

BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458-7766

VOLUMEN 34, Número 1



Enero - Junio 2019
Callao, Perú



PERÚ

Ministerio
de la Producción

EL INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ (IMARPE)

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**.

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 18 será Anu cient tecnol IMARPE Vol 18, 2019.

The PERUVIAN MARINE RESEARCH INSTITUTE (IMARPE)

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 Perú**.

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**.

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 18, it will be Anu cient tecnol IMARPE Vol 18, 2019.

BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458-7766

VOLUMEN 34, Número 1



Enero - Junio 2019
Callao, Perú



PERÚ

Ministerio
de la Producción



PORTADA: Punta Coles
FOTOGRAFÍA: Ing. Pesq. Beatriz Aragón, IMARPE Ilo
ILUSTRACIÓN: ARTURO SANDOVAL NAVARRO, VIOLETA VALDIVIESO MILLA

© 2019 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
Consejo Directivo IMARPE 2019
PRESIDENTE
Valm. AP (r) JAVIER GAVIOLA TEJADA
DIRECTOR EJECUTIVO CIENTÍFICO
Blgo. RENATO GUEVARA CARRASCO

COMITÉ EDITORIAL
Coordinadora
LIC. MYRIAM ARCE VENTOSILLA
Editora
VIOLETA VALDIVIESO MILLA
Co-Editoras
EMIRA ANTONIETTI
Diagramación
ARTURO SANDOVAL NAVARRO

COMITÉ EDITOR
Blgo. NIQUEN CARRANZA, Miguel Angel, IMARPE
Blgo. YAMASHIRO GUINOZA, Carmen Rosario, IMARPE
Dr. GUTIERREZ AGUILAR, Dimitri Alexey, IMARPE
Ing. CASTILLO VALDERRAMA, Pedro Ramiro, IMARPE
Blgo. YEPEZ PINILLOS, Victor Eduardo, IMARPE

Indizada en Aquatic Science Fisheries Abstracts (ASFA)

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2015 -04965
Reservados todos los derechos de reproducción, publicación
total o parcial, los de traducción y de la página Web.
Tiraje: 300 ejemplares
Terminado de imprimir: xxxxxx

Distribución: canje, suscripción o compra

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
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 34, Número 1 Enero - Junio 2019
[Bol Inst Mar Perú 34 (1)]

CONTENIDO

1. **Productores primarios frente a la costa peruana durante el verano 2005. Cr. Evaluación de pelágicos BIC SNP-2, José Olaya**
Primary producers off the Peruvian coast in summer 2005. Pelagic Resources Cruise RV SNP-2, Jose Olaya
SONIA SÁNCHEZ, PATRICIA VILLANUEVA.....7
2. **Características del microfitoplancton de verano durante el crucero de recursos pelágicos 0702-04**
Summer microphytoplankton characteristics during the pelagic resources cruise 0702-04
FLOR CHANG, AVY BERNALES, SONIA SÁNCHEZ 15
3. **Variabilidad de la comunidad fitoplanctónica en otoño 2007. Crucero 0705-06**
Variability of the phytoplankton community in autumn 2007. Cruise 0705-06
SONIA SÁNCHEZ, PATRICIA VILLANUEVA..... 25
4. **El fitoplancton en el mar peruano a fines de primavera del 2008. Evaluación de recursos pelágicos, Crucero 0811-12**
Phytoplankton in the Peruvian sea in late spring 2008. Pelagic resource assessment, Cruise 0811-12
FLOR CHANG, ELCIRA DELGADO, AVY BERNALES..... 35
5. **Microfitoplancton del verano 2009. Características y asociaciones inter específicas. BIC Olaya, Humboldt e Imarpe VI**
Microphytoplankton in summer 2009. Inter-specific characteristics and associations. R/V. Olaya, R/V Humboldt and Imarpe VI
SONIA SÁNCHEZ, PATRICIA VILLANUEVA..... 49
6. **Cambios del fitoplancton en el mar peruano durante el verano 2017. Crucero 1703-04, BIC José Olaya y Luis Flores**
Changes in phytoplankton in the Peruvian sea, summer 2017. Cruise 1703-04, R/V Jose Olaya and R/V Luis Flores
ELCIRA DELGADO, SONIA SÁNCHEZ, FLOR CHANG, AVY BERNALES, NELLY JACOBO 61
7. **Características de irradiancia espectral del mar y de la zona costera de Moquegua y de la zona costera de Moquegua y Tacna durante setiembre 2017**
Characteristics of the spectral irradiance in the sea and coastal area of Moquegua and Tacna in September 2017
CARLOS PAULINO, PIERO VILLEGAS, MARIO POLAR 80
8. **Características de El Niño Costero 2017 mediante observación satelital**
Characteristics of the El Niño Costero 2017 through satellite observations
CARLOS PAULINO, LUIS ESCUDERO, EDWARD ALBURQUEQUE, HAN XU..... 91

9. **Formación y evolución de la Laguna La Niña 2017, utilizando imágenes satelitales Modis-Aqua**
Formation and evolution of the La Niña lagoon, using Modis-Aqua satellite images
LUIS ESCUDERO, HAN XUO..... 105
10. **Acondicionamiento, evaluación de dietas comerciales para crecimiento en cautiverio de juveniles del mero *Mycteroperca xenarcha* Jordan, 1888. Tumbes, Perú**
*Conditioning, assessment of commercial diets for captive growth of juveniles of grouper *Mycteroperca xenarcha* Jordan, 1888. Tumbes, Peru*
JOHNNY ROBLES, RAQUEL SICCHA-RAMIREZ, PAOLA CISNEROS..... 115
11. **Aspectos biológico pesqueros de *Carangoides otrynter* (Jordan & Gilbert, 1883) especie no nativa de Perú. Pacasmayo, 2016**
*Biological and fisheries aspects of *Carangoides otrynter* (Jordan & Gilbert, 1883) a non native species of Peru. Pacasmayo, 2016*
CARLOS GOICOCHEA, DENNIS ATOCHE-SUCLUPE, JACINTO PAREDES, CINTHIA VÁSQUEZ 128
12. **Estudio parasitológico de la concha de abanico *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) de las bahías Sechura y Samanco, Perú**
*Parasitological study of the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819), in Sechura and Samanco bays, Peru*
TERESA CASTRO..... 135
13. **Aislamiento y evaluación de la efectividad de bacteriófagos aislados de ambiente marino y su efecto en el control del crecimiento bacteriano**
Isolation and assessment of the effectiveness of bacteriophages isolated from marine environment and their effect in the control of bacterial growth
VIOLETA FLORES, CARLA FERNANDEZ, MARCO MEDINA 151
14. **Ecología trófica de *Octopus mimus* Gould, 1852; *Doryteuthis gahi* (d'Orbigny, 1835) y *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) (Cephalopoda) durante 2016**
*Trophic ecology of *Octopus mimus* Gould, 1852; *Doryteuthis gahi* (d'Orbigny, 1835) and *Dosidicus gigas* (d'Orbigny 1835) (Cephalopoda) in 2016*
ROSARIO CISNEROS 165
15. **Ecología trófica de *Octopus mimus* Gould, 1852 y *Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835 (Cephalopoda) en el 2017**
*Trophic ecology of *Octopus mimus* Gould 1852 and *Dosidicus gigas* d'Orbigny 1835 (Cephalopoda) in 2017*
ROSARIO CISNEROS 198
16. **Sinopsis biológica, poblacional y pesquera de *Anadara tuberculosa* (SOWERBY, 1833) y *Anadara similis* (C.B. Adams, 1852) en los manglares de Tumbes: 1995 a 2015**
*Biological, population and fishing synopsis of *Anadara tuberculosa* (SOWERBY, 1833) and *Anadara similis* (C.B. ADAMS, 1852) in the mangrove of Tumbes: 1995 – 2015*
ELMER ORDINOLA, SOLANGE ALEMÁN, CARLOS E. INGA, MANUEL VERA, JORGE LLANOS 223
17. **Detección de posible derrame de petróleo en el mar peruano frente a Talara usando imágenes satelitales, febrero 2017**
Detection of a possible oil spill in the Peruvian sea off Talara through satellite images, February 2017
GERMÁN VELAUCHAGA, HAN XU 265

18. Guía y criterios de aplicación del índice biótico marino AZTI (AMBI) y AMBI multivariado (M-AMBI) en ambientes marinos someros de la costa central y sur de Perú	
<i>Guidelines and application criteria of the AZTI biotic marine index (AMBI) and Multivariate -AMBI (M-AMBI) in the shallow marine environments from the central and southern Peruvian coast</i>	
LUIS QUIPUZCOA OLGUÍN, VÍCTOR ARAMAYO, XIMENA VELEZ-ZUAZO, BRUNO VILDOSO GIESECKE, BRUNO VALDEZ BARRIOS, VICENTE TASSO BERMELL	277
19. Nota científica	
<i>Lonchopisthus sinuscalifornicus</i> (Perciformes: Opistognathidae) bocón cola larga, nuevo registro para la ictiofauna del Perú. Nota Científica	
<i>Lonchopisthus sinuscalifornicus</i> (Perciformes: Opistognathidae) longtail jawfish, a new record for the Peruvian ichthyofauna	
CARLOS LUQUE SÁNCHEZ, SOLANGE ALEMÁN MEJÍA	306
Instrucciones para los autores	312

PRODUCTORES PRIMARIOS FRENTE A LA COSTA PERUANA DURANTE EL VERANO 2005. CRUCERO EVALUACIÓN DE PELÁGICOS BIC SNP-2, JOSÉ OLAYA

PRIMARY PRODUCERS OFF THE PERUVIAN COAST IN SUMMER 2005. PELAGIC RESOURCES ASSESSMENT CRUISE R/V SNP-2, JOSÉ OLAYA

Sonia Sánchez¹

Patricia Villanueva¹

RESUMEN

SÁNCHEZ S, VILLANUEVA P. 2019. Productores primarios frente a la costa peruana durante el verano 2005. *Crucero Evaluación de Recursos Pelágicos BIC SNP-2, José Olaya*. *Bol Inst Mar Perú*. 34(1): 7-14.- En el área que abarcó de Ilo a Paita se recolectaron 77 muestras utilizando una red de fitoplancton con 75 micras de abertura. Los volúmenes de plancton alcanzaron el valor medio de 0,33 mL/m³, con importantes núcleos dentro de las 60 mn frente a Punta Gobernador y San Juan. El fitoplancton fue escaso al norte y sur del litoral, mejorando su distribución por fuera de las 60 mn en Chicama, Chimbote, Callao y Pisco. Predominaron diatomeas de fases intermedias e iniciales, en la sucesión ecológica, al norte de 12°S y al sur solo lo hicieron especies de fases intermedias. Organismos productores de mareas rojas como *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld), *P. micans* Ehrenberg y *Akashiwo sanguinea* (Hirasaka) fueron registrados indistintamente a lo largo de la costa. El indicador de ACF *Protoperidinium obtusum* (Karsten) fue localizado principalmente dentro de las 30 mn, excepto en Chicama, Chimbote y Chancay donde llegó a más de 60 mn. *Ceratium incisum* (Karsten), indicador de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) fue determinado a 120 mn de la costa frente a Punta Falsa.

PALABRAS CLAVE: fitoplancton, composición, indicadores biológicos, verano 2005

ABSTRACT

SÁNCHEZ S, VILLANUEVA P. 2019. Primary producers off the Peruvian coast in summer 2005. *Pelagic Resources Assessment Cruise R/V SNP-2, Jose Olaya*. *Bol Inst Mar Peru*. 34(1): 7-14.- In the area from Ilo to Paita, a total of 77 samples were collected using a phytoplankton net (75 µm). Plankton volumes reached a mean value of 0.33 mL/m³ and there were important nuclei within 60 nm off Punta Gobernador and San Juan. Phytoplankton was scarce north and south of the coast and its distribution improved outside 60 nm in Chicama, Chimbote, Callao, and Pisco. Intermediate and early-stage diatoms were prevalent in the ecological succession north of 12°S, and only intermediate-stage species were predominant in the south. Red tide organisms such as *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld), *P. micans* Ehrenberg, and *Akashiwo sanguinea* (Hirasaka) were recorded indistinctly along the coast. The CCW indicator *Protoperidinium obtusum* (Karsten) was mainly located within 30 nm, except in Chicama, Chimbote, and Chancay where it reached more than 60 nm. *Ceratium incisum* (Karsten), which is an indicator of Subtropical Surface Waters (SSW) was determined at 120 nm off Punta Falsa.

KEYWORDS: phytoplankton, composition, biological indicators, summer 2005

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto del Mar de Perú - IMARPE cumpliendo con el objetivo de evaluar periódicamente los recursos pesqueros, efectuó el crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos en el verano del 2005, a fin de determinar niveles de abundancia y estructura poblacional de los peces pelágicos, además de conocer las características del ambiente marino relacionadas a estos recursos y así disponer de información actualizada que le permita dar pautas para un desarrollo sustentable de esa pesquería.

El presente estudio contiene los resultados obtenidos durante la evaluación, respecto a la distribución superficial de los volúmenes de

1. INTRODUCTION

The Instituto del Mar de Peru - IMARPE (Alternative: Peruvian Marine Research Institute), in compliance with the objective of periodically assessing fishery resources, carried out the Hydroacoustic Assessment Cruise in summer 2005, to determine the levels of abundance and population structure of pelagic fish, in addition to learn about the characteristics of the marine environment related to these resources and thus to have updated information to give guidelines for the sustainable development of this fishery.

This paper contains the results obtained during the assessment, with respect to the surface distribution of plankton volumes as well as

1 IMARPE, DGIOCC, Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria. soniasan@imarpe.gob.pe

plancton así como también la distribución y composición espeziológica de la comunidad y evaluación de los organismos indicadores asociados a diferentes masas de agua.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El Crucero de Evaluación hidroacústica de recursos pelágicos se efectuó entre el 25 de febrero y 4 de abril del 2005 a bordo de los BIC SNP-2 y José Olaya, mediante muestreos simultáneos. El BIC Olaya exploró la zona comprendida entre la costa y las 100 millas, desde Ilo hasta Paita, en el que se realizó el muestreo de la componente fitoplanctónica (Fig. 1).

Se analizaron 77 muestras recolectadas con red de fitoplancton de 75 micras de abertura de malla, en arrastres horizontales durante 5 minutos y a 3 nudos de velocidad. Las muestras fueron preservadas en formalina neutralizada hasta concentración final del 2%.

Las muestras se analizaron semi cuantitativamente, considerando los principales grupos de plancton (fito y zooplancton), otorgándoles valores convencionales a los organismos más representativos por su abundancia, según metodología del IMARPE.

Para la determinación taxonómica de los diferentes organismos se consultaron los trabajos de HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1971 a, b), SUNDSTRÖM (1986), BALECH (1988), HASLE & SYVERTSEN (1996) y STEIDINGER & TANGEN (1996).

En la elaboración de las figuras y cartas de distribución se usaron los programas Excel y Surfer (Ver. 8), respectivamente.

3. RESULTADOS

Distribución superficial de volúmenes de plancton

En el verano 2005, el volumen del plancton varió entre 0,02 y 3,56 mL.m⁻³, alcanzando un valor medio para toda el área de estudio de 0,33 mL.m⁻³, 95% del volumen fue menor a 1,0 mL.m⁻³.

Se registraron dos núcleos, uno frente a Punta Gobernador y otro en San Juan, ambos dentro de las 60 mn, con concentraciones de 3,56 mL.m⁻³ de zooplancton y 2,2 mL.m⁻³ de fitoplancton.

the distribution and species composition of the community and the assessment of indicator organisms associated with different water masses.

2. MATERIAL AND METHODS

The Pelagic Resources Hydroacoustic Assessment Cruise was carried out between February 25 and April 4, 2005, aboard the R/V SNP-2 and José Olaya, by simultaneous sampling. R/V Olaya explored the area located between the coast and 100 miles from Ilo to Paita, where the phytoplankton component was sampled (Fig. 1).

We analyzed 77 samples that were collected using a phytoplankton net of 75 µm in horizontal trawls, for 5 minutes and at a speed of 3 knots. The samples were preserved in neutralized formalin up to a final concentration of 2%.

According to IMARPE's methodology, the samples were semi-quantitatively analyzed, by considering the main plankton groups (phytoplankton and zooplankton), and by awarding conventional values to the most representative organisms due to their abundance.

The works of HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1971 a, b), SUNDSTRÖM (1986), BALECH (1988), HASLE & SYVERTSEN (1996) and STEIDINGER & TANGEN (1996) were consulted for the taxonomic determination of the different organisms.

Excel and Surfer software (Ver. 8), were used in the elaboration of the figures and plotting charts, respectively.

3. RESULTS

Surface distribution of plankton volumes

In summer 2005, plankton volume varied between 0.02 and 3.56 mL.m⁻³, reaching a mean value of 0.33 mL.m⁻³ for the entire study area, 95% of the volume was less than 1.0 mL.m⁻³.

Two nuclei were registered, one off Punta Gobernador and the other in San Juan, both were within 60 nm, showing concentrations of 3.56 mL.m⁻³ of zooplankton and 2.2 mL.m⁻³ of

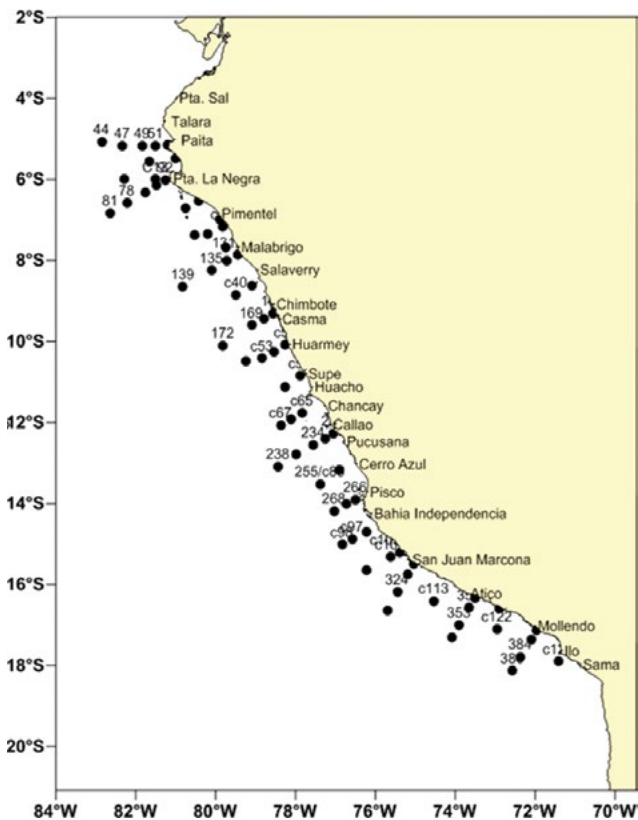


Figura 1.- Carta de posiciones. Crucero de Evaluación de Rec. Pelágicos 0502-04

Figure 1. Plotting chart. Pelagic Resources Assessment Cruise 0502-04

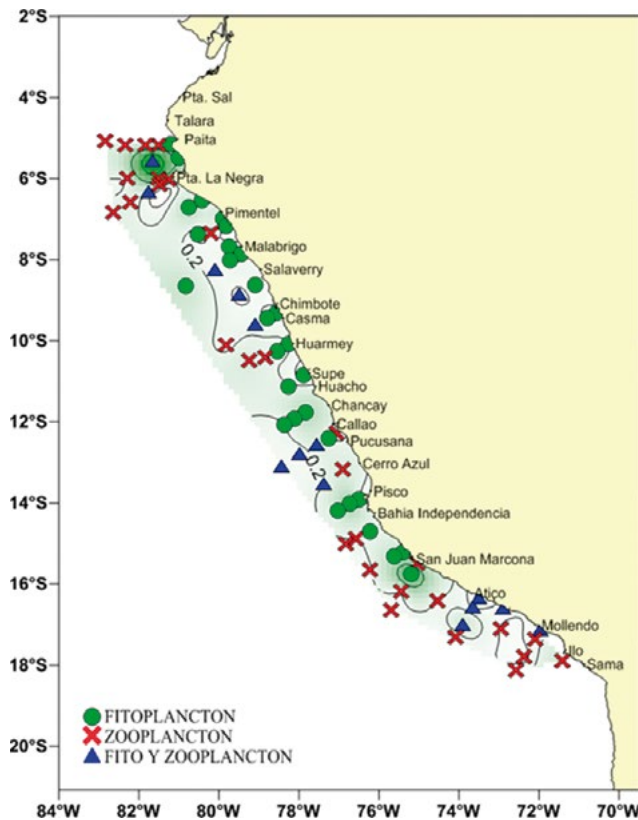


Figura 2.- Volúmenes de plancton (mL.m⁻³). Crucero de Evaluación de Rec. Pelágicos 0502-04

Figure 2. Plankton volumes (mL.m⁻³). Pelagic Resources Assessment Cruise 0502-04

Se localizó un tercer núcleo dentro de la zona costera frente a Pisco que fue de 1,0 mL.m⁻³. Se encontraron volúmenes menores a 0,5 mL.m⁻³ con amplia distribución a lo largo del litoral, tanto en la zona costera como oceánica (Fig. 2).

phytoplankton. A third nucleus of 1.0 mL.m⁻³ was observed within the coastal area off Pisco. Volumes less than 0.5 mL.m⁻³ were found with a wide distribution along the littoral, both in the coastal and oceanic areas (Fig. 2).

Distribución y composición del fitoplancton en superficie

Distribution and composition of surface phytoplankton

La comunidad fitoplanctónica prevaleció en 47% de las muestras, el zooplancton en 43%, compartiendo predominancia el fitoplancton y zooplancton en el 10% restante (Fig. 2).

The phytoplankton community was predominant in 47% of the samples, while zooplankton was prevalent in 43%, phytoplankton and zooplankton sharing predominance in the remaining 10% (Fig. 2).

El fitoplancton fue escaso al norte y sur del litoral, destacando entre Paita y Chicama (5 - 8°S) y Punta Mendieta y Atico (15 - 17°S) dentro de las 30 mn, incrementando por fuera de las 60 mn en Chicama, Chimbote, Callao y Pisco (8 - 14°S).

Phytoplankton was scarce to the north and south of the coast, predominated between Paita and Chicama (5 - 8°S) and Punta Mendieta and Atico (15 - 17°S) within 30 nm and increasing its presence outside 60 nm in Chicama, Chimbote, Callao and Pisco (8 - 14°S).

La composición de la flora planctónica se caracterizó por el predominio de diatomeas de fases intermedias y fases iniciales en la sucesión ecológica. A nivel de especie prevalecieron

Phytoplankton composition was characterized by the predominance of intermediate- and early-

dos grupos, el primero al norte de 12°S con las especies *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky, *Coscinodiscus perforatus* Ehrenberg, *C. granii* Gran & Angst, *Lithodesmium undulatum* Ehrenberg, *Pseudo-nitzschia pungens* (Grunow ex Cleve) Hasle, *Chaetoceros lorenzianus* Grunow, *Ch. debilis* Cleve, *Ch. curvoisetus* Cleve, *Ch. affinis* Lauder y *Ch. constrictus* Gran. El segundo grupo localizado al sur de 12°S, donde destacaron por su abundancia *Thalassiothrix longissima* Cleve & Grunow, *Thalassionema frauenfeldii* (Grunow) Tempère & Peragallo, *Ditylum brightwellii* (T. West) Grunow in Van Heurck y *B. delicatulum* Cleve; excepto en San Juan donde se observó un núcleo importante de fitoplancton en el que encontraron diferentes especies de *Chaetoceros*.

Los dinoflagelados, grupo importante de esta comunidad, se caracterizaron por distribución más homogénea, destacando especies cosmopolitas, tanto en zonas costeras como oceánicas. Entre los organismos costeros se encontraron *Ceratium dens* Ostefeld & Schmidt, *C. buceros* Zacharias, *C. furca* Ehrenberg, *Dinophysis caudata* Kent, *Protoperdinium depressum* (Bailey) Balech y *C. fusus* Ehrenberg, entre otros. En el grupo de los oceánicos estuvieron *Goniodoma polyedricum* Jorgensen y *C. contortum* Gourret Cleve, que fueron determinados muy cerca de la costa frente a Punta Gobernador, Punta Falsa, Atico y Matarani.

El verano es una época propicia para la presencia de floraciones algales, detectándose en esta oportunidad organismos productores de estos eventos. Frente a Punta Chao se reportó a *Prorocentrum cordatum* (Ostefeld), frente a Cerro Azul se encontró *P. micans* Ehrenberg y en Matarani *Akashiwo sanguinea* (Hirasaka).

Variación latitudinal de volúmenes promedio de plancton

Los volúmenes promedio de plancton por grado latitudinal fueron bajos, menores a 1,0 mL.m⁻³ dentro de las 60 mn, a excepción de un valor máximo de 1,9 mL.m⁻³ localizado entre los 5 y 6°S a 30 y 60 mn. A distancias superiores de las 60 mn, los promedios descendieron alcanzando valores menores a 0,4 mL.m⁻³ (Fig. 3).

stage diatoms in the ecological succession. At the species level, two groups were prevailing, the first north of 12°S with the species *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky, *Coscinodiscus perforatus* Ehrenberg, *C. granii* Gran & Angst, *Lithodesmium undulatum* Ehrenberg, *Pseudo-nitzschia pungens* (Grunow ex Cleve) Hasle, *Chaetoceros lorenzianus* Grunow, *Ch. debilis* Cleve, *Ch. curvoisetus* Cleve, *Ch. affinis* Lauder, and *Ch. constrictus* Gran. The second group was located south of 12°S, where *Thalassiothrix longissima* Cleve & Grunow, *Thalassionema frauenfeldii* (Grunow) Tempère & Peragallo, *Ditylum brightwellii* (T. West) Grunow in Van Heurck, and *B. delicatulum* Cleve stood out for their abundance, except for San Juan, where an important nucleus of phytoplankton was observed, where different species of *Chaetoceros* were found.

Dinoflagellates, an important group of this community, were characterized by a more homogeneous distribution, where cosmopolitan species stood out, both in coastal and oceanic zones. Among the coastal organisms were *Ceratium dens* Ostefeld & Schmidt, *C. buceros* Zacharias, *C. furca* Ehrenberg, *Dinophysis caudata* Kent, *Protoperdinium depressum* (Bailey) Balech, and *C. fusus* Ehrenberg, as well as others. In the oceanic group were *Goniodoma polyedricum* Jorgensen and *C. contortum* Gourret Cleve, which were found very close to the coast off Punta Gobernador, Punta Falsa, Atico, and Matarani.

Summer is a favorable time for the presence of algal blooms, and, in this opportunity, organisms producing these events were detected. *Prorocentrum cordatum* (Ostefeld) was reported off Punta Chao, *P. micans* Ehrenberg was found off Cerro Azul and *Akashiwo sanguinea* (Hirasaka) was detected in Matarani.

Latitudinal variation of mean plankton volumes

Overall, the mean plankton volumes per latitudinal degree were low, less than 1.0 mL.m⁻³ within 60 nm, except for a maximum value of 1.9 mL.m⁻³ located between 5 and 6°S at 30 and 60 nm. At distances greater than 60 nm, the averages decreased, reaching values less than 0.4 mL.m⁻³ (Fig. 3).

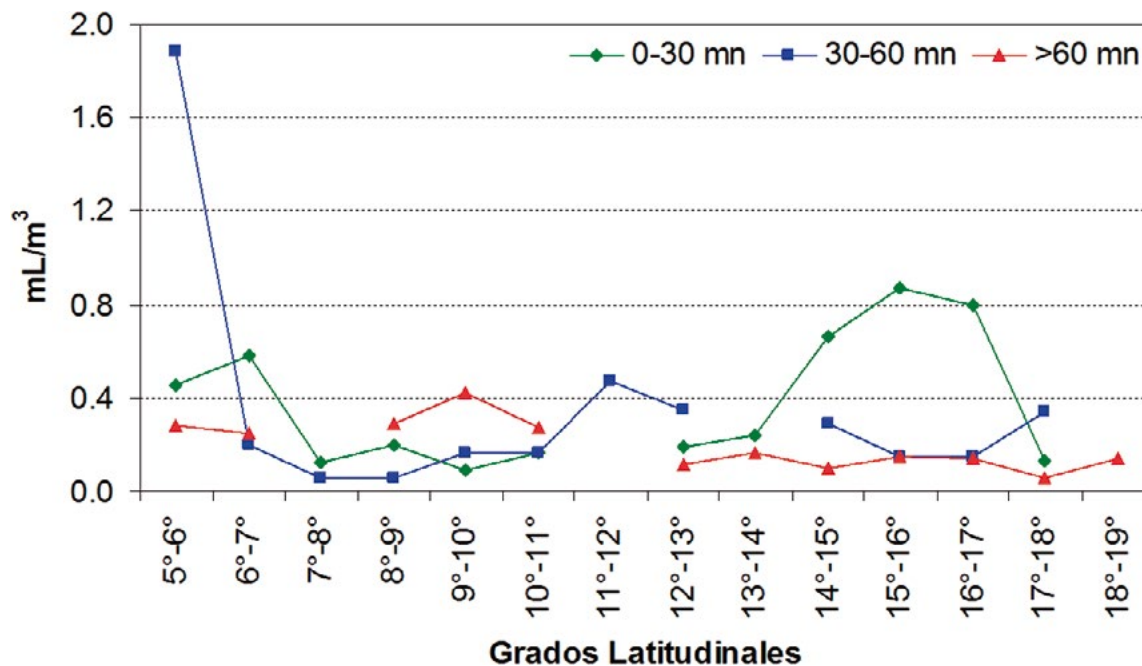


Figura 3.- Distribución isoparalitoral de volumen promedio de plancton. Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0502-04

Figure 3. Isoparallel distribution of mean plankton volumes. Pelagic Resources Assessment Cruise 0502-04

Distribución de indicadores biológicos

Los indicadores biológicos de masas de agua mostraron la siguiente distribución: *Protopteridinium obtusum*, indicador de Aguas Costeras Frías (ACF), se encontró básicamente dentro de las 30 mn, desde Paita hasta Matarani, a excepción de perfiles frente a Chicama, Chimbote y Chancay en donde se registró por fuera de las 60 mn asociados a ATSM de $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, no siendo determinado entre Punta Gobernador - Punta Falsa e Ilo. *Ceratium incisum* (Karsten) Jörgensen, indicador de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), fue localizado solo frente a Punta Falsa a 120 mn de la costa (Fig. 4).

4. DISCUSIÓN

Los productores primarios constituyen fuente de alimento para los recursos pesqueros, los que están sujetos a los cambios del ecosistema marino. En el verano del 2005 las condiciones ambientales iban de normal a ligeramente frías en la mayor parte del área prospectada, con presencia de ASS próximas a la costa y menor proyección frente a Chicama y Chimbote, San Juan y Atico (IMARPE 2005, TENORIO *et al.* 2011). En periodos normales la biomasa planctónica dentro de las 30 mn es alta ($>2,5\text{ mL}\cdot\text{m}^{-3}$) con un pico de biomasa y predominio de fitoplancton

Distribution of biological indicators

The biological indicators of water masses showed the following distribution: *Protopteridinium obtusum*, an indicator of Cold Coastal Waters (CCW), was basically found within 30 nm, from Paita to Matarani, except for profiles off Chicama, Chimbote, and Chancay where it was recorded outside the 60 nm associated with a SSTA of $-1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ and not being determined between Punta Gobernador - Punta Falsa and Ilo. *Ceratium incisum* (Karsten) Jörgensen, an indicator of Surface Subtropical Waters (SSW), was located only off Punta Falsa, 120 nm from the coast (Fig. 4).

4. DISCUSSION

Primary producers are a source of food for fisheries resources, which are subject to changes in the marine ecosystem. In summer 2005, environmental conditions ranged from normal to slightly cold in most of the surveyed area, with the presence of SSW close to the coast and less projection off Chicama and Chimbote, San Juan and Atico (IMARPE 2005, TENORIO *et al.* 2011). In normal periods, plankton biomass within 30 nm is high ($>2.5\text{ mL}\cdot\text{m}^{-3}$) with a peak biomass and

en primavera (SÁNCHEZ 2000). Estas características no se vieron reflejadas en las concentraciones de la biomasa planctónica, ya que el promedio fue de 0,33 mL.m⁻³, valor bajo comparado con el verano del 2004, donde a pesar del acercamiento de ASS por fuera de las 40 mn entre Pimentel - Huarney y de bahía Independencia a Atico, el volumen planctónico fue de 0,76 mL.m⁻³ (DELGADO *et al.* 2015). Esta variación interanual de los volúmenes de plancton (2002 – 2014) ha sido discutido por DELGADO (2018), cambios que estarían asociados (1999 – 2016), a un nuevo cambio de régimen que igualmente se ha observado en otros ecosistemas (SÁNCHEZ *et al.* 2017).

La comunidad fitoplanctónica para el verano 2005, estuvo conformada por especies de fases intermedias y fases iniciales en la sucesión ecológica, situación similar a lo registrado por DELGADO *et al.* (2015) para el verano 2014, coincidiendo ambos años también con la presencia de *Goniodoma polyedricum*, dinoflagelado que según OCHOA Y GÓMEZ (1997) es una especie de aguas cálidas.

predominance of phytoplankton in spring (SÁNCHEZ 2000). These characteristics were not reflected in the concentrations of plankton biomass, as the mean was 0.33 mL.m⁻³, a low value compared to summer 2004, where despite the approach of SSW outside the 40 nm between Pimentel - Huarney and Independencia Bay to Atico, the planktonic volume was 0.76 mL.m⁻³ (DELGADO *et al.* 2015). This interannual variation in plankton volumes (2002 - 2014) has been discussed by DELGADO (2018). These changes would be associated, from 1999 to 2016, to a new regime change that has also been observed in other ecosystems (SÁNCHEZ *et al.* 2017).

In summer 2005, the phytoplankton community was formed by species of intermediate- and initial-stages in the ecological succession, which is analogous to the situation registered by DELGADO *et al.* (2015) for last summer, coinciding both years also with the presence of *Goniodoma polyedricum*, dinoflagellata that according to OCHOA & GÓMEZ (1997) is a warm water species.

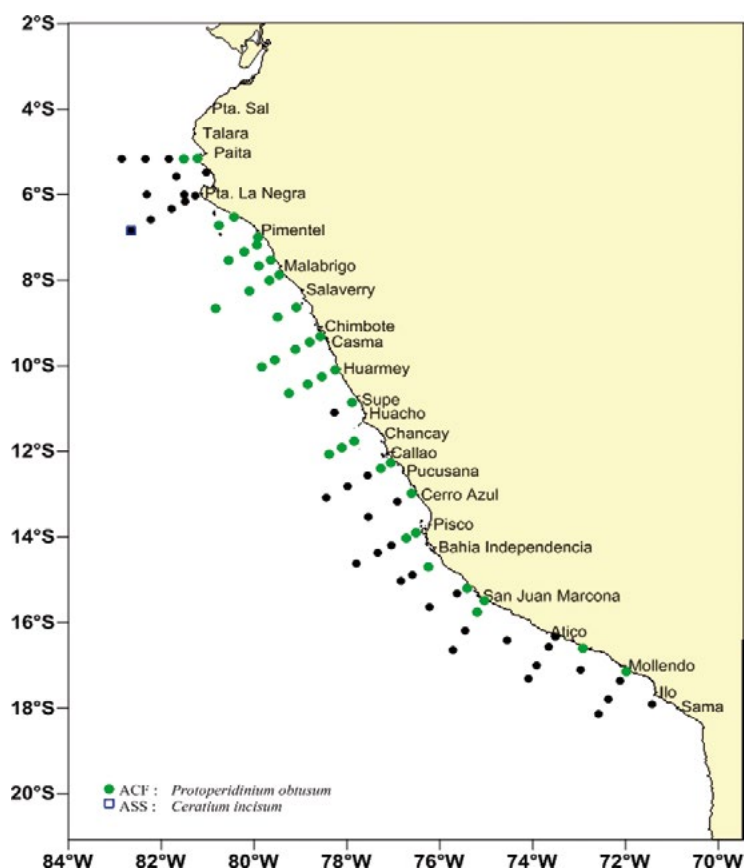


Figura 4.- Distribución de indicadores de masas de agua. Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0502-03. BIC Olaya

Figure 4. Distribution of water mass indicators. Pelagic Resources Assessment Cruise 0502-03. R/V Olaya

En relación a los indicadores biológicos se conoce que en el verano, desde Tumbes hasta Paita, se registran especies asociadas a AES, situación que no se observó en el verano 2005 debido a que las condiciones ambientales fueron descritas como de normal a ligeramente frías asociadas a ATSM menores a $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (IMARPE 2005)

El indicador de ACF *Protoperidinium obtusum* ha sido reportado de forma costera aunque con diferente amplitud latitudinal con respecto al verano del 2004 (DELGADO *et al.* 2015), distribución que ha incrementado tanto longitudinal como latitudinalmente en el verano 2005, coincidiendo en gran parte con el afloramiento hallado al norte de los 10°S , lo que indicaría condiciones favorables para el indicador.

5. CONCLUSIONES

La media de los volúmenes de plancton en el verano del 2005 fue $0,33\text{ mL}\cdot\text{m}^{-3}$, siendo el menor valor registrado desde el 2000 aunque fue evidente el incremento del predominio de fitoplancton.

Las condiciones oceanográficas favorecieron la amplia distribución del indicador *Protoperidinium obtusum* (ACF) al norte del litoral.

Agradecimientos

Se desea expresar especial agradecimiento a la Bach. Nelly Jacobo por su colaboración en la elaboración de gráficos, además de hacerlo extensivo al personal del Área de Fitoplancton y Producción Primaria por su participación en el análisis de las muestras.

Regarding biological indicators, it is known that in the summer, from Tumbes to Paita, species associated with SEW are recorded, a situation that was not observed in summer 2005 since environmental conditions were described as normal to slightly cold, associated with SSTA less than $-1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (IMARPE 2005)

Protoperidinium obtusum, indicator of CCW, has been reported along the coastline although with different latitudinal amplitude as compared to summer 2004 (DELGADO *et al.* 2015), distribution that has been increased both longitudinally and latitudinally in summer 2005, coinciding largely with the upwelling found north of 10°S , which would indicate favorable conditions for the indicator.

5. CONCLUSIONS

The mean plankton volumes in summer 2005 were $0.33\text{ mL}\cdot\text{m}^{-3}$, being the lowest recorded value since 2000 although the increase in the predominance of phytoplankton was evident.

Oceanographic conditions favored the wide distribution of *Protoperidinium obtusum* (CCW) north of the coast.

Acknowledgments

Special thanks are due to Biol. Nelly Jacobo for her collaboration in the elaboration of graphs, as well as extending it to the staff of the Area of Phytoplankton and Primary Production for their participation in the analysis of the samples.

6. REFERENCIAS / REFERENCES

- BALECH E. 1988. Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Public. Esp. Inst. Español de Oceanog. España. 310 pp.
- CUPP E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps Inst. Oceangr. 5: 1 - 237.
- DELGADO E. 2018. Características del fitoplancton del mar peruano. Verano 2014, Crucero 1402-04. Bol Inst Mar Perú. 33 (1): 65 – 72.
- DELGADO E, CHANG F, VILLANUEVA P. 2015. Composición, abundancia y distribución del fitoplancton frente a la costa peruana en el verano 2004. Inst. Mar Perú. 42(2): 158 - 165.
- HASLE G R, SYVERTSEN E E. 1996. Marine Diatoms. In: Tomas C. (Ed.) Identifying Marine Phytoplankton: Chapter: 2. Academic Press, Inc. 5 - 386.
- 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. Osterreich und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. In: L. Rabenhorst (ed). Kryptogamen-Flora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. 1 Teil. Akad. Verlagsges. Leipzig, Reprint Johnson Rep. Goop, New York 1971. 920 pp.

- IMARPE 2005. Informe Ejecutivo del Cr. Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 0502-04: 21pp. www.imarpe.gob.pe/.
- OCHOA N, GÓMEZ O. 1997. Dinoflagelados del mar peruano como indicadores de masas de agua durante los años 1982 a 1985. Bol Inst Mar Perú. 16 (2): 1 - 60.
- SÁNCHEZ S. 2000. Variación estacional e interanual de la biomasa fitoplanctónica y concentraciones de clorofila "a", frente a la costa peruana durante 1976-2000. Bol Inst Mar Perú. 19(1-2): 29 - 43.
- SÁNCHEZ S, QUISPE J, MENDOZA J. 2017. Variabilidad del plancton y efectos de El Niño y La Niña sobre el fitoplancton: 2013-2016. Inf Inst Mar Perú. 44(1): 14 - 19.
- SCHILLER J. 1971a. Dinoflagellate (Peridineae) in monographischer Behandlung. 2 Tell. In: L. Rabenhortst (ed) Kriptogamen - Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, Vol. 10 Section 3, Parte 1. 617 pp.
- SCHILLER J. 1971b. Dinoflagellate (Peridineae) in monographischer Behandlung. 2 Tell. In: L. Rabenhortst (ed). Kriptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, Vol 10 Section 3, Parte 2. 589 pp.
- SOURNIA A. 1967. Le genre *Ceratium* (Peridinien Planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une révision mondiale. Vie et Milieu. 18 (2A-A): 375 - 580.
- SUNDSTRÖM B. 1986. The Marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Lund, Sweden. 196 pp.
- STEIDINGER K, TANGEN K. 1996. Dinoflagellates. In: Tomas C. (Ed.) Identifying Marine Phytoplankton: Chapter: 3. Academic Press, Inc. 387 - 584.
- TENORIO J, MORÓN O, FLORES R. 2011. Condiciones oceanográficas en verano 2005: Crucero Demersal BIC Olaya 0501- 02. Inf Inst Mar Perú. 38(1): 113 - 120.

CARACTERÍSTICAS DEL MICROFITOPLANCTON DE VERANO DURANTE EL CRUCERO DE RECURSOS PELÁGICOS 0702-04

SUMMER MICROPHYTOPLANKTON CHARACTERISTICS DURING THE PELAGIC RESOURCES CRUISE 0702-04

Flor Chang¹Avy Bernales¹Sonia Sánchez¹

RESUMEN

CHANG F, BERNALES A, SÁNCHEZ S. 2019. Características del microfitoplancton de verano durante el crucero de recursos pelágicos 0702-04. *Bol Inst Mar Perú*. 34(1): 15-24.- Se recolectaron 114 muestras, utilizando una red de fitoplancton con 75 micras de abertura. Los volúmenes de plancton fluctuaron entre 0,02 y 3,78 mL.m⁻³, dando un promedio general de 0,43 mL.m⁻³, las mayores concentraciones se registraron entre 4 y 5°S. El microfitoplancton estuvo conformado por diatomeas centrales de fases intermedias de la sucesión y especies de afloramiento destacando por sus abundancias *Coscinodiscus perforatus*, *Actinocyclus* sp., *Thalassiosira subtilis*, *Detonula pumila* y *Chaetoceros debilis*, así como dinoflagelados cosmopolitas. Se observaron mareas rojas ocasionadas por *Mesodinium rubrum* (Pisco) y el dinoflagelado *Akashiwo sanguinea* (Huacho). *Ceratium praelongum*, indicador de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) y *C. breve*, indicador de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) fueron determinados frente a Pimentel y Huarney, principalmente por fuera de las 60 mn, con un máximo acercamiento a costa de *C. praelongum* frente a Atico. El indicador de Aguas Costeras Frías (ACF), *Protoperidinium obtusum*, se encontró dentro de la franja costera, excepto frente a Malabrigo, Callao y Pisco donde llegó a las 60 mn.

PALABRAS CLAVE: fitoplancton, composición, indicadores biológicos, verano 2007

ABSTRACT

CHANG F, BERNALES A, SÁNCHEZ S. 2019. Summer microphytoplankton characteristics during the pelagic resources cruise 0702-04. *Bol Inst Mar Peru*. 34(1): 15-24.- A total of 114 samples were collected using phytoplankton net (75 µm). The plankton volumes fluctuated between 0.02 and 3.78 mL.m⁻³ and resulted in a general average of 0.43 mL.m⁻³. The greatest concentrations ranged between 4 and 5°S. The microphytoplankton was composed by central diatoms belonging to the intermediate phases succession and upwelling species (*Coscinodiscus perforatus*, *Actinocyclus* sp., *Thalassiosira subtilis*, *Detonula pumila* y *Chaetoceros debilis*), associated with cosmopolitan dinoflagellates. Red tides produced by *Akashiwo sanguinea* (Huacho) and ciliate *Mesodinium rubrum* (Pisco) were registered. *Ceratium praelongum*, Surface Subtropical Waters (SSW) indicator, and *C. breve*, Surface Equatorial Waters (SEW) indicator, were found off Pimentel and Huarney, mainly out of 60 nm, with a maximum approach to coast by *C. praelongum* off Atico. *Protoperidinium obtusum*, Cold Coastal Waters (CCW) indicator, was found within the coastal area, except in Malabrigo, Callao and Pisco where its distribution reached 60 nm.

KEYWORDS: phytoplankton, composition, biological indicator, summer 2007

1. INTRODUCCIÓN

El fitoplancton es el primer eslabón de la cadena alimenticia y fundamental para que existan los niveles tróficos superiores, el cual se encuentra relacionado principalmente con aspectos físicoquímicos implicados en la distribución y abundancia de algunos recursos pelágicos que son de gran importancia en el manejo de las pesquerías, como es el caso de la anchoveta *Engraulis ringens*, que en condiciones oceanográficas normales representa el mayor porcentaje de los desembarques pesqueros a lo largo del litoral.

1. INTRODUCTION

Phytoplankton is the first link in the food chain and it is fundamental for the existence of higher trophic levels, which is mainly related to physical-chemical aspects involved in the distribution and abundance of some pelagic resources that are of great importance in the fisheries management, as in the case of the anchoveta *Engraulis ringens*, which in normal oceanographic conditions represents the largest percentage of fishing landings along the coast.

1 IMARPE, DGIOCC, Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria. fchang@imarpe.gob.pe

En los últimos años las condiciones bio-oceanográficas han mostrado alteraciones significativas en relación a su patrón de distribución normal, reportándose para el verano del 2006 volúmenes promedio de plancton inferiores a $0,5 \text{ mL.m}^{-3}$ (DELGADO & CHANG 2009) que estuvieron acorde con la disminución en la biomasa del recurso anchoveta (*Engraulis ringens*) a consecuencia de la menor disponibilidad de alimento.

DELGADO *et al.* (2015) indicaron para el año 2004 que el volumen promedio de plancton fue de $0,76 \text{ mL.m}^{-3}$, cuando las condiciones océano-atmosféricas, para ese periodo de estudio, señalaron condiciones con tendencia a la normalidad, lo que permitió que el fitoplancton se recuperara en un entorno favorable para su desarrollo.

En este informe se da a conocer la distribución en superficie de los volúmenes de plancton, composición especiológica y los indicadores biológicos asociados a las masas de agua.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos se efectuó desde Tacna a Tumbes, del 22 de febrero al 8 de abril 2007, con la participación de dos barcos de investigación científica: José Olaya y SNP 2, como complemento en los muestreos costeros se utilizó la L/P Imarpe VI.

Se analizaron 114 muestras de superficie (Fig. 1), recolectadas con red estándar de fitoplancton ($75 \mu\text{m}$) durante 5 minutos a 3 nudos de velocidad. Las muestras fueron preservadas con formalina neutralizada, siguiendo las pautas descritas en THRÖNDSSEN (1978).

La metodología empleada para la obtención de las muestras fue descrita en anteriores evaluaciones, basándose en las recomendaciones de la Reunión del Programa de Plancton (UNESCO 1981).

Las muestras de red se analizaron semicuantitativamente, considerando los principales grupos del plancton, otorgando a los organismos más representativos, valores convencionales de acuerdo a su abundancia, según metodología de IMARPE.

In recent years, bio-oceanographic conditions have shown significant alterations in relation to its normal distribution pattern, with mean plankton volumes lower than 0.5 mL.m^{-3} (DELGADO & CHANG 2009) being reported for summer 2006, which were in accordance with the decrease in the biomass of the resource (*Engraulis ringens*) as a consequence of the lower availability of food.

DELGADO *et al.* (2015) indicated for the year 2004 the mean plankton volume was 0.76 mL.m^{-3} , when the ocean-atmospheric conditions of that study period, denoted conditions with a tendency to normality, allowing the phytoplankton to recover in an environment that was favorable for its development.

This report presents the surface distribution of plankton volumes, species composition, and biological indicators associated with water masses.

2. MATERIAL AND METHODS

Between February 22 to April 8, 2007, the Pelagic Resources Hydroacoustic Assessment Cruise was carried out from Tacna to Tumbes with the participation of two scientific research vessels: José Olaya and SNP 2, the vessel Imarpe VI was used as a complement in the coastal samplings.

A total of 114 surface samples (Fig. 1), which were collected with a standard phytoplankton net ($75 \mu\text{m}$) for 5 minutes at a speed of 3 knots, were analyzed. The samples were preserved with neutralized formalin, following the guidelines described in THRÖNDSSEN (1978).

The methodology used to obtain the samples was described in previous assessments, based on the recommendations of the Plankton Program Meeting (UNESCO 1981).

According to IMARPE's methodology, the net samples were semi-quantitatively analyzed, by considering the main plankton groups and by awarding conventional values due to their abundance.

de los volúmenes presentaron valores menores a 1 mL.m^{-3} . El rango de Temperatura Superficial del Mar (TSM) fluctuó entre $15,5$ y $27,8 \text{ }^\circ\text{C}$.

El fitoplancton destacó en el 40% de las estaciones, localizándose principalmente en la franja costera entre Punta La Negra y Mollendo con zonas de mayor amplitud frente a Paita y Callao ($>90 \text{ mn}$). El zooplancton predominó en el 52% del área evaluada, siendo los más representativos el grupo de copépodos, nauplios y huevos; el fitoplancton fue el 48% (Fig. 2).

Se determinaron dos áreas con mayores valores de biomasa planctónica ($>3,0 \text{ mL.m}^{-3}$) localizados en la parte norte, frente a Paita y Salaverry y la segunda en el sur frente a San Juan, ambas localizadas dentro de las 30 mn y con predominio total del fitoplancton. También se determinaron núcleos de $2,0$ y $1,0 \text{ mL.m}^{-3}$ entre Pimentel y Huarmey ($>30 \text{ mn}$) y frente a Chala (60 mn).

More than 85% of the volumes had values less than 1 mL.m^{-3} . Sea Surface Temperature (SST) ranged between 15.5 and $27.8 \text{ }^\circ\text{C}$.

Phytoplankton predominated in 40% of the stations, being located mainly in the coastal strip between Punta La Negra and Mollendo with wider zones off Paita and Callao ($>90 \text{ nm}$). Zooplankton predominated in 52% of the surveyed area, with copepods, nauplii, and eggs being the most representative group. Phytoplankton was predominant in 48% of the surveyed area (Fig. 2).

Two areas, with the highest plankton biomass values ($>3.0 \text{ mL.m}^{-3}$), were determined. The first one in the northern part, off Paita and Salaverry and the second one in the south, off San Juan, both located within 30 nm and with total predominance of phytoplankton. Nuclei of 2.0 and 1.0 mL.m^{-3} were also determined between Pimentel and Huarmey ($>30 \text{ nm}$) and off Chala (60 nm).

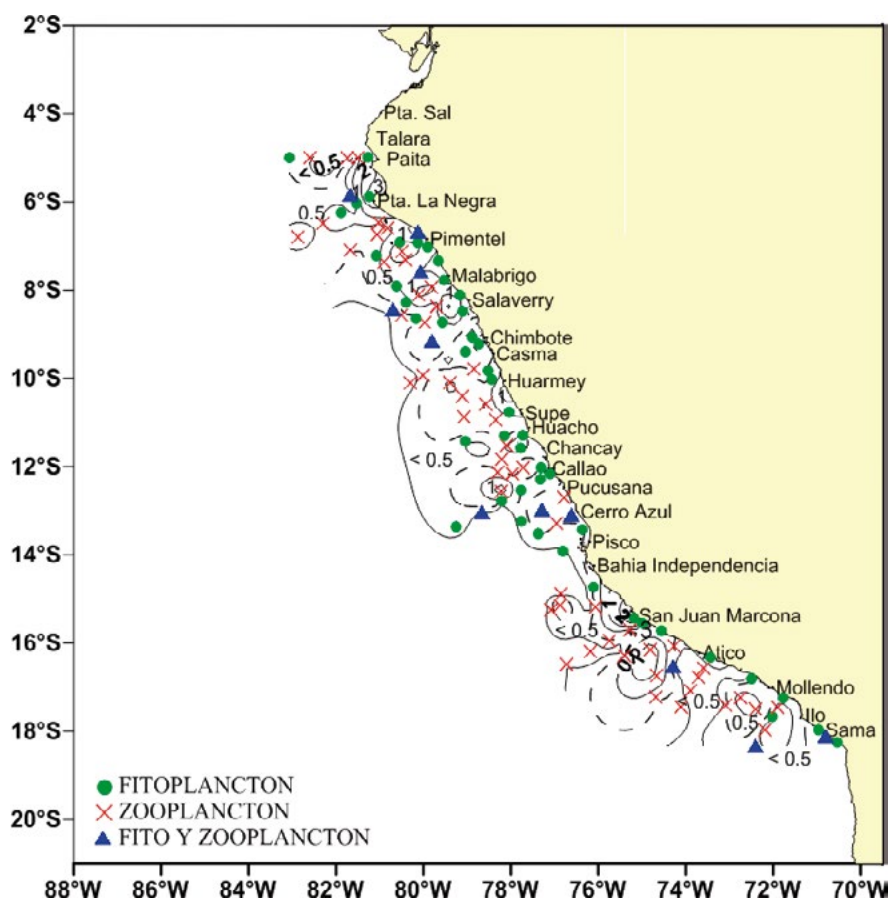


Figura 2.- Distribución de volúmenes de plancton (mL.m^{-3}). Cr. Evaluación de recursos pelágicos 0702-04. BIC Olaya y SNP 2

Figure 2. Distribution of plankton volumes (mL.m^{-3}). Pelagic Resources Assessment Cruise 0702-04. R/V Olaya and SNP 2

La composición de la flora planctónica, que caracterizó el periodo de verano, presentó mayor abundancia de diatomeas centrales *Coscinodiscus perforatus* Cleve y Möller, *Thalassiosira subtilis* Gran, *Chaetoceros debilis* Cleve, *Detonula pumila* Gran, *Actinocyclus* sp. y *Thalassiosira partheneia* Schrader, esta última especie considerada de aguas cálidas, estuvo mejor representada desde Paita a Salaverry por fuera de las 60 mn.

Los dinoflagelados, principalmente especies cosmopolitas, presentaron amplia distribución, aunque no se registraron abundancias notorias excepto para *Ceratium tripos* (30 y >60 mn) y *Protoperidinium depressum* (Bailey) (30 mn) frente a Callao.

Dentro de la composición de especies se observó, además, extensa presencia de organismos termófilos destacando por su abundancia las diatomeas *Thalassiothrix longissima* Cleve & Grunow (> 30 mn) al sur de Ilo y *Pseudosolenia calcar-avis* (Schultze) frente a Cerro Azul (> 60 mn), asociado a la presencia de *Proboscia alata* f *indica*, *Rhizosolenia styliformis* Brightwell, *Planktoniella sol* (Wallich) y *Chaetoceros coarctatus* Lauder. Dinoflagelados termófilos también se localizaron a lo largo de la costa con mayor variedad al sur de 12°S, determinándose como presentes a *Ceratium azoricum* Cleve, *C. horrida* (Cleve), *C. gibberum* v *dispar*, *Gonyodoma polyedricum* (Pouchet), *Pyrocistis noctiluca* Murray ex Haeckel, entre otras.

Distribución latitudinal de los volúmenes de plancton

Los volúmenes promedios latitudinales de plancton estuvieron comprendidos entre 0,02 (30-60 mn) y 3,06 mL.m⁻³ (30 mn) (Fig. 3), observándose que los mayores valores, independiente de la distancia de la costa, se registraron entre 4 y 5°S.

Dentro de las 30 mn se determinaron concentraciones promedio más importantes en la parte norte, con valores de 3,05 (4 a 5°S), 2,01 (5 a 6°S) y 1,11 mL.m⁻³ (8 a 9°S) los cuales disminuyeron progresivamente en el sur, excepto entre 15 y 16°S donde se determinó un valor medio de 1,07 mL.m⁻³.

Entre 30 y 60 mn se obtuvo un máximo de 0,97 mL.m⁻³ (7 a 8°S) y hacia latitudes mayores (14 -15°S) el mínimo fue de 0,02 mL.m⁻³.

Planktonic flora composition, which characterized the summer period, showed greater abundance of central diatoms *Coscinodiscus perforatus* Cleve & Möller, *Thalassiosira subtilis* Gran, *Chaetoceros debilis* Cleve, *Detonula pumila* Gran, *Actinocyclus* sp., and *Thalassiosira partheneia* Schrader, this last so-called warm water species, was better represented from Paita to Salaverry outside 60 nm.

Dinoflagellates, mainly cosmopolitan species, were widely distributed, although no notable abundances were recorded except for *Ceratium tripos* (30 and >60 nm) and *Protoperidinium depressum* (Bailey) (30 nm) off Callao.

Within the species composition, there was also an extensive presence of thermophilic organisms, being the diatoms *Thalassiothrix longissima* Cleve & Grunow, (> 30 nm) to the south of Ilo, and *Pseudosolenia calcar-avis* (Schultze), off Cerro Azul (> 60 nm), the most abundant and which are associated with the presence of *Proboscia alata* f *indica*, *Rhizosolenia styliformis* Brightwell, *Planktoniella sol* (Wallich), and *Chaetoceros coarctatus* Lauder. Thermophilic dinoflagellates were also located along the coast showing the greatest variety south of 12°S, with *Ceratium azoricum* Cleve, *C. horrida* (Cleve), *C. gibberum* v *dispar*, *Gonyodoma polyedricum* (Pouchet), *Pyrocistis noctiluca* Murray ex Haeckel, among others, being determined as present.

Latitudinal distribution of plankton volumes

Mean latitudinal plankton volumes ranged from 0.02 (30-60 nm) to 3.06 mL.m⁻³ (30 nm) (Fig. 3) and the highest values, regardless of distance from the coast, were recorded between 4 and 5°S.

Within 30 nm, the most important mean concentrations were determined in the northern part, showing values of 3.05 (4 to 5°S), 2.01 (5 to 6°S) and 1.11 mL.m⁻³ (8 to 9°S) which progressively decreased in the south, except between 15 and 16°S where a mean value of 1.07 mL.m⁻³ was determined.

Between 30 and 60 nm, a maximum of 0.97 mL.m⁻³ (7 to 8°S) was obtained and towards higher latitudes (14 -15°S) the minimum was 0.02 mL.m⁻³.

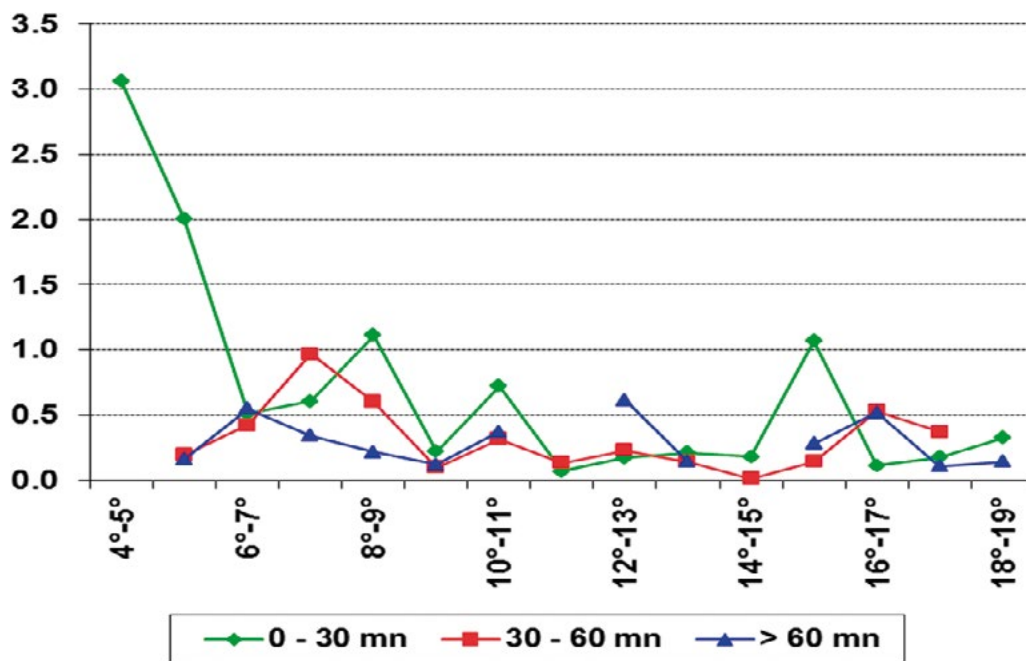


Figura 3.- Distribución latitudinal de volumen de plancton (mL.m⁻³). Cr. Evaluación de recursos pelágicos 0702-04. BIC Olaya y SNP-2

Figure 3. Latitudinal distribution of plankton volumes (mL.m⁻³). Pelagic Resources Assessment Cruise 0702-04. R/V Olaya and SNP-2

A distancias mayores a las 60 mn los valores promedios fueron menores a 0,7 mL.m⁻³.

At distances greater than 60 nm the mean values were less than 0.7 mL.m⁻³.

Indicadores biológicos

Durante el desarrollo del crucero se determinó la presencia del dinoflagelado *Protoperidinium obtusum* (Karsten), indicador de Aguas Costeras Frías (ACF), reportado a lo largo del litoral entre Punta La Negra y el extremo sur, alcanzando su mayor amplitud (60 mn) frente a Malabrigo, Callao y Pisco; no obstante, entre Punta Mendieta y el sur de Ilo, estuvo restringido a la costa (Fig. 4).

Biological indicators

During the cruise, the presence of the dinoflagellate *Protoperidinium obtusum* (Karsten), an indicator of Cold Coastal Waters (CCW), was reported along the coast between Punta La Negra and the southern end, reaching its greatest amplitude (60 nm) off Malabrigo, Callao, and Pisco. Nevertheless, between Punta Mendieta and the south of Ilo, it was restricted to the coast (Fig. 4).

Ceratium praelongum (Lemmermann), indicador de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), fue reportado en la zona norte (Pimentel-Huarmey), con distribución continua en las áreas más distantes (>60 mn), donde se registró también al dinoflagelado *C. breve*, indicador de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES), con salinidades mayores a 35,1 ups (Fig. 4b). También se determinó al indicador de ASS en las zonas norte - centro (Callao) por fuera de las 20 mn y sur (Atico) donde llegó a 8 mn de costa (Fig. 4a), concordando con las condiciones oceanográficas encontradas al sur de Ocoña (+3 °C), así como con la incursión de ASS a costa (IMARPE 2007 a).

Ceratium praelongum (Lemmermann), an indicator of Surface Subtropical Waters (SSW), was reported in the northern area (Pimentel-Huarmey), exhibiting a continuous distribution in the most distant areas (>60 nm), where the dinoflagellate *C. breve*, an indicator of Surface Equatorial Waters (SEW), was also recorded, showing salinities greater than 35.1 ups (Fig. 4b). The SSW indicator was also identified in the north-central areas (Callao) outside 20 nm and south (Atico) where it reached 8 nm from the coast (Fig. 4a), in line with the oceanographic conditions determined south of Ocoña (+3 °C), as well as with the SSW incursion to the coast (IMARPE 2007 a).

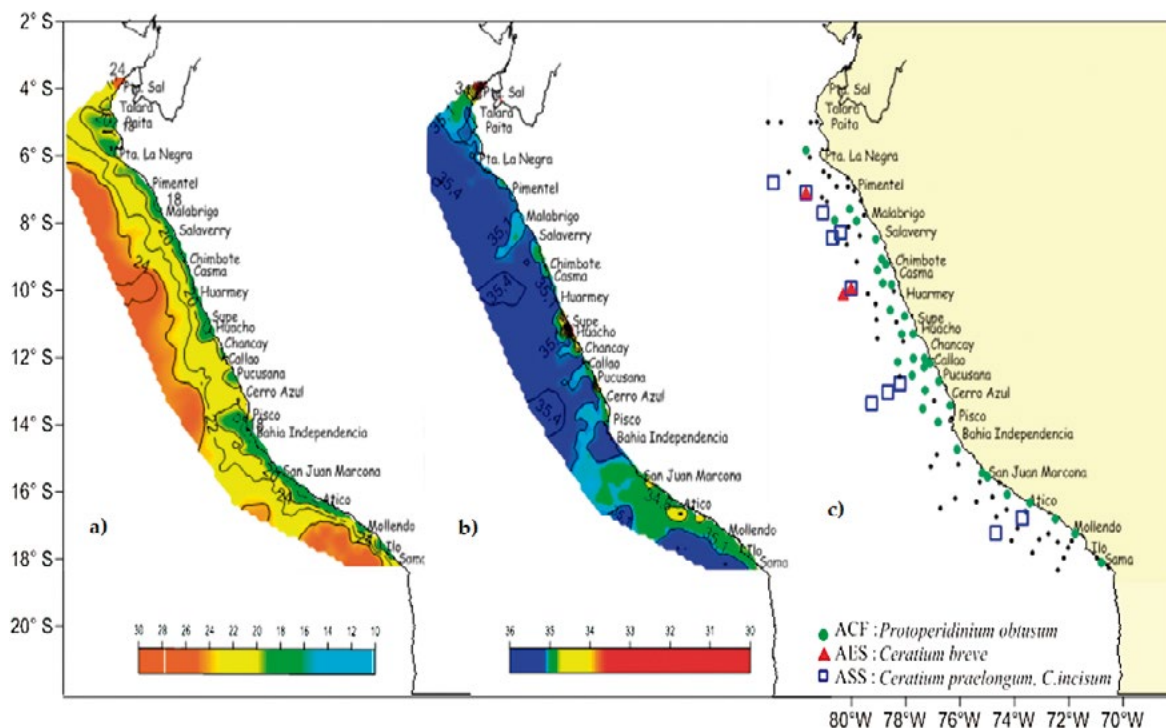


Figura 4.- Distribución superficial de a) Temperatura, b) Salinidad, c) Indicadores biológicos de masas de agua. Cr. Evaluación de recursos pelágicos 0702-04. BIC Olaya y SNP 2

Figure 4. Surface distribution of a) Temperature, b) Salinity, c) Biological indicators of water masses. Pelagic Resources Assessment Cruise 0702-04. R/V Olaya and R/V SNP 2

Floraciones algales

En el presente crucero, se observaron mareas rojas, episodios ocasionados por el dinoflagelado *Akashiwo sanguinea* (Hirasaka) y el ciliado *Mesodinium rubrum* (Lohmann). La primera fue observada en Huacho ($11^{\circ}34,70'S - 77^{\circ}46,49'W$) asociada a TSM de $20,74^{\circ}C$, mientras que la segunda se produjo en Pisco ($14^{\circ}54,70'S - 77^{\circ}29,86'W$) con TSM de $23,46^{\circ}C$ (Fig. 4c).

4. DISCUSIÓN

En el verano del 2007 las condiciones ambientales registraron un calentamiento moderado en la parte norte de Punta La Negra y sur de Ocoña por la incursión de ASS a la zona costera, *situación que condicionó una determinada respuesta del fitoplancton* (IMARPE 2007).

La biomasa planctónica, mostró concentraciones, en promedio, ligeramente más bajas ($0,40 mL.m^{-3}$) a la obtenida en el verano 2006 ($0,45 mL.m^{-3}$) (DELGADO & CHANG 2009), así mismo fue menor al verano del 2004 (DELGADO *et al.* 2015) cuando se obtuvo un volumen promedio de $0,76 mL.m^{-3}$ y las condiciones ambientales determinaron anomalías térmicas positivas próximas a lo normal.

Algal blooms

In this cruise, red tides were observed, these events were caused by the dinoflagellate *Akashiwo sanguinea* (Hirasaka) and the ciliate *Mesodinium rubrum* (Lohmann). The first was observed at Huacho ($11^{\circ}34,70'S - 77^{\circ}46,49'W$) and was associated with an SST of $20,74^{\circ}C$, while the second was observed at Pisco ($14^{\circ}54,70'S - 77^{\circ}29,86'W$) with an SST of $23,46^{\circ}C$ (Fig. 4c).

4. DISCUSSION

In summer 2007, the environmental conditions registered moderate warming in the northern part of Punta La Negra and southern Ocoña due to the incursion of SSW to the coastal zone, *a situation that conditioned a certain response of phytoplankton* (IMARPE 2007).

Planktonic biomass shows concentrations on average slightly lower ($0.40 mL.m^{-3}$) than the one obtained in the summer 2006 (DELGADO & CHANG 2009), it was also lower than summer 2004 (DELGADO *et al.* 2015) when a mean volume of $0.76 mL.m^{-3}$ was obtained and the environmental conditions showed positive thermal anomalies close to normal.

Latitudinalmente, los máximos volúmenes promedios de plancton se observaron dentro de las 30 mn, similar a lo registrado en verano del 2006, sin embargo en el 2004 el mayor promedio ($2,64 \text{ mL.m}^{-3}$) fue localizado entre 30 – 60 mn. Estos valores no superan el promedio reportado por ROJAS DE MENDIOLA *et al.* (1985) para la costa peruana ($>3,0 \text{ mL.m}^{-3}$) a consecuencia de las anomalías térmicas positivas registradas en los cruceros respectivos.

El fitoplancton como alimento disponible tuvo incremento porcentual (40%), fue menor en el verano 2006 (33%), pero en el verano 2005 se observó incremento (47%) cuando se determinaron condiciones atípicas que influyen en la biomasa planctónica.

La composición especiológica fue diferente a los otros años. En el verano del 2005, se observó mayor incidencia de especies de afloramiento asociados a especies neríticas distribuidas por fuera de las 60 mn, mientras que en el verano 2006 la composición fue similar, pero dentro de las 30 mn, junto a la presencia de especies termófilas. En el 2007 se reportó cambio en la distribución de esta comunidad, al estar las especies muy cerca de la costa, indicando incursión de aguas oceánicas, resultado que coincidió con los parámetros físicos reportados en este crucero (IMARPE 0702-04).

En cuanto a la distribución de los indicadores biológicos, es conocido que en el verano desde Tumbes hasta Paita se registran especies de AES, situación que no se evidenció en el presente estudio cuando la presencia de estas masas estuvieron en los 7° y 10°S por fuera de las 50 mn, situación similar se observó para el 2006, aunque con un acercamiento a costa, no siendo observado para el 2004 como respuesta negativa a estas condiciones.

