1997) usando un equipo AquaFluor Turner Designs.

La excreción de amonio ( $EA_x$ ) se calculó de la siguiente manera:

$$EA_x = \frac{V * (C_f - C_i) - V_c * (C_{fc} - C_{ic})}{t * X}$$

Donde:

$C_f$ : concentración final de amonio en el tanque con peces ( $\mu\text{Mol}$ ),  $C_i$ : concentración inicial de amonio en el tanque con peces ( $\mu\text{Mol}$ ),  $C_{fc}$ : concentración final de amonio en el tanque control ( $\mu\text{Mol}$ ),  $C_{ic}$ : concentración inicial de amonio en el tanque control ( $\mu\text{Mol}$ ),  $V$ : volumen de agua del tanque con peces (L),  $V_c$ : volumen de agua del tanque control (L),  $t$ : tiempo (h),  $X$ = número de individuos: para el cálculo de la Excreción de Amonio Individual ( $EAI - \mu\text{Mol} \cdot \text{ind}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) y  $X$ = biomasa(g) : para el cálculo de la Excreción de Amonio Específica ( $EAE - \mu\text{Mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ).

La curva potencial estimada entre la EA y la longitud de los peces fue modelada de acuerdo a la regresión no lineal (modelo potencial):

$$EA = aL^b$$

Donde:

*a*: Tasa de excreción de amonio por unidad de superficie ( $\mu\text{Mol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$ ), *L*: Longitud de los peces (cm), *b*: valor de la potencia

### 3. RESULTADOS

#### CRECIMIENTO

Los resultados del modelamiento del crecimiento indican que existe mayor valor del parámetro *k* en los peces cultivados a 17 y 22 °C (Tabla 2). También indican que los peces cultivados a 17 y 22 °C alcanzarían la talla mínima de captura (24 cm) entre los 22 y 24 meses de cultivo, respectivamente; sin embargo, a 14 °C la talla mínima sería alcanzada después de 77 meses de cultivo (Fig. 1a). Además, la estimación de la curva de crecimiento en peso, muestra que el valor asintótico estaría alrededor de 1,44 kg para individuos cultivados en condiciones controladas (Fig. 1b).

Tabla 2.- Parámetros obtenidos para la Ecuación de Crecimiento de von Bertalanffy (ECVB) en juveniles de *A. scapularis* cultivados a 14, 17 y 22 °C

|                               | Temperatura   |               |               |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                               | 14°C          | 17°C          | 22°C          |
| <i>K</i> (año <sup>-1</sup> ) | 0,0975 ±0,006 | 0,281 ±0,0126 | 0,303 ±0,0191 |
| <i>t</i> <sub>0</sub> (año)   | -2,94 ±0,231  | -1,63 ±0,074  | -0,99 ±0,086  |

#### RELACIÓN TALLA-PESO

La relación talla-peso de la especie no muestra diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los modelos potenciales para los tres tratamientos (14, 17 y 22 °C); por lo que se ajustó a un solo modelo que integra el total de datos. El parámetro *b* del modelo revela un crecimiento marcadamente isométrico (*b* igual a 3,  $p < 0,05$ ) (Fig. 2).

#### TAMAÑO ÓPTIMO DE PARTÍCULA DE ALIMENTO

Las mediciones de boca (latero-lateral y dorso-ventral) en la especie determinaron que no es significativamente diferente ( $p > 0,05$ ) a una circunferencia. Además, la modelización del tamaño de boca (mm) en función de la longitud corporal (cm) se puede explicar con la ecuación lineal  $D_b = 0,651L + 2,7119$  con  $r^2 = 0,98$  ( $p < 0,05$ ).

Se observó la tendencia lineal para el rango de tamaño óptimo de la partícula alimenticia que corresponde al intervalo comprendido entre el 50 y 60% del diámetro bucal en función de la longitud corporal de *A. scapularis* (Fig. 3).

Estos modelos permitieron estimar los valores del tamaño del alimento en función de un rango de talla de la especie comprendida entre 5 y 26 cm (Tabla 3).

#### TASA DE CONSUMO DE ALIMENTO EN JUVENILES DE *A. SCAPULARIS*

Durante el experimento los peces aceptaron el alimento extruido diariamente. En todas las tallas, se determinó mayor consumo de alimento (CA) en

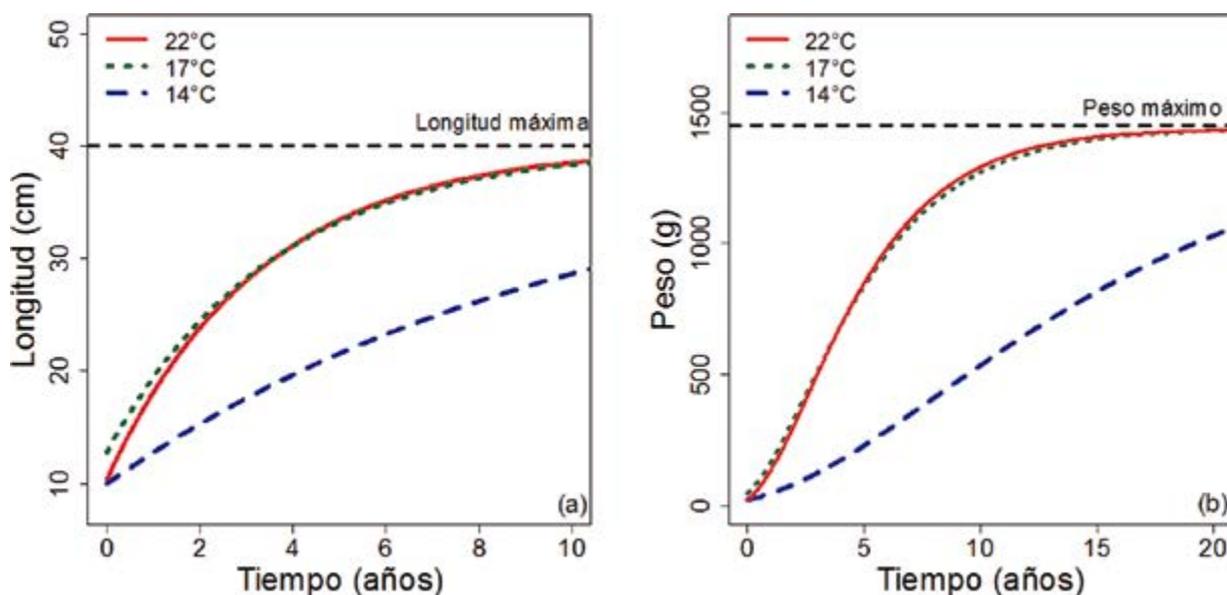


Figura 1.- (a) Curva de crecimiento de von Bertalanffy, (b) Relación talla-peso de juveniles de chita (*A. scapularis*) cultivadas a tres temperaturas (14, 17 y 22 °C)

los peces cultivados a mayor temperatura (22 °C). La relación potencial entre el consumo de alimento y la talla fue semejante de forma significativa a un modelo cuadrático ( $p < 0,05$ ,  $b = 2$ ); las potencias obtenidas fueron 2,23; 2,28 y 1,99 para los peces cultivados a 14, 17 y 22 °C, respectivamente (Fig. 4a). Estos resultados permitieron estimar una tabla de la tasa de alimentación a las temperaturas experimentadas en función de la longitud total de *A. scapularis* (Tabla 4).

**CONSUMO DE OXÍGENO**

Curvas potenciales (no lineales) del consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) en función de longitud ( $VO_2 \sim aL^b$ ) fueron estimadas para las tres temperaturas (14, 17 y 22 °C) donde se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) de los valores potenciales ( $b$ ) de la ecuación para cada tratamiento. Además se observó mayor efecto de la temperatura sobre el  $VO_2$  a mayor talla corporal (Fig. 5).

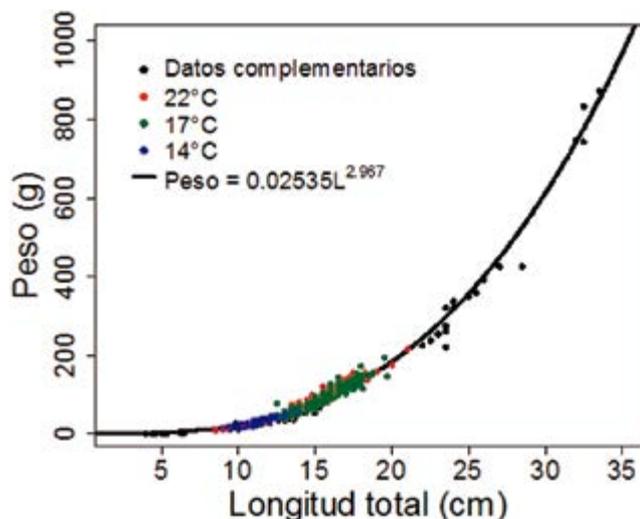


Figura 2.- Relación talla-peso de juveniles de chita (*A. scapularis*) cultivadas a tres temperaturas (14, 17 y 22 °C). Los puntos negros representan los datos complementarios y el modelo (curva negra) representa el crecimiento isométrico

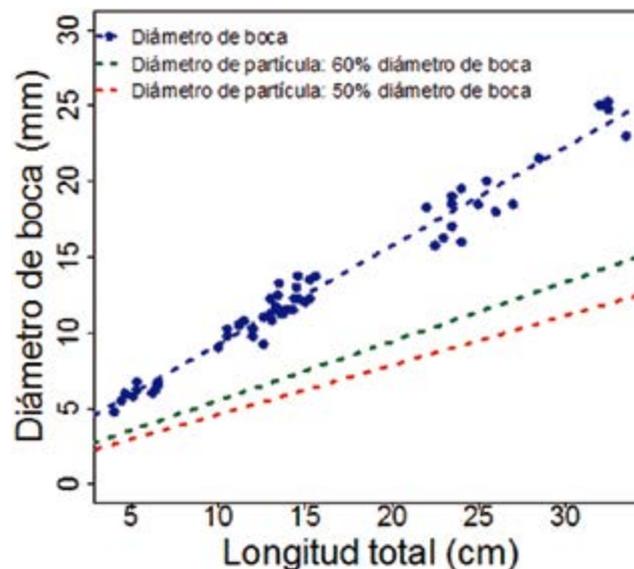


Figura 3.- Relación lineal del diámetro de boca (mm) y longitud corporal (cm) de *Anisotremus scapularis*. Líneas punteadas verdes indican el diámetro de partícula del alimento considerando al 60% del diámetro bucal de la especie. Líneas punteadas rojas indican el diámetro de partícula del alimento considerando al 50% del diámetro bucal de la especie

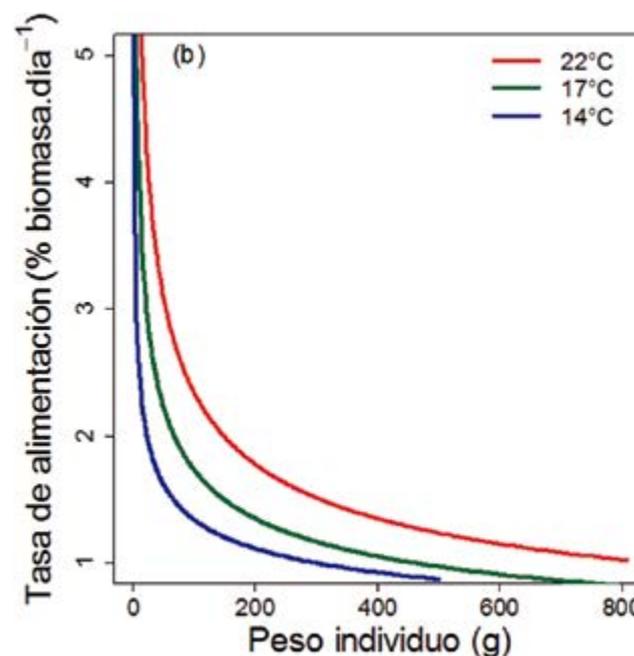
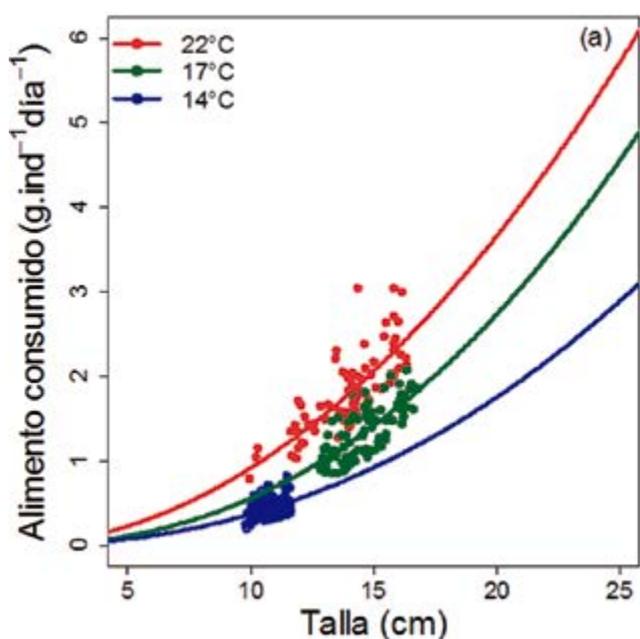


Figura 4.- (a) Curva de consumo de alimento ( $g.ind^{-1}día^{-1}$ ) en función a la talla (cm), (b) curva de la tasa de alimentación (TA - % biomasa. día<sup>-1</sup>) en función al peso corporal (g), en juveniles de chita (*Anisotremus scapularis*) cultivados a 14, 17 y 22 °C

Tabla 3.- Diámetro de boca y de la partícula de alimento al 50 y 60% del diámetro de boca en la longitud total de *Anisotremus scapularis*

| Longitud total (cm) | Diámetro de boca (mm) | Diámetro de partícula (mm) |                       |
|---------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|
|                     |                       | 50 % diámetro de boca      | 60 % diámetro de boca |
| 5                   | 5,96                  | 2,98                       | 3,58                  |
| 8                   | 7,92                  | 3,95                       | 4,75                  |
| 11                  | 9,87                  | 4,94                       | 5,92                  |
| 14                  | 11,82                 | 5,91                       | 7,09                  |
| 17                  | 13,78                 | 6,89                       | 8,26                  |
| 20                  | 15,73                 | 7,87                       | 9,43                  |
| 23                  | 17,68                 | 8,84                       | 10,61                 |
| 26                  | 19,64                 | 9,82                       | 11,78                 |

Tabla 4.- Tasa de alimentación (% biomasa) de *A. scapularis* a diferentes tallas y peso a 14, 17 y 22 °C de cultivo

| Longitud (cm) | Peso (g) | Tasa de alimentación (% biomasa) |       |       |
|---------------|----------|----------------------------------|-------|-------|
|               |          | 14 °C                            | 17 °C | 22 °C |
| 5             | 2,17     | 3,66                             | 5,31  | 10,62 |
| 8             | 10,28    | 2,21                             | 3,29  | 5,75  |
| 11            | 29,41    | 1,58                             | 2,38  | 3,79  |
| 14            | 65,20    | 1,22                             | 1,86  | 2,76  |
| 17            | 123,78   | 0,98                             | 1,53  | 2,14  |
| 20            | 211,69   | 0,83                             | 1,29  | 1,73  |
| 23            | 335,80   | 0,72                             | 1,12  | 1,44  |
| 26            | 503,36   | 0,63                             | 0,99  | 1,23  |

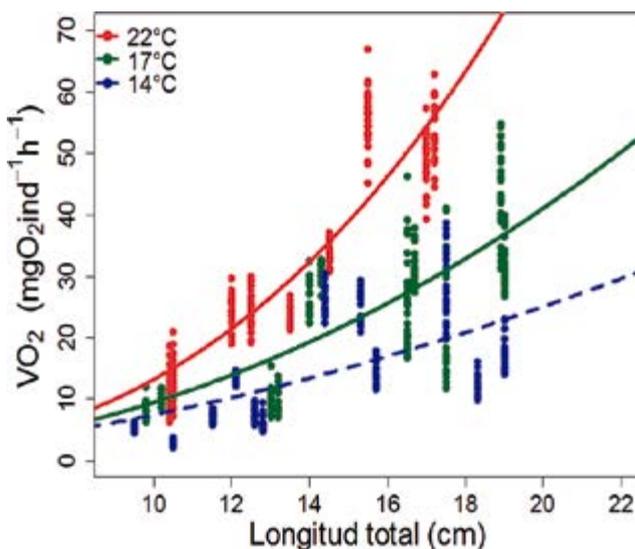


Figura 5.- Tasa de consumo de oxígeno ( $VO_2 - mgO_2.ind^{-1}.h^{-1}$ ) en función a la talla (cm) en juveniles de chita (*A. scapularis*) cultivados a (14, 17 y 22 °C). Las ecuaciones del consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) obtenidas fueron  $VO_2 (14 °C) = 0,1326L^{1,7498}$ ,  $VO_2 (17 °C) = 0,07208L^{2,11828}$  y  $VO_2 (22 °C) = 0,02837L^{2,667918}$

**TASA DE EXCRECIÓN DE AMONIO**

Los resultados permitieron estimar la relación potencial de la excreción de amonio por individuo en función de la talla (Fig. 6). Las ecuaciones estimadas fueron  $0,12705L^{1,95159}$  y  $0,04771L^{2,50071}$  a 17 y 22 °C, respectivamente.

Entre ambas temperaturas, en el rango de tallas entre 8 y 10 cm, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la excreción de amonio. Sin embargo, en los individuos de mayor tamaño (entre 20 y 22 cm) se obtuvo mayor tasa de excreción de amonio en individuos a 22 °C respecto a los de 16 °C.

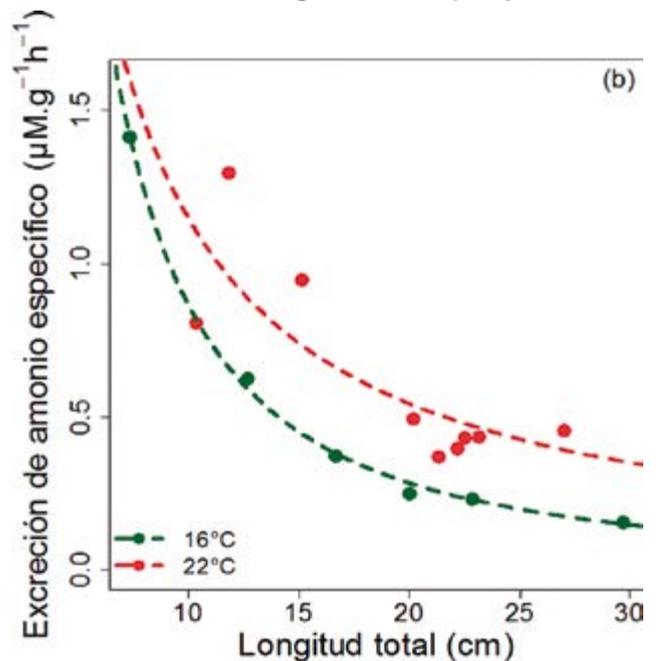
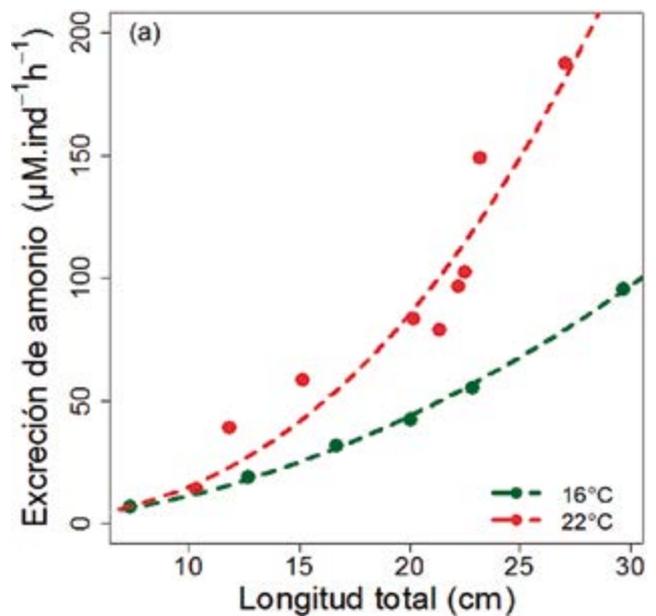


Figura 6.- (a) Curva de la tasa de excreción de amonio ( $\mu M.ind^{-1}.h^{-1}$ ) en función a la talla (cm) y (b) Curva de la tasa de excreción de amonio específico ( $\mu M.g^{-1}.h^{-1}$ ) en función a la talla (cm), en individuos de chita (*A. scapularis*) a 16 y 22 °C

## 4. DISCUSIÓN

### LA FISIOLÓGIA COMO HERRAMIENTA EN ACUICULTURA

La determinación de las condiciones ambientales óptimas para el crecimiento de los peces en sistemas de cultivo es esencial para la maximización y optimización de su producción (AZAZA *et al.* 2008). La temperatura es uno de los parámetros que afecta directamente los procesos fisiológicos y metabólicos en los organismos ectotermos como los peces, influyendo sobre su crecimiento, reproducción y sobrevivencia (CUSSAC *et al.* 2009). Nuestros resultados indican que el crecimiento a 17 °C no evidenció diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) con los peces cultivados a 22 °C. No obstante, las tasas fisiológicas (consumo de alimento, consumo de oxígeno y excreción de amonio) determinadas en juveniles de *A. scapularis* a 22 °C demuestran ser mayores significativamente ( $p < 0,05$ ) respecto a los peces acondicionados a 17 y 14 °C. Es probable que los flujos de energía para los diferentes procesos metabólicos de la especie se encuentren en un rendimiento sub-óptimo en aquellos que fueron acondicionados a 22 °C. Esto podría explicarse a la mayor inversión energética en los procesos de mantenimiento restándole energía para el crecimiento. Al respecto, en nuestros resultados se evidenciaron las mayores tasas de consumo de oxígeno y excreción de amonio obtenidas en individuos de *A. scapularis* acondicionados a 22 °C. Bajo esta premisa, LEÓN<sup>4</sup> (2016) determinó que el rango térmico óptimo para los procesos fisiológicos de juveniles de *A. scapularis* es de  $18,7 \pm 2^\circ\text{C}$  y la temperatura de tolerancia máxima es de  $32,6^\circ\text{C}$ . En tal sentido, la energía disponible para el crecimiento de los peces cultivados a 22 °C pudo verse afectado debido a que se superó el límite superior del óptimo térmico ( $20,7^\circ\text{C}$ ) para *A. scapularis*. Sin embargo, a 22 °C su sobrevivencia no fue afectada. Una de las razones puede deberse a que esta especie no es ajena a estas condiciones térmicas en su hábitat natural, puesto que durante y después del evento de El Niño 97-98 no hubo un impacto negativo en la captura de *A. scapularis* en San Bartolo y Puerto Salaverry (TRESIERRA-AGUILAR *et al.* 1999, GARATE y PACHECO 2004).