La distribución del indicador *P. obtusum* (ACF) en verano 2007 alcanzó mayor amplitud latitudinal, desde Pimentel hasta Callao (30 mn), coincidiendo con los resultados físicos. En el 2006 el indicador estuvo relegado a las áreas más costeras, situación que también se observó en el 2004 en la parte norte (10 mn), pero alcanzó mayor amplitud longitudinal frente a Chicama, Pisco y Punta Caballa, hasta las 40 mn, como respuesta a la presencia de masas de agua asociadas al afloramiento con temperaturas menores a 20°C

At latitude level, the highest mean plankton volumes were observed within 30 nm, similar to that recorded in summer 2006. However, in 2004, the highest mean (2.64 mL.m^{-3}) was located between 30 - 60 nm. These values did not exceed the mean reported by ROJAS DE MENDIOLA *et al.* (1985) for the Peruvian coast ($>3.0 \text{ mL.m}^{-3}$) as a result of the positive thermal anomalies registered in the respective cruises.

Phytoplankton as available food had a percentage increase (40%), it was lower in summer 2006 (33%), although in summer 2005 an increase was observed (47%) when atypical conditions that influence planktonic biomass were determined.

Species composition was different from the previous years. In summer 2005, there was a higher incidence of upwelling species associated with neritic species distributed outside 60 nm, while in summer 2006 the composition was similar, but within 30 nm, along with the presence of thermophilic species. In 2007, a change was reported in the distribution of this community, as the species were very close to the coast, which indicates the incursion of oceanic waters, a result that coincided with the physical parameters reported in this cruise (IMARPE 0702-04).

As for the distribution of the biological indicators, it is known that in the summer, from Tumbes to Paita, SEW species are recorded, a situation that was not evidenced in this study, when the presence of these masses was at 7° and 10°S outside the 50 nm. A similar situation was observed for 2006, although with proximity to the coast, which was not observed for 2004 as a negative response to these conditions.

The distribution of *P. obtusum* (CCW) in summer 2007 reached greater latitudinal amplitude, from Pimentel to Callao (30 nm), which coincided with the physical results. In 2006, the indicator was retracted to the most coastal areas, a situation that was also observed for 2004 in the northern part (10 nm), but it reached a greater longitudinal amplitude off Chicama, Pisco and Punta Caballa, up to 40 nm, as a response to the presence of water masses, associated with the upwelling with

en la parte norte y valores menores a 18 °C al sur (IMARPE 2004), condiciones favorables para este indicador.

Indicadores del fitoplancton asociado a ASS, influyen también en el verano, fueron observados en evaluaciones anteriores (2006 y 2004), aunque con diferente distribución, coincidiendo en la gran mayoría de los casos con los parámetros ambientales.

5. CONCLUSIONES

En general, durante el verano del 2007, los volúmenes de plancton fueron bajos (<1 mL.m⁻³), replegándose las mayores concentraciones (>2,0 mL.m⁻³) dentro de las 30 mn.

El fitoplancton como alimento disponible se encontró en la zona costera y estuvo conformado por diatomeas centrales de fases iniciales e intermedias de la sucesión ecológica.

Los indicadores biológicos mostraron distribución con tendencia a la normalidad para el indicador de ACF y de ASS, principalmente hasta San Juan; a excepción de *Ceratium breve*, indicador de AES y *C. praelongum*, registrados frente a Chimbote y Atico, respectivamente.

Agradecimientos

Las autoras agradecen al AFPP por su participación con el análisis de las muestras y por la actualización de los mapas de distribución de fitoplancton a la Sra. Liz Romero.

temperatures below 20 °C in the northern part and values below 18 °C in the south (IMARPE 2004), which are favorable conditions for this indicator.

Indicators of phytoplankton associated with SSW also influencing the summer, were observed in previous assessments (2006 and 2004), although with different distribution, coinciding in most cases with environmental parameters.

5. CONCLUSIONS

Overall, in summer 2007, plankton volumes were low (<1 mL.m⁻³), with the highest concentrations (>2.0 mL.m⁻³) withdrawing within 30 nm.

Phytoplankton as available food was found in the coastal zone and was formed by central diatoms of initial and intermediate stages of ecological succession.

Biological indicators showed a normal distribution for the CCW and SSW indicators, mainly up to San Juan, excluding *C. breve*, an indicator of SEW and *Ceratium praelongum*, recorded off Chimbote and Atico, respectively.

Acknowledgments

The authors thank the Area of Phytoplankton and Primary Production for its participation in the analysis of the samples and to Ms. Liz Romero for updating the phytoplankton distribution maps.

6. REFERENCIAS / REFERENCES

- CUPP E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps Inst. Oceangr. 5: 1 - 237.
- BALECH E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Public. Espec. Inst. Español de Oceanog. España. 310 pp.
- 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, VILLANUEVA P. 2015. Efectos 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 E, SYVERTSEN E. 1996. Marine diatoms. En: Tomas C. (Ed.). Identifying Marine Phytoplankton. Chapter 2. Academic Press, Inc. San Diego. 5 - 385 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. In: L. Rabenhorst (ed). Kryptogamen-Flora von Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz. 1 Teil. Akad.

- Verlagsges. Leipzig, Reprint Johnson Rep. Goop, New York 1971. 920 pp.
- IMARPE. 2004. Informe Ejecutivo del Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 0402-03. 22 pp.
- IMARPE. 2007. Informe Ejecutivo del Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 0702-04. 25 pp.
- ROJAS DE MENDIOLA B, GÓMEZ O, OCHOA N. 1985. Efectos del fenómeno "El Niño" sobre el fitoplancton. En W. Arntz; A. Landa y J. Tarazona (eds.): "El Niño", su impacto en la fauna marina. Bol Inst Mar Perú. Vol. Ext. 33 - 40.
- SCHILLER J. 1971. Dinoflagellate (Peridinae) in monographischer Behandlung. 2 Teil. In: L. Rabenhortst (ed). Kryptogamen-Flora von Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, 1971, Vol. 10 Section 3, Part 1. 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 pp.
- STEIDINGER K, TANGEN K. 1996. Dinoflagellates. In: Tomas C. (ed.). Identifying Marine Phytoplankton. Chapter 3. Academic Press, Inc. San Diego. 387 - 584 pp.
- SUNDSTRÖM B. 1986. The Marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Doctoral Thesis. Lund, Sweden. 196 pp.
- THRÖNDSSEN J. 1978. Preservation and storage. In: Sournia A (Ed) Phytoplankton manual. UNESCO. Paris, p. 69-74.
- THRÖNDSSEN J. 1993. The Planktonic Marine Flagellates. In Tomás C (Ed). Marine Phytoplankton a guide to naked flagellates and coccolithophorids. Cap. 2. Academic Press, Inc. San Diego. 7-145 pp.
- UNESCO. 1981. Programa de plancton para el Pacífico Oriental. Informes de la UNESCO sobre ciencias del mar. 11: 25 - 26.

VARIABILIDAD DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA EN OTOÑO 2007. CRUCERO 0705-06

VARIABILITY OF THE PHYTOPLANKTON COMMUNITY IN AUTUMN 2007. CRUISE 0705-06

Sonia Sánchez¹Patricia Villanueva¹

ABSTRACT

SÁNCHEZ S, VILLANUEVA P. 2019. Variabilidad de la comunidad fitoplanctónica en otoño 2007. Crucero 0705-06. *Bol Inst Mar Perú*. 34(1): 25-34.- El crucero abarcó del Callao a Paita, hasta 200 mn. Se recolectaron 21 muestras, utilizando una red de fitoplancton con 75 micras de abertura. Los volúmenes de plancton alcanzaron un promedio de 1,63 mL/m³ con 62% de los valores menores a 1,0 mL/m³. Hubo mayor representatividad del zooplancton en la parte oceánica, el fitoplancton estuvo dentro de las 30 mn. Chimbote fue el lugar de mayor biomasa planctónica. Condiciones del evento La Niña, al parecer influyó en la distribución de los organismos indicadores, sin embargo la presencia de *Ceratium breve*, indicador de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES), a 150 mn de Chimbote y Callao, indicó rezagos de incursiones anteriores. El ACP mostró que la temperatura fue el parámetro de mayor aporte del eje 1 y la latitud del eje 2. Este análisis definió grupos que coincidieron con la presencia de un solo indicador de masa de agua.

PALABRAS CLAVE: fitoplancton, organismos indicadores, ambiente marino, otoño 2007

RESUMEN

SÁNCHEZ S, VILLANUEVA P. 2019. Variability of the phytoplankton community in autumn 2007. Cruise 0705-06. *Bol Inst Mar Peru*. 34(1): 25-34.- The cruise covered the area from Callao to Paita, up to 200 mn. A total of 21 samples were collected using phytoplankton net (75 µm). Zooplankton was more representative in the oceanic part while phytoplankton was within 30 nm. Chimbote was the place whose plankton biomass was the highest. La Niña event conditions seem to have influenced the distribution of indicator organisms, although the presence of *Ceratium breve*, an indicator of Surface Equatorial Waters (SEW), at 150 nm off Chimbote and Callao, showed delays from previous incursions. PCA showed that temperature was the parameter of greatest contribution of axis 1 and latitude was for axis 2. This analysis defined groups that coincided with the presence of a single water mass indicator.

KEYWORDS: phytoplankton, indicator organisms, marine environment, autumn 2007

1. INTRODUCCIÓN

El fitoplancton es el productor primario base de la cadena alimenticia en el medio acuático, presenta alta variabilidad asociada a los cambios ambientales, por lo que se hace necesario intensificar las investigaciones en periodos en que normalmente no se presentan cruceros multidisciplinarios como es la estación de otoño.

Durante abril 2007 se observó que la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico Ecuatorial Occidental presentó anomalías ligeramente positivas (+0,3 °C), mientras que en la parte oriental, éstas fueron negativas (-1,3 °C). Además continuaron, en la costa sudamericana, anomalías negativas sub-superficiales, manteniendo condiciones frías en toda la costa peruana. Se espera desde mayo a julio que las condiciones atmosféricas y oceanográficas continúen siendo frías frente a la costa peruana (Comunicado oficial N°04/2007 –ENFEN).

1. INTRODUCTION

Phytoplankton is the primary base producer of the food chain in the aquatic environment. It has high variability associated with environmental changes; therefore, it is necessary to intensify research in periods when there are no multidisciplinary cruises such as the autumn season.

In April 2007, sea surface temperature (SST) in the Western Equatorial Pacific was observed to have slightly positive anomalies (+0.3 °C), while in the eastern part these anomalies were negative (-1.3 °C). In addition, negative sub-surface anomalies continued along the South American coast, maintaining cold conditions along the Peruvian coast. It is expected that from May to July the atmospheric and oceanographic conditions will continue to be cold off the Peruvian coast (Official communiqué N°04/2007 –ENFEN).

¹ IMARPE, DGIOCC, Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria, soniasan@imarpe.gob.pe

En ese entorno se planteó la ejecución del crucero de evaluación del recurso calamar gigante, para conocer las condiciones bioceanográficas y meteorológicas frente a la costa norte del Perú, determinar la existencia de cambios y evolución de La Niña (LN), el impacto en el recurso calamar gigante y en la comunidad fitoplanctónica. En este artículo se dan a conocer las características del fitoplancton a nivel superficial además de incluir las interrelaciones con algunos parámetros ambientales.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El crucero de evaluación del calamar gigante y condiciones ambientales, se efectuó entre el 30 de mayo y 12 de junio 2007 a bordo del BIC Humboldt, desde Callao (12°00'S) hasta Paita (5°00'S), con cobertura máxima de 200 mn de la costa.

Se recolectó fitoplancton en las secciones Callao, Chimbote, Punta Falsa y Paita, totalizando 21 muestras (Fig. 1). Se efectuaron arrastres superficiales con red estándar (75 µm) durante 5 minutos y a velocidad promedio de 2,5 nudos.

Los volúmenes de plancton se obtuvieron por centrifugación, según las pautas recomendadas por UNESCO (1981).

Las muestras se analizaron considerando los componentes principales del plancton, a los cuales se les otorgó valores convencionales según lo descrito por ROJAS DE MENDIOLA *et al.* (1985).

Se realizó la determinación taxonómica de los organismos del fitoplancton con la consulta de trabajos especializados, tales como HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1971), SUNDSTRÖM (1986), BALECH (1988), THRÖNDSSEN (1993), HASLE & SYVERTSEN (1996) y STEIDINGER & TANGEN (1996).

Las estaciones que presentaron indicadores se seleccionaron para el análisis de componentes principales (ACP). La información física (temperatura, salinidad) y química (oxígeno, pH, clorofila "a") fue proporcionada por las Unidades correspondientes. Para este análisis se empleó el paquete PC-ORD para Windows ver. 4.10.

In this context, the execution of the jumbo flying squid assessment cruise was proposed to know the bio-oceanographic and meteorological conditions off the Peruvian northern coast, as well as to determine the existence of changes and evolution of La Niña (LN) and its impact on the jumbo flying squid resource and on the phytoplankton community. In this paper, the characteristics of surface phytoplankton are presented, as well as the interrelations with some environmental parameters.

2. MATERIAL AND METHODS

Between May 30 and June 12, 2007, the jumbo flying squid and environmental conditions assessment cruise took place on board R/V Humboldt. It sailed from Callao (12°00'S) to Paita (5°00'S), with maximum coverage of 200 nm from the coast.

Phytoplankton was collected in Callao, Chimbote, Punta Falsa, and Paita sections totaling 21 samples (Fig. 1). Surface trawls were carried out with standard nets (75 µm) for 5 minutes at a mean speed of 2.5 knots.

Plankton volumes were obtained through centrifugation, according to the guidelines recommended by UNESCO (1981).

The samples were analyzed by considering the main components of plankton, which were given conventional values as described by ROJAS DE MENDIOLA *et al.* (1985).

Specialized works such as HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1971), SUNDSTRÖM (1986), BALECH (1988), THRÖNDSSEN (1993), HASLE & SYVERTSEN (1996) and STEIDINGER & TANGEN (1996) were consulted for the taxonomic determination of phytoplankton organisms.

The stations that presented indicators were selected for the principal components analysis (PCA). Physical information (temperature, salinity) and chemical information (oxygen, pH, chlorophyll "a") were provided by the corresponding Units. The PC-ORD package for Windows ver. 4.10 was used for this analysis.

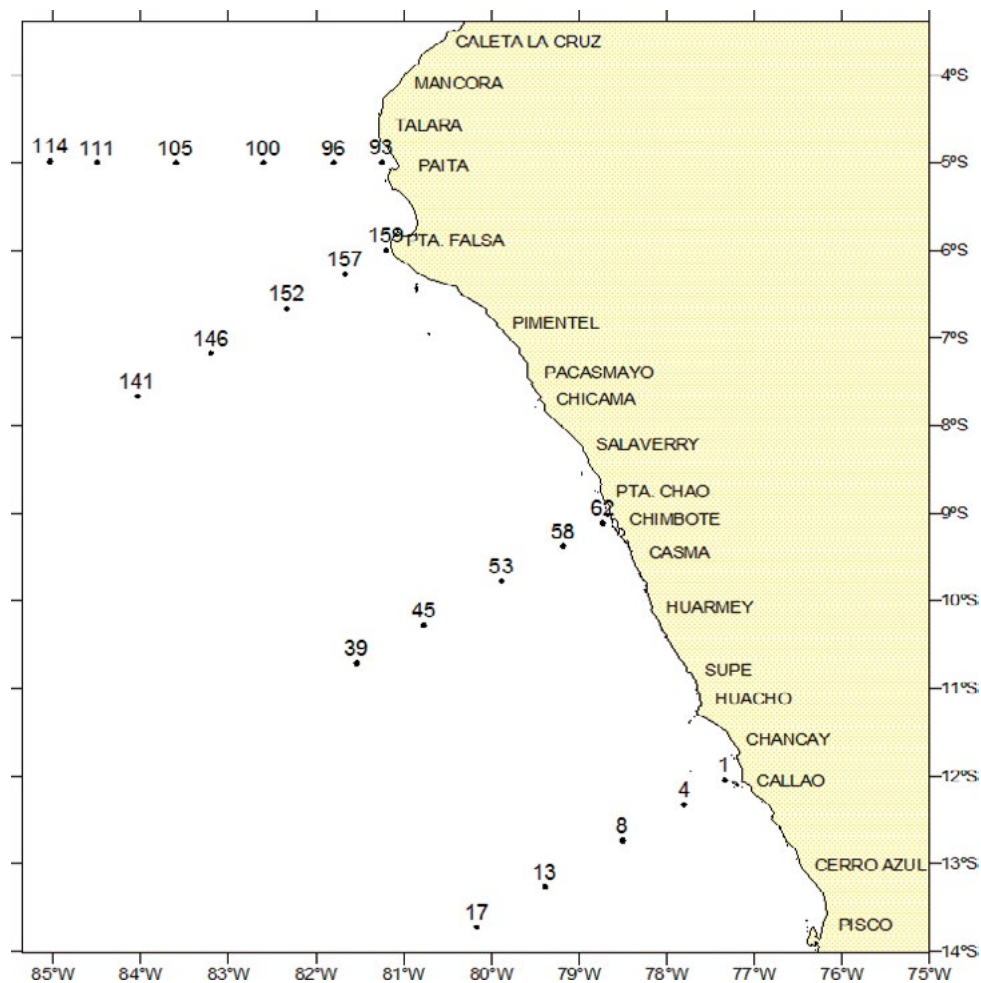


Figura 1.- Carta de estaciones. Cr. Calamar gigante 0705-06. BIC Humboldt

Figure 1. Plotting chart. Jumbo flying squid cruise 0705-06. R/V Humboldt

3. RESULTADOS

VOLÚMENES DE PLANCTON Y COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA

Los volúmenes de plancton oscilaron de 0,18 mL/m³ a 9,56 mL/m³, originando un promedio de 1,63 mL/m³, el 62% presentó valores menores a 1,0 mL/m³. La zona de biomasa máxima (7,0 mL/m³) se registró en Chimbote, apreciándose disminución de la misma a mayores distancias de costa (Fig. 2).

En relación a los componentes del plancton, se observó mayor representatividad del zooplancton en 43% de las estaciones, mientras que el fitoplancton lo hizo en el 23%. El primero se ubicó principalmente en la parte oceánica y el segundo en casi todas las estaciones costeras, alcanzando su mayor amplitud en el Callao (Fig. 2). Ambos grupos compartieron predominio en el 33% restante, con una distribución muy variada en las secciones.

3. RESULTS

PLANKTON VOLUMES AND PHYTOPLANKTON COMMUNITY

Plankton volumes ranged from 0.18 mL/m³ to 9.56 mL/m³, resulting in a mean of 1.63 mL/m³, and 62% had values less than 1.0 mL/m³. The maximum biomass zone (B_{max}) (7.0 mL/m³) was recorded in Chimbote, with a decrease observed at greater distances from the coast (Fig. 2).

Regarding plankton components, greater representativeness of zooplankton was observed in 43% of stations, while phytoplankton did so in 23% of them. The first one was located mainly in the oceanic part and the second one in almost all the coastal stations, reaching its greater amplitude in Callao (Fig. 2). Both groups shared predominance in the remaining 33%, with a very varied distribution in the sections.

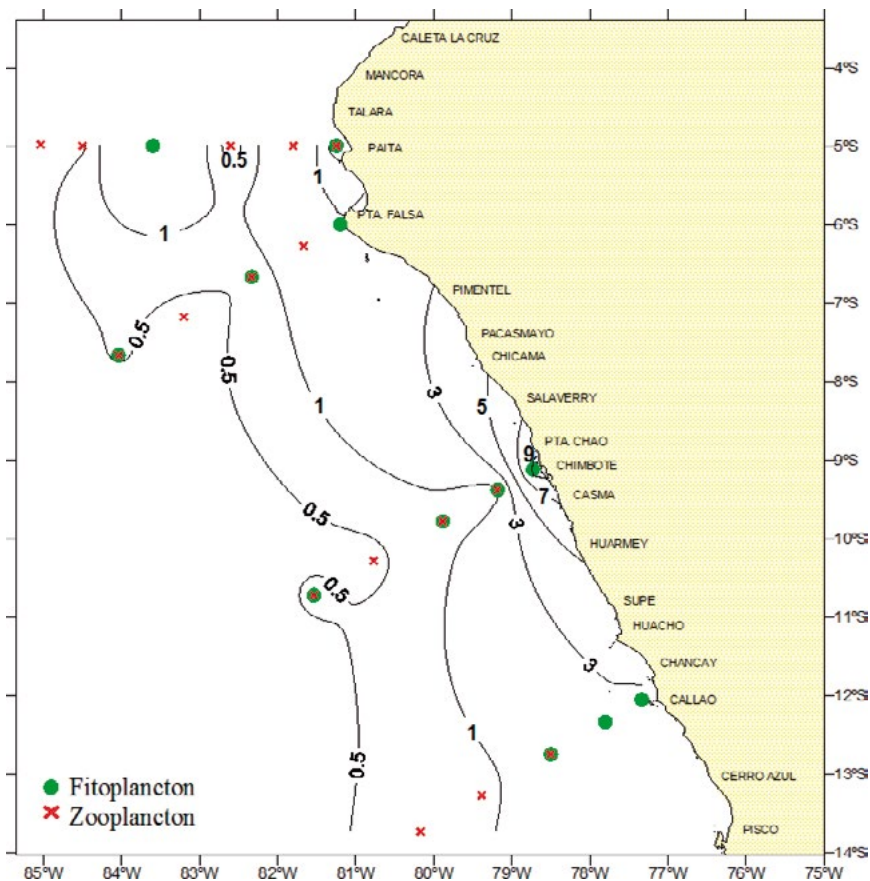


Figura 2.- Volúmenes de plancton (red de fitoplancton) mL/m³. Cr. Calamar gigante 0705-06. BIC Humboldt

Figure 2. Plankton volumes (phytoplankton net) mL/m³. Jumbo flying squid cruise 0705-06. R/V Humboldt

El predominio del fitoplancton se detectó dentro de las 30 mn; sin embargo, en Paita se reportó como escaso.

La mayor presencia de diatomeas de alta tasa de reproducción estuvo en el Callao donde fueron abundantes *Skeletomena costatum* (Greville), *Thalassionema frauenfeldii* (Grunow) y *Chaetoceros* spp. Al norte de 6°S se encontraron, aunque poco abundantes, especies centrales como *Coscinodiscus perforatus* Ehrenberg; *C. wailessi* Gran & Angst y *Actinocyclus* sp., a distancias mayores a 60 mn las especies termófilas *Chaetoceros radicans* Schütt y *Lioloma delicatulum* (Cupp).

Los dinoflagelados fueron escasos, con mayor representatividad al sur de los 7°S, excepto *Ceratium tripos* que alcanzó a ser abundante en Chimbote. Organismos que ocasionan mareas rojas como *Ceratium furca* (Ehrenberg) y *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld) también destacaron, pero sin ocasionar ese fenómeno.

Phytoplankton predominance was detected within 30 nm, although in Paita, it was reported as scarce.

The largest presence of high reproductive rate diatoms was in Callao where *Skeletomena costatum* (Greville) Cleve, *Thalassionema frauenfeldii* (Grunow) Tempère & Peragallo and *Chaetoceros* spp. were abundant. North of 6°S, central species such as *Coscinodiscus perforatus* Ehrenberg; *C. wailessi* Gran & Angst and *Actinocyclus* sp. were found, although not very abundant, as well as thermophilic species *Chaetoceros radicans* Schütt and *Lioloma delicatulum* (Cupp), at distances greater than 60 nm.

Dinoflagellates were scarce, with greater representativeness south of 7°S, except for *Ceratium tripos* which became abundant in Chimbote. Red tide organisms such as *Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparède & Lachmann and *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld) also stood out, but without causing this phenomenon.

Las especies termófilas *Lioloma pacificum* (Cupp), *Thalassiothrix longissima* Cleve & Grunow y *Chaetoceros rostratus* Ralfs, se encontraron lejos de la costa al norte de 6°S y en forma esporádica cerca de la costa en Chimbote y Callao. Lejos de costa estuvieron las diatomeas *Planktoniella sol* (Wallich), *Chaetoceros* spp.; los dinoflagelados presentaron mayor riqueza de especies siendo los más frecuentes *Goniodoma polyedricum* (Pouchet); *Ceratium gibberum* Gourret; *C. ranipes* Cleve; *Pyrocystis* spp. (Schütt); *Dinophysis tripos* Gourret; *D. mitra* (Schütt), entre otros. El zooplancton tuvo mayor predominio a distancias mayores de 60 mn, con los copépodos como el grupo más abundante, asociado a nauplios, apendicularias y huevos reportados como escasos.

Thermophilic species were recorded with higher incidence far from the coast and north of 6°S *Lioloma pacificum* (Cupp), *Thalassiothrix longissima* Cleve & Grunow, and *Chaetoceros rostratus* Ralfs were sporadic near the coast and they were found in Chimbote and Callao. Diatoms *Planktoniella sol* (Wallich), *Chaetoceros* spp. were located far from the coast. Dinoflagellates exhibited a greater species richness and the most frequent were *Goniodoma polyedricum* (Pouchet), *Ceratium gibberum* Gourret; *C. ranipes* Cleve; *Pyrocystis* spp. (Schütt); *Dinophysis tripos* Gourret; *D. mitra* (Schütt), among others. Zooplankton had more predominance at distances over 60 nm, with copepods as the most abundant group, which were associated with nauplii, appendicularia, and eggs reported as scarce.

DISTRIBUCIÓN LATITUDINAL DE LOS VOLÚMENES PROMEDIO DE PLANCTON

LATITUDINAL DISTRIBUTION OF MEAN PLANKTON VOLUMES

Los valores promedio presentaron el mismo rango dado en los volúmenes de plancton registrados dentro de las 30 mn. El mayor valor (9,56 mL/m³) se registró entre 9 y 10°S donde el fitoplancton fue el principal grupo.

The mean values had the same range as given in the plankton volumes recorded within 30 nm. The highest value (9.56 mL/m³) was recorded between 9 and 10°S where phytoplankton was the main group.

Entre 30 y 60 mn los valores disminuyeron de norte a sur, excepto entre 12 y 13°S donde alcanzó un promedio de 3,0 mL/m³. A distancias mayores de 60 mn, estos promedios no superaron los 2,0 mL/m³ (Fig. 3).

Between 30 and 60 nm, the values decreased from north to south, except between 12 and 13°S where it reached a mean of 3.0 mL/m³. At distances greater than 60 nm, these averages did not exceed 2.0 mL/m³ (Fig. 3).

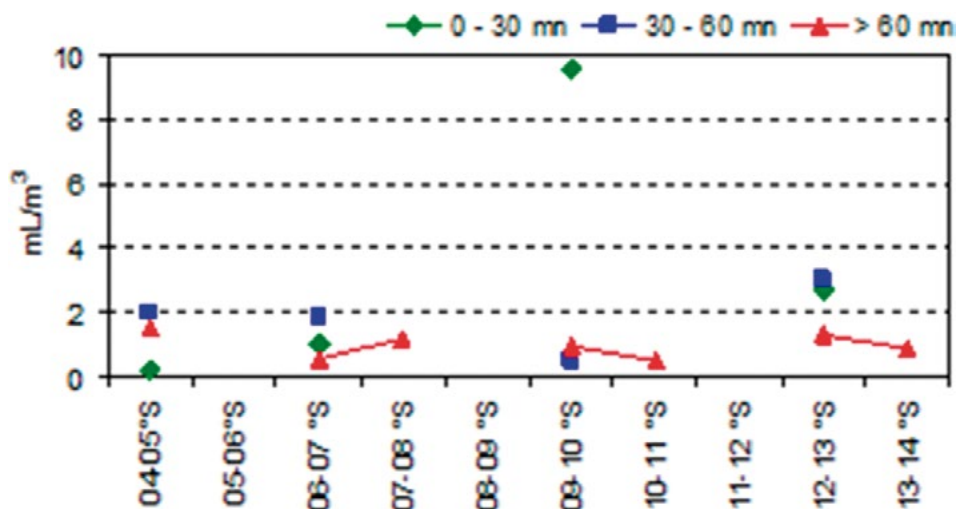


Figura 3.- Distribución latitudinal del promedio de volúmenes de plancton (red de fitoplancton) mL/m³. Cr. Calamar gigante 0705-06. BIC Humboldt

Figure 3. Latitudinal distribution of mean plankton volumes (phytoplankton net) mL/m³. Jumbo flying squid cruise 0705-06. R/V Humboldt

ORGANISMOS INDICADORES DE MASAS DE AGUA

Los indicadores biológicos de masas de agua determinados fueron:

Ceratium breve (Ostenfeld & Schmidt), indicador de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se localizó a distancias mayores de 80 mn en Paita y Punta Falsa, donde alcanzó su mayor amplitud. Este organismo también fue determinado a 150 mn de Chimbote y Callao (Fig. 4).

Ceratium praelongum (Lemmermann), indicador de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) estuvo en la zona oceánica de la sección Paita, Chimbote y Callao. Al sur de los 10°S, en la misma latitud y distancia de la costa se registró *C. breve*.

Protoperidinium obtusum (Karsten), indicador de Aguas Costeras Frías (ACF) se localizó muy costero en Paita, mientras que en Chimbote y Callao amplió su distribución de 30 a 150 mn (Fig. 4).

INDICATOR ORGANISMS OF WATER MASSES

The identified biological indicators of water masses were:

Ceratium breve (Ostenfeld & Schmidt), an indicator of Surface Equatorial Waters (SEW), was located at distances greater than 80 nm in Paita and Punta Falsa, where it reached its greatest amplitude. This organism was also determined at 150 nm from Chimbote and Callao (Fig. 4).

Ceratium praelongum (Lemmermann), an indicator of Surface Subtropical Waters (SSW), was in the oceanic zone of the Paita, Chimbote, and Callao sections. South of 10°S, at the same latitude and distance from the coast, *C. breve* was recorded.

Protoperidinium obtusum (Karsten), an indicator of Cold Coastal Waters (CCW), was located very near to the coast in Paita, while in Chimbote and Callao it expanded its distribution from 30 to 150 nm (Fig. 4).

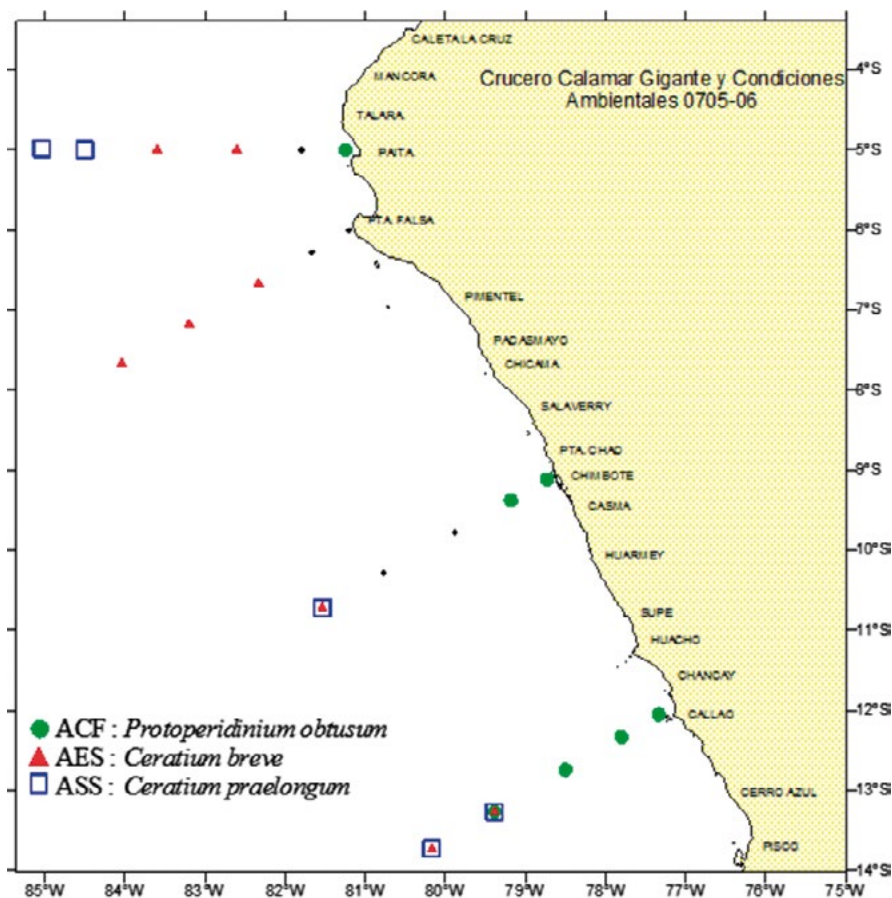


Figura 4.- Distribución de Indicadores de masas de agua. Cr. 0705-06. BIC Humboldt

Figure 4. Distribution of indicators of water masses. Cr. 0705-06. R/V Humboldt

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)

El mayor coeficiente de correlación fue -0,79 que asoció a los parámetros de posición (latitud y longitud) el menor fue entre pH y longitud (r=0,065).

Este análisis permitió observar que los dos primeros ejes explicaron el 75% de la variación, con la temperatura, oxígeno, longitud y latitud como las variables mejor relacionadas con estos ejes (Tabla 1).

Se definieron cuatro grupos, tres de ellos caracterizados por la presencia de solo un indicador (Fig. 5). El grupo donde predominó *P. obtusum* (ACF) tuvo relaciones positivas con el eje 1; además de registrar salinidades entre 34,960 y 35,057 ups y valores de clorofila "a" superiores a 2 µg/L. El grupo de *C. breve* (AES) reportó relación negativa con el eje 1 y positiva con el 2, excepto las estaciones 62, 93 y 100 que presentaron valores positivos en ambos ejes. Aquí se agruparon las estaciones con las mayores longitudes (> 82°S) y con un rango halino de AES y de ASS.

PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS (PCA)

The highest correlation coefficient was -0.79 which associated the position parameters (latitude and longitude), the lowest was between pH and longitude (r= 0.065).

This analysis showed that the first two axes explained 75% of the variation, with temperature, oxygen, longitude, and latitude as the variables best related to these axes (Table 1).

A total of four groups were defined, three of them characterized by the presence of only one indicator (Fig. 5). The group where *P. obtusum* (CCW) was predominant had positive relations with axis 1. In addition, salinities between 34.960 and 35.057 ups and chlorophyll "a" values higher than 2 µg/L were recorded. *C. breve*'s group (SEW) reported a negative relationship with axis 1 and a positive relationship with axis 2, except for stations 62, 93, and 100, which had positive values in both axes. The stations with the longest lengths (> 82°S) and with a haline range of SEW and SSW were grouped here.

Tabla 1.- Coeficientes del ACP. Cr. 0705-06. BIC Humboldt

Table 1. PCA coefficients. Cr. 0705-06. R/V Humboldt

Variables	Eje (Axis) 1	Eje (Axis) 2
Latitud (°S)	0,06	-0,67
Longitud (°W)	-0,37	0,50
Temperatura (°C)	-0,53	0,02
Salinidad (ups)	-0,34	-0,12
Oxígeno (mL/L)	-0,40	-0,25
pH	-0,37	-0,42
Clorofila "a" (µg/L)	0,38	-0,16
Varianza (%)	46,7	28,5
Varianza acum. (%)	46,7	75,2

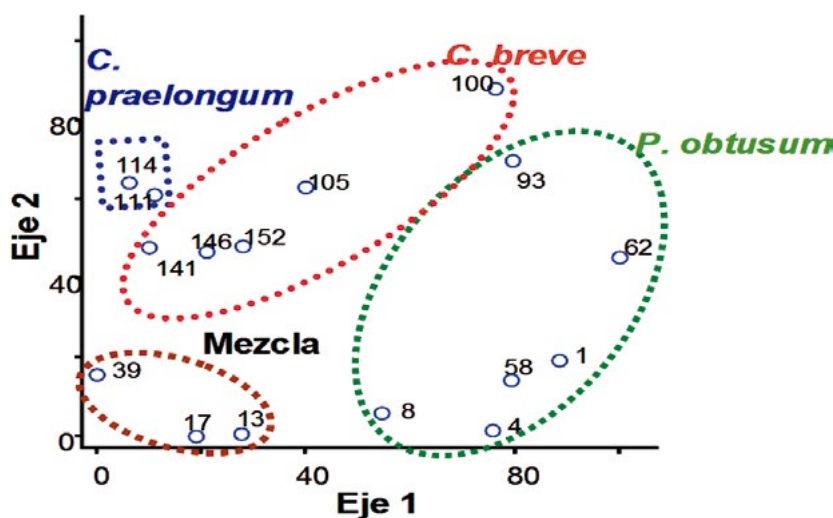


Figura 5.- Análisis de Componente Principal (ACP) y los indicadores de masas de agua. Cr. 0705-06. BIC Humboldt

Figure 5. Principal components analysis (PCA) and indicators of water masses. Cr. 0705-06. R/V Humboldt

Las estaciones del grupo “mezcla”, reportaron varios indicadores (Ests. 13, 17 y 39) y su relación con ambos ejes fue negativa. Presentaron valores de pH mayores a 8,15.

4. DISCUSIÓN

SÁNCHEZ (2000) menciona que en general, los máximos del fitoplancton se registran en primavera y eventualmente en otoño. CHANG *et al.* (2001) indican que en el otoño 2000 el valor medio fue 0,9 mL/m³ y durante 1999 no superó el 1,0 mL/m³, periodo considerado por presentar temperaturas ligeramente bajas por debajo del promedio (MORÓN & CRISPIN 1999). En los meses de otoño del 2007 el promedio alcanzado fue 1,63 mL/m³, valor superior a todos los registrados en esta estación del año; no obstante la escasa información, estos resultados pudieron estar asociados al evento LN que se estuvo presentando en la costa peruana (ENFEN 2007, MORÓN *et al.* 2011).

En relación a los grupos del plancton, se apreció predominancia del zooplancton en el 2000 y 2007, con disminución porcentual en el último año, sin embargo existieron diferencias en la composición ya que en el otoño 2000 la comunidad estuvo tipificada por dinoflagelados cosmopolitas (CHANG *et al.* 2001) y en otoño 2007 lo hicieron las diatomeas, encontrándose dinoflagelados básicamente en la parte oceánica. Esta distribución en la comunidad estaría influenciada por el fuerte afloramiento registrado a lo largo del litoral (IMARPE 2007).

Por otro lado, se conoce que la sucesión fitoplanctónica presenta especies relacionadas al afloramiento costero, lo cual permite evaluar su normal evolución durante el año. Así se tuvo especies de alta tasa de reproducción registradas en el Callao como consecuencia del afloramiento costero que favoreció su presencia (*Skeletonema costatum* Cleve, *Chaetoceros* spp.) dentro de las 30 mn y que coincidió con concentraciones altas de clorofila “a” en esa zona.

La distribución de las masas de agua puede ser analizada desde un punto de vista biológico con el seguimiento de indicadores del plancton. CHANG *et al.* (2001) encontraron que *C. breve* (AES) estuvo al norte de Punta Falsa, abarcando toda la sección, indicando condiciones casi normales según parámetros oceanográficos (GRADOS *et al.* 2001).

The stations of the “mix” group reported several indicators (Stations 13, 17, and 39) and their relationship with both axes was negative. They showed pH values greater than 8.15.

4. DISCUSSION

SÁNCHEZ (2000) mentions that in general, phytoplankton peaks are recorded in spring and possibly in autumn. CHANG *et al.* (2001) indicate that in autumn 2000 the mean value was 0.9 mL/m³ and in 1999 it did not exceed 1.0 mL/m³, a period considered to have slightly lower than mean temperatures (MORÓN & CRISPIN 1999). In autumn 2007, the mean reached was 1.63 mL/m³, a value higher than all those recorded in this season for previous years. Despite the scarce information, these results could be associated to the LN event that was occurring in the Peruvian coast (ENFEN 2007, MORÓN *et al.* 2011).

Regarding the plankton groups, zooplankton predominance was observed in 2000 and 2007, with a percentage decrease in the last year, however, there were differences in the composition since in autumn 2000 the community was characterized by cosmopolitan dinoflagellates (CHANG *et al.* 2001) and in autumn 2007 the diatoms did it, occurring dinoflagellates basically in the oceanic part. This distribution in the community would be influenced by the strong upwelling along the coast (IMARPE 2007).

On the other hand, it is known that the phytoplanktonic succession presents species related to the coastal upwelling, which allows us to assess its normal evolution throughout the year. Thus, there were species with a high reproduction rate registered in Callao because of the coastal upwelling that favored their presence (*Skeletonema costatum* Cleve, *Chaetoceros* spp.) within 30 nm and coincided with high concentrations of chlorophyll “a” in that area.

The distribution of water masses can be analyzed from a biological point of view through the monitoring of plankton indicators. CHANG *et al.* (2001) found that *C. breve* (SEW) was north of Punta Falsa, covering the entire section, which indicated almost normal conditions according to oceanographic parameters (GRADOS *et al.* 2001).

Aunque la presencia de LN ha sido evidente en el área evaluada, las condiciones frías predominantes se registraron dentro de las 120 mn asociadas a la surgencia, producto de la intensificación y persistencia de los vientos. Por fuera de las 160 mn al sur de Punta Falsa se registraron condiciones cálidas asociadas a la presencia de ASS. Bajo estas condiciones, *Ceratium praelongum* indicador de ASS, tuvo una distribución normal de acuerdo con las condiciones ambientales registradas, sin embargo *Ceratium breve* (AES) fue determinado al sur por fuera de su distribución normal, observándose a 150 mn frente al perfil Callao, masa de agua que no se detectó por los parámetros oceanográficos (IMARPE 2007). Esta situación se debería a un rezago de esta masa de agua que habría incursionado meses anteriores. La presencia de *P. obtusum* (ACF) alcanzó una distribución latitudinal similar a la del año 2000 (CHANG *et al.* 2001); sin embargo, como consecuencia de LN, durante el crucero presentó mayor distribución en el Callao.

El análisis de componentes principales permitió ver la estrecha relación entre los parámetros físico-químicos y la presencia de indicadores del plancton, donde la temperatura y la distribución latitudinal serían los parámetros que mejor explicaron la agrupación de las estaciones.

5. CONCLUSIONES

La media del volumen planctónico fue 1,63 mL/m³, y la comunidad presentó especies de alta tasa de reproducción en la costa con mayor representatividad de organismos termófilos lejos de costa como consecuencia del ambiente frío de LN.

La temperatura y distribución latitudinal fueron los parámetros que mejor explicaron la agrupación de las estaciones asociadas a indicadores del plancton.

Agradecimientos

Las autoras desean expresar su agradecimiento al personal del LFPP, por el análisis de las muestras y elaboración de los gráficos, así mismo a los Ing. Noel Domínguez y José Tenorio, por la información de las condiciones ambientales.

Although the presence of LN has been evident in the surveyed area, the prevailing cold conditions were recorded within 120 nm, which were associated with the upwelling, as a result of the intensification and lingering winds. Outside 160 nm south of Punta Falsa, warm conditions associated with the presence of SSW were recorded. Under such conditions, *Ceratium praelongum*, an indicator of SSW, had a normal distribution according to the registered environmental conditions, however, *Ceratium breve* (SEW) was determined to the south, outside its normal distribution, and was observed at 150 nm off Callao profile, a water mass that was not detected by oceanographic parameters (IMARPE 2007). This situation would be due to the remnants of this water mass that would have entered in previous months. The presence of *P. obtusum* (CCW) reached a latitudinal distribution analogous to that of 2000 (CHANG *et al.* 2001). Nonetheless, it had a greater distribution in Callao during the cruise due to the LN event.

The principal components analysis allowed us to observe the close relationship between the physical-chemical parameters and the presence of plankton indicators, where temperature and latitudinal distribution would be the parameters that best explained the grouping of the stations.

5. CONCLUSIONS

The mean planktonic volume was 1.63 mL/m³, and the community exhibited high reproductive rate species on the coast with a greater representation of thermophilic organisms far from the coast due to the LN cold environment.

Latitudinal temperature and distribution were the parameters that best explained the grouping of stations which were associated with plankton indicators.

Acknowledgments

The authors wish to express their gratitude to the staff of the Laboratory of Phytoplankton and Primary Production for the analysis of the samples and elaboration of the graphs, as well as to engineers Noel Domínguez and José Tenorio, for the information on the environmental conditions.

6. REFERENCIAS / REFERENCES

- BALECH E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Public. Espec. Inst. Español de Oceanog. España. 310 pp.
- CHANG F, SÁNCHEZ S, DELGADO E, VILLANUEVA P, FERNÁNDEZ C. 2001. El fitoplancton en superficie del mar peruano durante el otoño 2000. Inf Inst Mar Perú. 163: 43 - 46.
- CUPP E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps Inst. Oceanogr. 5: 1 - 237.
- ENFEN. 2007. Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño. Informe Técnico: 15 pp.
- GRADOS M, LOARTE D, ALEGRE R. 2001. Condiciones oceanográficas frente a las costas del Perú en mayo 2000. Inf Inst Mar Perú. 163: 7 - 18.
- HASLE G E, SYVERTSEN E. 1996. Marine diatoms. In: Tomas C. (Ed.). Identifying Marine Phytoplankton. Chapter 2. Academic Press, Inc. San Diego. 5 - 385 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. In: L. Rabenhorst (ed.). Kryptogamen-Flora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. 1 Teil. Akad. Verlagsges. Leipzig. Reprint Johnson Rep. Goop, New York 1971. 920 pp.
- IMARPE. 2007. Crucero Calamar Gigante y las Condiciones Ambientales 0705-06. BIC Humboldt (30 mayo- 13 junio 2007). Informe Ejecutivo Callao - Paíta.
- MORÓN O, CRISPÍN C A. 1999. Temperatura y salinidad durante la prospección pesquera de reclutamiento de recursos pelágicos LP IMARPE V 9906. Inf Inst Mar Perú. N° 149. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/1863>
- MORÓN O, DOMÍNGUEZ N, SARMIENTO M. 2011. Aspectos oceanográficos en primavera 2007: Crucero bentodemersal B/O Miguel Oliver 0709-10. Inf Inst Mar Perú. 38(1): 143 - 151
- ROJAS DE MENDIOLA B, GÓMEZ O, OCHOA N. 1985. Efectos del Fenómeno El Niño sobre el fitoplancton. En: El Niño. Su impacto en la fauna marina. Arntz., W. A. Landa y J. Tarazona (Eds.). Bol. Extraordinario Inst Mar Perú. 33 - 40.
- SÁNCHEZ S. 2000. Variación estacional e interanual de la biomasa fitoplanctónica y concentraciones de clorofila a, frente a la costa peruana durante 1976 - 2000. Bol Inst Mar Perú. 19(1-2): 29 - 43.
- SCHILLER J. 1971. Dinoflagellate (Peridinae) in monographischer Behandlung. 2 Tell. In: L. Rabenhorst (ed.). Kryptogamen-Flora von Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York. Vol. 10 Section 3, Part 1: 617 pp.
- SOURNIA A. 1967. Le genre *Ceratium* (Peridinien 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 Phytoplankton. Chapter 3. Academic Press, Inc. San Diego. 387 - 584 pp.
- SUNDSTRÖM B. 1986. The Marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Doctoral Thesis. Lund, Sweden. 196 pp.
- 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. 7-145 pp.
- UNESCO. 1981. Programa de plancton para el Pacífico Oriental. Informes de la UNESCO sobre ciencias del mar. 11: 25 - 26.

EL FITOPLANCTON EN EL MAR PERUANO A FINES DE PRIMAVERA DEL 2008. EVALUACIÓN DE RECURSOS PELÁGICOS, CRUCERO 0811-12

PHYTOPLANKTON IN THE PERUVIAN SEA IN LATE SPRING 2008. PELAGIC RESOURCE ASSESSMENT, CRUISE 0811-12

Flor Chang¹Elcira Delgado²Aoy Bernales¹

RESUMEN

CHANG F, DELGADO E, BERNALES A. 2019. El fitoplancton en el mar peruano a fines de primavera del 2008. Evaluación de recursos pelágicos, Crucero 0811-12. Bol Inst Mar Perú. 34(1): 35-48.- Se recolectaron 76 muestras utilizando una red de fitoplancton y 33 con botellas Niskin. Los volúmenes de plancton fluctuaron entre 0,08 y 10,7 mL.m⁻³, con media de 1,02 mL.m⁻³. El fitoplancton estuvo restringido a 30 mn desde Pimentel hasta Atico y 200 mn frente a Pacasmayo. Estuvo conformado por diatomeas de fases tempranas e intermedias de la sucesión ecológica. Latitudinalmente, el mayor valor promedio fue localizado entre 6 y 7°S y dentro de 30 mn. Otros valores importantes fueron localizados entre 30 y 60 mn. Cuantitativamente, la mayor concentración estuvo en Chimbote (16.390 x10³ cel.L⁻¹) y la menor en Paita (33 x10³ cel.L⁻¹) con importante representatividad del nanoplancton. El ANOVA de dos vías, reportó diferencias significativas entre los volúmenes de plancton de acuerdo a distancias de costa (P<0,002; F= 8,53). La distribución de los indicadores biológicos denotó desplazamiento inusual de *Ceratium breve* var. *schmidtii* (AES) frente a Punta La Negra. *Protoperidinium obtusum* (ACF) estuvo restringido a la franja costera (20 mn) su distribución aumentó frente a Salaverry y Pacasmayo, *Ceratium praelongum* estuvo costero frente a Paita y asociado a AES más allá de 60 mn en Punta La Negra y frente a San Juan por fuera de 90 mn.

PALABRAS CLAVE: fitoplancton, nanoplancton, microplancton, primavera 2008

ABSTRACT

CHANG F, DELGADO E, BERNALES A. 2019. Phytoplankton in the Peruvian sea in late spring 2008. Pelagic resource assessment, Cruise 0811-12. Bol Inst Mar Peru. 34(1): 35-48.- 76 samples were collected using a network of phytoplankton and 33 were collected with Niskin bottles. Plankton volumes ranged between 0.08 and 10.7 mL.m⁻³, with a mean of 1.02 mL.m⁻³. Phytoplankton was restricted to 30 nm from Pimentel to Atico and 200 nm off Pacasmayo. It was formed by diatoms of early and intermediate stages of ecological succession. The highest mean value was latitudinally located between 6 and 7°S and within 30 nm, while other important values were located between 30 and 60 nm. In terms of quantity, the highest concentration was in Chimbote (16.390 x10³ cel.L⁻¹) and the lowest in Paita (33 x10³ cel.L⁻¹) with important representation of nanoplankton. The two-way ANOVA showed significant differences between plankton volumes based on coastal distances (P<0.002; F=8.53). The distribution of biological indicators evidenced the unusual displacement of *Ceratium breve* var. *schmidtii* (SEW) off Punta La Negra. *Protoperidinium obtusum* (CCW) was limited to the coastal strip (20 nm) and its distribution increased off Salaverry and Pacasmayo, while *Ceratium praelongum* was coastal off Paita and it was associated with SEW beyond 60 nm at Punta La Negra and off San Juan, outside 90 nm.

KEYWORDS: phytoplankton, nanoplankton, microplankton, spring 2008

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los lineamientos de la política institucional, el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) orienta sus esfuerzos a realizar investigaciones multidisciplinarias de los recursos que sustentan las pesquerías, con el fin de proporcionar bases científicas y técnicas para la explotación óptima y sustentable de los recursos pesqueros. La especie más importante de la pesquería pelágica en el Perú es la anchoveta (*Engraulis ringens* J.), constituyendo una de las pesquerías más trascendentales del mundo por la magnitud de sus desembarques.

1. INTRODUCTION

As part of the institutional policy guidelines, the Instituto del Mar del Perú (IMARPE) - Alternative: Peruvian Marine Research Institute-, directs its efforts to carry out multidisciplinary research on the resources that sustain the fisheries, with the aim of providing scientific and technical bases for the optimal and sustainable exploitation of such fishery resources. The most significant species in the Peruvian pelagic fishery is the anchoveta (*Engraulis ringens* J.), constituting one of the most important fisheries in the world due to the magnitude of its landings.

1 IMARPE, DGIICC, Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria. fchang@imarpe.gob.pe

En este estudio damos a conocer los resultados obtenidos a fines de la primavera 2008, relacionados con la concentración de biomasa planctónica en superficie, composición y distribución del fitoplancton de red, densidades celulares a 10 m de profundidad y distribución de organismos fitoplanctónicos asociados a diferentes masas de agua.

In this paper, we present the results obtained at the end of spring 2008, related to the concentration of plankton biomass on the surface, composition and distribution of net phytoplankton, cell densities at a depth of 10 m and distribution of phytoplankton organisms associated with different water masses.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Entre el 21 de noviembre y 24 de diciembre del 2008 a bordo de los BIC Humboldt y Olaya, se realizó el crucero de recursos pelágicos que comprendió el área de Paita a Ilo y desde la línea costera hasta 300 mn (Fig. 1), recolectándose 109 muestras para los análisis semicuantitativos y cuantitativos.

2. MATERIAL AND METHODS

Between November 21 and December 24, 2008, a pelagic resource cruise was carried out aboard the R/V Humboldt and R/V Olaya, which covered the area from Paita to Ilo and from the coastline up to 300 nm (Fig. 1). A total of 109 samples were collected for semi-quantitative and quantitative analyses.

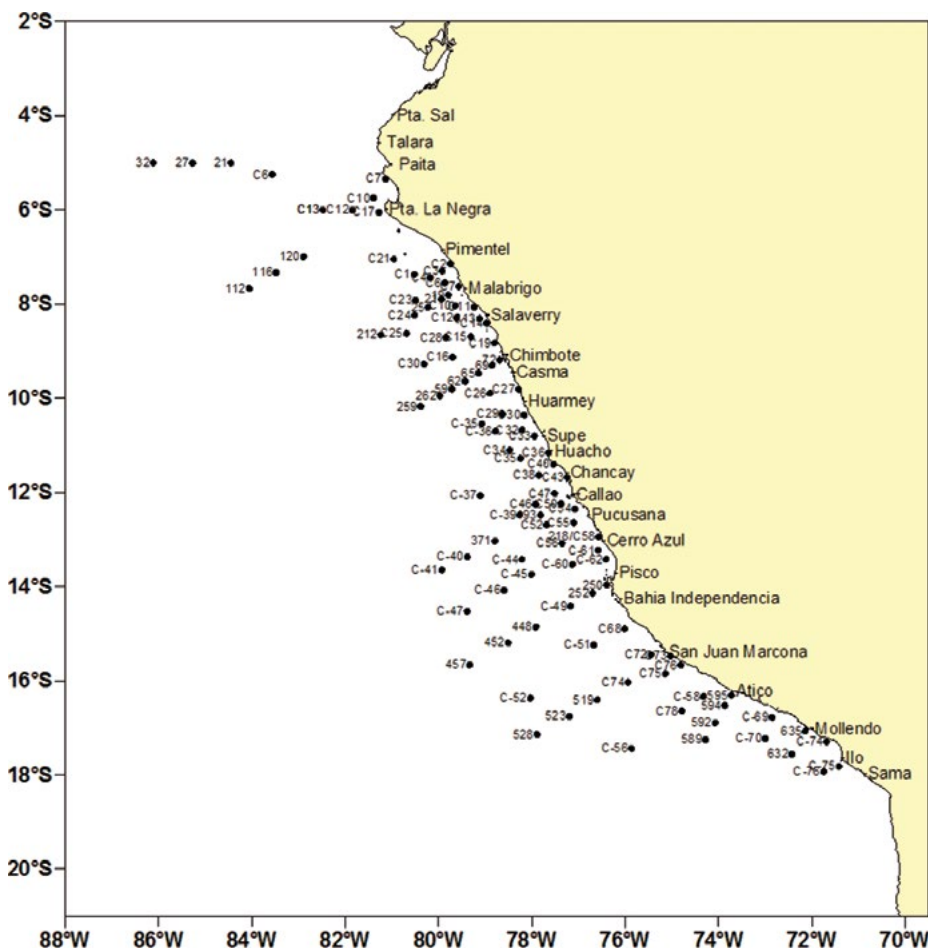


Figura 1.- Carta de posiciones. Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0811-12. BIC Humboldt y Olaya

Figure 1. Plotting chart. Pelagic Resources Assessment Cruise 0811-12. R/V Humboldt and R/V Olaya

Semicuantitativamente se examinaron 76 muestras de superficie, recolectadas con red estándar de fitoplancton durante 5 minutos a 3 nudos de velocidad. La metodología empleada en la obtención de los volúmenes de plancton se basa en UNESCO (1981). Las muestras de red fueron analizadas considerando los principales grupos del plancton, otorgando a los organismos más representativos valores convencionales de acuerdo a su abundancia, según metodología del IMARPE.

En el segundo caso, cuantitativamente, analizamos 33 muestras de agua, recolectadas con botellas Niskin a 10 m de profundidad, en los perfiles hidrográficos de Paita, Punta la Negra, Chicama, Chimbote, Callao, Pisco, San Juan y Atico. Para el análisis se siguió la metodología de UTERMÖHL (1958), cuyos resultados son expresados en $N^{\circ} \times 10^3$ cel.L⁻¹. En todos los casos las muestras fueron preservadas con formalina neutralizada, siguiendo las pautas descritas en THRÖNDSSEN (1978).

Para la determinación taxonómica de los diferentes organismos del fitoplancton se consultaron los trabajos de HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1933, 1937), SUNDSTRÖM (1986), BALECH (1988), HASLE & SYVERTSEN (1996) y STEIDINGER & TANGEN (1996).

Se aplicó un ANOVA de dos vías para determinar si existen diferencias significativas entre los volúmenes de plancton recolectados a diferentes distancias de costa (DC): 0-30, 30-60, >60 y en distintas áreas (norte, centro y sur).

Para complementar estos estudios, calculamos el índice de diversidad de SHANNON-WEAVER (1963) cuyos resultados son expresados en bits.cel⁻¹. Así mismo, efectuamos un análisis de clasificación numérica en modo Q (entre estaciones) para el establecimiento de las comunidades. Utilizamos datos de abundancia con transformación logarítmica: $y = \log(x+1)$, eliminando aquellas especies con bajas abundancias y frecuencias (índices biológicos menores a 0,005%). Los cálculos fueron realizados con el programa PRIMER (IOC 1993) usando el índice de similitud de Bray Curtis y el método de agrupación del grupo par con promedio aritmético ponderado (UPGMA), representando los resultados en forma de dendrograma de similitud.

A semi-quantitative analysis of 76 surface samples, which were collected with a standard phytoplankton net for 5 minutes at a speed of 3 knots, was carried out. The methodology used to obtain plankton volumes is based on UNESCO (1981). Net samples were analyzed considering the main plankton groups, giving the most representative organisms conventional values based on their abundance, according to IMARPE methodology.

In the second case, we analyzed, on a quantitative basis, 33 water samples, which were collected with Niskin bottles at a depth of 10 m, in the hydrographic profiles of Paita, Punta la Negra, Chicama, Chimbote, Callao, Pisco, San Juan and Atico. For the analysis the methodology of UTERMÖHL (1958) was followed, whose results are expressed in $N^{\circ} \times 10^3$ cel.L⁻¹. In all cases, the samples were preserved using neutralized formalin (THRÖNDSSEN 1978).

The works of HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1933, 1937), SUNDSTRÖM (1986), BALECH (1988), HASLE & SYVERTSEN (1996), and STEIDINGER & TANGEN (1996) were consulted for the taxonomic determination of the different phytoplankton organisms.

A two-way ANOVA was applied to determine significant differences between the plankton volumes collected at different distances from the coast (DC): 0-30, 30-60, >60 and in different areas (north, center and south).

To complement these studies, we calculated the SHANNON-WEAVER index (1963), whose results are expressed in bits.cel⁻¹. We also performed a numerical classification analysis in Q mode (between stations) for the establishment of communities. We use abundance data with logarithmic transformation: $y = \log(x+1)$, by removing those species with low abundances and frequencies (biological indices less than 0.005%). Computations were made with the PRIMER software (IOC 1993) by using the Bray-Curtis similarity index and the unweighted pair group method with arithmetic mean (UPGMA). The results were presented in the form of a similarity dendrogram.

Para la elaboración de las figuras y cartas de distribución se usaron los programas Excel y Surfer (Ver. 12), respectivamente.

Excel and Surfer (Ver. 12) software, were used for the elaboration of the figures and plotting charts, respectively.

3. RESULTADOS

3. RESULTS

Distribución superficial de los volúmenes de plancton

Surface distribution of plankton volumes

El volumen de plancton fluctuó entre 0,008 mL.m⁻³ y 10,27 mL.m⁻³ frente a Ocoña (30 mn) y Pacasmayo (60 mn), respectivamente, con promedio general de 1,0 mL.m⁻³. El 79% de los valores fueron menores a 1,0 mL.m⁻³, distribuidos ampliamente en todo el litoral.

Plankton volume ranged between 0.008 mL.m⁻³ and 10.27 mL.m⁻³ off Ocoña (30 nm) and Pacasmayo (60 nm), respectively, with an overall mean of 1.0 mL.m⁻³. The values were 79% less than 1.0 mL.m⁻³, which were widely distributed along the coast.

Los máximos volúmenes fueron ubicados frente a Punta La Negra (7,2 mL.m⁻³), donde predominó el fitoplancton con especies de las primeras fases de la sucesión (30 mn) y frente a Pacasmayo (10,7 mL.m⁻³) dentro de las 60 mn, donde destacó el zooplancton. También se encontraron núcleos de 4,0 y 6,4 mL.m⁻³ (Pimentel y Chimbote) dentro de las 30 mn (Fig. 2).

The maximum volumes were located off Punta La Negra (7.2 mL.m⁻³), where phytoplankton was prevalent in early stages of succession (30 nm) and off Pacasmayo (10.7 mL.m⁻³) within 60 nm, where zooplankton predominated. Nuclei of 4.0 and 6.4 mL.m⁻³ (Pimentel and Chimbote) were also found within 30 nm (Fig. 2).

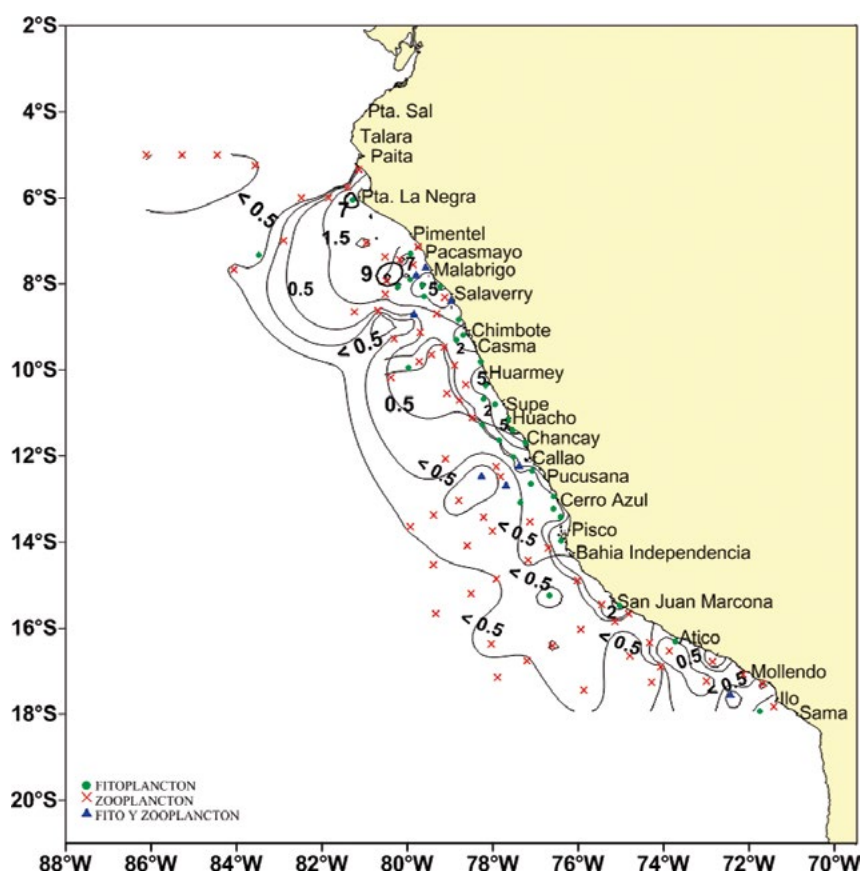


Figura 2.- Distribución de volúmenes de plancton en superficie (mL.m³). Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0811-12. BIC Humboldt y Olaya

Figure 2. Surface distribution of plankton volumes (mL.m³). Pelagic Resources Assessment Cruise 0811-12. R/V Humboldt and R/V Olaya

Distribución latitudinal del volumen de plancton

Los volúmenes promedio de plancton fluctuaron entre $0,10 \text{ mL.m}^{-3}$ ($> 60 \text{ mn}$) y $7,19 \text{ mL.m}^{-3}$ ($0-30 \text{ mn}$) observándose que los promedios máximos estuvieron entre 6 y 12°S (Fig. 3).

Dentro de las 30 mn el máximo valor promedio ($7,19 \text{ mL.m}^{-3}$) estuvo entre 6° y 7°S , en tanto que a latitudes de 8° a 12°S los promedios fueron menores a $3,5 \text{ mL.m}^{-3}$. Al sur, entre 15° y 16°S , el mayor valor medio fue $1,0 \text{ mL.m}^{-3}$.

Entre 30 y 60 mn los valores medio más altos fueron de $3,35 \text{ mL.m}^{-3}$ y $1,94 \text{ mL.m}^{-3}$, localizándose entre $7^\circ-8^\circ\text{S}$ y $11^\circ-12^\circ\text{S}$, respectivamente.

A distancias mayores a las 60 mn la biomasa planctónica fue constante con valores menores a $0,5 \text{ mL.m}^{-3}$ localizados en la parte norte y sur, excepto en la sección norte centro ($8^\circ-11^\circ\text{S}$) que registró un leve incremento con valores de $0,7 \text{ mL.m}^{-3}$ (Fig. 3).

Análisis estadístico

El ANOVA presentó diferencias significativas entre las diferentes distancias a costa ($P=0,002$). Se observaron volúmenes mayores en las zonas costeras dentro de las 30 mn , donde las abundancias fueron del fitoplancton (Fig. 4). No hubo diferencias significativas por áreas (Tabla 1).

Latitudinal distribution of plankton volume

Mean plankton volumes oscillated between 0.10 mL.m^{-3} ($> 60 \text{ nm}$) and 7.19 mL.m^{-3} ($0-30 \text{ nm}$) with maximum averages between 6 and 12°S (Fig. 3).

Within 30 nm , the maximum mean value (7.19 mL.m^{-3}) was between 6° and 7°S , while at latitudes 8° to 12°S the averages were less than 3.5 mL.m^{-3} . To the south, the highest mean value, between 15° and 16°S , was 1.0 mL.m^{-3} .

Between 30 and 60 nm , the highest mean values were 3.35 mL.m^{-3} and 1.94 mL.m^{-3} and they were located between $7^\circ-8^\circ\text{S}$ and $11^\circ-12^\circ\text{S}$, respectively.

At distances greater than 60 nm , plankton biomass was constant with values less than 0.5 mL.m^{-3} , which were in the north and south, except in the north-central section ($8^\circ-11^\circ\text{S}$), which registered a slight increase with values of 0.7 mL.m^{-3} (Fig. 3).

Statistical analysis

ANOVA presented significant differences between the different distances from the coast ($P=0.002$). Higher volumes were observed in coastal areas within 30 nm , where the abundances were that of phytoplankton (Fig. 4). No significant differences were presented by Areas (Table 1).

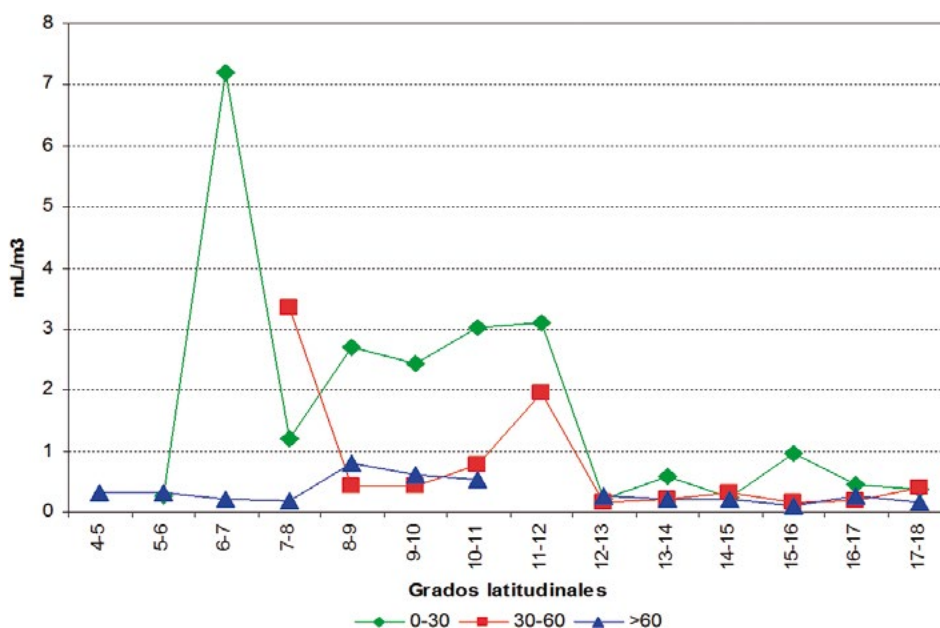


Figura 3.- Distribución latitudinal del biovolumen de plancton (mL.m^3). Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0811-12. BIC Humboldt y Olaya

Figure 3. Latitudinal distribution of plankton bio-volume (mL.m^3). Pelagic Resources Assessment Cruise 0811-12. R/V Humboldt and R/V Olaya

Tabla 1.- ANOVA de dos vías de los volúmenes de plancton. Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0811-12. BIC Humboldt y Olaya

Table 1. Two-way ANOVA of plankton volumes. Pelagic Resources Assessment Cruise 0811-12. R/V Humboldt and R/V Olaya

Fuente/Source	GL	SC	MC	F	P
A	2	1,4226	0,71129	2,27	0,132
DC	2	5,3353	2,66764	8,53	0,002
Interacción	4	2,0754	0,51885	1,66	0,203
Error	18	5,6292	0,31273		
Total	26	14,4624			

S= 0,5592; R-cuad.= 61,08%; R-cuad.(ajustado)= 43,78%t

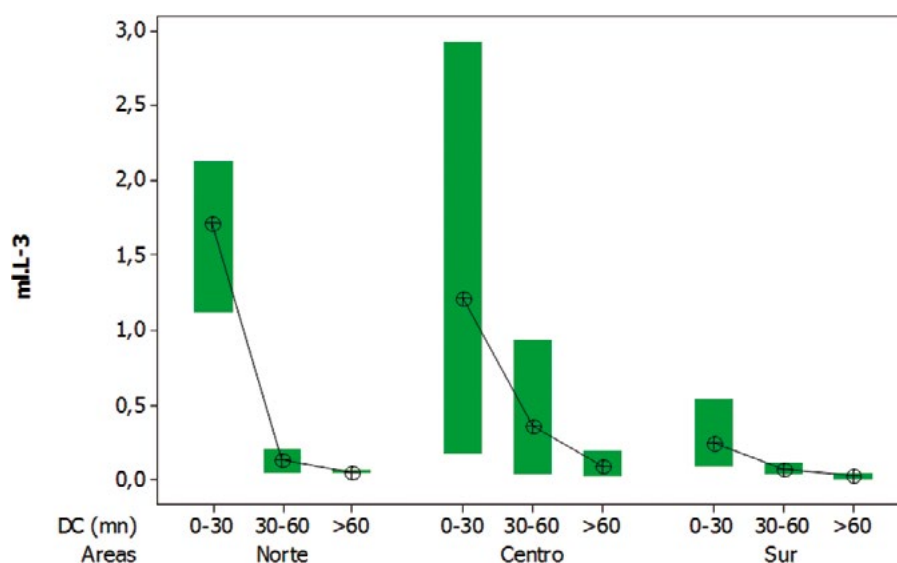


Figura 4.- Diagrama de box plot de volúmenes de plancton en diferentes DC y Áreas. Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0811-12. BIC Humboldt y Olaya

Figure 4. Box plot diagram of plankton volumes in different DC and Areas. Pelagic Resources Assessment Cruise 0811-12. R/V Humboldt and R/V Olaya

Composición y distribución de la comunidad fitoplanctónica

El fitoplancton en superficie, tuvo predominancia del 31% en la franja costera de 30 mn desde punta La Negra hasta San Juan. El zooplancton (copépodos y nauplios) destacó por fuera de las 60 mn, en el 62% del área evaluada, frente a Pimentel, Punta Lobos y San Juan. En el 7% del área restante la flora y fauna del plancton compartieron codominancias (Fig. 2).

El fitoplancton se caracterizó por diatomeas neríticas de fases tempranas e intermedias de la sucesión ecológica. En el grupo de las fases tempranas, desde Punta La Negra hasta Pisco, destacaron como “Abundante” *Chaetoceros* spp.; *Skeletonema costatum* Cleve; *Thalassiosira subtilis* Gran y *Detonula pumila* Gran. En el grupo de fases intermedias, destacaron *Guinardia delicatula*

Composition and distribution of the phytoplankton community

Surface phytoplankton predominated in 31% on the 30 nm coastal strip from Punta La Negra to San Juan. Zooplankton (copepods and nauplii) were prevalent outside 60 nm, in 62% of the surveyed area, off Pimentel, Punta Lobos and San Juan. In 7% of the remaining area, phyto and zooplankton share codominance (Fig. 2).

Phytoplankton was characterized by early and intermediate stages neritic diatoms of ecological succession. In the group of early stages, *Chaetoceros* spp.; *Skeletonema costatum* Cleve; *Thalassiosira subtilis* Gran, and *Detonula pumila* Gran stood out when reaching the “Abundant” level from Punta La Negra to Pisco. In the group of intermediate stages *Guinardia delicatula* (Cleve), *Cerataulina pelagica* (Cleve),

(Cleve); *Cerataulina pelagica* (Cleve) y *Coscinodiscus perforatus* Cleve y Möller, que fueron localizadas en las estaciones costeras frente a Punta la Negra y entre Chicama y Huacho.

Los dinoflagelados registraron abundancias relativas de "Presente" pero con alta representatividad destacando *Ceratium furca* (Ehrenberg); *Protoperidinium pellucidum* Bergh; *P. mendiolae* Balech y *Dinophysis caudata* Saville-Kent, especies cosmopolitas que mostraron amplia distribución (> 90 mn).

También fue alta la frecuencia de organismos termófilos desde Paita hasta San Juan por fuera de las 60 mn, sobresaliendo el dinoflagelado *Goniodoma polyedricum* (Pouchet) asociado a las diatomeas *Planktoniella sol* Schütt; *Proboscia alata indica* Lincea y Santoyo y *Thalassiothrix longissima* Cleve y Grunow.

Distribución, composición y abundancia del fitoplancton a 10 m de profundidad (cel.L⁻¹)

Se determinaron 160 especies con 92 diatomeas, 52 dinoflagelados, 2 silicoflagelados, 12 cocolitofóridos y 2 fitoflagelados.

Las concentraciones de fitoplancton fluctuaron entre 33x10³ cel.L⁻¹ y 163.719x10³ cel.L⁻¹ en Paita y Chimbote respectivamente, con promedio de 99.048 cel.L⁻¹ (Fig. 5).

and *Coscinodiscus perforatus* Cleve and Möller, which were located in the coastal stations off Punta la Negra and between Chicama and Huacho, stood out.

The Dinoflagellates that were "Present" but with high representativeness were: *Ceratium furca* (Ehrenberg); *Protoperidinium pellucidum* Bergh; *P. mendiolae* Balech, and *Dinophysis caudata* Saville-Kent, cosmopolitan species that showed wide distribution (> 90 nm).

The frequency of thermophilic organisms was also high from Paita to San Juan, outside 60 nm, especially the dinoflagellate *Goniodoma polyedricum* (Pouchet) which was associated with the diatoms *Planktoniella sol* Schütt; *Proboscia alata indica* Lincea and Santoyo, and *Thalassiothrix longissima* Cleve and Grunow.

Distribution, composition and abundance of phytoplankton at a depth of 10 m (cel.L⁻¹)

A total of 160 species were determined, including 92 diatoms, 52 dinoflagellates, 2 silicoflagellates, 12 cocolithophorides, and 2 phytoflagellates.

Phytoplankton concentrations varied between 33x10³ cells L⁻¹ and 163,719x10³ cells L⁻¹ in Paita and Chimbote respectively, with a mean of 99,048 cells L⁻¹ (Fig. 5).

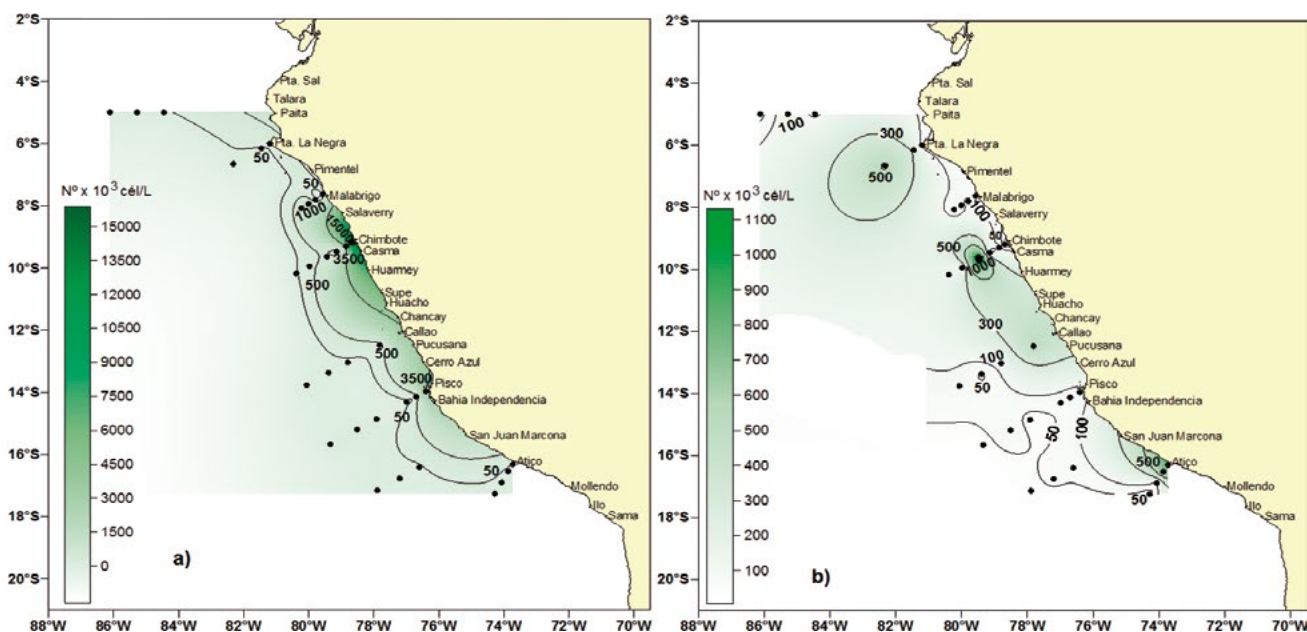


Figura 5.- Distribución del microfitoplancton (a) y nanofitoplancton (b) a 10 m (N°x103 cel.L⁻¹). Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0811-12. BIC Humboldt y Olaya

Figure 5. Distribution of microphytoplankton (a) and nanophytoplankton (b) at 10 m (N°x103 cel.L⁻¹). Pelagic Resources Assessment Cruise 0811-12. R/V Humboldt and R/V Olaya

Los mayores aportes celulares estuvieron localizados en Chimbote (8 y 15 mn) y Pisco (10 mn) con valores superiores a $1000 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$, donde la abundancia estuvo representada por diatomeas, mientras que concentraciones menores a $100 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$ fueron reportadas en la región oceánica, excepto en los perfiles de Punta La Negra y Chimbote.

The greatest cellular contributions were located in Chimbote (8 and 15 nm) and Pisco (10 nm) with values higher than $1000 \times 10^3 \text{ cell.L}^{-1}$, where abundance was represented by diatoms, while concentrations lower than $100 \times 10^3 \text{ cell.L}^{-1}$ were reported in the oceanic region, except in the Punta La Negra and Chimbote profiles.

El nanoplancton fue el más representativo, con dominio del 75%, aunque en las estaciones costeras de los perfiles de Chimbote y Pisco, destacó el microfitoplancton. La máxima densidad del nanoplancton se observó en Chimbote (70 mn), destacando los fitoflagelados con el grupo de las mónadas cuyas densidades estuvieron comprendidas en un rango de $7 \times 10^3 - 418 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$, ambas localizadas frente a Callao por fuera de las 50 mn. El aporte de los cocolitofóridos fue menor siendo *Emiliania huxleyi* (Lohmann) la especie con las mayores concentraciones celulares que fluctuaron desde $1 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$ (San Juan) hasta $57 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$ (Callao), ambos localizados por fuera de las 90 mn (Fig. 5b).

Nanoplankton was the most representative, with 75% of predominance, although microplankton stood out in the coastal stations of the Chimbote and Pisco profiles. The maximum density of nanoplankton was observed in Chimbote (70 nm), where phytoflagellates predominated with the group of monads whose densities were in a range of $7 \times 10^3 - 418 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$, both located off Callao, outside 50 nm. The quantity of cocolithophorids was lower, being *Emiliania huxleyi* (Lohmann) the species with the highest cellular concentrations ranging from $1 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$ (San Juan) to $57 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$ (Callao), both located outside 90 nm (Fig. 5b).

Dentro del microplancton, las diatomeas fueron los organismos mejor representados en Chimbote (20 mn), los mayores aportes celulares correspondieron a *Chaetoceros socialis* Lauder ($16.312 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$); *Thalassiosira subtilis* Gran ($38 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$) y *Pseudo-nitzschia cf delicatissima* ($312 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$). Mientras que frente a Chicama, destacaron las especies *Leptocylindrus danicus* Cleve ($117 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$) y *L. mediterraneus* (Peragallo) ($34 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$) dentro de las 30 mn (Fig. 5a).

In microplankton, diatoms were the organisms best represented in Chimbote (20 nm), the greatest cellular contributions corresponded to *Chaetoceros socialis* Lauder ($16.312 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$); *Thalassiosira subtilis* Gran ($38 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$), and *Pseudo-nitzschia cf delicatissima* ($312 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$). Off Chicama, the species *Leptocylindrus danicus* Cleve ($117 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$) and *L. mediterraneus* (Peragallo) ($34 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$) stood out within the 30 nm (Fig. 5a).

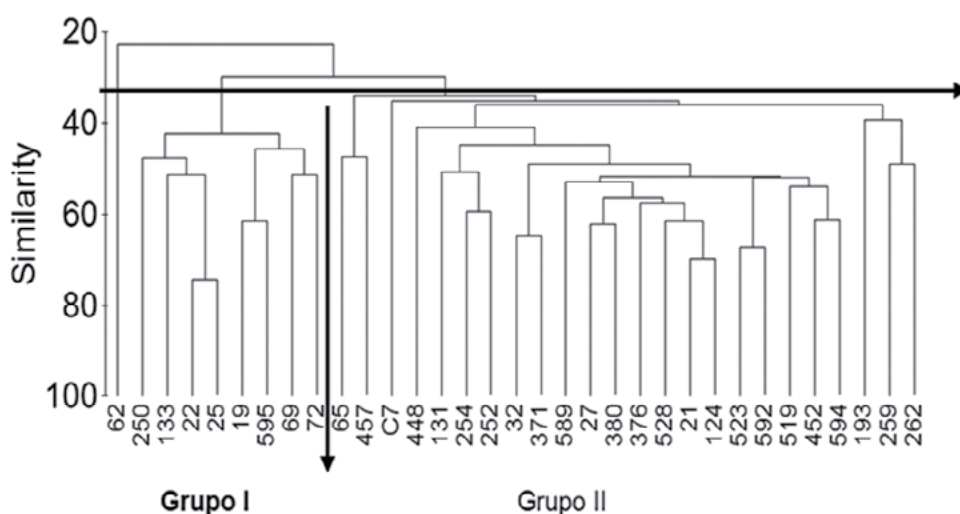


Figura 6.- Dendrograma de similaridad entre estaciones a 10 m de profundidad. Cr Evaluación de Recursos Pelágicos 0811-12. BIC Humboldt y Olaya

Figure 6. Dendrogram of similarity between stations at a depth of 10 m. Pelagic Resources Assessment Cruise 0811-12. R/V Humboldt and R/V Olaya

Índice de Diversidad (H') y Análisis comunitario a 10 m

El Índice de diversidad de Shannon (H') varió entre 0,012 y 1,194 bits/ind. en Chimbote y Chicama, respectivamente. Los valores más altos fueron registrados al norte de 8°S al determinar 57 especies (Fig. 6). El análisis de clasificación numérica en modo Q permitió distinguir 2 grupos al 33% de similitud.

Grupo 1: agrupó las estaciones más costeras de áreas geográficas localizadas en los perfiles de Punta Falsa, Chicama, Chimbote, Pisco y Atico, excepto en el segundo perfil donde se integraron estaciones hasta 55 mn. En este grupo destacaron los organismos del microfitoplancton con las diatomeas del género *Chaetoceros* spp.; *Thalassiosira angulata* Hasle; *Th. Subtilis* Gran; *Guinardia delicatula*; *Detonula pumila*, entre otras.

Grupo 2: estuvo conformado por la gran mayoría de estaciones comprendidas desde Paita hasta Atico, destacando los organismos del nanoplancton caracterizados por el grupo de fitoflagelados.

Distribución de organismos indicadores de masas de agua

Ceratium breve, indicador de AES, fue determinado a distancias mayores a 60 mn frente a Paita y punta La Negra. Latitudinalmente, tuvo un desplazamiento inusual hacia el sur frente a las áreas de Pimentel y Malabrigo, por fuera de las 90 mn (Fig. 7).

Protoperidinium obtusum, indicador de ACF, se registró en la zona costera, de manera continua desde Punta La Negra hasta San Juan, siendo reportado esporádicamente a distancias > 60 mn, frente a Huacho.

Ceratium praelongum, indicador de ASS, presentó distribución esporádica, al norte con un acercamiento a costa frente a Paita (10 mn) y a distancias mayores de las 60 mn estuvo asociada a AES frente a Paita y Punta la Negra, mientras que su presencia en el sur fue hasta 100 mn de San Juan.

Diversity Index (H') and Community Analysis at 10 m

The Shannon Diversity Index (H') ranged from 0.012 to 1.194 bits/ind. in Chimbote and Chicama, respectively. The highest values were recorded north of 8°S when 57 species were determined (Fig. 6). The analysis of numerical classification in Q mode allowed to distinguish 2 groups at 33% similarity.

Group 1: It clustered the most coastal stations of geographical areas located in the Punta Falsa, Chicama, Chimbote, Pisco and Atico profiles, except for the second profile where stations up to 55 nm were integrated. In this group, the most important diatoms were *Chaetoceros* spp.; *Thalassiosira angulata* Hasle; *Th. Subtilis* Gran; *Guinardia delicatula*; *Detonula pumila*.

Group 2: It was formed by the great majority of stations ranging from Paita to Atico, with the nanoplankton organisms characterized by the group of phytoflagellates standing out.

Distribution of indicator organisms of water masses

Ceratium breve, an indicator of SEW, was determined at distances greater than 60 nm off Paita and Punta La Negra. Had an unusual displacement towards the south off the areas of Pimentel and Malabrigo, outside 90 nm (Fig. 7).

Protoperidinium obtusum, an indicator of CCW, was recorded in the coastal zone, in a continuous way from Punta La Negra to San Juan, reported occasionally at distances > 60 nm, off Huacho.

Ceratium praelongum, an indicator of SSW, presented a sporadic distribution. To the north it approached the coast in front of Paita (10 nm), outside the 60 nm it was associated with SEW off Paita and Punta la Negra. To the south was found up to 100 nm off San Juan.

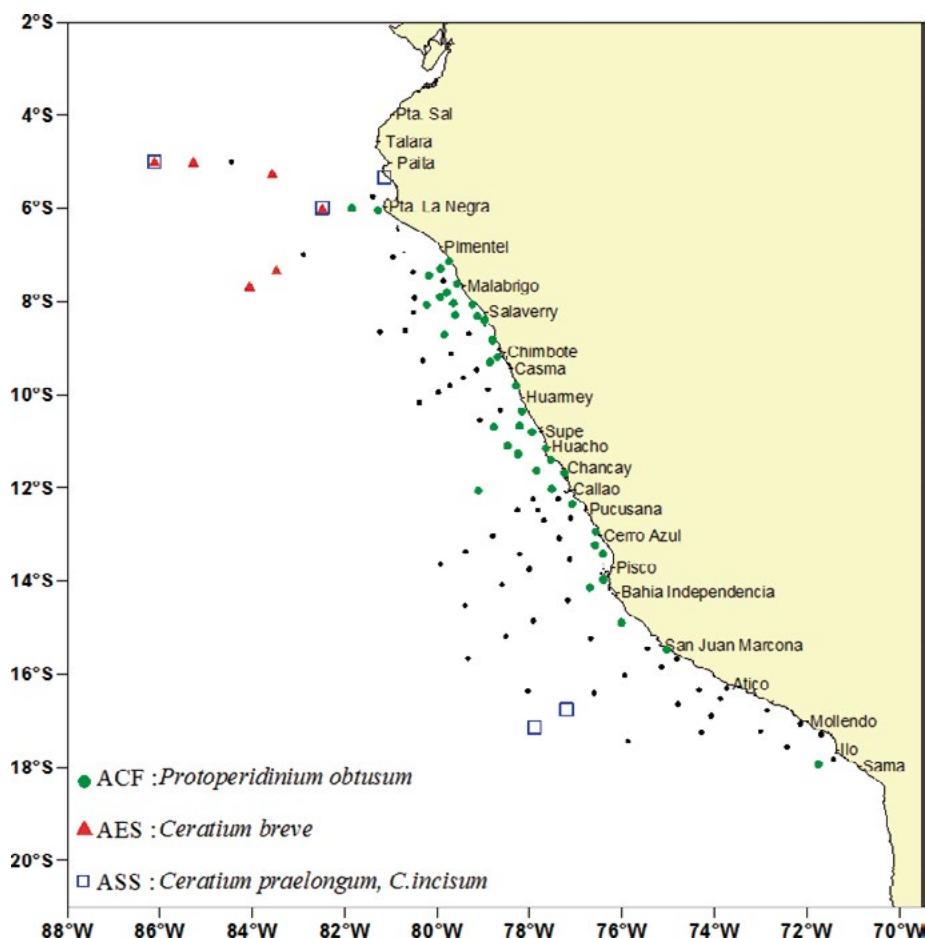


Figura 7.- Indicadores de masas de agua. Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0811-12. BIC Humboldt y Olaya

Figure 7. Indicator of water masses. Pelagic Resources Assessment Cruise 0811-12. R/V Humboldt and R/V Olaya

4. DISCUSIÓN

A fines de la primavera del 2008 (IMARPE 2008) las condiciones oceanográficas ambientales se presentaron cálidas debido a la proyección de las AES hasta el sur de Punta Falsa y la aproximación de las ASS en el centro – sur, originando nuevamente muchas zonas de mezcla de ACF-AES, ACF-ASS y ACF-ASS-ATSA, restringiendo a las ACF a la costa, situación que generó respuesta del fitoplancton. Al respecto, el volumen promedio de plancton ($1,05 \text{ mL.m}^{-3}$) en el presente estudio guarda concordancia con los resultados de fines de la primavera del 2005 obtenidos por SÁNCHEZ *et al.* 2007, quienes reportaron un valor medio de $1,34 \text{ mL.m}^{-3}$. Asimismo, DELGADO *et al.* (2006) y SÁNCHEZ *et al.* (2005) determinaron para la misma época de estudio un decremento en los promedios ($0,54 \text{ mL.m}^{-3}$) debido a que las características océano-atmosféricas no fueron propicias para el crecimiento de la comunidad planctónica.

4. DISCUSSION

In late Spring 2008 (IMARPE 2008) the environmental oceanographic conditions were warm due to the projection of SEW to the south of Punta Falsa and the approximation of SSW in the central-southern part, which originated again many CCW-SEW, CCW-SSW, and CCW-SSW-SSTA zones of mixtures, which restricted CCW to the coast, a situation that generated a phytoplankton response. In this regard, the mean plankton volume (1.05 mL.m^{-3}), in this study, is consistent with the late Spring 2005 results, which were obtained by SÁNCHEZ *et al.* 2007, who reported a mean value of 1.34 mL.m^{-3} . Likewise, DELGADO *et al.* (2006) and SÁNCHEZ *et al.* (2005) determined for the same period of study a decrease in the averages (0.54 mL.m^{-3}) since the ocean-atmospheric characteristics were not propitious for the growth of the plankton community.

El fitoplancton como alimento disponible mostró durante el crucero 0811-12, un leve decremento porcentual en toda el área evaluada (31%) si se compara con los resultados de la primavera del año 2007 (37%) y 2006 (33%), no obstante, en el 2005 cuando las condiciones imperantes mostraron un desplazamiento de aguas cálidas del oeste (20 y 21 °C) que se aproximaron a la zona costera de Punta Bermejo al Callao, al replegarse esa masa de agua, la concentración del volumen planctónico se incrementó hasta 43%.

Los volúmenes promedios de plancton dentro de las 30 mn han registrado valores máximos medios de 7,42 m⁻³, resultados que coinciden con los encontrados por DELGADO *et al.* (2006) y ROJAS DE MENDIOLA *et al.* (1985) quienes determinaron valores mayores a 3,0 mL.m⁻³ para la costa peruana. En el 2005 el mayor valor medio fue de 1,30 mL.m⁻³, decremento que estuvo asociado con las influencias de aguas cálidas reportadas por los parámetros físicos.

Es importante mencionar que la comunidad fitoplanctónica estuvo conformada por especies de las primeras fases de la sucesión ecológica que forman parte de la dieta de la anchoveta como *Chaetoceros* spp., *Detonula pumila* (ROJAS DE MENDIOLA 1966), las mismas que estuvieron localizadas entre Punta Falsa y Pisco dentro de las 30 mn. SÁNCHEZ y VILLANUEVA (2007) señalan que estas especies ampliaron su distribución hasta las 60 mn (Puerto Pizarro – Ilo) lo que confirmaría la disponibilidad de alimento para el recurso.

Las concentraciones celulares en el presente estudio, han mostrado que los mayores aportes numéricos estuvieron dentro de la franja costera y disminuyeron hacia fuera, encontrándose valores de 163 x10⁶ cel.L⁻¹ frente a Chimbote, en esta misma zona OCHOA *et al.* (1985) reportaron valores de 6 x10⁶ cel.L⁻¹ para octubre de 1977. En ambas evaluaciones, las diatomeas de alta tasa de reproducción caracterizaron a esta zona. Similares resultados también fueron encontrados por HUNTSMAN & BARBER (1977) para el noroeste africano, siendo el microplancton el principal constituyente donde destacó el grupo de las diatomeas.

La expresión probabilística de Shannon y Winner da una medida de la organización de la estructura de la comunidad; considerando lo

Phytoplankton as available food presented during cruise 0811-12, a slight percentage decrease (31%) in all the surveyed area, compared to the results of Spring 2007 (37%) and 2006 (33%). Nevertheless, in 2005, when the prevailing conditions showed a displacement of warm waters from the west (20 and 21 °C) which approximated to the coastal zone of Punta Bermejo up to Callao, as that water mass withdrew, the concentration of plankton volume increased up to 43%.

The mean plankton volumes within 30 nm have registered maximum mean values of 7.42 m⁻³, results that coincide with those found by DELGADO *et al.* (2006) and ROJAS DE MENDIOLA *et al.* (1985) who determined values greater than 3.0 mL.m⁻³ for the Peruvian coast. For 2005, the highest mean value was 1.30 mL.m⁻³, a decrease that was associated with warm water influences as reported by physical parameters.

It is worth mentioning that the phytoplankton community was formed by species from the first stages of the ecological succession which are part of the anchoveta diet, such as *Chaetoceros* spp., *Detonula pumila* (ROJAS DE MENDIOLA 1966), which were located between Punta Falsa and Pisco within 30 nm. SÁNCHEZ and VILLANUEVA (2007) state that these species extended their distribution to 60 nm (Puerto Pizarro – Ilo) which would confirm the availability of food for the resource.

The cellular concentrations in this study have shown that the greatest numerical contributions were within the coastal strip and decrease outwards, finding values of 163 x10⁶ cel.L⁻¹ compared to Chimbote, in this same zone OCHOA *et al.* (1985) reported values of 6 x10⁶ cel.L⁻¹ for October 1977, which evidenced the richness of the Peruvian sea. In both assessments, high reproductive rate diatoms characterized this area. Similar results were also found by HUNTSMAN & BARBER (1977) for Northwest Africa, with microplankton being the main constituent where the group of diatoms stood out.

The probabilistic formulation of Shannon and Winner gives a measure of the organization in the community structure. Based on the

anterior, la taxocenosis fitoplanctónica mostró modificaciones a través del tiempo. Al respecto, en este crucero los valores del Índice de diversidad (H') se encontraron en activo crecimiento ($<2,5$), en tanto que para 1999 SÁNCHEZ *et al.* (2000) reportaron una comunidad en la segunda etapa de la sucesión fitoplanctónica ($>3,5$).

En el análisis comunitario de los años 1999 y 2008, ambos en primavera, se obtuvieron dos grupos con porcentajes iguales (33%), la disposición del primer grupo estuvo conformado por diatomeas neríticas, en tanto que en el segundo grupo se encontraron organismos de agua de mezcla (ASS+ACF), lo que difiere con el año 1999 cuando destacaron organismos provenientes de aguas oceánicas.

En lo relacionado a la distribución de los indicadores biológicos, *Ceratium breve* (AES) fue observado en una amplia área de distribución, similar a la reportada en la primavera del 2006 cuando se registró por fuera de las 90 mn frente a Chicama, indicándonos condiciones normales según parámetros oceanográficos (IMARPE 2008); sin embargo, en la primavera 2007 solo se observó en Puerto Pizarro como consecuencia de la presencia del Evento La Niña en el litoral peruano.

La presencia del indicador de ACF, *Protoperdinium obtusum*, durante el período 2005-2008 no evidenció cambios relevantes; no obstante, que en la primavera del 2007 los parámetros físicos determinaron intensificación de las ACF en el litoral a consecuencia del Evento La Niña, observándose una ampliación de área de distribución del *P. obtusum*, que se localizó desde Punta La Negra hasta San Juan (> 120 mn).

Se determinaron zonas de mezcla de AES y ASS, similar a lo ocurrido en el 2006, cuando se encontraron indicadores de ambas masas de agua (*C. breve* y *C. praelongum*) localizados frente a Punta la Negra por fuera de las 90 mn, condiciones que estuvieron acorde con los parámetros físicos cuando las temperaturas presentaron anomalías positivas de +2 (IMARPE 2008).

5. CONCLUSIONES

El fitoplancton como alimento disponible destacó en el 31% del área evaluada, caracterizado por una composición específica de la primera fase

aforementioned, phytoplanktonic taxocenosis showed modifications over time. In this regard, the values of the Diversity Index (H') were found in active growth (<2.5), whereas in 1999 SÁNCHEZ *et al.* (2000) reported a community in the second stage of phytoplankton succession (>3.5).

In the community analysis of the years 1999 and 2008, both in Spring, two groups were obtained with equal percentages (33%), the layout of the first group was made up of neritic diatoms, while in the second group were found mixed water organisms (SSW + CCW), which differs from the year 1999 when organisms from oceanic waters stood out.

The distribution of biological indicators *Ceratium breve* (SEW) was similar to that reported in the spring of 2006, when it was registered outside the 90 nm off Chicama, which indicated normal conditions according to oceanographic parameters (IMARPE 2008). However, in the spring of 2007 it was only observed in Puerto Pizarro as consequence of the presence of the La Niña event on the Peruvian coast.

The presence of the CCW indicator, *Protoperdinium obtusum*, in 2005-2008 did not show any relevant changes. Nevertheless, in the spring of 2007 the physical parameters determined intensification of the CCW in the littoral as a result of the La Niña Event, observing an extension of the distribution area of the *P. obtusum*, which was located from Punta La Negra to San Juan (> 120 nm).

Mix zones of SEW and SSW were determined, similar to what occurred in 2006, when indicators of both bodies of water (*C. breve* and *C. praelongum*) were found located off Punta la Negra outside of 90 mn, conditions that were in agreement with the physical parameters when the temperatures presented positive anomalies of +2 (IMARPE 2008).

5. CONCLUSIONS

Phytoplankton as available food was prominent in 31% of the surveyed area. It was characterized by a specific composition of the first ecological

ecológica, localizado principalmente entre Pimentel y Pisco dentro de las 60 mn. El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre las diferentes distancias a costa.

Cuantitativamente el microplankton obtuvo las máximas densidades y estuvo restringido a las áreas costeras productivas de Chicama, Chimbote y Pisco, que también se evidenció en el análisis comunitario.

La presencia de los indicadores *Ceratium breve* (AES) y *Ceratium praelongum* (ASS) evidenciaron calentamiento frente a Paita (norte) y frente a San Juan (sur), encontrándose anomalías de -1 y +2,9, respectivamente. *Protoperdinium obtusum* (ACF), coincidió con un afloramiento restringido a la franja costera (sur de Paita-Pisco), condiciones acordes con los parámetros oceanográficos.

Agradecimientos

Agradecemos al personal del Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria por su participación en el análisis de las muestras del presente crucero.

stage and it was located mainly between Pimentel and Pisco, within 60 nm. The analysis of variance showed significant differences between the diverse distances from the coast.

At quantity level, the microplankton obtained the maximum densities and was restricted to the productive coastal areas of Chicama, Chimbote and Pisco, which was also evidenced in the community analysis.

The presence of the *Ceratium breve* (SEW) and *Ceratium praelongum* (SSW) indicators showed warming against Paita (north) and San Juan (south), with anomalies of -1 and +2.9, respectively. *Protoperdinium obtusum* (CCW), coincided with an upwelling restricted to the coastal strip (south of Paita-Pisco), conditions in accordance with the oceanographic parameters.

Acknowledgments

We are thankful to the staff of the Laboratory of Phytoplankton and Primary Production for their participation in the analysis of the samples of this cruise.

6. REFERENCIAS / REFERENCES

- CUPP E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps it. Oceangr. 5: 1-237.
- DELGADO E, CHANG F, BERNALES A. 2006. El fitoplancton en la capa superficial del mar peruano al final de la primavera del 2006. BIC José Olaya Balandra y SNP-2 0611-12. Informe Interno del Área de Fitoplancton y Producción Primaria.
- 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.
- HUNTSMAN, BARBER R. 1977. Primary production off Northwest Africa. The relationship to wind and nutrient conditions. Deep sea Res. 24: 25 - 34.
- HUSTEDT F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der ubrigen Lander Europas sowie der angrenzenden Meerresgebiete. In: L. Rabenhorst (ed) Kryptogamenflora von Deutschlands, Osterreich und der Schweiz. 1 Teil. Akat. Verlagsges. Leipzig. Reprint: Johnson Rep. Goop, New York 1971. 920 pp.
- IMARPE. 2008. Informe Ejecutivo del Crucero Evaluación de Recursos Hidrobiológicos 0811-12. 36 pp.
- OCHOA N, ROJAS DE MENDIOLA B, GÓMEZ O. 1985. Identificación del fenómeno <<El Niño>> a través de los organismos fitoplanctónicos. En: ARNTZ, W., A. LANDA Y J. TARAZONA (Eds.). El Niño, Su Impacto en la Fauna Marina. Bol Inst Mar Perú. Vol. Ext.: 23 - 31.
- ROJAS DE MENDIOLA B. 1966. Estimación de la producción fitoplanctónica en el área de Callao-Chimbote, durante agosto de 1961. En memoria Primer Seminario Latino Americano sobre el Océano Pacífico Oriental. Univ. Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú. 50 - 56 pp.
- ROJAS DE MENDIOLA B, GÓMEZ O, OCHOA N. 1985. Efectos del fenómeno "El Niño" sobre el fitoplancton. En W. Arntz; A. Landa y J. Tarazona (eds.): "El Niño", su impacto en la fauna marina. Bol Inst Mar Perú. Vol. Ext.: 33 - 40 pp.
- SÁNCHEZ S. 2005. Características del microfítoplancton en el mar peruano a fines de la primavera del 2005. Crucero de Evaluación de recursos

- hidrobiológicos BIC José Olaya Balandra 0511-12. Informe Interno del Área de Fitoplancton y Producción Primaria.
- SÁNCHEZ S, VILLANUEVA P. 2007. Distribución y Composición de la comunidad fitoplanctónica entre San Juan y Puerto Pizarro para la primavera del 2007. Cr. Regional BIC José Olaya Balandra. Informe Interno del Área de Fitoplancton y Producción Primaria.
- SÁNCHEZ S, CHANG F, FERNÁNDEZ C. 2000. Fitoplancton de primavera en el mar peruano. Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos 9911-12. Inf Inst Mar Perú. 157: 46 – 52.
- SCHILLER J. 1933. Dinoflagellatae (Peridineae). In Rabenhorst, Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Parte II: 617 pp. Akad. Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- SCHILLER J. 1937. Dinoflagellatae (Peridineae). In Rabenhorst, Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Parte III: 589 pp.
- SHANNON C, WEAVER M. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois. Press Urbana. 125 pp.
- SOURNIA A. 1967. Le genre *Ceratium* (Peridinien Planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une révision mondiale. Vie et Milieu. 18 (2A-A): 375-580 pp.
- STEIDINGER K, TANGEN K. 1996. Dinoflagellates. In: Tomas C. (Ed.). Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc. San Diego. 387 - 570 pp.
- 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, París. 69 - 74.
- UNESCO. 1981. Programa de plancton para el Pacífico Oriental. Informes de la UNESCO sobre ciencias del mar. Inst Mar Perú. 11: 25 – 26.

MICROFITOPLANCTON DEL VERANO 2009. CARACTERÍSTICAS Y ASOCIACIONES INTER-ESPECÍFICAS. BIC OLAYA, HUMBOLDT E IMARPE VI

MICROPHYTOPLANKTON IN SUMMER 2009. INTER-SPECIFIC CHARACTERISTICS AND ASSOCIATIONS. R/V OLAYA, R/V HUMBOLDT, AND IMARPE VI

Sonia Sánchez¹

Patricia Villanueva

RESUMEN

SÁNCHEZ S, VILLANUEVA P. 2019. *Microfitoplancton del verano 2009. Características y asociaciones inter-específicas. BIC Olaya, Humboldt e Imarpe VI. Bol Inst Mar Perú. 34(1): 49-60.*- El volumen de plancton fluctuó entre 0,075 y 7,243 mL.m⁻³ dando un valor medio de 0,6 mL.m⁻³. El fitoplancton destacó en el 39% de las estaciones dentro de las 30 mn de la costa, entre Punta Falsa y Punta Caballas. La TSM fluctuó entre 14,9 y 27,5 °C. *Protoperidinium obtusum* (ACF) fue localizado dentro de las 30 mn, desde Punta La Negra hasta San Juan de Marcona. *Ceratium praelongum* (ASS), se registró al norte por fuera de las 60 mn en el perfil Punta La Negra y Malabrigo, mientras que *Ceratium breve* (AES) se localizó desde Punta Sal a Paita, por fuera de las 30 mn.

PALABRAS CLAVE: biomasa planctónica, microfitoplancton, indicadores biológicos, verano 2009

ABSTRACT

SÁNCHEZ S, VILLANUEVA P. 2019. *Microphytoplankton in summer 2009. Inter-specific characteristics and associations. R/V Olaya. R/V Humboldt, and Imarpe VI. Bol Inst Mar Peru. 34(1): 49-60.*- Plankton volume varied between 0.075 and 7.243 mL.m⁻³ resulting in a mean value of 0.6 mL.m⁻³. Phytoplankton predominated in 39% of stations within 30 nm of the coast, between Punta Falsa and Punta Caballas. SST oscillated between 14.9 and 27.5 °C. *Protoperidinium obtusum* (CCW) was located within 30 nm, from Punta La Negra to San Juan de Marcona. *Ceratium praelongum* (SSW) was recorded north of 60 nm on the Punta La Negra and Malabrigo profiles, while *Ceratium breve* (SEW) was located from Punta Sal to Paita, outside 30 nm.

KEYWORDS: plankton biomass, microphytoplankton, biological indicators, summer 2009

1. INTRODUCCIÓN

Es común que la estación de verano presente condiciones ligeramente cálidas, así tenemos que las condiciones ambientales para el verano del 2008 se caracterizaron por la proyección hacia el sur de las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) observadas en las costas del Pacífico en los meses de enero y febrero, asociadas a las corrientes de norte a sur, además de las fuertes descargas de aguas continentales provenientes del Ecuador (Golfo de Guayaquil) por las altas precipitaciones, originando anomalías en el mar peruano, al elevar la TSM a >24 °C al norte de Supe y formar áreas de mezcla (MORÓN et al. 2011).

En el presente informe se describen las características latitudinales de distribución de la comunidad planctónica (volúmenes de plancton), con énfasis en la distribución y composición espeziológica del fitoplancton en superficie y a 10 m de profundidad, así como la de los organismos indicadores de masas de agua. Asimismo, se realizan análisis comunitarios de similaridad entre estaciones.

1. INTRODUCTION

It is usual for the summer season to present slightly warm conditions, so we can observe that the environmental conditions for summer 2008 were characterized by the projection towards the south of the Surface Equatorial Waters (SEW) which were observed on the Pacific coasts in January and February, associated with the north-south currents, as well as the strong discharge of continental waters from Ecuador (Gulf of Guayaquil) due to the high rainfall, which originated anomalies in the Peruvian sea, raising the SST to >24 °C north of Supe and forming mixing zones (MORÓN et al. 2011).

This report describes the latitudinal distribution characteristics of the plankton community (plankton volumes), emphasizing the distribution and species composition of phytoplankton at surface and a depth of 10 m, as well as that of water mass indicator organisms. Community analyses of similarity between stations were also carried out.

¹ IMARPE, DGIOCC, Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria, soniasan@imarpe.gob.pe

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El Crucero de evaluación de recursos pelágicos fue realizado entre el 27 febrero y el 16 de abril del 2009, cubriendo hasta 200 mn desde la zona costera y desde Puerto Pizarro hasta Morro Sama, a bordo de los BIC Humboldt, José Olaya e Imarpe VI (Fig. 1).

Se recolectaron 98 muestras de superficie con red estándar de fitoplancton, en arrastres de 5 minutos a 3 nudos de velocidad. Las muestras fueron fijadas con formalina neutralizada siguiendo las pautas descritas en THRÖNDSSEN (1978). Para la determinación de volúmenes se siguió a UNESCO (1981).

Para los análisis semi-cuantitativos se consideraron los principales grupos del plancton (fitoplancton – zooplancton), otorgando a los organismos más representativos valores convencionales de acuerdo a su abundancia, siguiendo la metodología del Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria del IMARPE.

Para el análisis cuantitativo se recolectaron 24 muestras de agua en los perfiles hidrográficos de Puerto Pizarro, Paita, Punta la Negra, Chicama, Atico e Ilo (Fig. 1). Estas muestras fueron recolectadas con botella Niskin a 10 m de profundidad. Para su análisis se siguió la metodología de UTERMÖHL (1958), cuyos resultados son expresados en $N^{\circ} \text{ cel} \times 10^3 \cdot L^{-1}$. Las muestras fueron preservadas en todos los casos con formalina neutralizada, siguiendo las pautas descritas en THRÖNDSSEN (1978).

En la determinación taxonómica de los diferentes organismos del fitoplancton se emplearon los trabajos de HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1971) y SUNDSTRÖM (1986) llegando hasta especie en la mayoría de los casos.

Se calculó el índice de diversidad de Shannon y Weaver y se realizó un análisis de similaridad entre estaciones a 10 m de profundidad, empleándose la transformación $\text{Log}(x + 1)$ para la normalización de los valores de concentración celular (IBÁÑEZ & SEGUIN 1972). Se contó con el auxilio del programa Primer (ver. 64) y para las cartas de distribución se empleó Surfer (ver. 10).

2. MATERIAL AND METHODS

Between 27 February and 16 April 2009, the pelagic resource assessment cruise was carried out covering up to 200 nm from the coastal zone and from Puerto Pizarro to Morro Sama, on board R/V Humboldt, R/V José Olaya, and R/V IMARPE VI (Fig. 1).

A total of 98 surface samples were collected with standard phytoplankton net, in 5-minute trawls at a speed of 3 knots. The samples were fixed with neutralized formalin following the guidelines described by THRÖNDSSEN (1978). The determination of volumes has been described in previous assessments following to UNESCO (1981).

For the semi-quantitative analyses, the main plankton groups (phytoplankton - zooplankton) were considered, by giving the most representative organisms conventional values based on their abundance and following the methodology of the Laboratory of Phytoplankton and Primary Production of IMARPE.

For quantitative analysis, a total of 24 water samples were collected from the Puerto Pizarro, Paita, Punta la Negra, Chicama, Atico, and Ilo hydrographic profiles (Fig. 1). These samples were collected with a Niskin bottle at a depth of 10 m. For their analysis, the methodology of UTERMÖHL (1958) was followed, whose results are expressed in $N^{\circ} \text{ cell} \times 10^3 \cdot L^{-1}$. The samples were preserved in all cases with neutralized formalin, as described in THRÖNDSSEN (1978).

The works of HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1971), and SUNDSTRÖM (1986) were used for the taxonomic determination of the different phytoplankton organisms, extending to species level in most cases.

The Shannon-Weaver index was estimated, and a similarity analysis was performed between stations at a depth of 10 m, using the Log transformation $(x + 1)$ for the normalization of cell concentration values (IBÁÑEZ & SEGUIN 1972). We were assisted by Primer software (ver. 64) and for plotting charts, we employed Surfer (ver. 10).

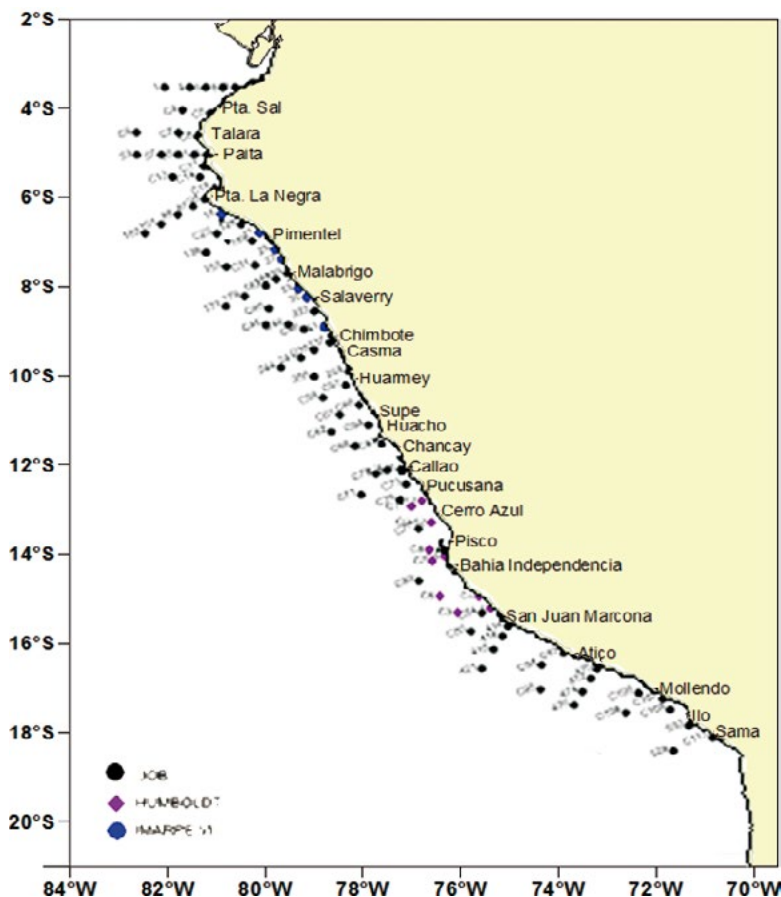


Figura 1.- Carta de posiciones. Cr. Evaluación Recursos Pelágicos 0902-03. BIC Olaya, Humboldt e Imarpe VI

Figure 1. Plotting chart. Pelagic Resources Assessment Cruise 0902-03. R/V Olaya, R/V Humboldt and Imarpe VI

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución de los volúmenes (mL/m^3) y composición del fitoplancton en superficie

Los volúmenes de plancton fluctuaron entre 0,075 (Est. 474) y 7,243 $\text{mL}\cdot\text{m}^{-3}$ (Est. C15), el promedio general fue de 0,6 $\text{mL}\cdot\text{m}^{-3}$ (Fig. 2), valor que supera a lo registrado en el verano del 2008, cuando se obtuvo el promedio de 0,36 $\text{mL}\cdot\text{m}^{-3}$ (DELGADO *et al.* 2008). El 88% de los volúmenes de plancton registraron valores menores a 1,0 $\text{mL}\cdot\text{m}^{-3}$, mientras que el 71% presentaron valores menores a 0,5 $\text{mL}\cdot\text{m}^{-3}$, en esta evaluación la TSM fluctuó entre 14,9 y 27,5 °C.

El fitoplancton destacó en el 39% de las estaciones, principalmente dentro de las 30 mn de la costa, entre Punta Falsa y Punta Caballas. El zooplancton predominó en el 42% del área evaluada, fueron más abundante copépodos, nauplios y foraminíferos. El 20% restante fue compartido entre fito y zooplancton.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Distribution of volumes (mL/m^3) and composition of surface phytoplankton

Plankton volumes ranged from 0.075 (Est. 474) to 7.243 $\text{mL}\cdot\text{m}^{-3}$ (Est. C15), the overall mean was 0.6 $\text{mL}\cdot\text{m}^{-3}$ (Fig. 2), a value that exceeds what was recorded in summer 2008, when a mean of 0.36 $\text{mL}\cdot\text{m}^{-3}$ was obtained (DELGADO *et al.* 2008). A total of 88% of plankton volumes had values lower than 1.0 $\text{mL}\cdot\text{m}^{-3}$, and 71% had values lower than 0.5 $\text{mL}\cdot\text{m}^{-3}$, in this assessment SST oscillated between 14.9° and 27.5 °C.

Phytoplankton stood out in 39% of the stations, mainly within 30 nm from the coast, between Punta Falsa and Punta Caballas. Zooplankton was predominant in 42% of the surveyed area, copepods, nauplii, and Foraminifera were more abundant. The remaining 20% was shared between phytoplankton and zooplankton.

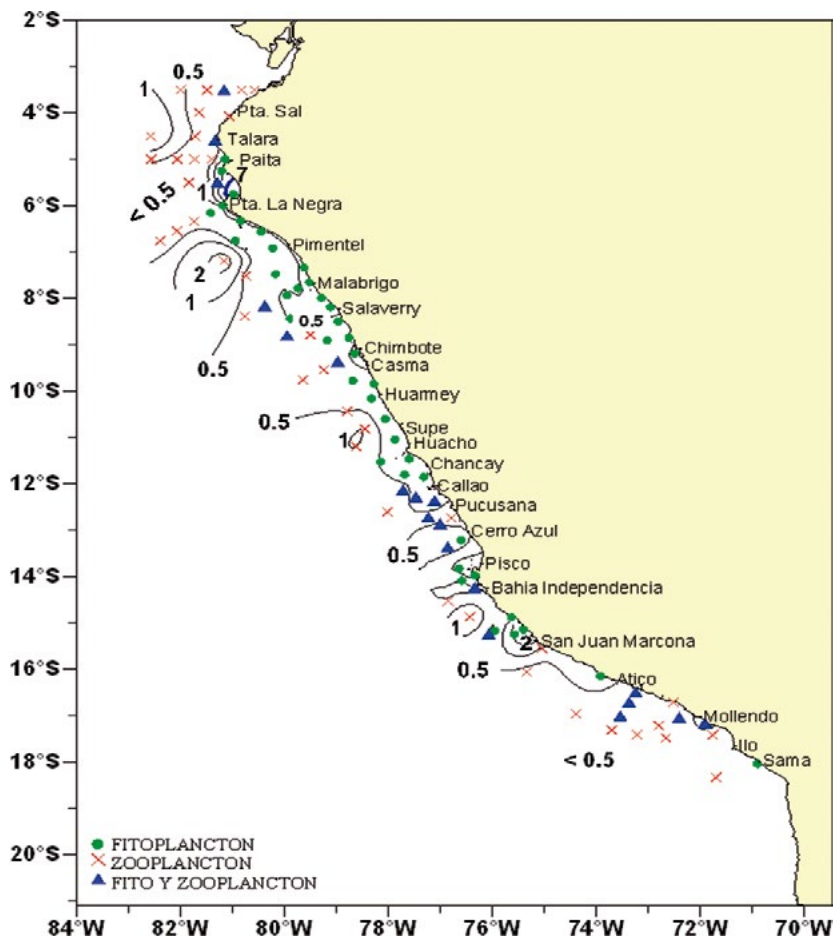


Figura 2.- Distribución de los volúmenes de plancton (mL/m³). Cr. Evaluación Recursos Pelágicos 0902-03. BIC Olaya, Humboldt e Imarpe VI

Figure 2. Distribution of plankton volumes (mL/m³). Pelagic Resources Assessment Cruise 0902-03. R/V Olaya, R/V Humboldt and Imarpe VI

Se registró un núcleo con alta concentración de biomasa planctónica >7,0 mL.m⁻³, compuesto por fitoplancton localizado entre Punta Gobernador y Punta Falsa (5 y 6°S). Núcleos mayores a 2 mL.m⁻³ fueron encontrados frente a Pimentel y San Juan de Marcona, mientras que núcleos mayores a 1 mL.m⁻³ se ubicaron en Talara, Paita, Supe y Bahía Independencia - Pisco. En el verano del 2008, el máximo valor de 2,72 mL.m⁻³ se registró entre Punta Falsa y Pimentel a 40 mn (DELGADO *et al.* 2008).

En el verano del 2004 y 2005, se observó disminución brusca del volumen promedio de plancton (mL.m⁻³) y de la predominancia del fitoplancton (%) con valores menores a 0,4 mL.m⁻³ y 50%, respectivamente (Fig. 3). A partir del 2006 se observaron ligeros incrementos del fitoplancton hasta el 2009 cuando superó el 30% de abundancia coincidiendo con la TSM que osciló de 15,60 a 27,78 °C.

A nucleus with a high concentration of planktonic biomass >7.0 mL.m⁻³, formed by phytoplankton located between Punta Gobernador and Punta Falsa (5 and 6°S), was recorded. Nuclei greater than 2 mL.m⁻³ were found off Pimentel and San Juan de Marcona, while nuclei greater than 1 mL.m⁻³ were located in Talara, Paita, Supe, and Independencia Bay - Pisco. In Summer 2008, the maximum value of 2.72 mL.m⁻³ was recorded between Punta Falsa and Pimentel at 40 nm (DELGADO *et al.* 2008).

In Summer 2004 and 2005, mean plankton volumes (mL.m⁻³) and phytoplankton predominance (%) were sharply reduced, with values less than 0.4 mL.m⁻³ and 50%, respectively (Fig. 3). From 2006, slight increases in phytoplankton were observed until 2009, when the abundance exceeded 30%, coinciding with the SST, which ranged from 15.60 °C to 27.78 °C.

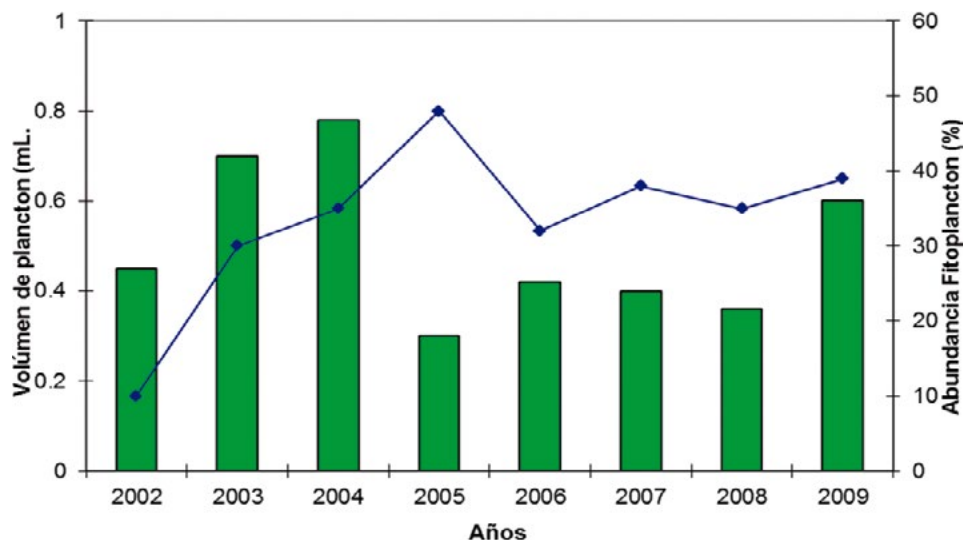


Figura 3.- Variación del volumen promedio de plancton y abundancia porcentual del fitoplancton entre 2002 y 2009. Cr. Evaluación Recursos Pelágicos 0902-03. BIC Olaya, Humboldt e Imarpe VI

Figure 3. Variation in mean plankton volume and percent abundance of phytoplankton between 2002 and 2009. Pelagic Resources Assessment Cruise 0902-03. R/V Olaya, R/V Humboldt and Imarpe VI

La composición espeiológica, se ha mantenido constante entre los años 2003 y 2009 predominando diatomeas de afloramiento costero y neríticas, sobre todo en la región centro-norte, a diferencia del año 2002 cuando se observaron especies termófilas (VILLANUEVA & SÁNCHEZ 2006).

En el 2009 el fitoplancton se caracterizó por presencia de especies de fases iniciales y avanzadas en la sucesión ecológica, destacando en el primer grupo *Chaetoceros debilis* Cleve; *Ch. lorenzianus* Grunow, *Ch. curvisetus* Cleve; *Ch. affinis* Lauder; *Ch. socialis* Lauder; *Detonula pumila* (Castracane); *Ch. compressus* Lauder; *Skeletonema costatum* (Greville) con abundancias relativas de abundante, localizadas principalmente frente a Paita, Chimbote, Pisco e Ilo. En el segundo grupo destacaron *Ceratium furca* Ehrenberg; *C. fusus* (Ehrenberg); *C. tripos* Nitzsch; *C. buceros* Zacharias; *Protopteridinium depressum* (Bailey) y *P. crassipes* (Kofoid), que por lo general estuvieron distribuidos a lo largo de todo el litoral y dentro de las 60 mn. Estuvieron presentes, en forma esporádica, especies de fases intermedias como *Actinocyclus* sp.; *Coscinodiscus perforatus* Cleve y Möller; *C. granii* Gough; *Lithodesmiun undulatum* Ehrenberg; *Thalassionema frauenfeldii* (Grunow) y *Th. nitzschoides* (Grunow) entre Pimentel y Malabrigo y entre Supe y Callao.

In terms of species composition, it remained constant between 2003 and 2009, with a predominance of coastal and neritic upwelling diatoms, mainly in the central-north region, while in 2002, thermophilic species were observed (VILLANUEVA & SÁNCHEZ 2006).

In 2009, phytoplankton was characterized by the presence of early- and advanced-stages species in ecological succession, with the first group being *Chaetoceros debilis* Cleve; *Ch. lorenzianus* Grunow, *Ch. curvisetus* Cleve; *Ch. affinis* Lauder; *Ch. socialis* Lauder; *Detonula pumila* (Castracane); *Ch. compressus* Lauder; *Skeletonema costatum* (Greville) which had relative abundances of abundant, primarily off Paita, Chimbote, Pisco, and Ilo. The second group included *Ceratium furca* Ehrenberg; *C. fusus* (Ehrenberg); *C. tripos* Nitzsch; *C. buceros* Zacharias; *Protopteridinium depressum* (Bailey), and *P. crassipes* (Kofoid), which were generally distributed along the entire coastline and within 60 nm. Sporadically, in association with this community, mid-stage species such as *Actinocyclus* sp.; *Coscinodiscus perforatus* Cleve and Möller; *C. granii* Gough; *Lithodesmiun undulatum* Ehrenberg; *Thalassionema frauenfeldii* (Grunow), and *Th. nitzschoides* (Grunow) were present between Pimentel and Malabrigo and between Supe and Callao.

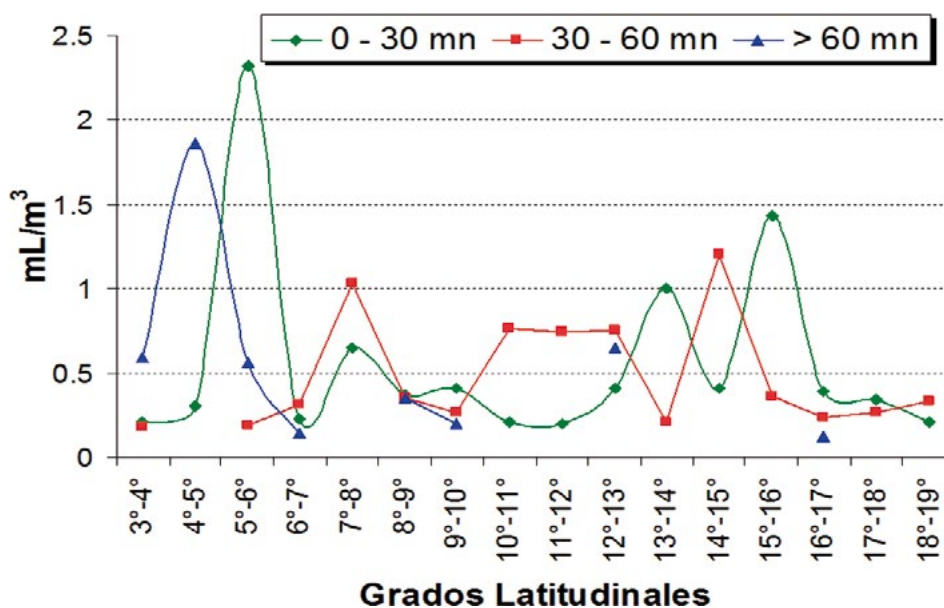


Figura 4.- Distribución latitudinal de volúmenes promedio de plancton (mL.m⁻³). Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0902-03. BIC Olaya, Humboldt e Imarpe VI

Figure 4. Latitudinal distribution of mean plankton volumes (mL.m⁻³). Pelagic Resources Assessment Cruise 0902-03. R/V Olaya, R/V Humboldt and Imarpe VI

Las especies termófilas estuvieron presentes, destacando *Planktoniella sol* (Wallich); *Helicotheca tamensis* (Shrubsole); *Ceratium incisum* (Karsten), entre otros. Estos organismos estuvieron distribuidos principalmente al norte de Talara y por fuera de las 30 mn a lo largo del litoral.

Distribución isoparalitoral de los volúmenes promedio de plancton

Dentro de las 30 mn las mayores concentraciones de los volúmenes de plancton promedio, estuvieron localizadas entre 5 y 6°S, con un valor que superó 2 mL.m⁻³, seguido de un segundo pico de más de 1 mL.m⁻³ entre 15 y 16°S.

Entre 30 y 60 mn las mayores concentraciones promedio se presentaron entre 14 y 15°S, con un pico que superó 1,0 mL.m⁻³; por fuera de 60 mn las concentraciones promedio fueron menores a 1 mL.m⁻³, a excepción de un pico localizado entre 4 y 5°S que superó 1,5 mL.m⁻³ (Fig. 4).

Al igual que en el año 2008, las mayores concentraciones planctónicas en el 2009 se localizaron al norte entre 3 y 6°S, registrándose en menor proporción al sur, entre 14 y 16°S, concentraciones superiores a 1 mL.m⁻³.

Thermophilic species were present, including *Planktoniella sol* (Wallich); *Helicotheca tamensis* (Shrubsole); *Ceratium incisum* (Karsten), among others. These organisms were distributed mainly north of Talara and outside 30 nm along the coast.

Isoparalittoral distribution of mean plankton volumes

Within 30 nm, the highest concentrations of mean plankton volumes were located between 5° and 6°S, showing a value that exceeded 2 mL.m⁻³, followed by a second peak of more than 1 mL.m⁻³ between 15 and 16°S.

Between 30-60 nm, the highest mean concentrations occurred between 14° and 15° S, with a peak that exceeded 1.0 mL.m⁻³, while outside 60 nm, the mean concentrations were generally less than 1 mL.m⁻³, except for a peak located between 4 and 5° S that exceeded 1.5 mL.m⁻³ (Fig. 4).

As in 2008, the highest planktonic concentrations in 2009 were located to the north between 3 and 6°S, with a lower proportion in the south, between 14 and 16°S, concentrations higher than 1 mL.m⁻³.

Distribución de las concentraciones de fitoplancton (N° cel $\times 10^3 L^{-1}$) a 10 m de profundidad

En el análisis cuantitativo se determinaron 144 especies: 74 diatomeas, 55 dinoflagelados, 2 silicoflagelados, 9 coccolitofóridos y 4 fitoflagelados.

Las concentraciones del fitoplancton total fluctuaron entre 9.720 cel. L^{-1} por fuera de 60 mn y más de 2.000 $\times 10^3$ cel. L^{-1} en Punta la Negra (Punta Falsa) y Chicama. Dentro de 30 mn al norte del litoral; el promedio fue de 345 $\times 10^3$ cel. L^{-1} (Fig. 5).

Distribution of phytoplankton concentrations (N° cel $\times 10^3 L^{-1}$) at a depth of 10 m

In the quantitative analysis, a total of 144 species were determined; 74 diatoms, 55 dinoflagellates, 2 silicoflagellates, 9 coccolithophores, and 4 phytoflagellates.

The concentrations of total phytoplankton oscillated between 9,720 cells L^{-1} outside 60 nm and more than 2,000 $\times 10^3$ cells L^{-1} in Punta la Negra (Punta Falsa) and Chicama, within 30 nm north of the coast; the mean was 345 $\times 10^3$ cells L^{-1} (Fig. 5).

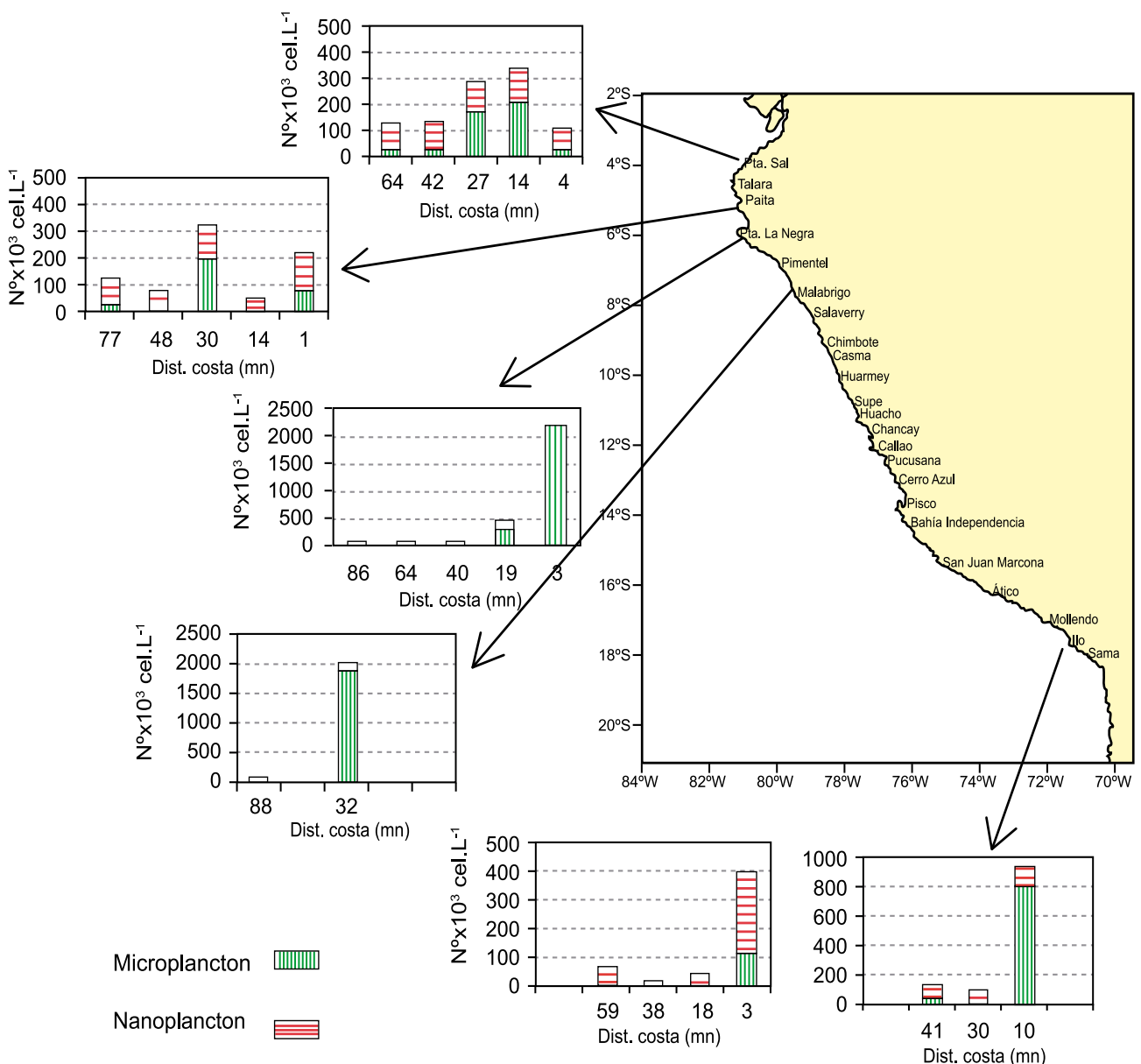


Figura 5.- Distribución del microplankton y nanoplankton en los perfiles hidrográficos de: Puerto Pizarro, Paita, Punta la Negra, Chicama, Atico e Ilo. Cr. Recursos Pelágicos 0902. BIC Olaya, Humboldt e Imarpe VI

Figure 5. Distribution of microplankton and nanoplankton in hydrographic profiles of: Puerto Pizarro, Paita, Punta la Negra, Chicama, Atico, and Ilo. Pelagic Resources Cruise 0902. R/V Olaya, R/V Humboldt, and Imarpe VI

El nanofitoplancton (cocolitofóridos y fitoflagelados) fue el grupo dominante en toda el área muestreada a diferencia del microfitoplancton (diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados) que solo dominó en 29% del área. En el primer grupo destacaron los flagelados pequeños, que alcanzaron densidades altas de hasta 269×10^3 cel. L^{-1} , localizado cerca de la costa (3 mn) frente a Atico y otras menores a 149×10^3 cel. L^{-1} localizadas entre 10 y 32 mn, en los demás perfiles.

En el microfitoplancton, las diatomeas fueron el grupo dominante dentro de las 30 mn, con núcleos importantes frente a Chicama (1.779×10^3 cel. L^{-1}) y Punta La Negra (2.156×10^3 cel. L^{-1}). Estos valores disminuyeron conforme se alejaron de la costa.

Las especies de diatomeas más importantes fueron *Chaetoceros compressus*, *Ch. debilis*, *Ch. curvisetus* y *Guinardia delicatula* (Cleve), entre otras. Los dinoflagelados, cocolitofóridos y silicoflagelados mostraron menores concentraciones celulares.

La comunidad fitoplanctónica se encontró en las primeras fases de la sucesión ecológica, destacando especies de afloramiento dentro de las 30 mn en los perfiles de Punta Falsa y Chicama, sobresaliendo *Skeletonema costatum* (1.252×10^3 cel. L^{-1}), *Chaetoceros socialis* (382×10^3 cel. L^{-1}), *Ch. debilis* (199×10^3 cel. L^{-1}), *Ch. compressus* (178×10^3 cel. L^{-1}) y *Detonula pumila* (358×10^3 cel. L^{-1}). La especie representante de los dinoflagelados fue *Gymnodinium* sp. (78×10^3 cel. L^{-1}) por fuera de las 60 mn frente a Chicama. Entre el nanofitoplancton se detectaron flagelados en todas las estaciones, con densidades menores a 267×10^3 cel. L^{-1} , seguidos de varias especies de cocolitoforidos y *Leucocryptos marina* (Braarud) con 30×10^3 y 23×10^3 cel. L^{-1} por fuera de 30 y 20 mn frente a Ilo y Punta Falsa, respectivamente.