El tamaño de la boca en los peces establece el límite del tamaño de la presa (DABROWSKI y BARDEGA 1984). En ese sentido, el tamaño de la boca condiciona el tamaño del alimento de dietas naturales como artificiales (HYATT 1979). Un estudio previo indica que el tamaño óptimo de partícula se encuentra entre el 50 y 60% del diámetro de boca (DABROWSKI y BARDEGA 1984). De acuerdo a ello, se estimaron el

rango superior e inferior para el tamaño de partícula alimenticia óptima en función de la longitud total del pez. Por tanto, las dietas suministradas (2, 4 y 6 mm de diámetro del alimento) durante el experimento de crecimiento indicaron ser adecuadas para el manejo alimentario de esta especie. Las tablas resultantes permitirán programar las dimensiones del alimento para *A. scapularis* en diferentes estadios.

El consumo de alimento de las especies ectotermas, como los peces, obedecen a los procesos metabólicos que se encuentran en función de la temperatura, oxígeno disuelto y fotoperiodo (BRETT y GROVES 1979). Sin embargo, el consumo de alimento también es influenciado por la talla del individuo, puesto que la asimilación de los nutrientes es realizada a través de una superficie ( $\propto \text{Longitud}^2$ ) (KOOIJMAN 2009). Al respecto, los valores exponenciales de los modelos matemáticos del consumo de alimento en función de la talla para las tres temperaturas (14, 17 y 22 °C) de cultivo fueron significativamente igual a 2, corroborando la proporcionalidad de las tasas de ingestión/asimilación respecto a la superficie del organismo postulada por KOOIJMAN (2009). En tal sentido, la cantidad de alimento consumido a saciedad aparente por los individuos de *A. scapularis* guarda estrecha relación con la temperatura y su longitud. Estos valores permitieron generar tablas a partir de la modelización del consumo de alimento que será una herramienta útil de manejo acuícola para esta especie permitiendo la estimación de la ración alimentaria para distintas tallas y temperaturas de cultivo (RICHE *et al.* 2004).

El oxígeno actúa como un factor limitante de la actividad metabólica (DEL TORO-SILVA *et al.* 2008) en los organismos acuáticos, puesto que bajos niveles de oxígeno reducen el rendimiento del ATP por unidad de glucosa (AGUIRRE-VELARDE *et al.* 2016). Por tanto, un descenso del oxígeno puede reducir el crecimiento de los organismos. Al respecto, nuestros resultados evidencian que los juveniles de *A. scapularis* acondicionados a 22 °C tuvieron la mayor tasa de consumo de oxígeno ( $\text{VO}_2$ ) respecto a los peces acondicionados a 17 y 14 °C. Asimismo, comparando la  $\text{VO}_2$  con otras especies marinas como *Seriola lalandi* (NERICI *et al.* 2012), *Paralichthys lethostigma* (VAN MAAREN *et al.* 2000), *Scophthalmus maximus* (IMSLAND *et al.* 1995), *Dicentrarchus labrax* (HERSKIN y STEFFENSEN 1998) y *Sparus aurata* (REQUENA *et al.* 1997), se observó que la  $\text{VO}_2$  de *A. scapularis* es mayor y por lo tanto parece ser una especie exigente del oxígeno disuelto en el agua. Probablemente, esté asociado al tipo de hábitat de la especie (zonas rocosas e hidrodinamismo moderado)

<sup>4</sup> LEÓN PALOMINO C. L. 2016. Efecto de la temperatura de aclimatación en las respuestas térmicas de juveniles de *Anisotremus scapularis* "chita" (Tschudi, 1846). Tesis para optar el Título Profesional de Biólogo con mención en Hidrobiología y Pesquería. Facultad de Biología. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 62p.

(FISHBASE 1999). En tal sentido, condiciones de bajos niveles de oxígeno podrían ser críticos para *A. scapularis*, pudiendo afectar su crecimiento y sobrevivencia. Complementariamente, los resultados obtenidos del  $VO_2$  a diferentes tallas y temperaturas permitieron estimar las diferentes  $VO_2$  mediante un modelo matemático. En este panorama, ante un eventual cultivo de *A. scapularis*, tanto en ambientes controlados como en jaulas flotantes en el mar, los modelos obtenidos podrán servir como herramienta para cálculos de dimensionamiento, densidades de cultivo, control de caudales e inyección de oxígeno.

Los peces en condiciones de ayuno reducen su excreción de amonio puesto que el organismo no cuenta con suficiente cantidad de proteína o aminoácidos para la desaminación de estos (PORTER *et al.* 1987). No obstante, la excreción de metabolitos continúa a través de las branquias y orina, producto del control iónico de los peces (CALDERER 2001<sup>5</sup>). En peces marinos, la excreción de  $NH_4^+$  y otras sales ( $K^+$ ,  $HCO_3^-$ ) se da principalmente en las branquias debido a una absorción iónica (sales) que ocurre en el esófago (CALDERER 2001<sup>5</sup>). Posiblemente esto podría explicar el amonio determinado en nuestras pruebas y más aún en organismos aclimatados a 22 °C, debido al incremento metabólico.

Asimismo, este efecto se evidencia en la talla de los peces puesto que a mayor volumen del individuo, mayor excreción amoniacal. En este marco, el conocimiento de la cantidad de amonio que un organismo acuático excreta es de importante relevancia para su cultivo, puesto que permitirá diseñar e implementar sistemas de biofiltración en un sistema de cultivo intensivo en ambiente controlado, calcular las densidades de siembra para cada estadio (mediante los desdobles), los recambios de agua y el manejo de flujos de agua.

Los resultados obtenidos durante las investigaciones, marcan un punto de partida referencial para el desarrollo acuícola de *Anisotremus scapularis*. En este marco, se propone realizar ensayos a nivel piloto para reducir y optimizar la curva de crecimiento de la especie, en el que además, podrían seleccionarse individuos para la formación de plantel de reproductores con crecimiento mejorado y efectuar estudios para determinar presencia de dimorfismo sexual en términos de crecimiento a fin de proponer cultivos monosexo.

Es recomendable determinar los requerimientos nutricionales en relación a niveles adecuados de proteína, lípidos, proteína-energía, perfil de ácidos grasos esenciales, entre otros; tomando en cuenta

que DIONICIO-ACEDO *et al.* (2017) encontraron que los requerimientos proteicos para *A. scapularis* son de al menos 48% en la dieta así como niveles importantes de ácidos grasos esenciales (DHA, EPA y ARA) y además sugirieron reducir niveles de los ácidos linoleico y linolénico porque no favorecen el crecimiento en los juveniles de *A. scapularis*. Lo que conllevaría a generar la información necesaria para la formulación de dietas comerciales en los diferentes estadios de *A. scapularis*. Además, de la evaluación económica por costo de alimento.

Es importante efectuar el estudio sobre el consumo de oxígeno en metabolismo de actividad (velocidades de flujo, después de la alimentación) y la determinación de los puntos críticos de saturación del oxígeno ya que el metabolismo de los peces es regulado parcialmente por ritmos endógenos (tamaño) y ciclos diarios exógenos (temperatura, oxígeno, alimento, etc.) (NERICI *et al.* 2012) y durante este estudio se determinó que el consumo de oxígeno en *A. scapularis* es relativamente elevado; por lo tanto, se recomienda tener en consideración la disponibilidad de oxígeno saturado y la capacidad de carga para el dimensionamiento y el manejo de cultivo.

La excreción de amonio en los organismos acuáticos es un producto final del metabolismo de la proteína (JOBLING 1981) con alto potencial de degradación de la calidad del agua (ESCOBAR *et al.* 2006). En este sentido, uno de los principales problemas que existe en los sistemas cerrados de recirculación de agua en acuicultura, es la eliminación constante de los compuestos nitrogenados como el amoniaco ( $NH_3$ ) y nitrito ( $NO_2^-$ ) (INGLE DE LA MORA *et al.* 2003), los cuales son muy tóxicos a bajas concentraciones. Como ya se conoce, niveles inadecuados de la proteína o una mala proporción entre la proteína-energía en la dieta aumentan la excreción de amonio en los peces (ESCOBAR *et al.* 2006). Por lo que se recomienda realizar ensayos de excreción de amonio en la especie con diferentes fuentes y niveles de proteína, relación proteína-energía de la dieta, entre otros.

Las innovaciones tecnológicas han permitido desarrollar diferentes tipos de cultivo; entre ellos los sistemas de recirculación acuícola (SRA) y cultivos en jaulas flotantes. Cultivos en SRA utilizan tanques y permiten controlar la temperatura, oxígeno y velocidad de flujo. Este sistema reutiliza el agua en base a los procesos de filtración mecánica y biológica (nitrificación), reduciendo los niveles tóxicos de los nutrientes nitrogenados ( $NH_4^+$ ,  $NH_3$  y  $NO_2^-$ ) (EBELING y TIMMONS 2007). Contrariamente, en los cultivos en jaulas flotantes; la temperatura, velocidad del agua y

5 CALDERER A. 2001. Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la dorada (*Sparus aurata* L.). Tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad de Barcelona. 206 pp. Revisado de <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/35876>

disponibilidad de oxígeno disuelto dependen de las condiciones naturales. En este panorama, las aguas costeras peruanas se caracterizan por un intenso sistema de afloramiento que como consecuencia genera condiciones severas de hipoxia durante un día o varios días (AGUIRRE-VELARDE *et al.* 2016). En este contexto, existe un importante desafío para el desarrollo acuícola de esta especie, puesto que tendrá que considerarse una estrategia para el manejo de la saturación de oxígeno en las condiciones de cultivo.

## 5. CONCLUSIONES

Se determinó que *Anisotremus scapularis* se adapta fácilmente al cautiverio debido a que es una especie manejable al momento de monitoreo biométrico y acepta fácilmente el alimento balanceado. También observamos que presentan un comportamiento gregario en etapa de juveniles, sin embargo, en estadio de pre-adulto y adulto (talla >16 cm) adopta un comportamiento más independiente frente a sus congéneres. Estas características brindan un soporte biológico importante para el manejo acuícola de la especie.

Las curvas de crecimiento obtenidas en el presente estudio permitirán estimar los tiempo de cultivo de *A. scapularis* bajo diferentes condiciones térmicas y constituyen una base para la implementación del mejoramiento tanto del material biológico como de la tecnología productiva a desarrollarse. Asimismo, el modelamiento de las tasas fisiológicas permitirá el dimensionamiento y/o adaptación de infraestructuras a nivel experimental o piloto contribuyendo al desarrollo de un paquete tecnológico para esta especie.

En este estudio se ha modelado, en condiciones de laboratorio, la primera curva de crecimiento para la especie a diferentes condiciones de temperatura. De acuerdo a estos modelos, individuos de 10 cm de longitud inicial estarían alcanzando talla comercial legal de 24 cm en alrededor de 24 meses de cultivo en el rango de temperatura de 17 a 22 °C.

## 6. REFERENCIAS

- AGUIRRE-VELARDE A, JEAN F, THOUZEAU G, FLYE-SAINTE-MARIE J. 2016. Effects of progressive hypoxia on oxygen uptake in juveniles of the Peruvian scallop, *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819). *Aquaculture*. 451: 385–389. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.07.030>
- ÁRNASON T, BJÖRNSSON B, STEINARSSON A, ODDGEIRSSON M. 2009. Effects of temperature and body weight on growth rate and feed conversion ratio in turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*. 295(3-4): 218–225. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.07.004>
- AZAZA M S, DHRAÏEF M N, KRAÏEM M M. 2008. Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters in southern Tunisia. *Journal of Thermal Biology*. 33(2): 98–105. <http://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2007.05.007>
- BRETT J R, GROVES T D D. 1979. Physiological Energetics. In *Fish Physiology*. Academic Press. New York. 8: 279–352.
- CHIRICHIGNO N, CORNEJO M. 2001. Catálogo comentado de los peces marinos del Perú. Instituto del Mar del Perú, Callao. 314 pp.
- CUSSAC V E, FERNÁNDEZ D A, GÓMEZ S E, LÓPEZ H L. 2009. Fishes of southern South America: A story driven by temperature. *Fish Physiology and Biochemistry*. 35(1): 29–42. <http://doi.org/10.1007/s10695-008-9217-2>
- DABROWSKI K, BARDEGA R. 1984. Mouth size and predicted food size preferences of larvae of three cyprinid fish species. *Aquaculture*. 40: 41–46.
- DEL TORO-SILVA F M, MILLER J M, TAYLOR J C, ELLIS T A. 2008. Influence of oxygen and temperature on growth and metabolic performance of *Paralichthys lethostigma* (Pleuronectiformes: Paralichthyidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 358(2): 113–123. <http://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.01.019>
- DIONICIO-ACEDO J, ROSADO-SALAZAR M, FLORES-MEGO J, FLORES-RAMOS L, AGUIRRE-VELARDE A. 2017. Evaluación de dietas comerciales en el crecimiento y su efecto en la composición bioquímica muscular de juveniles de chita, *Anisotremus scapularis* (Tschudi, 1846) (Familia: Haemulidae). *Latin American Journal of Aquatic Research*. 45(2): 410–420. <http://doi.org/10.3856/vol45-issue2-fulltext-16>
- EBELING J M, TIMMONS M B. 2007. Recirculating Aquaculture Systems. In *Aquaculture Production System*. 245–277 p.
- EL PERUANO. 2016. Normas Legales. Resolución Ministerial N° 156-2016-PRODUCE. 88 p.
- ESCOBAR J A, DEL ROSARIO REINOSO V, LANDINEZ M A. 2006. Efecto del nivel de energía y proteína en la dieta sobre el desempeño productivo de alevinos de *Oreochromis niloticus*, variedad chitralada. *Revista de Medicina Veterinaria*. 12: 89–97.
- FISHBASE. 1999. *Anisotremus scapularis* (Tschudi, 1846). Revisado en <http://www.fishbase.org/Summary/Species-Summary.php?ID=8255&genusname=Anisotremus&speciesname=scapularis>
- FRY F E J. 1971. The effect of environmental factors on the physiology of fish. In *Fish Physiology*. New York: Academic Press. 98 pp.
- GAMITO S. 1998. Growth models and their use in ecological modelling: an application to a fish population. *Ecological Modelling*. 113: 83–94.
- GARATE A, PACHECO A. 2004. Cambios en la distribución y abundancia de la ictiofauna de aguas someras en San Bartolo (Lima, Perú) después del ENSO 1997-98. *Ecología Aplicada*. 3(1, 2): 148–153.
- HERSKIN J, STEFFENSEN J. 1998. Energy savings in sea bass swimming in a school: Measurements of tail beat frequency and oxygen consumption at different swimming speeds. *Journal of Fish Biology*. 53(2): 366–376. <http://doi.org/10.1006/jfbi.1998.0708>
- HYATT K D. 1979. Feeding strategy. In: W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett (Eds.). *Fish Physiology*, Academic Press, London. Vol. VIII: 71-119
- IBARZ A, FERNÁNDEZ-BORRÁS J, BLASCO J, GALLARDO M A, SÁNCHEZ J. 2003. Oxygen consumption and feeding rates of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) reveal lack of

- acclimation to cold. *Fish Physiology and Biochemistry*. 29(4): 313–321. <http://doi.org/10.1007/s10695-004-3321-8>
- IMSLAND A, FOLKVORD A, STEFANSSON S. 1995. Growth, oxygen consumption and activity of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) reared under different temperatures and photoperiods. *Netherlands Journal of Sea Research*. 34(1-3): 149–159. [http://doi.org/10.1016/0077-7579\(95\)90023-3](http://doi.org/10.1016/0077-7579(95)90023-3)
- INGLE DE LA MORA G, VILLAREAL-DELGADO E L, ARREDONDO-FIGUEROA J L, PONCE-PALAFIX J T, BARRIGA-SOSA I. 2003. Evaluación de algunos parámetros de calidad de agua en un sistema cerrado de recirculación para la acuicultura, sometido a diferentes cargas de biomasa de peces. *Hidrobiológica*. 13(4): 247–253.
- JOBLING M. 1981. Some effects of temperature, feeding and body weight on nitrogenous excretion in young plaice *Pleuronectes platessa* L. *Journal of Fish Biology*. 18(1): 87–96. <http://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1981.tb03763.x>
- KÉROUEL R, AMINOT A. 1997. Fluorometric determination of ammonia in sea and estuarine water by direct segmented flow analysis. *Marine Chemistry*. 57: 265–275.
- KOOIJMAN S A L M. 2009. *Dynamic energy budget theory for metabolic organisation*. Cambridge University Press. Cambridge. 514 pp.
- MONTES M, LINARES J, CASTRO A, CARRERA L. 2015. Study of embryonic development and larval culture of the Peruvian grunt *Anisotremus scapularis*. LAQUA. 2 pp.
- NERICI C, MERINO G, SILVA A. 2012. Effects of two temperatures on the oxygen consumption rates of *Serioteleostei violacea* (palm fish) juveniles under rearing conditions. *Aquacultural Engineering*. 48: 40–46. <http://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2011.12.011>
- PORTER C, KROM M, ROBINS M, BRICKELL L A D. 1987. Ammonia excretion and total N budget for guilthead seabream (*Sparus aurata*) and its effect on water quality conditions. *Aquaculture*. 66: 287–298.
- PRODUCE. 2010. Plan nacional de desarrollo acuícola 2010-2021. D.S. N° 001-2010. Revisado en <http://www.produce.gob.pe/index.php/sector-acuicultura/plan-nacional-de-desarrollo-acuicola>
- PRODUCE. 2016. Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2014. Revisado en [http://www.ccss.sa.cr/est\\_salud](http://www.ccss.sa.cr/est_salud)
- REQUENA A, FERNANDEZ-BORRÁS J, PLANAS J. 1997. The effects of a temperature rise on oxygen consumption and energy budget in gilthead sea bream. *Aquaculture International*. 5: 415–426. <http://doi.org/10.1023/A:1018332727888>
- RICHE M, OETKER M, HALEY D I, SMITH T, GARLING D L. 2004. Effect of feeding frequency on consumption, growth and efficiency in juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *The Israeli Journal of Aquaculture*. 56(4): 247–255.
- TRESIERRA-AGUILAR A, CULQUICHICÓN Z, VENEROS-URBINA B. 1999. Efecto del Fenómeno “El Niño 1997-98” en el desembarque de los recursos pesqueros artesanales de Puerto Salaverry (Trujillo). *Rev. per. Biol.* 6(3): 160–163.
- VAN MAAREN C, Kita J, DANIELS H. 2000. Temperature tolerance and oxygen consumption rates for juvenile southern flounder *Paralichthys lethostigma* acclimated for five different temperature. UJNR Technical Report. 135-140. <http://www.lib.noaa.gov/retiredsites/japan/aquaculture/proceedings/report28/vanMaaren.pdf>
- VON BERTALANFFY L. 1934. Untersuchungen über die Gesetzlichkeit des Wachstums. I. Allgemeine Grundlagen der Theorie: Mathematische und physiologische. *Arch. EntwicklMech. Org.* (131): 613–653.