Análisis de diversidad (H'), Equidad (J') y comunitario (Bray Curtis) a 10 m de profundidad

En la Tabla 1 se observan los resultados de cada uno de los índices. Diversidad y Equidad alcanzaron los valores más altos en las estaciones más costeras. Con respecto al número de especies se observó variación entre 5 a 63 especies en Chicama, estación donde se obtuvo la máxima H' y J' (Tabla 1). El análisis comunitario en modo Q distinguió una similitud de 30% y la formación de dos grupos, a excepción de la Est. 103 (Fig. 6).

Nanophytoplankton (coccolithophores and phytoflagellates) was the dominant group in the whole sampled area, unlike microphytoplankton (diatoms, dinoflagellates, and silicoflagellates), which was dominant only in 29% of the area. In the first group, small flagellates predominated, reaching high densities of up to 269×10^3 cells. L^{-1} , located near the coast (3 nm) off Atico and others lower than 149×10^3 cel. L^{-1} located between 10 and 32 nm, in the other profiles.

In microphytoplankton, diatoms were the dominant group within 30 nm, with two important nuclei off Chicama and Punta La Negra with 1,779 and 2,156 $\times 10^3$ cells. L^{-1} , respectively. These values decreased as they moved away from the coast.

The most important diatomaceous species were *Chaetoceros compressus*, *Ch. debilis*, *Ch. curvisetus*, and *Guinardia delicatula* (Cleve), to name a few. Dinoflagellates, coccolithophores, and silicoflagellates showed lower cell concentrations.

The phytoplankton community was found in the first stages of the ecological succession, with abundant upwelling species within 30 nm in the Punta Falsa and Chicama profiles, with *Skeletonema costatum* (1.252×10^3 cel. L^{-1}), *Chaetoceros socialis* (382×10^3 cel. L^{-1}), *Ch. debilis* (199×10^3 cel. L^{-1}), *Ch. compressus* (178×10^3 cel. L^{-1}), and *Detonula pumila* (358×10^3 cel. L^{-1}) being the most representative ones. The representative species of the dinoflagellates was *Gymnodinium* sp. (78×10^3 cel. L^{-1}) outside 60 mn off Chicama. Among the nanophytoplankton, flagellates were detected in all stations, with densities lower than 267×10^3 cel. L^{-1} , followed by several species of coccolithophores and marine *Leucocryptos marina* (Braarud) with 30×10^3 and 23×10^3 cel. L^{-1} outside 30 and 20 nm off Ilo and Punta Falsa, respectively.

Diversity (H'), Equity (J') and Community (Bray Curtis) analysis at a depth of 10 m

Table 1 shows the results for each of the indices. Diversity and Equity reached the highest values in the most coastal stations. Regarding the number of species, a variation between 5 and 63 species was observed in Chicama, where the maximum H' and J' was obtained (Table 1). The community analysis in Q mode detected a similarity of 30% and the formation of two groups, except for Sta. 103 (Fig. 6).

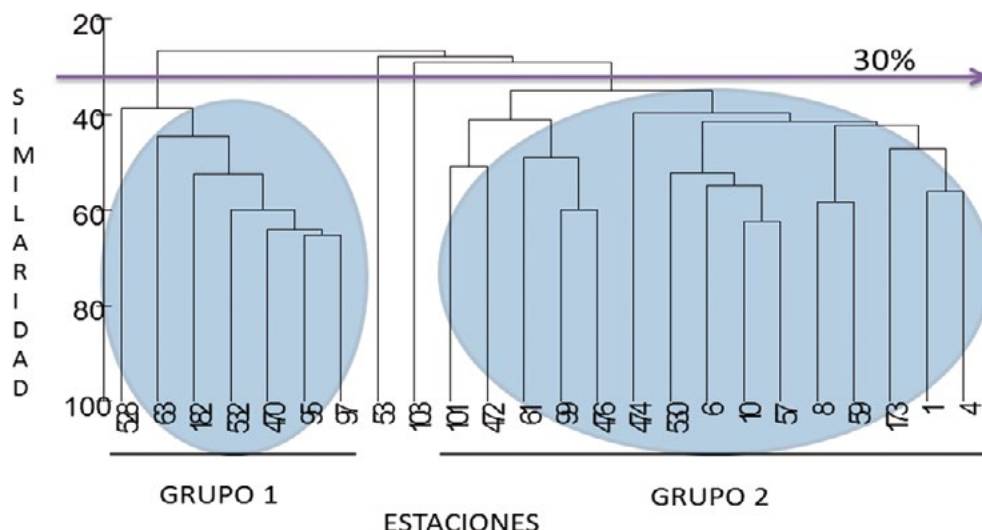


Figura 6.- Dendrograma de similaridad de Bray Curtis entre las estaciones. Cr. Ev. Recursos Pelágicos 0902-03. BIC José Olaya, Humboldt e Imarpe VI

Figure 6. Bray Bray-Curtis similarity dendrogram between stations. Pelagic Resources Assessment Cruise 0902-03. R/V José Olaya, R/V Humboldt and Imarpe VI

Tabla 1.- Análisis de diversidad (H'), equidad (J') y riqueza de especies del fitoplancton a 10 m de profundidad. Cr. Recursos Pelágicos 0902. BIC José Olaya, Humboldt e Imarpe VI

Table 1. Diversity (H'), equity (J') and species richness of phytoplankton at a depth of 10 m. Pelagic Resources Cruise 0902. R/V José Olaya, R/V Humboldt and Imarpe VI

Perfil / Profile	Estación / Station	Dist a costa (mn) Dist. from the coast (nm)	Nº especies (S)	Abundancia (Nº cel.L ⁻¹) Abundance	Riqueza (Richness)	Equidad J' (Equity)	Diversidad H' (Diversity)
Pto. Pizarro	10	4	18	101340	1,47	0,38	1,58
	8	14	26	332020	1,97	0,27	1,25
	6	27	17	282820	1,27	0,40	1,64
	4	42	13	128120	1,02	0,21	0,78
	1	64	21	125160	1,70	0,38	1,68
Paita	63	1	32	2164440	2,52	0,36	1,82
	61	14	5	44080	0,37	0,14	0,33
	59	30	31	321140	2,37	0,34	1,69
	57	48	20	69020	1,71	0,43	1,86
	53	77	18	115180	1,46	0,28	1,18
Pta. La Negra	95	3	56	2230540	3,76	0,39	2,27
	97	19	42	450760	3,15	0,41	2,20
	99	40	7	44380	0,56	0,28	0,78
	101	64	14	60500	1,18	0,21	0,80
	103	86	20	41840	1,79	0,25	1,09
Chicama	182	32	63	2012180	4,27	0,61	3,64
	172	88	12	42120	1,03	0,26	0,93
Atico	470	3	49	398340	3,72	0,34	1,92
	472	18	14	40740	1,22	0,18	0,67
	474	38	18	9720	1,85	0,42	1,74
	476	59	9	64840	0,72	0,19	0,59
Ilo	532	10	54	938120	3,85	0,53	3,03
	530	30	20	95840	1,66	0,35	1,52
	528	41	29	132140	2,37	0,34	1,63
Promedio / Mean			25		1,96	0,33	1,53

El grupo 1, abarcó las estaciones costeras de Punta La Negra, Chicama, Atico e Ilo y la más oceánica de Paita. La mayor abundancia promedio fue $896 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$ y la riqueza de especies fue superior a 40 especies.

El grupo 2, reunió el mayor número de estaciones, localizadas por fuera de las 30 mn a excepción de Puerto Pizarro y Paita. Este grupo reportó bajas densidades celulares, en promedio ($118 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$), además de presentar riqueza de especies menor a 30 especies.

Las estaciones 53 y 103, no fueron consideradas en ninguno de los dos grupos, estuvieron localizadas por fuera de las 70 mn frente a Paita y Punta La Negra.

Group 1 included the coastal stations of Punta La Negra, Chicama, Atico, and Ilo and the most oceanic station of Paita. The highest mean abundance was $896 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$ and species richness was greater than 40 species.

Group 2 had the largest number of stations, which were located mainly outside 30 nm except for Puerto Pizarro and Paita. This group reported low cell densities, on average ($118 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$), in addition to presenting species richness lower than 30 species.

Stations 53 and 103, which were not considered in either group, were located outside 70 nm off Paita and Punta La Negra.

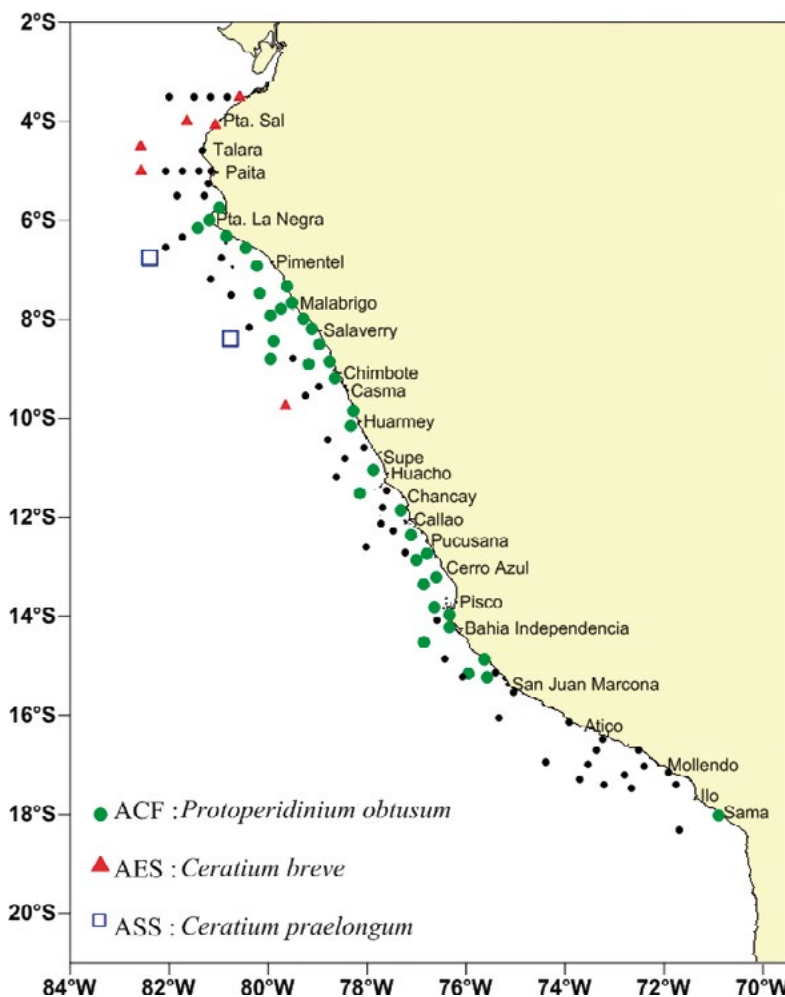


Figura 7.- Distribución de indicadores biológicos de masas de agua. Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0902-03. BIC José Olaya, Humboldt e Imarpe VI

Figure 7. Distribution of indicator organisms of water masses. Pelagic Resources Assessment Cruise 0902-03. R/V José Olaya, R/V Humboldt, and Imarpe VI

Distribución de organismos indicadores de masas de agua

Ceratium breve (AES) se registró al norte, desde Punta Sal hasta Paita, por fuera de las 30 mn. Latitudinalmente, se observó un desplazamiento inusual hacia el sur, localizándose frente a Chimbote por fuera de las 30 mn, asociado a TSM superior a 24 °C.

Protoperidinium obtusum (ACF) estuvo mayormente en la zona costera (dentro 30 mn) desde Punta La Negra hasta San Juan de Marcona, fue reportado esporádicamente a distancias >60 mn de la costa frente a Salaverry, asociado a TSM de 20 °C y salinidades menores a 35,1 ups (Fig. 7).

Ceratium praelongum (ASS) estuvo distribuido al norte, por fuera de las 60 mn en el perfil de Punta La Negra y Malabrigo.

En el verano del 2008 *P. obtusum* (ACF) se registró desde Punta Falsa hasta Ilo (30 mn), *C. praelongum* y *C. incisum* (ASS) frente a Punta Falsa, San Juan (60 mn) y en Atico hasta las 120 mn y *C. breve* (AES) distribuido hasta 120 mn y al norte de los 10°S con un acercamiento máximo a costa entre Puerto Pizarro y Punta Falsa (DELGADO *et al.* 2008).

4. CONCLUSIONES

El promedio de biomasa planctónica fue 0,6 mL.m⁻³. El fitoplancton destacó en el 39% de las estaciones, entre Punta Falsa y Punta Caballas y dentro de las 30 mn de la costa.

El fitoplancton se caracterizó por presencia de especies de fases iniciales y avanzadas en la sucesión ecológica, destacando en el primer grupo *Chaetoceros debilis*, *Ch. lorenzianus*, *Ch. curvoisetus*, *Ch. affinis*, *Ch. socialis*, *Detonula pumila*, *Ch. compressus*, *Skeletonema costatum*.

Ceratium breve (AES) se registró al norte desde Punta Sal a Paita fuera de las 30 mn, con un desplazamiento inusual hacia el sur frente a Chimbote y también fuera de las 30 mn. *Protoperidinium obtusum* (ACF) se localizó mayormente en la zona costera (dentro de las 30 mn) desde Punta La Negra hasta San Juan de Marcona, mientras que *C. praelongum* (ASS) estuvo al norte por fuera de las 60 mn en el perfil de Punta La Negra y Malabrigo.

Distribution of indicator organisms of water masses

Ceratium breve (SEW) was recorded to the north from Punta Sal to Paita, outside 30 nm. At latitude level, an unusual displacement towards the south was observed, located off Chimbote, outside 30 nm and which were associated with SST above 24 °C.

Protoperidinium obtusum (CCW) was mostly in the coastal zone (within 30 nm) from Punta La Negra to San Juan de Marcona, it was sporadically reported at distances >60 nm from the coast off Salaverry and it was associated with SST of 20 °C and salinities lower than 35.1 ups (Fig. 7).

Ceratium praelongum (SSW) was generally distributed north of 60 nm in the Punta La Negra and Malabrigo profiles.

In Summer 2008, *P. obtusum* (CCW) was recorded from Punta Falsa to Ilo (30 nm), *C. praelongum* and *C. incisum* (SSW) were present off Punta Falsa, San Juan (60 nm), and in Atico up to 120 nm and *C. breve* (SEW) was distributed up to 120 nm and north of 10°S with a maximum approximation to the coast between Puerto Pizarro and Punta Falsa (DELGADO *et al.* 2008).

4. CONCLUSIONS

The mean planktonic biomass was 0.6 mL.m⁻³. Phytoplankton stood out in 39% of the stations, between Punta Falsa and Punta Caballas and within 30 nm from the coast.

Phytoplankton was characterized by the presence of early- and advanced-stages species in ecological succession, the first group included *Chaetoceros debilis*, *Ch. lorenzianus*, *Ch. curvoisetus*, *Ch. affinis*, *Ch. socialis*, *Detonula pumila*, *Ch. compressus*, *Skeletonema costatum*.

Ceratium breve (SEW) was recorded to the north from Punta Sal to Paita outside 30 nm, with an unusual southward displacement off Chimbote and outside 30 nm. *Protoperidinium obtusum* (CCW) was located mostly in the coastal zone (within 30 nm) from Punta La Negra to San Juan de Marcona, while *C. praelongum* (SSW) was to the north outside 60 nm in the Punta La Negra and Malabrigo profiles.

Agradecimientos

Las autoras desean expresar su agradecimiento al personal del Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria por el apoyo brindado en el análisis de las muestras y elaboración de gráficos.

Acknowledgments

The authors would like to thank the staff of the Laboratory of Phytoplankton and Primary Production for their support in the analysis of samples and elaboration of graphs.

5. REFERENCIAS / REFERENCES

- CUPP E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps it Oceangr. 5: 1-237.
- DELGADO E, CHANG F, BERNALES A. 2008. El fitoplancton del mar peruano durante el verano 2008. Crucero BIC J. Olaya y SNP-2 0802-04. Informe Interno del Área de Fitoplancton y Producción Primaria.
- 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 ubrigen Lander Europas sowie der angrenzenden Meerresgebiete. In: L. Rabenhorst (ed) Kryptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. 1 Teil. Akat. Verlagsges. Leipzig. Reprint Johnson Rep. Goop, New York 1971. 920 pp.
- IBÁÑEZ F, SEGUIN F. 1972. Étude du cycle du zooplancton d'Abidjan. Comparaison de plusieurs méthodes d'analyses multi variables: composantes principales. Inv. Pesq. 36: 81 - 108.
- MORÓN O, FLORES R, GARCÍA W, QUISPE J, TENORIO J. 2011. Aspectos oceanográficos en el invierno 2008: Crucero pelágico BIC Humboldt 0806-07. Inf Inst Mar Perú. 38(1): 153 - 164.
- SCHILLER J. 1971. Dinoflagellatae (Peridinea) in monographischer Behandlung.1 Teil. In: 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* (Peridinien Planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une révision mondiale. Vie et Milieu. 18(2A-A): 375 - 580.
- SUNDSTRÖM B. 1986. The marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Lund, Sweden. 196 pp.
- THRÖNDSSEN J. 1978. Preservation and storage. In: A. Sournia (Ed.) Phytoplankton manual. UNESCO, París. 69 - 74 pp.
- UNESCO. 1981. Programa de plancton para el Pacífico Oriental. Informes de la UNESCO sobre ciencias del mar. 11: 25 - 26.
- UTERMÖHL H. 1958. Zur Vervollkommnung der Quantitativen Phytoplankton methodik Mitt. Inter. Ver. Limnol. 9: 1-38.
- VILLANUEVA P, SÁNCHEZ S. 2006. La comunidad fitoplanctónica en el mar peruano durante el verano 2002. Inf Inst Mar Perú. 33(3): 117 - 122.

CAMBIOS DEL FITOPLANCTON EN EL MAR PERUANO DURANTE EL VERANO 2017 CRUCERO 1703-04, BIC JOSÉ OLAYA Y LUIS FLORES

CHANGES IN PHYTOPLANKTON IN THE PERUVIAN SEA, SUMMER 2017. CRUISE 1703-04, R/V JOSE OLAYA AND R/V LUIS FLORES

Elcira Delgado¹

Sonia Sánchez

Flor Chang¹Avy Bernales¹Nelly Jacobo¹

RESUMEN

DELGADO E, SÁNCHEZ S, CHANG F, BERNALES A, JACOBO N. 2018. Cambios del fitoplancton en el mar peruano durante el verano 2017. Crucero 1703-04, BIC José Olaya y Luis Flores. Bol Inst Mar Perú. 34(1): 61-79.- Este estudio permite conocer volúmenes de plancton (mL.m^{-3}), composición, densidades, distribución del fitoplancton, indicadores biológicos de masa de agua para el verano 2017, cuando las condiciones oceanográficas estuvieron influenciadas por El Niño Costero. Se analizaron 183 muestras recolectadas con red estándar de fitoplancton y 25 muestras obtenidas con botellas Niskin a 10 m de profundidad. El volumen promedio de plancton fue $0,68 \text{ mL.m}^{-3}$ variando entre $0,045$ y $12,82 \text{ mL.m}^{-3}$, localizados frente a Punta La Negra y Huacho, respectivamente. La predominancia del fitoplancton fue 37%, conformado por diatomeas de las primeras fases de la sucesión fitoplanctónica destacando *Chaetoceros* spp., *Ditylum brightwellii*, *Skeletonema costatum*, *Coscinodiscus* spp., *Thalassiosira subtilis* y *Lithodesmium undulatum*. Latitudinalmente, el plancton registró valores medios entre $0,045 \text{ mL.m}^{-3}$ ($11-12^{\circ}\text{S}$) y $2,71 \text{ mL.m}^{-3}$ ($16-17^{\circ}\text{S}$), por fuera de las 60 mn y entre 30-60 mn, respectivamente. Fue evidente el incremento en densidad del grupo de fitoflagelados ($673 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$). *Protoperidinium obtusum* indicador de Aguas Costeras Frías (ACF) se distribuyó a lo largo del litoral dentro de las 40 mn y con mayor incidencia en la zona sur (Pisco – Callao).

PALABRAS CLAVE: fitoplancton, composición, distribución, indicadores biológicos, verano 2017

ABSTRACT

DELGADO E, SÁNCHEZ S, CHANG F, BERNALES A, JACOBO N. 2018. Changes in phytoplankton in the Peruvian Sea, summer 2017. Cruise 1703-04, R/V Jose Olaya and R/V Luis Flores. Bol Inst Mar Peru. 34(1): 61-79.- This paper makes it possible to know plankton volumes (mL.m^{-3}), composition, densities, phytoplankton distribution, as well as biological indicators for water mass in summer 2017 when oceanographic conditions were influenced by the El Niño Costero. A total of 183 samples collected with standard phytoplankton net, and 25 samples, which were obtained with Niskin bottles at a depth of 10 m, were analyzed. The mean plankton volume was 0.68 mL.m^{-3} ranging between 0.045 and 12.82 mL.m^{-3} , which were located off Punta La Negra and Huacho, respectively. Phytoplankton predominance was 37%, integrated by diatoms in the first stages of phytoplankton succession, including *Chaetoceros* spp., *Ditylum brightwellii*, *Skeletonema costatum*, *Coscinodiscus* spp., *Thalassiosira subtilis*, and *Lithodesmium undulatum*. At latitude level, plankton recorded mean values between 0.045 mL.m^{-3} ($11-12^{\circ}\text{S}$) and 2.71 mL.m^{-3} ($16-17^{\circ}\text{S}$), outside 60 nm and between 30-60 nm, respectively. It was evident the increase in density of the phytoflagellate group ($673 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$). *Protoperidinium obtusum*, an indicator of Cold Coastal Waters (CCW), was distributed along the coast within 40 nm and with greater incidence in the southern zone (Pisco - Callao).

KEYWORDS: phytoplankton, composition, abundance and distribution, biological indicators, summer 2017

1. INTRODUCCIÓN

Las condiciones oceanográficas superficiales del mar peruano durante el verano 2017 manifestaron predominio de masas de aguas cálidas, considerándolo como un Evento El Niño según el Comité Multisectorial del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN N° 4-2017), alcanzando en febrero la categoría de El Niño Costero, que produjo fuertes anomalías de la Temperatura Superficial del mar (TSM) de +10 en la zona norte (Huanchaco).

1. INTRODUCTION

The surface oceanographic conditions of the Peruvian sea in summer 2017 showed a predominance of warm water masses, which was considered an El Niño Event according to the Multisectorial Committee of the National Study of the El Niño Phenomenon (ENFEN N° 4-2017) and in February it reached the category of the El Niño Costero, which produced strong anomalies in Sea Surface Temperature (SST) of +10 in the northern zone (Huanchaco).

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

Entre marzo y abril, la temperatura superficial del mar varió de 24 a 26 °C al sur de Callao y de 24 a 27 °C entre Punta Bermejo y Chimbote. Al sur de Pisco se registraron anomalías negativas de la TSM hasta 10 mn, debido a procesos de afloramiento y mayor descarga de los ríos. Hacia el norte las masas de aguas costeras frías (ACF) se encontraron entre Huacho y Callao hasta 40 mn de la costa, aguas sub superficiales (ASS) fueron dominantes entre Casma y Punta Bermejo; aguas de mezcla (ACF y ASS) se registraron frente a Salaverry y las aguas ecuatoriales superficiales (AES) se encontraron hasta 15 mn de Mórrope y por fuera de las 30 mn, frente a Punta La Negra-Talara (IMARPE 2017).

Frente a estas condiciones se realizó el Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos con el objetivo de conocer la situación de la anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns, especie importante en la pesquería del país; así como las condiciones oceanográficas, asociadas con el primer nivel trófico. La evaluación de esta comunidad constituye una fuente de información como alimento disponible e indicadora de cambios ambientales.

Para complementar este estudio se consideró estimar la biomasa planctónica, caracterizar la composición, abundancia y distribución de la comunidad de fitoplancton y la distribución de indicadores biológicos de masas de agua en el verano 2017.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El área de muestreo del Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos, realizado entre el 3 de marzo y 13 abril de 2017 a bordo de los BIC José Olaya Balandra y Luís Flores, comprendió desde Morro Sama (Tacna) hasta Los Órganos (Piura) a lo largo de la franja costera (40 mn) y frente a Paita se extendió hasta las 100 mn, aproximadamente. Las muestras fueron colectadas con red estándar de fitoplancton tipo cónica (75 µm) en arrastres superficiales durante 5 minutos y a 3 nudos de velocidad y la preservación de las muestras fue con formalina neutralizada al 20% (THRÖNDSSEN 1978), obteniéndose 183 muestras (Fig. 1).

Between March and April, sea surface temperatures ranged from 24 to 26 °C south of Callao and from 24 to 27 °C between Punta Bermejo and Chimbote. There were negative SST anomalies up to 10 nm south of Pisco, due to upwelling processes and greater river discharges. Northward, cold coastal water masses (CCW) were found between Huacho and Callao up to 40 nm from the coast, subsurface waters (SSW) were dominant between Casma and Punta Bermejo; mixing waters (CCW and SSW) were recorded off Salaverry and the surface equatorial waters (SEW) were found up to 15 nm from Mórrope and outside 30 nm, off Punta La Negra-Talara (IMARPE 2017).

In response to these circumstances, the Pelagic Resources Hydroacoustic Assessment Cruise was carried out with the objective of knowing the status of the anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns resource, an important species in the country's fisheries, as well as the oceanographic conditions associated with the first trophic level. The assessment of this community is a source of information as available food and an indicator of environmental changes.

As a complement to this survey, we considered estimating the plankton biomass, characterizing the composition, abundance, and distribution of the phytoplankton community and the distribution of biological indicators of water masses in summer 2017.

2. MATERIAL AND METHODS

The sampling area of the Pelagic Resources Hydroacoustic Assessment Cruise, which was carried out between March 03 and April 13, 2017 on board R/V José Olaya Balandra and R/V Luís Flores Portugal, covered from Morro Sama (Tacna) to Los Órganos (Piura) along the coastal strip (40 nm) and off Paita it was extended to approximately 100 nm.

The samples were collected with a conical phytoplankton standard net (75 µm) in surface trawls for 5 minutes and at a speed of 3 knots and the preservation of the samples was done with 20% neutralized formalin (THRÖNDSSEN 1978), which resulted in 183 samples (Fig. 1).

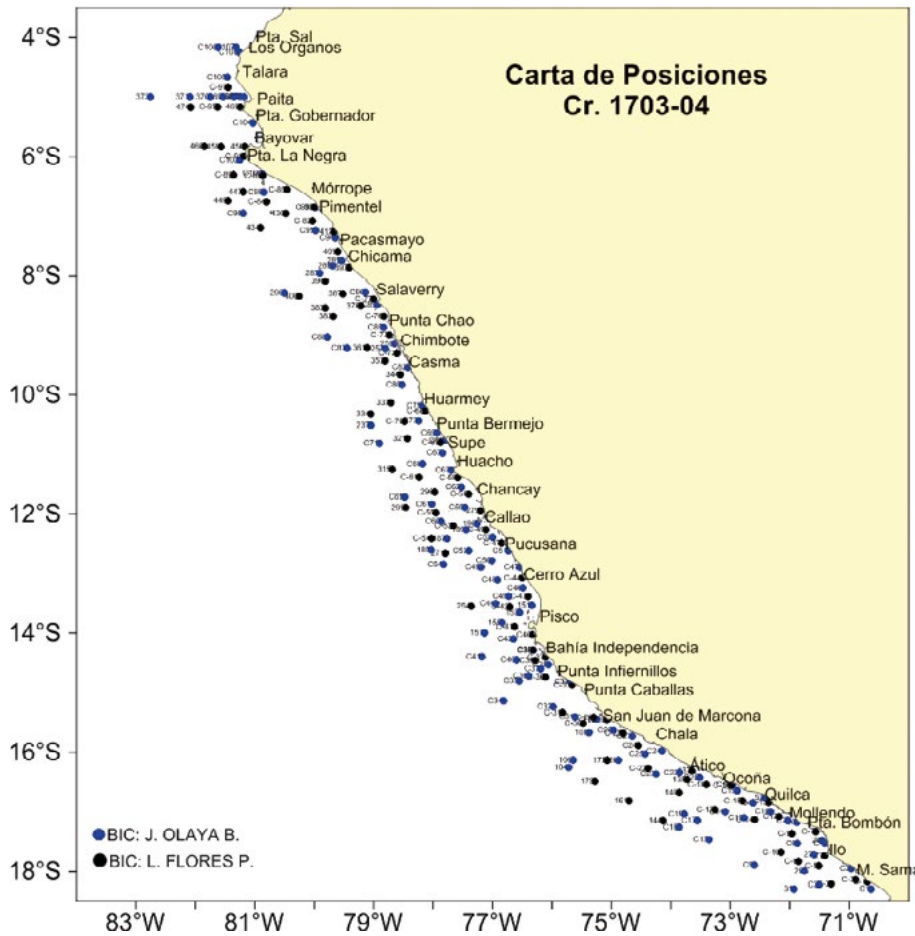


Figura 1.- Carta de posiciones. Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 1703-04

Figure 1. Plotting chart. Pelagic Resources Hydroacoustic Assessment Cruise 1703-04

Los volúmenes de plancton se obtuvieron por el método de centrifugación (2400 rpm) durante 5 minutos. Se utilizó la fórmula del volumen del cilindro:

$V = V_c / K$, donde:

V = volumen de plancton

V_c = volumen de plancton centrifugado (mL)

$K = 6,6273 \text{ m}^3$ (constante, indica el agua filtrada por la red).

Los resultados se expresan en mililitros de plancton por metro cúbico de agua de mar filtrada ($\text{mL} \cdot \text{m}^{-3}$).

Las muestras de red fueron analizadas semicuantitativamente, considerando los volúmenes de plancton y las abundancias relativas de las especies del total de fitoplancton (ROJAS DE MENDIOLA *et al.* 1985).

Plankton volumes were obtained by the centrifugation method (2400 rpm) for 5 minutes. The formula of the cylinder volume was used:

$V = V_c / K$, where:

V = plankton volume

V_c = centrifuged plankton volume (mL)

$K = 6.6273 \text{ m}^3$ (a constant which indicates the water filtered by the net).

The results are expressed in milliliters of plankton per cubic meter of filtered seawater ($\text{mL} \cdot \text{m}^{-3}$).

Net samples were analyzed semi-quantitatively, by considering plankton volumes and relative abundances of total phytoplankton species (ROJAS DE MENDIOLA *et al.* 1985).

La variabilidad de los volúmenes de plancton (transformados $\text{Log}(x+1)$) se analizó mediante pruebas de hipótesis para determinar las diferencias significativas entre las distancias a la costa (DC) (0 - 30 mn, 30 - 60 mn y > 60 mn) y áreas geográficas (Norte-Centro y Sur). Para determinar la significancia de dichas diferencias se ejecutaron pruebas de hipótesis, basados en el análisis de varianza de una vía (ANOVA) con un nivel de significancia $\alpha < 0,05$ (ZAR 1997) utilizando el programa Minitab ver. 16.

El análisis cuantitativo se realizó en 25 muestras de agua obtenidas con botellas Niskin a 10 m de profundidad, procedentes de los perfiles hidrográficos de Paita, Malabrigo, Callao, Pisco, San Juan de Marcona e Ilo, con una cobertura de 70 mn. El análisis de las muestras se realizó según la metodología de UTERMÖHL (1958), cuyos resultados se expresan en $\text{N}^\circ \text{ cel} \times 10^3 \cdot \text{L}^{-1}$.

Para el análisis comunitario de clasificación entre estaciones de muestreo basado en las especies, se utilizó el índice de similaridad de Bray Curtis con el programa PRIMER 6, transformando previamente los valores de concentración celular a $\text{Log}(x+1)$ según IBAÑEZ & SEGUIN (1992).

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

En la elaboración de gráficos tales como cartas de posición, distribución de volúmenes de plancton, abundancia relativa e indicadores de masas de agua se utilizaron los programas Surfer (ver.13) y Excel.

3. RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS DE LAS CONDICIONES FÍSICAS EN LA SUPERFICIE DEL MAR

Temperatura.- La temperatura superficial del mar (TSM) entre Morro Sama y Los Órganos fluctuó entre 16,1 y 27,9 °C con valor promedio de 23,01 °C para toda el área evaluada.

Valores mayores a 25 °C se registraron hasta 60 mn, desde Pacasmayo (7°S) hasta Huacho (11°S) desplazándose a la costa entre Punta Chao y

The variability of plankton volumes (transformed $\text{Log}(x+1)$) was analyzed by hypothesis tests to determine significant differences between distances from the coast (DC) (0 - 30 nm, 30 - 60 nm, and > 60 nm) and geographical areas (North-Central and South). In order to determine the significance of these differences, hypothesis tests were performed, based on the one-way analysis of variance (ANOVA) with a level of significance $\alpha < 0.05$ (ZAR 1997) by using the Minitab software ver. 16.

A quantitative analysis was carried out on 25 water samples which were collected with Niskin bottles at a depth of 10 m, from the Paita, Malabrigo, Callao, Pisco, San Juan de Marcona, and Ilo hydrographic profiles, covering 70 nm. The analysis of the samples was carried out following UTERMÖHL methodology (1958), whose results are expressed in $\text{N}^\circ \text{ cel} \times 10^3 \cdot \text{L}^{-1}$.

The Bray-Curtis similarity index, along with the PRIMER 6 software, was used for the community analysis of classification between sampling stations based on species, by previously transforming the cell concentration values to $\text{Log}(x+1)$ as described in IBAÑEZ & SEGUIN (1992).

The works of HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1971), SUNDSTRÖM (1986), THRÖNDSSEN (1993), HASLE & SYVERTSEN (1996), and STEIDINGER & TANGEN (1996) were used for the taxonomic determination of the phytoplankton community.

Surfer (ver.13) and Excel software were used in the elaboration of graphs such as plotting charts, distribution of plankton volumes, relative abundance, and indicators of water masses.

3. RESULTS

CHARACTERISTICS OF THE PHYSICAL CONDITIONS ON THE SEA SURFACE

Temperature.- Sea surface temperature (SST) between Morro Sama and Los Órganos oscillated between 16.1 and 27.9 °C with a mean value of 23.01 °C for the whole surveyed area.

Values greater than 25 °C were recorded up to 60 nm, from Pacasmayo (7°S) to Huacho (11°S) moving towards the coast between

Huarmey; en la zona sur se observaron en Cerro Azul y por fuera de las 30 mn de Pisco y de San Juan a Ilo. Los valores más bajos (>20 °C) se localizaron en la franja costera frente a Morro Sama y de Atico a bahía Independencia (IMARPE 2017) hasta aproximadamente 20 mn (Fig. 2).

Anomalía Térmica superficial del mar (ATSM).

Las ATSM variaron de -3,3 a +7,2 °C con promedio para el área evaluada de +2,40 °C. Anomalías de +4 a +6 °C se observaron entre Pta. Bermejo y Chimbote, anomalías de +4,0 °C se visualizaron en la zona costera entre Pisco y Cerro Azul, por fuera de las 30 mn desde Punta Caballas hasta Bahía Independencia.

Las zonas costeras (10 mn) frente a Atico e Ilo registraron anomalías negativas con valores de hasta -2 °C. En general, las anomalías en la zona norte descendieron conforme se avanzaba hacia el Ecuador, es así que frente a Chimbote, Pimentel y Paita se observaron anomalías de +6 °C, +3 °C y +1 °C, respectivamente (IMARPE 2017) (Fig. 2).

Punta Chao and Huarmey. In the southern zone, these values were observed in Cerro Azul and outside 30 nm from Pisco and San Juan to Ilo. The lowest values (>20 °C) were in the coastal strip off Morro Sama and from Atico to Independencia Bay (IMARPE 2017) (Fig. 2) up to 20 nm, approximately.

Sea Surface Temperature Anomalies (SSTA).

SSTA ranged from -3.3 to +7.2 °C with a mean +2.40 °C for the surveyed area. Anomalies of +4 to +6 °C were observed between Pta. Bermejo and Chimbote, anomalies of +4.0 °C were observed in the coastal zone between Pisco and Cerro Azul, outside 30 nm from Punta Caballas to Independencia Bay.

The coastal zones (10 nm) off Atico and Ilo recorded negative anomalies with values up to -2 °C. Overall, the anomalies in the northern zone decreased as we advanced towards the Equator, therefore, off Chimbote, Pimentel and Paita anomalies of +6 °C, +3 °C and +1 °C, respectively, were observed (IMARPE 2017) (Fig. 2).

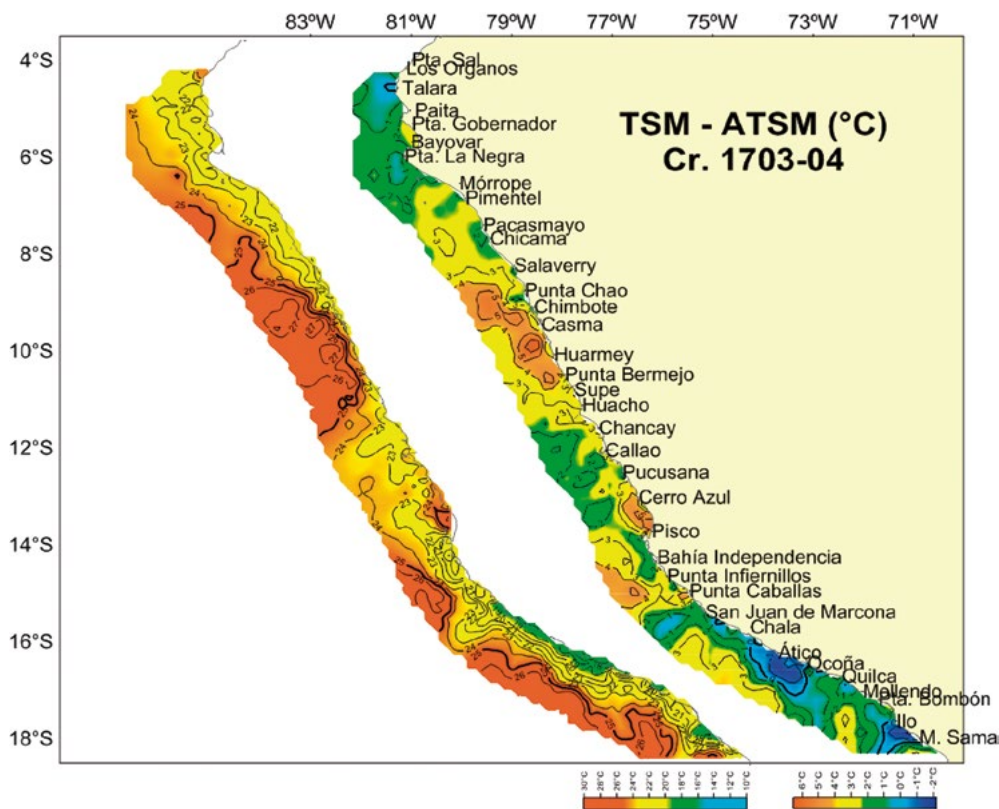


Figura 2.- Distribución de la temperatura superficial del mar y anomalías de la TSM (°C)

Figure 2. Distribution of Sea Surface Temperature (SST) and Sea Surface Temperature Anomalies (SSTA) (°C)

Salinidad superficial del mar.- Las concentraciones de salinidad registradas entre Morro Sama y Talara oscilaron entre 30,252 ups (debido a la influencia de los ríos Virrilá, Chicama, Supe, Ocoña, Quilca y Chancay) y 35,734 ups valores propios de las ASS.

Las masas de agua observadas entre Huacho y Callao fueron Aguas Costeras Frías (ACF) hasta 40 mn de costa, las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) fueron dominantes de Casma a Punta Bermejo hasta 60 mn, observándose aguas de mezcla (ACF y ASS) frente a Salaverry. Las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se ubicaron hasta 15 mn de Mórrope para luego encontrarse por fuera de 30 mn de Punta La Negra a Talara (IMARPE 2017) (Fig. 3).

Anomalías de la Salinidad superficial del mar (ASSM).- Las ASSM variaron de -9,3 ups a +0,7 ups, con promedio para el área evaluada de -0,072 ups.

Sea Surface Salinity (SSS).- Salinity concentrations recorded between Morro Sama and Talara ranged from 30,252 ups (due to the influence of the waters of the Virrilá, Chicama, Supe, Ocoña, Quilca, and Chancay rivers) to 35,734 ups, typical SSW values.

The water masses, which were observed between Huacho and Callao, were Cold Coastal Waters (CCW) up to 40 nm from the coast. Surface Subtropical Waters (SSW) were dominant from Casma to Punta Bermejo up to 60 nm and mixing waters (CCW and SSW) were observed off Salaverry. Surface Equatorial Waters (SEW) were located up to 15 nm from Mórrope and then outside 30 nm from Punta La Negra to Talara (IMARPE 2017) (Fig. 3).

Sea Surface Salinity Anomalies (SSSA).- SSSA ranged from -9.3 ups to +0.7 ups, with a mean of -0.072 ups for the surveyed area.

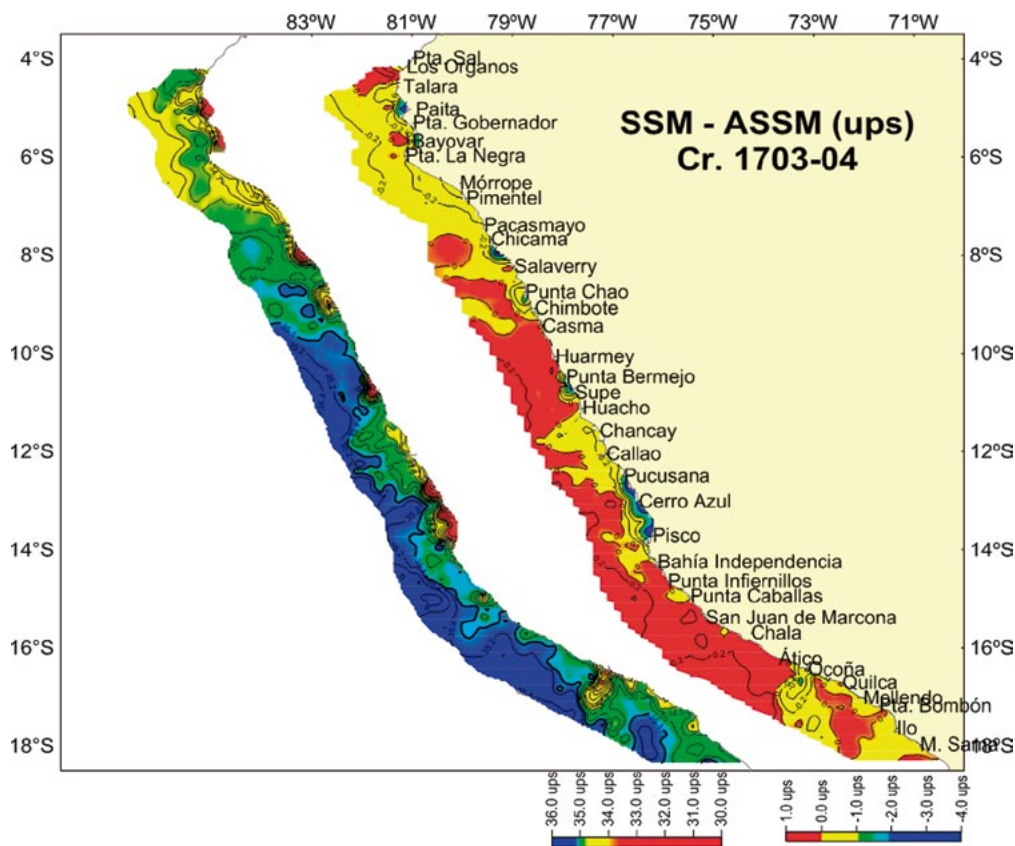


Figura 3.- Distribución de la salinidad superficial y del mar (ups) y anomalías de la SSM (ups)

Figure 3. Distribution of Sea Surface Salinity (SSS) (ups) and Sea Surface Salinity Anomalies (SSSA) (ups)

Anomalías positivas se observaron en el 80% del área evaluada como producto del desplazamiento de las ASS por el oeste y AES por el norte.

Anomalías negativas de -3 ups se ubicaron frente a Pucusana, Cerro Azul y Pisco influenciados por la descarga de los ríos adyacentes (IMARPE 2017) (Fig. 3).

Volumen de plancton, composición, abundancia y distribución del fitoplancton de red.- El promedio de volumen de plancton en superficie fue de 0,68 mL.m⁻³, variando entre 0,045 mL.m⁻³ (Punta La Negra) y 12,83 mL.m⁻³ (Huacho), el fitoplancton se determinó en el 37% del total de las muestras, correspondiendo el 51% al zooplancton y 12% a la codominancia del fito y zooplancton, asociados a TSM que fluctuaron entre 16,1 y 25,7 °C y tenores de salinidad entre 35,0 y 35,1 ups. Al norte del litoral se observaron aguas de mezcla (ACF y ASS).

Se observaron zonas importantes con altos volúmenes de plancton, en los que predominó el fitoplancton, el primero entre Los Órganos y Chicama cuya concentración fue mayor a 2,0 mL.m⁻³ y el segundo entre bahía Independencia y al sur de Atico en los que las concentraciones fueron de 2,0 mL.m⁻³. En la última zona se registraron cuatro núcleos con valores de 4 y 5 mL.m⁻³ donde predominó el zooplancton. Los volúmenes de plancton menores a 1,0 mL.m⁻³ se distribuyeron en casi todo el área en estudio (Fig. 4).

El fitoplancton estuvo constituido predominantemente por diatomeas que presentaron distribución dentro de la zona costera (40 mn), ampliándose al norte de Pimentel, y llegando hasta 100 mn frente a Paita, caracterizada por presentar especies de afloramiento, como las neríticas propias de ACF que se registraron, según abundancia relativa, como ABUNDANTE y MUY ABUNDANTE, destacando diatomeas centrales (*Ditylum brightwellii* Grunow; *Coscinodiscus perforatus* Cleve y Möller; *C. walesii* Gran y Angst; *C. centralis* Ehrenberg; *C. granii* Gough; *Thalassiosira subtilis* Gran; *Skeletonema costatum* Cleve; *Chaetoceros affinis* Lauder; *Ch. debilis* Cleve; *Lithodesmium undulatum* Ehrenberg), diatomeas pennatas (*Pseudo-nitzschia pungens* Hasle; Grupo *Pseudo-nitzschia seriata* Peragallo y *Thalassionema nitzschioides* Merenschknowsky) y diatomeas típicas de ambien-

Positive anomalies were observed in 80% of the surveyed area as a result of the displacement of SSW in the west and SEW in the north.

Negative anomalies of -3 ups were off Pucusana, Cerro Azul, and Pisco influenced by the discharge of adjacent rivers (IMARPE 2017) (Fig. 3).

Plankton volume, composition, abundance and distribution of net phytoplankton.- The mean surface plankton was 0.68 mL.m⁻³, varying between 0.045 mL.m⁻³ (Punta La Negra) and 12.83 mL.m⁻³ (Huacho). Phytoplankton was determined in 37% of the total samples, corresponding 51% to zooplankton and 12% to codominance of phytoplankton and zooplankton, associated with SST that fluctuated between 16.1 and 25.7 °C and salinity tenors between 35.0 and 35.1 ups. Mixing water (CCW and SSW) were observed to the north of the coast.

Two important areas with high plankton volumes were observed, the first between Los Órganos and Chicama whose concentration was greater than 2.0 mL.m⁻³ and the second between Independencia Bay and south of Atico, where concentrations of 2.0 mL.m⁻³ stood out. In both nuclei, phytoplankton was abundant. In the last area, four nuclei were recorded with values of 4 and 5 mL.m⁻³, showing a predominance of zooplankton. Plankton volumes lower than 1.0 mL.m⁻³ were distributed in almost the entire surveyed area (Fig. 4).

Phytoplankton was mainly formed by diatoms that presented distribution within the coastal zone (40 nm), thus expanding to the north of Pimentel, and reaching up to 100 nm off Paita. These diatoms were characterized by presenting upwelling species, such as the CCW neritic species that were registered depending on their relative abundance, as ABUNDANT and VERY ABUNDANT, with central diatoms (*Ditylum brightwellii* Grunow; *Coscinodiscus perforatus* Cleve & Möller; *C. walesii* Gran & Angst; *C. centralis* Ehrenberg; *C. granii* Gough; *Thalassiosira subtilis* Gran; *Skeletonema costatum* Cleve; *Chaetoceros affinis* Lauder; *Ch. debilis* Cleve; *Lithodesmium undulatum* Ehrenberg), pennate diatoms (*Pseudo-nitzschia pungens* Hasle; *Pseudo-nitzschia seriata* Peragallo Group and *Thalassionema nitzschioides* Merenschknowsky), and diatoms which are

tes cálidos principalmente en la zona norte como *Bacteriastrum delicatulum* Cleve; *Proboscia alata* f. *gracillima* Sundström; *Helicotheca tamesis* Ricard y *Lioloma delicatulum* Hasle.

typical of warm environments mainly in the north such as *Bacteriastrum delicatulum* Cleve; *Proboscia alata* f. *gracillima* Sundström; *Helicotheca tamesis* Ricard, and *Lioloma delicatulum* Hasle.

En toda el área y período de estudio se observó riqueza de dinoflagelados termófilos con abundancias relativas de PRESENTE, siendo las más frecuentes *Goniodoma polyedricum* Jørgensen; *Ceratium candelabrum* Stein; *C. masiliense* Karsten; *C. trichoceros* Kofoid; *Triplos carriense* Gómez; *C. lunula* Karsten; *Triplos kofoidii* Gómez; *T. vultur* Gómez; *Amphisolenia bidentata* Schröder; *Protopteridinium tristylum* Balech; *P. quarnerense* Balech y *Pyrocystis fusiformis* Thompson, entre otros.

Thermophilic dinoflagellates with relative abundances of PRESENTE were observed throughout the study area and period, including the most frequent *Goniodoma polyedricum* Jørgensen; *Ceratium candelabrum* Stein; *C. masiliense* Karsten; *C. trichoceros* Kofoid; *Triplos carriense* Gómez; *C. lunula* Karsten; *Triplos kofoidii* Gómez; *T. vultur* Gómez; *Amphisolenia bidentata* Schröder; *Protopteridinium tristylum* Balech; *P. quarnerense* Balech, and *Pyrocystis fusiformis* Thompson, among others.

Entre Malabrigo y Cerro Azul, los dinoflagelados *Protopteridinium depressum* Balech y *Triplos fusus* var. *fusus* Dujardin, que son organismos de distribución cosmopolita, mostraron abundancias relativas que alcanzaron la escala de MUY ABUNDANTE y ABUNDANTE, respectivamente.

Between Malabrigo and Cerro Azul, the dinoflagellates *Protopteridinium depressum* Balech and *Triplos fusus* var. *fusus* Dujardin, which are organisms of cosmopolitan distribution, showed relative abundances that reached the scale of VERY ABUNDANT and ABUNDANT, respectively.

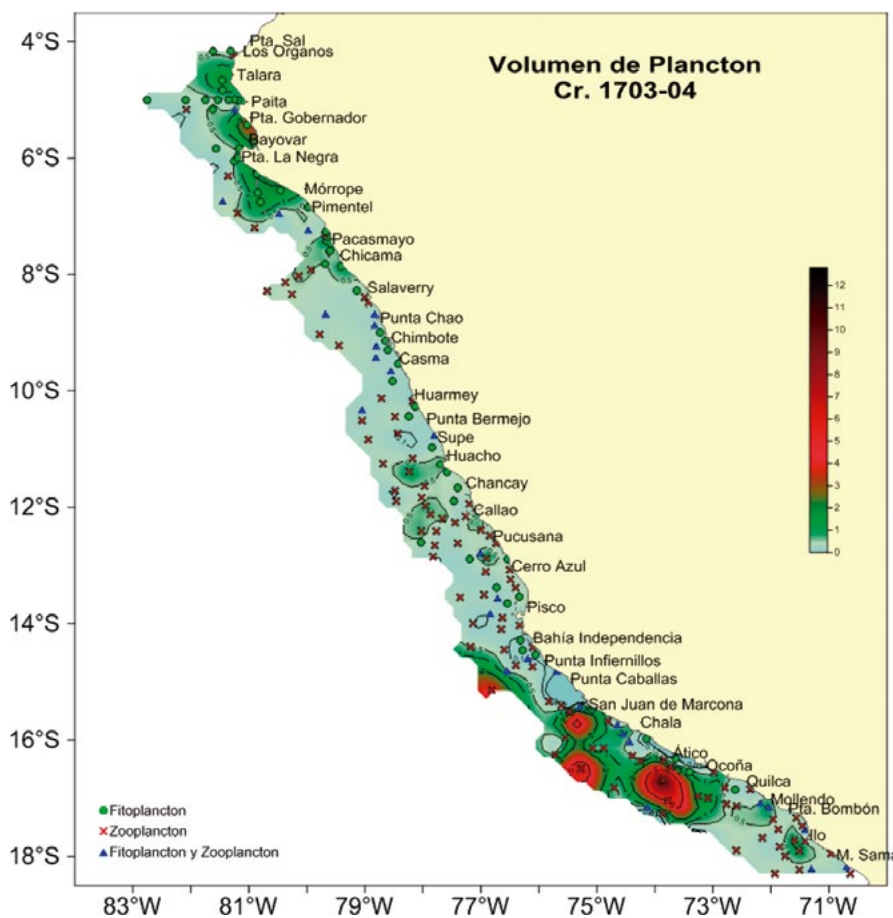


Figura 4.- Distribución del volumen de plancton en el mar peruano (mL.m⁻³)

Figure 4. Distribution of plankton volume in the Peruvian sea (mL.m⁻³)

Distribución latitudinal del volumen de plancton (mL.m⁻³)

La distribución del volumen de plancton, según la variación latitudinal registró valores medio entre 0,045 mL.m⁻³ (11-12°S) y 2,71 mL.m⁻³ (16-17°S), a distancias de costa >60 y entre 30 y 60 mn, respectivamente. En general, el 87% alcanzó valores menores a 1,0 mL.m⁻³, distribuidos al norte de 15°S. Sin embargo, resaltaron dos picos con volúmenes mayores a 2,0 mL.m⁻³, ubicados frente a 15-16°S y 16-17°S, ambos entre 30 y 60 mn y con predominancia del zooplancton.

Otros tres picos importantes, con promedios mayores a 1,0 mL.m⁻³, fueron ubicados entre 5 y 6°S, 15-16°S y 16-17°S, todos hallados dentro de las 0 - 30 mn, donde la abundancia fue fitoplancton. Por fuera de las 60 mn, se obtuvo volúmenes promedio que no superaron los 0,5 mL.m⁻³, en su mayoría con predominio de zooplancton (Fig. 5).

Latitudinal distribution of plankton volume (mL.m⁻³)

The distribution of plankton volume, based on latitudinal variation, recorded mean values between 0.045 mL.m⁻³ (11-12°S) and 2.71 mL.m⁻³ (16-17°S), at distances from the coast >60 and between 30 and 60 nm, respectively. Overall, it is estimated that 87% reached values below 1.0 mL.m⁻³, distributed north of 15°S. However, two peaks with volumes greater than 2.0 mL.m⁻³ stood out, which were located off 15-16°S and 16-17°S, both between 30 and 60 nm and with a predominance of zooplankton.

Three other important peaks, with averages greater than 1.0 mL.m⁻³, were located between 5 and 6°S, 15-16°S, and 16-17°S, all of which were found within 0 - 30 nm, where the abundance was represented by phytoplankton. Outside 60 nm, mean volumes below 0.5 mL.m⁻³ were obtained, mostly with a predominance of zooplankton (Fig. 5).

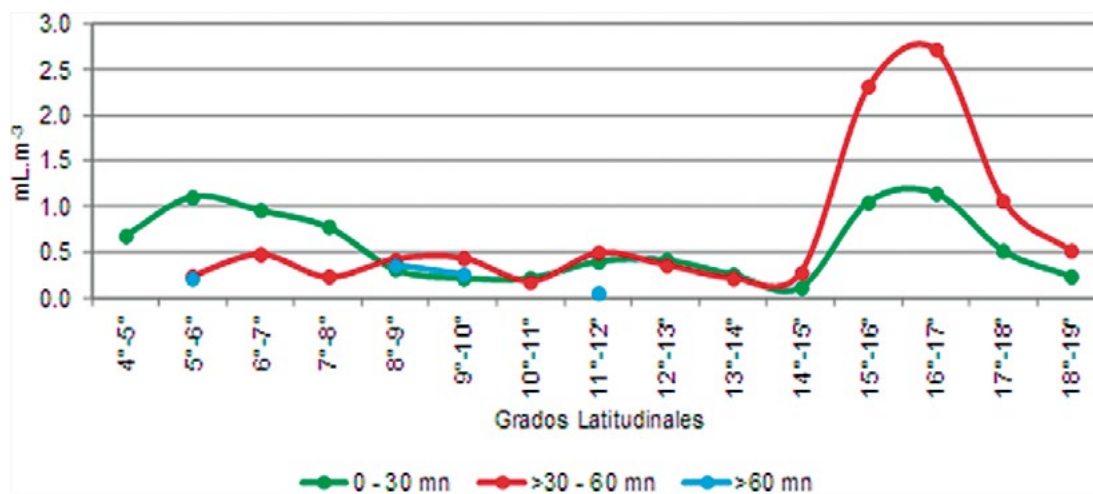


Figura 5.- Distribución latitudinal de volúmenes de plancton (mL.m⁻³)
 Figure 5. Latitudinal distribution of plankton volumes (mL.m⁻³)

Tabla 1.- ANOVA de una vía de volúmenes de plancton por distancia de la costa (DC) y áreas geográficas
 Table 1. One-way ANOVA of plankton volumes by the distance from the coast (DC) and geographical areas

ANOVA unidireccional: volumen vs distancia costa (mm) One-way ANOVA: volume vs distance from the coast (mm)						ANOVA unidireccional: volumen vs áreas One-way ANOVA: volume vs areas					
Fuente/ Source	GL	SC	CM	F	P	Fuente Source	GL	SC	CM	F	P
DC (mm)	2	0,0595	0,0297	1,77	0,191	DC (mm)	1	0,1805	0,1805	15,42	0,001
Error	26	0,4371	0,0168			Error	27	0,3160	0,0117		
Total	28	0,4965				Total	28	0,4965			
S= 0,1297 R-cuad.= 11,97% R-cuad.(ajustado) 5,20%						S= 0,1082 R-cuad.= 36,36% R-cuad.(ajustado) 34,00%					

El ANOVA de los volúmenes de plancton mostró diferencias significativas entre áreas geográficas ($p < 0,05$) con volúmenes mayores en la zona sur, donde el zooplancton fue más abundante (Tabla 1).

The ANOVA of plankton volumes showed significant differences between geographic areas ($p < 0.05$) with higher volumes in the south, where zooplankton was more abundant (Table 1).

No se encontró diferencias entre distancia a la costa, cuyos volúmenes promedio fueron: $0,5573 \pm 0,0938$ (0 - 30 mn), $0,8458 \pm 0,2899$ (30 - 60 mn) y $0,2188 \pm 0,1109$ (>60 mn); destacando el mayor volumen promedio entre 30 y 60 mn, con predominio de zooplancton. También se determinó que la mayor diferencia se ubicó dentro de las 30 mn de la costa en las tres áreas (Fig. 6).

No differences were found between the distance from the coast, whose mean volumes were: 0.5573 ± 0.0938 (0 - 30 nm), 0.8458 ± 0.2899 (30 - 60 nm), and 0.2188 ± 0.1109 (>60 nm), with the highest mean volume between 30 and 60 nm, showing a predominance of zooplankton. It was also determined that the greatest difference was located within 30 nm from the coast in the three areas (Fig. 6).

Composición, distribución y abundancia del fitoplancton

El fitoplancton estuvo conformado por 108 especies, que comprendieron 4 grupos: diatomeas (61), dinoflagelados (42), silicoflagelados (2) y fitoflagelados (3).

Composition, distribution, and abundance of phytoplankton

Phytoplankton was formed by 108 species, comprising 4 groups: diatoms (61), dinoflagellates (42), silicoflagellates (2), and phytoflagellates (3).

En el área costera de Malabrigo y Paita, dentro de las 30 mn, se observó una comunidad caracterizada por el grupo de diatomeas y fitoflagelados. Similar composición se determinó del Callao al sur. Frente a Callao las diatomeas alcanzaron mayor representatividad con 85% de fitoplancton, mientras que en Ilo destacaron los fitoflagelados (87%).

In the northern coastal area of Malabrigo and Paita, within 30 nm, a community which was characterized by the group of diatoms and phytoflagellates was observed; a similar composition was determined from Callao to the south. Off Callao, diatoms reached the highest representation with 85% of phytoplankton, while phytoflagellates were present in Ilo with 87% of phytoplankton.

Las mayores abundancias fueron registradas frente a Pisco y estuvieron determinadas por diatomeas centrales y de afloramiento como *Thalassiosira* sp. (607×10^3 cel.L⁻¹), *Cerataulina pelagica* (326×10^3 cel.L⁻¹), *Skeletonema costatum*

The greatest abundances were recorded off Pisco and were determined by central and upwelling diatoms such as *Thalassiosira* sp. (607×10^3 cel.L⁻¹), *Cerataulina pelagica* (326×10^3 cel.L⁻¹), *Skeletonema*

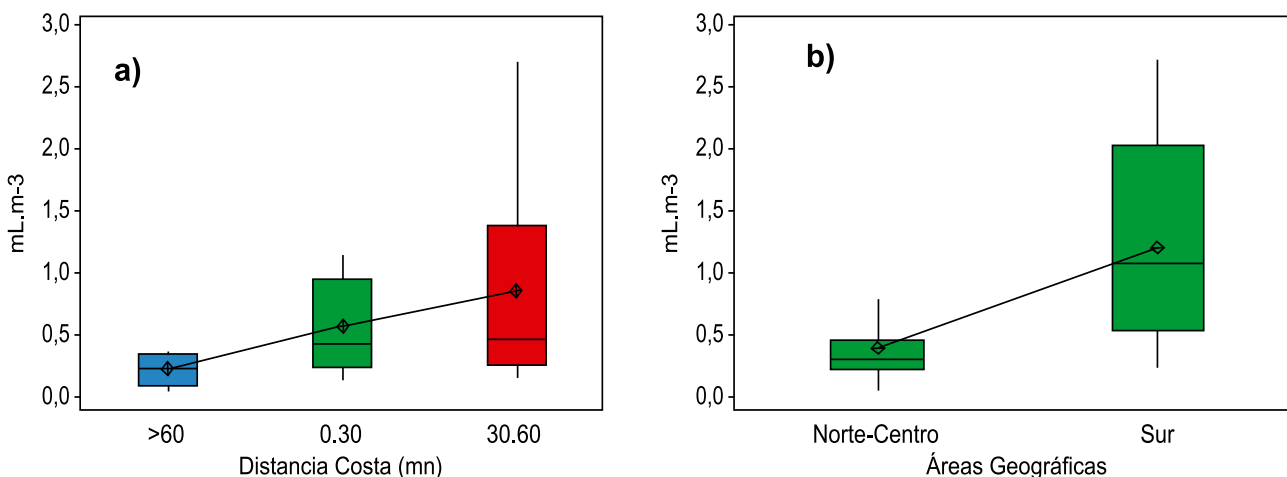


Figura 6.- Diagrama de box plot de volúmenes de plancton por distancia a la costa (a) y áreas geográficas (b)

Figure 6. Box plot diagram of plankton volumes by distance to the coast (a) and geographical areas (b)

(172×10^3 cel.L⁻¹). Frente al Callao se detectaron algunas diatomeas de fase intermedia como el grupo *Pseudo-nitzschia delicatissima* (145×10^3 cel.L⁻¹). Los dinoflagelados se distribuyeron en la franja costera frente a los perfiles de Callao, Pisco y San Juan con densidades menores a 50×10^3 cel.L⁻¹ (Fig. 7a).

En la zona comprendida entre 30 y 60 millas, la comunidad estuvo conformada principalmente por fitoflagelados, los cuales constituyeron más del 95% del fitoplancton en la mayoría de los perfiles, a excepción del perfil Callao que estuvo en 35%. Su mayor abundancia fue registrada frente a Paita con 3.673×10^3 cel.L⁻¹ (Fig. 7b). Mientras que las diatomeas, frente a Callao, sus densidades fueron de 196×10^3 cel.L⁻¹. Entre éstas se presentaron las de fases intermedias como Grupo *Pseudo-nitzschia seriata* Peragallo (161×10^3 cel.L⁻¹) y Grupo *P. delicatissima* Heiden (29×10^3 cel.L⁻¹) y otras diatomeas como *Eucampia zoodiacus* Ehrenberg (1×10^3 cel.L⁻¹) y *Lioloma pacificum* Hasle (2×10^3 cel.L⁻¹).

Análisis comunitario

El análisis de similaridad del fitoplancton entre estaciones originó la formación de cinco grupos al 32% (Fig. 8).

Grupo I, conformado por las estaciones frente a Paita y las estaciones costeras frente a Malabrigo, donde las diatomeas fueron el grupo más abundante con el 60% de este cluster. Solo en tres estaciones de Paita por fuera de las 30 mn el aporte de los fitoflagelados, a la densidad celular total del fitoplancton, estuvo por encima de las diatomeas.

costatum (172×10^3 cel.L⁻¹). Off Callao, some intermediate-stage diatoms were detected, such as the *Pseudo-nitzschia delicatissima* Group (145×10^3 cel.L⁻¹). Dinoflagellates were distributed in the coastal strip mainly off the Callao, Pisco, and San Juan profiles with densities lower than 50×10^3 cel.L⁻¹ (Fig. 7a).

In the zone between 30 and 60 nm, the community consisted mainly of phytoflagellates, which constituted more than 95% of the phytoplankton in most of the profiles, except for the Callao profile which was at 35%. Its greatest abundance was recorded off Paita with 3.673×10^3 cel.L⁻¹ (Fig. 7b), while diatoms were less noticeable, with densities of 196×10^3 cells L⁻¹ off Callao. These included intermediate-stage diatoms such as *Pseudo-nitzschia seriata* Peragallo Group (161×10^3 cel.L⁻¹) and *P. delicatissima* Heiden Group (29×10^3 cel.L⁻¹) and other diatoms such as *Eucampia zoodiacus* Ehrenberg (1×10^3 cel.L⁻¹) and *Lioloma pacificum* Hasle (2×10^3 cel.L⁻¹).

Community analysis

The analysis of phytoplankton similarity between stations resulted in the formation of five groups at 32% (Fig. 8).

Group I was formed by the stations located off Paita and the coastal stations off Malabrigo, where diatoms were the most abundant group with 60% of this cluster. Only in three Paita stations, outside 30 nm, the contribution of phytoflagellates to the total cellular density of phytoplankton was above the diatoms.

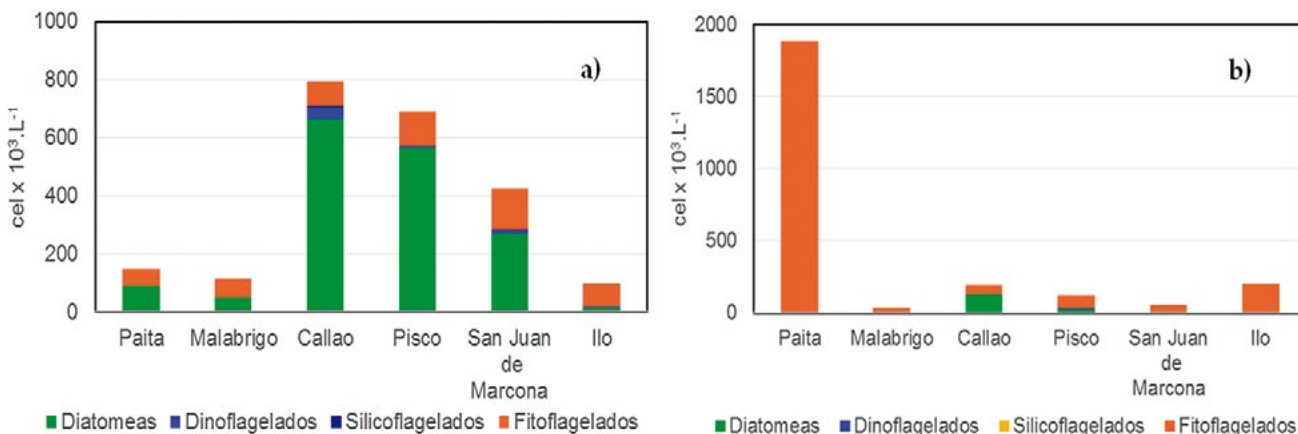


Figura 7.- Abundancia de fitoplancton (N°celx103.L-1), en los perfiles hidrográficos (a) 0-30 nm, (b) 30-60 nm de la costa
 Figure 7. Abundance of phytoplankton (N°celx103.L-1), in hydrographic profiles (a) 0-30 nm, (b) 30-60 nm from the coast

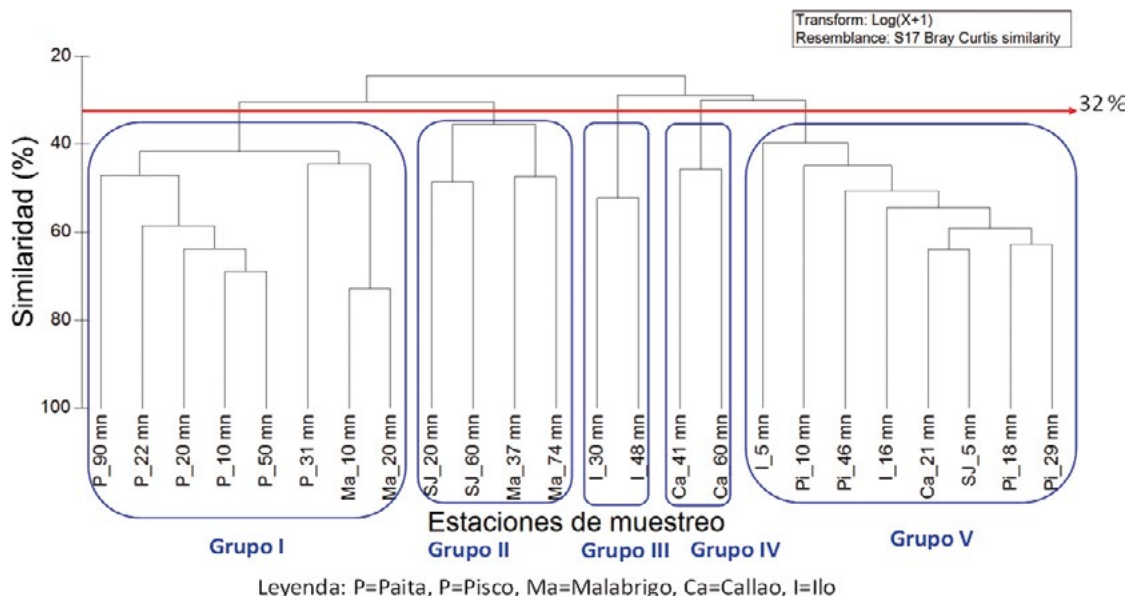


Figura 8.- Dendrograma del análisis de clasificación entre perfiles hidrográficos basado en especies

Figure 8. Species-based dendrogram of classification analysis between hydrographic profiles

Grupo II, representado por estaciones localizadas fuera de las 30 mn frente a Malabrigo y San Juan, donde hubieron pocas especies de diatomeas y dinoflagelados de aguas cálidas. Entre las primeras, las más representativas fueron *Lioloma pacificum* Hasle; *Planktoniella sol* Schütt y entre los dinoflagelados *Amphidinium* sp. Claparède & Lachmann y *Gonyaulax spinifera* Diesing. La densidad celular de los fitoflagelados fue mayor al del microfitoplancton (diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados).

Grupo III, conglomeró a las estaciones frente a Ilo, entre 30 y 48 mn de distancia de costa. La composición específica estuvo determinada por diatomeas de afloramiento como *Chaetoceros affinis* Lauder y *Ch. lorenzianus* Grunow y diatomeas de fases intermedias como *Amphora* sp., *Dactyliosolen fragilissimus* Crawford y *Eucampia zoodiacus* Ehrenberg, cuyas concentraciones fueron bajas (<1x10³cel.L⁻¹). A 30 mn la densidad celular de dinoflagelados fue mayor que el de diatomeas, destacando *Prorocentrum* sp. (> 4x 10³cel.L⁻¹).

Grupo IV, determinado por estaciones ubicadas frente a Callao por fuera de las 30 mn, donde las concentraciones celulares de las diatomeas fueron mayores a las de fitoflagelados, destacando diatomeas potencialmente tóxicas del Grupo *Pseudo-nitzschia seriata* Peragallo (>160x10³cel.L⁻¹) y Grupo *P. delicatissima* Heiden (>29x10³cel.

Group II was represented by stations located outside 30 nm off Malabrigo and San Juan, where few species of warm water diatoms and dinoflagellates were present. Among the first, the most representative were *Lioloma pacificum* Hasle; *Planktoniella sol* Schütt and among the dinoflagellates, the most representative were *Amphidinium* sp. Claparède & Lachmann and *Gonyaulax spinifera* Diesing. The cell density of phytoflagellates was higher than that of microphytoplankton (diatoms, dinoflagellates, and silicoflagellates).

Group III clustered the stations off Ilo, between 30 and 48 nm from the coast. The specific composition was determined by upwelling diatoms such as *Chaetoceros affinis* Lauder and *Ch. lorenzianus* Grunow and intermediate-stage diatoms such as *Amphora* sp., *Dactyliosolen fragilissimus* Crawford and *Eucampia zoodiacus* Ehrenberg, whose concentrations were low (<1x10³cel.L⁻¹). At 30 nm, the cell density of dinoflagellates was higher than that of diatoms, particularly *Prorocentrum* sp. (> 4x 10³cel.L⁻¹).

Group IV was determined by stations located off Callao, outside 30 nm, where the cell concentrations of diatoms were higher than those of phytoflagellates, including potentially toxic diatoms of the *Pseudo-nitzschia seriata* Peragallo Group (>160x10³cel.L⁻¹) and *P. delicatissima* Heiden

L⁻¹), además de diatomeas de aguas cálidas como *Guinardia flaccida* Peragallo y *Lioloma pacificum* Hasle (>2x10³cel.L⁻¹).

Grupo V, agrupó a las estaciones frente a Pisco y estaciones costeras frente a Callao, San Juan e Ilo. A 29 mn, frente a Pisco, se registró la máxima densidad celular de diatomeas (> 600x10³cel. L⁻¹), destacando *Thalassiosira* sp., entre otras diatomeas centrales dispuestas en cadena como *Cerataulina pelagica* (Cleve); *Skeletonema costatum*; *Chaetoceros debilis* Cleve; *Ch. didymus* Ehrenberg, *Ch. lorenzianus* Grunow y diatomeas pennatas como *Cylindrotheca closterium* Reimann & Lewinn y Grupo *P. seriata* Peragallo. También se obtuvo concentraciones mayores a 20x10³ cel.L⁻¹ del dinoflagelado *Akashiwo sanguinea* frente a San Juan y dinoflagelados cosmopolitas como *Protoperidinium leonis* Balech, *P. minutum* Loeblich III, *Scripssiella trochoidea* Loeblich, *Tripos fusus* Gómez y *Prorocentrum micans* Ehrenberg se presentaron en menores densidades.

Silicoflagelados como *Octactis octonaria* Ehrenberg obtuvo densidades de 6x10³ cel.L⁻¹ y se presentó principalmente en el área centro-sur frente a Callao y San Juan. Además, se registraron fitoflagelados, sobresaliendo *Eutreptiella gymnastica* Thronsen (50x10³ cel.L⁻¹) frente a San Juan.

Distribución de indicadores biológicos de masas de agua

Los parámetros ambientales a fines de verano e inicios de otoño mostraron condiciones atípicas reflejándose en la distribución de los organismos indicadores de masas de agua (Fig. 9).

Se registró presencia del dinoflagelado *Ceratium breve* v. *parallelum* Jörgensen indicador de AES al sur de Pimentel (10 mn) y frente a Malabrigo dentro de las 50 mn.

También se determinó a *Tripos praelongus* Gómez, indicador de ASS frente a Malabrigo (45 mn) a *C. breve* indicador de AES, produciendo aguas de mezcla (AES+ASS). Entre tanto, las ASS permanecieron fuera de las 50 mn.

A pesar de esta situación se determinó al dinoflagelado *Protoperidinium obtusum* (Karsten), indicador de Aguas Costeras Frías (ACF), distribuido a lo largo del litoral dentro de las 40 mn y con mayor incidencia entre Pisco - Punta Infiernillos y frente a Callao.

Group (>29x10³cel. L⁻¹), as well as warm waters diatoms such as *Guinardia flaccida* Peragallo and *Lioloma pacificum* Hasle (>2x10³cel.L⁻¹).

Group V clustered the stations off Pisco and coastal stations off Callao, San Juan, and Ilo. At 29 nm, off Pisco, the maximum cell density of diatoms (> 600x10³cel. L⁻¹) was recorded, with *Thalassiosira* sp., among other central diatoms arranged in chain such as *Cerataulina pelagica* (Cleve); *Skeletonema costatum*; *Chaetoceros debilis* Cleve; *Ch. didymus* Ehrenberg, *Ch. lorenzianus* Grunow, and pennate diatoms such as *Cylindrotheca closterium* Reimann & Lewinn and *P. seriata* Peragallo Group. Concentrations greater than 20x10³ cel.L⁻¹ were also obtained from the dinoflagellate *Akashiwo sanguinea* off San Juan and cosmopolitan dinoflagellates such as *Protoperidinium leonis* Balech, *P. minutum* Loeblich III, *Scripssiella trochoidea* Loeblich, *Tripos fusus* Gómez, and *Prorocentrum micans* Ehrenberg were presented in lower densities.

Silicoflagellates, such as *Octactis octonaria* Ehrenberg, obtained densities of 6x10³ cel.L⁻¹ and was present mainly in the south-central area off Callao and San Juan. In addition, phytoflagellates were recorded, including *Eutreptiella gymnastica* Thronsen (50x10³ cel.L⁻¹) off San Juan.

Distribution of biological indicators of water masses

Environmental parameters in late summer and early autumn showed atypical conditions which were reflected in the distribution of indicator organisms of water masses (Fig. 9).

The presence of the dinoflagellate *Ceratium breve* v. *parallelum* Jörgensen, an indicator of SEW, was recorded south of Pimentel (10 nm) and off Malabrigo within 50 nm.

It was also determined the presence of *Tripos praelongus* Gómez, an indicator of SSW, off Malabrigo (45 nm) and *C. brief*, an indicator of SEW, which was producing mixing waters (SEW+SSW). Meanwhile, SSW remained outside 50 nm.

Nonetheless, the dinoflagellate *Protoperidinium obtusum* (Karsten), an indicator of Cold Coastal Waters (CCW), was distributed along the coast within 40 nm and show a greater incidence between Pisco - Punta Infiernillos and off Callao.

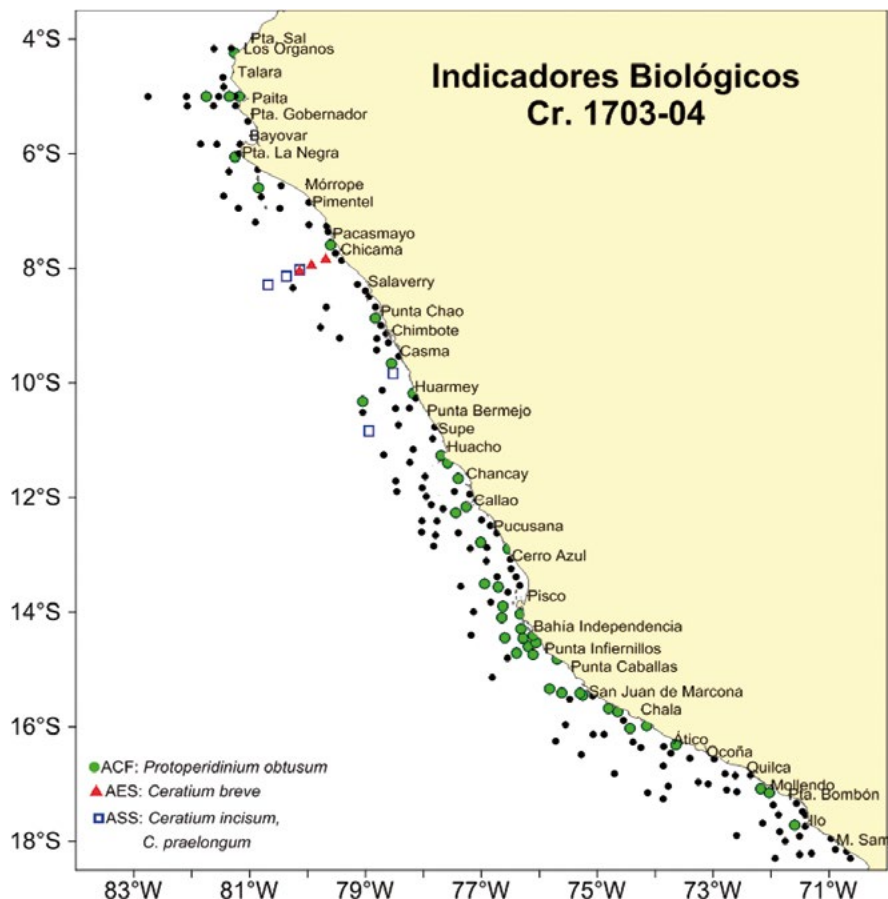


Figura 9.- Distribución de indicadores biológicos de masas de agua en superficie

Figure 9. Distribution of surface biological indicators of water masses

4. DISCUSIÓN

Las condiciones oceanográficas superficiales del mar peruano durante el verano 2017 mostraron predominio de masas de aguas cálidas de 24 a 26 °C al sur de Callao y de 24 a 27 °C entre Punta Bermejo-Chimbote. Al sur de Pisco se registraron anomalías negativas de la temperatura superficial del mar dentro de las 10 mn, debido a los procesos de afloramiento y a la mayor descarga de los ríos y, hacia el norte las masas de agua: ACF entre Huacho y Callao hasta 40 mn de la costa, ASS fueron dominantes entre Casma y Punta Bermejo, aguas de mezcla (ACF y ASS) frente a Salaverry y las AES se encontraron hasta 15 mn de Mórrope y por fuera de 30 mn entre Punta La Negra y Talara (IMARPE 2017).

Situación diferente a lo encontrado durante el verano 2016, después de El Niño 2015-2016 catalogado como fuerte, la recuperación fue bastante rápida con parámetros ambientales casi cercanos a la normalidad en mayo y junio (Comunicado ENFEN N° 03-2016).

4. DISCUSSION

The surface oceanographic conditions of the Peruvian sea in summer 2017 showed a predominance of warm water masses of 24 to 26 °C south of Callao and 24 to 27 °C between Punta Bermejo-Chimbote. Towards the south of Pisco, there were negative sea surface temperature anomalies within 10 nm, due to upwelling processes and the greater discharge of rivers and, towards the north, water masses were the following: CCW between Huacho and Callao up to 40 nm from the coast, SSW were dominant between Casma and Punta Bermejo, mixing waters (CCW and SSW) off Salaverry, and SEW were found up to 15 nm of Mórrope and outside 30 nm between Punta La Negra and Talara (IMARPE 2017).

The situation was different to the one found in summer 2016, after the El Niño 2015-2016, which was cataloged as strong, the recovery was quite rapid with environmental parameters almost close to normal in May and June (Communiqué ENFEN N° 03-2016).

El estudio verificó la influencia de El Niño Costero 2017, que por sus condiciones cálidas tuvo repercusión en la disminución del volumen promedio de plancton (<1,0 mL.m⁻³). Escenario similar se observó durante el verano 2015 y 2016 en los perfiles de Paita y Chicama cuando los promedios fueron menores de 0,57 y 0,53 mL.m⁻³, respectivamente (observaciones personales).

Se tiene conocimiento que, desde 1999 se ha iniciado un cambio de régimen denominado período cálido observado en otros ecosistemas (BOND *et al.* 2003), el mismo que podría estar desarrollándose en el ecosistema de Humboldt porque, al comparar la serie de la variación interanual del volumen promedio de plancton durante los veranos (Fig. 10) en el período 2000-2017 se estimó que 89% presentaron valores menores a 1,0 mL.m⁻³ debido a la persistencia de varios eventos EL Niño durante ese período (DELGADO *et al.* 2001, DELGADO *et al.* 2004, DELGADO y CHANG 2009, DELGADO *et al.* 2015, DELGADO y CHANG 2015). Dentro de este rango resaltó el promedio más bajo de 0,27 mL.m⁻³ debido a El Niño 2015-16 (SÁNCHEZ *et al.* 2017), concentración muy cercana a lo obtenido en El Niño 1982-1983 (ROJAS DE MENDIOLA *et al.* 1985). Excepto en los veranos de 2014 y 2016 cuando alcanzaron un valor promedio máximo, ambos años con 1,1 mL.m⁻³ (SÁNCHEZ *et al.* 2017) y cuya abundancia estuvo representada por el grupo del microzooplancton y fitoplancton, respectivamente.

The survey verified the influence of the El Niño Costero 2017, which due to its warm conditions had an impact on the decrease in the mean plankton volume (<1.0 mL.m⁻³). A similar scenario was observed in summer 2015 and 2016 in the Paita and Chicama profiles when the averages were less than 0.57 and 0.53 mL.m⁻³, respectively (personal remarks).

We are aware that, since 1999, a regime change called warm period, as observed in other ecosystems (BOND *et al.* 2003) has begun. This regime could be developing in the Humboldt ecosystem because when comparing the series of the interannual variation of mean plankton volume during summers in the 2000-2017 period (Fig. 10). It was estimated that 89% had values lower than 1.0 mL.m⁻³ due to the persistence of several El Niño events throughout this period (DELGADO *et al.* 2001, DELGADO *et al.* 2004, DELGADO & CHANG 2009, DELGADO *et al.* 2015, DELGADO & CHANG 2015). In this range, the lowest mean was 0.27 mL.m⁻³ due to the El Niño 2015-16 (SÁNCHEZ *et al.* 2017), a concentration which is very close to that obtained in the El Niño 1982-1983 (ROJAS DE MENDIOLA *et al.* 1985). We have as an exception the summer 2014 and 2016, when concentrations reached a maximum mean value, both years with 1.1 mL.m⁻³ (SÁNCHEZ *et al.* 2017) and whose abundance was represented by the group of microzooplankton and phytoplankton, respectively.

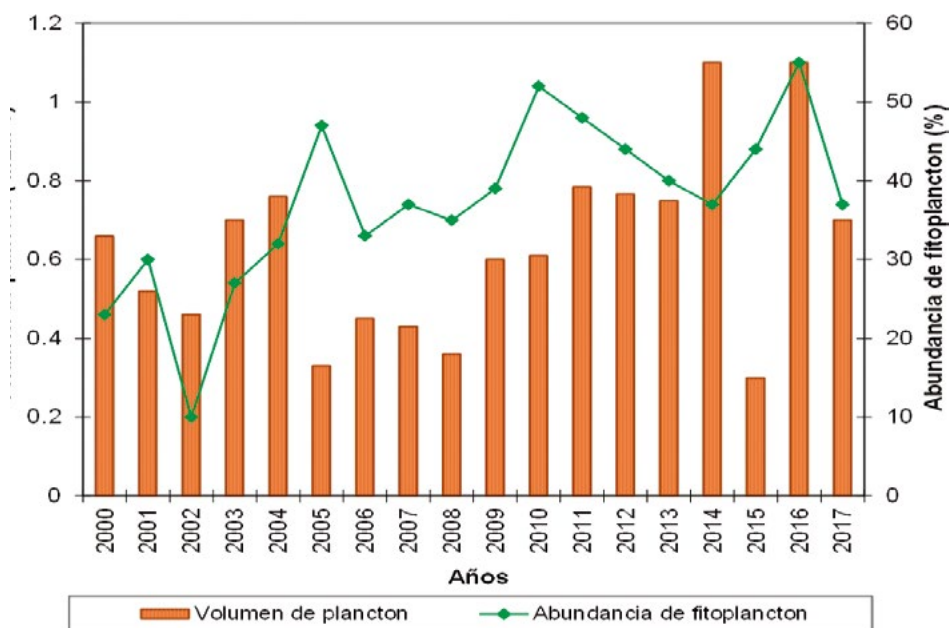


Figura 10.- Variación interanual del volumen de plancton y abundancia relativa de fitoplancton en verano (%) durante el período 2000-2017

Figure 10. Interannual variation in plankton volume and relative abundance of phytoplankton in summer (%) during the period 2000-2017

Como respuesta a este cambio de régimen, también la abundancia relativa del fitoplancton en término porcentual durante los veranos, presentaron cambios, apreciándose que en este período (2000 - 2017) fueron menores al 50% y sólo el 2016 superó al 50%, cuando alcanzó el valor de 53%.

Acerca de la variación del volumen de plancton según los grados latitudinales, se apreció que, tanto en el verano 2015 como en el 2017, presentaron valores menores a $1,0 \text{ mL.m}^{-3}$ entre 4 y 15°S , siendo solo diferente en el verano 2017 cuando entre 16 y 17°S se incrementó hasta $2,7 \text{ mL.m}^{-3}$ y estuvo distribuido entre 30 y 60 mn . Situación que se diferencia de lo encontrado para el 2016 cuando las concentraciones fueron mayores a $1,0 \text{ mL.m}^{-3}$ (SÁNCHEZ *et al.* 2017).

A pesar de las condiciones oceanográficas adversas para el desarrollo del fitoplancton se presentaron abundancias relativas considerables de esta comunidad al sur de Mórrope, siendo las diatomeas neríticas y de afloramiento las principales componentes en la zona costera (20 mn). Al norte de Mórrope la abundancia estuvo representada por especies de aguas cálidas distribuidas hasta 50 mn . Situación que difiere sustancialmente de lo observado en el verano 2016, cuando el fitoplancton estuvo caracterizado por abundancia de especies de alta tasa de crecimiento pertenecientes a la primera etapa de la sucesión fitoplanctónica y dentro de las 40 mn a lo largo del litoral hasta los 17°S , extendiéndose frente a Paita y Chicama hasta aproximadamente 80 mn donde la abundancia fue representada por *Chaetoceros* spp. y *Skeletonema costatum*.

En los veranos del 2016 y 2017, se registró alta riqueza de especies termófilas del grupo de diatomeas y de dinoflagelados, especies que caracterizaron estos períodos cálidos. En los dos últimos veranos, los dinoflagelados de distribución cosmopolita (*Protoperdinium depressum* Balech y *Tripos fusus* var. *fusus* Dujardin) presentaron mayores abundancias relativas.

Por otro lado, a 10 m de profundidad, las condiciones cálidas propias de El Niño Costero habrían incidido en la disminución de las densidades celulares, menor número de especies de fitoplancton en las principales áreas de

In response to this regime change, the relative abundance of phytoplankton in percentage terms (%) during the summers also showed changes, which was observed in this period (2000 - 2017) and it was lower than 50% and only in 2016 it exceeded 50%, when it reached the value of 53%.

Regarding the variation in plankton volume, based on latitudinal degrees, it was observed that in both summer 2015 and 2017, it presented values lower than 1.0 mL.m^{-3} between 4 and 15°S , in both years, although it was only different in summer 2017 when, between 16 and 17°S , it increased to 2.7 mL.m^{-3} and it was distributed between 30 and 60 nm . This is different from what was found in 2016 when concentrations were greater than 1.0 mL.m^{-3} (SÁNCHEZ *et al.* 2017).

Despite the adverse oceanographic conditions for the development of phytoplankton, there were considerable relative abundances of this community south of Mórrope, where neritic and upwelling diatoms were the main components in the coastal zone (20 nm). Towards the north of Mórrope, abundance was represented by warm water species distributed up to 50 nm . This scenario is substantially different from what was observed in summer 2016, when phytoplankton was characterized by an abundance of high growth rate species in the first stage of phytoplankton succession and within 40 nm along the coast until 17°S , which extended off Paita and Chicama to approximately 80 nm where abundance was represented by *Chaetoceros* spp. and *Skeletonema costatum*.

In summer 2016 and 2017, there was a high richness of thermophilic species of the group of diatoms and dinoflagellates, which characterized these warm periods. In the last two summers, dinoflagellates of cosmopolitan distribution (*Protoperdinium depressum* Balech and *Tripos fusus* var. *fusus* Dujardin) presented greater relative abundances.

Moreover, at a depth of 10 m , the warm conditions typical of the El Niño Costero would have influenced the decrease in cell densities, a lower number of phytoplankton species in the main upwelling areas and the evident

afloramiento y el evidente incremento del grupo de fitoflagelados para el verano 2017 comparadas con el verano del 2004 (DELGADO *et al.* 2015).

En el verano del 2017, *Protoperidinium obtusum* indicador de ACF, mostró distribución restringida dentro de las 40 mn, principalmente al sur del litoral, características muy similares registradas para el verano del 2016 cuando el indicador de ASS estuvo distribuido desde Paita hasta Pucusana por fuera de las 50 mn, características que no fueron registradas para el verano del 2017, donde solo se detectó entre Chicama y Punta Bermejo por fuera de las 60 mn, con acercamiento frente a Casma (dentro 30 mn).

5. CONCLUSIONES

Se verificó la influencia de El Niño Costero que, por sus condiciones térmicas de alta variabilidad tuvo repercusión en la disminución del volumen promedio de plancton y predominancia del fitoplancton a valores de $0,68 \text{ mL.m}^{-3}$ y 37%, respectivamente. El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los volúmenes promedio por áreas geográficas, siendo mayor en la zona sur.

La comunidad de fitoplancton presentó abundancias relativas altas al sur de Mórrope, siendo las diatomeas neríticas y de afloramiento las principales componentes replegadas a la zona costera (20 mn). Mientras que, al norte de Mórrope la abundancia estuvo representada por especies de aguas cálidas con distribución hasta las 50 mn. En los perfiles hidrográficos, esta comunidad presentó menor riqueza de especies pero fue evidente el incremento de las concentraciones celulares de fitoflagelados, que caracterizan a las masas de aguas cálidas.

Las condiciones ambientales fueron atípicas de la temporada; sin embargo, hubo un fuerte afloramiento en la zona costera que permitió que el indicador *Protoperidinium obtusum* de ACF haya sido registrado a lo largo del litoral y con mayor incidencia entre Pisco y Punta Infiernillos por lo que se podría asumir que el fitoplancton como alimento estaría ofreciendo una buena disponibilidad tanto en calidad como en cantidad para especies planctófagas.

increase in the group of phytoflagellates for summer 2017 when compared to summer 2004 (DELGADO *et al.* 2015).

Regarding the distribution of phytoplankton biological indicators for Summer 2017, CCW indicator showed a restricted distribution within 40 nm, mainly south of the coast, which was very similar to the characteristics recorded for Summer 2016. For this period, SSW indicator had a distribution from Paita to Pucusana outside 50 nm, characteristics that were not recorded for Summer 2017, where it was only detected between Chicama and Punta Bermejo outside 60 nm, showing an approximation off Casma (within 30 nm).

5. CONCLUSIONS

The influence of the El Niño Costero was verified, which, due to its high variability thermal conditions, had repercussions in the reduction of the mean plankton volume and predominance of phytoplankton to values of 0.68 mL.m^{-3} and 37%, respectively. ANOVA showed significant differences between the mean volumes by geographic areas, being higher in the southern zone.

The phytoplankton community presented significant relative abundances south of Mórrope, where neritic and upwelling diatoms were the main components restricted to the coastal zone (20 nm). Meanwhile, towards the north of Mórrope, abundance was represented by warm water species which were distributed up to 50 nm. In the hydrographic profiles, this community presented a lower species richness, but it was evident the increase in the cellular concentrations of phytoflagellates, which characterize the warm water masses.

The environmental conditions were atypical of the season. Nevertheless, there was a strong upwelling in the coastal zone that allowed that the CCW indicator, *Protoperidinium obtusum*, was registered along the coast and with a greater incidence between Pisco and Punta Infiernillos so it could be assumed that phytoplankton as food would be offering a good availability both in quality and quantity for planktophagous species.

Agradecimientos

Las autoras expresan su agradecimiento al Ing. Luís Pizarro por la contribución de los gráficos de los parámetros físicos y a la M. Sc. Marilú Bouchón por la revisión del presente artículo.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to Engineer Luís Pizarro for his contribution in making the graphs of the physical parameters and to MSc. Marilú Bouchón for the review of this article.

6. REFERENCIAS / REFERENCES

- CUPP E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps it. Oceangr. 5: 1 - 237.
- BOND N A, OVERLAND J E, SPILLANE M, STABBENO P. 2003. Recent shifts in the state of the North Pacific. Geophysical Research Letters, 30 (23): 2183.
- DELGADO E. 2018. Características del fitoplancton del mar peruano. Verano 2014, Crucero 1402-04. Bol Inst Mar Perú. 33(1): 65 - 72
- 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. 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. 2004. Fitoplancton del mar peruano durante el verano austral 2001. Inf Inst Mar Perú. 32(1): 1 - 28.
- 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.
- DELGADO E, VILLANUEVA P, CHANG F, FERNÁNDEZ C. 2001. El fitoplancton del mar peruano en el verano 2000. Inf Inst Mar Perú. 159: 85 - 98.
- ENFEN 2016. Comité Multisectorial de Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN). Comunicado Oficial ENFEN N° 03-2016. Estado del sistema de alerta: Alerta de El Niño Costero. 3 p.
- ENFEN 2017. Comité Multisectorial de Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN). Comunicado Oficial ENFEN N° 04-2017. Estado del sistema de alerta: Alerta de El Niño Costero. 3 p.
- HASLE G, SYVERTSEN 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 Lander Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. In: L. Rabenhorst (ed) Kryptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. 1 Teil. Akat. Verlagsges. Leipzig, Reprint Johnson Rep. Goop, N7w York. 1971: 920 pp.
- IBÁÑEZ F, SEGUIN G. 1992. Etude du cycle annuel du zooplancton d'Abidjan. Comparaison de plusieurs méthodes d'analyse multivariante: Composantes principaux, correspondances, coordonnés principales. Inv. Pesq. 36(1): 81 - 108.
- IMARPE 2017. Informe ejecutivo del crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos 1703-04.
- 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.
- ROJAS DE MENDIOLA B, OCHOA N, GÓMEZ O. 1985. Los dinoflagelados como indicadores biológicos de masas de agua. Fenómeno El Niño 1972. Mem. Seminario sobre Indicadores Biológicos del Plancton. Instituto del Mar del Perú-UNESCO: 54 - 73.
- SÁNCHEZ S, QUISPE J, MENDOZA J. 2017. Variabilidad del plancton y efectos de El Niño y La Niña sobre el fitoplancton 2013-2016. Inf Inst Mar Perú. 44(1): 14 - 19.
- SCHILLER J. 1971. Dinoflagellatae (Peridinea) in monographischer Behandlung. 1 Teil. In: 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* (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.
- THRÖNDSSEN J. 1978. Preservation and storage. In: A. Sournia (Ed.) Phytoplankton manual. UNESCO, Paris. 69 - 74 pp.
- 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. 7 - 145 pp.
- UTERMÖHL H. 1958. Zur Vervollkommnung der Quantitativen Phytoplankton methodik Mitt. Inter. Ver. Limnol. 9: 1 - 38.
- ZAR J H. 1997. Biostatistical Analysis. Prentice Hall England Wood Clips N. Jersey. 718 pp.

CARACTERÍSTICAS DE IRRADIANCIA ESPECTRAL DEL MAR Y DE LA ZONA COSTERA DE MOQUEGUA Y TACNA DURANTE SETIEMBRE 2017

CHARACTERISTICS OF THE SPECTRAL IRRADIANCE IN THE SEA AND COASTAL AREAS OF MOQUEGUA AND TACNA IN SEPTEMBER 2017

Carlos Paulino¹Piero Villegas¹Mario Polar¹

RESUMEN

PAULINO C, VILLEGAS P, POLAR M. 2019. *Características de irradiancia espectral del mar y de la zona costera de Moquegua y Tacna durante setiembre 2017*. Bol Inst Mar Perú. 34(1): 80-90.- Se efectuó un análisis de firmas espectrales colectadas en mar, muestras de sedimentos de fondo marino y de rocas expuestas en playa con el espectroradiómetro Apogee PS-100. El propósito fue identificar características espectrales del ambiente marino. La respuesta espectral de las estaciones en mar estuvo en función del contenido de partículas en suspensión como sedimentos, organismos biológicos (microalgas) e intensidad de radiación solar al momento del registro de la información. Mayores valores de irradiancia se detectaron en las estaciones M-03 (0,069), M-04 (0,122) y M-05 (0,197) watts/m², que coincidieron con incremento de concentración de clorofila-a satelital en cada estación. Se identificó la respuesta espectral de la composición de las rocas expuestas y de pequeñas piedras que caracterizan la playa Escoria en Ilo. En rocas negras se detectó alta absorción y baja irradiancia (<0,04 watts/m²) en todo el rango del espectro, rocas de color ocre presentaron mayor irradiancia entre 600 y 800 nm (0,14 watts/m²) indicando contenido mineral. Rocas con organismos algales verdes mostraron mayor irradiancia 485 nm (0,30 watts/m²) y máxima absorbancia en los 550 nm. Las firmas espectrales de muestras de sedimentos de fondo presentan similar respuesta espectral debido a que contienen diferentes porcentajes del mismo contenido de sedimentos y de organismos biológicos.

PALABRAS CLAVE: irradiancia, espectrorradiómetro, TeraScan, Perú

ABSTRACT

PAULINO C, VILLEGAS P, POLAR M. 2019. *Characteristics of the spectral irradiance in the sea and coastal areas of Moquegua and Tacna in September 2017*. Bol Inst Mar Peru. 34(1): 80-90.- An analysis of the spectral signatures collected at sea, samples of marine bottom sediments and exposed rocks on the beach with the Apogee PS-100 spectroradiometer, was carried out. The purpose was to identify the spectral characteristics of the marine environment. It was evidenced that the spectral response of marine stations was related to the content of suspended particles such as sediments, biological organisms (microalgae) and intensity of solar radiation at the moment of recording the information. Higher irradiance values occurred at stations M-03 (0.069), M-04 (0.122) and M-05 (0.197) watts/m², which coincided with an increase in the satellite chlorophyll-a concentration in each station. The spectral response of the composition of the exposed rocks and small stones that characterize the Escoria beach in Ilo was identified. The black rocks showed high absorption and low irradiance (<0.04 watts/m²) over the entire spectrum range, the ocher-colored ones showed higher irradiance between 600 and 800 nm (0.14 watts/m²) indicating mineral content. Rocks containing green algal organisms showed higher irradiance 485 nm (0.30 watts/m²) and a maximum absorbance at 550 nm. The spectral signatures of the bottom sediment samples have a similar spectral response because they contain different percentages of the same content of sediments and biological organisms.

KEYWORDS: irradiance, spectroradiometer, TeraScan, Peru

1. INTRODUCCIÓN

El uso de imágenes satelitales junto con información recopilada en campo a través de equipos espectrorradiómetros, permite realizar investigaciones sobre propiedades ópticas de los objetos a través de la medición de su irradiancia y reflectancia. La importancia de estos equipos es que permite generar librerías espectrales *in situ* para una posterior validación de eventos biológicos como concentración de clorofila-a y mareas rojas que son registrados

1. INTRODUCTION

The use of satellite images combined with on-site information collected via spectrum radiometer equipment allows research on the optical properties of objects by measuring their irradiance and reflectance. This equipment is important since it allows to generate *in situ* spectral archives for later validation of biological events such as chlorophyll-a concentration and red tides that are registered in the satellite images with the information collected on site.

1 IMARPE, DGIHSA, Área Funcional de Sensoramiento Remoto, Av. Argentina 2245-Callao, Perú, mail: cpaulino@imarpe.gob.pe

2 IMARPE, DGIA, Área Funcional de Investigaciones Marino Costeras, Esquina Gamarra y General Valle S/N, Chucuito, Callao

en las imágenes satelitales con la información colectada en campo.

Los cuerpos reflejan o emiten flujos energéticos bajo forma de radiación. La variación relativa de la energía reflejada o emitida en función de la longitud de onda constituye lo que se denomina su firma espectral (SOBRINO et al. 2000). De acuerdo a MEER & JONG (2002) el espectro de reflectancia de la vegetación verde muestra picos de absorción de alrededor de 420 nm (violeta), 490 nm (azul) y 660 nm (rojo) los cuales son causados por una fuerte absorción de la clorofila.

La espectroradiometría es cada vez más utilizada en aplicaciones en el mar, como en el estudio de mareas rojas, permitiendo desarrollar métodos como el Índice de marea roja (RI) propuesto por AHN & SHANMUGAM (2006), en el que se utilizó información bio-óptica *in situ*, imágenes satelitales SeaWiFS y datos colectados con el espectroradiómetro ASD FieldSpec Pro Dual VNIR.

La *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) desarrolló investigaciones sobre las propiedades ópticas inherentes al océano a través de imágenes satelitales a partir de las cuales se implementó el Modelo Global Generalizado de Propiedades Ópticas Inherentes (GIOP siglas en inglés) cuyo algoritmo determina coeficientes de absorción marina y de retro dispersión espectral para los constituyentes de la columna de agua (Material Orgánico Disuelto Coloreado - CDOM) y partículas de algas, con el propósito de estimar la ocurrencia de floraciones algales.

Esta investigación tuvo el objetivo de describir y analizar las características de irradiancia y la firma espectral del agua superficial del mar como base de investigaciones en características ópticas del mar peruano. Así como, relacionar los resultados con información de concentración de clorofila-a del satélite Aqua-Modis y NPP-VIIRS e imágenes del satélite Sentinel-2.

El registro de las firmas espectrales del agua de mar y del litoral costero se obtuvo durante la ejecución del proyecto "Determinación del estado, presión y respuesta ambiental en la zona marino costera de Ilo", el cual estuvo a cargo del Área Funcional de Investigaciones Marino Costera (AFIMC) del Instituto del Mar del Perú y que abarcó la zona marino costera de los departamentos de Moquegua y Tacna, del 12 al 15 setiembre 2017.

Bodies reflect or emit energy flows in the form of radiation. The relative variation of reflected or emitted energy as a wavelength constitutes what is called their spectral signature (SOBRINO et al. 2000). According to MEER & JONG (2002), the reflectance spectrum of green vegetation shows absorption peaks of around 420 nm (violet), 490 nm (blue) and 660 nm (red) which are caused by a strong absorption of chlorophyll.

Spectroradiometry is increasingly used in marine applications such as the study of red tides, allowing the development of methods such as the Red Tide Index (RI) proposed by AHN & SHANMUGAM (2006), which used *in situ* bio-optical information, SeaWiFS satellite images and data collected with the ASD FieldSpec Pro Dual VNIR spectroradiometer.

In order to estimate the occurrence of algal blooms, the National Aeronautics and Space Administration (NASA) developed research on the optical properties inherent to the ocean through satellite images, implementing the Global Generalized Model of Inherent Optical Properties (GIOP). The algorithm determines coefficients of marine absorption and retro-spectral dispersion for the constituents of the water column (Organic Dissolved Organic Material - CDOM) and algae particles.

As a research base in optical characteristics of the Peruvian sea, this investigation had the objective of describing and analyzing the irradiance characteristics and the spectral signature of the surface water of the sea, relating the results with chlorophyll-a concentration information of the Aqua-Modis satellite and NPP-VIIRS and images from the Sentinel-2 satellite.

The registration of spectral signatures of seawater and coastline was obtained during the execution of the project "Determination of the status, pressure and environmental response in the coastal marine area of Ilo", in charge of the Marine Coastal Research Functional Area (AFIMC in Spanish) of the Instituto del Mar del Perú (Alternative: Peruvian Marine Research Institute) covering the coastal marine zone of the Moquegua and Tacna regions, from 12 to 15 September 2017.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El registro de firmas espectrales se realizó en cinco estaciones de muestreo en mar (Tabla 1) en el área comprendida desde Puerto Grau hasta Punta Picata en la zona costera de Tacna (Fig. 1), a bordo de la embarcación artesanal “Huascar”. Mientras que los registros en el litoral se hicieron en la playa Escoria y en la desembocadura de la playa Boca de Río en Ilo. Se registró en laboratorio la firma espectral de muestras de sedimentos de fondo marino.

Para el registro de firmas espectrales se utilizó el espectro-radiómetro Apogee modelo PS-100 que mide la radiancia, reflectancia o transmitancia y la absorbancia de cualquier objeto en un rango de longitud de onda de 350 a 1000 nm. El PS-100 es un equipo que se utiliza principalmente en agricultura, en este caso, se hicieron mediciones en el mar para iniciar investigaciones en espectro-radiometría del océano.

2. MATERIAL AND METHODS

Spectral signatures were recorded at five sampling stations at sea (Table 1) aboard the artisanal vessel “Huascar”, in the area from Puerto Grau to Punta Picata in the coastal zone of Tacna (Fig. 1). The coastal records were made at Escoria beach and the mouth of Boca de Río beach in Ilo. The spectral signature of seabed sediment samples was registered in the laboratory.

The Apogee PS-100 spectroradiometer was used to record spectral signatures. It measures the radiance, reflectance or transmittance, and the absorbance of any object in a wavelength range of 350 to 1000 nm. The PS-100 is an equipment that is mainly used in agriculture; in this case, measurements were made at sea to initiate surveys in ocean spectroradiometry.

Tabla 1.- Estaciones de muestreo en mar y línea de playa

Table 1. Sampling stations at sea and beachline

Estación	Componente	Latitud (S)	Longitud (W)
M-01	Mar	17°58'43,2"	70°53'57,08"
M-02	Mar	17°57'33,1"	70°56'41,66"
M-03	Mar	17°54'37,4"	71°00'43,17"
M-04	Mar	17°54'32,0"	71°03'31,87"
M-05	Mar	17°52'23,8"	71°06'15,05"
P-01	Playa Escoria	17°28'51,2"	71°21'59,2"
P-02	Playa Boca de Río	17°37'19,2"	71°20'32,6"

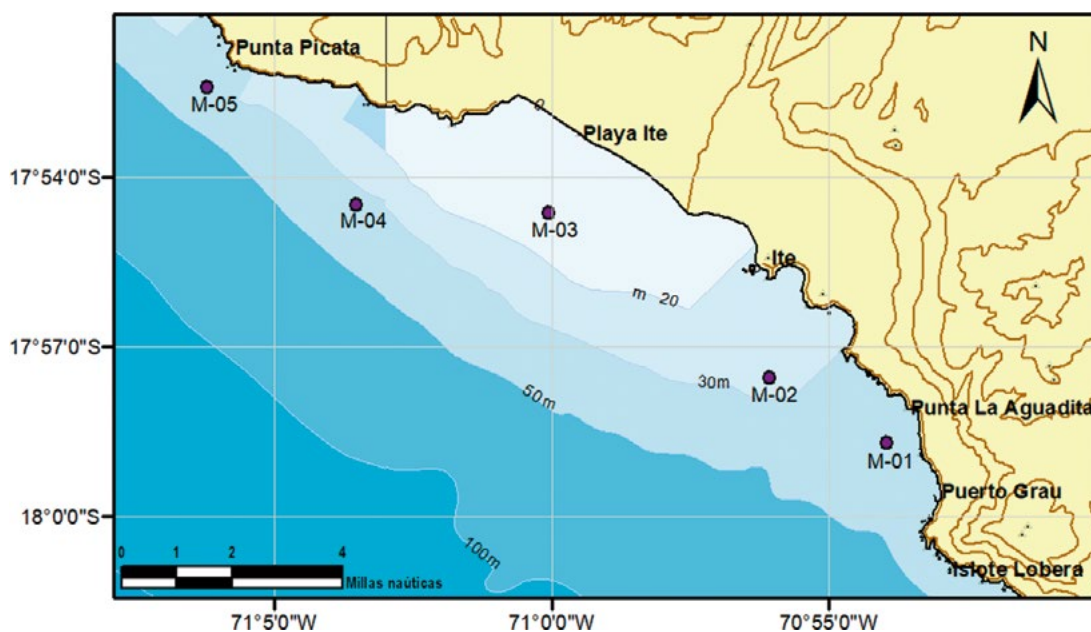


Figura 1.- Mapa del área de estudio y de las estaciones de muestro en mar

Figure 1. Map of the survey area and sampling stations at sea

Se usaron imágenes de concentración de clorofila-a del satélite Aqua-Modis de 1 km de resolución espacial proveniente de la estación receptora TeraScan del IMARPE; imágenes de 4 km del proyecto *Ocean Biology Processing Group* (OBPG) de la NASA (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/l3>) e imágenes de falso color (RGB) del satélite Sentinel-2 del programa Copérnico de la Agencia Espacial Europea - ESA (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>) para contrastar el valor digital de la imagen y la firma espectral obtenida en campo de acuerdo a la Tabla 1, para identificar espacialmente las características de los objetos medidos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

MAR

El registro espectral del agua de mar, efectuado en cinco estaciones de muestreo en la zona marino costera de Tacna (M-01, M-02, M-03, M-04 y M-05), presentó diferentes valores de irradiancia en watts/m^2 , pero con un comportamiento espectral similar debido a que el agua de mar mostró casi la misma composición en cada estación de muestreo (Fig. 2).

La respuesta espectral del agua de mar a nivel superficial estuvo en función del contenido de partículas en suspensión como sedimentos,

We used chlorophyll-a concentration images from the Aqua-Modis satellite at a 1 km spatial resolution from IMARPE's TeraScan receiving station, 4 km images from NASA's Ocean Biology Processing Group (OBPG) project (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/l3>) and false color images (RGB) from the Sentinel-2 satellite of the European Space Agency - ESA Copernicus program (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>) to contrast the digital value of the image and the spectral signature obtained in situ according to Table 1, and spatially identify the characteristics of the measured objects.

3. RESULTS AND DISCUSSION

SEA

The spectral recording of seawater, carried out at five sampling stations in the coastal marine area of Tacna (M-01, M-02, M-03, M-04, and M-05), showed different irradiance values in watts/m^2 , but with similar spectral behavior because seawater showed almost the same composition at each sampling station (Fig. 2).

The spectral response of seawater at the surface level depended on the content of suspended particles such as sediments,

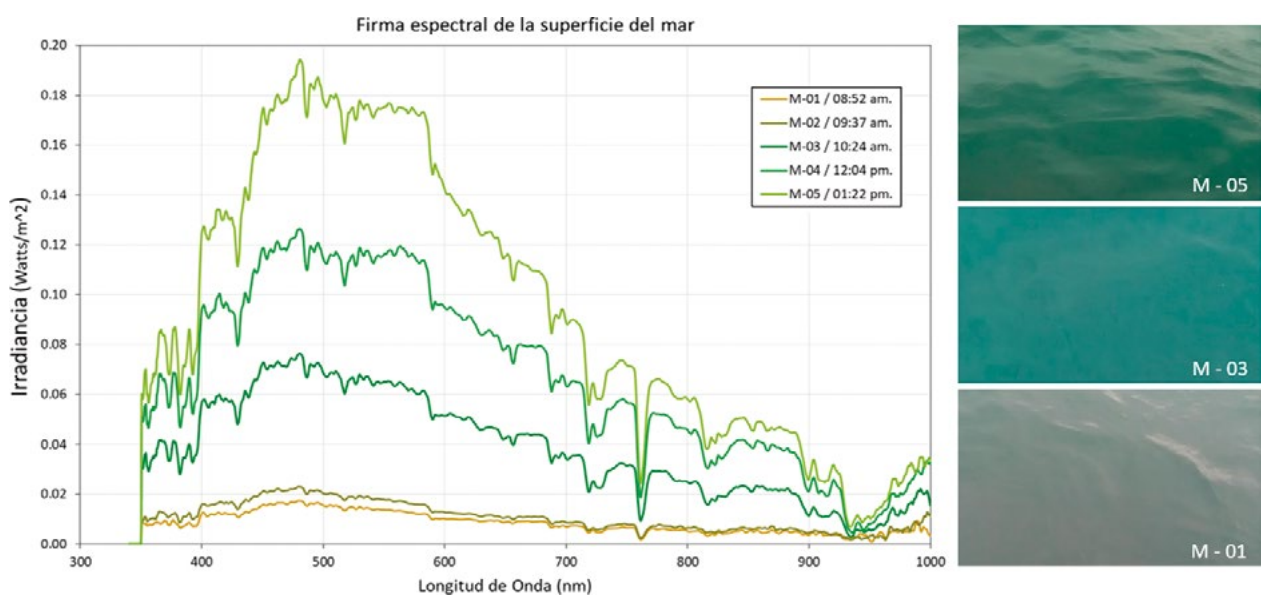


Figura 2.- Firmas espectrales de estaciones de muestro en mar

Figure 2. Spectral signatures of sampling stations at sea

organismos biológicos (fitoplancton), profundidad e intensidad de radiación solar al momento del registro. La descarga de agua del río Locumba en el mar incrementó el contenido de sólidos suspendidos en mayor proporción hacia el norte, marcando una diferencia entre las estaciones M-02 y M-03, tal como se observan en las imágenes RGB del Sentinel-2.

Las firmas espectrales de las estaciones M-01 y M-02 indican baja irradiancia debido al poco contenido de sedimentos y pigmentos, pero principalmente a que ambos muestreos se efectuaron entre las 8:30 y 9:40 horas, como se observa en la foto del lado inferior derecho (M-01) de la figura 2. Las estaciones M-03, M-04 y M-05 muestran mayor irradiancia entre los 450 y 600 nm (campo azul y verde del espectro visible) rango asociado a la firma espectral de pigmentos de clorofila-a.

El valor de irradiancia en todos los registros depende de la hora del día y la potencia incidente de energía recibida por unidad de superficie a lo largo del espectro electromagnético. La Tabla 2 muestra el valor en watts/m² y porcentaje de irradiancia espectral por cada 100 nm, desde 400 hasta 1100 nm. Las estaciones M-01 y M-02 presentaron los valores más bajos de irradiancia debido a que se colectaron a tempranas horas del día (entre 8:00 y 9:00 horas) y con menor radiación solar, mientras que las estaciones M-04 y M-05 presentaron valores más altos ante la mayor radiación solar detectada a las 12:00 y 13:00 horas.

biological organisms (phytoplankton), depth and intensity of solar radiation at the recording time. The water discharge from the Locumba river increased the content of suspended solids in greater proportion towards the north, marking the difference between stations M-02 and M-03, as seen in the Sentinel-2 RGB images.

The spectral signatures of stations M-01 and M-02 indicate a low irradiance due to the poor content of sediments and pigments, but mainly to the fact that both samplings were carried out between 8:30 and 9:40 am, as we can see in the photo on the lower right side (M-01) of figure 2. Stations M-03, M-04 and M-05 show a higher irradiance between 450 and 600 nm (blue and green field of the visible spectrum) range that is associated with the spectral signature of chlorophyll-a pigments.

The irradiance value in all registers depends on the time-of-day and the incident power of energy received per surface unit throughout the electromagnetic spectrum. Table 2 shows the value in watts/m² and the percentage of spectral irradiance per 100 nm, from 400 to 1100 nm. Stations M-01 and M-02 presented the lowest values of irradiance because they were collected early in the day (between 8:00 and 9:00 am) and with less solar radiation, while stations M-04 and M-05 presented higher values due to the higher solar radiation detected at 12:00 and 13:00 pm.

Tabla 2.- Valor y porcentaje de irradiancia solar de la superficie del mar a diferentes rangos del espectro electromagnético

Table 2. Value and percentage of solar irradiance from the sea surface at different ranges of the electromagnetic spectrum

	400-500 nm	500-600 nm	600-700 nm	700-800 nm	800-900 nm	900-1100 nm	Irradiancia total Total irradiance (watts/m ²)
M-01	1,443 18,8% A	1,336 17,5% A	0,896 11,7% B	0,581 7,6% C	0,472 6,2% C	2,927 38,2% D	7,655
M-02	1,919 20,7% A	1,732 18,7% A	1,092 11,8% B	0,696 7,5% C	0,587 6,3% C	3,251 35,0% D	9,277
M-03	6,548 24,0% B	6,291 23,0% A	4,454 16,3% A	2,767 10,1% B	2,076 7,6% B	5,169 18,9% A	27,3
M-04	10,82 24,2% B	11,24 25,1% B	8,117 18,1% A	5,082 11,4% A	3,756 8,4% B	5,716 12,8% A	44,74
M-05	15,81 25,4% B	17,08 27,4% B	11,68 18,8% A	6,595 10,6% B	4,597 7,4% C	6,535 10,5% B	62,31

Tabla 3.- Concentración de clorofila-a en estaciones de muestreo (mg/m³)

Table 3. Chlorophyll-a concentration at sampling stations (mg/m³)

	Estaciones/Stations				
Satélite/Sensor	M-01	M-02	M-03	M-04	M-05
Satellite/Sensor					
Aqua Modis - 1km	11,7537	5,5398	63,6321	13,3122	21,169
Aqua Modis - 4km	No data	No data	16,9613	8,3865	No data
NPP VIIRS - 4Km	No data	No data	8,4446	6,9198	No data

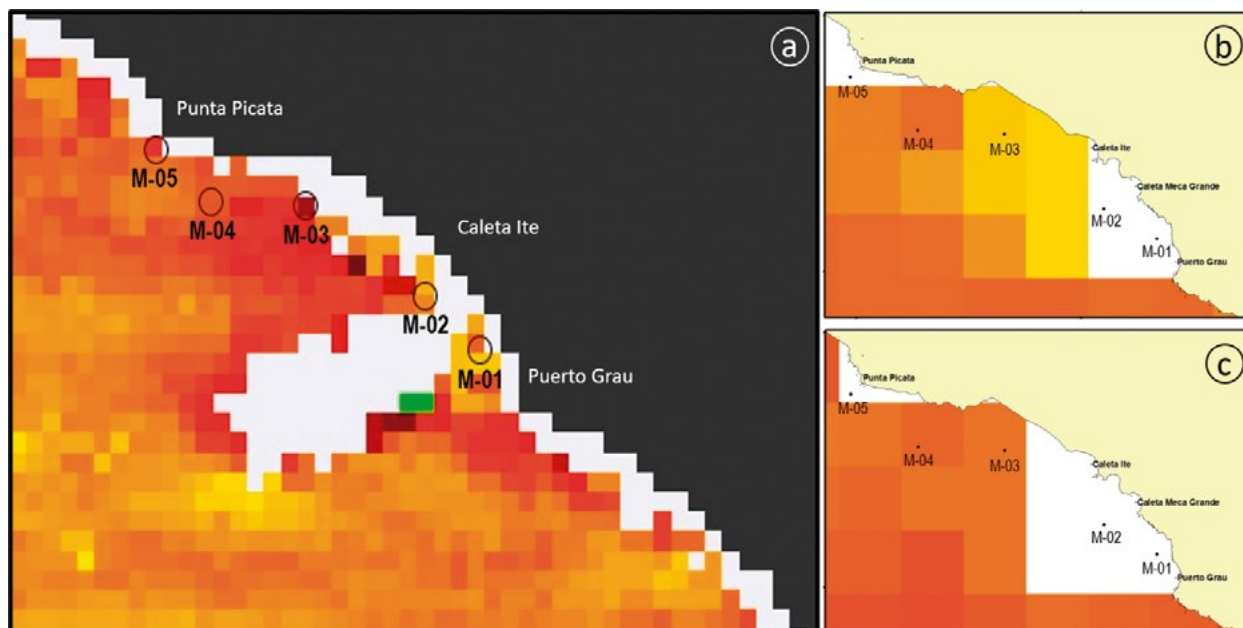


Figura 3.- Imágenes de concentración de clorofila-a del 10 setiembre 2017, a) satélite Aqua-Modis 1km, b) Aqua-Modis de 4 km y c) NPP-VIIRS de 4 km resolución espacial

Figure 3. Chlorophyll-a concentration images from 10 September 2017, a) Aqua-Modis 1km satellite, b) Aqua-Modis 4km, and c) NPP-VIIRS 4km spatial resolution

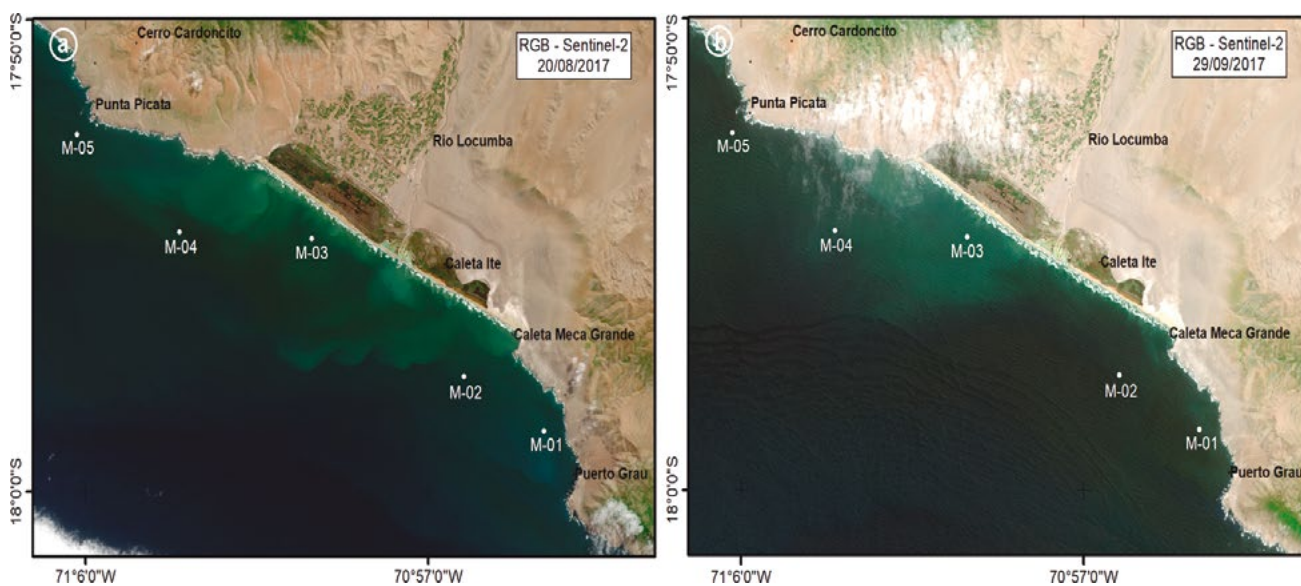


Figura 4.- Imágenes RGB de Sentinel-2 con estaciones de muestreo en mar. a) 20 agosto 2017, b) 29 setiembre 2017

Figure 4. RGB images from Sentinel-2 showing sampling stations at sea. a) 20 August 2017, b) 29 September 2017

La figura 3 muestra la concentración de clorofila-a (mg/m^3) del 10 de setiembre del 2017 a diferentes resoluciones espaciales. Con el satélite Aqua-Modis a 1 km (3a) se observa mayor clorofila-a en las estaciones M-03, M-04 y M-05 confirmando la respuesta espectral obtenida en cada estación en mar, tal como se observa en la figura 2 y en la Tabla 3. Si bien, la información satelital no corresponde al mismo día del registro de las firmas espectrales, debido a la cubierta nubosa que no permitió obtener información durante los días de la prospección, esta información permite contrastar la distribución espacial de la clorofila-a en dicha zona de estudio.

Las figuras 4a y 4b muestran distintas coloraciones del agua de mar captadas por el satélite Sentinel-2 durante días previos y posteriores a la prospección en el mar; en ambas imágenes la diferencia en el color del mar estaría asociada a la concentración de clorofila-a, que según la Tabla 3, son mayores en las estaciones M-03, M-04 y M-05 y también a los sedimentos en suspensión producto de la descarga del río Locumba y asociados a procesos físicos oceánicos. Estos resultados evidencian correspondencia entre las firmas espectrales de las estaciones muestreadas y las imágenes satelitales.

LITORAL COSTERO Y PLAYA

El borde costero de la zona norte de Ilo presenta, en su mayor parte, playas de cantos rodados, arenas y formaciones rocosas accidentadas en permanente estado de erosión causada por el oleaje marino.

Desde una imagen satelital las áreas rocosas muestran coloración oscura por que las playas son de arena negra; durante el recorrido se observó la presencia de rocas de coloración ocre y en pocos casos de rocas con alto recubrimiento de pequeñas algas verdes (Fig. 5).

A nivel de playa, se registraron las firmas espectrales de rocas de diferente color alrededor de la playa Escoria (Tabla 4). El registro de roca negra mostró alta absorción y baja irradiancia $<0,04 \text{ watts}/\text{m}^2$ en todo el rango del espectro analizado. La roca de coloración ocre presentó mayor irradiancia entre los 600 a 800 nm con valor máximo de $0,14 \text{ watts}/\text{m}^2$ en el rango del rojo al infrarrojo cercano. La roca con pigmentos

Figure 3 shows the chlorophyll-a concentration (mg/m^3) on September 10, 2017 at different spatial resolutions. With the Aqua-Modis satellite at 1 km (3a), greater chlorophyll-a is observed at stations M-03, M-04, and M-05, which confirms the spectral response obtained at each station at sea, as shown in Figure 2 and Table 3. Although the satellite information does not correspond to the same day as the recording of spectral signatures, due to the cloudy cover that did not allow us to obtain information on the days of prospecting, this information allows us to contrast the spatial distribution of chlorophyll-a in this study area.

Figures 4a and 4b show different colorations of seawater recorded by the Sentinel-2 satellite during the days before and after prospecting at sea. In both images, the difference in sea color would be associated with the concentration of chlorophyll-a, which according to Table 3 are greater in stations M-03, M-04 and M-05, and also with suspended sediments resulting from the discharge produced by the Locumba river and associated with oceanic physical processes. These results show the correspondence between the spectral signatures of the sampled stations and the satellite images.

COASTLINE AND BEACH

Most of the coastline in the northern part of Ilo has pebble beaches, sands and rugged rock formations in a permanent state of erosion caused by marine waves.

On a satellite image, the rocky areas show dark coloration since the beaches consist of black sand. During the walk, the presence of ochre-colored rocks was observed as well as, in a few cases, rocks with a high covering of small green algae (Fig. 5).

At beach level, spectral signatures from rocks of different color were recorded around Escoria beach (Table 4). The black rock record showed high absorption and a low irradiance $<0.04 \text{ watts}/\text{m}^2$ over the whole range of the analyzed spectrum. The ochre-colored rock showed higher irradiance between 600 and 800 nm with a maximum value of $0.14 \text{ watts}/\text{m}^2$ in the red to near-infrared range. The rock with green algae pigments exhibited the highest irradiance ($0.30 \text{ watts}/\text{m}^2$) between

algales verdes exhibió la mayor irradiancia (0,30 watts/m²) entre los 485 nm y máxima absorbancia entre los 500 a 600 nm (Fig. 6a).

De la misma manera, se obtuvo la firma espectral a nivel de playa en la desembocadura del río Ilo, cuyo valor máximo de irradiancia fue 0,17 watts/m² entre 450 a 700 nm, mostrando permanente absorbancia en todo el espectro (Fig. 6b) debido a las características de irradiancia del agua que al momento del registro presentó poca cantidad de agua y sin partículas de sedimento suspendidos. La firma espectral “rompiente de ola” obtenida en la playa Boca de Río corresponde al momento de rompimiento de la ola en la playa, cuyo valor de irradiancia máxima es de 0,67 watts/m² entre 400 a 480 nm, en tanto que la respuesta espectral entre los 700 a 900 nm es producto de la turbidez del agua por el transporte de partículas de sedimentos suspendidos en el agua.

485 nm and a maximum absorbance between 500 and 600 nm (Fig. 6a).

Similarly, a spectral signature was obtained at beach level at the mouth of the Ilo River, whose maximum irradiance value was 0.17 watts /m², between 450 and 700 nm, showing a permanent absorbance throughout the spectrum (Fig. 6b) due to the irradiance characteristics of the water which, at the recording time, showed little water and no suspended sediment particles. The spectral signature “breaking wave” which was obtained at the Boca de Río beach corresponds to the moment of breaking of the wave in the beach, whose value of maximum irradiance is 0.67 watts/m² between 400 and 480 nm, while the spectral response between 700 and 900 nm is a result of the turbidity of the water due to the transport of suspended sediment particles in the water.

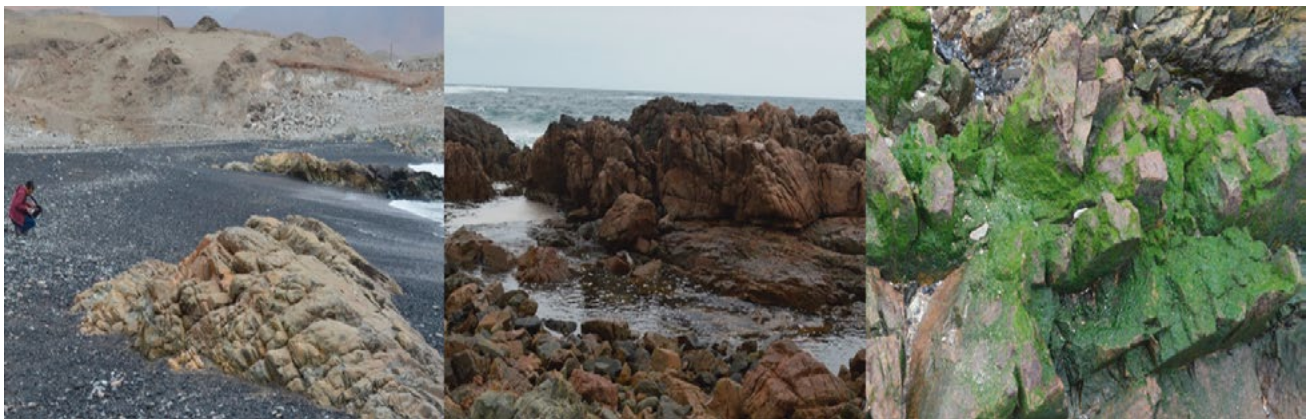


Figura 5.- Áreas rocosas con diferentes coloraciones: oscura por playas de arena negra; coloración ocre y rocas con recubrimiento de algas verdes, playa Escoria, Ilo

Figure 5. Rocky areas with different colorations: dark by black sand beaches; ochre coloration and rocks covered with green algae, Escoria beach, Ilo

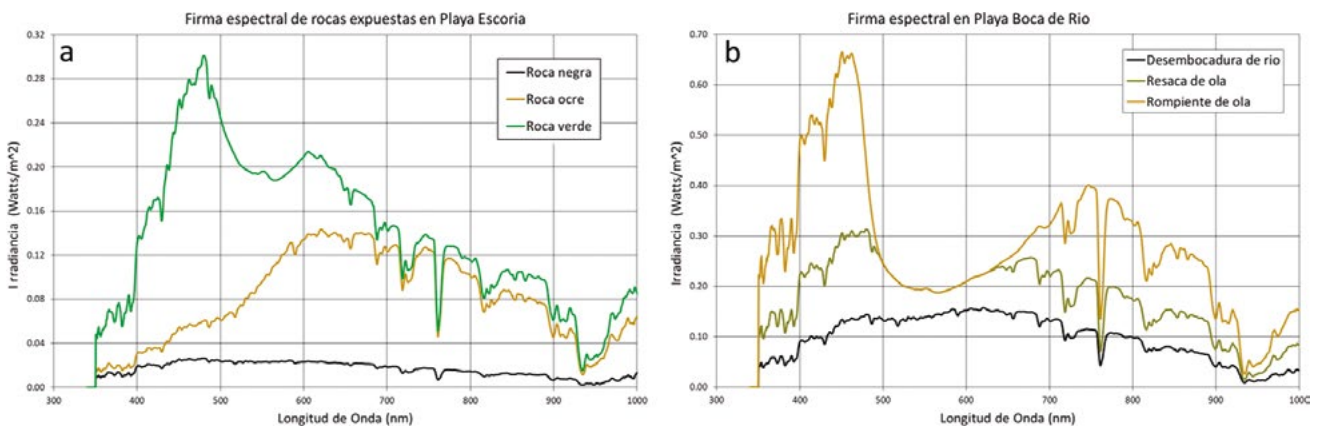


Figura 6.- a) Firma espectral de rocas de la playa Escoria, y b) Firma espectral de la playa Boca de Río

Figure 6. a) Spectral signature of Escoria beach rocks, and b) Spectral signature at Boca de Río beach

Tabla 4.- Valor y porcentaje de irradiancia solar de los tipos de roca de la playa Escoria

Table 4. Value and percentage of solar irradiance of the types of rock at Escoria beach

	400-500 nm	500-600 nm	600-700 nm	700-800 nm	800-900 nm	900-1100 nm	Irradiancia total Total irradiance (watts/m ²)
Roca negra	2,283	2,325	2,158	1,555	1,167	2,704	12,19
Black rock	18,7% A	19,1% A	17,7% A	12,8% A	9,6% A	22,2% B	
Roca ocre	4,79	9,674	13,53	11,01	7,998	12,3	59,31
Ocher rock	8,1% C	16,3% A	22,8% A	18,6% A	13,5% A	20,7% B	
Roca verde	22,56	20,14	18,36	12,25	9,761	17,16	100,3
Green rock	22,5% A	20,1% A	18,3% A	12,2% A	9,7% A	17,1% A	

Finalmente, el registro “resaca de ola” (que corresponde al momento en que la ola inicia el movimiento de retorno hacia el mar arrastrando menor cantidad de partículas de arena) mostró menor irradiancia (>0,32 watts/m²) en toda la longitud de onda; esta firma espectral es característica de aguas con sólidos suspendidos tal como refiere VELAOCHAGA *et al.* (2018). Por otra parte, se observó la superposición de las firmas espectrales de la “rompiente” y “resaca” de la ola entre 495 y 645 nm, que indica una misma respuesta espectral en dos momentos diferentes en el movimiento de una ola.

SEDIMENTOS DE FONDO DEL MAR

Los registros de la firma espectral de las muestras de sedimentos de fondo marino revelaron aproximación en sus valores de irradiancia a lo largo de la longitud de onda, cuyas características espectrales están en función del contenido de humedad, materia orgánica presente y diversidad de composición de las partículas.

La firma espectral de las muestras de sedimentos y organismos del fondo marino, tuvo características de baja irradiancia debido a que los registros se tomaron directamente de los frascos, los cuales contenían agua y solución preservante para su posterior análisis en laboratorio (Fig. 7a).

La composición de las muestras de sedimentos de fondo marino es diversa. La figura 7b corresponde a una muestra colectada entre 5 y 10 m de profundidad, observándose tubos de poliquetos con partículas adheridas, mientras que en la figura 7c se ve que la muestra está

Finally, the record “undertow” (which corresponds to the moment in which the wave initiates the return movement towards the sea dragging less amount of sand particles) showed less irradiance (>0.32 watts/m²) in all the wavelength; this spectral signature is characteristic of waters with suspended solids as described by VELAOCHAGA *et al.* (2018). Moreover, we observed the superposition of the “breaking wave” and “undertow” spectral signatures of the wave between 495 and 645 nm, which indicates the same spectral response at two different times in the movement of a wave.

SEABED SEDIMENTS

Spectral signature records of seabed sediment samples revealed an approximation in their irradiance values throughout the wavelength, whose spectral characteristics depend on moisture content, the presence of organic matter and particle composition diversity.

The spectral signature of sediment and seabed organisms’ samples had low irradiance characteristics due to the fact that the records were taken directly from the vials, which contained water and preservative solution for later laboratory analysis (Fig. 7a).