# DIVERSIDAD, DENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LA MEIOFAUNA BENTÓNICA EN SEDIMENTOS FANGOSOS FRENTE A PERÚ CENTRAL (12°S)

## DIVERSITY, DENSITY AND VERTICAL DISTRIBUTION OF BENTHIC MEIOFAUNA IN MUDDY SEDIMENTS OFF CENTRAL PERU (12°S)

Víctor Aramayo<sup>1</sup>

### RESUMEN

ARAMAYO V. 2018. *Diversidad, densidad y distribución vertical de la meiofauna bentónica en sedimentos fangosos frente a Perú central (12°S)*. Bol Inst Mar Perú 33(1): 90-97.- La presencia de pequeños organismos bentónicos viviendo sobre fondos extremadamente deficientes en oxígeno ha sido observada en varias regiones del océano donde la hipoxia del medio (o la completa anoxia), es una de las características más significativas y limitantes para el desarrollo de comunidades bentónicas. Con el objetivo de analizar, cuantificar y describir la distribución vertical de la meiofauna bentónica, se recolectó meiofauna (núcleos de sedimento obtenidos mediante multisacatestigo) en dos estaciones: E2 (94 m) y E5 (178 m) de la plataforma continental en Callao (~12°S), en febrero 2015. Se identificaron cinco filos: Nematoda: 96,9%-E2 y 44%-E5; Gastrotricha: sólo fue registrado en la estación E5 (47,4%); Platyhelminthes: 1,9%-E2 y 2,3%-E5; Granuloreticulosa: 0,3%-E2 y 5,2%-E5, Annelida: 0,9%-E2 y 1,1%-E5. La estación E2 registró un total de 777 Ind/10 cm<sup>2</sup>, los nemátodos (753 Ind/10 cm<sup>2</sup>) fueron los metazoarios numéricamente dominantes en la comunidad. Los platelmintos (15 Ind/10 cm<sup>2</sup>), poliquetos (7 Ind/10 cm<sup>2</sup>) y alógrómidos (2 Ind/10 cm<sup>2</sup>) exhibieron en general densidades más de un orden de magnitud por debajo de aquella de los nemátodos. En relación al análisis taxonómico más detallado, la riqueza específica fluctuó entre 10 (E2) y 12 (E5). La E2 mostró alta dominancia relativa de *Desmodora* sp. (> 80%) dentro de la comunidad, seguida de *Turbellaria* (1,9%) y nemátodos de la familia Comesomatidae (1,9%). En la estación E5 el grupo dominante fue *Gastrotricha* (47,4%), seguido de la familia de nemátodos Comesomatidae (10,3%), el nemátodo *Desmotersia levinae* (8,2%), nemátodos del género *Desmodora* (7,5%) y la familia Chromadoridae (7,1%). Poliquetos, gusanos turbelarios y otras familias de nemátodos estuvieron, en general, por debajo del 5% del total registrado. Se discuten los primeros resultados acerca de la dominancia de algunas familias importantes de los nemátodos de vida libre en sedimentos de Callao. De igual forma, se analiza la distribución vertical hallada y los nuevos estratos de profundidad registrados para *D. levinae*, los cuales amplían la distribución latitudinal y batimétrica originalmente reportada para esta especie.

PALABRAS CLAVE: meiofauna, bentos, nemátodos, Callao, Perú

### ABSTRACT

ARAMAYO V. 2018. *Diversity, density and vertical distribution of benthic meiofauna in muddy sediments off Central Peru (12°S)*. Bol Inst Mar Peru. 33(1): 90-97.- The presence of tiny, benthic organisms living on extremely oxygen-deficient sediments has been observed in several ocean regions worldwide. In order to analyze, quantify and describe the vertical distribution of the benthic meiofauna, it was collected sediment cores at two stations: E2 (94 m) and E5 (178 m) off Callao shelf break (~ 12° S), during February-2015. Five phyla were identified: Nematoda (96.9%, E2) and 44% (E5); Gastrotricha, which was only registered at station E5 (47.4%); Platyhelminthes 1.9% (E2) and 2.3% (E5); Granuloreticulosa 0.3% (E2) and 5.2% (E5), and Annelida that obtained 0.9% (E2) and 1.1% (E5). Station E2 accounted 777 Ind/10 cm<sup>2</sup>, free-living nematodes (753 Ind/10 cm<sup>2</sup>) were numerically dominant in the community. The Platyhelminthes (15 Ind/10 cm<sup>2</sup>), polychaetes (7 Ind/10 cm<sup>2</sup>) and allogromids individuals (2 Ind/10 cm<sup>2</sup>) exhibited densities generally more than one order of magnitude below that of the nematodes. A more detailed taxonomic analysis showed that taxonomic richness fluctuated between 10 (E2) and 12 (E5). The E2 station showed the very high relative dominance of *Desmodora* sp. (> 80%) within the community, followed by the poor dominance of *Turbellaria* (1.9%) and nematodes of the Comesomatidae family (1.9%). At station E5 the dominant group was *Gastrotricha* (47.4%), followed by the family of nematodes Comesomatidae (10.3%), the nematode *Desmotersia levinae* (8.2%), nematodes of the genus *Desmodora* (7.5%) and the family Chromadoridae (7.1%). Polychaetes, turbellarians worms and other families of free-living nematodes were, in general, below 5% of the total registered. The first results about the dominance of some important families of free-living nematodes in Callao sediments are discussed. Likewise, the vertical distribution found and the new depth strata recorded for *D. levinae* are analyzed, which extend the latitudinal and bathymetric distribution originally reported for this species.

KEYWORDS: meiofauna, benthos, free-living nematodes, Callao, Peru

<sup>1</sup> Área Funcional de Investigaciones en Oceanografía Biológica, Dirección General de Investigaciones en Oceanografía y Cambio Climático – Instituto del Mar del Perú. Correo electrónico: varamayo@imarpe.gob.pe

## 1. INTRODUCCIÓN

La presencia de pequeños organismos bentónicos viviendo sobre fondos extremadamente deficientes en oxígeno ha sido observada en varias regiones del océano donde la hipoxia del medio (o la completa anoxia) es una de las características más significativas y limitantes para el desarrollo de comunidades bentónicas (PEARSON y ROSENBERG 1978, ROSENBERG *et al.* 1983, NEIRA *et al.* 2013). En el Pacífico Sur, diversos estudios han corroborado este tipo de condiciones extremas, e incluso se ha planteado que el Sistema de la Corriente de Humboldt frente a Perú (SCHP) constituye uno de los entornos oceanográficos donde mejor puede apreciarse dichas características y, además, representa un perfecto escenario para explorar las respuestas de las comunidades bentónicas frente a la hipoxia/anoxia sobre el fondo, así como las diversas adaptaciones de estas especies para sobrevivir y prosperar en este medio (NEIRA *et al.* 2001a,b, GALLARDO *et al.* 2013).

Frente a Perú central (Callao, 12°S) se desarrolla una de las zonas de mínimo oxígeno (ZMO) más intensas y someras del mundo (LEVIN 2003, HELLY y LEVIN 2004). La ZMO, de hecho, constituye un limitante para la vida tanto en el ecosistema pelagial (para la presencia de organismos en la columna de agua) como en el bentónico (para el asentamiento y desarrollo de comunidades del fondo). No obstante, este entorno oceanográfico dominante también representa un excelente escenario donde explorar las capacidades de adaptación de uno de los principales componentes del ecosistema en conjunto, esto es, el bentos marino. Debido a esto, los organismos bentónicos (el análisis de su diversidad, abundancia y ordenamiento) representan un excelente punto de partida para entender respuestas comunitarias locales, especialmente si consideramos el análisis de su distribución vertical de fina escala (asociada a un poblamiento selectivo del sedimento superficial) lo cual puede brindar una señal más precisa sobre los cambios en su hábitat.

Frente a Callao, existen algunos estudios que han explorado las respuestas del bentos marino (evaluando las respuestas de la macrofauna) asociadas a gradientes batimétricos, y describen cambios significativos asociados a eventos extremos como aquellos generados durante el desarrollo de El Niño 1997/1998 (LEVIN *et al.* 2002). Sin embargo, aún tenemos poca información acerca de los rangos de tamaño del bentos y cómo responde cada compartimento a los cambios de diverso tipo en su entorno. Uno de los grupos ecológicos más representativos dentro del espectro de tamaños del bentos es la meiofauna (definida aquí, operativamente, como organismos retenidos en un tamiz de 63  $\mu\text{m}$ ), este grupo bentónico es el más abundante en diferentes regiones del océano (SOLTWEDEL 2000), lo cual ha sido también corroborado en la costa central de Perú (NEIRA *et al.* 2001, LEVIN *et al.* 2002), a pesar de las condiciones fuertemente deficientes de oxígeno tanto en la columna de agua como especialmente sobre el fondo (HELLY y LEVIN 2004).

Como parte de las actividades científicas realizadas en el marco del Proyecto: Estudio Integrado del Afloramiento Costero, del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), en este documento se presentan resultados iniciales sobre el análisis taxonómico, la cuantificación y la descripción de la distribución vertical de la meiofauna bentónica en dos estaciones costeras de diferente profundidad, ubicadas en la plataforma continental de Callao, costa central de Perú.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO Y ESTACIONES DE MUESTREO

Se realizaron recolecciones de sedimento para la obtención de meiofauna en dos estaciones ubicadas frente a Callao (12°S) (Fig. 1) durante febrero-2015 y a bordo del BIC Luis Flores (IMARPE). La información

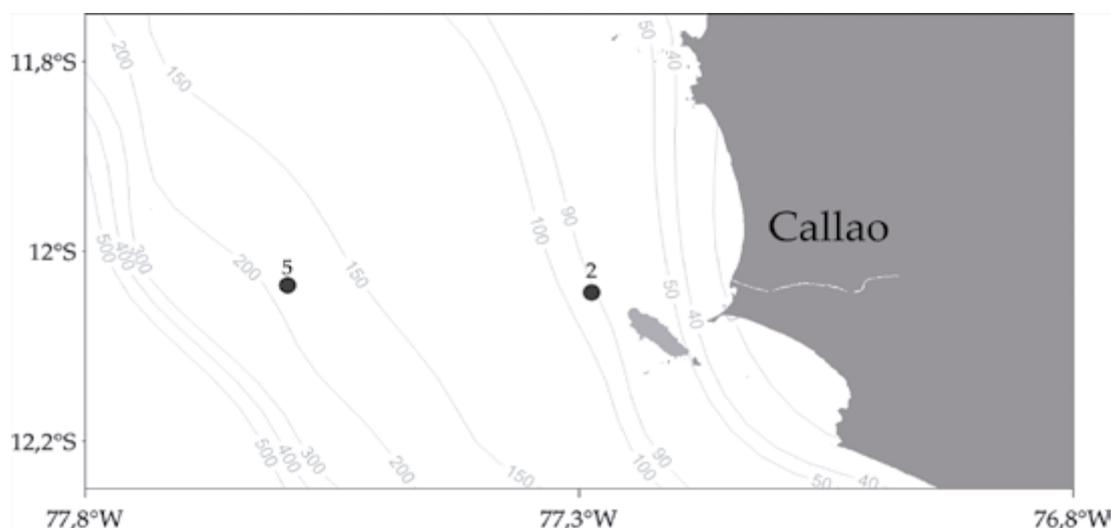


Figura 1.- Ubicación de las estaciones de muestreo de meiofauna frente a Callao (12°S)

Tabla 1.- Datos generales de las estaciones de estudio

| Proyecto             | Sitio  | Estación | Posición             | Distancia a la costa (mn) | Prof. (m) | Tipo de fondo | Equipo empleado   | Objetivo del estudio |
|----------------------|--------|----------|----------------------|---------------------------|-----------|---------------|-------------------|----------------------|
| Afloramiento costero | Callao | E2       | 12°2,80'S-77°17,08'W | 8                         | 94        | Fangoso       | Multisaca testigo | Análisis comunitario |
|                      |        | E5       | 12°2,40'S-77°36,40'W | 30                        | 178       | Fangoso       |                   |                      |

general de las estaciones muestreadas se indica en la Tabla 1. Dichas estaciones fueron seleccionadas por el tipo de sedimento (fangoso, arcilloso-limoso) donde es posible muestrear la columna del sedimento (mediante equipos nucleadores) y obtener muestras representativas de la meiofauna protozoaria y metazoaria que habita este tipo de ambientes.

Empleando un equipo multisacatestigo (MUC) equipado con cuatro tubos de policarbonato, se recolectaron muestras replicadas del sedimento superficial. Una vez a bordo, se utilizaron aquellas muestras (núcleos de sedimento) que no mostraron perturbación superficial del sedimento para asegurar el análisis comunitario comparativo en la columna del sedimento. Con ayuda de un tubo pequeño (25 cm) de 3,6 cm de diámetro interno (área de 10 cm<sup>2</sup>) se submuestreó el núcleo de sedimento y se seccionó cada medio cm (0-0,5; 0,5-1; 1-1,5; 1,5-2) y cada cm (2-3; 3-4 y 4-5). Las muestras fueron fijadas con formaldehído al 4%, regulado con tetraborato sódico a semisaturación.

### ANÁLISIS TAXONÓMICO

Se identificaron los organismos meiofaunales (metazoarios y protozoarios no calcáreos) hasta el menor nivel taxonómico posible. En el caso de la identificación de foraminíferos (Allogromiidae, denominados Morfotipo I en este trabajo) se siguió a SEN (1999). Se incluyó a los foraminíferos algrómidos debido a su alta recurrencia y semejanza en términos de dimensiones corporales (tanto con gusanos turbelarios como con gastrotricos) lo cual puede ser posteriormente útil en el análisis sobre redundancia funcional o diversidad funcional en la comunidad meiofaunal.

Se emplearon las claves pictóricas de PLATT y WARWICK (1983, 1988) (especialmente para los individuos de la familia Chromadoridae) y las referencias de identificación de HOPE y MURPHY (1972). Para la identificación de nemátodos pertenecientes a la familia Desmodoridae se trabajó con referencias de identificación de MARIA *et al.* (2009) e indicaciones consignadas en HOPE y MURPHY (1972) y GERLACH y RIEMANN (1973). El ordenamiento sistemático aplicado a los nemátodos de vida libre está basado en LORENZEN (1994) y HEIP *et al.* (1982). Para la identificación de otros grupos taxonómicos (a un nivel más general) se consultó a GIÉRE (1975, 1993, 2009) TODARO (1992) y TODARO *et al.* (1992, 1995).

### PROCESAMIENTO DE DATOS

Este trabajo está basado en el análisis de las abundancias meiofaunales de una sola réplica (para ambas estaciones), considerando toda la columna del sedimento (0-5 cm). Las densidades totales fueron expresadas en Ind/10 cm<sup>2</sup> (la unidad internacional de expresión de abundancias para organismos meiofaunales).

Para la estimación de los índices, se aplicó previamente logaritmo neperiano (Ln) para transformar los datos. Considerando que aún en muestras puntuales (sin réplicas) es posible analizar la varianza de esos datos (dentro del grupo) (BORCARD *et al.* 2011), se estimó un primer análisis comparando las densidades totales de ambas estaciones (análisis entre grupos).

## 3. RESULTADOS

### DIVERSIDAD Y DENSIDAD

En la composición relativa de la meiofauna se identificaron cinco filos: Nematoda el cual registró valores entre 96,9 (E2) y 44% (E5); Gastrotricha que sólo fue registrado en la estación E5 (47,4%); Platyhelminthes representó 1,9% en E2 y 2,3% en E5; Granuloreticulosa, el cual fluctuó entre 0,3 (E2) y 5,2% (E5) y Annelida que representó 0,9% en E2 y 1,1% en E5.

En relación a las densidades absolutas por estación (Fig. 2), en la estación E2 se registró 777 Ind/10 cm<sup>2</sup>, de este total, los nemátodos fueron los metazoarios numéricamente dominantes en la comunidad (753 Ind/10 cm<sup>2</sup>). Los platelmintos (15 Ind/10 cm<sup>2</sup>), poliquetos (7 Ind/10 cm<sup>2</sup>) y algrómidos (2 Ind/10 cm<sup>2</sup>) exhibieron densidades más de un orden de magnitud por debajo de los nemátodos.

En la estación E5, se contabilizó 439 Ind/10 cm<sup>2</sup>. Los gastrotricos constituyeron el grupo dominante (208 Ind/10 cm<sup>2</sup>), seguido de nemátodos (193 Ind/10 cm<sup>2</sup>), algrómidos (23 Ind/10 cm<sup>2</sup>), platelmintos (10 Ind/10 cm<sup>2</sup>) y anélidos (5 Ind/10 cm<sup>2</sup>). En general, esta estación exhibió menor densidad que la E2; sin embargo, en términos de riqueza filética fue ligeramente mayor.

En relación al análisis taxonómico más detallado (Tabla 2), la riqueza de taxones fluctuó entre 10

(E2) y 12 (E5). En la estación E2 se observó clara dominancia de *Desmodora* sp. (> 80%) dentro de la comunidad, seguida de Turbellaria (1,9%) y nemátodos de la familia Comesomatidae de diversos tamaños (1,9%).

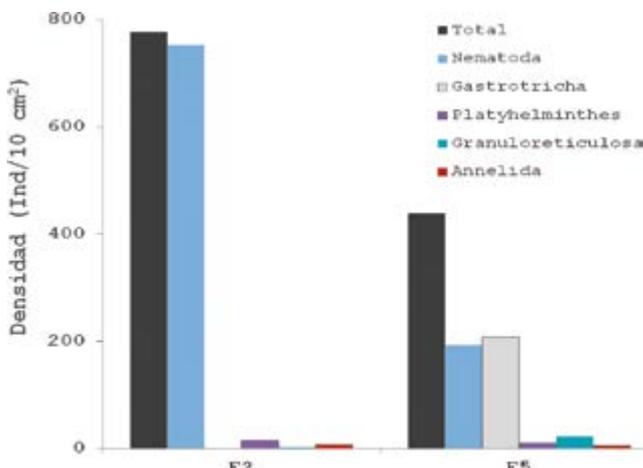


Figura 2.- Densidad filética de la meiofauna y su aporte numérico en estaciones de la plataforma frente a Callao (E2 y E5)

Tabla 2.- Riqueza, densidad absoluta (Ind/10 cm<sup>2</sup>) y relativa (%; valores entre paréntesis) de la meiofauna bentónica en estaciones de la plataforma frente a Callao (E2 y E5). H': Índice de Diversidad Shannon-Wiener, DS: Índice de Diversidad Simpson, J: Equitabilidad de Pielou, M: Índice de Diversidad de Margalef. El signo (-) indica ausencia

| Columna de sedimento (0-5 cm) | Estaciones |            |
|-------------------------------|------------|------------|
|                               | E2 (94 m)  | E5 (176 m) |
| <i>Desmotersia levinae</i>    | -          | 36 (8,2)   |
| <i>Magelona phyllisae</i>     | 3 (0,4)    | 4 (0,9)    |
| <i>Desmodora</i> sp.          | 679 (87,4) | 33 (7,5)   |
| <i>Sigambra</i> sp.           | 2 (0,3)    | -          |
| Allogromidae I                | 2 (0,3)    | 23 (5,2)   |
| Chromadoridae                 | 23 (3,0)   | 31 (7,1)   |
| Comesomatidae                 | 15 (1,9)   | 45 (10,3)  |
| Oncholaimidae                 | -          | 15 (3,4)   |
| Oxystomatidae                 | 5 (0,6)    | 15 (3,4)   |
| Spionidae                     | 2 (0,3)    | 1 (0,2)    |
| Gastrotricha                  | -          | 208 (47,4) |
| Nematoda                      | 31 (4,0)   | 18 (4,1)   |
| Turbellaria                   | 15 (1,9)   | 10 (2,3)   |
| Suma de individuos            | 777        | 439        |
| Riqueza                       | 10         | 12         |
| H'                            | 0,603      | 1,833      |
| DS                            | 0,767      | 0,258      |
| J                             | 0,262      | 0,738      |
| M                             | 1,352      | 1,808      |

Otros ítems (entre familias de nemátodos, fases larvales de poliuetos, alógrómidos) sólo alcanzaron aportes menores al 1%. Asimismo, dentro de los nemátodos, el 4% del total contabilizado no fue ordenado dentro de una familia en particular y sólo quedaron registrados al nivel de filo (Nematoda).

En la estación E5 el grupo dominante fue Gastrotricha (47,4%), seguido de la familia de nemátodos Comesomatidae (10,3%), el nemátodo *Desmotersia levinae* Neira y Decraemer (8,2%), nemátodos del género *Desmodora* (7,5%) y la familia Chromadoridae (7,1%). Poliuetos, gusanos turbelarios y otras familias de nemátodos menos abundantes estuvieron por debajo del 5% del total registrado.

### ÍNDICES Y DOMINANCIA

La diversidad H' (Shannon-Wiener) fluctuó entre 0,603 nits/Ind (E2) y 1,833 nits/Ind (E5), mientras que la diversidad M (Margalef) estuvo entre 1,352 (E2) y 1,808 (E5). Por su parte, el índice de dominancia Simpson (DS) fluctuó en un rango relativamente amplio entre 0,767 (E2) y 0,258 (E5). Asimismo, la equitabilidad (J) varió entre 0,262 (E2) y 0,738 (E5).

En ambas estaciones las densidades totales tendieron a registrar cifras con similar orden de magnitud, la comparación entre las densidades registradas entre las dos estaciones (Tabla 3) no mostró diferencia significativa ( $p=0,68$ ). El aporte diferenciado de nemátodos (E2) y gastrotricos (E5) fue importante en los registros totales y en los resultados de este análisis.

En relación a la frecuencia de aparición de los taxones (familias, géneros o especies) a lo largo de la columna del sedimento (0-5 cm) (Fig. 3), las curvas de dominancia acumulada muestran en la estación E2 (94 m) que pocas especies alcanzan la mayor dominancia en términos de densidad en la subsuperficie del sedimento (esto es, los centímetros 0,5-1 y 1-1,5 de la columna). En cambio, otras secciones del sedimento mostraron lento incremento en la dominancia acumulada, en función a un rango numérico de especies más amplio (estas secciones fueron las de mayor riqueza); por ejemplo, las secciones 0-0,5 y 1,5-2 cm exhibieron este comportamiento. El centímetro 4-5 registró sólo un taxón.