The composition of seabed sediment samples is diverse. Figure 7b corresponds to a sample collected at a depth of between 5 and 10 m, with polychaetes tubes with adhering particles, Figure 7c shows that the sample is composed

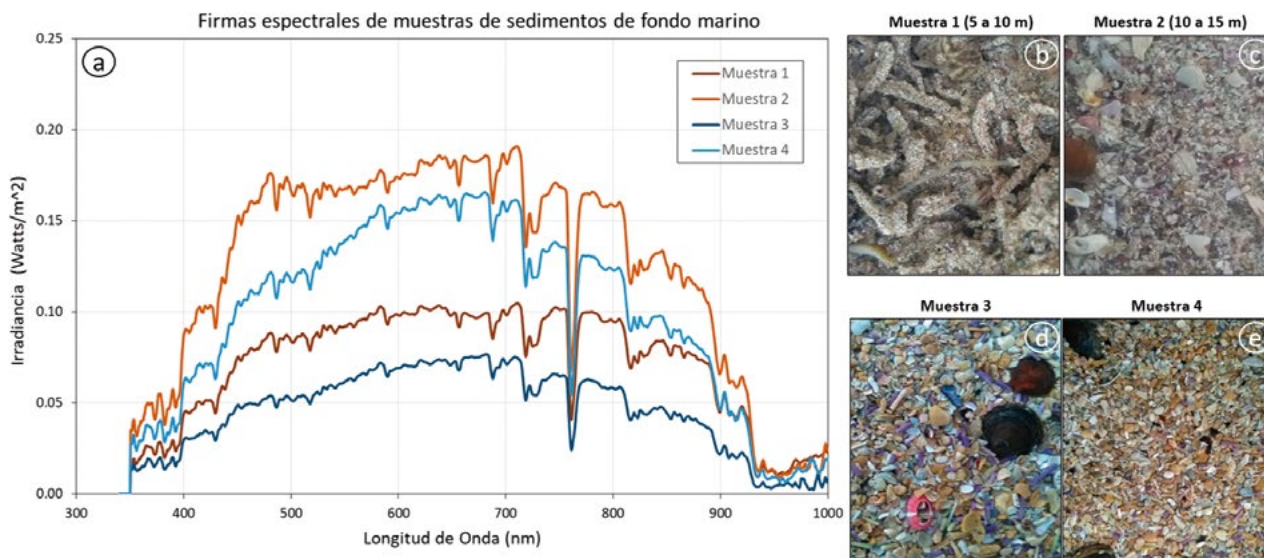


Figura 7.- Firmas espectrales de muestras de sedimentos de fondo marino
 Figure 7. Spectral signatures of seabed sediment samples

Tabla 5.- Valor y porcentaje de irradiancia solar en los tipos de rocas de la playa Escoria
 Table 5. Value and percentage of solar irradiance of the types of rocks at Escoria beach

	400-500 nm	500-600 nm	600-700 nm	700-800 nm	800-900 nm	900-1100 nm	Irradiancia total (watts/m²)
Muestra 1 (5-10 m)	6,766	9,223	9,866	9,275	7,713	5,133	47,97
Sample 1 (5-10 m)	14,1% A	19,2% A	20,6% A	19,3% B	16,1% B	10,7% B	
Muestra 2 (10-15 m)	13,58	16,81	18,01	15,84	12,17	7,305	83,73
Sample 2 (10-15 m)	16,2% A	20,1% A	21,5% A	18,9% B	14,5% A	8,7% C	
Muestra 3	4,297	6,122	7,223	6,034	4,305	2,654	30,63
Sample 3	14,0% A	20,0% A	23,6% B	19,7% B	14,1% A	8,7% C	
Muestra 4	9,406	13,78	15,93	12,87	8,99	5,443	66,42
Sample 4	14,2% A	20,8% A	24,0% B	19,4% B	13,5% A	8,2% C	

compuesta por partículas de diferente tamaño de composición biogénica, aparentemente carbonato. La figura 7d permite observar la muestra de partículas de origen biogénico conformadas por fragmentos de caparzones de moluscos, fragmentos de espículas de erizos y conchas de pelecípodos y finalmente en la figura 7e la muestra está compuesta por fragmentos más pequeños de partículas de origen biogénico y fragmentos de espículas de erizos y arena.

Las cuatro muestras tuvieron similar respuesta espectral dado que todas presentan diferentes porcentajes casi del mismo contenido. Sin embargo, la respuesta espectral de la muestra de fondo entre 5 y 10 m (7b) y la muestra 7d permiten advertir mayor cantidad de organismos biológicos, alcanzando ambos irradiancia hasta de 0,10 watts/m² entre 450 y 800 nm de longitud de onda.

of particles of different sizes of biogenic composition, seemingly carbonate. Figure 7d corresponds to samples of the biogenic particles sample composed by mollusk shell fragments, urchin spicules fragments, and pelecypod shells and finally, in figure 7e, the sample is composed by smaller fragments of biogenic particles and urchin and sand spicules fragments.

All four samples had similar spectral response since, they all present different percentages of almost the same content. However, the spectral response of the seabed sample between 5 and 10 m (7b) and the 7d sample allow us to detect more biological organisms, reaching both an irradiance of up to 0.10 watts/m² between 450 and 800 nm wavelength.

La alta cantidad de fragmentos particulados de origen biogénico que contiene la muestra colectada entre 10 y 15 metros de profundidad (7c) y la muestra (7e) presentan irradiancia hasta de 0,20 watts/m², lo que evidencia la diferencia entre la firma espectral entre organismos biológicos y sedimentos rocosos.

La Tabla 5 muestra el valor en watts/m² y porcentaje de irradiancia espectral por cada 100 nm desde 400 hasta 1100 nm.

4. CONCLUSIONES

Se evidenció un amplio rango de la irradiancia del agua de mar a diferentes horas del día, que van desde 0,01 hasta 0,20 watts/m². Esto indicaría que las diferencias de concentración de clorofila-a que muestran las imágenes satelitales entre un día y otro en una misma área dependen significativamente de la irradiancia reflejada, siendo importante la validación de la concentración de clorofila-a satelital, en la cual se consideren los registros de irradiancia espectral.

La firma espectral de los registros de sólidos suspendidos en mar a nivel de playa permitió identificar características propias de concentración de sedimentos de las olas, evidenciando la potencia del espectrorradiómetro PS-100. El agua clara sin sedimentos en suspensión presentó muy poca irradiancia <0,17 watts/m² como se observa en la figura 6b, mientras que el agua turbia generó altos valores de irradiancia por encima de los 700 nm.

Las imágenes satelitales de alta resolución espacial permiten observar contrastes en la coloración del mar a escala zonal, que indican la ocurrencia de procesos oceanográficos de micro escala temporalmente muy variables que solo son posibles de cuantificarse a través de la aplicación de la espectro radiometría como método de validación de la información satelital.

The high amount of particulate fragments of biogenic origin contained in the sample collected between a depth of 10 and 15 m (7c) and the sample (7e) show an irradiance of up to 0.20 watts/m², evidences difference between the spectral signature between biological organisms and rocky sediments.

Table 5 shows the value in watts/m² and the percentage of spectral irradiance per 100 nm from 400 to 1100 nm.

4. CONCLUSIONS

A wide range of seawater irradiance was evidenced at different times-of-day, ranging from 0.01 to 0.20 watts/m². This would indicate that the differences in chlorophyll-a concentration shown by satellite images between one day and another in the same area depend significantly on the reflected irradiance, being important the validation of the concentration of satellite chlorophyll-a, in which the spectral irradiance records are considered.

The spectral signature of the records of suspended solids in the sea at beach level made it possible to identify the characteristics of wave sediment concentration, thus demonstrating the power of the PS-100 spectroradiometer. The clear water without suspended sediments presented very little irradiance <0.17 watts/m² as can be seen in figure 6b, while the turbid water generated high values of irradiance above 700 nm.

Satellite images of high spatial resolution allow us to observe contrasts in the coloration of the sea at zonal scale, which indicate the occurrence of micro-scale oceanographic processes which are temporarily very variable and that can only be quantified through the application of radiometric spectrum as a method of validation of satellite information.

5. REFERENCIAS / REFERENCES

- AHN Y-H, SHANMUGAM P. 2006. Detecting the red tide algal blooms from satellite ocean color observations in optically complex Northeast-Asia Coastal waters. *Remote Sensing of Environment*. 103: 419 - 437.
- MEER F, JONG S. 2002. *Imaging Spectrometry. Remote Sensing and Digital Image Processing*. Kluwer Academic Publishers. 4: 111 - 197.
- SOBRINO J, RAISSOUNI N, KERR Y, OLIOSO A, LÓPEZ-GARCIA M, BELAID A, EL KHARRAZ H, CUENCA J, DEMPÈRE L. 2000. *Teledetección*. Servicio de Publicaciones Universidad de Valencia. 467 pp.
- 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. <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/l3> <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

CARACTERÍSTICAS DE EL NIÑO COSTERO 2017 MEDIANTE OBSERVACIÓN SATELITAL

CHARACTERISTICS OF THE EL NIÑO COSTERO 2017 THROUGH SATELLITE OBSERVATIONS

Carlos Paulino¹Luis Escudero¹Edward Alburquerque¹Han Xu¹

RESUMEN

PAULINO C, ESCUDERO L, ALBURQUEQUE E, XU H. 2019. *Características de El Niño costero 2017 mediante observación satelital*. *Bol Inst Mar Perú*. 34(1): 91-104.- Se presenta un estudio del evento "El Niño Costero 2017" a través del análisis de información satelital de la Temperatura Superficial de Mar (TSM), su anomalía (ATSM) y vientos superficiales del mar peruano desde diciembre 2016 hasta abril 2017 y de los eventos El Niño extraordinario de 1982-1983 y 1997-1998. El análisis de las variables evidenció que desde diciembre 2016 a inicios de febrero del 2017 las condiciones térmicas del mar no presentaban condiciones para el desarrollo de un evento El Niño; sin embargo, durante marzo 2017 la TSM alcanzó valores históricos >28 °C a 10 mn frente a Chimbote, temperaturas que no se presentaron durante los eventos El Niño 1982-83 y 1997-98. El Niño Costero se caracterizó por un rápido incremento de la TSM en un corto periodo de tiempo (aproximadamente un mes), influenciado por la alta variabilidad de los vientos superficiales. La ATSM registró valores de $+4$ °C en toda la región costera norte de Chimbote a Paita hasta más de 100 mn y de $+5$ °C frente a Trujillo durante marzo, lo que demuestra la magnitud del evento. Estos valores estuvieron asociados a la disminución de la intensidad del viento superficial que presentó valores <4 m/s entre 0° y 11° S de enero a marzo del 2017, que favoreció el avance hacia la costa de masas de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y el posterior calentamiento anómalo superficial del mar.

PALABRAS CLAVE: El Niño Costero, TSM, viento superficial del mar, El Niño, Perú

ABSTRACT

PAULINO C, ESCUDERO L, ALBURQUEQUE E, XU H. 2019. *Characteristics of the El Niño Costero 2017 through satellite observations*. *Bol Inst Mar Peru*. 34(1): 91-104.- A study of the "El Niño Costero 2017" event is presented through the analysis of satellite information on Sea Surface Temperature (SST), its anomalies (SSTA), and surface winds of the Peruvian sea from December 2016 to April 2017 as well as the extraordinary El Niño events of 1982-1983 and 1997-1998. The analysis of the variables showed that from December 2016 until early February 2017 the thermal conditions of the sea did not present conditions for the development of an El Niño event; however, in March 2017, SST reached historical values >28 °C at 10 nm off Chimbote, temperatures that did not occur during the El Niño events of 1982-83 and 1997-98. El Niño Costero was characterized by a rapid increase in SST in a short period of time (approximately one month), which was influenced by the high variability of surface winds. SSTA recorded values of $+4$ °C in the entire northern coastal region from Chimbote to Paita up to more than 100 nm and $+5$ °C off Trujillo in March, which demonstrates the scale of the event. These values were associated to the decrease in the intensity of the surface wind that presented values <4 m/s between 0° and 11° S from January to March 2017, which favored the approximation of Surface Equatorial Waters (SEW) masses towards the coast and the subsequent anomalous sea surface warming.

KEYWORDS: El Niño Costero, SST, Peru, sea surface winds, El Niño, Peru

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años el conocimiento acerca del evento El Niño se ha incrementado debido al desarrollo de la tecnología satelital, la cual ha permitido monitorear el océano y la atmósfera con mayor resolución tanto temporal como espacial, con lo cual se han desarrollado diversos modelos numéricos que pretenden pronosticar este evento.

1. INTRODUCTION

Over the past few years, our knowledge about the El Niño event has increased due to the development of satellite technology, which has allowed us to monitor the ocean and the atmosphere with higher temporal and spatial resolution, thus we have developed several numerical models that predict this event.

1 IMARPE, DGIHSA, Área Funcional de Sensoramiento Remoto, Av. Argentina 2245 - Callao, Perú.
cpaulino@imarpe.gob.pe

La definición de “El Niño” está relacionado con el calentamiento periódico de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en la zona Ecuatorial Central y Oriental del Pacífico, principalmente en la costa norte del Perú. La Administración Nacional para el Océano y la Atmósfera de los Estados Unidos de Norteamérica (NOAA) utiliza el Índice Oceánico El Niño (ONI) para la identificación de El Niño, cuya definición es: *“Fenómeno en el Océano Pacífico Ecuatorial caracterizado por una temperatura positiva de la superficie del mar que se aleja de la normal (para el período de base 1971-2000) en la región Niño 3.4 (120° a 170°W, 5°N a 5°S) mayor o igual en magnitud a 0,5 °C promediados durante tres meses consecutivos”* (NOAA 2003).

De acuerdo al ENFEN (Comité Técnico del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño), se denomina “Evento El Niño en la región costera de Perú” o “El Niño costero” al período en el cual el Índice Costero El Niño (ICEN), que es la media corrida de tres meses de las anomalías mensuales de la TSM en la región Niño 1+2, indique “condiciones cálidas” ($>+0,4$ °C) durante al menos tres (3) meses consecutivos (ENFEN 2012).

La diferencia entre el “El Niño” y el “El Niño Costero” es que el primero tiene impacto global y el segundo se presenta solo frente a la costa norte de Perú y Ecuador con la incursión de aguas cálidas no tan profundas. De hecho, el 2017 comenzó como un año de “La Niña”, con las temperaturas del océano en el Pacífico central y oriental por debajo de la media, tal como refiere el Centro de Predicción Climática de la NOAA (DI LIBERTO 2017). Sin embargo, las temperaturas en la región Niño 1+2 comenzaron a incrementarse considerablemente desde mediados de febrero, lo que originó el evento El Niño Costero 2017 ocasionando fuertes lluvias, desbordes e inundaciones en la zona norte y centro del Perú.

Recientemente, TAKAHASHI y MARTÍNEZ (2017) publicaron el impacto de El Niño Costero muy fuerte del año 1925 frente al Perú, el cual es considerado como el tercer evento más fuerte del siglo XX, que está asociado a fuertes lluvias e inundaciones en el norte del Perú y Ecuador durante febrero a abril, basado en las

The definition of the “El Niño” is related to the periodic warming of the Sea Surface Temperature (SST) in the Central and Eastern Equatorial Zone of the Pacific Ocean, mainly on the northern coast of Peru. The National Oceanic and Atmospheric Administration of the United States of America (NOAA) uses the Oceanic Niño Index (ONI) for the identification of the El Niño, whose definition is: *“A phenomenon in the equatorial Pacific Ocean characterized by a positive sea surface temperature departure from normal (for the 1971-2000 base period) in the Niño 3.4 region greater than or equal in magnitude to 0.5 degrees C (0.9 degrees Fahrenheit), averaged over three consecutive months”* (NOAA 2003).

As stated by ENFEN (Technical Committee of the National Study of the El Niño Phenomenon), the period in which the El Niño Costero Index (ENCI), which is the three-month average cumulative of the monthly SST anomalies in the Niño 1+2 region, indicates “warm conditions” ($>+0.4$ °C) for at least three (3) consecutive months is called “El Niño event in the coastal region of Peru” or “El Niño Costero” (ENFEN 2012).

The difference between the “El Niño” and the “El Niño Costero” is that the former has a global impact and the latter occurs only off the northern coast of Peru and Ecuador with the incursion of shallow warm waters. In fact, 2017 began as a “La Niña” year, with ocean temperatures in the central and eastern Pacific below average, as reported by NOAA’s Climate Prediction Center (DI LIBERTO 2017). Nonetheless, since mid-February, temperatures in the Niño 1+2 region began to increase considerably, which led to the El Niño Costero 2017 which caused heavy rains, overflows, and floods in northern and central Peru.

Recently, TAKAHASHI & MARTÍNEZ (2017) published the impact of the El Niño Costero 1925, which was very strong, off Peru and which is considered the third strongest event of the 20th century, associated with heavy rains and floods in northern Peru and Ecuador from February to April, which was

teleconexiones entre las condiciones frías del Pacífico Ecuatorial Central y la desestabilización de la Zona de Convergencia Intertropical oceano-atmosférica que ayudó al desarrollo de fuertes lluvias.

Los efectos de El Niño Costero 2017 superaron largamente a los eventos extraordinarios El Niño 1982-83 y 1997-98. De acuerdo al Centro de Operaciones de Emergencia Nacional del Perú (COEN) el número de víctimas alcanzo a 114 personas, registrándose 185.873 personas damnificadas, 1'081.893 personas afectadas y la destrucción de puentes y carreteras. Según los cálculos del Ministerio de Economía y Finanzas del Perú las cifras de la reconstrucción podrían superar los 15 mil millones de dólares norteamericanos.

Este trabajo de investigación hace un análisis descriptivo de la formación y desarrollo del evento El Niño Costero 2017 frente a la costa peruana, utilizando información satelital de TSM, ATSM y vientos superficiales para el periodo diciembre 2016 - abril 2017, los cuales se compararon con los eventos El Niño Extraordinario de 1982-83 y 1997-98.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Información satelital

La información satelital de TSM y ATSM utilizada proviene de la base de datos publicada por la *National Climatic Data Center* (NCDC) de la NOAA (REYNOLDS *et al.* 2007). Estos datos con un nivel de procesamiento L4 poseen una resolución espacial de 25 km. <https://www.ncei.noaa.gov/thredds/catalog/OisstBase/NetCDF/AVHRR/catalog.html>

La información de vientos es obtenida a través del escaterómetro ASCAT a bordo de los satélites METOP, fue obtenida de los servidores del Instituto de Investigación Francés para la Exploración del Mar (IFREMER). El escaterómetro mide la velocidad y la dirección del viento a una altura promedio de 10 metros y tiene una resolución espacial de 25 km. <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/mwf-ascat/data/daily/Netcdf/>

based on the teleconnections between the cold conditions of the Central Equatorial Pacific and the destabilization of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) that contributed to the development of heavy rains.

The effects of the El Niño Costero 2017 far outweighed the Extraordinary El Niño events of 1982-83 and 1997-98. According to the National Emergency Operations Center of Peru (COEN in Spanish), the number of victims reached 114 people, amounting to 185,873 victims; a total of 1'081,893 people were affected and bridges and roads were destroyed. The estimates of the Ministry of Economy and Finance of Peru indicate that the reconstruction figures could exceed US\$15 billion.

This research work makes a descriptive analysis of the formation and development of the El Niño Costero 2017 off the Peruvian coast, by using satellite information on SST, SSTA, and surface winds for the December 2016 - April 2017 period, which were compared with the El Niño Extraordinary events of 1982-83 and 1997-98.

2. MATERIAL AND METHODS

Satellite information

The SST and SSTA satellite information used comes from the database published by NOAA's National Climatic Data Center (NCDC) (REYNOLDS *et al.* 2007). These data, with an L4 processing level, have a spatial resolution of 25 km. <https://www.ncei.noaa.gov/thredds/catalog/OisstBase/NetCDF/AVHRR/catalog.html>

The wind information is obtained through the ASCAT scatterometer mounted on the METOP satellites, and it was obtained from the servers of the French Research Institute for the Exploration of the Sea (IFREMER). The scatterometer measures the wind speed and direction at a mean height of 10 meters and at 25 km spatial resolution. <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/mwf-ascat/data/daily/Netcdf/>

Se utilizó información de TSM del proyecto Multi-scale *Ultra-high Resolution Sea Surface Temperature* (MUR-SST) de 1 km de resolución, distribuido por el *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) de la NASA (<https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/JPL-L4UHfnd-GLOB-MUR>). Asimismo, se utilizó la información de TSM del satélite NPP (750 m) recepcionado y procesado por la estación receptora de imágenes satelitales TERASCAN del IMARPE (http://mapserver.imarpe.gob.pe/?q=temperatura_superficial_de_mar_suomi_npp).

Para el estudio con mayor detalle se estimó la TSM usando los canales térmicos del satélite Landsat-8 con resolución espacial de 30 metros, para el área comprendida entre Salaverry a Chimbote. Esta imagen se descargó del portal web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) <https://glovis.usgs.gov/>.

Método

El Área de estudio comprendió desde el paralelo 0° al 22° sur y desde la costa hasta el meridiano 86° oeste. Se procesó y analizó información de diciembre a abril de los años 1982-83, 1997-98 y 2016-17, siendo los dos primeros periodos correspondientes a los eventos Niños Extraordinarios con la finalidad de realizar la comparación de estos eventos.

Se realizó un análisis regional con información diaria y promedios mensuales de TSM de 25 km de resolución para describir la variabilidad espacial enfocada en la zona centro-norte (0° a 13°S) debido a que esa zona registró los mayores impactos del "Niño Costero". Asimismo, se analizó a través de diagramas de Hovmöller el impacto del calentamiento del mar a distancias de 25, 50 y 100 millas náuticas desde la costa.

Para el análisis zonal se usaron imágenes de alta resolución como Landsat 8, VIIRS-NPP y MUR con la finalidad de comparar la intensidad del calentamiento del mar durante marzo del 2017. Esta información se complementó con datos de temperatura de mar de la estación fija del Laboratorio Costero de Huanchaco del Instituto del Mar del Perú con el propósito de identificar el inicio de este evento anómalo con datos *in situ*.

SST information from the 1 km resolution Multi-scale *Ultra-high Resolution Sea Surface Temperature* (MUR-SST) project, distributed by NASA's *Jet Propulsion Laboratory* (JPL), was used (<https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/JPL-L4UHfnd-GLOB-MUR>). The SST information from the NPP satellite (750 m) which was received and processed by IMARPE's TERASCAN satellite image receiving station was also used (http://mapserver.imarpe.gob.pe/?q=temperatura_superficial_de_mar_suomi_npp).

For the in-depth study, SST was estimated using the thermal channels of the Landsat-8 satellite with a spatial resolution of 30 meters for the area between Salaverry and Chimbote. This image was downloaded from the U.S. Geological Survey website (USGS) <https://glovis.usgs.gov/>.

Method

The Study Area covered from parallel 0° to 22° south and from the coast to meridian 86° west. Information was processed and analyzed from December to April 1982-83, 1997-98, and 2016-17, with the first two periods corresponding to the Extraordinary El Niño events in order to compare these events.

Regional analysis was conducted with daily information and monthly averages of SSTs at 25 km resolution to describe the spatial variability focused on the central-north zone (0° to 13°S) because that zone registered the greatest impacts of the "El Niño Costero". Also, the impact of sea warming at distances of 25, 50, and 100 nautical miles from the coast was analyzed through Hovmöller diagrams.

For the zonal analysis high-resolution images such as Landsat 8, VIIRS-NPP, and MUR were used to compare the intensity of sea warming in March 2017. This information was complemented with sea temperature data from the fixed station of the Huanchaco Coastal Laboratory of the Instituto del Mar del Perú (Alternative: Peruvian Marine Institute) to identify the beginning of this anomalous event with *in situ* data.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura Superficial de Mar (TSM)

Se presentan promedios mensuales de TSM del mar peruano de enero a abril durante los años 1983, 1998 y 2017 (Fig. 1). Si bien el “Niño Costero 2017” no presentó las características térmicas de los eventos Niños Extraordinarios, es importante analizar la variabilidad mensual de la TSM como indicador para caracterizar al calentamiento del mar denominado “Niño Costero”.

Los promedios mensuales de TSM en los tres periodos estudiados indican que los máximos valores se presentan en el mes de marzo. Durante marzo de 1983 la isoterma de 28 °C alcanzó una distancia de costa de 60 mn frente a Chimbote (línea negra); en 1998 se localizó por fuera de las 100 mn, mientras que en marzo 2017 la isoterma de 28 °C tuvo una configuración paralela a la costa desde Punta La Negra hasta Chimbote acercándose hasta 30 mn de la costa, observándose además que la isoterma de 29 °C alcanzó una distancia de 60 mn frente a Paita, lo cual evidencia que este mes fue el más intenso de los últimos 30 años frente a la costa norte (Fig. 1).

A nivel costero durante enero del 2017 los valores de TSM fluctuaron de 21 a 25 °C, mientras que en febrero los valores de TSM fluctuaron de 21 a 26 °C; sin embargo, durante enero y febrero de los periodos El Niño la TSM fluctuó de 24 a 26 °C y de 25 a 27 °C, respectivamente (Fig. 1). De acuerdo a lo descrito anteriormente, durante los meses de enero y febrero del 2017 la TSM mostraba condiciones cercanas a lo normal, e incluso el comunicado ENFEN 04-2017 preveía la continuación del evento El Niño Costero de magnitud débil al menos hasta marzo inclusive (ENFEN 2017).

De acuerdo a las observaciones diarias de TSM en la zona norte (Fig. 2a), desde el 14 de febrero se inicia un rápido incremento de las temperaturas, el cual alcanzó el nivel de los eventos Niño Extraordinario el 19 de febrero, esto también se evidenció en la región Niño 1+2 (Fig. 2b). Posteriormente, los máximos valores de TSM (>29 °C) se registraron durante los días 17, 18 y 19 de marzo 2017, siendo estos los valores más altos registrados en la serie temporal de los datos AVHRR, contribuyendo a la evaporación y formación de nubes que originaron fuertes precipitaciones en la región costera de Piura, Lambayeque y La Libertad.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Sea Surface Temperature (SST)

Monthly SST averages are presented for the Peruvian sea from January to April in 1983, 1998, and 2017 (Fig. 1). Although the “El Niño Costero 2017” did not present the thermal characteristics of the Extraordinary El Niño events, it is important to analyze the monthly variability of the SST as an indicator to characterize the warming of the sea called “El Niño Costero”.

The monthly averages of SST in the three studied periods indicate that the maximum values are presented in March. The isotherm of 28 °C reached a 60 nm distance from the coast off Chimbote (black line) in March 1983. In 1998, it was located outside 100 nm, while in March 2017 the 28 °C isotherm had a configuration that was parallel to the coast from Punta La Negra to Chimbote, and it was also observed that the 29 °C isotherm reached a distance of 60 nm off Paita, which shows that this month was the most intense of the last 30 years off the north coast (Fig. 1).

At the coastal level, in January 2017, SST values ranged from 21 to 25 °C, while in February, SST values oscillated from 21 to 26 °C. However, in January and February of the El Niño periods, SST fluctuated from 24 to 26 °C and from 25 to 27 °C, respectively (Fig. 1). As described above, in January and February 2017, SST showed conditions close to normal, and even the communiqué ENFEN 04-2017 foresaw that the El Niño Costero event, with a weak magnitude, would continue at least until March (ENFEN 2017).

From the daily SST observations in the northern zone (Fig. 2a), a rapid increase in temperatures began on February 14, which reached the levels of the Extraordinary El Niño events on February 19, this was also evident in the Niño 1+2 region (Fig. 2b). Subsequently, the maximum SST values (>29 °C) were recorded on 17, 18 and 19 March 2017, being the highest values recorded in the time series of AVHRR data, thus contributing to the evaporation and cloud formation that caused heavy rainfall in the coastal region of Piura, Lambayeque and La Libertad.

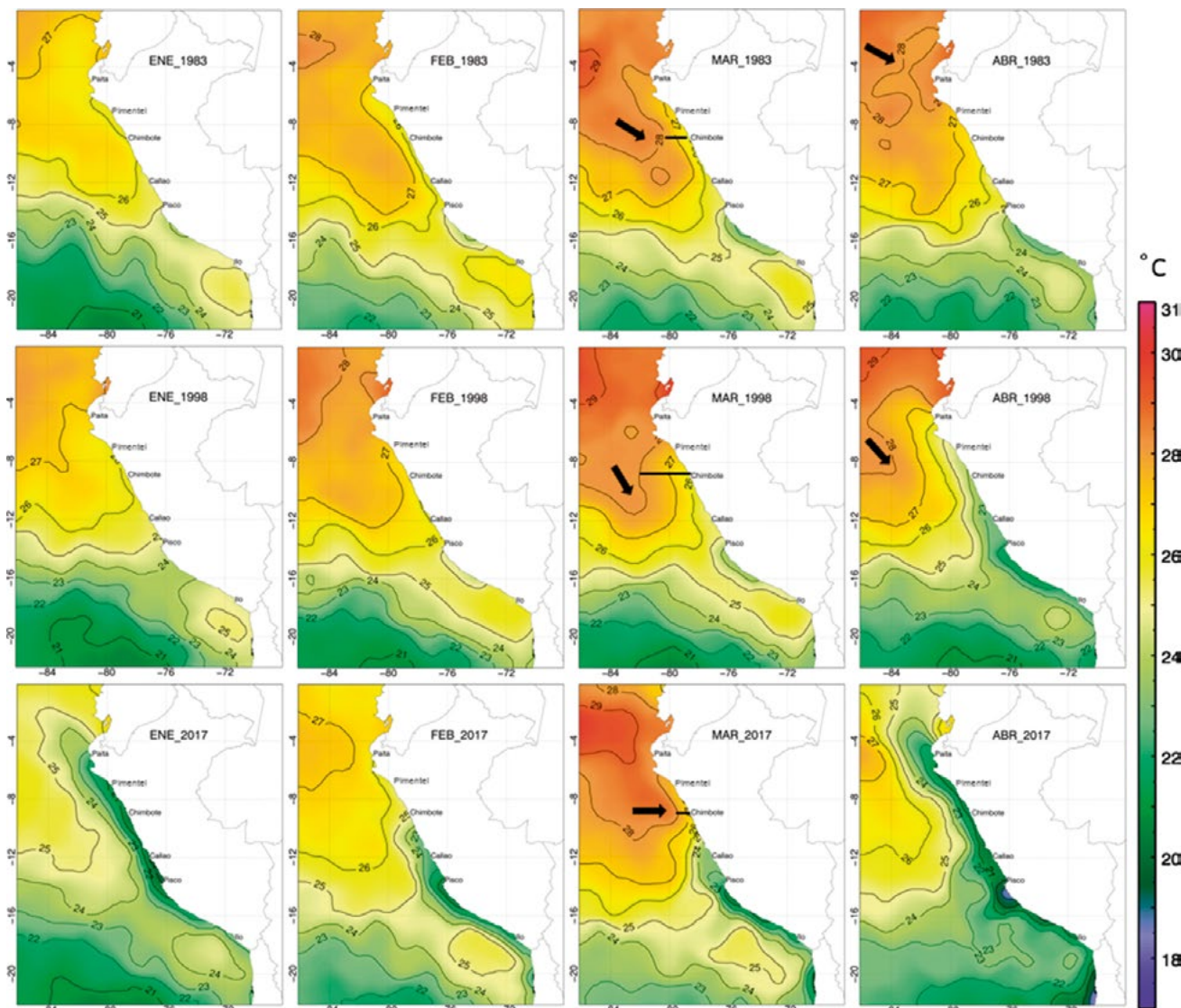


Figura 1.- Temperatura superficial de mar mensual en °C de enero a abril de los periodos El Niño Extraordinario 1982-1983, 1997-1998 y del Niño Costero 2017. Datos del AVHRR (OISSTv2) NCDC de la NOAA, procesados por AFSR-IMARPE
 Figure 1. Monthly sea surface temperature in °C from January to April of the Extraordinary El Niño of 1982-1983, 1997-1998 and the El Niño Costero 2017 periods. NOAA’s NCDC AVHRR (OISSTv2) data, processed by AFSR-IMARPE

Durante la última semana de marzo se observó que las temperaturas >28 °C comenzaron a replegarse indicando el fin del evento El Niño Costero (Fig. 2a, b). Este rápido descenso de la TSM originó un gradiente térmico latitudinal que está representada por las flechas en el diagrama de Hovmöller de 25 mn (Fig. 3).

In the last week of March, it was observed that > 28 °C temperatures began to retreat, which indicated the end of the El Niño Costero event (Fig. 2a, b). This rapid decline of the SST resulted in a latitudinal thermal gradient that is represented by the arrows in the 25 nm Hovmöller diagram (Fig. 3).

El calentamiento durante marzo tuvo la característica de ser un evento de rápido incremento y descenso de la TSM en un corto periodo de tiempo en toda la costa. Estas características térmicas no fueron observadas durante los eventos 1982-83 y 1997-98. Por otro lado, la escasa documentación histórica de eventos similares no permitió una detección temprana de El Niño Costero.

The warm-up in March had the characteristic of being an event of rapid increase and decrease of the SST in a short period of time along the entire coast. These thermal characteristics were not observed during the 1982-83 and 1997-98 events. On the other hand, the scarce historical documentation of similar events did not allow early detection of the El Niño Costero event.

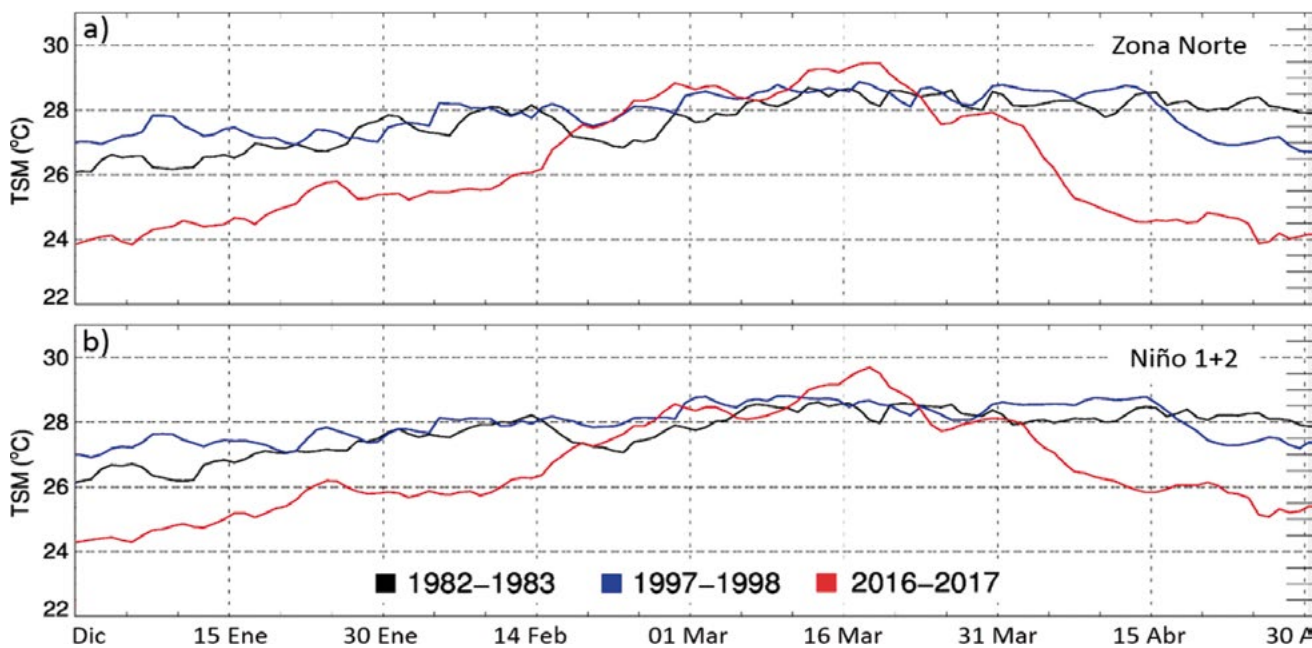


Figura 2.- Serie de tiempo diaria de la TSM en °C enero-abril de los periodos 1982-83, 1997-98 y 2017: (a) zona norte (0°-8°S, 86°W-79°W) y (b) región niño 1+2 (0°-10°S, 90°W-80°W). Fuente: AVHRR (OISSTv2)

Figure 2. Daily SST time series in °C for January-April periods of 1982-83, 1997-98 and 2017: (a) northern zone (0°-8°S, 86°W-79°W) and (b) El Niño 1+2 region (0°-10°S, 90°W-80°W). Source: AVHRR (OISSTv2)

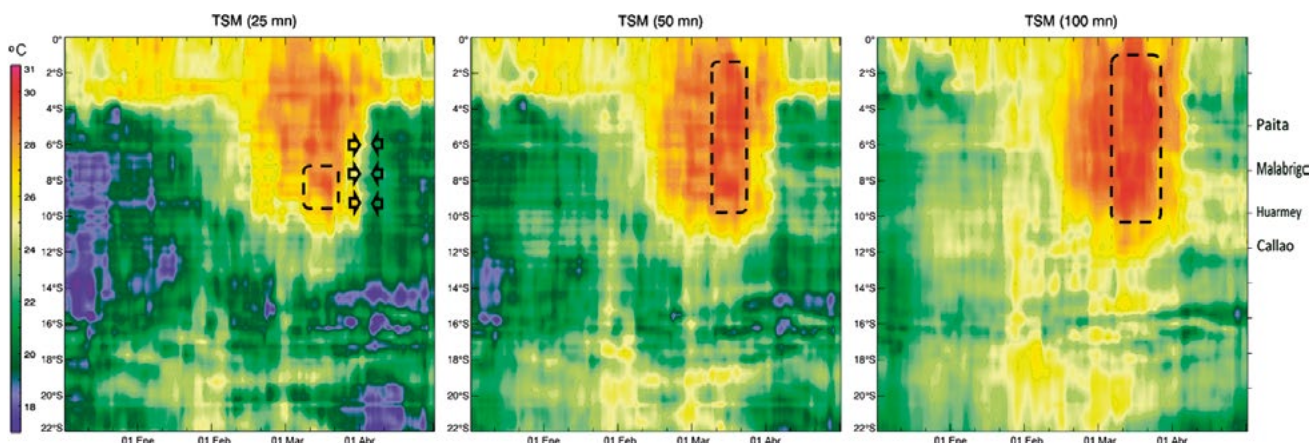


Figura 3.- Diagrama de Hovmöller de la TSM a 25, 50 y 100 millas náuticas desde la costa, desde diciembre a abril del 2017. Fuente: AVHRR (OISSTv2)

Figure 3. Hovmöller diagram of the SST at 25, 50 and 100 nautical miles from the coast, from December to April 2017. Source AVHRR (OISSTv2)

La Tabla 1, muestra valores puntuales en perfiles latitudinales de TSM diarios frente a Paita, Pimentel, Chimbote y Callao a 10, 20, 30, 50 y 60 millas náuticas de distancia a la costa. Los máximos valores de TSM en cada puerto se muestran en celdas con líneas punteadas, y las zonas más cálidas están sombreadas en color rojo. Frente a Paita la TSM fue >28,5 °C durante casi todo marzo, mientras que frente a Pimentel valores >27,5 °C alcanzaron las 20 mn. Chimbote registró un calentamiento zonal con valores >28 °C hasta una distancia de 10 mn (19 marzo), el cual no fue registrado frente a Pimentel.

Table 1 shows punctual values in latitudinal profiles of daily SST off Paita, Pimentel, Chimbote, and Callao at 10, 20, 30, 50, and 60 nautical miles from the coast. The maximum SST values on each port are shown in cells with dotted lines, and warmer zones are shaded in red. Off Paita, SST was >28.5 °C for most of March, while off Pimentel values >27.5 °C reached 20 nm. Chimbote recorded a zonal warm-up with values >28 °C up to a distance of 10 nm (19 March), which was not recorded off Pimentel.

Tabla 1.- Valores de TSM (°C) de puntos fijos a 10, 20, 30, 50 y 60 millas náuticas desde la costa frente a los puertos de Paíta, Pimentel, Chimbote y Callao durante marzo 2017. Fuente: AVHRR (OISSTv2)

Table 1. SST values (°C) of fixed points at 10, 20, 30, 50 and 60 nautical miles from the coast off the ports of Paíta, Pimentel, Chimbote, and Callao in March 2017. Source: AVHRR (OISSTv2)

Paíta (5°05' S - 81°06' W)							Pimentel (6°50' S - 79°56' W)						
60 mn	50 mn	30 mn	20 mn	10 mn	Dia		60 mn	50 mn	30 mn	20 mn	10 mn	Dia	
28.9	28.77	28.68	28.69	28.62	01/03/2017		29.01	28.81	28.44	28.02	27.56	01/03/2017	
29.12	28.87	28.54	28.23	28	05/03/2017		28.07	27.86	27.69	27.46	27.25	05/03/2017	
29.01	28.87	28.66	28.42	28.23	10/03/2017		29.47	29.19	28.84	28.39	27.8	10/03/2017	
29.79	29.58	29.28	29.01	28.8	15/03/2017		28.43	28.18	28.04	27.88	27.71	15/03/2017	
29.77	29.66	29.44	29.19	28.99	17/03/2017		28.86	28.51	28.16	27.79	27.49	17/03/2017	
29.91	29.79	29.57	29.26	29.06	18/03/2017		29.03	28.65	28.23	27.82	27.43	18/03/2017	
29.91	29.78	29.56	29.24	29.01	19/03/2017		29.07	28.67	28.23	27.8	27.42	19/03/2017	
29.84	29.59	29.23	28.87	28.7	20/03/2017		28.72	28.56	28.33	28.05	27.78	20/03/2017	
28.64	28.34	27.97	27.66	27.52	25/03/2017		26.16	26.1	26.07	26.11	26.11	25/03/2017	
27.98	28.08	27.99	27.69	27.41	30/03/2017		25.75	25.53	25.34	25.16	25.1	30/03/2017	

Chimbote (9°05' S - 78°34' W)							Callao (12°03' S - 77°07' W)						
60 mn	50 mn	30 mn	20 mn	10 mn	Dia		60 mn	50 mn	30 mn	20 mn	10 mn	Dia	
28.5	28.33	27.7	26.57	25.27	01/03/2017		24.93	24.57	24	23.36	22.93	01/03/2017	
28.74	28.41	27.58	26.51	25.58	05/03/2017		24.78	24.26	23.69	23.17	22.97	05/03/2017	
29.31	28.8	28.22	27.77	27.57	10/03/2017		24.75	24.2	23.84	23.66	23.68	10/03/2017	
29.25	28.7	27.94	27.08	26.45	15/03/2017		24.69	24.4	24.24	24.15	24.11	15/03/2017	
29.02	28.75	28.34	27.88	27.53	17/03/2017		24.87	24.14	23.59	23.33	23.4	17/03/2017	
29.08	28.91	28.64	28.3	27.99	18/03/2017		25.16	24.45	23.83	23.48	23.43	18/03/2017	
29.32	29.18	28.88	28.5	28.15	19/03/2017		24.94	24.28	23.71	23.39	23.34	19/03/2017	
28.63	28.18	27.67	26.94	26.4	20/03/2017		24.54	23.92	23.46	23.31	23.3	20/03/2017	
27.1	26.63	26.05	25.44	25.07	25/03/2017		22.88	22.31	22.13	22.3	22.58	25/03/2017	
26.93	26.64	26.4	26.22	26.18	30/03/2017		22.31	22.05	21.93	21.99	22.18	30/03/2017	

Los valores de TSM del perfil Callao (12°S) evidencian que el calentamiento costero del mar fue principalmente en la zona norte desde los 0° hasta los 11° sur, el cual está registrado en los diagramas de Hovmöller a 25, 50 y 100 millas náuticas (Fig. 3). En estos diagramas también se observa que este calentamiento anómalo tuvo la duración de un mes, aproximadamente.

A escala zonal, utilizando imágenes de mayor resolución espacial se observó en la imagen MUR (1 km) del 5 de marzo un núcleo de alta TSM (>29 °C) entre Malabrigo y Salaverry a 80 mn (Fig. 4), lo cual fue también registrado por las bandas térmicas de los satélites NPP (750 m) y Landsat 8 (30 m), confirmándose a diferentes resoluciones espaciales el intenso calentamiento de toda la región costera norte como se muestra en la Tabla 1.

Con información del punto fijo de alta frecuencia frente al puerto de Malabrigo, ubicado aproximadamente a 16 millas náuticas (7°49'14"S-79°41'24"W) y monitoreado por el Laboratorio de Huanchaco, se observó que desde el 31 de enero se inició el ingreso de aguas cálidas

SST values of the Callao profile (12°S) show that the coastal warming of the sea was mainly in the northern zone from 0° to 11° south, which is recorded in the Hovmöller diagrams at 25, 50, and 100 nautical miles (Fig. 3). In these diagrams, we can also observe that this anomalous warm-up lasted approximately one month.

At zonal scale, by using higher spatial resolution images, a high SST nucleus (>29 °C) between Malabrigo and Salaverry at 80 nm (Fig. 4) was observed in the MUR image (1 km) of 5 March, which was also recorded by the thermal bands of the NPP (750 m) and Landsat 8 (30 m) satellites, confirming at different spatial resolutions the intense warming of the entire northern coastal region as shown in Table 1.

Based on information from the high-frequency fixed point located off the port of Malabrigo, at approximately 16 nautical miles (7°49'14 "S-79°41'24 "W) and monitored by the Huanchaco Laboratory, it was observed that from January 31, warm waters began to enter this point,

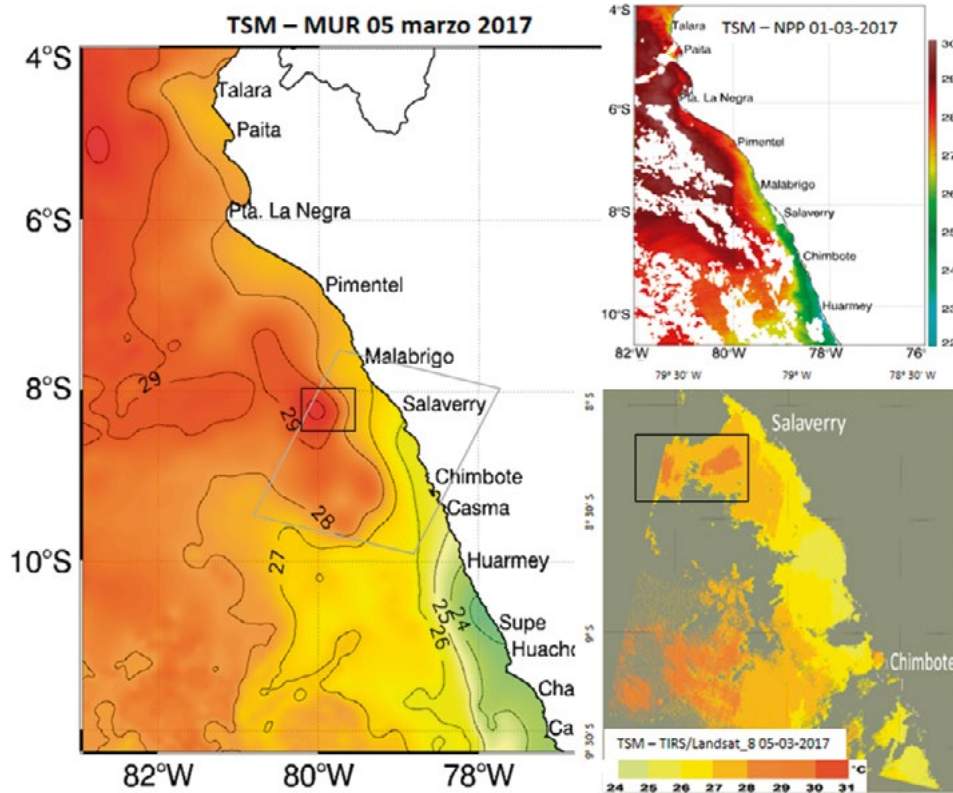


Figura 4.- TSM a diferentes resoluciones espaciales MUR (1 km), NPP (750 m) y Landsat 8 (30 m) que evidencian el calentamiento del mar en la zona norte

Figure 4. SST at different spatial resolutions: MUR (1 km), NPP (750 m), and Landsat 8 (30 m) that show the warming of the sea in the northern zone

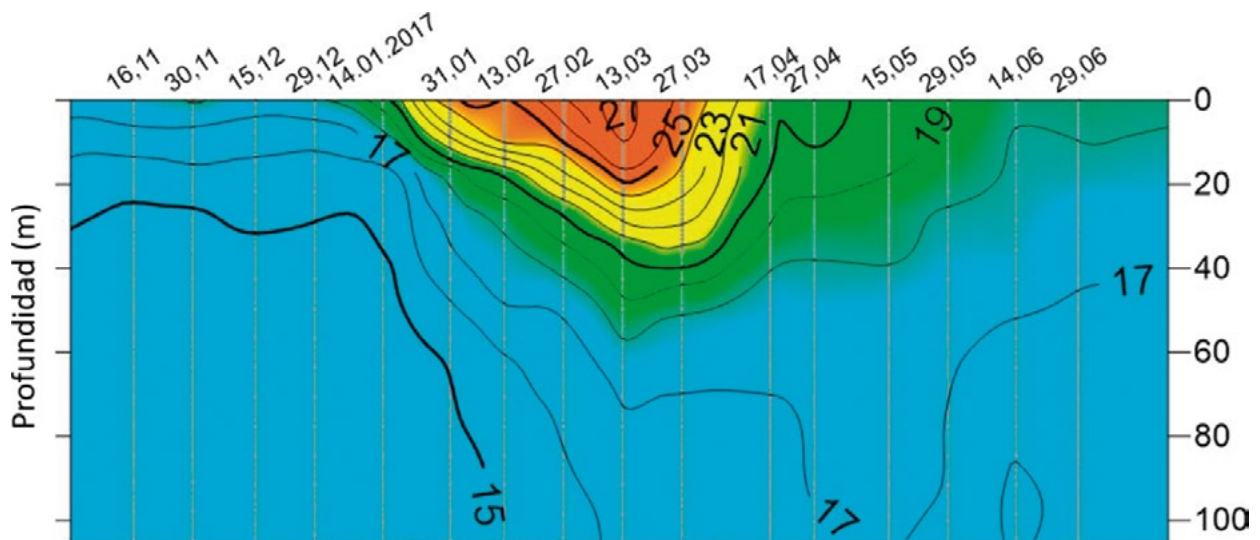


Figura 5.- Perfil de la temperatura de mar en °C de la estación costera de Huanchaco durante El Niño Costero 2017. Fuente: Laboratorio Costero de Huanchaco del IMARPE

Figure 5. Sea temperature profile in °C of the Huanchaco coastal station during El Niño Costero 2017. Source: IMARPE's Coastal Laboratory of Huanchaco

en este punto, llegando a un máximo valor el 13 de marzo con una TSM de 27,3 °C y la profundización de la isoterma de 25 °C hasta 20 m, entre el 13 y 27 de marzo (Fig. 5).

reaching a maximum value on March 13 with an SST of 27.3 °C and the deepening of the isotherm from 25 °C up to 20 m, between March 13 and 27 (Fig. 5).

Anomalía de la Temperatura Superficial de Mar (ATSM)

Las imágenes mensuales de ATSM en el 2017 muestran que en enero se presentaron condiciones casi-normales frente a la costa peruana. En febrero la zona norte (4°-9°S) registro anomalías mayores a +2°C, mientras que la zona sur mantuvo condiciones neutras. Durante marzo se observó incremento de las anomalías en la zona comprendida desde la frontera norte hasta 11°S (mostrada con líneas punteadas), alcanzando anomalías de +4°C en toda la región costera desde Paita hasta Chimbote y con un núcleo de +5°C frente a Trujillo (Fig. 6).

Sea Surface Temperature Anomalies (SSTA)

SSTA's monthly images in 2017 show that quasi-normal conditions off the Peruvian coast occurred in January. In February, the northern zone (4°-9°S) recorded anomalies greater than +2 °C, while the southern zone maintained neutral conditions. In March, an increase in anomalies was observed in the area from the northern border to 11°S (shown with dotted lines), reaching anomalies of +4 °C in the entire coastal region from Paita to Chimbote and with a nucleus of +5 °C off Trujillo (Fig. 6).

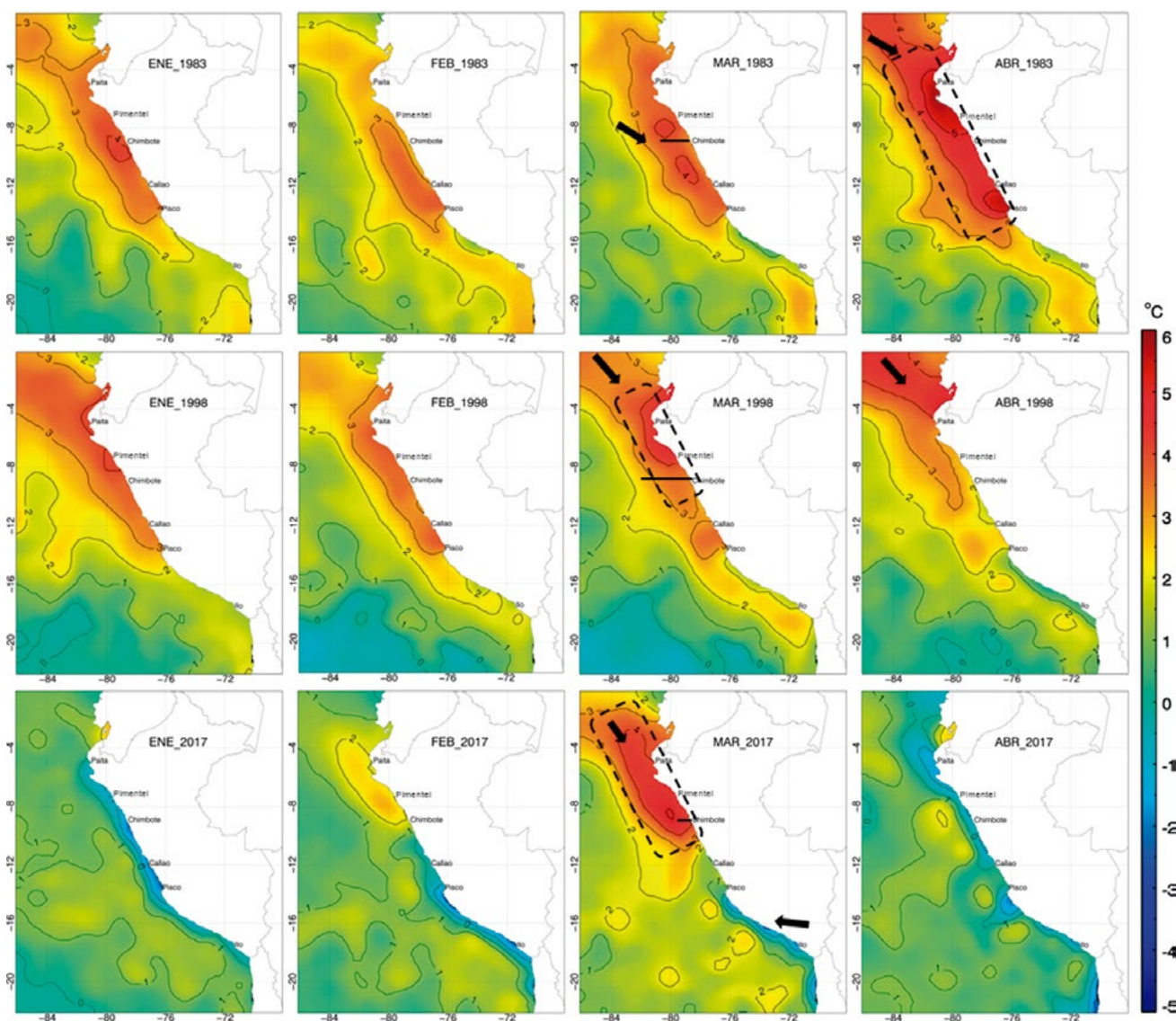


Figura 6.- ATSM mensual en °C de enero - abril de los periodos El Niño Extraordinario 1982-83, 1997-98 y del Niño Costero 2017. Fuente: AVHRR (OISSTv2)

Figure 6. Monthly SSTA in °C for January - April periods of The Extraordinary El Niño events of 1982-83, 1997-98 and the El Niño Costero 2017. Source: AVHRR (OISSTv2)

Comparando la ATSM del mes de marzo con los otros periodos de estudio 1982-83 y 1997-98 observamos que en el 2017 las anomalías fueron más intensas; es decir, que durante este mes la costa norte peruana superó las condiciones de un evento Niño Extraordinario.

Posteriormente en abril se observó un rápido descenso de las anomalías en toda la región costera alcanzando valores entre $-0,5^{\circ}$ a -1°C . Estos valores indicaron la culminación del evento Niño Costero.

A diferencia de la TSM, que presentó sus máximos valores en marzo durante los tres periodos analizados, la ATSM registró valores máximos en diferentes meses. Esto indica que cada evento "El Niño" presenta diferentes características térmicas temporales como se observa en la figura 6. Anomalías $>+5^{\circ}\text{C}$ se registraron frente a Paita y también entre Callao y Pisco durante abril de 1983, mientras que toda la región centro-norte presentó anomalías de $+4,5^{\circ}\text{C}$. La ATSM durante marzo de 1998 fue mayor a $+4^{\circ}\text{C}$ entre 2° y 8°S ; sin embargo, durante enero la costa norte también presentó altas anomalías positivas (Fig. 6).

Los registros diarios de la serie de tiempo de ATSM en la zona norte y la región Niño 1+2 mostraron que el calentamiento del mar tuvo dos impulsos con pendientes positivas que se iniciaron el 14 de febrero, alcanzando los niveles de los eventos Niño Extraordinario desde el 19 de febrero, y el segundo impulso desde el 5 de marzo (identificados por las flechas), el cual superó el valor histórico de las anomalías (del 11 al 22 de marzo). A partir del 23 de marzo la ATSM disminuye rápidamente hasta tener valores neutrales de 0°C (13 abril 2017), lo que demuestra que el calentamiento del mar solo fue del tipo zonal (Fig. 7).

En los diagramas de Hovmöller de ATSM a 25, 50 y 100 millas náuticas de la costa (Fig. 8) se observaron que los valores mayores a $+5^{\circ}\text{C}$ (áreas interlineadas) se localizaron entre los puertos de Malabrigo ($7^{\circ}41'\text{S}-79^{\circ}26'\text{W}$) y Huarmey ($10^{\circ}05'\text{S}-78^{\circ}10'\text{W}$). Es importante indicar que las anomalías más altas se registraron a 50 mn.

A pesar del incremento de la anomalía en la región costera en febrero, la región oceánica

If we compare the March SSTA with the other study periods in 1982-83 and 1997-98, we can observe that in 2017 the anomalies were more intense; which means that during this month the Peruvian northern coast surpassed the conditions of an Extraordinary El Niño event.

Afterwards, in April, a rapid decrease in anomalies was observed throughout the coastal region, reaching values between -0.5° to -1°C . These values indicated the culmination of the El Niño Costero event.

Unlike the SST, which presented its maximum values in March during the three analyzed periods, the SSTA registered maximum values in different months. This indicates that each "El Niño" event has different temporal thermal characteristics as shown in Figure 6. Anomalies $>+5^{\circ}\text{C}$ were recorded off Paita and also between Callao and Pisco in April 1983, while the entire north-central region showed anomalies of $+4.5^{\circ}\text{C}$. SSTA in March 1998 was higher at $+4^{\circ}\text{C}$ between 2° and 8°S ; however, in January the northern coast also showed high positive anomalies (Fig. 6).

The daily records of the SSTA time series in the northern zone and the Niño 1+2 region showed that the warming of the sea had two positive slope impulses that began on February 14, reaching the levels of the Extraordinary El Niño events from February 19, and the second impulse from March 5 (identified by the arrows), which exceeded the historical value of the anomalies (from March 11 to 22). As of March 23, SSTA rapidly drops to neutral values of 0°C (April 13, 2017), which shows that the warming of the sea was only of the zonal type (Fig. 7).

In the Hovmöller diagrams of SSTA at 25, 50, and 100 nautical miles from the coast (Fig. 8) it was observed that values greater than $+5^{\circ}\text{C}$ (line spacing areas) were located between the ports of Malabrigo ($7^{\circ}41'\text{S}-79^{\circ}26'\text{W}$) and Huarmey ($10^{\circ}05'\text{S}-78^{\circ}10'\text{W}$). It is worth noting that the highest anomalies were recorded at 50 nm.

Despite the increase of the anomaly in the coastal region in February, the oceanic region

presentó en promedio valores de +1°C, dichas condiciones térmicas no daban indicios del desarrollo de un evento El Niño. Sin embargo, el rápido incremento de la TSM en la zona costera norte durante marzo originó el desarrollo de un evento Niño Costero, un evento que tampoco fue pronosticado por las agencias internacionales y que deja como reto a la comunidad científica realizar investigaciones de eventos climáticos a escalas zonales.

presented on average values of +1°C, these thermal conditions gave no indication of the development of an El Niño event. Nonetheless, the rapid increase of the SST in the northern coastal zone in March led to the development of an El Niño Costero event, an event that was also not predicted by international agencies and that leaves it as a challenge for the scientific community to carry out research on climate events at zonal scales.

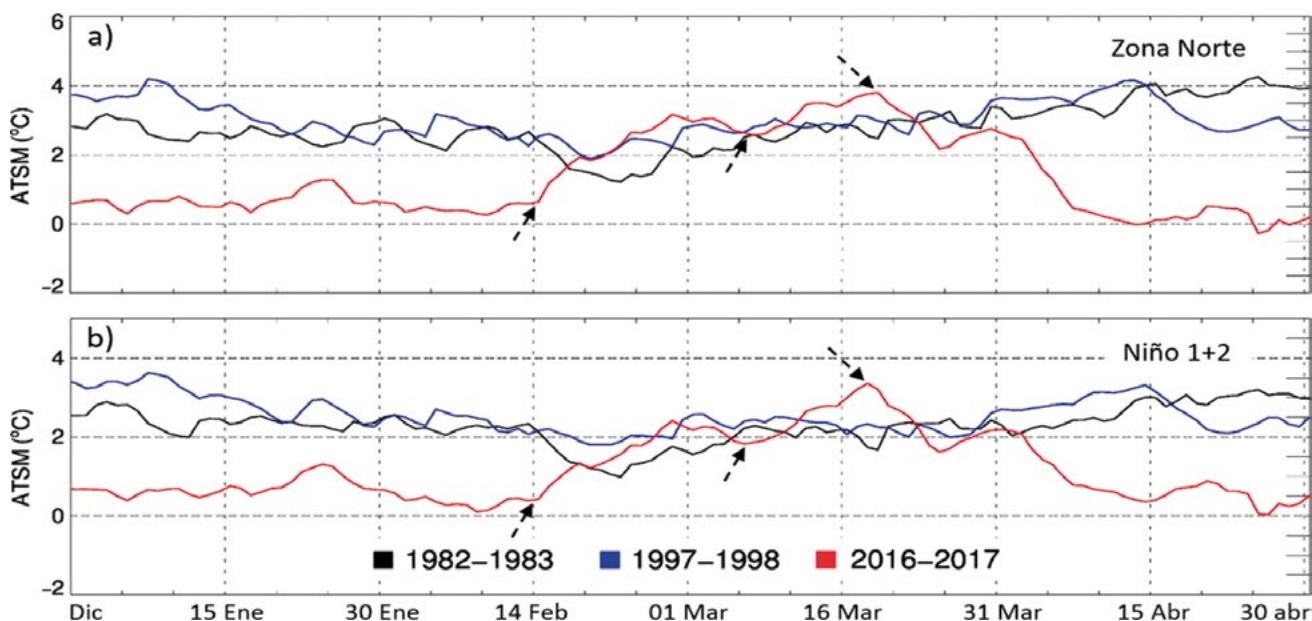


Figura 7.- Serie de tiempo diaria de la ATSM en °C enero-abril de los periodos 1982-83, 1997-98 y 2017: (a) zona norte (0°-8°S, 86°W-79°W) y (b) región niño 1+2 (0°-10°S, 90°W-80°W). Fuente: AVHRR (OISSTv2)

Figure 7. SSTA daily time series in °C for January-April periods of 1982-83, 1997-98 and 2017: (a) northern zone (0°-8°S, 86°W-79°W) and (b) El Niño 1+2 region (0°-10°S, 90°W-80°W). Source: AVHRR (OISSTv2)

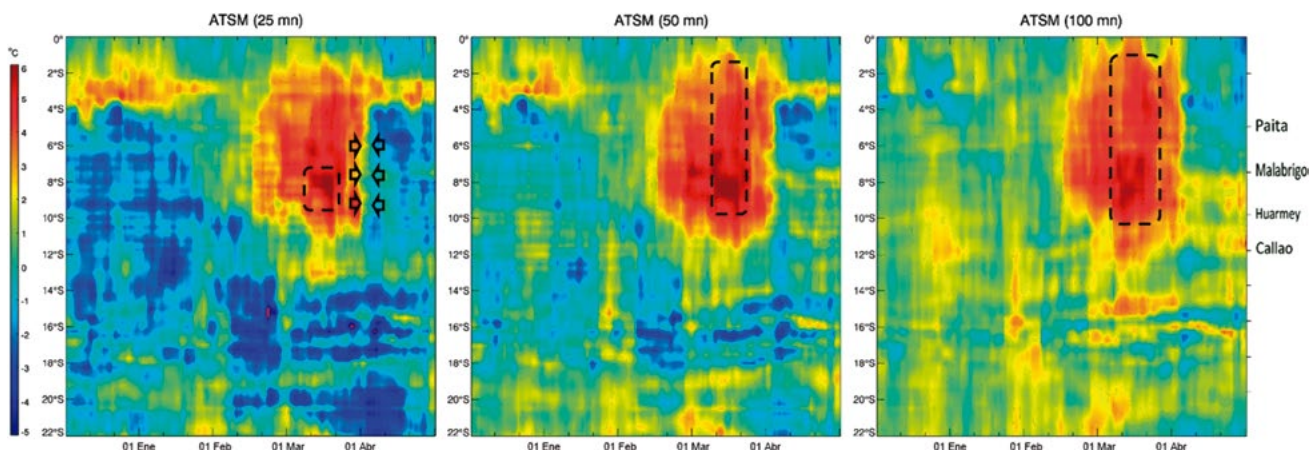


Figura 8.- Diagrama de Hovmöller de la ATSM a 25, 50 y 100 millas náuticas desde la costa, desde diciembre hasta abril del 2017. Fuente: AVHRR (OISSTv2)

Figure 8. Hovmöller diagram of SSTA at 25, 50 and 100 nautical miles from the coast, from December to April 2017. Source: AVHRR (OISSTv2)

Intensidad y dirección del viento

La intensidad y dirección del viento (m/s) fue muy variable en el área de estudio, observándose que desde diciembre 2016 hasta el 20 de enero del 2017 se registraron vientos débiles (<4 m/s) en la zona comprendida entre 5° y 9° S (rectángulo de líneas punteadas), posteriormente dicha zona con vientos débiles se extendió entre 0° y 11° S presentando inclusive vientos de <1 m/s durante los primeros días de febrero, tal como se observa en los diagramas de Hovmöller a distancias de 50 mn y 100 mn (Fig. 9), lo cual favoreció el avance hacia la costa de masas de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y el posterior calentamiento superficial del mar.

A partir de la tercera semana de marzo la velocidad de viento se incrementó >6 m/s a lo largo de la costa, lo cual coincidió con el descenso de la TSM por debajo de los 4° S. La intensidad de los vientos (>7 m/s) durante los primeros días de abril fue determinante en el fin del evento El Niño Costero.

Wind intensity and direction

The intensity and direction of the wind (m/s) were very irregular in the study area and it was observed that from December 2016 to January 20, 2017, weak winds (<4 m/s) were registered in the area between 5° and 9° S (dashed line rectangle). Later on, this weak wind-zone was extended between 0° and 11° S with winds of <1 m/s in early February, as can be seen in Hovmöller diagrams at distances of 50 nm and 100 nm (Fig. 9), which favored the approximation towards the coast of Surface Equatorial Water (SEW) masses and the following surface warming of the sea.

As of the third week of March, the wind speed increased >6 m/s along the coast, which coincided with the decrease of the SST below 4° S. The wind intensity (>7 m/s) in early April was a determining factor at the end of the El Niño Costero event.

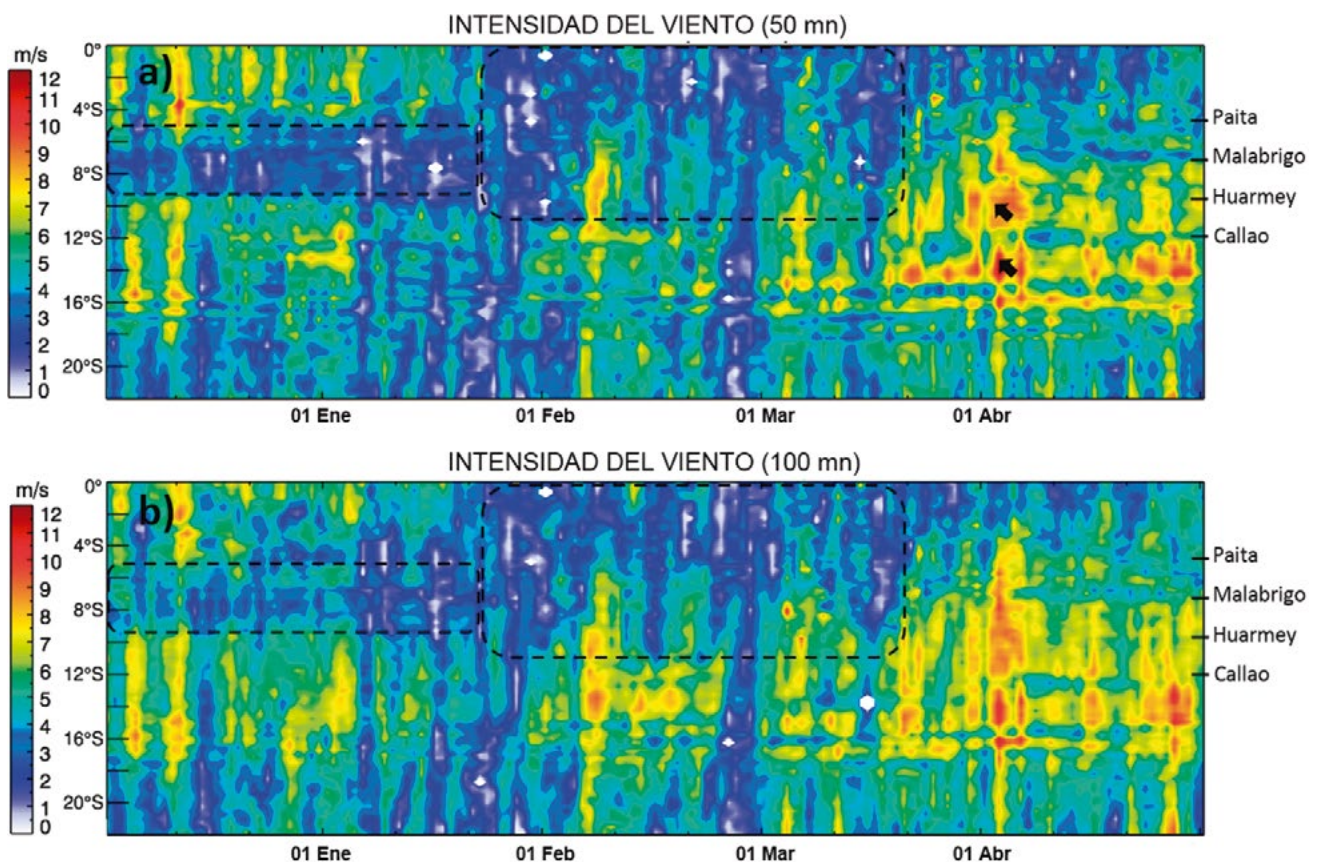


Figura 9.- Diagramas de Hovmöller de intensidad del viento a) 50 mn y b) 100 mn de la costa, desde diciembre 2016 a abril del 2017. Fuente: ASCAT

Figure 9. Hovmöller diagrams of wind intensity a) 50 nm and b) 100 nm from the coast, from December 2016 to April 2017. Source: ASCAT

4. CONCLUSIONES

La TSM y ATSM durante enero e inicios de febrero del 2017 presentaban condiciones cuasi normales en la costa norte; sin embargo, desde el 14 de febrero las condiciones ambientales cambiaron drásticamente, lo que dio origen al evento Niño costero, el cual tuvo una corta duración de aproximadamente un mes.

La distribución espacial de la ATSM en marzo del 2017 presentó características de un evento Niño Extraordinario, superando inclusive los valores históricos a mediados de marzo con anomalías de +4 °C en toda la región costera desde Paita hasta Chimbote y núcleos de +5 °C frente a Trujillo.

Desde diciembre del 2016 hasta inicios de febrero del 2017 se registró una baja intensidad de los vientos superficiales en la zona comprendida entre 4°S y 12°S, cuya área se expandió hacia el norte presentando vientos con intensidades <4 m/s los cuales influenciaron en la persistencia del calentamiento del mar en la costa norte durante el mes de marzo.

El "Niño Costero 2017" se caracterizó por un rápido cambio de las condiciones oceanográficas y atmosféricas, prueba de ello son los registros históricos de la temperatura superficial de mar (>29 °C) y su anomalía térmica en el mes de marzo (>+5 °C).

El análisis de los principales parámetros satelitales monitoreados de diciembre a abril muestran la magnitud del evento El Niño Costero 2017 y su impacto en la región costera norte; sin embargo, se requiere un monitoreo *in situ* de mayor frecuencia que permita la detección temprana de un evento de estas características.

4. CONCLUSIONS

In January and early February, the SST and SSTA had quasi-normal conditions on the north coast; however, since February 14, the environmental conditions changed drastically, which gave rise to the El Niño Costero event, which had a short duration of approximately one month.

In March 2017, the spatial distribution of SSTA presented characteristics of an Extraordinary El Niño event, which exceeded the historical values in mid-March with anomalies of +4 °C in the entire coastal region from Paita to Chimbote and nuclei of +5 °C off Trujillo.

From December 2016 until early February 2017, there was a low intensity of surface winds in the area between 4°S and 12°S, whose area expanded northward presenting winds with intensities <4 m/s which influenced the persistence of sea warming in the north coast in March.

The "El Niño Costero 2017" was characterized by a rapid change in oceanographic and atmospheric conditions, as evidenced by historical records of sea surface temperature (>29 °C) and its thermal anomaly in March (>+5 °C).

The analysis of the main satellite parameters, that were monitored from December to April, shows the magnitude of El Niño 2017 and its impact on the northern coastal region; although more frequent *in situ* monitoring is required to allow early detection of such event.

5. REFERENCIAS / REFERENCES

- DI LIBERTO T. 2017. Heavy summer rains flood Peru. NOAA Climate Gov. Recuperado de <https://www.climate.gov/news-features/event-tracker/heavy-summer-rains-flood-peru>.
- ENFEN. 2012. Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú. Nota Técnica ENFEN 01-2012. http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_infcto_nota_tecnico_abril2012.pdf
- ENFEN. 2017. Comunicado Oficial ENFEN 04-2017 (15 de febrero). http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_comenf_comunicado_oficial-042017.pdf
- NOAA. 2003. NOAA gets U.S. consensus for El Niño / La Niña index definition. <http://www.noaanews.noaa.gov/stories/s2095.htm>
- REYNOLDS R W, SMITH T M, LIU C, CHELTON D B, CASEY K S, SCHLAX M G. 2007. Daily High Resolution Blended Analysis for Sea Surface Temperature. J. Climate. 20: 5473 - 5496.
- TAKAHASHI K, MARTINEZ A G. 2017. The very strong coastal El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. Climate Dynamics International Journal. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3702-1>.

FORMACIÓN Y EVOLUCIÓN DE LA LAGUNA LA NIÑA 2017, UTILIZANDO IMÁGENES SATELITALES MODIS-AQUA

FORMATION AND EVOLUTION OF THE LA NIÑA LAGOON, USING MODIS-AQUA SATELLITE IMAGES

Luis Escudero¹Han Xu¹

RESUMEN

ESCUDERO L, XU H. 2019. *Formación y evolución de la laguna La Niña 2017, utilizando imágenes satelitales MODIS-Aqua. Bol Inst Mar Perú. 34(1): 105-114.*- La laguna La Niña se ubica en la región de Piura y su formación se produce por el incremento de caudal de los ríos Piura, Cascal y Motupe, cuando ocurren eventos extraordinarios de El Niño. Este cuerpo de agua se ha convertido en un importante ecosistema acuático que permite desarrollar la pesca a la población circundante. Durante el desarrollo de El Niño costero 2017 (enero a noviembre 2017) nuevamente se generó esta laguna, la que se monitoreó diariamente desde su formación utilizando imágenes de satélite MODIS-Aqua con resolución espacial de 500 m, recepcionadas y procesadas por la estación TeraScan del IMARPE. El área de la laguna se determinó con base en el cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI) y se estimó el volumen de agua con información del Modelo de Elevación Digital (DEM) GDEM-ASTER de la NASA. La laguna empezó a formarse a finales de enero 2017 y alcanzó su máxima extensión el 5 de abril (2.172 km²), con volumen aproximado de 5,18x10⁹ m³, esta área no fue mayor a la registrada durante El Niño 1997-98 cuando se estimó en 2.326 km². El porcentaje de crecimiento fue 33,3% por semana desde el 7 de febrero al 5 de abril y 34,1% del área máxima fue reducida hasta el 4 de noviembre.

PALABRAS CLAVE: laguna La Niña, MODIS-AQUA, TeraScan

ABSTRACT

ESCUDERO L, XU H. 2019. *Formation and evolution of the La Niña lagoon, using MODIS-Aqua satellite images. Bol Inst Mar Peru. 34(1): 105-114.*- The La Niña lagoon is located in the Piura Region and its formation is produced by the increased flow of the Piura, Cascal and Motupe rivers when extraordinary El Niño events occur. This water mass has become an important aquatic ecosystem that allows the surrounding population to fish. During the El Niño Costero 2017 (January to November 2017) this lagoon was again formed, which was monitored daily from its formation using MODIS-Aqua satellite images with a spatial resolution of 500 m, received and processed by IMARPE's TeraScan station. The lagoon area was determined based on the calculation of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the volume of water was estimated with information from NASA's GDEM-ASTER Digital Elevation Model (DEM). The lagoon was formed in late January 2017 and reached its maximum extension on April 5 (2,172 km²), with an approximate volume of 5.18x10⁹ m³, this area was not greater than that recorded during El Niño 1997-98 when it was estimated at 2,326 km². The growth rate was 33.3% per week from February 7 to April 5 and 34.1% of the maximum area was reduced until November 4.

KEYWORDS: Lagoon La Niña, MODIS-AQUA, TeraScan

1. INTRODUCCIÓN

La laguna de La Niña es un cuerpo de agua que se forma ocasionalmente cuando el río Piura incrementa violentamente su caudal durante eventos El Niño e inunda las lagunas de Ramón y Ñapique, estas aguas alcanzan a la laguna Salinas, extendiéndose hacia el sur para juntarse con las aguas de los ríos Cascajal y Motupe (GOBIERNO REGIONAL PIURA 2012). El volumen de agua inunda la depresión de Bayóvar formando ese importante cuerpo de agua que permanece durante meses y se va desapareciendo en forma lenta. En el año 1925 se pudo observar desde el aire a la laguna (60 km x 40 km aproximadamente) por el aviador Faucett (LILLO 1999).

1. INTRODUCTION

The La Niña lagoon is a water mass that is occasionally formed when the Piura River violently increases its flow during the El Niño events and floods the Ramón and Ñapique lagoons. These waters reach the Salinas lagoon, which extends southwards to join the waters of the Cascajal and Motupe rivers (GOBIERNO REGIONAL PIURA 2012). The water volume floods the Bayovar's depression forming that important water mass that remains for months and slowly evaporates. In 1925, the aviator Faucett observed the lagoon (60 km x 40 km approximately) from the air (LILLO 1999).

¹ IMARPE, DGIHSA, Área Funcional de Sensoramiento Remoto, Av. Argentina 2245 - Callao, Perú.
lescudero@imarpe.gob.pe

En los años 1984 y 1998, se observó no solo la formación de la laguna, sino también el secamiento por filtraciones y evaporación a los trece meses (DEZA et al. 2010).

Durante el evento El Niño 1997-98, el Instituto del Mar realizó el seguimiento a la laguna La Niña usando las imágenes de satélites NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) de un kilómetro de resolución espacial, las cuales fueron recepcionadas y procesadas por la estación satelital SMARTech-IMARPE, se estimó el área máxima de 2.326 km² y el volumen máximo de 8x10⁹ m³ (ESCUDERO 1999).

La laguna La Niña ha adquirido importancia por la gran biodiversidad que alberga y por generar ingresos económicos a las poblaciones asentadas a su alrededor en aquellas épocas de abundancia, sobre todo con la actividad pesquera (GOBIERNO REGIONAL PIURA 2010, PANTA 2015).

El objetivo de este trabajo fue realizar un monitoreo de la evolución de la laguna La Niña utilizando imágenes de satélite MODIS-Aqua durante el período enero-noviembre 2017.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio comprende las lagunas de Ramón, Ñapique y Salinas hasta la depresión de Bayóvar en la región de Piura (5°38'S a 6°55'S) (Fig. 1).

Imágenes de satélite

Se utilizaron 44 imágenes de satélite del sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) del satélite Aqua, recepcionadas y procesadas por la estación TeraScan del IMARPE. Se seleccionó una imagen semanal del 4 de enero al 4 de noviembre del 2017, las que fueron captadas entre las 13:14 y 14:55 horas (Tabla 1). Las imágenes tienen resolución espacial de 500 m x 500 m y temporal de 12 horas.

Para la estimación del volumen de agua ocupado por la laguna, se han utilizado informaciones del ASTER GDEM (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model*) del servidor de la NASA EARTHDATA (<https://search.earthdata.nasa.gov/>) el cual tiene una resolución espacial de 30 m x 30 m (Fig. 2).

In 1984 and 1998, not only the formation of the lagoon was observed, but also the drying by filtrations and evaporation at thirteen months (DEZA et al. 2010).

During the El Niño 1997-98 event, the Instituto del Mar del Perú (Alternative: Peruvian Marine Research Institute) monitored the La Niña lagoon through NOAA's (National Oceanic and Atmospheric Administration) one-kilometer spatial resolution satellite images, which were received and processed by the SMARTech-IMARPE satellite station, which estimated a maximum area of 2,326 km² and a maximum volume of 8x10⁹ m³ (ESCUDERO 1999).

The La Niña lagoon has attained importance due to the great biodiversity it shelters and because it generates economic income for the populations settled around it during those times of abundance, especially with fishing activity (GOBIERNO REGIONAL PIURA 2010, PANTA 2015).

The objective of this paper was to monitor the evolution of the La Niña lagoon by using MODIS-Aqua satellite images over the January-November 2017 period.

2. MATERIAL AND METHODS

Study area

The study area includes the Ramón, Ñapique and Salinas lagoons up to the Bayóvar's depression in the Piura Region (5°38'S to 6°55'S) (Fig. 1).

Satellite images

A total of 44 MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) satellite images from the Aqua satellite were used, received and processed by IMARPE's TeraScan station. A weekly image was selected from January 4 to November 4, 2017, which were captured between 13:14 and 14:55 hours (Table 1). The images have a spatial resolution of 500 m x 500 m and a temporal resolution of 12 hours.

To estimate the water volume occupied by the lagoon, information from the ASTER GDEM (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model*) of the NASA's EARTHDATA server (<https://search.earthdata.nasa.gov/>) which has a

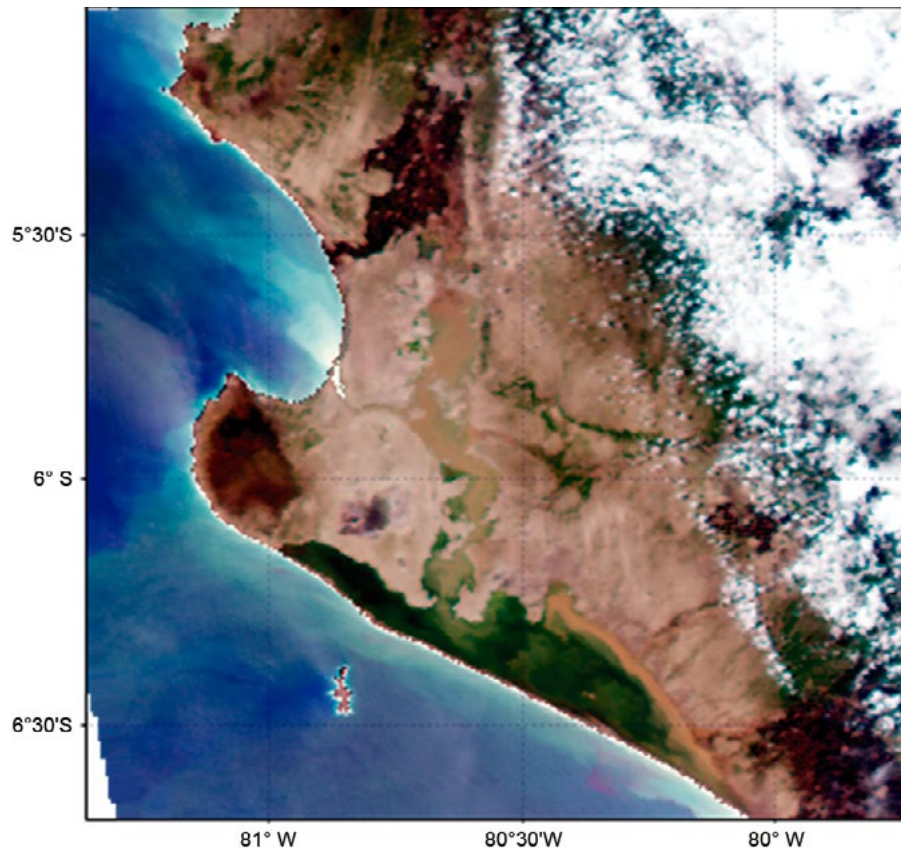


Figura 1.- Imagen RGB de satélite MODIS-Aqua de la laguna La Niña del 5 de abril 2017 (Fuente: Estación TeraScan del IMARPE)

Figure 1. MODIS-Aqua RGB satellite image of the La Niña lagoon, April 5, 2017 (Source: IMARPE’s TeraScan Station)

Tabla 1.- Fecha y hora de barrido del satélite en la zona de estudio

Table 1. Date and time of satellite sweep in the study area

Fecha Date	Hora Time	Fecha Date	Hora Time	Fecha Date	Hora Time	Fecha Date	Hora Time
04/Ene	13:50	23/Mar	14:03	08/Jun	13:32	25/Ago	13:50
11/Ene	14:00	28/Mar	14:21	13/Jun	13:50	02/Sep	14:35
17/Ene	13:20	05/Abr	13:32	20/Jun	13:56	08/Sep	14:00
27/Ene	13:56	13/Abr	14:21	27/Jun	14:02	15/Sep	14:05
30/Ene	14:30	17/Abr	13:56	05/Jul	13:14	18/Sep	14:35
07/Feb	13:38	28/Abr	13:38	15/Jul	13:50	27/Sep	14:30
12/Feb	13:56	03/May	13:56	17/Jul	13:38	04/Oct	14:35
19/Feb	14:02	12/May	13:50	25/Jul	14:27	13/Oct	14:30
28/Feb	14:00	19/May	13:56	05/Ago	14:08	19/Oct	13:55
07/Mar	14:03	26/May	14:02	11/Ago	13:31	26/Oct	14:00
16/Mar	13:56	02/Jun	14:08	14/Ago	14:02	04/Nov	13:55

Estas informaciones se complementaron con la información de la precipitación acumulada TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) es un producto diario elaborado por la NASA y la JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*) y tiene una resolución espacial de 0,25° x 0,25°, se encuentra disponible en el portal https://disc2.gesdisc.eosdis.nasa.gov/data/TRMM_RT/TRMM_3B42RT_Daily.7

spatial resolution of 30 m x 30 m was used (Fig. 2). TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) is a daily product elaborated by NASA and JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*) and it has a spatial resolution of 0.25° x 0.25°. It is available in the following website https://disc2.gesdisc.eosdis.nasa.gov/data/TRMM_RT/TRMM_3B42RT_Daily.7

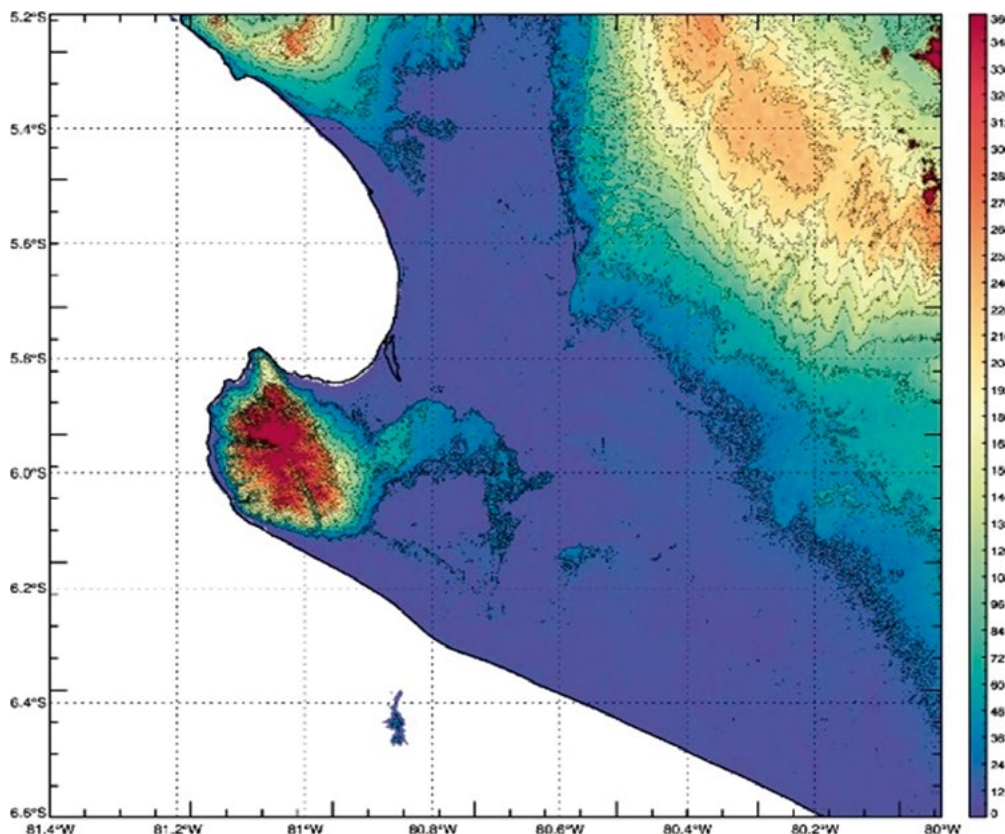


Figura 2.- Modelo de Elevación Digital ASTER-GDEM, NASA- EARTHDATA

Figure 2. ASTER-GDEM Digital Elevation Model, NASA- EARTHDATA

Clasificación de los cuerpos de agua

Se utilizó el índice de vegetación NDVI empleado para la clasificación de los tipos de suelo (ROUSE *et al.* 1973), que consiste en una transformación normalizada de la relación entre la Banda 2 del Infrarrojo cercano (NIR) y la Banda 1 reflectividad de la banda roja (RED) del sensor MODIS (Tabla 2) su rango varía entre -1 y +1, se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$NDVI = \frac{R_{Nir} - R_{Red}}{R_{Red} + R_{Nir}}, \tag{1}$$

donde:

R_{Red} : reflectancia en el rojo (Banda 1: 620 – 670 nm)

R_{Nir} : reflectancia en el infrarrojo cercano (Banda 2: 841 – 876 nm)

Los cuerpos de agua están clasificados por tener valor de NDVI menor que cero (GANDHI *et al.* 2015), el área total inundada será el múltiplo del número de pixeles clasificados como agua y su resolución espacial.

Classification of water masses

The NDVI vegetation index applied for the classification of soil types was used (ROUSE *et al.* 1973). It consists of a normalized transformation of the relationship between Band 2 - Near Infrared (NIR) and Band 1 - reflective of the red band (RED) of the MODIS sensor (Table 2). Its range varies between -1 and +1 and it is expressed by the following equation:

$$NDVI = \frac{R_{Nir} - R_{Red}}{R_{Red} + R_{Nir}}, \tag{1}$$

where:

R_{Red} : red reflectance (Band 1: 620 – 670 nm)

R_{Nir} : near infrared reflectance (Banda 2: 841 – 876 nm)

Water masses are classified by having an NDVI value less than zero (GANDHI *et al.* 2015), the total flooded area will be the multiple of the number of pixels classified as water and their spatial resolution.

Tabla 2.- Características de las bandas espectrales del sensor MODIS

Table 2. Characteristics of the spectral bands of the MODIS sensor

Banda	Ancho banda ¹ Bandwidth	Banda	Ancho banda ¹ Bandwidth	Banda	Ancho banda ¹ Bandwidth
1	620 - 670	13	662 - 672	25	4.482 - 4.549
2	841 - 876	14	673 - 683	26	1.360 - 1.390
3	459 - 479	15	743 - 753	27	6.535 - 6.895
4	545 - 565	16	862 - 877	28	7.175 - 7.475
5	1230 - 1250	17	890 - 920	29	8.400 - 8.700
6	1628 - 1652	18	931 - 941	30	9.580 - 9.880
7	2105 - 2155	19	915 - 965	31	10.780 - 11.280
8	405 - 420	20	3.660 - 3.840	32	11.770 - 12.270
9	438 - 448	21	3.929 - 3.989	33	13.185 - 13.485
10	483 - 493	22	3.929 - 3.989	34	13.485 - 13.785
11	526 - 536	23	4.020 - 4.080	35	13.785 - 14.085
12	546 - 556	24	4.433 - 4.498	36	14.085 - 14.385

¹Bandas entre 1 y 19 están en nm. Bandas entre 20 y 36 están en μm

¹Bands between 1 and 19 are in nm. Bands between 20 and 36 are in μm

Estimación del volumen de la laguna

La estimación del volumen de la laguna se realizó en cuatro pasos: (1) se consideró la laguna en dos regiones: la región original (ori) y la expandida (exp), (2) se generó un vector del borde de los cuerpos de agua para cada región, (3) se estimó el valor promedio de elevación de los bordes y de los cuerpos de agua a través del DEM, la diferencia entre ellos se consideró como la altimetría para cada región, (4) el volumen se estimó multiplicando el área y un valor promedio de altimetría de cada región y el volumen total de la laguna será la suma de ambas partes:

$$V = V_{\text{ori}} + V_{\text{exp}} = A_{\text{ori}} \cdot H_{\text{ori}} + A_{\text{exp}} \cdot H_{\text{exp}}, \quad (2)$$

donde:

V: volumen total de la laguna

V_{ori} y V_{exp} : volumen de la región original y expandida, respectivamente

A_{ori} y A_{exp} : área para cada región

H_{ori} y H_{exp} : altimetría para cada región

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Precipitación acumulada

La precipitación acumulada (mm) semanal de la región de Piura durante los meses de enero a noviembre del 2017 (Fig. 3) nos muestran que el

Estimation of the lagoon volume

The estimation of the lagoon volume was conducted in four steps: (1) the lagoon was considered in two regions: the original region (ori) and the expanded region (exp), (2) a vector of the edge of the water masses was generated for each region, (3) the mean elevation value of the edges and water masses was estimated through the DEM, the difference between them was considered as the altimetry for each region, (4) the volume was estimated by multiplying the area and a mean altimetry value for each region and the total lagoon volume will be the sum of both parts:

$$V = V_{\text{ori}} + V_{\text{exp}} = A_{\text{ori}} \cdot H_{\text{ori}} + A_{\text{exp}} \cdot H_{\text{exp}}, \quad (2)$$

where:

V: total lagoon volume

V_{ori} and V_{exp} : original and expanded region volumes, respectively

A_{ori} and A_{exp} : area for each region

H_{ori} and H_{exp} : altimetry for each region

3. RESULTS AND DISCUSSION

Accumulated precipitation

The accumulated weekly precipitation (mm) of the Piura Region from January to November 2017 (Fig. 3) shows that the rainy season in

período de lluvias en la región se inició entre el 29 de enero y 4 de febrero, las cuales continuaron hasta la semana del 26 de marzo al 1 de abril, alcanzando su máxima intensidad (> 40 mm) en la semana del 5 al 11 de marzo y del 19 al 25 de marzo, esto implica que la época de lluvias duró desde el 29 de enero hasta el 1 de abril del 2017 para la zona.

Caudal del río Piura

El río Piura registra históricamente sus mayores caudales entre los meses de febrero a abril y de agosto a diciembre se presentan los caudales más bajos del año, llegando inclusive a no registrarse lluvias. Con la información de la estación Puente Sánchez Cerro se observó que durante el año 2017 el caudal del río Piura alcanzó su máximo nivel el 28 de marzo con 3.468 m³/s (información de la Autoridad Nacional del Agua, ANA), provocando desbordes y erosiones en diversos puntos de las cuencas media y baja del río Piura, sobre todo en el Bajo Piura, sin embargo estos valores no superaron a los registrados durante los eventos de los años 1982-83 y 1997-98 (Fig. 4).

the region started between 29 January and 4 February, which continued until the week of 26 March to 1 April, reaching its maximum intensity (> 40 mm) in the week of 5 - 11 March and 19 - 25 March, this implies that the rainy season lasted from 29 January to 1 April 2017 in the area.

Flow in the Piura River

The Piura River historically records its highest flows between February to April and from August to December there are the lowest flows of the year, even reaching no rainfall recorded. With data from the Puente Sánchez Cerro station, it was observed that in 2017 the flow in the Piura River reached its maximum level on March 28 with 3,468 m³/s, (information from the National Water Authority, ANA – *Autoridad Nacional del Agua* in Spanish), causing overflows and erosions at various points in the middle and lower basins of the Piura River, especially in the Lower Piura, but these values did not exceed those recorded during the events of 1982-83 and 1997-98 (Fig. 4).

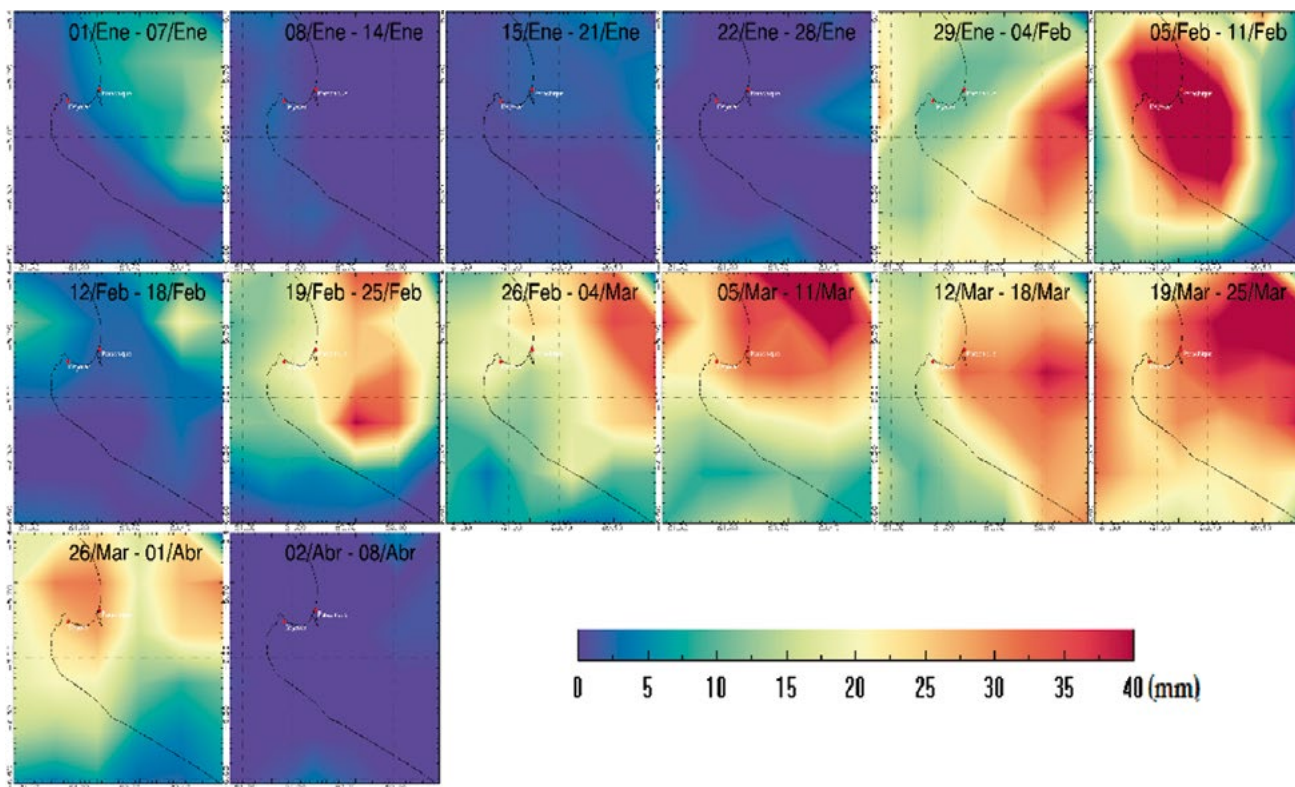


Figura 3.- Promedio semanal de la precipitación acumulada (mm) para la región Piura de enero a noviembre 2017

Figure 3. Average weekly accumulated precipitation (mm) for the Piura Region from January to November 2017

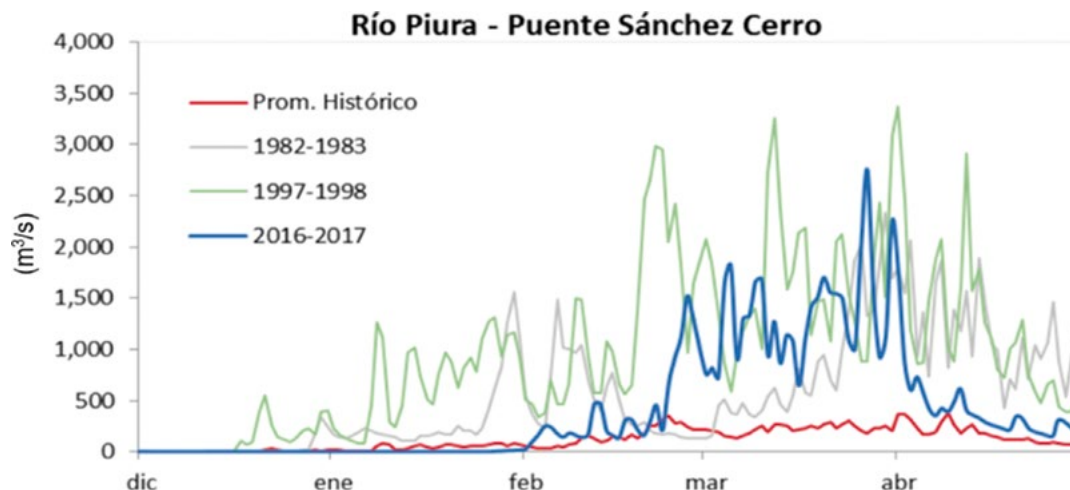


Figura 4.- Caudal del río Piura, estación Puente Sánchez Cerro. Fuente: ANA

Figure 4. Flow in the Piura River, Puente Sánchez Cerro Station. Source: ANA

Laguna La Niña

El proceso de formación de la laguna La Niña se inició desde el 27 de enero del 2017 cuando aparecieron unos pequeños cuerpos de agua alrededor de las lagunas Ramón y Napique, coincidiendo con el período de lluvias (Fig. 5). Durante las primeras dos semanas de febrero, se formaron por completo las lagunas en el norte y las aguas empezaron a inundar la zona sur. Las dimensiones de la zona inundada (depresión de Bayóvar) alcanzaron 100 km de largo y 18 km de ancho con profundidad máxima de 10 metros, aproximadamente. Cuando la laguna alcanzó mayor área y volumen, se inició un lento proceso de secado.

El área y volumen estimados para la laguna La Niña (Fig. 6) desde el 4 de enero al 4 de noviembre del 2017, muestra que la laguna se fue formando gradualmente hasta el día 7 de febrero cuando se estimó un área de 595 km². Desde esa fecha se produjo un incremento considerable que alcanzó su área máxima el 5 de abril con 2.172 km² con volumen aproximado de 5,18x10⁹ m³, los que fueron decreciendo en forma gradual hasta día 4 de noviembre cuando se registró un área de 1.432 km², que resultó en un descenso de 34,1% respecto al área máxima calculada.

Comparando los resultados con los registros históricos para el evento El Niño 1997-98 (Fig. 7), se puede apreciar que el área máxima de la laguna calculada en 1998 fue de 2.326 km² la cual fue superior en 6,6% respecto a la estimada en el 2017, lo cual concuerda con los mayores caudales registrados durante el evento El Niño 1997-98.

La Niña Lagoon

The process of formation of the La Niña lagoon began on January 27, 2017, when small water masses appeared around the Ramón and Napique lagoons, which coincided with the rainy season (Fig. 5). In the first two weeks of February, the lagoons in the north were completely formed and the waters began to flood the southern zone. The dimensions of the flooded zone (Bayovar's depression) reached 100 km in length and 18 km in width with a maximum depth of approximately 10 meters. When the lagoon reached a greater area and volume, a slow drying process began.

The estimated area and volume for the La Niña lagoon (Fig. 6), from 4 January to 4 November 2017, shows that the lagoon was formed gradually until 7 February when an area of 595 km² was estimated. Since then, there has been a considerable increase that reached its maximum area on 5 April with 2,172 km² with an approximate volume of 5.18x10⁹ m³, which gradually decreased until 4 November when an area of 1,432 km² was recorded, which resulted in a decrease of 34.1% with respect to the maximum estimated area.

If we compare the results with the historical records for the El Niño 1997-98 event (Fig. 7), we can see that the maximum area of the lagoon, estimated in 1998, was 2,326 km² which was 6.6% higher than the estimated in 2017, which is consistent with the higher flows recorded during the El Niño 1997-98 event.



Figura 5.- Imágenes Aqua-MODIS semanales de la laguna La Niña enero-noviembre 2017. Fuente: Estación TeraScan de IMARPE

Figure 5. Weekly Aqua-MODIS images of the La Niña lagoon, January-November 2017. Source: IMARPE's TeraScan Station

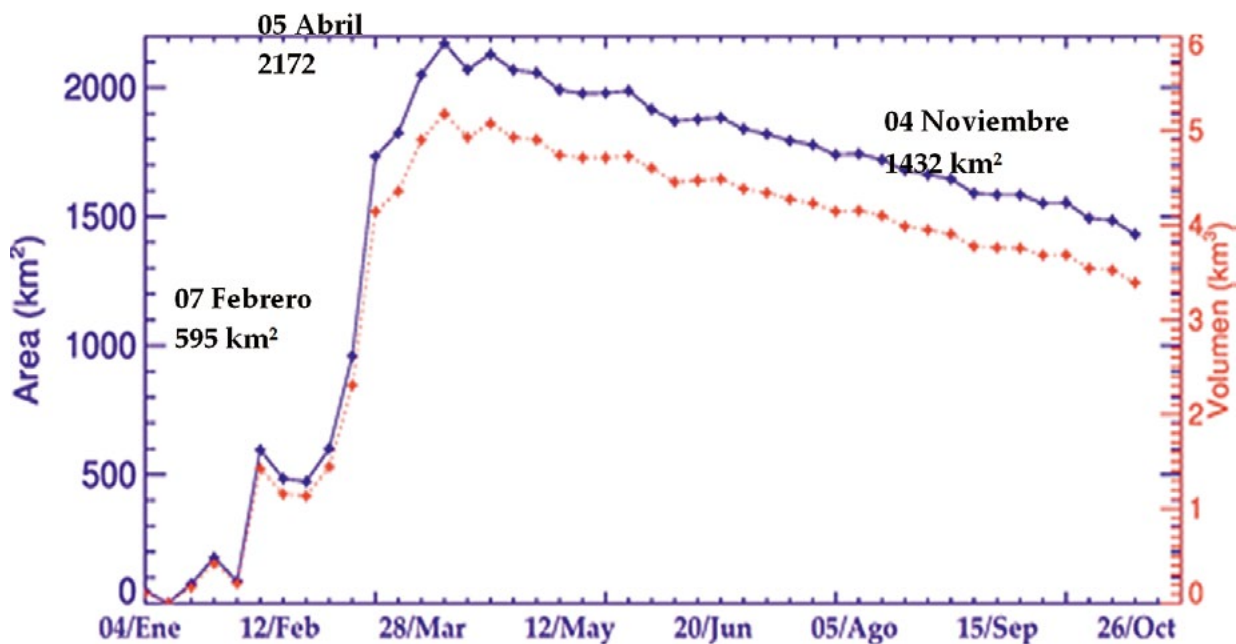


Figura 6.- Área y volumen de la laguna La Niña, enero-noviembre 2017
 Figure 6. Area and volume of the La Niña lagoon, January-November 2017

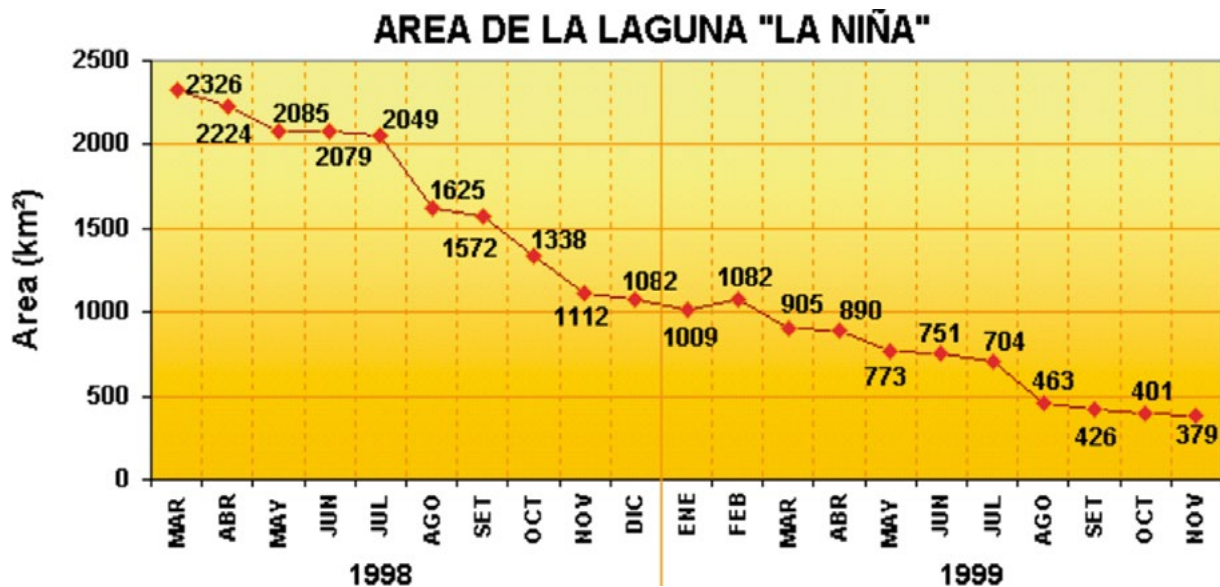


Figura 7.- Área de la laguna La Niña de marzo-1998 a noviembre-1999
 Figure 7. Area of the La Niña lagoon, March 1998 - November 1999

4. CONCLUSIONES

La laguna La Niña inició su proceso de formación desde el 27 de enero del 2017. Dos semanas después, las aguas iniciaron su desplazamiento e inundación hacia el sur. El proceso de formación se completó en abril para después entrar a un lento proceso de secado.

4. CONCLUSIONS

The La Niña lagoon began its formation process on January 27, 2017. Two weeks later, the waters began their displacement and flooding southwards. The formation process was completed in April and then it entered a slow drying process.

El período de lluvias para la zona de estudio ha sido desde el 29 de enero hasta el 1 de abril del 2017, que coincide con el tiempo de la formación de la laguna.

La laguna fue formada gradualmente hasta el día 7 de febrero con una dimensión estimada de 595 km², el 5 de abril la laguna alcanzó su área máxima (2.172 km²) con un volumen de 5,18x10⁹ m³. El área se redujo a 1.432 km² para el 4 de noviembre.

El incremento de caudal del río Piura entre los meses de febrero-abril fue el principal causante para la formación de la laguna en zonas del Bajo Piura; sin embargo, los registros no son superados al compararlos con los datos durante los eventos El Niño 1982-83 y 1997-98.

La máxima área inundada de la laguna La Niña fue de 2.326 km² en 1998, superior en 6,6% a la del 2017 ya que los caudales fueron mayores para el evento El Niño 1997-1998.

El área de la laguna creció semanalmente 33,3% desde el 7 de febrero hasta el 5 de abril y el porcentaje de reducción fue 34,1% hasta el 4 de noviembre.

El uso de imágenes de mayor resolución espacial permitirá efectuar análisis de las variaciones multitemporales y aumentar la precisión en las estimaciones de sus dimensiones.

The rainy season for the study area has been from 29 January to 1 April 2017, which coincides with the time of the formation of the lagoon.

The lagoon was formed gradually until 7 February with an estimated size of 595 km². On 5 April the lagoon reached its maximum area (2,172 km²) with a volume of 5.18x10⁹ m³. The area was reduced to 1,432 km² by 4 November.

The increase in the flow of the Piura River, between February and April, was the main cause for the formation of the lagoon in areas of Lower Piura; nevertheless, the records are not exceeded when compared with the data during the El Niño 1982-83 and 1997-98 events.

The maximum flooded area of the La Niña Lagoon was 2,326 km² in 1998, which was 6.6% higher than in 2017 since the flows were greater for the El Niño 1997-1998 event.

The lagoon area grew 33.3% weekly from 7 February to 5 April and the reduction percentage was 34.1% until 4 November.

The use of higher spatial resolution images will allow us to carry out analyses of multitemporal variations and to increase the precision in the estimates of their dimensions.

5. REFERENCIAS / REFERENCES

- DEZA R J, TUME R J, ALARCÓN D J. 2010. Cambios Ambientales en el Desierto de Sechura y Alternativas para su aprovechamiento. *Ciencia y Desarrollo*. 12: 11 - 28.
- ESCUDERO L. 1999. Monitoreo Satelital de la Laguna "La Niña" 1998-1999. IMARPE. <http://www.imarpe.gob.pe/argen/nina/lanina.html>.
- GANDHI G M, PARTHIBAN-NAGARAJ T, CHRISTY A. 2015. NDVI: Vegetation Change Detection Using Remote Sensing and Gis – A Case Study of Vellore District. *ELSEVIER*. 57: 1199 - 1210.
- GOBIERNO REGIONAL PIURA. 2010. Caracterización de Actividades Económicas en Zonas de Influencia del ACR Virrilá Ramón y Ñapique. Fondo de Promoción de las Áreas Naturales Protegidas PROFONANPE. 1. 17 pp.
- GOBIERNO REGIONAL PIURA. 2012. Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación de la Diversidad Biológica de la Región Piura. Grupo Técnico de Diversidad Biológica del Gobierno Regional de Piura. 1. 162 pp.
- LILLO C M. 1999. Consideraciones sobre los Endorreísmos de la Costa Norte de Perú en su Relación con Eventos de El Niño. *Papeles de Geografía*. 30: 87 - 102.
- PANTA R C. 2015. Variación Estacional de la Actividad Extractiva en las Poblaciones Ícticas de los Humedales de Sechura. Piura 2013-2014. Tesis para Optar el Título de Biólogo – Universidad Nacional de Piura. 1. 136 pp.
- ROUSE J W, HAAS R H, SCHELL J A, DEERING D W. 1973. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. In 3rd ERTS Symposium, NASA SP-351. I. 309 – 317 pp.

ACONDICIONAMIENTO, EVALUACIÓN DE DIETAS COMERCIALES PARA CRECIMIENTO EN CAUTIVERIO DE JUVENILES DEL MERO *Mycteroperca xenarcha* Jordan, 1888. TUMBES, PERÚ

CONDITIONING, ASSESSMENT OF COMMERCIAL DIETS FOR CAPTIVE GROWTH OF JUVENILES OF GROUPER *Mycteroperca xenarcha* Jordan, 1888. TUMBES, PERU

Johnny Robles¹Raquel Siccha-Ramirez¹Paola Cisneros¹

RESUMEN

ROBLES J, SICCHA-RAMIREZ R, CISNEROS P. 2019. Acondicionamiento, evaluación de dietas comerciales para crecimiento en cautiverio de juveniles del mero *Mycteroperca xenarcha* Jordan, 1888. Tumbes, Perú. Bol. Inst Mar Perú. 34(1): 115-127.- Se evaluó el acondicionamiento al cautiverio y el crecimiento de juveniles de *Mycteroperca xenarcha* empleando dietas comerciales. Durante 14 meses (5 meses de acondicionamiento y 9 de crecimiento) se trabajó con 105 ejemplares de tallas homogéneas, distribuidos en cuatro grupos de tratamiento: T₁ (pellet 50%) T₂ (pellet 40%) T₃ (pellet 50%+alimento fresco) y T₀ (alimento fresco). Mensualmente se registró longitud total (Lt) y peso total (Pt). Se determinó el incremento diario de peso individual (IDPI), la tasa de crecimiento específica, factor de condición, factor de conversión alimenticia y supervivencia de cada tratamiento. Estadísticamente se fijaron dos grupos en términos de Lt: T₁-T₂ y T₃-T₀ (ANOVA, F=4,272; p = 0,012, Tukey p = 0,236 y p = 0,694), registrándose mejores valores de crecimiento en T₃ (22,50 mm) y T₀ (29,34 mm). Los mejores resultados en IDPI se obtuvieron en T₃ (0,28 g/día) y T₀ (0,31 g/día). Con relación al incremento en peso, los tratamientos no evidenciaron diferencias significativas (ANOVA, F = 0,403, p = 0,752). El factor de condición K mostró diferencia significativa entre tratamientos (ANOVA, F = 31,05; p < 0,05), verificándose dos grupos: T₁-T₂ y T₃-T₀ (Tukey p = 0,994 y p = 0,422). Estos resultados indican que para garantizar el crecimiento de *M. xenarcha* en condiciones de cautiverio se debe incluir alimento fresco en la dieta, sugiriendo que los alimentos formulados no cumplen por sí solos con los requerimientos nutricionales de la especie.

PALABRAS CLAVE: *Mycteroperca xenarcha*, mero, pellet, crecimiento en cautiverio

ABSTRACT

ROBLES J, SICCHA-RAMIREZ R, CISNEROS P. 2019. Conditioning, assessment of commercial diets for captive growth of juveniles of grouper *Mycteroperca xenarcha* Jordan, 1888. Tumbes, Peru. Bol. Inst Mar Peru. 34(1): 115-127.- The captive conditioning and growth of juveniles of *Mycteroperca xenarcha* were assessed by using commercial diets. Over a 14-month period (5 months of conditioning and 9 months of growth) we worked with 105 specimens of homogeneous sizes, which were distributed in four treatment groups: T₁ (pellet 50%) T₂ (pellet 40%) T₃ (pellet 50% + fresh food) and T₀ (fresh food). Total length (TL) and total weight (TW) were recorded monthly. Individual daily weight increase (IDWI), specific growth rate, condition factor, feed conversion factor and survival of each treatment were determined. Statistically, two groups were fixed in terms of TL: T₁-T₂ and T₃-T₀ (ANOVA, F=4.272, p = 0.012, Tukey p = 0.236 and p = 0.694), by recording better growth values in T₃ (22.50 mm) and T₀ (29.34 mm). The best results in IDWI were obtained in T₃ (0.28 g/day) and T₀ (0.31 g/day). Regarding the increase in weight, the treatments did not show significant differences (ANOVA, F = 0.403, p = 0.752). The (K) condition factor showed a significant difference between treatments (ANOVA, F = 31.05, p < 0.05), with two groups: T₁-T₂ and T₃-T₀ (Tukey p = 0.994 and p = 0.422). These results suggest that to ensure the growth of *M. xenarcha* under captive conditions, fresh food should be included in the diet and it is strongly implied that the formulated foods do not, by themselves, meet the nutritional requirements of the species.

KEYWORDS: *Mycteroperca xenarcha*, mero pellet, growth in captivity

1. INTRODUCCIÓN

En el 2014, la pesca para consumo humano y la acuicultura registraron los mayores volúmenes de captura y producción, destacando estas actividades como claves para la seguridad alimentaria, ya que proporcionan más del 15% del suministro total de proteínas animales. La rápida expansión de la acuicultura, incluidas las actividades de

1. INTRODUCTION

In 2014, fishing for human consumption and aquaculture recorded the highest volumes of catch and production, with these activities standing out as key to food security, as they provide more than 15% of the total animal protein supply. The rapid expansion of aquaculture, including the activities of

1 IMARPE, Laboratorio Costero de Tumbes, Calle José Olaya S/N, C.P. Nueva Esperanza, Zorritos, Contralmirante Villar, Tumbes. jrobles@imarpe.gob.pe

los pequeños productores, figura como una de las razones de este crecimiento en la producción FAO (2016).

La producción piscícola procedente de maricultura, entre el 2005 y el 2014, creció 5,8% anual (FAO 2016). Varios países han incursionado en la maricultura obteniendo resultados importantes, desarrollando tecnologías para el cultivo en jaulas flotantes, en regiones oceánicas y costeras, contribuyendo al rápido crecimiento del cultivo de peces marinos sobre todo en la región oriental de Asia y en el mar Mediterráneo, donde se encuentra la mayor parte de la producción de peces marinos entre ellos los Serranidae "meros" (Rossi 2010).

En Perú el cultivo de peces sigue siendo incipiente. Las investigaciones al respecto han comenzado con acondicionamiento de peces marinos dentro del laboratorio, como *Engraulis ringens* anchoveta (ESPINOZA *et al.* 2007), *Paralichthys adspersus* lenguado (CARRERA *et al.* 2013), *Anisotremus scapularis* chita, *Paralabrax callaensis* cabrilla (IMARPE 2015), *Cynoscion phoxocephalus* corvina cherela (PALACIOS *et al.* 2015) y *Centropomus nigrescens* robalo (Marinazul, comunicación personal). En el caso de peces de agua dulce como *Arapaima gigas* paiche, *Pseudoplatystoma fasciatum* doncella, *Colossoma macropomum* gamitana, *Piaractus brachyomus* paco, *Oncorhynchus mykiss* trucha y *Oreochromis niloticus* tilapia, existe producción de alevines y cultivo medianamente intensificado en el Perú (PRODUCE 2009).

Sin embargo existen otras especies de elevado valor comercial, interesantes para el cultivo, tal es el caso del *Mycteroperca xenarcha* Jordan, 1888 (Familia: Serranidae), comúnmente llamado "mero murique", que es una especie bentonérica, que habita áreas rocosas costeras, peñas con algas, cuevas y lagunas de manglar (CHIRICHIGNO y CORNEJO 2001). Se distribuye desde bahía de San Francisco (EE.UU.) a Paita (Perú), incluyendo las Islas Galápagos, llegando ocasionalmente hasta el Callao, Perú (CHIRICHIGNO y CORNEJO 2001, ABURTO-OROPEZA *et al.* 2008).

En los últimos años, en el mundo, los meros han sido considerados como un grupo de peces marinos con potencial para la acuicultura, sobre todo por su importancia comercial, calidad de su carne, rápido crecimiento y resistencia a las condiciones de cultivo (Rossi 2010).

small-scale producers, appears as one of the reasons for this growth in production FAO (2016).

Between 2005 and 2014, fish production from mariculture grew by 5.8% annually (FAO 2016). Several countries have entered mariculture obtaining important results, developing technologies for cultivation in floating cages, in oceanic and coastal regions, contributing to the rapid growth of marine fish farming especially in the East Asian region and in the Mediterranean Sea, where most of the production of marine fish is found, including Serranidae "groupers" (Rossi 2010).

In Peru, fish farming is still in its inception phase. Research has begun with the conditioning of marine fish at the laboratory, such as *Engraulis ringens* anchoveta (ESPINOZA *et al.* 2007), *Paralichthys adspersus* fine flounder (CARRERA *et al.* 2013), *Anisotremus scapularis* Peruvian grunt, *Paralabrax callaensis* sea bass (IMARPE 2015), *Cynoscion phoxocephalus* cachema weakfish (PALACIOS *et al.* 2015), and *Centropomus nigrescens* black robalo (Marinazul, personal communication). Regarding freshwater fish such as *Arapaima gigas*, *Pseudoplatystoma fasciatum* barred sorubim, *Colossoma macropomum* cachama, *Piaractus brachyomus* pirapitinga, *Oncorhynchus mykiss* rainbow trout, and *Oreochromis niloticus* Nile tilapia. There is a juvenile production and a medium intensified culture in Peru (PRODUCE 2009).

Nonetheless, there are other species of high commercial value, which are interesting for culture, such as *Mycteroperca xenarcha* Jordan, 1888 (Family: Serranidae), also known as "grouper", which is a bentho-neritic species that inhabits coastal rocky areas, rocks with algae, caves and mangrove lagoons (CHIRICHIGNO & CORNEJO 2001). It is distributed from San Francisco Bay (USA) to Paita (Peru), including the Galapagos Islands, occasionally reaching Callao, Peru (CHIRICHIGNO & CORNEJO 2001, ABURTO-OROPEZA *et al.* 2008).

Groupers have been considered, worldwide in recent years, as a group of marine fish with potential for aquaculture, especially for their commercial importance, meat quality, rapid growth and resistance to farming conditions (Rossi 2010).

Este recurso representa una importante fuente de ingresos para buzos (arponeros) y pescadores artesanales (llamados pinteros) de la región norte del Perú, debido a la demanda local por la calidad de su carne, idónea para la gastronomía. A consecuencia de estas actividades, en los últimos años esta especie viene atravesando una fuerte extracción, que se evidencia en la disminución de su captura (IMARPE 2013).

En este contexto el propósito del trabajo es, evaluar el acondicionamiento al cautiverio de *M. xenarcha* usando diferentes dietas comerciales, así como determinar su crecimiento e identificar su potencial acuícola con el propósito de ampliar el número de especies para cultivo acuícola del Departamento de Tumbes.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Acondicionamiento

De marzo a julio de 2015, se recolectaron 110 juveniles entre $27,7 \pm 3,7$ cm de longitud total (Lt) y $292,1 \pm 115,9$ g peso total (Pt), capturados frente a la costa de Tumbes y en los canales de marea en zonas de manglar, empleando como arte de pesca la pinta. Los peces fueron colocados en un tanque de fibra de vidrio con disponibilidad de aire comprimido y oxígeno puro; en ocasiones se agregó hielo al agua para regular la temperatura y trasladarlos al Laboratorio Costero de Tumbes del Instituto del Mar del Perú (LCT-IMARPE).

En el laboratorio, los ejemplares fueron colocados en tanques de fibra de vidrio de 6 m^3 (diámetro 3 m y altura 0,85 m) con agua de mar filtrada ($1\mu\text{m}$) y esterilizada, usando un sistema de circulación abierta y flujo de aire continuo, donde se mantuvo a $25,68 \pm 0,99$ °C de temperatura y $4,30 \pm 0,58 \text{ mg.L}^{-1}$ de oxígeno disuelto. Para evitar agresiones entre los peces, como refugio, se instalaron tubos de PVC (20 cm de longitud y 15 cm de diámetro). Transcurridas 48 horas se evaluaron sobrevivencia y estado externo, seleccionando los peces con mejores condiciones (buena movilidad, sin laceraciones), los peces seleccionados fueron sometidos a tratamientos profilácticos para la erradicación de parásitos externos.

This resource represents an important source of income for divers (harpooners) and artisanal fishermen (so-called "pinteros") in northern Peru, due to local demand for quality meat, which is ideal for gastronomy. Over the last few years, as a result of these activities, this species has been undergoing a strong extraction, as evidenced by the decrease in its catch (IMARPE 2013).

In this context, the objective of this paper is to assess the captive conditioning of *M. xenarcha* by using different commercial diets, as well as to determine its growth and to identify its aquaculture potential with the aim of expanding the number of species for aquaculture cultivation in the Tumbes Region.

2. MATERIAL AND METHODS

Conditioning

Between March and July 2015, a total of 110 juveniles, which were collected between 27.7 ± 3.7 cm in total length (TL) and 292.1 ± 115.9 g in total weight (TW), were caught off the coast of Tumbes and in tidal channels located in mangrove areas, by using the handline as fishing gear. The fish were placed in a fiberglass tank with the availability of compressed air and pure oxygen; sometimes ice was added to the water to regulate its temperature and transfer them to the Coastal Laboratory of Tumbes of the Instituto del Mar del Perú (LCT-IMARPE in Spanish).

Specimens were placed in 6 m^3 fiberglass tanks (3 m in diameter and 0.85 m in height) with previously filtered ($1\mu\text{m}$) and sterilized seawater, through an open circulation system and continuous air flow, where they were kept at 25.68 ± 0.99 °C temperature and $4.30 \pm 0.58 \text{ mg.L}^{-1}$ of dissolved oxygen. To prevent aggressions between the fish on the tanks, PVC pipes (20 cm in length and 15 cm in diameter) were installed as shelters. After 48 hours, survival and external status were assessed, by selecting the fish with the best conditions (good mobility, no lacerations), the selected fish were placed under prophylactic treatments for the removal of external parasites.

El periodo de acondicionamiento duró cinco meses finalizando cuando la mortalidad fue 0% y todos los ejemplares aceptaron el alimento formulado, para lo cual la alimentación se proporcionó una vez al día (8:00 h) *ad libitum*, iniciándose con alimento fresco (langostino, calamar y trozos de pescado) y posteriormente con alimento formulado.

Evaluación de dietas comerciales

Posterior al acondicionamiento, se efectuó la selección de 105 ejemplares, los que fueron distribuidos en cuatro grupos (tratamientos) de tallas homogéneas, no se establecieron réplicas, manteniéndose en evaluación por 9 meses. Los promedios iniciales de talla y peso se dan en la Tabla 1.

La agresividad de los peces que se observó en el periodo de acondicionamiento, fue determinante para discriminar los grupos experimentales y estructurarlos de forma homogénea, lo que permitió reducir el riesgo de lesiones y muerte durante la evaluación del crecimiento.

El diseño experimental fue establecido en bloques al azar determinando cuatro tratamientos (T_0 , T_1 , T_2 y T_3). Los ejemplares pesados y medidos se distribuyeron en los tanques con aireación y recambios de agua hasta de 200%. Las densidades fueron similares en cada tratamiento ($T_1= 2,96$; $T_2= 2,93$, $T_3= 3,11$ y $T_0= 3,12$) g.L⁻¹.

Se suministró alimento *ad libitum*, igual al del periodo de acondicionamiento. Las dietas para cada tratamiento fueron: T_1 (alimento comercial: 50% proteína, 10% grasa, 2% fibra, 12% humedad, 12% ceniza; Dieta 1), T_2 (alimento comercial: 40% proteína, 16% grasa, 4% fibra, 12% humedad, 12% ceniza; Dieta 2), T_3 (combinación del T_1 más alimento fresco (langostino, calamar, trozos de pescado); Dieta 3), y el T_0 (alimento fresco (langostino, calamar, trozos de pescado); Dieta 4) (Tabla 1).

Temperatura, oxígeno disuelto, pH y salinidad del agua fueron medidos diariamente mediante un multiparámetro Hanna HI 9828.

Índices de crecimiento, condición y de alimentación

El crecimiento fue registrado mediante el seguimiento de la longitud total (cm) y peso total

The conditioning period lasted five months and ended when mortality was 0% and all specimens accepted the formulated food, for which feeding was provided *ad libitum* once a day (8:00 h), starting with fresh food (prawns, squid, and pieces of fish) and then with formulated food.

Assessment of commercial diets

After conditioning, the selection of 105 specimens was made, which were distributed in four groups (treatments) of homogeneous sizes, no replicas were established for each group, remaining in assessment for 9 months. The initial averages of length and weight are given in Table 1.

The aggressiveness of the fish that was observed in the conditioning period, was determinant to discriminate the experimental groups and structure them homogeneously, which allowed us to reduce the risk of injury and death while assessing growth.

The experimental design was established in random blocks and four treatments were determined (T_0 , T_1 , T_2 , and T_3). The weighed and measured specimens were distributed in tanks with aeration and water replacements of up to 200%. Similar densities were established in each treatment ($T_1= 2.96$; $T_2= 2.93$, $T_3= 3.11$, and $T_0= 3.12$) g.L⁻¹.

Ad libitum feeding was given, equal to the conditioning period. The diets for each treatment were: T_1 (commercial food: 50% protein, 10% fat, 2% fiber, 12% (water) moisture, 12% ash; Diet 1), T_2 (commercial food: 40% protein, 16% fat, 4% fiber, 12% (water) moisture, 12% ash; Diet 2), T_3 (mix of T_1 plus fresh food (shrimp, squid, fish pieces); Diet 3), and T_0 (fresh food (shrimp, squid, fish pieces); Diet 4) (Table 1).

Temperature, dissolved oxygen, pH, and salinity were measured on a daily basis using a Hanna HI 9828 multiparameter.

Growth, conditioning, and feeding rates

Growth was recorded by tracking total length (cm) and total weight (g), with an ictiometer

Tabla 1.- Características de los tratamientos y dietas para los ejemplares silvestres cultivados en laboratorio

Table 1. Characteristics of treatments and diets for wild specimens grown in the laboratory

Tanque / Tank	N°1	N°2	N°3	N°4
Tratamientos/ Treatments	T ₁	T ₂	T ₃	T ₀
	D1	D2	D3	D4
Dieta / Diet	alimento comercial 50% proteína, 10% grasa commercial food 50% protein, 10% fat	alimento comercial 40% proteína, 16% grasa commercial food 40% protein, 16% fat	combinación del T ₁ más alimento fresco/ mix of T ₁ plus fresh food	alimento fresco / fresh food
Nº de ejemplares / Nº of specimens	42	26	22	15
Lt inicial (cm) (promedio ± D.S.)/ Initial TL (cm) (average ± S.D.)	31,99 ± 2,19	27,71 ± 0,99	25,21 ± 1,03	23,03 ± 1,48
Pt inicial (g) (promedio ± D.S.) / Initial TW (g) (average ± D.S.)	423,18 ± 95,32	281,77 ± 33,28	212,36 ± 22,35	166,30 ± 43,46
Densidad inicial / Initial density (g.L ⁻¹)	2,96	2,93	3,11	3,12

D.S.=Desviación estándar / S.D.=Standard deviation

(g), con un ictiómetro ($\pm 0,5$ cm) y una balanza de precisión ($\pm 0,01$ g), respectivamente. Mensualmente se realizaron muestreos biométricos del total de individuos en cada tratamiento.

Para evaluar la isometría en el crecimiento (por cada tratamiento) así como también en cada mes, la relación peso - longitud siguió una ecuación potencial: ($P=a.L^b$), donde P es el peso total (g) y L es la longitud total (cm). Independientemente, en cada tratamiento se verificó si $b=3$.

El incremento diario de peso individual (IDPI) se determinó mediante la fórmula:

$$IDPI (g.día^{-1}) = Pf - Pi / t$$

Pf = peso promedio final

Pi = peso promedio inicial

t = número de días del período

La tasa de crecimiento específica en longitud (TCE Lt) y peso (TCE Pt) se determinó mediante la fórmula:

$$TCE Lt (\% .día^{-1}) = [(\ln Ltf - \ln Lti) * 100] / N^{\circ} \text{ días}$$

$$TCE Pt (\% .día^{-1}) = [(\ln Ptf - \ln Pti) * 100] / N^{\circ} \text{ días}$$

$\ln Ltf$ = logaritmo natural de la longitud final

$\ln Lti$ = logaritmo natural de la longitud inicial

(± 0.5 cm) and a precision scale (± 0.01 g), respectively. Biometric samples of the total number of individuals in each treatment were taken on a monthly basis.

In order to assess isometry in growth (for each treatment) as well as in each month, the weight-length ratio followed a potential equation: ($P=a.L^b$), where P is the total weight (g) and L is the total length (cm). Independently, in each treatment, it was verified if $b=3$.

The individual daily weight increase (IDWI) was determined by the formula:

$$IDWI (g.day^{-1}) = Pf - Pi / t$$

Pf = final mean weight

Pi = initial mean weight

t = number of days in the period

The specific growth rate in length (TCE Lt) and weight (TCE Pt) was determined by the formula:

$$TCE Lt (\% .day^{-1}) = [(\ln Ltf - \ln Lti) * 100] / N^{\circ} \text{ days}$$

$$TCE Pt (\% .day^{-1}) = [(\ln Ptf - \ln Pti) * 100] / N^{\circ} \text{ days}$$

$\ln Ltf$ = natural logarithm of the final length

$\ln Lti$ = natural logarithm of the initial length

$\ln P_{tf}$ = logaritmo natural del peso húmedo final

$\ln P_{ti}$ = logaritmo natural del peso húmedo inicial

El factor de condición (K) fue estimado con la fórmula:

$$K \text{ (g.cm}^{-3}\text{)} = (P_t / (L_t^3)).100$$

P_t = peso (g)

L_t = Longitud total (cm)

El factor de conversión alimentaria (FCA) que indica la transformación del alimento consumido por los peces en tejido corporal, fue determinado mediante la relación entre la cantidad de alimento consumido y el incremento de la biomasa de los juveniles de *M. xenarcha* en cada tratamiento:

$$\text{FCA (g alimento. g peso pez}^{-1}\text{)} = (\text{alimento consumido} / \text{incremento de biomasa})$$

Se determinó la sobrevivencia en porcentaje, calculándose la relación entre el número de individuos al inicio y fin del experimento.

Análisis de datos

En cada tratamiento las diferencias/similitudes en peso (g), longitud (cm), incremento diario de peso individual (IDPI), tasa de crecimiento específica (TCE), factor de condición (K) y factor de conversión alimentaria, se evaluaron con el análisis de varianza (ANOVA) de un factor con $\alpha=0,05$, complementando con la prueba de Tuckey con $\alpha=0,05$. Previamente, se verificó la normalidad (test de Shapiro Wilk) y homogeneidad de la varianza (test de Levene). Los datos que no presentaron normalidad u homogeneidad de varianza se intentaron transformar con el fin de cumplir con los supuestos; en caso contrario se analizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

La isometría para la relación peso - longitud, se comprobó con un modelo potencial de exponente cúbico ($b=3$). Se empleó la prueba t de Student de dos colas (prueba isométrica) para determinar diferencias significativas entre las pendientes estimadas y el valor teórico de isometría ($b=3$; $p \geq 0,05$), para determinar el tipo de crecimiento. El análisis de los datos, test estadísticos y gráficos se

$\ln P_{tf}$ = natural logarithm of the final wet weight

$\ln P_{ti}$ = natural logarithm of the initial wet weight

The condition factor (K) was estimated with the formula:

$$K \text{ (g.cm}^{-3}\text{)} = (P_t / (L_t^3)).100$$

P_t = weight (g)

L_t = Total length (cm)

The food conversion factor (FCA), which indicates the transformation of the food consumed by the fish into body tissue, was determined by the relationship between the amount of food consumed and the increase in the biomass of the juveniles of *M. xenarcha* in each treatment:

$$\text{FCA (g food. g fish weight}^{-1}\text{)} = (\text{consumed food} / \text{increased biomass})$$

Survival was determined as a percentage, and the ratio between the number of individuals at the beginning and end of the experiment was estimated.

Data analysis

In each treatment the differences/similarities in weight (g), length (cm), individual daily weight increase (IDWI), specific growth rate (TCE), condition factor (K) and food conversion factor were assessed with the analysis of variance (ANOVA) of a factor with $\alpha=0.05$, supplemented by the Tuckey test with $\alpha=0.05$. The normality (Shapiro-Wilk test) and homogeneity of the variance (Levene test) were previously verified. Data that did not show normality or homogeneity of variance were attempted to transform in order to comply with the assumptions; otherwise, the Kruskal-Wallis non-parametric test was analyzed.

The isometry for the weight-length ratio was tested with a potential cubic exponent model ($b=3$). The Student t-test of two tails (isometric test) was used to determine significant differences between the estimated slopes and the theoretical isometric value ($b=3$; $p \geq 0.05$), to determine the type of growth. Data analysis, statistical tests, and graphs were performed by

realizaron mediante el programa estadístico IBM SPSS Statistics Versión 19.0.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Acondicionamiento de los peces

Durante el periodo de acondicionamiento la temperatura varió entre 23,4 y 28,3 °C y el oxígeno disuelto del agua entre 3,29 y 5,51 mg.L⁻¹. En los primeros meses de acondicionamiento, los peces no admitieron ningún tipo de alimento; a partir del tercer mes y en forma gradual fueron aceptando el alimento fresco (langostino, calamar y trozos de pescado) y el alimento formulado. Los peces más pequeños, demostraron mayor movilidad, capturaban el alimento en la superficie del tanque y los más grandes iniciaban el consumo en la columna de agua a medida que el alimento se precipitaba.

En el cuarto mes, cuando todos los peces aceptaron por completo el alimento fresco, se observó una conducta jerárquica en los peces de mayor tamaño, especialmente durante la alimentación, originando lesiones en las aletas y descamación en los ejemplares pequeños; la colocación de tubos de PVC como refugio redujo las agresiones entre los peces, resultados que también mencionan FLORES y RENDIC (2011).

Durante el periodo de acondicionamiento no se registró mortalidad asociada a esta conducta agresiva y territorial, observación que también fue reportada por HEEMSTRA y RANDALL (1993) en ejemplares de *M. rosacea*, explicando el comportamiento natural de peces de la subfamilia Epinephelinae, los cuales son considerados depredadores de emboscada. La supervivencia en este periodo fue 98,1%; la mortalidad registrada se produjo en el primer mes, pereciendo los ejemplares que tenían lesiones mayores producidas en la captura, característica que se da en otras especies (BOTERO y OSPINA 2003, MUÑOZ *et al.* 2012).