Tabla 3.- Análisis de la varianza de las densidades meiofaunales en estaciones (E2 y E5) de la plataforma frente a Callao

| Comparación                  | SC          | GL | MS          | F           | P           |
|------------------------------|-------------|----|-------------|-------------|-------------|
| Entre grupos                 | 0,15282858  | 1  | 0,15282858  | 0,172888755 | 0,681984656 |
| Dentro de cada grupo (error) | 17,67941239 | 20 | 0,883970619 |             |             |
| Total                        | 17,83224097 | 21 |             |             |             |

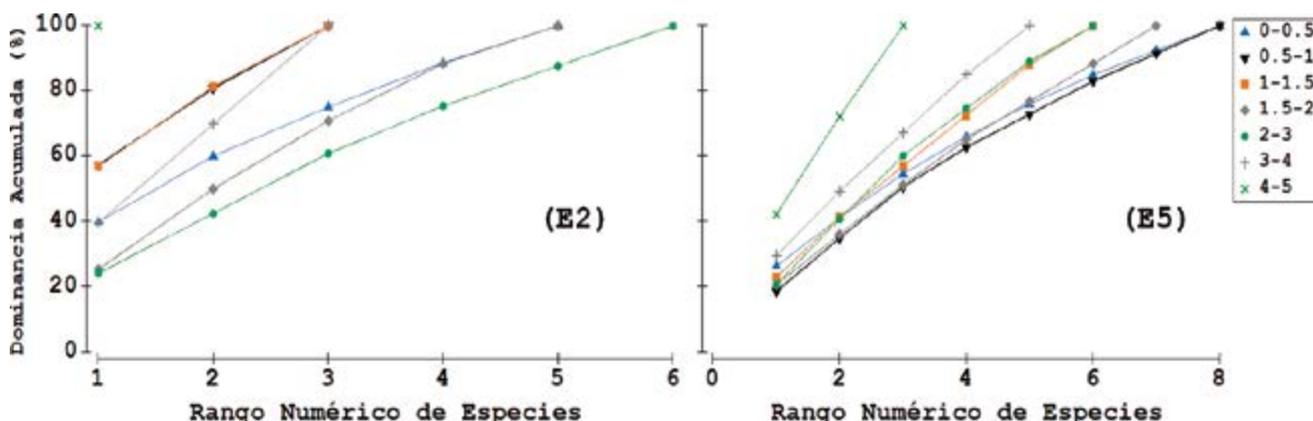


Figura 3.- Curvas de dominancia acumulada de especies en estaciones de la plataforma frente a Callao (E2 y E5)

En la estación profunda (E5) se observó un número ligeramente mayor de taxones (Fig. 3). La distribución vertical de dichos taxones tendió a concentrarse en los centímetros superficiales (0-0,5 y 0,5-1), debido a esto, la dominancia en estas capas estuvo compartida entre más grupos; por su parte, los centímetros profundos (4-5 cm) presentaron sólo unos pocos taxones explicando la dominancia relativa (principalmente nemátodos).

**DISTRIBUCIÓN VERTICAL**

La distribución de la comunidad meiofaunal en la estación E2 (Fig. 4) estuvo focalizada dentro del centímetro subsuperficial (0,5-1 cm) y mostró una disminución progresiva en relación con la profundidad. En cambio, la distribución vertical de la estación E5, estuvo mejor representada en el centímetro superficial de la columna (0-0,5 cm) y tendió a disminuir rápidamente hasta el centímetro 2-3, donde la densidad meiofaunal aumentó ligeramente, aunque sin exhibir mayores cambios en las abundancias.

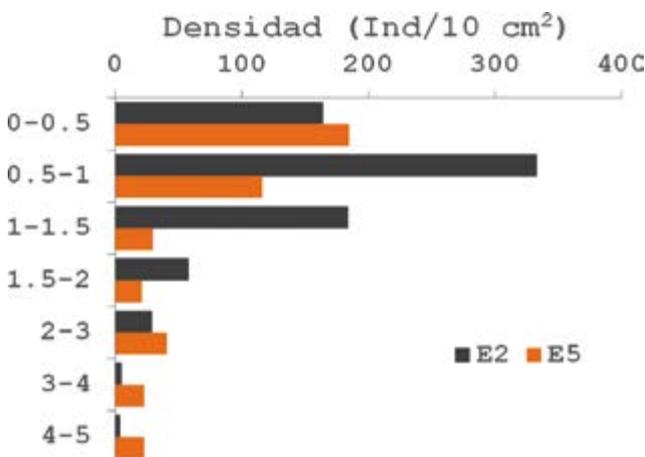


Figura 4.- Distribución vertical de densidad meiofaunal en estaciones de la plataforma frente a Callao (E2 y E5)

Asimismo, en la distribución vertical detallada (Tabla 4, ANEXO), el centímetro más superficial (0-0,5 cm) abarcó entre 21,1% (E2) y 42,1% (E5). En el centímetro 0,5-1 se alcanzó 42,9% (E2) y 26,4% (E5). En las secciones más profundas de la columna del sedimento hubo una tendencia al descenso en ambas estaciones (aunque la estación E5 mostró mejor presencia en familias de nemátodos, incluso en los centímetros más profundos).

Mientras que en la estación E2 hubo dominancia del nematodo *Desmodora* sp., con densidades que fluctuaron entre 148 (0-0,5 cm) y 320 Ind/10 cm² (0,5-1 cm), en la E5 la dominancia estuvo representada por individuos (varios morfotipos) del grupo Gastrotricha, cuyas densidades fluctuaron entre 46 (0,5-1 cm) y 148 Ind/10 cm² (0-0,5 cm).

En relación a otros grupos, la presencia de poliquetos juveniles de la especie *Magelona phyllisae* Jones y otros poliquetos de la familia Spionidae (adultos jóvenes como fases larvales nectoqueta) ha sido recurrente, especialmente en los centímetros subsuperficiales de ambas estaciones. Es importante destacar la presencia, en densidades moderadas, de la única especie de nemátodo identificada, esto es, *Desmotersia levinae*, que fue registrada sólo en la estación más profunda (E5).

**4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

La riqueza de especies reportada en este informe muestra una comunidad relativamente diversa y uniforme en términos de frecuencia de taxones y niveles de abundancia, tanto en la estación E2 como en la E5. No obstante esta riqueza biológica, existe una fuerte dominancia por parte de nemátodos muy bien adaptados y característicos de Callao como aquellos del género *Desmodora* (tanto en la estación somera como en la profunda) y gastrotricos (varios morfotipos, lo cual refleja potenciales nuevas especies) hallados especialmente en la estación profunda (E5).

La dominancia numérica de nemátodos desmodóridos también ha sido observada en otras áreas de estudio similares desde el punto de vista oceanográfico (INGELS *et al.* 2006, ARMENTEROS *et al.* 2014). Sin embargo, observaciones realizadas en sedimentos de la plataforma profunda y el talud del margen continental chileno (NEIRA *et al.* 2013) no reportan este género de nemátodos como característicos o medianamente dominante, en cambio, hay una notoria ausencia incluso a nivel de la familia (Desmodoridae). NEIRA *et al.* (2013), determinan a *Pselionema* (Ceramonomatidae) como el principal indicador de sedimentos interceptados por la ZMO.

La poca representatividad de desmodóridos en fondos profundos ya ha sido señalada en anteriores trabajos (< 1%, SOETAERT *et al.* 1995). A pesar de esto, análisis en curso (Aramayo *et al.*, *en prep.*) indican que el patrón de poblamiento observado en este estudio (esto es, a lo largo del gradiente costa-oceano) puede representar una tendencia general en el área estudiada, especialmente asociada a la deficiencia de oxígeno (un aspecto que no ha sido analizado cuantitativamente en este estudio).

Es importante destacar la descripción taxonómica de los nemátodos (un total de 6 familias, 3 de estas sólo recientemente identificadas). En este trabajo (aunque inicial) se muestra un importante avance en términos de descripción de la riqueza de nemátodos bentónicos marinos (probablemente el grupo bentónico más complejo en términos taxonómicos). En trabajos anteriores realizados en esta área de la costa central peruana (LEVIN *et al.* 2002, NEIRA *et al.* 2001a), se han analizado exhaustivamente los cambios de la meiofauna asociados a parámetros del sedimento; sin embargo, dichos estudios tuvieron un nivel de resolución taxonómica 'grueso' (al considerar solo grandes grupos filéticos). En este documento, se da a conocer la dominancia de algunas familias importantes de los nemátodos de vida libre. Debido a la fuerte dominancia, los resultados aquí expuestos (índices estimados) muestran esa influencia y es difícil que la tendencia general, tanto en la densidad como en la diversidad, experimente cambios substanciales cuando se logre analizar los datos completos de esta campaña de muestreo.

En relación a las densidades totales, la E2 muestra una tendencia a registrar picos en la subsuperficie inmediata del sedimento (0,5-1 cm), mientras que la E5 tendió a mostrar un poblamiento que descendió progresivamente con la profundidad. Ambos tipos de distribución vertical son tendencia en la comunidad meiofaunal y están mejor explicados

por la alta concentración de nemátodos. Sin embargo, en el caso de la E5, no sólo fueron los nemátodos los responsables del patrón observado, sino también, otros individuos tipo gusanos (como los gastrotricos, menores en dimensión corporal que los nemátodos) han formado un importante núcleo de densidad, especialmente en la capa superficial de esta estación localizada a casi 180 m de profundidad.

Otro aspecto interesante entre la distribución vertical hallada en este estudio y la riqueza taxonómica asociada da cuenta sobre nuevos estratos de profundidad registrados para *D. levinae*. Aquí se muestra una ampliación tanto en el rango de distribución latitudinal como batimétrico originalmente reportados para esta especie (NEIRA y DECRAEMER 2009). Este es el primer reporte de la especie para el presente proyecto. Análisis posteriores permitirán estudiarla mejor, considerando que el actual diseño de muestreo (contrastando respuestas del bentos en fondos someros y profundos de la plataforma) favorece un análisis profundo acerca de este nemátodo indicador de condiciones de hipoxia y anoxia.

La presencia de poliquetos de la familia Spionidae en ambos sitios de diferente profundidad, sugieren dos aspectos centrales: (1) un activo proceso de transporte de huevos y larvas (costa-oceano) para este taxón y (2) un mediano éxito en el reclutamiento (no obstante, las condiciones desfavorables generadas por una permanente hipoxia sobre el fondo). La idea de una relativamente efectiva dispersión larval, en este caso, está respaldada por la habitual identificación de huevos de diversos invertebrados y larvas (en fases iniciales, intermedias y avanzadas) de ejemplares como *Magelona phyllisae*, cuya presencia ha sido frecuente (aunque pobre en densidad) en ambas estaciones. También, la aparición de estos poliquetos confirma los resultados de estudios experimentales desarrollados en estos organismos, los cuales explican su gran capacidad de adaptación (incluso a nivel bioquímico) bajo este tipo de condiciones extremas (GONZÁLEZ y QUIÑONES 2000).

### Agradecimientos

Al equipo de investigación del Laboratorio de Bentos Marino, por su colaboración en la obtención de muestras. Este trabajo ha sido realizado en el marco de las actividades de investigación del Proyecto: "Estudio Integrado del Afloramiento Costero frente a Perú", conducido desde la Dirección de Oceanografía y Cambio Climático, y financiado por el IMARPE.

## 5. REFERENCIAS

- ARMENTEROS M, ROJAS-CORZO A, RUIZ-ABIerno A, DERYCKE S, BACKELJAU T, DECRAEMER W. 2014. Systematics and DNA barcoding of free-living marine nematodes with emphasis on tropical desmodorids using nuclear SSU rDNA and mitochondrial COI sequences. *Nematology*. 16(8): 979-989.
- BORCARD D, GUILLET F, LEGENDRE P. 2011. *Numerical Ecology* with R. Springer. 319 pp.
- GALLARDO V A, ESPINOZA C, FONSECA A, MUSLEH S. 2013. Las grandes bacterias del Sulfureto de Humboldt. *Gayana*. 77(2): 136-170.
- GERLACH S A, RIEMANN F. 1973. The Bremerhaven checklist of aquatic nematodes, Vol. 1. Veröffentlichungen Institut für Meeresforschung Bremerhaven. Supplement 4: 1-734.
- GIERE O. 1975. Population structure, food relations and ecological role of marine oligochaetes. With special reference to meiobenthic species. *Mar Biol*. 31: 139-156
- GIERE O. 1993. *Meiobenthology. The microscopic fauna in aquatic sediments*. Springer-Verlag, Berlin. 328 pp.
- GIERE O. 2009. *Meiobenthology. The microscopic motile fauna of aquatic sediments*. Springer-Verlag, Berlin. 527 pp.
- GONZÁLEZ R, QUIÑONES R A. 2000. Pyruvate Oxidoreductases Involved in Glycolytic Anaerobic Metabolism of Polychaetes from the Continental Shelf off Central-South Chile. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 51(4): 507-519.
- HEIP C, VINCX M, SMOL N, VRANKEN G. 1982. The Systematics and Ecology of free-living marine nematodes. *Helminthological Abstracts. Serie B. Plant Nematology*. 51 (1): 1-28.
- HELLY J, LEVIN L A. 2004. Global distribution of naturally occurring marine hypoxia on continental margins. *Deep Sea Research. Part I* (51): 1159-1168.
- HOPE W D, MURPHY D G. 1972. A Taxonomic Hierarchy and Checklist of the Genera and Higher Taxa of Marine Nematodes. *Smithsonian Contributions to Zoology Number 137*. Smithsonian Institution Press. 112 pp.
- INGELS J, VANHOV S, DE MESEL I, VANREUSEL A. 2006. The biodiversity and biogeography of the free-living nematode genera *Desmodora* and *Desmodorella* (family Desmodoridae) at both sides of the Scotia Arc. *Polar Biol*. (29): 936-949.
- LEVIN L A, GUTIÉRREZ D, RATHBURN A E, NEIRA C, SELLANES J R, MUÑOS P, GALLARDO V, SALAMANCA M. 2002. Benthic processes on the Peru margin: A transect across the oxygen minimum zone during the 1997-98 El Niño. *Progress in Oceanography*. (53): 1-27.
- LEVIN L A. 2003. Oxygen minimum zone benthos: adaptation and community response to hypoxia. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. (41): 1-45.
- LORENZEN S. 1994. *The Phylogenetic Systematics of Free-living Nematodes*. London: The Ray Society. 383 pp.
- MARIA T F, MORGADO A, SMOL N. 2009. *Chromaspirina guanabarensis* sp. n. (Nematoda: Desmodoridae) and a new illustrated dichotomous key to *Chromaspirina* species. *Zootaxa*. 2092: 21-36.
- NEIRA C, DECRAEMER W. 2009. *Desmotersia levinae*, a new genus and new species of free-living nematode from bathyal oxygen minimum zone sediments off Callao, Peru, with discussion on the classification of the genus *Richtersia* (Chromadorida: Selachinematida). *Organisms, Diversity & Evolution*. (9): 1-15.
- NEIRA C, SELLANES J, LEVIN L, ARNTZ W. 2001a. Meiofaunal distributions on the Peru margin: relationship to oxygen and organic matter availability. *Deep-Sea Research*. (48): 2453-2472.
- NEIRA C, SELLANES J, SOTO A, GUTIÉRREZ D, GALLARDO V. 2001b. Meiofauna and sedimentary organic matter off central Chile: response to changes caused by the 1997-98 El Niño. *Oceanologica Acta*. (24): 313-328.
- NEIRA C, KING I, MENDOZA G, SELLANES J, DE LEY P, LEVIN L A. 2013. Nematode community structure along a central Chile margin transect influenced by the oxygen minimum zone. *Deep-Sea Research. I* (78): 1-15.
- PEARSON T H, ROSENBERG R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. (16): 229-311.
- PLATT H M, WARWICK R M. 1983. *Free-living Marine Nematodes. Part I (British Enoplids)*. Cambridge University Press, Cambridge. 307 pp.
- PLATT H M, WARWICK R M. 1988. *Free-living Marine Nematodes (Part II British Chromadorids) Synopses of the British Fauna (New series)*. No 38.
- ROSENBERG R, ARNTZ W, CHUMAN DE FLORES E, FLORES L A, CARBAJAL G, FINGER G, TARAZONA J. 1983. Benthos biomass and oxygen deficiency in the upwelling system off Peru. *Journal of Marine Research*. (41): 263-279.
- SEN GUPTA B. 1999. *Modern foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London. 371 p.
- SOETAERT K, VINCX M, HEIP C. 1995. Nematode Community Structure Along a Mediterranean Shelf-slope Gradient. *Marine Ecology*. 16(3): 189-206.
- SOLTWEDEL T. 2000. Metazoan meiobenthos along continental margins: a review. *Progress in Oceanography*. 46: 59-84.
- TODARO M A. 1992. Contribution to the study of the Mediterranean meiofauna: Gastrotricha from the Island of Ponza, Italy. *Boll. Zool*. (59): 321-333.
- TODARO M A, BALSAMO M, TONGIORGI P. 1992. Marine gastrotrichs from the Tuscan Archipelago (Tyrrhenian Sea): I. Macrodasyida, with description of three new species. *Boll. Zool*. (59): 471-485.
- TODARO M A, BALSAMO M. 1995. Marine gastrotrichs from Sicily (Italy). *Biol. Gallo-Hellenica*. (22): 291-292.

## ANEXO

Tabla 4.- Distribución vertical de riqueza y densidad (Ind/10 cm<sup>2</sup>) de la meiofauna bentónica en las estaciones de muestreo frente a Callao. El signo (-) indica ausencia.

| Sección del sedimento      | Estaciones  |             |
|----------------------------|-------------|-------------|
|                            | E2 (94 m)   | E5 (176 m)  |
| 0 - 0,5 (cm)               | 164 (21,1%) | 185 (42,1%) |
| <i>Desmotersia levinae</i> | -           | 15          |
| <i>Magelona phyllisae</i>  | 1           | -           |
| <i>Desmodora</i> sp.       | 148         | -           |
| <i>Sigambra</i> sp.        | 2           | -           |
| Chromadoridae              | 10          | 1           |
| Comesomatidae              | -           | 3           |
| Oxystominidae              | -           | 2           |
| Spionidae                  | -           | 1           |
| Gastrotricha               | -           | 148         |
| Nematoda                   | -           | 5           |
| Turbellaria                | 3           | 10          |
| 0,5 - 1 (cm)               | 333 (42,9%) | 116 (26,4%) |
| <i>Desmotersia levinae</i> | -           | 4           |
| <i>Magelona phyllisae</i>  | -           | 2           |
| <i>Desmodora</i> sp.       | 320         | 27          |
| Allogromiidae              | -           | 23          |
| Chromadoridae              | 4           | 8           |
| Comesomatidae              | -           | 2           |
| Oncholaimidae              | -           | 4           |
| Gastrotricha               | -           | 46          |
| Turbellaria                | 9           | -           |
| 1 - 1,5 (cm)               | 184 (23,7%) | 30 (6,8%)   |
| <i>Desmotersia levinae</i> | -           | 3           |
| <i>Desmodora</i> sp.       | 176         | -           |
| Chromadoridae              | 6           | 6           |
| Comesomatidae              | -           | 1           |
| Oncholaimidae              | -           | 3           |
| Spionidae                  | 2           | -           |
| Gastrotricha               | -           | 14          |
| Nematoda                   | -           | 3           |
| 1,5 - 2 (cm)               | 58 (7,5%)   | 21 (4,8%)   |
| <i>Desmotersia levinae</i> | -           | 3           |
| <i>Magelona phyllisae</i>  | 1           | 1           |
| <i>Desmodora</i> sp.       | 20          | 1           |
| Chromadoridae              | -           | 1           |
| Comesomatidae              | 10          | 2           |
| Oxystominidae              | 5           | 3           |
| Nematoda                   | 22          | 10          |
| 2 - 3 (cm)                 | 29 (3,7%)   | 41 (9,3%)   |
| <i>Desmotersia levinae</i> | -           | 11          |
| <i>Magelona phyllisae</i>  | 1           | -           |
| <i>Desmodora</i> sp.       | 15          | 3           |
| Allogromiidae I            | 1           | -           |
| Chromadoridae              | 2           | 3           |
| Comesomatidae              | 5           | 13          |
| Oncholaimidae              | -           | 10          |
| Oxystominidae              | -           | 1           |
| Nematoda                   | 5           | -           |
| 3 - 4 (cm)                 | 5 (0,6%)    | 23 (5,2%)   |
| <i>Magelona phyllisae</i>  | -           | 1           |
| <i>Desmodora</i> sp.       | -           | 2           |
| Allogromiidae I            | 1           | -           |
| Chromadoridae              | 1           | 2           |
| Comesomatidae              | -           | 15          |
| Oxystominidae              | -           | 3           |
| Turbellaria                | 3           | -           |
| 4 - 5 (cm)                 | 4 (0,5%)    | 23 (5,2%)   |
| Chromadoridae              | -           | 16          |
| Comesomatidae              | -           | 4           |
| Oxystominidae              | -           | 3           |
| Nematoda                   | 4           | -           |

# ABUNDANCIA MEIOFAUNAL EN SEDIMENTOS ARENOSOS DE UNA BAHÍA SOMERA, COSTA CENTRAL PERUANA

## MEIOFAUNAL ABUNDANCE INHABITING SANDY SEDIMENTS IN A SHALLOW-WATER BAY AT CENTRAL PERU

Víctor Aramayo<sup>1</sup>

### RESUMEN

ARAMAYO V. 2018. *Abundancia meiofaunal en sedimentos arenosos de una bahía somera, costa central peruana*. Bol Inst Mar Perú. 33(1): 98-107.- Aunque tenemos alguna información acerca de la meiofauna de fondos fangosos en Perú, aún se desconocen las características de esta comunidad en fondos arenosos. Se presenta una descripción y análisis comunitario muy básico de la meiofauna en sedimentos superficiales de la bahía de Miraflores y el área marina de Carpayo. Mediante el empleo de un nucleador tipo HAPS se recolectaron muestras replicadas de sedimento. La identificación taxonómica mostró 15 taxa, con tendencia hacia mayor riqueza en estaciones más profundas. En la estación más profunda se observó mayor número de familias de nemátodos de vida libre y de especies de poliquetos (tanto en etapas larvales como juveniles, especialmente *Magelona phyllisae*). También se identificaron copépodos de los Órdenes taxonómicos Harpacticoida y Poecilostomatoida. Las densidades (0-5 cm) fluctuaron entre  $25 \pm 18$  y  $438 \pm 234$  Ind/10 cm<sup>2</sup>. Familias de nemátodos como Monhysteridae ( $167 \pm 123$  Ind/10 cm<sup>2</sup>), Chromadoridae ( $110 \pm 95$  Ind/10 cm<sup>2</sup>), Desmodoridae ( $70 \pm 34$  Ind/10 cm<sup>2</sup>) fueron numéricamente dominantes. El análisis de agrupamiento muestra clara asociación en las estaciones dominadas por nemátodos. La mayor parte de los organismos bentónicos estuvieron poblando la capa superficial del sedimento (0-1 cm), pero sólo los nemátodos exhibieron penetración vertical más homogénea. Algo similar se observó en moluscos (bivalvos y gastrópodos) en los centímetros subsuperficiales (4-5 cm). Se discute la relevancia de estos primeros avances en cuanto a la estructura comunitaria meiofaunal de estos hábitats y su potencial utilidad para entender las señales de reclutamiento *in situ* de especies bentónicas.

PALABRAS CLAVE: meiofauna, distribución vertical, bentos, costa central peruana

### ABSTRACT

ARAMAYO V. 2018. *Meiofaunal abundance inhabiting sandy sediments in a shallow-water bay at Central Peru*. Bol Inst Mar Peru. 33(1): 98-107.- Although we have some information about the muddy-bottoms meiofauna in Peru, we still do not know the main patterns of this community in local sandy bottoms. A description and subsequent analysis of this surface-inhabiting community are presented for Miraflores Bay and the spatially-close area of Carpayo. By using a HAPS corer, replicated, independent samples of sediment were collected. The taxonomic analysis showed 15 taxa, with a high richness at deepest stations. Deepest sites tend to be populated by high numbers of free-living nematodes, and also a good number of polychaete species (both larval and juvenile stages, especially *Magelona phyllisae*). Copepods of the taxonomic orders Harpacticoid and Poecilostomatoida were also identified. The total densities (0-5 cm) ranged between  $25 \pm 18$  and  $438 \pm 234$  Ind/10 cm<sup>2</sup>. Nematode families such as Monhysteridae ( $167 \pm 123$  Ind/10 cm<sup>2</sup>), Chromadoridae ( $110 \pm 95$  Ind/10 cm<sup>2</sup>), and Desmodoridae ( $70 \pm 34$  Ind/10 cm<sup>2</sup>) were numerically dominant. The cluster analysis shows a clear association of stations dominated by nematodes. Most of the benthic organisms were inhabiting the surface layer of the sediment (0-1 cm), but only the nematodes exhibited a more homogeneous vertical penetration. A relatively similar pattern was observed in molluscs (bivalves and gastropods) inhabiting sub-surface centimeters (4-5 cm). The relevance of these early advances in the meiofaunal community structure of these habitats and their potential usefulness to understanding *in situ* recruitment signs of benthic species is discussed.

KEYWORDS: meiofauna, vertical distribution, benthos, Central Peru

## 1. INTRODUCCIÓN

La meiofauna es uno de los principales componentes faunales de los fondos continentales y especialmente marinos (GIERE 1993, 2009). Este grupo ecológico disgrega gran parte del conglomerado orgánico que desciende al fondo tanto en forma particulada como disuelta (LEVIN *et al.* 1991, NEIRA y HÖPNER 1994, LEVIN *et al.* 2002). Gran parte de esta actividad meiofaunal estimula significativamente la actividad microbiana (NEIRA y HÖPNER 1994) y favorece el transporte superficial de solutos y otros

componentes químicos en los sedimentos (ALLER y ALLER 1992, COULL 1999).

La diversidad meiofaunal depende de varios factores como el tipo de sedimento y las condiciones oceanográficas que modulan sobre el fondo, es decir, el hábitat es un fuerte condicionante para el asentamiento, desarrollo y éxito de estos organismos (COULL 1999, LEVIN *et al.* 2002). Sin embargo, existen algunos grupos resistentes a condiciones normalmente desfavorables para la vida, por ejemplo, la deficiencia crónica de oxígeno (LEVIN *et al.* 2002,

<sup>1</sup> IMARPE, Dirección General de Investigaciones en Oceanografía y Cambio Climático. Área Funcional de Investigaciones en Oceanografía Biológica. Laboratorio de Bentos Marino. varamayo@imarpe.gob.pe

LEVIN 2003). Los nemátodos de vida libre son un claro ejemplo de adaptación y éxito reproductivo en este tipo de hábitats extremos, observaciones realizadas tanto en áreas oligotróficas como en aquellas de gran productividad muestran tendencias de poblamiento numérico muy similares, con clara dominancia por parte de este filo (LEVIN *et al.* 1991).

En Perú, la mayor parte de los estudios mejor logrados sobre meiofauna han sido realizados en fondos comparativamente más profundos y de tipo fangoso (LEVIN *et al.* 2002, LEVIN 2003) y poco se conoce sobre la diversidad y patrones comunitarios generales de la meiofauna en otros tipos de substratos como los arenosos.

En el presente trabajo se describe y analiza los principales cambios espaciales en la distribución vertical de la abundancia meiofaunal en fondos arenosos de la bahía de Miraflores y el área marina de Carpayo observados en marzo 2014.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO Y ESTACIONES DE MUESTREO

El estudio fue realizado en la parte más somera de la bahía de Miraflores y el área adyacente de Carpayo (~12°S) las que tienen influencia humana variada,

especialmente por la modificación del borde costero y presencia permanente de colectores urbanos. Además, naturalmente esta área de estudio se caracteriza por tener cambios de alta frecuencia, principalmente asociados a la hidrodinámica costera, como la influencia de corrientes superficiales (ZUTA y GUILLÉN 1970). Esto condiciona las características fisicoquímicas del sedimento debido a la perturbación superficial generada por los pulsos continuos de corriente. La campaña de muestreo fue realizada a bordo de la embarcación Imarpe VI, durante marzo 2014.

Por su cercanía a la costa, todas las estaciones muestreadas exhibieron un único tipo de substrato: arenoso con capas finas, muy superficiales (ligeramente negruzcas) de lo que es básicamente material orgánico (aparentemente lábil), observable a simple vista.

Se recolectó la meiofauna (definida en este estudio como todos los organismos retenidos en un tamiz de 63  $\mu\text{m}$ ) en cuatro estaciones (Tabla 1, Fig. 1) mediante un equipo nucleador tipo HAPS (con el cual se puede obtener un único núcleo de sedimento por lance). Con este equipo se recolectaron muestras replicadas de sedimentos superficiales y se utilizaron sólo aquellas muestras (núcleos de sedimento) que no mostraron perturbación superficial, para asegurar el análisis comunitario comparativo en la columna del sedimento.

Tabla 1.- Estaciones de muestreo y detalles técnicos de la recolección

| Est. | Posición        | Prof. (m) | Tipo de nucleador | Tipo de sedimento | Réplica | Columna de sedimento (cm) |
|------|-----------------|-----------|-------------------|-------------------|---------|---------------------------|
| E6   | 12,650S-77,400W | 12        | HAPS              | Arenoso           | 2       | 0-5                       |
| E23  | 12,218S-77,213W | 18        | HAPS              | Arenoso           | 1       | 0-5                       |
| E32  | 12,820S-77,422W | 20        | HAPS              | Arenoso           | 2       | 0-5                       |
| S4   | 12,997S-77,525W | 30        | HAPS              | Arenoso           | 2       | 0-5                       |

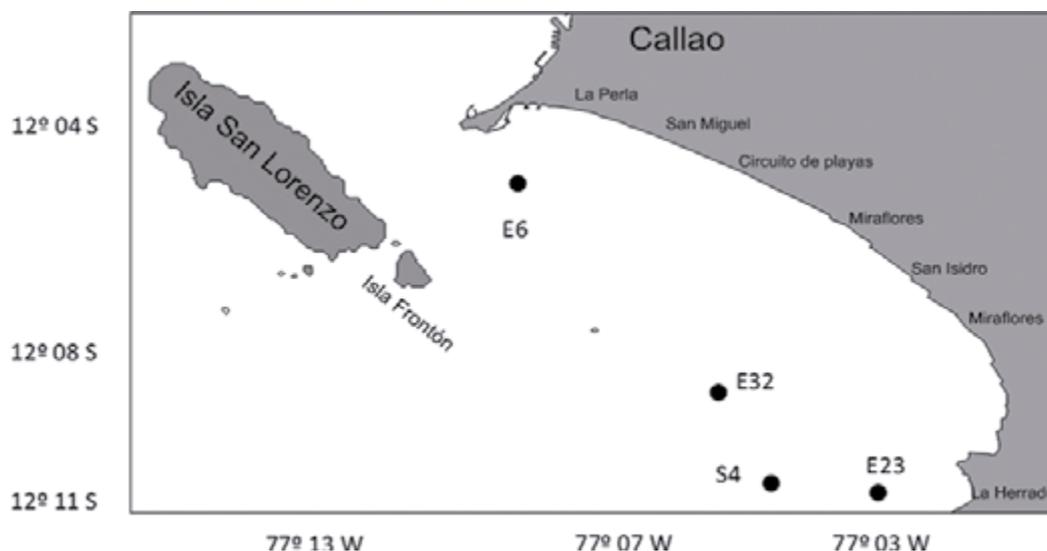


Figura 1.- Estaciones de muestreo de meiofauna durante marzo 2014

Se completó una columna de sedimento (0-5 cm) las que fueron seccionadas cada centímetro (0-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5). Este procedimiento se realizó en cada caso, posteriormente la fijación de los organismos se efectuó con formaldehído al 4% regulado con tetraborato sódico a semisaturación. La cuantificación de los organismos fue expresada por 10 cm<sup>2</sup>.

**ANÁLISIS TAXONÓMICO Y MEDICIONES DE RIQUEZA**

Se identificó a los organismos meiofaunales hasta el menor nivel taxonómico posible. Para la identificación de nemátodos de vida libre de la familia Chromadoridae se siguió a PLATT y WARWICK (1983, 1988) y HOPE y MURPHY (1972). También se utilizaron artículos especializados sobre la familia Desmodoridae (MARIA *et al.* 2009, HOPE y MURPHY 1972, GERLACH y RIEMANN 1973). La sistemática de los nemátodos de vida libre está basada en LORENZEN (1994) y HEIP *et al.* (1982). Otros grupos fueron identificados consultando a GIERE (1975, 1993, 2009); TODARO (1992), TODARO *et al.* (1992, 1995).

La riqueza de especies (S) esto es, el número total de especies identificadas en una muestra, fue descrita como tal en la comunidad meiofaunal, pero adicionalmente se calcularon estimadores como los de Margalef (CLIFFORD y STEPHENSON 1975) representado aquí como M y expresado según la relación:  $M = (S-1)/\ln N$ .

De otro lado, para las estimaciones de diversidad se usó la teoría de la información de Shannon (H', SHANNON y WEAVER 1949) cuya expresión matemática es:  $(-\sum p_i) * (\ln p_i)$ . Asimismo, se usó el Índice de Diversidad de Simpson (Ds) en su expresión 1/D (MACARTHUR 1972). Para describir la equitabilidad o uniformidad dentro de la comunidad meiofaunal se empleó el índice de Equitabilidad de Shannon (ES o J') el cual se obtiene "extrayendo" la riqueza de la comunidad:  $H'/\ln S$ .

**3. RESULTADOS**

**DIVERSIDAD Y DENSIDAD**

En relación a los principales filos encontrados, los más importantes fueron Nematoda (>90%), Annelida y Arthropoda. Se registraron 15 taxa, los cuales estuvieron básicamente concentrados en la estación S4 (hasta 13 registros), estación en la cual se observó el mayor número de familias de nemátodos de vida libre y también un buen número de especies de poliquetos (en etapas larvales y juveniles) interactuando con la meiofauna permanente. En tanto, la riqueza de taxa identificados en las demás estaciones fue

comparativamente menor: E23 (6), E32 (4) y E6 (4) (Tabla 2).

Copépodos de morfología variable (un grupo característico de la meiofauna de fondos arenosos) también fueron identificados en el estudio. Estos pequeños crustáceos estuvieron representados por dos órdenes taxonómicos Harpacticoida y Poecilostomatoida, no en los mismos niveles de abundancia que los nemátodos de vida libre, pero sí con regular frecuencia.

Los índices de diversidad estimados comparando estaciones muestran que la estación S4 no sólo exhibió las mejores estimaciones para Shannon-Wiener ('H) con valores por encima de 1, sino también, mostró similar tendencia en cuanto a densidades entre grupos. Los aportes de poliquetos y moluscos (bivalvos y gastrópodos) fueron determinantes para la obtención de estos resultados (lo que se discutirá en la evaluación de la distribución vertical en la columna del sedimento).

Algo similar fue observado al calcular los índices de diversidad de Simpson (Ds) para evaluar la dominancia en las muestras obtenidas, la equitabilidad o uniformidad de Jaccard ('J) e incluso el índice de diversidad de Margalef para especies poco frecuentes (M).

Tabla 2.- Grupos taxonómicos de la meiofauna por estaciones. El símbolo (-) indica ausencia

|                           | S4    | E23   | E32   | E6    |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Nematoda                  | 44    | 1     | 7     | 1     |
| Chromadoridae             | 110   | -     | -     | 1     |
| Monhysteridae             | 167   | 496   | 65    | 2     |
| Desmodoridae              | 70    | -     | 4     | -     |
| <i>Hermundura fauveli</i> | 1     | -     | -     | -     |
| <i>Magelona phyllisae</i> | 4     | 28    | 2     | 22    |
| <i>Sigambra bassi</i>     | -     | 1     | -     | -     |
| <i>Aricidea</i> sp.       | 1     | -     | -     | -     |
| <i>Cirratulus</i> sp.     | 12    | -     | -     | -     |
| Spionidae                 | 2     | 2     | -     | -     |
| Oligochaeta               | -     | 13    | -     | -     |
| Harpacticoida             | 5     | -     | -     | -     |
| Poecilostomatoida         | 2     | -     | -     | -     |
| Bivalvia                  | 22    | -     | -     | -     |
| Gastropoda                | 1     | -     | -     | -     |
| Total                     | 438   | 541   | 77    | 25    |
| Riqueza                   | 13    | 6     | 4     | 4     |
| H'                        | 1,653 | 0,366 | 0,590 | 0,478 |
| Ds                        | 0,755 | 0,156 | 0,283 | 0,232 |
| J                         | 0,645 | 0,205 | 0,425 | 0,345 |
| M                         | 1,973 | 0,794 | 0,692 | 0,938 |

Las densidades totales (0-5 cm) fluctuaron entre  $25 \pm 18$  y  $438 \pm 234$  Ind/10 cm<sup>2</sup>. Aunque la diversidad (tanto la riqueza de especies como el valor de H') fue mayor en la estación S4 y estuvo explicada por la presencia de varios grupos, también mostró relativa alta dominancia; por ejemplo, de familias de nemátodos, las cuales estuvieron distribuidas como sigue: Monhysteridae ( $167 \pm 123$  Ind/10 cm<sup>2</sup>), Chromadoridae ( $110 \pm 95$  Ind/10 cm<sup>2</sup>), Desmodoridae ( $70 \pm 34$  Ind/10 cm<sup>2</sup>) y finalmente varios nemátodos no identificados agrupados como Nematoda ( $44 \pm 10$  Ind/10 cm<sup>2</sup>). La estación E23 (con sólo una réplica recolectada) fue la que mostró las densidades totales más altas ( $541$  Ind/10 cm<sup>2</sup>), con amplia dominancia de nemátodos de la familia Monhysteridae ( $496$  Ind/10 cm<sup>2</sup>) y el poliqueto *Magelona phyllisae* Jones ( $28$  Ind/10 cm<sup>2</sup>), además de la presencia de oligoquetos no identificados a mayor detalle ( $13$  Ind/10 cm<sup>2</sup>).

Los monistéricos fueron dominantes ( $65 \pm 12$  Ind/10 cm<sup>2</sup>) en la estación E32, y conformaron el principal taxón en términos numéricos. En cambio, en la E6 *M. phyllisae* fue la especie más importante (un cambio en la dominancia hacia los poliquetos) y los nemátodos notablemente disminuyeron su presencia numérica.

Estos resultados en la diversidad y la dominancia en la comunidad meiofaunal también pueden observarse en la Figura 2, donde las curvas generadas muestran a la estación S4 posicionada en la parte inferior del plano, en tanto que las demás están cercanamente agrupadas en la parte superior. Esto indica cómo la S4 exhibe densidades mejor distribuidas entre más especies, por esta razón en el eje del rango de especies se muestra siempre por debajo en relación a la dominancia acumulada.

De todas las estaciones, la E23 es claramente la más dominante y básicamente con un solo taxón (Monhysteridae); por esta razón la curva que la representa se ubica en la parte superior del plano y muestra un rápido cambio en la dominancia acumulada asociado a un, comparativamente, menor número de especies en la muestra.

El análisis de agrupamiento comunitario (Fig. 3) entre estaciones muestra clara coherencia con los resultados de densidad expuestos en la Tabla 2. Es decir, existe relación entre las densidades contabilizadas para las estaciones S4, E23 y E32 (en diferente grado de similaridad), mientras que la E6 constituyó un caso más alejado en términos de densidad.

Esto es particularmente interesante si consideramos los grupos más dominantes en cada caso. Como se ha mencionado, básicamente las dominancias numéricas estuvieron conducidas por nemátodos (en este

caso, monistéricos) y poliquetos (en fases larvales o juveniles). Así que el agrupamiento mostrado en la Figura 3A también toma en cuenta estas características comunitarias y explica los agrupamientos de acuerdo con el taxón dominante, esto es, la dominancia relativa (DR) de los nemátodos (N) o poliquetos (P) según sea el caso. De esta forma se pueden diferenciar estaciones que fueron agrupadas por su dominancia numérica sustentada en nemátodos o poliquetos. La E6 tuvo a *M. phyllisae* como la especie que mejor representó sus densidades, pero éstas fueron comparativamente diferentes (en órdenes de magnitud) que aquellas registradas para las demás estaciones (dominadas por nemátodos).

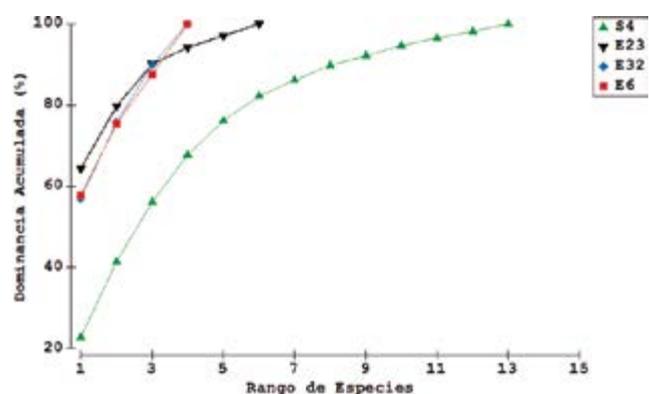


Figura 2.- Curvas de dominancia acumulada y rango de especies

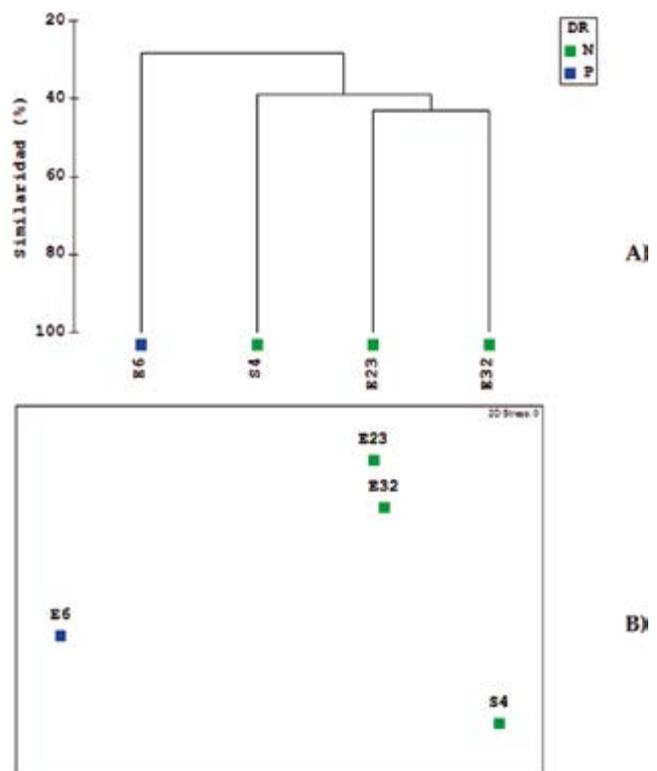


Figura 3.- Análisis de agrupamiento (A) y escalamiento NMDS (B) entre estaciones, basado en la matriz de similaridad Bray-Curtis. DR: Dominancia, N: Nemátodos, P: Poliquetos

El análisis de escalamiento (NMDS, Fig. 3B) para explorar relaciones espaciales, también muestra clara asociación entre estaciones donde los nemátodos fueron dominantes en densidad y muy alejada similaridad numérica (< 30%) en la estación E6 (donde predominó *M. phyllisae*, ver Figura 3). No obstante, también se puede corroborar que la S4, debido a la relativa uniformidad observada en sus densidades, está espacialmente diferenciada, como un agrupamiento independiente y sólo se ajusta en similaridad en alrededor de 40% (porcentaje explicado principalmente por las altas densidades registradas en las familias de nemátodos).

**DISTRIBUCIÓN VERTICAL EN LA COLUMNA DEL SEDIMENTO**

El mayor poblamiento meiofaunal estuvo concentrado en la capa superficial del sedimento (0-1 cm), especialmente importante fue la distribución de los nemátodos seguido de los poliquetos (Tabla 3).

Las densidades totales de los nemátodos fueron comparativamente altas (303 Ind/10 cm<sup>2</sup>, S4) y también muy bajas (1 Ind/10 cm<sup>2</sup>, E6). Algo similar ocurrió en la subsuperficie inmediata (1-2 cm) en ambos grupos dominantes, aquí las densidades fluctuaron entre 12 y 175 Ind/10 cm<sup>2</sup>.

Las densidades en los centímetros inferiores (2-5 cm) mostraron una reducción ostensible, en más de un orden de magnitud, especialmente en grupos como los poliquetos, cuyas densidades y diversidad máximas se observaron esencialmente en la superficie.

Sin embargo, en el caso de la estación S4 se detectó un poblamiento de moluscos (bivalvos y gastrópodos) importante en el centímetro inferior del sedimento analizado (4-5 cm), la mayor parte de estos individuos (cuyos rangos de tamaño adulto corresponden a la macrofauna) estuvieron constituidos por fases larvales iniciales asociadas (meiofauna temporal).

Aunque los nemátodos de vida libre dominan en toda la columna, especialmente en la superficie, en proporción a la densidad total, solo en el centímetro superior (0-1 cm) comparten el hábitat con más de un grupo meiofaunal. Debido a esto, sus dominancias fluctúan entre 58% (E23) y 79,1% (E32). En el caso de la estación E6, el dominio numérico pasó al grupo Polychaeta, el cual estuvo representado por *M. phyllisae* en el cien por cien de los conteos (Tabla 4). En el caso del nivel 1-2 cm, la dominancia fluctuó entre 15% (E32) y 87,8% (E6), valores que estuvieron representados por la familia de nemátodos Monhysteridae y *M. phyllisae*, respectivamente.

Las densidades relativas van disminuyendo progresivamente con la misma tendencia (proporcional con la profundidad); sin embargo, aunque en menor magnitud numérica, los moluscos fueron los más numerosos en subsuperficie (4-5 cm) especialmente

Tabla 3.- Distribución vertical de los principales filos de la meiofauna. El símbolo (-) indica ausencia

|            | S4  | E23 | E32 | E6 |
|------------|-----|-----|-----|----|
| 0-1        | 303 | 243 | 61  | 1  |
| Nematoda   | 278 | 200 | 59  | -  |
| Annelida   | 19  | 43  | 2   | 1  |
| Arthropoda | 6   | -   | -   | -  |
| 1-2        | 96  | 175 | 12  | 22 |
| Nematoda   | 96  | 175 | 12  | 3  |
| Annelida   | -   | -   | -   | 19 |
| 2-3        | 15  | 1   | -   | 2  |
| Nematoda   | 14  | -   | -   | 1  |
| Annelida   | 1   | 1   | -   | 1  |
| 3-4        | 2   | -   | 4   | -  |
| Nematoda   | 2   | -   | 4   | -  |
| 4-5        | 24  | -   | 1   | -  |
| Nematoda   | 1   | -   | 1   | -  |
| Mollusca   | 23  | -   | -   | -  |

Tabla 4.- Densidades relativas (%) de la meiofauna en la columna del sedimento. El símbolo (-) indica ausencia

|                           | S4   | E23  | E32  | E6   |
|---------------------------|------|------|------|------|
| 0-1                       | 69,1 | 58,0 | 79,1 | 4,1  |
| Nematoda                  | 13,7 | -    | 9,1  | -    |
| Chromadoridae             | 0,8  | -    | -    | -    |
| Monhysteridae             | 54,4 | 82,3 | 81,8 | -    |
| Desmodoridae              | 23,0 | -    | 5,8  | -    |
| <i>Hermundura fauveli</i> | 0,3  | -    | -    | -    |
| <i>Magelona phyllisae</i> | 1,3  | 11,5 | 3,3  | 100  |
| <i>Sigambra bassi</i>     | -    | 0,4  | -    | -    |
| <i>Aricidea</i> sp.       | 0,3  | -    | -    | -    |
| <i>Cirratulus</i> sp.     | 3,8  | -    | -    | -    |
| Spionidae                 | 0,3  | 0,4  | -    | -    |
| Oligochaeta               | -    | 5,3  | -    | -    |
| Harpacticoida             | 1,5  | -    | -    | -    |
| Poecilostomatoida         | 0,5  | -    | -    | -    |
| 1-2                       | 21,8 | 41,8 | 15,0 | 87,8 |
| Nematoda                  | -    | 0,6  | 4,3  | -    |
| Chromadoridae             | 97,4 | -    | -    | 2,3  |
| Monhysteridae             | 2,6  | 99,4 | 95,7 | 9,3  |
| <i>Magelona phyllisae</i> | -    | -    | -    | 88,4 |
| 2-3                       | 3,3  | 0,2  | -    | 8,2  |
| Nematoda                  | -    | -    | -    | 25,0 |
| Chromadoridae             | 96,6 | -    | -    | -    |
| <i>Magelona phyllisae</i> | -    | -    | -    | 75,0 |
| Spionidae                 | 3,4  | 100  | -    | -    |
| 3-4                       | 0,5  | -    | 5,2  | -    |
| Nematoda                  | 100  | -    | 12,5 | -    |
| Monhysteridae             | -    | -    | 87,5 | -    |
| 4-5                       | 5,4  | -    | 0,7  | -    |
| Nematoda                  | 2,1  | -    | -    | -    |
| Monhysteridae             | -    | -    | 100  | -    |
| Bivalvia                  | 93,6 | -    | -    | -    |
| Gastropoda                | 4,3  | -    | -    | -    |

en la estación S4 y, consecuentemente, superaron a los nemátodos en algunas secciones del sedimento de dicha estación.

*M. phyllisae* ha sido el poliqueto más representativo tanto en la distribución espacial (una especie discriminante) como en su distribución vertical en el sedimento durante el estudio. En la estación E6 este espionido penetró en la columna del sedimento no sólo hasta la subsuperficie (1-2 cm) donde logró la mayor densidad relativa (88,4%), sino también, en el centímetro 2-3 logrando el 75% del total registrado.

Las densidades registradas en el primer centímetro del sedimento son las más altas, pero también las más variables en toda la columna (Fig. 4) porque, al parecer, las condiciones de flujo de corriente entre estaciones están muy diferenciadas. Esto ha ocurrido en todas las estaciones evaluadas, especialmente en la capa superficial (0-2 cm) donde se produce la mayor parte de la actividad biológica del bentos. En cambio, estas fluctuaciones son menores en los centímetros inferiores, donde sólo la sobrevivencia de algunos nemátodos explica las densidades más importantes.

En otros casos, como en la S4, se entiende que el poblamiento más profundo por parte de moluscos obedece más a un proceso de asentamiento y reclutamiento característico en este filo, algo que ocurre tanto en fondos de tipo arenoso como fangoso.

En la figura 4 también se observa que, aunque comparativamente, los poliquetos mostraron las mayores densidades, estas no fueron tan altas como la de los nemátodos. Por simple inspección la estación E6 parece ser menos similar (ver Fig. 3) no sólo en sus densidades totales, sino también en su distribución vertical y adicionalmente exhibieron menor variabilidad entre réplicas (menor desviación estándar).

Es importante mencionar que, de todos los grupos identificados, sólo los nemátodos estuvieron regularmente poblando las cinco fracciones del sedimento, aunque, a diferencia de lo que ocurre en fondos fangosos, en los fondos de Bahía Miraflores-Carpayo existe comparativamente menor dominancia debido al éxito de otros grupos de la meiofauna en este tipo de ambientes.

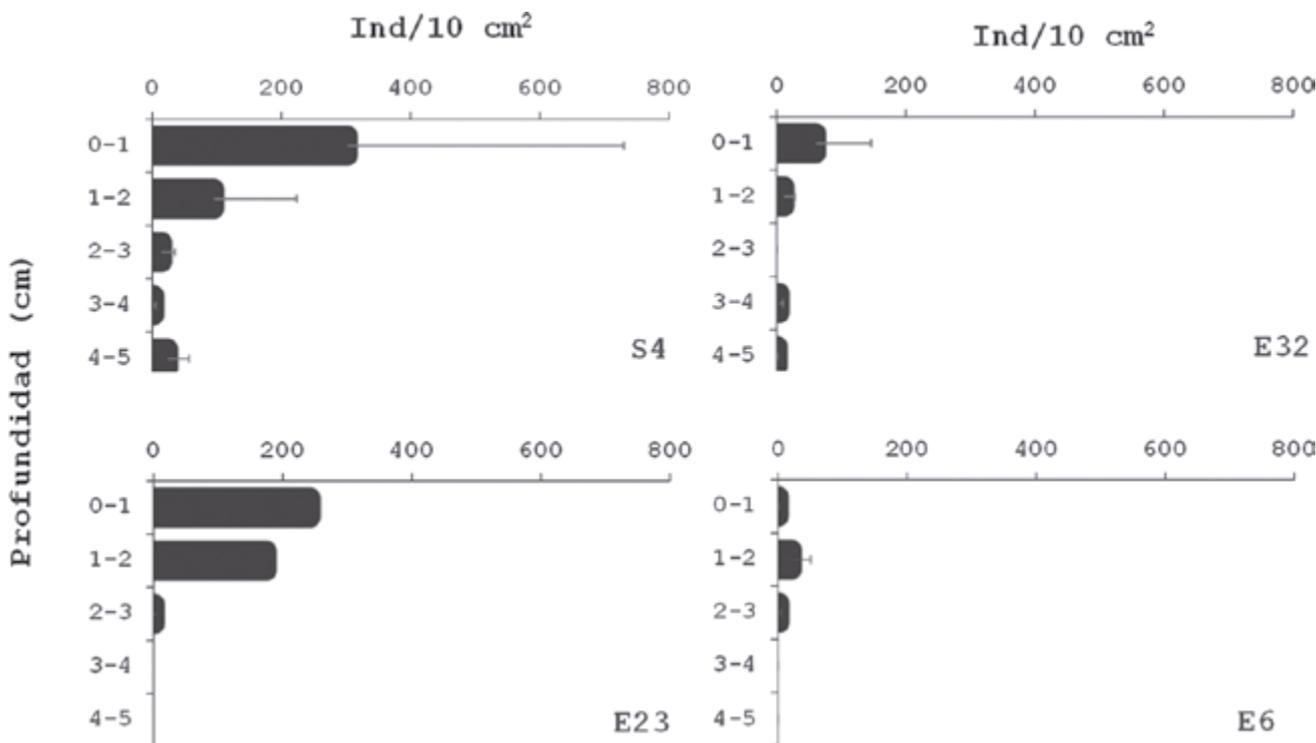


Figura 4.- Distribución vertical de las densidades totales (Ind/10 cm²) de la meiofauna

## 4. DISCUSIÓN

### DIVERSIDAD FILÉTICA

En este trabajo se muestra una comunidad relativamente diversa, con grupos característicos del bentos marino y con algunas familias de nemátodos comparativamente frecuentes y abundantes. No obstante, la diversidad de familias de nemátodos hallada sugiere que este grupo también es exitoso en este tipo de hábitats, a pesar de ser generalmente presa de otros individuos como los poliquetos (NEIRA y HÖPNER 1994, COULL 1999, LEVIN *et al.* 2002, LEVIN 2003) y de tener fuerte competencia por parte de un amplio espectro de otras especies de la macrofauna cuyas poblaciones son exitosas en estos tipos de ambientes más oxigenados y menos extremos.

Las larvas de varias especies de poliquetos son buenas indicadoras de las condiciones favorables de los sitios evaluados, estos anélidos son un grupo altamente competitivo dentro de la meiofauna, tanto en términos de diversidad como en densidad (COULL 1999, GIERE 2009). De hecho, estos metazoarios son exitosos poblando gran gama de diferentes hábitats bentónicos (GIERE 1993, 2009) y exhiben amplios y continuos procesos de dispersión a diferentes escalas de tiempo y espacio (ventaja que obtienen, entre otras razones, gracias a sus estrategias de reproducción y dispersión de huevos y larvas).

Es notoria la pobre presencia del grupo Crustacea, el cual generalmente aparece en este tipo de ambientes de forma más dominante en términos numéricos. Sin embargo, este grupo también es conocido por tener altas fluctuaciones de densidad, asociadas a patrones de migración, alimentación, reproducción, etc. (HEIP y HERMAN 1985) un factor que puede explicar (tentativa y parcialmente) por qué no fue posible verlos durante el estudio.

Otro aspecto que es claro en los resultados de este estudio es el positivo poblamiento vertical de la meiofauna (principalmente representados por nemátodos y poliquetos). La incursión vertical en la columna del sedimento es difícil por dos aspectos básicos (entre los principales): (1) la deficiencia natural de oxígeno en el medio sedimentario (lo cual requiere un alto grado de adaptación) con un consecuente alto costo metabólico que demanda este movimiento y (2) la morfología requerida para ingresar eficientemente en el sedimento (aun cuando este sea blando).

En áreas espacialmente cercanas, pero más profundas y con más clara deficiencia de oxígeno tanto en la columna de agua como especialmente sobre el fondo, como ocurre en el Callao (LEVIN *et al.* 2002, LEVIN

2003) donde el tipo de sedimento es más determinante y además el control comunitario también es afectado por la disponibilidad de materia orgánica, es difícil observar un poblamiento homogéneo en los centímetros inferiores de la columna del sedimento. En cambio, es más probable observar dominancia de sólo algunos filos importantes y altamente adaptados como los nemátodos de vida libre.

Desde el punto de vista de la diversidad hallada, es trascendental resaltar la presencia de una familia de nemátodos no observada antes en el Callao (probablemente, registrada por primera vez en esta área de la costa peruana) como es la familia Monhysteridae, la cual ha sido (entre la mayoría de los nemátodos analizados) la más importante y ha marcado el patrón de cambio tanto en aspectos de diversidad como en densidad, entre estaciones y dentro del poblamiento en la columna del sedimento. En otras áreas de estudio, los monistéricidos han sido encontrados en fondos que van desde los más costeros (GERLACH y RIEMANN 1973) hasta hábitats muy profundos (GIERE 1993, 2009).

Especies generalistas, como muchas pertenecientes al grupo Nematoda, tienen ventaja competitiva frente a otras más especializadas en el tipo de alimento y, por lo tanto, limitadas sólo a determinadas áreas dentro del sedimento (NOVAK 1989, 1992). Generalmente, este aspecto se refleja en los patrones de dominancia y densidad meiofaunal. Sin embargo, lo que sí es claro hasta ahora es el rol que juega la calidad del material orgánico que sedimenta al fondo especialmente en términos energéticos (DANOVARO *et al.* 2000, GRÉMARE *et al.* 2002) y cómo este factor modula la presencia de las comunidades bentónicas, por ejemplo la formada por los nemátodos.

Dichas características del sedimento son cruciales y tienen importantes repercusiones ecológicas para la diversificación de grupos como Nematoda y Polychaeta (debido a la especialización trófica, lo cual conlleva a un aprovechamiento diferenciado del hábitat).

Por otro lado, los poliquetos que han sido identificados también son frecuentes en otras áreas de estudio (como grupo competidor por espacio, materia orgánica y en otros casos como grupo depredador). Entre los poliquetos, los espiónidos son los que mayormente son exitosos para sobrevivir desde la columna de agua (en el momento en que están en fases larvales plantónicas) y cuando ocurre el proceso de asentamiento. Debido a la poca profundidad de las estaciones muestreadas es probable que la mayor parte de la dinámica ontogénica de este grupo esté ocurriendo en la capa de borde bentónico, esto es, muy cerca al fondo.

Esto explicaría, en parte, porqué se observan individuos en fase metatrocófora (una fase pelágica - semipelágica) o nectoqueta (larva avanzada) en las muestras recolectadas en sedimentos, algo similar puede decirse de los moluscos (Fig. 5). En este mismo orden de ideas, la importante presencia, en términos numéricos, de moluscos bivalvos y gastrópodos en fases larvales en los centímetros inferiores de la columna del sedimento de la S4, sugiere un reclutamiento activo en este grupo algo que es difícil de observar en otros tipos de ambientes cercanos como los hábitats bentónicos fangosos frente a Callao.

### DENSIDAD

Las densidades estuvieron sustentadas básicamente en los nemátodos y entre éstos el grupo Monhysteridae fue el más importante. En otros ambientes bentónicos

como los de Callao y Pisco, en estaciones someras ubicadas entre 30 y 50 m, son otras las familias que gobiernan el patrón de la densidad (por ejemplo, Chromadoridae, Desmodoridae). Los resultados aquí expuestos muestran por primera vez un cambio en esa dominancia entre familias.

Al igual que en fondos fangosos, los nemátodos logran penetrar los centímetros inferiores del sedimento, esto es coherente con resultados obtenidos en otras áreas someras de estudio con fondos arenosos o de características mixtas (SCHERER 1985, GIERE 1993, 2009; ÓLAFSSON 1995) lo cual demuestra un exitoso mecanismo de adaptación de este grupo no sólo para competir por el espacio, sino también, para enfrentar interacciones como la depredación por parte de los poliquetos, algo que es común en este tipo de ecosistemas marinos someros (COULL 1990, 1999, GIERE 2009).



Figura 5. Algunos ejemplos de organismos meiofaunales hallados durante el estudio (fotografías no escaladas). Nemátodos de la familia Monhysteridae (a) y Desmodoridae (b), y otro ejemplar en revisión (c). Copépodos de los Órdenes Cyclopoida (Suborden Poecilostomatoida) (d) y Harpacticoida (e). Poliquetos de la familia Spionidae (f). Moluscos bivalvos (g, h) y gastrópodos (i, j)

De igual forma, la reiterada presencia de *Magelona phyllisae*, que fue importante en la densidad contabilizada en más de una estación, sugiere no sólo un continuo éxito en los procesos de reproducción y dispersión de larvas de esta especie, sino también confirma algo que se ha observado en otras áreas cercanas como Callao durante diferentes períodos (SALZWEDEL *et al.* 1988, QUIPÚZCOA *et al.* 1998, LEVIN, 2003).

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados aquí expuestos constituyen los primeros hallazgos acerca del ordenamiento de la comunidad meiofaunal en un tipo de sedimento arenoso, dominado por nemátodos de vida libre (hasta 90% en algunos casos), pero muy variable entre áreas espacialmente cercanas, lo cual sugiere cambios de alta frecuencia (asociados a ¿corrientes? ¿Eventos de floración microalgal?), un tema que deberá ser explorado.

Los anélidos poliquetos fueron muy frecuentes en las cuatro estaciones; mientras que los artrópodos fueron, comparativamente, escasos. En relación a la diversidad total encontrada, aunque dependiente del grado de resolución taxonómica empleado, se observó un importante número de taxa, los que estuvieron principalmente representados por las familias de nemátodos de vida libre. De éstas, la familia Monhysteridae fue la más importante en densidad y ha marcado el patrón de cambio, principalmente, en la densidad entre estaciones y dentro de la columna del sedimento.

*Magelona phyllisae* ha sido el poliqueto más representativo tanto en la distribución espacial (una especie discriminante para este estudio) como en su distribución vertical en el sedimento. La reiterada presencia de *M. phyllisae* siendo importante en la densidad, sugiere no sólo un continuo éxito en sus procesos de reproducción y dispersión de larvas, sino también, confirma observaciones actuales realizadas en áreas cercanas como Callao.

La superficie del sedimento (principalmente en 0-1 cm en este caso), reflejó la mayor parte de la actividad biológica encontrada, tanto en densidad como en diversidad. Sin embargo, en los centímetros intermedios o subsuperficiales, moluscos bivalvos y gastrópodos en fases larvales poblaron típicamente estos sectores de la columna del sedimento; este ordenamiento también sugiere un reclutamiento activo en este gran grupo (rápido asentamiento y posterior enterramiento en la superficie del sedimento).

Esto último también es un tema clave a considerar en futuros estudios, especialmente en el caso de la evaluación de especies bentónicas de importancia comercial, cuyos enfoques de análisis podrían mejorar ostensiblemente si se explora la señal de reclutamiento *in situ* (es decir, la cuantificación y caracterización del componente larval en el sedimento).

## Agradecimientos

Este documento ha sido producido en el marco de las actividades del Proyecto: "Estudio Integrado de los Procesos Químicos, Físicos y Biológicos en Ecosistemas de Borde Costero", conducidos desde la Dirección de Oceanografía y Cambio Climático y financiados por el Instituto del Mar del Perú.

## 6. REFERENCIAS

- ALLER R C, ALLER J Y. 1992. Meiofauna and solute transport in marine muds. *Limnology and Oceanography*. 37: 1018-1033.
- CLIFFORD H T, STEPHENSON W. 1975. An introduction to numerical classification. London: Academic Express. 229 pp.
- COULL B C. 1990. Are members of the meiofauna food for higher trophic levels? *Transactions of the American Microscopically Society*. 109: 233-246.
- COULL B C. 1999. Role of meiofauna in estuarine soft-bottom habitats. *Australian Journal of Ecology*. 24: 327-343.
- DANOVARO R, TSELEPIDES A, OTEGUI A, DELLA CROCE N. 2000. Dynamics of meiofaunal assemblages on the continental shelf and deep-sea sediments of the Cretan Sea (NE Mediterranean): relationships with seasonal changes in food supply. *Prog. Oceanogr.* 46: 367 – 400.
- GERLACH S A, RIEMANN F. 1973. The Bremerhaven checklist of aquatic nematodes, Vol. 1. *Veröffentlichungen Institut für Meeresforschung Bremerhaven. Supplement 4*: 1-734.
- GIERE O. 1975. Population structure, food relations and ecological role of marine oligochaetes. With special reference to meiobenthic species. *Mar Biol*. 31: 139-156.
- GIERE O. 1993. *Meiobenthology. The microscopic fauna in aquatic sediments*. Springer-Verlag, Berlin. 328 pp.
- GIERE O. 2009. *Meiobenthology. The microscopic motile fauna of aquatic sediments*. Springer-Verlag, Berlin. 527 pp.
- GRÉMARE A, MEDERNACH L, DEBOVEE F, AMOUROUX J M, VETION G, ALBERT P. 2002. Relationships between sedimentary organics and benthic meiofauna on the continental shelf and the upper slope of the Gulf of Lions (NW Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series*. 234: 85-94.
- HEIP C, HERMAN P M. 1985. The stability of a benthic copepod community. En: *Proceedings of the 19th European marine biology symposium*. Gibbs, PE (Ed.). Cambridge University Press, Columbia. 255-263.
- HEIP C, VINCKX M, SMOL N, VRANKEN G. 1982. The Systematics and Ecology of free-living marine nematodes. *Helminthological Abstracts. Serie B. Plant Nematology*. 51(1): 1-28.

- HOPE W D, MURPHY D G. 1972. A Taxonomic Hierarchy and Checklist of the Genera and Higher Taxa of Marine Nematodes. Smithsonian Contributions to Zoology Number 137. Smithsonian Institution Press. 112 pp.
- LEVIN L A, HUGGETT C L, WISHNER K F. 1991. Control of deep-sea benthic community structure by oxygen and organic matter gradients in the Eastern Pacific Ocean. *J. Mar. Res.* 49: 763-800.
- LEVIN L A, GUTIÉRREZ D, RATHBURN A E, NEIRA C, SELLANES J R, MUÑOZ P, GALLARDO V, SALAMANCA M. 2002. Benthic processes on the Peru margin: A transect across the oxygen minimum zone during the 1997-98 El Niño. *Progress in Oceanography*. 53: 1-27.
- LEVIN L A. 2003. Oxygen minimum zone benthos: adaptation and community response to hypoxia. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. 41: 1-45.
- LORENZEN S. 1994. The Phylogenetic Systematics of Freelifing Nematodes. London: The Ray Society. 383 pp.
- MACARTHUR R H. 1972. Geographical Ecology: Patterns in the distributions of species. New York: Harper & Row. 288 pp.
- MARIA T F, MORGADO A, SMOL N. 2009. *Chromaspirina guanabarensis* sp. n. (Nematoda: Desmodoridae) and a new illustrated dichotomous key to *Chromaspirina* species. *Zootaxa*. 2092: 21-36.
- NEIRA C, T HÖPNER T. 1994. The role of *Heteromastus filiformis* (Capitellidae, Polychaeta) in organic carbon cycling. *Ophelia*. 39: 55-73.
- NOVAK R. 1989. Ecology of nematodes in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. 1. General part and faunistics of the nematode community. *Mar Ecol. PSZN*. 10: 335-363
- NOVAK R. 1992. Dynamic aspects of seagrass-nematode community structure. En: Colombo G, Ferrari I, Ceccherelli VU, Rossi R (Eds.) Marine eutrophication and population dynamics, with a special section on the Adriatic Sea. Olsen & Olsen, Fredensborg, Denmark. 277-284 pp.
- ÓLAFSSON E. 1995. Meiobenthos in mangrove areas in eastern Africa with emphasis on assemblage structure of free-living nematodes. *Hydrobiologia*. 312: 42-57.
- PLATT H M, WARWICK R M. 1983. Free-living Marine Nematodes. Part I British Enoplids, Cambridge University Press, Cambridge. 307 pp.
- PLATT H M, WARWICK R M. 1988. Free-living Marine Nematodes (Part II British Chromadorids) Synopses of the British Fauna (New series). No 38.
- QUIPÚZCOA L, VELAZCO F, CASTAÑEDA H, MARQUINA R. 1998. Estudios de bentos y sedimentología durante el crucero oceanográfico BIC Humboldt 9706-07. *Inf. Prog. Inst. Mar Per.* (79): 16-29.
- SALZWEDEL H, FLORES L, CHUMÁN DE FLORES E, ZAFRA A, CARBAJAL G. 1988. Macrozoobentos del sublitoral peruano antes, durante y después de El Niño 1982-83. *Memorias del Segundo Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar (COLACMAR)*, 17-21 Agosto 1987, Lima, Perú (Tomo I). Recursos y Dinámica del Ecosistema de Afloramiento Peruano; Salzwedel H, A Landa (Eds.). *Bol. Inst. Mar Per.*, Vol. Extraordinario. 77-98.
- SCHERER B. 1985. Annual dynamics of a meiofauna community from the sulfide layer of a North Sea sand flat. *Microfauna Marina*. 2: 117-161.
- SHANNON C E, W WEAVER W. 1949. The mathematical theory of communication. Urbana, Illinois: University of Illinois Press.
- TODARO M A. 1992. Contribution to the study of the Mediterranean meiofauna: Gastrotricha from the Island of Ponza, Italy. *Boll. Zool*. 59: 321-333.
- TODARO M A, BALSAMO M, TONGIORGI P. 1992. Marine gastrotrichs from the Tuscan Archipelago (Tyrrhenian Sea): I. Macrodasyida, with description of three new species. *Boll. Zool*. 59: 471-485
- TODARO M A, BALSAMO M. 1995. Marine gastrotrichs from Sicily (Italy). *Biol. Gallo-Hellenica*. 22: 291-292.
- ZUTA S, GUILLEN O. 1970. Oceanografía de las Aguas Costeras del Perú. *Bol Inst Mar Perú- Callao*. 2(5): 161-223.

## NOTA CIENTÍFICA

**REGISTRO DE *Lophoura unilobulata* (COPEPODA: SPHYRIIDAE),  
MESOPARÁSITO DE *Nezumia stelgidolepis*  
(GADIFORMES: MACROURIDAE) EN AGUAS PROFUNDAS  
DE LA COSTA NORTE DE PERÚ**

**RECORD OF *Lophoura unilobulata* (COPEPODA: SPHYRIIDAE), MESOPARASITE OF  
*Nezumia stelgidolepis* (GADIFORMES: MACROURIDAE) IN DEEP WATERS  
OF THE NORTHERN COAST OF PERU**

Fabiola Zavalaga<sup>1</sup>Jhon Chero<sup>2</sup>

## RESUMEN

ZAVALAGA F, CHERO J. 2018. Registro de *Lophoura unilobulata* (Copepoda: Sphyrriidae), mesoparásito de *Nezumia stelgidolepis* (Gadiformes: Macrouridae) en aguas profundas de la costa norte del Perú. Nota Científica. Bol Inst Mar Perú. 33(1): 108-111.- El "pichirrata" *Nezumia stelgidolepis* es un pez demersal de profundidad de hábito bentopelágico, se desplaza en la parte alta del talud continental entre 280 y 910 metros de profundidad. *Lophoura* es el copépodo más antiguo y diverso de la familia Sphyrriidae y está representado por 19 especies, consideradas mesoparásitos con alto grado de especificidad. Con la finalidad de analizar y describir la relación ecológica entre ambas especies se colectaron 10 ejemplares de *N. stelgidolepis* frente a Punta Sal, Tumbes (3°51'S – 81°11'W) durante el crucero de evaluación poblacional de merluza en el otoño 2015. Todos los especímenes fueron fijados en formalina al 10% y preservados en etanol al 70%. Los peces fueron encontrados entre 450 y 460 metros de profundidad (45 atmósferas), temperatura de fondo de 11,3 °C y oxígeno de 0,15 mL/L. El 60% de la muestra se encontró parasitada por un ejemplar de copépodo y solo dos ejemplares de *N. stelgidolepis* fueron depositados en la Colección Científica del Instituto del Mar del Perú. Se puede concluir que *Lophoura unilobulata* mantiene un alto grado de adaptabilidad a la complejidad de *N. stelgidolepis*, considerando las condiciones oceanográficas propias de su hábitat. Este trabajo representa el segundo registro (luego de 40 años) para Perú de *L. unilobulata* en ejemplares de *N. stelgidolepis* y el tercero de esta especie parasitando a *Nezumia* en el Pacífico Sur Este.

PALABRAS CLAVE: Océano Pacífico Sur Este, copépodos parásitos, Sphyrriidae

## ABSTRACT

ZAVALAGA F, CHERO J. 2018. Record of *Lophoura unilobulata* (Copepoda: Sphyrriidae), mesoparasite of *Nezumia stelgidolepis* (Gadiformes: Macrouridae) in deep waters of the northern coast of Peru. Bol Inst Mar Peru. 33(1): 108-111.- *Nezumia stelgidolepis* is a demersal fish of deep bentopelagic habit, which moves at the top of the shelf slope between 280 and 910 meters of depth. *Lophoura* is the oldest and most diverse copepod genus of the Sphyrriidae family and is represented by 19 species, considered mesoparasites with a high degree of specificity. In order to analyze and describe the ecological relationship between both species, 10 specimens of *N. stelgidolepis* were collected from Punta Sal, Tumbes (3°51'S - 81°11'W) during the hake survey cruise in autumn 2015. All specimens were fixed in 10% formalin and preserved in 70% ethanol. The fish were found between 450 and 460 meters of depth (45 atmospheres), with a background temperature of 11.3 °C and oxygen of 0.15 mL/L. 60% of the sample was found parasitized by a copepod and only two specimens of *N. stelgidolepis* were deposited in the Scientific Collection of the Peruvian Marine Research Institute. It can be concluded that *Lophoura unilobulata* maintains a high degree of adaptability to the complexity of *N. stelgidolepis*, considering the oceanographic conditions of its habitat. This work represents the second record (after 40 years) for Peru of *L. unilobulata* in specimens of *N. stelgidolepis* and the third of this species parasitizing *Nezumia* in the South East Pacific.

KEYWORDS: Southeastern Pacific ocean, parasitic copepods, Sphyrriidae

Los esfíridos son copépodos parásitos con cuerpos muy modificados. Las hembras, se caracterizan por tener apéndices cefálicos extremadamente reducidos y apéndices torácicos casi ausentes y son consideradas mesoparasíticas ya que incrustan su cefalotórax y la parte anterior del cuello en el hospedero. Los machos son más pequeños que las hembras y se encuentran agarrados a ellas (MORALES y GÓMEZ 2012), los machos

son enanos y se encuentran a menudo adheridos a las hembras (DOJIRI y DEETS 1988). Comprende nueve géneros de copépodos parásitos: *Driocephalus* (Raibaut, 1999); *Opimia* (Wilson, 1908); *Paenocanthus* (Kabata, 1965); *Tripaphyllus* (Richiardi, 1878); *Paeon* (Wilson, 1919); *Norkus* (DOJIRI y DEETS, 1988); *Periplexis* (Wilson, 1919); *Sphyrion* (Cuvier, 1830) y *Lophoura* (Kölliker, in Gegenbaur, Kölliker y Muller, 1853).

1 Área Funcional de Investigaciones en Biodiversidad. Instituto del Mar del Perú, fzavalaga@imarpe.gob.pe

2 Universidad Nacional Mayor de San Marcos

El género *Lophoura* es el más antiguo y diverso de esta familia, está representado por 19 especies consideradas como mesoparásitos con un alto grado de especificidad, llegando a parasitar uno o dos especies hospedero (BOXSHALL 1998). Viven parcialmente incrustados en peces demersales de aguas profundas de las familias Macrouridae y Moridae (Gadiformes), Synphobranchidae (Anguilliformes) y Apogonidae y Sparidae (Perciformes) (DOJIRI y DEETS 1988); siendo los macrúridos los principales peces hospederos de estos copépodos (BOXSHALL 1998).

Esta familia de macrúridos se extiende a lo largo del talud continental y llanura abisal, y a pesar de tener un área de distribución muy amplia (MARSHALL 1965, GEISTDOERFER 1978), su extensión latitudinal puede verse limitada por diversos factores como por ejemplo las condiciones físico-químicas del ambiente, su historia de vida, la topografía del fondo, su filogenia, entre otros. Ocupan diferentes niveles en la red trófica y cumplen un rol importante dentro de las comunidades de aguas profundas, ya sea como organismos bentófagos, planctófagos y/o depredadores (GEISTDOERFER 1978).

Las especies *Lophoura tetraloba* Ho y Kim I. H, 1989 y *Lophoura bouvieri* (Quidor, 1912) han sido reportadas parasitando a los macrúridos *Nezumia condylura* Jordan y Gilbert, 1904 y *N. bairdii* (Goode y Bean, 1877), respectivamente, mientras que *L.*

*unilobulata* Castro y Gonzalez, 2009 parasitando a *N. pulchella* (Pequeño, 1971) y *N. stelgidolepis* (Gilbert, 1890). Esta última, descrita por primera vez en el 2009 por CASTRO y GONZALEZ a partir de algunos especímenes encontrados en *N. pulchella* colectados entre los 300 y 400 metros de profundidad frente a Tal Tal y Coquimbo en Chile (Fig. 1).

En el Perú, *L. unilobulata* fue reportada por primera vez por GÓMEZ y colaboradores en el 2010 analizando un ejemplar de *N. stelgidolepis* colectado entre los 750 y 760 metros de profundidad frente a la Isla Lobos de Afuera. Este ejemplar fue colectado en 1974 y depositado hasta la actualidad en la Colección del Museo de Historia Natural del Condado de Los Ángeles; constituyéndose de esta manera en el primer registro de un Sphyrriidae para las costas de Perú y el tercero en el Océano Pacífico Sur Este (los primeros fueron *Sphyrion laevigatum* (Quoy & Gaimard, 1824) y *Paeon triakis* Castro, 2001). En la presente nota científica se registra por segunda vez para el Perú a *L. unilobulata* en ejemplares de *N. stelgidolepis* correspondiendo al tercer registro de esta especie parasitando al macrúrido *Nezumia* en el Pacífico Sur Este. Asimismo, se hace una breve descripción morfológica de *L. unilobulata* (parasito) y *N. stelgidolepis* (hospedero).

La importancia de estos parásitos radica en que pueden proveer información biológica y ecológica relevante sobre las especies hospederas y su hábitat (CAMPBELL *et al.* 1980), así como inferir sobre el estado trófico de las comunidades marinas (KLIMPEL *et al.* 2003) o de como marcadores biológicos naturales en estudios de delimitación poblacional de especies en los ecosistemas marinos.

Durante el crucero de Evaluación Poblacional de *Merluccius gayi peruanus* "merluza" y otros demersales realizado en junio del 2015 a bordo del Buque de Investigación Científica BIC Humboldt del Instituto del Mar del Perú, se colectaron 10 ejemplares de *N. stelgidolepis* frente a las costas de Punta Sal en Tumbes (3°51'S – 81°11'W) (Fig. 1) utilizando una red de arrastre del tipo Granton. Los ejemplares de *N. stelgidolepis* fueron identificados de acuerdo a CHIRICHIGNO y VÉLEZ 1998 y FISCHER *et al.* 1995, encontrando en seis de ellos un espécimen de *L. unilobulata* por cada ejemplar (Fig. 2), los mismos que fueron identificados en base a la descripción de CASTRO y GONZALEZ 2009. El 100% de los especímenes de *L. unilobulata* fueron hembras y se encontraron incrustados en la musculatura dorsal de *N. stelgidolepis*. Posteriormente, los ejemplares de *N. stelgidolepis* fueron fijados en formaldehído al 10% y los especímenes de *L. unilobulata* preservados en etanol al 70%.

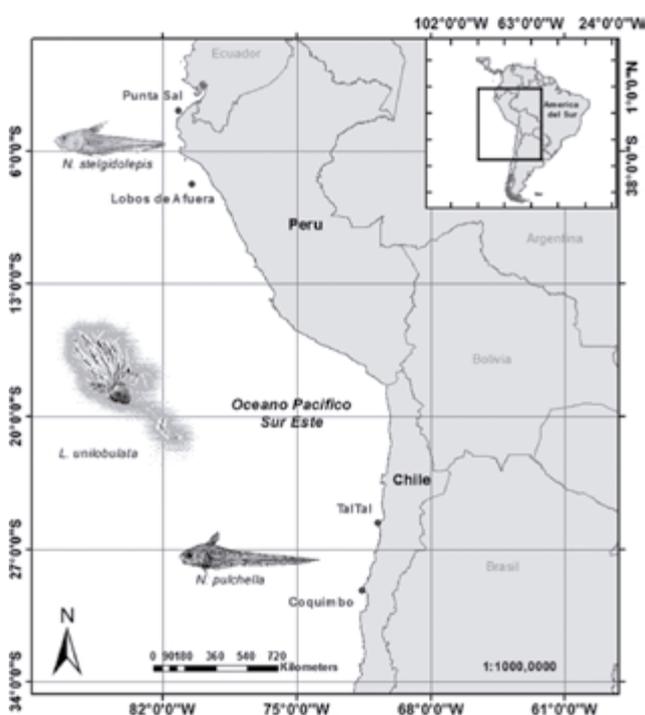


Figura 1.- Mapa de distribución y ocurrencia de especímenes de *L. unilobulata* en ejemplares de *N. stelgidolepis* en Perú y en ejemplares de *N. pulchella* en Chile

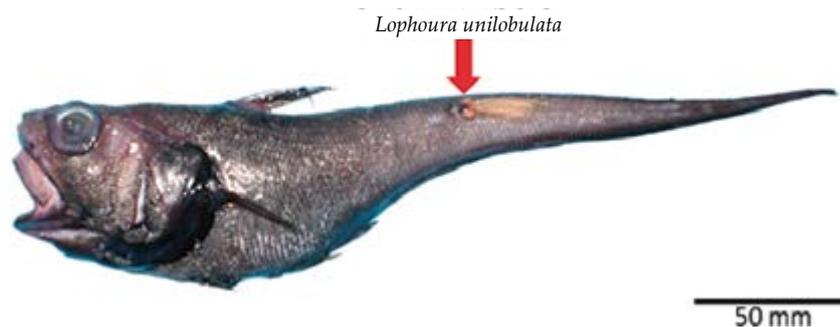


Figura 2.- Especímen de *Lophoura unilobulata* Castro y Gonzales, 2009. Hembra incrustada en ejemplar de *Nezumia stelgidolepis* (Gilbert, 1890)

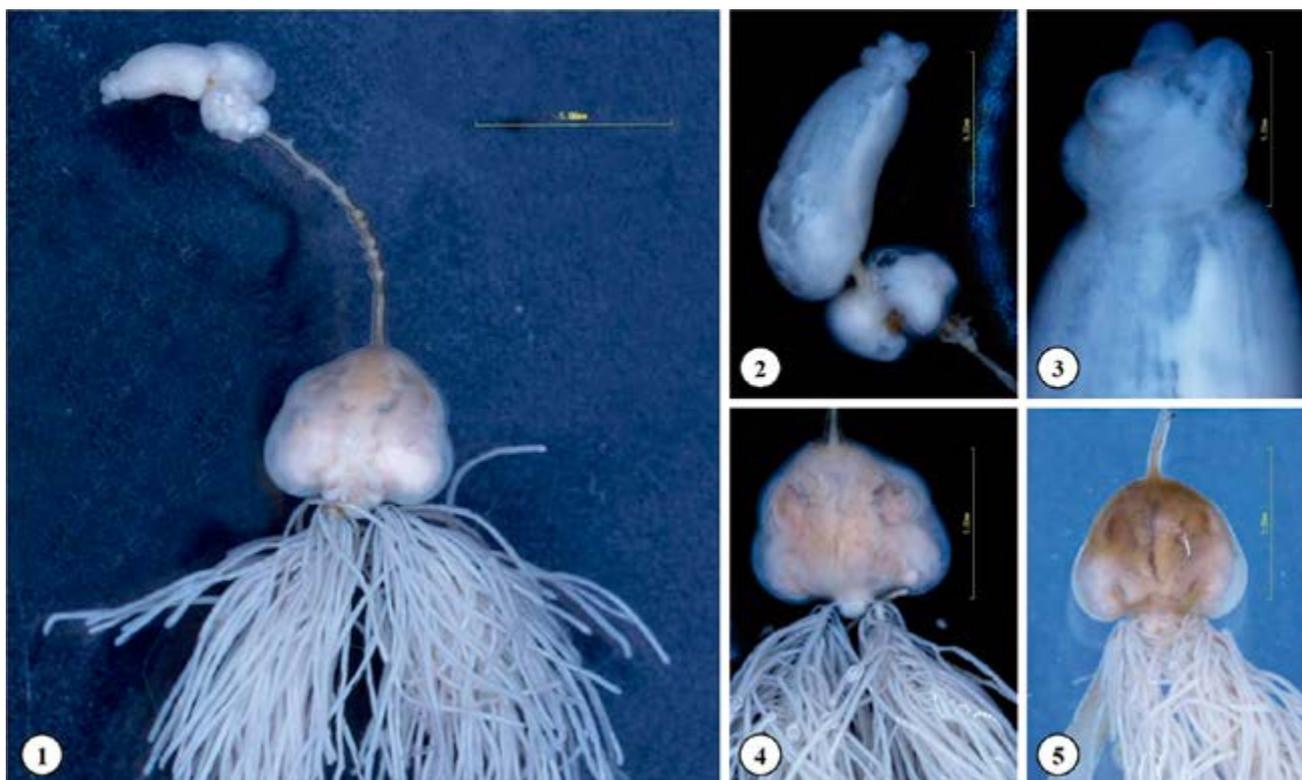


Figura 3.- Especímenes hembra de *Lophoura unilobulata*. 1. Adulto entero (vista ventral), 2. Cefalotórax y disco del órgano adhesivo (vista desde arriba), 3. Cefalotórax (vista dorsal), 4. Abdomen (vista dorsal), 5. Abdomen (vista ventral)

La especie *N. stelgidolepis* conocido comúnmente como “pichirrata” es un pez demersal de profundidad, de hábito bentopelágico y se desplaza principalmente en la parte alta del talud continental entre 280 y 910 metros de profundidad (FISCHER 1995). Tienen amplia distribución que va desde la Isla Vancouver en Canadá hasta el sur del Perú (49°N – 16°S). La máxima longitud total (LT) reportada es de 450 mm (FISCHER 1995). En el presente estudio *N. stelgidolepis* alcanzó 260,5 mm (LT) Se contabilizaron 10 radios en las aletas pélvica, siete radios branquiostegales. La primera espina de la aleta dorsal es aserrada, presenta un barbillo mentoniano largo y poros de la línea lateral grandes en la mandíbula superior (FISCHER 1995). Dos de estos ejemplares fueron depositados en la Colección Científica del IMARPE (Número de Catalogo: IMARPE-016284; IMARPE-016285).

Los especímenes de *L. unilobulata* presentaron el cefalotórax y parte del cuello incrustado en el cuerpo de *N. stelgidolepis*. Ellos penetran cerca a sus órganos internos, tienen una estructura de anclaje simple, con solo un lóbulo sobre cada lado de su cuello (CASTRO y GONZALEZ 2009) (Fig. 3).

Estos resultados permiten concluir que *L. unilobulata* mantiene un alto grado de adaptabilidad a la complejidad de *N. stelgidolepis*, considerando las fuertes condiciones de presión atmosférica en los que se encuentran. Estos organismos se encontraron entre 450 y 460 metros de profundidad, a una temperatura de fondo de 11,3 °C y 0,15 mL/L de oxígeno.

## REFERENCIAS

- BOXSHALL G A. 1998. Host specificity in copepod parasites of deep-sea fishes. *Journal of Marine Systems*. 15(1): 215-223.
- CAMPBELL R A, HAEDRICH R L, MUNROE T A. 1980. Parasitism and ecological relationships among deep-sea benthic fishes. *Marine Biology*. 57(4): 301-313.
- CASTRO R R, GONZALEZ M T. 2009. Two new species of *Clavella* (Copepoda, Siphonostomatoida, Lernaeopodidae) and a new species of *Lophoura* (Copepoda, Siphonostomatoida, Sphyrriidae): parasites on the deep-water fish, *Nezumia pulchella* from the northern Chilean coast. *Crustaceana*. 82(4): 411-423.
- CHIRICHIGNO N, VÉLEZ J. 1998. Clave para identificar los peces marinos del Perú. 2ª edición. Instituto del Mar del Perú. Publicación especial. Callao. Perú. 314 pp.
- DOJIRI M, DEETS G B. 1988. *Norkus cladocephalus*, new genus, new species (Siphonostomatoida: Sphyrriidae), a copepod parasitic on an elasmobranch from southern California waters, with a phylogenetic analysis of the Sphyrriidae. *Journal of Crustacean Biology*. 8(4): 679-687.
- FISCHER W, KRUPP F, SCHNEIDER W, SOMMER C, CARPENTER K E, NIEM V H. 1995. Guía FAO para Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Pacífico Centro-Oriental. Volumen III. Vertebrados. Roma. FAO.
- GEISTDOERFER P. 1978. Ecologie alimentaire des Macrouridae. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches maritimes*. 42(3): 177-261.
- GÓMEZ S, DEETS G B, KALMAN J E, MORALES-SERNA F N. 2010. *Lophoura brevicollum* n. sp. (Copepoda: Siphonostomatoida: Sphyrriidae), a parasite of the smooth grenadier *Nezumia liolepis* (Gilbert, 1890) (Pisces: Macrouridae) from the Eastern Pacific, and a new record and new host of *Lophoura unilobulata* Castro R. and Gonzalez. *Journal of Crustacean Biology*. 30(1): 129-140.
- KLIMPEL S, SEEHAGEN A, PALM H W. 2003. Metazoan parasites and feeding behavior of four small-sized fish species from the central North Sea. *Parasitology Research*. 91(4): 290-297.
- MARSHALL N B. 1965. Systematic and biological studies of the macrourid fishes (Anacanthini-Teleostii). In *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts*. Elsevier. 12 (3): 299-322.
- MORALES-SERNA F N, GÓMEZ S. 2012. Generalidades de los copépodos parásitos de peces en aguas profundas y el caso de *Lophoura brevicollum* (Siphonostomatoida: Sphyrriidae). Zamorano P, Hendrickx M, Caso M. Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico mexicano. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

## PUBLICACIONES CIENTÍFICAS SERIADAS DEL INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ (IMARPE)

Boletín IMARPE Bol Inst Mar Perú ISSN 0458-7766 (BIMP)  
Informe IMARPE Inf Inst Mar Perú ISSN 0378-7702 (IIMP)

### INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

En principio, sus páginas están abiertas a las investigaciones realizadas por el personal técnico y científico del propio Instituto del Mar del Perú (IMARPE), y podrán aceptarse trabajos realizados en otras instituciones o laboratorios, en idioma castellano o inglés o bilingüe, autorizados por la Dirección Ejecutiva Científica, previa calificación por Revisores Especializados y aceptación del Comité Editorial. Además, publica Notas científicas, Notas técnicas, Reseñas bibliográficas y Obituarios referidos a destacados investigadores marinos, peruanos y de otras nacionalidades.

#### ESCRITOS ORIGINALES

La solicitud para publicación de un trabajo en el IIMP o el BIMP, deberá ser remitida a la sede del Instituto del Mar del Perú, dirigida al Director Ejecutivo Científico. Cuando el artículo provenga de una institución externa al IMARPE, deberá estar acompañado de una carta de presentación en la que el autor plantee la disposición para que sea revisado y editado de acuerdo al formato establecido por el IMARPE.

Los artículos deberán presentarse impresos en original, a una columna, (incluyendo ilustraciones y tablas) en una sola cara en papel tamaño A4, a doble espacio y con márgenes amplios. Se acompañará además de la versión digital en CD o USB. Los textos deberán seguir estrictamente la estructura que se describe a continuación, o serán devueltos a los autores.

La primera página incluirá: (1) **TÍTULO DEL TRABAJO** (explícito, descriptivo y tan corto como sea posible), debajo, irá el título traducido al inglés; (2) **EL NOMBRE COMPLETO DEL AUTOR O LOS AUTORES** (a) el autor debe decidir una forma definitiva de expresar su nombre, es decir no utilizar a veces los dos nombres de pila y los dos apellidos; otras veces sólo un nombre y un apellido; otras veces poner sólo iniciales para el segundo nombre y el segundo apellido; si esto cambia, en los registros y en las bases de datos, ya se trataría de autores diferentes; (b) se aconseja a los autores que generalmente utilizan sus dos apellidos, los unan mediante un guion; también debe incluirse la dirección institucional, el correo electrónico, en notas al pie de página.

En las páginas siguientes, deberá ir un **RESUMEN** en español, incluyendo **PALABRAS CLAVE** y un **ABSTRACT** en inglés, incluyendo **KEYWORDS** (Resúmenes en otros idiomas son opcionales). También debe incluirse el título abreviado sugerido para los encabezamientos de páginas impares. Las notas, reseñas bibliográficas, etc. no tendrán resúmenes.

Los **textos** deberán ser concisos, claros y directos, e incluirán: **INTRODUCCIÓN**, **MATERIAL Y MÉTODOS**, **RESULTADOS**, **DISCUSIÓN** (podría ser un solo capítulo, **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**) y **CONCLUSIONES**, además de **AGRADECIMIENTOS** y **REFERENCIAS DE LITERATURA**. En Agradecimientos, solo se dedicarán a las personas y/o instituciones que directamente colaboraron en la ejecución del trabajo.

Las Notas científicas y técnicas son artículos primarios, noticias de resultados cuya información es de interés para la comunidad científica. La extensión del texto no será mayor de 8 páginas. Esta sección debe tener las siguientes partes: Título, autor(es), texto de la Nota, Agradecimientos y Referencias.

Los artículos referidos a nuevas especies, nuevos registros, ampliación de distribución geográfica, estarán incursos en las Notas científicas, y el autor(es) deberá(n) indicar el depósito de los ejemplares en un centro de referencia taxonómico.

Los nombres científicos deberán ser escritos en cursivas e irán acompañados por autor y año cuando sean citados por primera vez en el texto. Los nombres científicos deben ser corroborados con cuidado.

En las citas bibliográficas en el texto, los nombres de autores irán en letras **VERSALES**, seguidos por el año de publicación, p.ej. (GUEVARA-CARRASCO 2004), ESPINOZA y ZEBALLOS (2004) o ESTRELLA *et al.* (2006).

En las **REFERENCIAS** se incluirán únicamente los artículos mencionados en el texto, y se seguirá estrictamente el formato de publicación del IMARPE. Se ordenarán alfabéticamente por autor y cronológicamente para cada autor. Los títulos de publicaciones periódicas irán abreviados. Las referencias a libros o capítulos de libros deberán ser completas, incluyendo ciudad, editorial y paginación. En todos los casos, los nombres del autor principal y los colaboradores, en la relación de

Referencias, se anotarán por el apellido y la inicial del nombre de pila, sin punto, solamente separado por coma; año de publicación; Título del artículo, Revista y número de páginas. Ejs.: DELGADO E, SÁNCHEZ S, CHANG F, VILLANUEVA P. 2001. TÍTULO ARTÍCULO...REVISTA...Vol. (Núm.): pp.

En las referencias electrónicas, la norma general incluye también el nombre del autor, fecha de publicación en internet, título del artículo o documento <URL>, fecha de acceso, Ejemplos:

- BROWNING T. 1997. Embedded visuals: student design in Web spaces. Kairons: A Journal foreachers of Writing in Webb Environments 3(1). <http://english.ttu.edu/kairons/2.1/features/browning/bridge.html>. Access 1997 Oct 21.
- KENNETH IA. 2000. A Buddhist response to the natures of human rights. Journal of Buddhist Ethics 8(4), <http://www.cac.psu.edu/jbe.twocont.html>. Obtenido el 20 de febrero de 2001.

Se recomienda el tipo "palatino", y su tamaño en el artículo variará de la siguiente manera:

Título en español, **14 NEGRA ALTA** (= mayúsculas) **centrado**.

Título en inglés, **12 NEGRA ALTA centrado**.

Autores: nombre, *12 cursiva blanca*; dirección 9 blanca, centrado

**Resumen y Capítulos, 12 negra, alta. Subcapítulo, 12 negra alta y baja** (mayúscula y minúscula), alineado a la izquierda.

Texto en general 11 blanca. Referencias de Literatura, en tamaño 10 blanca.

### Ilustraciones y tablas

Las fotografías, dibujos, gráficos y mapas serán considerados como **FIGURAS**, numeradas consecutivamente con guarismos arábigos. Se recomienda remitir las ilustraciones y tablas como imágenes digitalizadas contenidas en archivos electrónicos (separadas del archivo conteniendo el texto). Las imágenes digitalizadas con máxima resolución, las tablas en sus programas originales o insertos en Power point cuando se utilizan programas diferentes a Office (ej. Surfer, etc.).

Cuando sea pertinente, la ilustración llevará una indicación del grado de aumento o reducción con respecto al original; se recomienda utilizar una barra en escala métrica e indicar el tamaño final con que deberá aparecer en la publicación, tomando en cuenta el formato de publicación del IMARPE. Toda ilustración deberá estar claramente identificada con nombres de autores, título del manuscrito y número de figura. Las leyendas para las ilustraciones, numeradas consecutivamente, irán en página aparte, luego del texto del artículo.

Si las figuras fuesen realizadas en programas en los que realizan procesamientos de datos, o si fueran escaneadas, deben guardarse en un archivo TIFF, tamaño natural, 600 dpi. Las gráficas de origen electrónico deben de enviarse en formato nativo editable (archivo.xls, archivo.wmf, archivo.svg, archivo.eps). Los mapas en formatos SHP. Fotos de cámaras digitales en formato JPGE mayor a 3 Mpixel. Otros archivos independientes en formato TIFF, BMP, Ai, PSD.

Las **TABLAS** deberán ir numeradas consecutivamente, con guarismos arábigos, e impresas en páginas aparte. Sus leyendas, numeradas consecutivamente, irán en página aparte, luego del texto del artículo.

### Notas:

**Las medidas y sus abreviaturas deben corresponder al Sistema Internacional de Unidades (SI).**

1. En el Sistema Internacional de Unidades (**SI**): Algunos de los símbolos actuales aceptados son: **m** (metro), **cm** (centímetro), **mm** (milímetro), **km** (kilómetro), **kg** (kilogramo), **g** (gramo), **ha** (hectárea), **mn** (milla náutica), **L** (litro), **mL** (mililitro), **W** (vatio), **kW** (kilovatio), **Hz** (hertzio), **kHz** (kilohertzio).
2. En la escritura de cantidades: No debe usarse el punto decimal, sino la coma decimal. Ej. Un sol con cincuenta céntimos será S/. **1,50** (~~está mal si se escribe 1.50~~). Ver también a continuación.
  - Las cantidades de miles y millones, deben separarse por puntos, cada tres dígitos: Ej. Oncemil quinientos soles con cincuenta céntimos será: S/. **11.500,50** (~~estará mal si se escribe 11,000.50~~)-
  - quince millones trescientos cincuenta mil y veinticinco céntimos se deberá escribir **15.350.000,25**
  - Cuando en un texto se tratan cifras con muchos ceros puede escribirse en letras. Ej. 1.000.000.000 (mejor escribir **mil millones**), o en vez de 100.000 escribir **cien mil**.

Consultas a: [scarrasco@imarpe.gob.pe](mailto:scarrasco@imarpe.gob.pe), [editora01@imarpe.gob.pe](mailto:editora01@imarpe.gob.pe), [vvaldiviesom@yahoo.es](mailto:vvaldiviesom@yahoo.es)



# AÑOS Y NÚMEROS DE LAS PUBLICACIONES CIENTÍFICAS DEL IREMAR Y DEL IMARPE

BOLETÍN IREMAR (ISSN 020-3920) Año 1963 Vol. 1 Números 1-5  
 INFORME IREMAR (ISSN 0475-1672) Año 1962 (Vol. 1) Números 1-6(6)  
 Año 1963 (Vol. 2) Números 7-22 (16)  
 Año 1964 (Vol. 3) Números 23-28 (6)

| <b>BOLETÍN IMARPE (Bol Inst Mar Perú, ISSN 0458-7766)</b> |                  |          |      |               |                |      |        |         |
|---|------------------|----------|------|---------------|----------------|------|--------|---------|
| AÑO   | Vol.             | Números  | Año  | Vol.          | Números        | Año  | Vol.   | Números |
| 1964  | I                | 1        | 1984 | IX            | 2,3,4,5,6      | 2002 | -----  | -----   |
| 1965  |                  | 2, 3     | 1985 | X             | 1,2,3,4,5,6,6a | 2003 | -----  | -----   |
| 1966  |                  | 4,5,6    |      | + 2 extraord. | 1,2            | 2004 | XXI    | 1-2     |
| 1967  | -----            | -----    |      |               | 1              | 2005 | XXII   | 1-2     |
| 1968  | A                | 7,8,9,10 | 1986 | XI            |                | 2006 | -----  | -----   |
| 1969  | II               | 1,2,3,4  | 1987 | + 3 extraord. | 2,3,4,5,6,7    | 2007 | -----  | -----   |
| 1970  |                  | 5,6      |      | XII           | 1,2,3,4,5,6    | 2008 | XXIII  | 1-2     |
| 1971  | -----            | -----    | 1988 | XIII          |                | 2009 | XXIV   | 1-2     |
| 1972  |                  | 7,8,9    | 1989 | XIV           | 1,2            | 2010 | XXV    | 1-2     |
| 1973  | -----            | -----    | 1990 | -----         | 1,2            | 2011 | XXVI   | 1-2     |
| 1974  |                  | 10       | 1991 | -----         | 1,2            | 2012 | XXVII  | 1-2     |
| 1974  | III              | 1,2,3    | 1992 | -----         | -----          | 2013 | XXVIII | 1-2     |
| 1975  | -----            | -----    | 1993 | -----         | -----          | 2014 | XXIX   | 1-2     |
| 1976  | -----            | 4        | 1994 | -----         | -----          | 2015 | XXX    | 1-2     |
| 1977  |                  | 5        | 1995 | XV            | -----          | 2016 | XXXI   | 1-2     |
| 1978  | IV               | 1,3      | 1996 | XVI           | 1,2            | 2017 | XXXII  | 1, 2    |
| 1979  | -----            | -----    | 1997 |               | 1,2            | 2018 | XXXIII |         |
| 1980  | -----            | -----    | 1998 | XVII          | 1-2            |      |        |         |
| 1981  | V, VI+ 1 extrad. | -----    | 1999 | XVIII         | 1-2            |      |        |         |
| 1982  | VII              | -----    | 2000 | XIX           | 1-2            |      |        |         |
| 1983  | VIII             | 1        | 2001 | XX            | 1-2            |      |        |         |

| <b>INFORME IMARPE (Inf Inst Mar Perú, ISSN 0378-7702)</b> |        |            |      |        |              |      |        |          |     |
|---|--------|------------|------|--------|--------------|------|--------|----------|-----|
| AÑO   | (Vol.) | NÚMEROS    | AÑO  | (Vol.) | NÚMEROS      | AÑO  | (Vol.) | NÚMEROS  |     |
| 1965  | (01)   | 01-09 (9)  | 1985 | ----   | -----        | 2005 | ----   | -----    |     |
| 1966  | (02)   | 10-15 (6)  | 1986 | (17)   | 89 (1)       | 2006 | (33)   | 1        | (1) |
| 1967  | (03)   | 16-19 (4)  | 1987 | (18)   | 90-91 (3)    | 2007 | (34)   | 1,2,3,4  | (4) |
| 1968  | (04)   | 20-26 (7)  | 1988 | (19)   | 92-93 (2)    | 2008 | (35)   | 1,2,3,4  | (4) |
| 1969  | (05)   | 27-30 (4)  | 1989 | (20)   | 94-96 (3)    | 2009 | (36)   | 1-2, 3-4 | (2) |
| 1970  | (06)   | 31-35 (5)  | 1990 | (21)   | 97-99 (3)    | 2010 | (37)   | 1-2, 3-4 | (2) |
| 1971  | (07)   | 36-37 (2)  | 1991 | (22)   | 100-101 (2)  | 2011 | (38)   | 1,2,3,4  | (4) |
| 1972  | (08)   | 38-40 (3)  | 1992 | (23)   | 102-104 (3)  | 2012 | (39)   | 1-2, 3-4 | (2) |
| 1973  | (09)   | 41-43 (3)  | 1993 | ----   | -----        | 2013 | (40)   | 1-2, 3-4 | (2) |
| 1974  | (10)   | 44 (1)     | 1994 | (24)   | 105 (1)      | 2014 | (41)   | 1-4      | (1) |
| 1975  | ---    | -----      | 1995 | (25)   | 106-115 (10) | 2015 | (42)   | 1,2,3,4, | (4) |
| 1976  | ---    | -----      | 1996 | (26)   | 116-122 (7)  | 2016 | (43)   | 1,2,3,4  | (4) |
| 1977  | ---    | -----      | 1997 | (27)   | 123-129 (7)  | 2017 | (44)   | 1,2,3,4  | (4) |
| 1978  | (11)   | 45-51 (7)  | 1998 | (28)   | 130-142 (7)  | 2018 | (45)   | 1,2      |     |
| 1979  | (12)   | 52-73 (22) | 1999 | (29)   | 143-150 (8)  |      |        |          |     |
| 1980  | (13)   | 75-78 (4)  | 2000 | (30)   | 151-158 (8)  |      |        |          |     |
| 1981  | (14)   | 79-82 (4)  | 2001 | (31)   | 159-164 (6)  |      |        |          |     |
| 1982  | ---    | -----      | 2002 | ----   | -----        |      |        |          |     |
| 1983  | (15)   | 83-85 (3)  | 2003 | ----   | -----        |      |        |          |     |
| 1984  | (16)   | 86-88 (3)  | 2004 | (32)   | 1,2,3,4 (4)  |      |        |          |     |

| <b>INFORME PROGRESIVO IMARPE</b> |       |      |      |         |      |      |         |      |
|----------------------------------|-------|------|------|---------|------|------|---------|------|
| 1995                             | 1-16  | (16) | 1998 | 73-96   | (24) | 2001 | 136-159 | (24) |
| 1996                             | 17-48 | (32) | 1999 | 97-111  | (15) | 2002 | -----   |      |
| 1997                             | 49-72 | (24) | 2000 | 112-135 | (24) | 2003 | -----   |      |

| <b>ANUARIO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO IMARPE (ISSN 1813-2103)</b> |                                   |                                    |
|---|-----------------------------------|------------------------------------|
| 2004 Vol. 3 Enero-diciembre 2003                              | 2010 Vol. 9 Enero-diciembre 2009  | 2016 Vol. 15 Enero-diciembre 2015  |
| 2005 Vol. 4 Enero- diciembre 2004                             | 2011 Vol. 10 Enero-diciembre 2010 | 2017 Vol. 16 Enero-diciembre 2016  |
| 2006 Vol. 5 Enero-diciembre 2005                              | 2012 Vol. 11 Enero-diciembre 2011 | 2018 Vol. 17. Enero-diciembre 2017 |
| 2007 Vol. 6 Enero-diciembre 2006                              | 2013 Vol. 12 Enero-diciembre 2012 |                                    |
| 2008 Vol. 7 Enero-diciembre 2007                              | 2014 Vol. 13 Enero-diciembre 2013 |                                    |
| 2009 Vol. 8 Enero-diciembre 2008                              | 2015 Vol. 14 Enero-diciembre 2014 |                                    |

Para pedidos de publicaciones, solicitar el Catálogo de Publicaciones, dirigiendo su correspondencia a:  
 BIBLIOTECA DEL INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ, Apartado Postal 22, Callao, Perú.  
 Correo Electrónico: [imarpe-bib@imarpe.gob.pe](mailto:imarpe-bib@imarpe.gob.pe). También consultar el Repositorio Digital en [www.imarpe.gob.pe](http://www.imarpe.gob.pe)