Se observó una conducta de estrés en los ejemplares evidenciado por el cambio de coloración y manchas en el cuerpo, comportamiento que se registra en las especies de esta subfamilia y que fue descrito por HEEMSTRA y RANDALL (1993). Según ROSSI (2010) este fenómeno ocurre debido a alguna reacción

means of the IBM SPSS Statistics Version 19.0 software.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Conditioning of fishes

Over the conditioning period, the temperature ranged from 23.4 to 28.3 °C and the dissolved oxygen in the water varied from 3.29 to 5.51 mg.L⁻¹. In the first months of conditioning, the fishes did not admit any type of food; from the third month, and gradually, they were accepting fresh food (shrimp, squid, and pieces of fish) and formulated food. The smaller fishes, which demonstrated greater mobility, captured the food on the surface of the tank and the larger fish began to feed in the water column as the food precipitated.

In the fourth month, when all the fish fully accepted the fresh food, a hierarchical behavior was observed in the larger fish, especially during feeding, resulting in lesions on the fins and desquamation in the small fish; the placement of PVC pipes as shelter reduced aggressions between the fish, these findings were also mentioned by FLORES & RENDIC (2011).

No mortality associated with this aggressive and territorial behavior was recorded during the conditioning period. This observation was also reported by HEEMSTRA & RANDALL (1993) in *M. rosacea* specimens, who explained the natural behavior of fish of the subfamily Epinephelinae, which are considered ambush predators. Survival in this period was 98.1%; the recorded mortality occurred in the first month, when the specimens, that had major injuries produced when they were caught, perished, which is a characteristic that occurs in other species (BOTERO & OSPINA 2003, MUÑOZ *et al.* 2012).

It was observed a stress behavior in the specimens as evidenced by the change of color and spots in the body, a behavior registered in the species of this subfamily and described by HEEMSTRA & RANDALL (1993). According to ROSSI (2010), *this phenomenon occurs due to some physiological reaction under a threatening*

fisiológica bajo una situación amenazante o condición de estrés y se caracteriza por la formación de manchas y/o líneas verticales blancas en el cuerpo del animal, también observado en *M. rosacea*. En este estudio se observó, tal comportamiento especialmente en el periodo de acondicionamiento, presentándose esporádicamente durante el experimento en todos los tratamientos.

Los tratamientos profilácticos con mejores resultados para la erradicación de parásitos y recuperación externa fueron los baños de inmersión en agua dulce por 30 a 60 minutos/3 días, baños de formalina por 30 a 45 minutos/4 días no consecutivos (concentración de 1,000 ppm) y baños con azul de metileno por 60 minutos (concentración 200 ppm como lo describen BENETTI (1997) y ESPINOZA *et al.* (2007)).

Crecimiento e índices de condición

Los incrementos mensuales en longitud total, registrados en cada tratamiento, siguieron una distribución normal ($p > 0,05$) pero no presentaron homogeneidad de varianzas ($p = 0,002$). Se contrastó la diferencia entre tratamientos (ANOVA, $F = 4,272$; $p = 0,012$), verificándose dos grupos: (T_1-T_2) y (T_3-T_0), Tukey $p = 0,236$ y $p = 0,694$). La diferencia entre tratamientos se comprobó mediante Kruskal-Wallis prueba no paramétrica ($p = 0,026$). Se registraron los mejores valores de incremento mensual y total en el grupo del tratamiento T_3 (2,5 - 22,50 mm) y el tratamiento T_0 (3,26 - 29,34 mm), respectivamente. El incremento mensual en peso total, siguió una distribución normal ($p > 0,05$) y presentó homogeneidad de varianzas ($p = 0,344$) pero no hubo diferencias significativas entre tratamientos (ANOVA, $F = 0,403$; $p = 0,752$) (Tabla 2).

La densidad en peso del cultivo en los tratamientos fue ascendente durante el tiempo y varió entre 3,31 y 4,72 g.L⁻¹. Los IDPI difieren significativamente entre los tratamientos (ANOVA, $F = 4,86$; $p = 0,007$), registrándose los mejores valores en T_3 (0,28) y T_0 (0,31) g.día⁻¹, igualmente el TCE tanto para Lt y Pt difirieron significativamente ($p < 0,05$) los mejores valores se dieron en T_3 (0,11) y T_0 (0,15) % .día⁻¹ (Tabla 2). No existen estudios sobre el crecimiento en cautiverio de esta especie, pero estos valores son menores que los reportados por Rossi (2010): TCE 1,15%.día⁻¹ a una densidad de 3,8 g.L⁻¹ para *M. rosacea*.

situation or stress condition and it is characterized by the formation of spots and/or white vertical lines in animal's body, which was also observed in *M. rosacea*. In this study such behavior was observed, especially in the conditioning period, occurring sporadically during the experiment in all treatments.

The prophylactic treatments with best results for parasite removal and external recovery were freshwater immersion baths for 30 to 60 minutes/3 days, Formalin Baths for 30 to 45 minutes/4 non-consecutive days (concentration of 1000 ppm), and Methylene Blue Baths for 60 minutes (concentration of 200 ppm as described by BENETTI (1997) and ESPINOZA *et al.* (2007)).

Growth and conditioning rates

The monthly increases in total length, which were recorded for each treatment, followed a normal distribution ($p > 0.05$) but did not show homogeneity of variances ($p = 0.002$). Differences between treatments were contrasted (ANOVA, $F = 4.272$; $p = 0.012$), resulting in two groups verified: (T_1-T_2) and (T_3-T_0), Tukey $p = 0.236$ and $p = 0.694$). The difference between treatments was verified by using the Kruskal-Wallis non-parametric test ($p = 0.026$). The best monthly and total increase values were recorded in the treatment group T_3 (2.5 - 22.50 mm) and treatment T_0 (3.26 - 29.34 mm), respectively. The monthly increase in total weight followed a normal distribution ($p > 0.05$) and presented homogeneity of variances ($p = 0.344$) but no significant differences between treatments (ANOVA, $F = 0.403$; $p = 0.752$) (Table 2).

The density in culture weight in the treatments was ascending throughout time and varied between 3.31 and 4.72 g.L⁻¹. The IDWIs differed significantly between treatments (ANOVA, $F = 4.86$; $p = 0.007$), recording the best values in T_3 (0.28) and T_0 (0.31) g.day⁻¹, likewise the TCE for both Lt and Pt significantly differed ($p < 0.05$) the best values were given in T_3 (0.11) and T_0 (0.15) % .day⁻¹ (Table 2). There are no studies on captive growth of this species, but these values are lower than those reported by Rossi (2010): TCE 1.15%.day⁻¹ at a density of (3.8 g.L⁻¹) for *M. rosacea*.

Durante el estudio los parámetros fisicoquímicos del agua registrados en los tanques mantuvieron valores diarios relativamente constantes (O₂: 3,81 – 4,68 mg.L⁻¹; Salinidad: 33 - 35 ups, T: 23,9 - 26,8 °C y pH 7,37 – 8,25); valores que son adecuados, como los reportados para cultivo de peces marinos según TUCKER (1999).

Para el análisis de peso-longitud, la prueba de isometría evidenció que el crecimiento en el tratamiento T₂ fue alométrico negativo (Media= 2,8604; $p= 0,017$) ocasionada posiblemente por la dieta suministrada, que se comprobó con los menores pesos registrados; mientras que los tratamientos T₁ (Media= 2,9997; $p= 0,992$), T₃ (Media= 2,9117; $p= 0,235$) y T₀ (Media= 2,9979; $p= 0,987$) presentan isometría. (Fig. 1).

In this study, the physical-chemical parameters of the water recorded in the tanks maintained a relatively constant daily value (O₂: 3.81 – 4.68 mg.L⁻¹; Salinity: 33 - 35 ups, T: 23.9 – 26.8 °C, and pH 7.37 – 8.25); values that are adequate, such as those reported for marine fish culture according to TUCKER (1999).

For the weight-length analysis, the isometry test showed that the growth in the T₂ treatment was negative allometric (Mean= 2.8604; $p= 0.017$) possibly caused by the diet provided, which was verified with the lowest recorded weights; while the T₁ (Mean= 2.9997; $p= 0.992$), T₃ (Mean= 2.9117; $p= 0.235$), and T₀ (Mean= 2.9979; $p= 0.987$) treatments present an isometric result. (Fig. 1).

Tabla 2.- Parámetros de crecimiento de *M. xenarcha* en cautiverio: Lt Longitud total, Pt: Peso total, IDPI: Incremento diario de peso individual, K: Factor de condición, CV: Coeficiente de variación, TCE: Tasa de crecimiento específica y FCA: factor de conversión alimentaria

Table 2. Captive growth parameters of *M. xenarcha*: Lt Total length, Pt: Total weight, IDWI: Individual daily weight increase, K: Condition factor, CV: Coefficient of variation, TCE: Specific growth rate, and FCA: Food conversion factor

Tratamiento / Treatment	T ₁	T ₂	T ₃	T ₀
Fecha / Date	Inicio 11 de Febrero 2016 al 11 de Noviembre 2016			
Tanques / Tanks	1	2	3	4
Dieta / Diet	D1	D2	D3	D4
Nº de ejemplares / Nº of specimens	42	26	22	15
Supervivencia (%) / Survival (%)	100	100	100	100
Lt inicial (cm)	31,99 ± 2,19	27,71 ± 0,99	25,21 ± 1,03	23,03 ± 1,48
Lt final (cm)	33,04 ± 2,17	28,85 ± 1,22	27,46 ± 1,30	25,97 ± 1,90
Incremento Lt (mm)	10,48	11,34	22,50	29,34
Incremento Lt (%)	3,28	4,09	8,92	12,74
Incremento Lt (mm/mes)	1,16	1,26	2,50	3,26
Pt inicial (mm)	423,18 ± 95,32	281,77 ± 33,28	212,36 ± 22,35	166,30 ± 43,46
Pt final (mm)	473,42 ± 96,66	306,24 ± 43,80	289,64 ± 44,76	251,47 ± 65,68
Incremento Pt (g)	50,24	24,47	77,28	85,17
Incremento Pt (%)	11,87	8,69	36,39	51,22
Incremento Pt (g/mes)	5,58	2,72	8,59	9,46
IDPI (g/día)	0,18	0,09	0,28	0,31
Densidad inicial (g.L ⁻¹)	2,96	2,93	3,11	3,12
Densidad final (g.L ⁻¹)	3,31	3,18	4,25	4,72
K inicial	1,293	1,324	1,326	1,361
K final	1,313	1,276	1,400	1,436
CV Lt inicial (%)	6,87	3,58	4,09	6,43
CV Lt final (%)	6,57	4,21	4,73	7,33
CV Pt inicial (%)	22,52	11,81	10,53	26,13
CV Pt final (%)	20,42	14,30	15,45	26,12
TCE Lt (%)	0,01	0,01	0,03	0,04
TCE Pt (%)	0,04	0,03	0,11	0,15
FCA	12,4	17,0	11,3	12,8

Según las pruebas estadísticas el factor de condición K (promedio= 1,33) siguió una distribución normal ($p > 0,05$) excepto el T_1 ($p = 0,43$) y presentaron homogeneidad de varianzas ($p = 0,30$), contrastando diferencia entre los tratamientos (ANOVA, $F = 31,05$; $p < 0,05$). En la actualidad no se han reportado datos sobre el factor de condición K en condiciones de cultivo en ambiente controlado para la especie *M. xenarcha*, pero sí para especímenes del género *Mycteroperca*. A pesar que la literatura indica que valores superiores a 1 evidencian una condición de bienestar favorable en la especie (IRIGOYEN-ARREDONDO *et al.* 2016, MUSTAFA *et al.* 2015) los resultados de esta investigación describen dos grupos (Tukey, $p = 0,994$ y $p = 0,422$), el grupo conformado por (T_3-T_0) revela los mejores resultados utilizando alimento fresco y los del grupo (T_1-T_2) que muestra

Based on the statistical tests, the condition factor (K) (mean = 1.33) followed a normal distribution ($p > 0.05$) except for T_1 ($p = 0.43$) and presented homogeneity of variances ($p = 0.30$), which contrasted the difference between the treatments, (ANOVA, $F = 31.05$; $p < 0.05$). Currently, no data have been reported on the condition factor (K) under controlled environmental conditions for the species *M. xenarcha*, but for specimens of the genus *Mycteroperca*. Although the literature indicates that values higher than 1 show a favorable welfare condition in the species (IRIGOYEN-ARREDONDO *et al.* 2016, MUSTAFA *et al.* 2015) the results of this research describe two groups (Tukey, $p = 0.994$ and $p = 0.422$), the group formed by (T_3-T_0) presents the best results by using fresh food and those of the group (T_1-T_2) that shows lower values and that could be

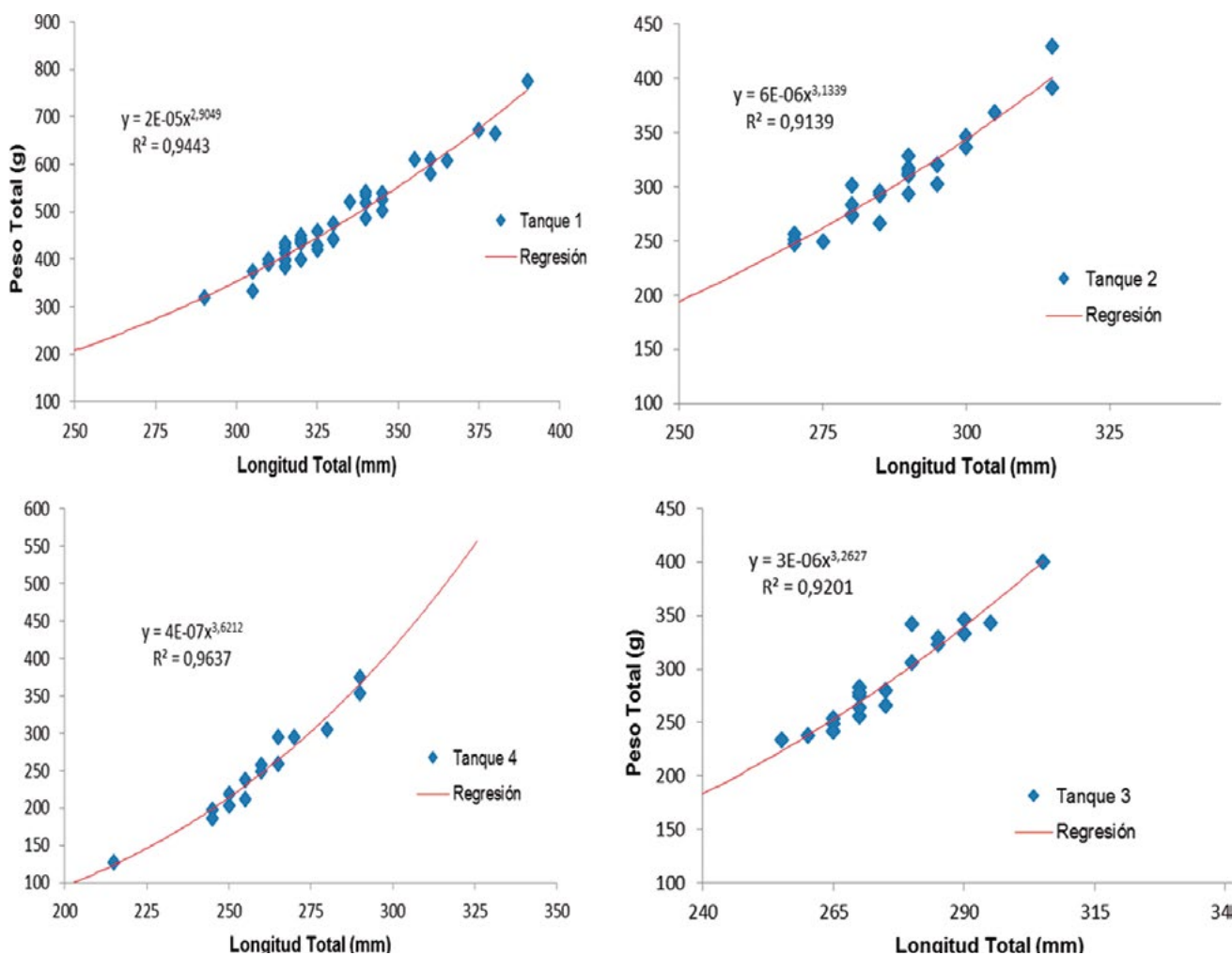


Figura 1.- Relación peso - longitud de *Mycteroperca xenarcha*, en los cuatro tanques

Figure 1. Weight - length ratio of *Mycteroperca xenarcha*, in the four tanks

valores inferiores y que se podría atribuir al tipo de alimento proporcionado, el cual no cubriría los requerimientos nutricionales de esta especie (Fig. 2).

La dieta suministrada en los tratamientos T_3 y control T_0 a base de alimento fresco (langostino, calamar y trozos de pescado) fue siempre bien aceptada por los peces, reflejándose con los mejores valores de IDPI y TCE; sin embargo, el factor de conversión alimentaria en todos los tratamientos fue elevado ($T_1 = 12,4$; $T_2 = 17,0$; $T_3 = 11,3$ y $T_0 = 12,8$), reflejando una equivocada alimentación en todos los tratamientos, a pesar de que la mayoría de los cultivos de meros, dependen del alimento fresco denominado (*Trash Fish*) expresando un FCA relativamente alto (TUCKER Jr. 1999, BOTERO y OSPINA 2002).

La supervivencia no se vio afectada por el tipo de dieta empleada en el cultivo de juveniles de meros, alcanzando el 100% en todos tratamientos, lo que mostró que el método de cultivo utilizado fue conveniente para el desarrollo de esta especie en cautiverio.

attributed to the type of food provided, which would not cover the nutritional requirements of this species (Fig. 2).

The diet provided in the T_3 and T_0 control treatments, based on fresh food (shrimp, squid, and fish pieces), was always well accepted by the fish and this was reflected in the best IDWI and TCE values; however, the food conversion factor in all treatments was high ($T_1 = 12.4$; $T_2 = 17.0$; $T_3 = 11.3$ and $T_0 = 12.8$), which reflects a wrong feeding in all treatments, despite the fact that most grouper cultures depend on fresh food called (*Trash Fish*) expressing a relatively high FCA (TUCKER Jr. 1999; BOTERO & OSPINA 2002).

Survival was not affected by the type of diet used in the culture of juvenile groupers, reaching 100% in all treatments, which showed that the applied culture method was convenient for the development of this species in captivity.

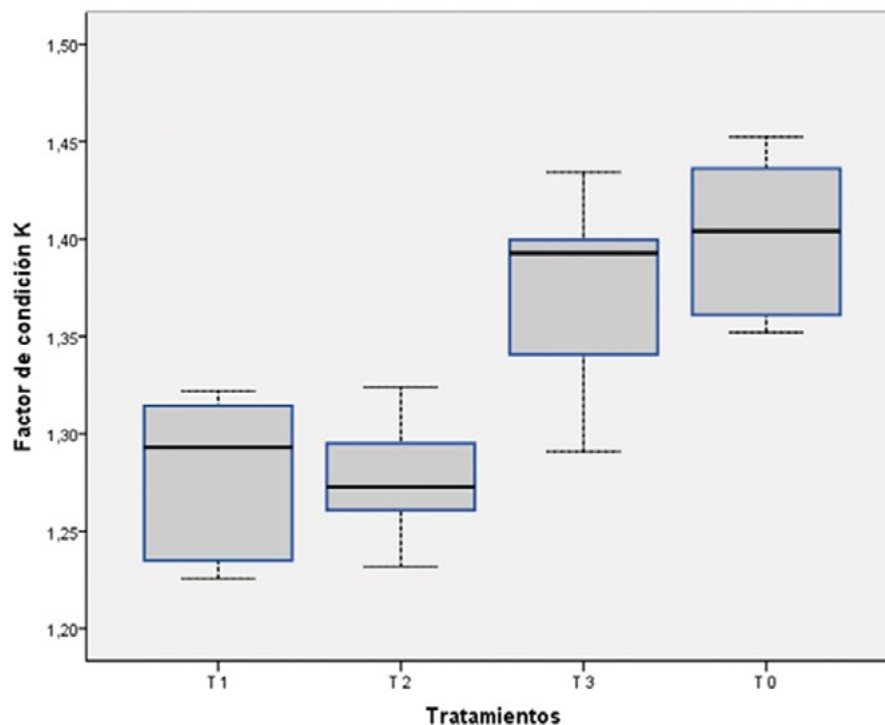


Figura 2.- Factor de condición (K) de *M. xenarcha* alimentados con diferentes dietas (D1, D2, D3 y D4), al finalizar 9 meses de estudio

Figure 2. Condition factor (K) of *M. xenarcha*, fed with different diets (D1, D2, D3 and D4), at the end of 9 months of study

4. CONCLUSIONES

La metodología de captura y acondicionamiento al cautiverio durante cinco meses permitió controlar y establecer a 105 ejemplares juveniles de *Mycteroperca xenarcha* para ser utilizados en las pruebas experimentales de crecimiento con diferentes dietas.

Los mejores resultados de crecimiento (IDPI, TCE) y factor de condición (K) de *M. xenarcha* se obtuvieron en los tratamientos control T₀ y T₃, con las dietas D4 (alimento fresco) y D3 (combinación del T₁ más alimento fresco). Estos resultados sugieren la posibilidad que el alimento comercial formulado utilizado en el T₁ (Dieta 1) y en el T₂ (Dieta 2) no cubrirían los requerimientos mínimos nutricionales para el crecimiento de la especie en cautiverio.

Agradecimientos

La investigación fue realizada con financiamiento del PpR Ordenamiento y Desarrollo de la Acuicultura (DGIA-IMARPE). Los autores agradecen a Derly Herrera personal técnico del área de acuicultura por su colaboración. Asimismo a Manuel Vera por las recomendaciones para el presente trabajo y a todo el personal del Laboratorio Costero de Tumbes por el valioso apoyo en la ejecución del proyecto.

4. CONCLUSIONS

The methodology of catch and conditioning to captivity for five months allowed us to control and establish 105 juvenile specimens of *Mycteroperca xenarcha* to be used in experimental growth tests with different diets.

The best growth results (IDWI, TCE) and condition factor (K) of *M. xenarcha* were obtained in the T₀ and T₃ control treatments, with diets D4 (fresh food) and D3 (mix of T₁ plus fresh food). These results suggest the possibility that the formulated commercial food used in T₁ (Diet 1) and T₂ (Diet 2) would not meet the minimum nutritional requirements for the growth of the species in captivity.

Acknowledgments

The research was carried out with funding from PpR Aquaculture Management and Development (DGIA-IMARPE). The authors thank Derly Herrera, technical staff in the aquaculture area, for her collaboration. Also to Manuel Vera for his recommendations for this paper and to all the staff of the Coastal Laboratory of Tumbes for the valuable support in the execution of the project.

5. REFERENCIAS / REFERENCES

- ABURTO-OROPEZA O, ERISMAN B, VALDEZ-ORNELAS V, DANEMANN G. 2008. Serránidos de Importancia Comercial del Golfo de California: Ecología, Pesquerías y Conservación, Ciencia y Conservación. Pro Natura Noroeste. Vol. 1: 43 pp. https://www.researchgate.net/profile/Octavio_Aburto-Oropeza/publication/281333378_Serranidos_de_importancia_comercial_del_Golfo_de_California_Ecologia_pesquerias_y_conservacion/links/572b603908aef5d48d327860/Serranidos-de-importancia-comercial-del-Golfo-de-California-Ecologia-pesquerias-y-conservacion.pdf. Obtenido en febrero 2015.
- BENETTI D. 1997. Spawning and larval husbandry of flounder *Paralichthys woolmani* and pacific yellowtail *Seriola mazatlanana*, new candidate species for aquaculture. *Aquaculture*. (155): 307-318.
- BOTERO J, OSPINA J. 2003. Crecimiento y desempeño general de juveniles silvestres de mero guasa *Epinephelus itajara* (Lichtenstein) mantenidos en jaulas flotantes bajo diferentes condiciones de cultivo. *Bol. Invest. Mar. Cost. CENIACUA*. 32: 25-36.
- CARRERA L, COTA N, MONTES M. 2013. Compendio metodológico para la reproducción de "lenguado" *Paralichthys adspersus* en cautiverio. Proyecto producción de semilla del Lenguado *Paralichthys adspersus* en cautiverio: IMejoramiento de la calidad y cantidad de desoves. Contrato N° 051-FINCYT-PIBAP-2009. Instituto del Mar del Perú, Callao, 60 p. Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/2186> Obtenido en agosto 2014.
- CHIRICHIGNO N, CORNEJO M. 2001. Catálogo comentado de los peces marinos del Perú. Publicación especial. *Inst Mar Perú*. 314 pp.

- ESPINOZA C, PEREA A, CALDERÓN J, SALAZAR C, BUITRÓN B, VERA V, MECKLENBURG E, ROJAS P. 2007. Captura y acondicionamiento en cautiverio de la anchoveta peruana *Engraulis ringens*. Inf Inst Mar Perú. 34 (3): 269 – 277.
- FAO. 2016. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 224 pp. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>. Obtenido en noviembre 2017.
- FLORES H, RENDIC J. 2011. Conducta alimenticia, supervivencia y crecimiento de juveniles silvestres de *Graus nigra* (Philippi, 1887) en cautiverio. Departamento de Acuicultura, Facultad de Ciencias del Mar Universidad Católica del Norte. Coquimbo – Chile. Lat. Am. J. Aquat. Res., 39(3):607-612 p. doi: 10.3856/vol39-issue3-fi1lltext-21
- HEEMSTRA P, RANDALL J. 1993. FAO Species Catalogue. Groupers of the world (family Serranidae, subfamily Epinephelinae). An annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper and lyretail species known to date. Rome, FAO. FAO Fish. Synop. 125(16): 382 p
- INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ. 2013. Informe Interno Seguimiento de Pesquerías de los Principales Recursos Pesqueros. Tumbes - Perú. 5 pp.
- INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ. 2015. Laboratorio de Cultivos Marinos. Disponible en: http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/index.php?id_seccion=I0170050101000000000000 Obtenido en noviembre 2015.
- IRIGOYEN-ARREDONDO M S, MARÍN-ENRÍQUEZ E, MORENO-SÁNCHEZ X G, ABITIA A, RÁMIREZ-PÉREZ J S. 2016. Weight-length relationship and condition factor of leopard grouper *Mycteroperca rosacea* (Perciformes: Serranidae) from the Gulf of California. California Fish and Game. 102(2): 50-54.
- MUÑOZ A, SEGOVIA E, FLORES H. 2012. Acondicionamiento de reproductores, desove y cultivo larval de *Graus nigra* (Philippi, 1887) (Kyphosidae:Girellinae). Latin American Journal of Aquatic Research. 40(3): 584-595.
- MUSTAFA S, HAFIZZIE H M, SENOO S, SEOK K A Y. 2015. Conditioning of broodstock of tiger grouper, *Epinephelus fuscoguttatus*, in a recirculating aquaculture system. Aquaculture Reports. 2: 117-119.
- PALACIOS E, ROSALES Y, RAVINOVICH G. 2015. Efecto del fotoperiodo y temperatura sobre la maduración y reproducción de *Cynoscion phoxocephalus* ("Corvina-Cherela") en la zona norte del Perú. Manglar. 12 (2): 3-10. Disponible en: <http://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/50> Obtenida en enero 2017
- PRODUCE. 2009. Plan Nacional de Desarrollo Acuícola. (PNDA 2009). 15 pp.
- ROSSI G. 2010. Crecimiento y tasa de ingestión de alimento de juveniles de cabrilla sardinera (*Mycteroperca rosacea*) bajo diferentes densidades de cultivo. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. 115 pp. Disponible en: http://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/3654/rolim_g.pdf?sequence=1&isAllowed=y Obtenido en enero 2015.
- TUCKER J W Jr. 1999. Species profile. Grouper aquaculture: Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Publication. No. 721: 12.

ASPECTOS BIOLÓGICO PESQUEROS DE *Carangoides otrynter* (Jordan & Gilbert, 1883) ESPECIE NO NATIVA DE PERÚ. PACASMAYO, 2016

BIOLOGICAL AND FISHERIES ASPECTS OF *Carangoides otrynter* (Jordan & Gilbert, 1883) A NON-NATIVE SPECIES OF PERÚ. PACASMAYO, 2016

Carlos Goicochea¹
Jacinto Paredes¹

Dennis Atoche-Suclupe¹
Cinthia Vásquez¹

RESUMEN

GOICOCHEA C, ATOCHE-SUCLUPE D, PAREDES J, VÁSQUEZ C. 2019. Aspectos biológico-pesqueros de *Carangoides otrynter* (Jordan & Gilbert, 1883) especie no nativa de Perú. Pacasmayo, 2016. Bol Inst Mar Perú. 34(1): 128-134.- Se determinaron algunos aspectos de la biología de individuos de *Carangoides otrynter* recolectados de los desembarques de la pesca artesanal en Puerto Pacasmayo los días 13 y 22 de febrero 2016. Se determinó estructura por tallas, madurez gonadal microscópica, contenido estomacal y edad. La captura se realizó con redes tipo cortina de 76,2 mm y 88,9 mm de cocada, a profundidades de 5,5 a 14,6 m en El Loro, Dos Cabezas, El Faro, Santa Elena, Puémape, El Milagro y Chérrepe, que se caracterizan por tener fondos pedregoso-fangosos. Esta especie fue capturada como fauna acompañante de peces costeros como *Mugil cephalus*, *Paralonchurus peruanus*, *Sciaena deliciosa*, *Ethmidium maculatum*, *Anisotremus scapularis* y *Oplegnathus insignis*. La talla de *C. otrynter* varió de 23 a 29 cm de longitud total, moda 26 cm y longitud media de 26,5 cm. La proporción sexual fue estadísticamente igual en hembras y machos. Los ovarios estuvieron 100% virginales y los testículos 80% maduros y 20% en maduración. La única presa fue anchoveta, con longitud total que varió de 81 a 105 mm. La edad de *C. otrynter* correspondió a individuos menores a 1 año. Se concluye que los individuos de esta especie, no oriunda del mar peruano, son juveniles inmaduros entre 6 y 8 meses de edad, cuyo hábitat está relacionado a fondos rocoso-fangosos; no obstante, su alimentación está orientada al recurso anchoveta.

PALABRAS CLAVE: *Carangoides otrynter*, aspectos biológicos, región La Libertad

ABSTRACT

GOICOCHEA C, ATOCHE-SUCLUPE D, PAREDES J, VÁSQUEZ C. 2019. Biological and fisheries aspects of *Carangoides otrynter* (Jordan & Gilbert, 1883) a non-native species of Peru. Pacasmayo, 2016. Bol Inst Mar Peru. 34(1): 128-134.- Some biology aspects of *Carangoides otrynter*, which were collected from artisanal fishing landings in Puerto Pacasmayo on 13 and 22 February 2016, were determined. The structure was defined by size, microscopic gonadal maturity, stomach content, and age. The catch was made with curtain nets of 76.2 mm and 88.9 mm of mesh size, at depths of 5.5 to 14.6 m in El Loro, Dos Cabezas, El Faro, Santa Elena, Puémape, El Milagro, and Chérrepe, which are characterized by having rocky-muddy bottoms. This species was caught as an accompanying fauna for other coastal fish such as *Mugil cephalus*, *Paralonchurus peruanus*, *Sciaena deliciosa*, *Ethmidium maculatum*, *Anisotremus scapularis*, and *Oplegnathus insignis*. The size of *C. otrynter* ranged from 23 to 29 cm in total length, mode was 26 cm, and mean length was 26.5 cm. The sex ratio was statistically equal in females and males. The ovaries were 100% virgin and the testicles were 80% mature and 20% at maturation. Anchoveta was the only prey, with total length ranging from 81 to 105 mm. The age of *C. otrynter* corresponded to individuals less than 1-year-old. We conclude that the individuals of this species, which is not native to the Peruvian sea, are immature juveniles between 6 and 8 months of age, whose habitat is related to rocky-muddy bottoms; nevertheless, their diet is oriented to the anchoveta resource.

KEYWORDS: *Carangoides otrynter*, biological aspects, La Libertad region

1. INTRODUCCIÓN

Carangoides otrynter (Jordan y Gilbert, 1883) es un pez marino costero perteneciente a la familia Carangidae, comúnmente conocido como threadfin jack en inglés y pámpano, espejuelo, cojinova o cocinero chicuaca en español. Se distribuye en todas las regiones tropicales del océano Pacífico este al sur de Baja California, México a Ecuador e Islas Galápagos (FROESE & PAULY 2018).

1. INTRODUCTION

Carangoides otrynter (Jordan & Gilbert, 1883) is a coastal marine fish belonging to the family Carangidae, commonly known as threadfin jack. It is distributed in all tropical regions of the Eastern Pacific Ocean to the south of Baja California, Mexico to Ecuador and Galapagos Islands (FROESE & PAULY 2018).

¹ IMARPE, Laboratorio Costero de Huanchaco, Av. La Rivera 805, Huanchaco, Trujillo, cgoicochea@imarpe.gob.pe

JIMÉNEZ *et al.* (2017) reportan por primera vez la presencia de la especie para el puerto de Pacasmayo, al norte del Perú ($7^{\circ}26'18''S$, $79^{\circ}35'02''W$) basado en ejemplares capturados en enero 2016 por la pesca artesanal. Es poco lo que se conoce acerca de esta especie, ya que no es propia de la zona marino-costera peruana y también es escasa la información proveniente de otros países.

El objetivo de esta investigación es dar a conocer algunos aspectos biológico-pesqueros de la especie, con la finalidad de aportar mayor conocimiento sobre el recurso debido a que es una especie tropical de la cual se tiene poca información; asimismo, su presencia en las costas de la Región la Libertad podría ser un indicador biológico de los eventos climáticos anómalos que están sucediendo en esta región durante los últimos años.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

En febrero 2016, se efectuó la captura de 110 ejemplares de *Carangoides otrynter* en embarcaciones pesqueras de 1 a 4 t de capacidad de bodega, utilizando redes cortinas de 76,2 mm y 88,9 mm de cocada, a profundidades de 5,5 a 14,6 m en las zonas de pesca El Loro, Dos Cabezas, El Faro, Santa Elena, Puémape, El Milagro y Chérrepe (Fig. 1) y desembarcados en Puerto Pacasmayo. La identificación de la especie se realizó utilizando el trabajo de JIMÉNEZ y BEÁREZ (2004).

JIMÉNEZ *et al.* (2017) report for the first time the presence of this species in the port of Pacasmayo, northern Peru ($7^{\circ}26'18''S$, $79^{\circ}35'02''W$), based on specimens caught in January 2016 by artisanal fisheries. Little is known about this species since it is not typical of the Peruvian coastal-marine zone and information from other countries is also scarce.

The aim of this research is to provide information on some biological and fisheries aspects of this species, to contribute with greater knowledge about the resource because it is a tropical species of which there is little information; likewise, its presence on the coasts of the La Libertad Region could be a biological indicator of the anomalous climatic events that have been occurring in this region in recent years.

2. MATERIAL AND METHODS

In February 2016, a total of 110 specimens of *Carangoides otrynter* were caught in fishing vessels with a holding capacity of 1 to 4 t, by using curtain nets of 76.2 mm and 88.9 mm of mesh size, at depths of 5.5 to 14.6 m in the fishing zones of El Loro, Dos Cabezas, El Faro, Santa Elena, Puémape, El Milagro, and Chérrepe (Fig. 1) and landed in the port of Pacasmayo. The identification of the species was carried out using the work of JIMÉNEZ & BEÁREZ (2004).



Figura 1.- Zonas de pesca de *C. otrynter* en Pacasmayo, Región La libertad. 2016

Figure 1. *C. otrynter* fishing grounds in Pacasmayo, La Libertad Region. 2016

Los muestreos de *Carangoides otrynter* fueron realizados en 53 ejemplares que pesaron 12,4 kg. En el análisis biológico se registró la longitud total (Lt) en centímetros utilizando un ictiómetro graduado al cm; peso total y eviscerado en gramos (0,1 g de sensibilidad), sexo, fase de madurez gonadal a nivel macroscópico empleando la escala de JOHANSEN (1924), peso de gónadas y de estómagos en gramos (0,01 g de sensibilidad).

Se determinó la proporción sexual que estuvo referida a número de machos/número de hembras; y para determinar si difieren significativamente de la relación esperada 1:1 se empleó el test de χ^2 , con nivel del 95% de significancia.

Para el análisis de madurez gonadal se utilizaron 19 gónadas (9 ovarios y 10 testículos) que fueron procesadas histológicamente de acuerdo al método de infiltración con parafina detallado en BUITRÓN *et al.* (2011). Las secciones de los tejidos se obtuvieron utilizando un micrótopo de rotación con un espesor de 7 μ m, para luego colorearlas con Hematoxilina-Eosina (H-E) contrastante. Posteriormente, se procedió con el montaje de las láminas, para lo cual se utilizó el medio de montaje Entellan y finalmente la observación y análisis de las estructuras de ovarios y testículos se realizó con el microscopio compuesto a 40, 100 y 200X.

El estudio del contenido estomacal se cumplió a partir del análisis de estómagos llenos, para lo cual se utilizó una balanza de 0,01g de sensibilidad, donde se obtuvo el peso de ese contenido. Para el análisis de los ítems presa se empleó el método gravimétrico estandarizado por el Instituto del Mar del Perú-IMARPE en el 2015. En la identificación de las especies y nombres científicos, se utilizaron los trabajos de ÁLAMO y VALDIVIESO (1997), CHIRICHIGNO y VÉLEZ (1998), MOSCOSO (2013), URIBE *et al.* (2013) y SALGADO y HENDRICKX (2010).

Para determinar la edad se realizó la lectura de 24 pares de otolitos que fueron montados sobre una gota de cristal bond para luego ser pulidos por ambos lados con una lija de grano número 1200, hasta poder visualizar el núcleo y los microincrementos. Para los acabados se pulieron con alúmina de grano

Fifty-three specimens weighing 12.4 kg were sampled. The biological analysis recorded the total length (TL) in centimeters by using an ictiometer graduated to cm; total weight and gutting in grams (0.1 g of sensitivity), sex, gonadal maturity stage at macroscopic level by using the JOHANSEN'S scale (1924), weight of gonads and stomachs in grams (0.01 g of sensitivity).

The sex ratio, that was referred to the number of males/number of females, was determined; and to establish if they differ significantly from the expected ratio 1:1, the χ^2 test was used, with a 95% significance level.

For the gonadal maturity analysis, a total of 19 gonads (9 ovaries and 10 testicles) were used, which were histologically processed according to the infiltration method with paraffin as detailed by BUITRÓN *et al.* (2011). Tissue sections were obtained through the use of a rotating microtome with a thickness of 7 μ m and then colored with contrasting Hematoxylin-Eosin (H-E). Subsequently, the slices were mounted, for which the Entellan mounting medium was used and finally the observation and analysis of the structures of ovaries and testicles were carried out with the compound microscope at 40, 100, and 200X.

The study of stomach contents was carried out from the analysis of full stomachs, for which a scale of 0.01g of sensitivity was used, where the weight of that content was obtained. The gravimetric method, which was standardized by the Instituto del Mar del Perú-IMARPE (Alternative: Peruvian Marine Research Institute) in 2015, was used for the analysis of the prey items. In the identification of the species and scientific names, the works of ALAMO & VALDIVIESO (1997), CHIRICHIGNO & VÉLEZ (1998), MOSCOSO (2013), URIBE *et al.* (2013), and SALGADO & HENDRICKX (2010) were used.

A total of 24 pairs of otoliths were read to determine the age. The otoliths were mounted on a drop of bond glass and then polished on both sides with 1200-grain sandpaper until the nucleus and microincrements could be visualized. The finishes were polished with 0.3-grain alumina. Observations for counting

de 0,3. Las observaciones para el conteo de los microincrementos se efectuaron utilizando un analizador de imágenes conectado con un microscopio compuesto con un objetivo de 400X. En el análisis de los microincrementos se asumió que cada microincremento corresponde a un día (PEÑAILILLO & ARAYA 1996).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los ejemplares de *C. otrynter* se encontraron como fauna acompañante de peces costeros y demersales representados por lisa *Mugil cephalus* Linnaeus (en mayor proporción), suco *Paralonchurus peruanus* (Steindachner), lorna *Sciaena deliciosa* (Tschudi), machete *Ethmidium maculatum* (Valenciennes), chita *Anisotremus scapularis* (Tschudi), pez loro *Oplegnathus insignis* (Kner), cherlo, pintadilla y pampanito. Las zonas de pesca en las que se capturaron se caracterizan por tener fondo rocoso-fangoso. TOBÓN-LOPEZ *et al.* (2008) mencionan que un ejemplar de esta especie fue capturado asociado a biotopos coralinos, rocosos y arenosos, en las zonas epipelágica y demersal.

La talla de los ejemplares varió entre 23 y 29 cm Lt, con moda en 26 cm y 26,5 cm de longitud media; la estructura por tallas se presenta en la figura 2.

the microincrements were made using an image analyzer connected to a compound microscope with a 400X objective. In the analysis of the microincrements it was assumed that each microincrement corresponds to one day (PEÑAILILLO & ARAYA 1996).

3. RESULTS AND DISCUSSION

C. otrynter specimens have been found as accompanying fauna for coastal and demersal fish represented by flathead gray mullet *Mugil cephalus* Linnaeus (in greater proportion), Peruvian banded croaker *Paralonchurus peruanus* (Steindachner), lorna drum *Sciaena deliciosa* (Tschudi), Pacific menhaden *Ethmidium maculatum* (Valenciennes), Peruvian grunt *Anisotremus scapularis* (Tschudi), Pacific beakfish *Oplegnathus insignis* (Kner), among other species. The fishing grounds in which they were caught are characterized by rocky-muddy bottoms. TOBÓN-LOPEZ *et al.* (2008) reported that a specimen of this species was caught associated with coral, rocky, and sandy biotopes in the epipelagic and demersal zones.

The size of the specimens varied between 23 and 29 cm TL, with mode in 26 cm and 26.5 cm of mean length, the size structure is presented in Figure 2.

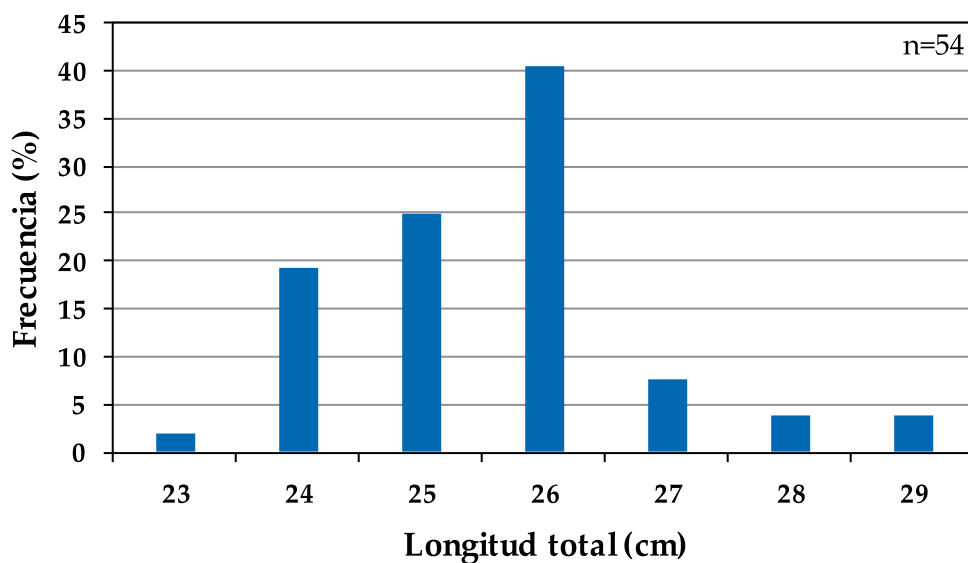


Figura 2.- Estructura de tallas de *C. otrynter*, desembarcado en Pacasmayo, 2016

Figure 2. Size structure of *C. otrynter*, landed at Pacasmayo, 2016

La proporción sexual fue estadísticamente igual en hembras y machos (χ^2 ; Sig. asintótica: 0,221).

The sex ratio was statistically equal in females and males (χ^2 ; asymptotic significance: 0.221).

Los ovarios presentaron coloración anaranjado tenue, ligeramentetranslúcidos, sinvascularización desarrollada y no turgente; mientras que los testículos fueron de color blanquecino, poco turgentes y no se observó desarrollo de vasos sanguíneos, condición característica mayormente en gónadas de peces machos.

The ovaries presented a faint orange coloration, which was slightly translucent, with no developed vascularization and no turgidity; while the testicles were whitish, not very turgid and no blood vessel development was observed, a characteristic condition largely found in male fish gonads.

En el análisis histológico, las muestras de ovarios, presentaron células inmaduras (ovocitos sin vitelo = OI). El núcleo de las células fue fácilmente visible, las paredes del ovario y lamelas poco desarrolladas, mostrando un amplio espacio entre lamelas, lo cual es característico de individuos virginales (Fig. 3). De manera semejante que en esta especie, CASTILLO *et al.* (2015) describieron ovarios de caballa de individuos virginales en los cuales indicaron que los ovocitos se encuentran ordenados dentro de las lamelas y cuyas paredes son muy delgadas.

In the histological analysis, ovarian samples presented immature cells (oocytes without vitellus = OI). The nucleus of the cells was easily visible, the ovarian walls and lamellae were poorly developed, showing a wide space between lamellae, which is characteristic of virgin individuals (Fig. 3). Similar to this species, CASTILLO *et al.* (2015) described chub mackerel ovaries of virgin individuals in which they indicated that the oocytes are ordered within the lamellae and whose walls are very thin.

A diferencia de las hembras, en machos se encontraron individuos en diferentes fases de madurez: 8 individuos maduros que se caracterizaron por presentar poco número de cistos y pared testicular poco desarrollada, lo que indicaría que aún no tuvieron su primera expulsión (Fig. 4 A) y 2 individuos madurantes con abundantes cistos (Fig. 4 B).

Unlike females, males were found in different stages of maturity: 8 mature individuals characterized by a low number of cysts and a poorly developed testicular wall, which would indicate that they did not have their first expulsion (Fig. 4 A) and 2 mature individuals with abundant cysts (Fig. 4 B).

El peso de los estómagos analizados varió entre 3,26 y 14,31 g con promedio en 9,06 g y el peso del contenido estomacal fluctuó entre 1,08 y 11,34 g

The weight of the analyzed stomachs varied between 3.26 and 14.31 g with a mean of 9.06 g and the weight of the stomach content oscillated between 1.08 and 11.34 g with a mean of 5.66 g. The only prey present was *Engraulis ringens* with

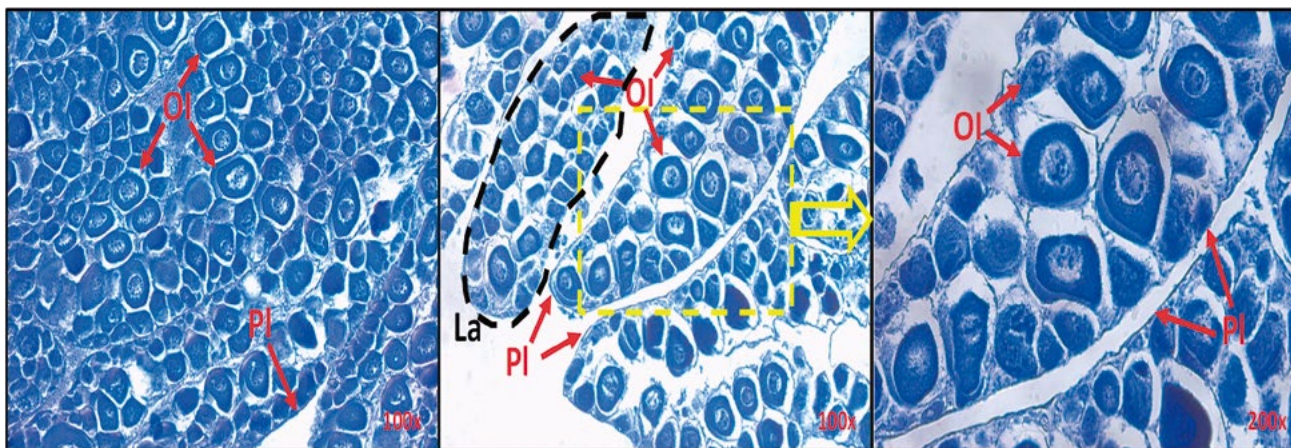


Figura 3.- Vista microscópica del ovario de *C. otrynter*, con ovocitos inmaduros (OI), lamela (La) y pared de lamela (PI)

Figure 3. Microscopic view of the ovary of *C. otrynter*, with immature oocytes (IO), lamella (La) and lamella wall (PI)

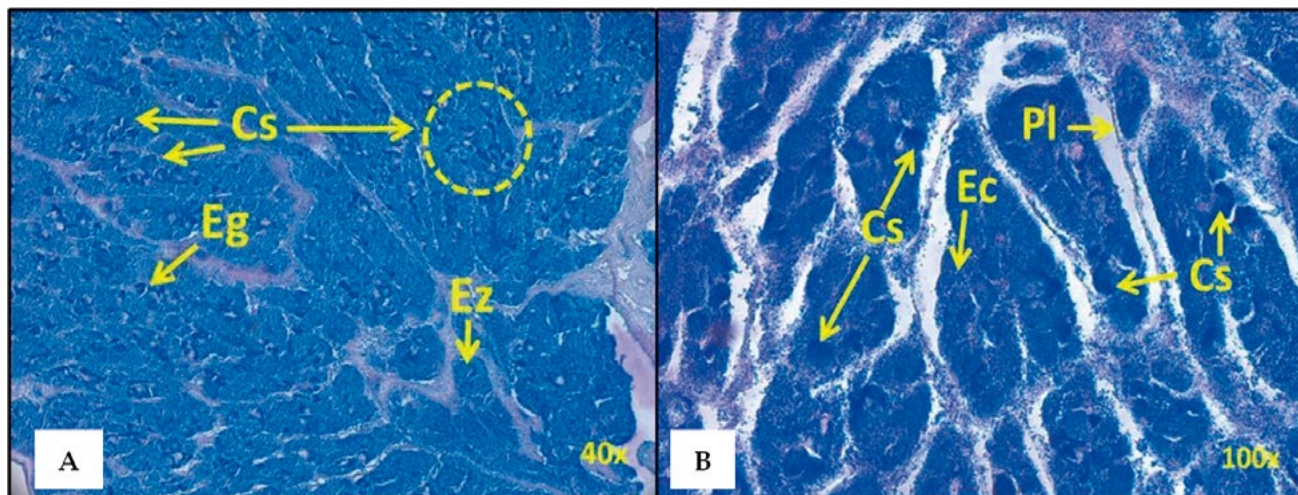


Figura 4.- Vista microscópica de testículos de *C. otrynter*, presencia de cistos (Cs), espermatogonios (Eg), espermatocitos (Ec), pared de lamela (Pl), espermatozoides (Ez) y vasos sanguíneos (Vs)

Figure 4. Microscopic view of testicles of *C. otrynter*, presence of cysts (Cs), spermatogonia (Eg), sperm cells (Ec), lamella wall (Pl), spermatozoa (Ez), and blood vessels (Vs)

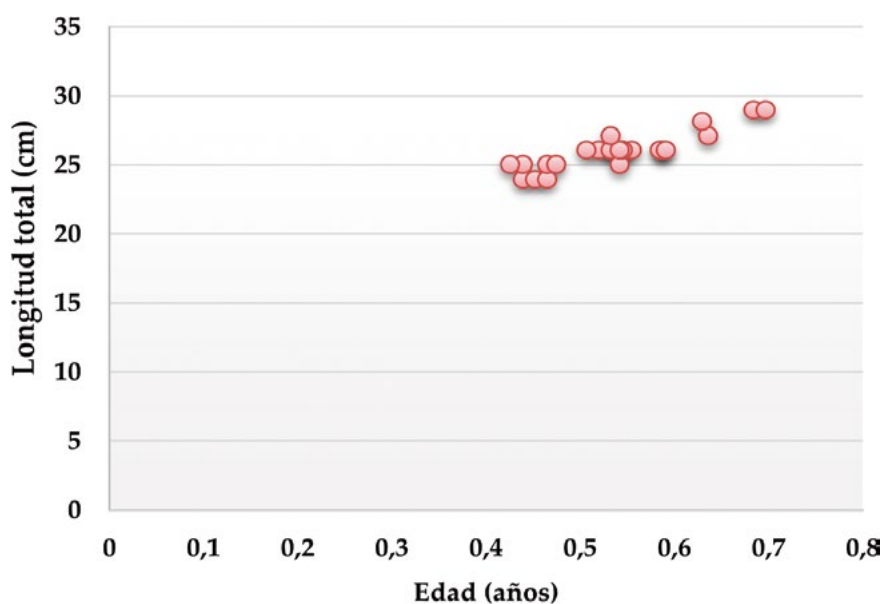


Figura 5.- Edades obtenidas en el análisis de microestructura de los otolitos de *C. otrynter*

Figure 5. Ages obtained in the microstructure analysis of the otoliths of *C. otrynter*

con promedio en 5,66 g. La única presa presente fue *Engraulis ringens* con longitudes entre 81 y 105 mm, peso entre 5,89 y 9,8 g. Llama la atención la preferencia exclusiva por la anchoveta ya que la oferta trófica en esas zonas de pesca es variada.

Las edades de los ejemplares obtenidas a partir del análisis microestructural de los otolitos, indican que no llegaban al año de edad, estuvieron en un rango entre 160 y 255 días, correspondientes a un macho y una hembra, respectivamente (Fig. 5).

lengths between 81 and 105 mm, weight between 5.89 and 9.8 g. The exclusive preference for the anchoveta is particularly noteworthy since the trophic offer in these fishing grounds is varied.

The ages of the specimens, which were obtained from the microstructural analysis of the otoliths, indicate that they did not reach one year of age. They were in a range between 160 and 255 days, corresponding to one male and one female, respectively (Fig. 5).

4. CONCLUSIONES

Los individuos de *C. otrynter*, tanto los reportados por primera vez en enero 2016 como los que se capturaron en febrero en la zona norte de la región La Libertad, fueron obtenidos por redes de pescadores artesanales en zonas pedregosas-fangosas, con menos de un año de edad, correspondiendo a hembras juveniles y machos en maduración y maduros; con preferencia alimentaria por anchoveta.

4. CONCLUSIONS

C. otrynter individuals, both those reported for the first time in January 2016 and those caught in February in the northern zone of the La Libertad Region, were obtained by artisanal fishery nets in rocky-muddy areas, at under one year of age, corresponding to juvenile females and mature and maturing males; which have a food preference for anchoveta.

5. REFERENCIAS / REFERENCES

- ÁLAMO V, VALDIVIESO V. 1997. Lista sistemática de moluscos marinos del Perú. Publicación Especial del Instituto del Mar del Perú. Segunda edición. 156 pp.
- FROESE R, PAULY D. (Ed.). 2018. FishBase. A través de World Register of Marine Species Disponible en: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=tax-details&id=276243> Accedido el 10-02-2016.
- 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(4): 373 - 383.
- CASTILLO J, GÁLVEZ M A, SÁNCHEZ J. 2015. Escala de madurez gonadal de caballa *Scomber japonicus peruanus* (Jordan y Hubbs, 1925). Bol Inst Mar Perú. 30 (1-2): 40 - 49.
- CHIRICHIGNO N, VÉLEZ J. 1998. Clave para identificar los peces marinos del Perú (Segunda edición). Publicación especial del Instituto del Mar del Perú. 496 pp.
- JIMÉNEZ P, BEÁREZ P. 2004. Peces Marinos del Ecuador Continental / Marine Fishes of continental Ecuador. Guía de especies SIMBIOE/ NAZCA/IFEA Tomo II. Quito. 401 p.
- JIMÉNEZ A, DE LUCIO L, SOLANO A, ESCUDERO L, VÁSQUEZ C. 2017. First record of *Carangoides otrynter* (Jordan & Gilbert, 1833) (Perciformes: Carangidae) in Pacasmayo, northern Peru. In Notes of Geographic Distribution. The journal of biodiversity data. Check List 13 (3): 2147. <https://doi.org/10.15560/13.3.2147>
- JOHANSEN A. 1924. On the summer and autumn spawning herringon the northsea. Medd.Fórum: Ha. Vunderg. Serv. Ficheri. Bd. VI 5.
- MOSCOSO V. 2013. Clave para identificación de Crustáceos decápodos y Estomatópodos del Perú. Bol Inst-Mar Perú. 28 (1-2): 8 - 135.
- PEÑAILILLO J, ARAYA M. 1996. Momento de formación y periodicidad de los microincrementos de crecimiento en otolitos de larvas de pejerrey (*Austromenidia regia*) mantenidas en laboratorio. Invest. Mar., Valparaíso. 24: 31 - 38.
- SALGADO J, HENDRICKX M. 2010. Clave ilustrada para la identificación de los estomatópodos (Crustacea: Hoplocarida) del Pacífico oriental. Revista Mexicana de Biodiversidad. 81: 1 - 49.
- TOBÓN-LOPEZ A, RUBIO E, GIRALDO A. 2008. Composición y análisis taxonómico de la ictiofauna del golfo de Tribugá, Pacífico norte de Colombia. Latin American Journal of Aquatic Research. 36(1): 93-104. [en línea] 2008, 36 : [Fecha de consulta: 13 de noviembre de 2017] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=175014500008>>.
- URIBE R, RUBIO J, CARBAJAL P, BERRÚ P. 2013. Invertebrados marinos bentónicos del litoral de la región Ancash, Perú. Bol Inst Mar Perú. 28(1-2): 136 - 293.

ESTUDIO PARASITOLÓGICO DE LA CONCHA DE ABANICO *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) DE LAS BAHÍAS SECHURA Y SAMANCO, PERÚ

PARASITOLOGICAL STUDY OF THE PERUVIAN SCALLOP *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819), IN SECHURA AND SAMANCO BAYS, PERU

Teresa Castro¹

RESUMEN

CASTRO T. 2019. Estudio parasitológico de la concha de abanico *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) de las bahías Sechura y Samanco, Perú. *Bol Inst Mar Perú*. 34(1): 135-150.- En el 2016 se realizaron estudios de parásitos en 40 ejemplares de concha de abanico *Argopecten purpuratus*, 10 de la bahía de Samanco (Áncash) y 30 de la bahía de Sechura (Piura), obtenidas en zonas de cultivo, en junio y setiembre 2015. Los especímenes de Samanco se fijaron en Davidson, para el estudio histológico; y de los 30 especímenes de la bahía de Sechura, 10 fueron fijados en Davidson para histología y 20 procedentes de las estaciones E-1 Bayovar y E-8 Parachique fueron mantenidos vivos en el laboratorio para su estudio parasitológico en fresco. En las muestras de la estación E-1 se encontraron parásitos: turbelarios, copépodos, larva de cestodo y el gregarino *Nematopsis* sp. En la estación E-8 se hallaron los mismos parásitos que en la estación E-1, y metacercarias de trematodo digenético. En el estudio histológico de las 20 muestras fijadas en Davidson, de ambas bahías, solo se hallaron parásitos en las gónadas; en las conchas procedentes de Sechura se registraron larvas de cestodos, en las de Samanco solo esporoquistes de trematodos digenéticos.

PALABRAS CLAVE: bahía Sechura, bahía Samanco, concha de abanico, histología, parásitos, Perú

ABSTRACT

CASTRO T. 2019. Parasitological study of the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) in Sechura and Samanco bays, Peru. *Bol Inst Mar Peru*. 34(1): 135-150.- In 2016, a parasitological study was carried out on 40 specimens of Peruvian scallop *Argopecten purpuratus*, 10 samples came from Samanco Bay (Ancash) and 30 were from Sechura Bay (Piura), which were obtained in culture areas, in June and September 2015. Samanco specimens were fixed in Davidson's solution, for histological analysis; and out of 30 specimens from Sechura Bay, 10 were fixed in Davidson's solution for histology and 20 from E-1 Bayovar and E-8 Parachique stations were kept alive in the laboratory for fresh parasitological analysis. In the E-1 station samples, the following parasites were found: Turbellaria, copepods, cestode larvae and the gregarino *Nematopsis* sp. At the E-8 station, we found the same parasites as at the E-1 station, and metacercariae of digenetic trematode. In the histological analysis of the 20 samples fixed in Davidson's solution, from both bays, parasites were only found in the gonads; cestode larvae were registered in the scallops coming from Sechura, and only sporocysts of digenetic trematodes were registered in the scallops coming from Samanco.

KEYWORDS: Sechura bay, Samanco bay, scallop, histology, parasites, Peru

1. INTRODUCCIÓN

La maricultura representa beneficios económicos importantes para nuestro país (TURECK Y DE OLIVEIRA 2003) y está sustentada también en el cultivo de concha de abanico, *Argopecten purpuratus* (Lamarck), molusco que tiene una extensa distribución en el Pacífico Sudeste, desde Paita (Perú) hasta Coquimbo, Chile (ÁLAMO Y VALDIVIESO 1997), habitando en la franja infralitoral sobre sustratos arenosos, areno-fangosos y de conchuela hasta una profundidad de 40 m (CAVERO Y RODRÍGUEZ 2008).

La concha de abanico, es después del langostino *Penaeus vannamei*, la especie hidrobiológica de mayor importancia en el Perú (PRODUCE, 2016).

1. INTRODUCTION

Mariculture provides important economic benefits for our country (TURECK & DE OLIVEIRA 2003) and it is also supported by the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck) culture, a mollusk that has an extensive distribution in the Southeast Pacific, from Paita (Peru) to Coquimbo, Chile (ÁLAMO & VALDIVIESO 1997), where they inhabit the infralittoral strip on sandy, muddy, and shell substrates up to a depth of 40 m (CAVERO & RODRÍGUEZ 2008).

After the whiteleg shrimp *Penaeus vannamei*, the scallop is the most important hydrobiological species in Peru (PRODUCE, 2016). According

1 IMARPE, DGIA, tcastro@imarpe.gob.pe

Según FONDEPES (2004) su producción proviene básicamente de dos fuentes: la explotación de los bancos naturales y el cultivo. Las principales zonas de cultivo son la bahía de Sechura, isla Lobos de Tierra, bahía de Samanco, bahía Independencia y bahía de Paracas (LOAYZA 2011). Esta especie tiene gran aceptación en los mercados internacionales; así, según ADEX (2015) entre enero y noviembre del 2013 las conchas de abanico llegaron a un total de 24 mercados, cuyo ranking fue liderado por Estados Unidos (US\$ 58,2 millones) seguido de Francia (US\$ 44,4 millones), Bélgica (US\$ 10,7 millones), Italia (US\$ 4,4 millones), Australia (US\$ 4 millones) y Países Bajos (US\$ 3,9 millones).

Pero es preocupante que su producción, según los cuadros estadísticos, no muestre un alza continua. En los años 2012 y 2014 se produjeron apreciables bajas en su producción que fueron atribuibles a varios factores, entre ellos el poco abastecimiento de la semilla y mortalidades que serían producidas por variaciones en demasía de la temperatura, salinidad y oxígeno (AGRARIA.pe 2015). Sin embargo, también las mortalidades pueden deberse a enfermedades infecciosas y estas constituyen el principal factor en la reducción de las producciones acuícolas del mundo (SUBASINGHE et al. 2001, RHODE 2008, LOHRMANN 2009) y entre éstas, las enfermedades producidas por helmintos y protozoos parásitos no deberían descartarse a pesar de los escasos estudios realizados a nivel mundial sobre su rol en la dinámica de las poblaciones de los invertebrados marinos (DE MONTAUDOUIN et al. 2000).

En el ambiente marino, los parásitos son parte inherente de todas las comunidades acuáticas. Su población varía según el hábitat y distribución geográfica de sus hospedadores y, en situaciones normales, generalmente tienden a mantenerse en equilibrio con la población de huéspedes; pero cuando las condiciones bióticas o abióticas se modifican significativamente, la población de los parásitos puede incrementarse poniendo en peligro la salud y la vida de los animales que los hospedan (DESCLAUX et al. 2004, RAYYAN et al. 2006). Está demostrado que el establecimiento del parasitismo en las poblaciones acuáticas generalmente no se debe a una simple relación causa-y-efecto, sino que depende de una interacción compleja entre el organismo y el medio ambiente (KIM et al. 2008). Cambios en la salinidad, temperatura del agua, el oxígeno y la presencia de floraciones fitoplanctónicas y sobre todo de contaminantes pueden influir en la

to FONDEPES (2004), its production comes basically from two sources: the exploitation of natural banks and culture. The main culture areas are Sechura Bay, Lobos de Tierra Island, Samanco Bay, Independencia Bay, and Paracas Bay (LOAYZA 2011). This species has great acceptance in international markets. Thus, according to ADEX (2015) between January and November 2013, scallop reached a total of 24 markets, whose ranking was led by the United States (US\$ 58.2 million) followed by France (US\$ 44.4 million), Belgium (US\$ 10.7 million), Italy (US\$ 4.4 million), Australia (US\$ 4 million), and the Netherlands (US\$ 3.9 million).

However, there is concern that their production, as shown by the statistical tables, does not show a continuous rise. In 2012 and 2014, there were significant drops in production that were attributable to several factors, including the poor supply of seed and mortalities that would be produced by excessive variations in temperature, salinity, and oxygen (AGRARIA.pe 2015). In addition, mortalities may also be due to infectious diseases and these are the main factor in the global reduction of aquaculture production (SUBASINGHE et al. 2001, RHODE 2008, LOHRMANN 2009) and among these, diseases which are produced by helminths and parasite protozoa should not be ruled out despite the scarce studies carried out worldwide on their role in the dynamics of marine invertebrate populations (DE MONTAUDOUIN et al. 2000).

In the marine environment, parasites are an inherent part of all aquatic communities. Their population varies according to the habitat and geographic distribution of their hosts and, in normal situations, they generally tend to remain in balance with the host population; but when biotic or abiotic conditions change significantly, the parasite population can increase, endangering the health and life of the animals that host them (DESCLAUX et al. 2004, RAYYAN et al. 2006). It has been shown that the establishment of parasitism in aquatic populations is generally not due to a simple cause-and-effect relationship. In fact, it depends on a complex interaction between the organism and the environment (KIM et al. 2008). Changes in salinity, water temperature, oxygen and the presence of phytoplankton blooms and, particularly, contaminants can influence the

prevalencia y en la intensidad de las infecciones, ya que afectan el sistema inmunológico del hospedador (SINDERMAN 1979, ROHDE 2002) reduciendo su resistencia a una variedad de parásitos (GALLI et al. 2001). También es interesante señalar que algunos parásitos pueden ser organismos muy útiles en la detección de contaminantes. Tal es el caso de los ectoparásitos, los cuales son particularmente sensibles a la contaminación debido a que están en íntimo contacto con el contaminante externo, por consiguiente tales parásitos tienen especial importancia como organismos indicadores de efectos ambientales adversos (THULIN 1989, MACKENZIE et al. 1995, GALLI et al. 2001).

El parasitismo, es la forma de vida más común en la naturaleza, y es el factor que puede influir en la composición y la estructura de las comunidades de animales (LAFFERTY 2008). Los estudios de parásitos de los bivalvos comerciales son importantes debido a que algunos patógenos pueden afectar su crecimiento y reproducción (MOURITSEN y POULIN 2002) e incluso hasta causar mortalidad masiva en poblaciones naturales y de cultivos (SABRY et al. 2013) como el caso de un parásito *Apicomplexa* causante de la total necrosis del tejido muscular y conectivo de la concha *Chlamys islandica* y que sería el responsable del colapso de este bivalvo en Islandia (KRISTMUNDSSON et al. 2015), o como los parásitos *Perkinsus marinus*, *P. olseni*, *Bonamia ostreae*, *B. exitiosa* y *Marteilia refringens* que afectan a los cultivos de bivalvos en diversas regiones del mundo (CÓDIGO ACUÁTICO 2016).

El presente estudio, realizado en las bahías de Sechura y Samanco, dos importantes áreas geográficas de cultivo de la concha de abanico *A. purpuratus* (Lamarck, 1819), constituye un significativo aporte al conocimiento de la fauna parasitológica presente en este bivalvo, y a los posibles daños que podrían ocasionar en los cultivos.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

Los especímenes estudiados, provienen de zonas de cultivo de las bahías de Samanco y Sechura, los que fueron recolectados en junio y setiembre 2015, respectivamente. En la bahía de Sechura, se estudiaron ejemplares pertenecientes a las estaciones E-1 (Bayovar) y E-8 (Parachique) (Tabla 1).

prevalence and intensity of infections, since they affect the host's immune system (SINDERMAN 1979, ROHDE 2002) by reducing its resistance to a variety of parasites (GALLI et al. 2001). It is also worth mentioning that some parasites can be very useful organisms in the detection of contaminants. Such is the case of ectoparasites, which are particularly sensitive to contamination because they are in close contact with the external contaminant, therefore such parasites are of particular importance as indicator organisms of adverse environmental effects (THULIN 1989, MACKENZIE et al. 1995, GALLI et al. 2001).

Parasitism, the most common way of life in nature, is the factor that can influence the composition and structure of animal communities (LAFFERTY 2008). Surveys of commercial bivalve parasites are important because some pathogens can affect their growth and reproduction (MOURITSEN & POULIN 2002) and even cause massive mortality in natural and culture populations (SABRY et al. 2013) as the case of an *Apicomplexa* parasite which causes total necrosis of the muscular and connective tissue of the Iceland scallop *Chlamys islandica* and which would be responsible for the collapse of this bivalve in Iceland (KRISTMUNDSSON et al. 2015), or as the parasites *Perkinsus marinus*, *P. olseni*, *Bonamia ostreae*, *B. exitiosa*, and *Marteilia refringens* which affect bivalve cultures in various regions around the world (CÓDIGO ACUÁTICO 2016).

This study, carried out in Sechura and Samanco Bays, which are two important geographical areas for the culture of Peruvian scallop *A. purpuratus* (Lamarck, 1819), provides a significant contribution to the knowledge of the parasitological fauna present in this bivalve, and to the possible damage it could cause to cultures.

2. MATERIAL AND METHODS

STUDY AREA

The collected specimens come from the Samanco and Sechura Bays and were sampled in June and September 2015, respectively. In Sechura Bay, specimens belonging to E-1 (Bayovar) and E-8 (Parachique) stations were studied (Table 1).

Tabla 1.- Ubicación de estaciones y número de ejemplares estudiados en fresco

Table 1. Location of stations and number of fresh specimens analyzed

Estaciones/ Stations	Zona / Area	Longitud W Longitude W	Latitud S Latitude S	Nº de especímenes/ specimens
E- 1	Bayovar	081° 00' 30,0"	05° 48' 13,5"	5
E- 8	Parachique	080° 54' 24,9"	05° 44' 48,9"	15
Total				20

MUESTRAS

Se estudiaron 40 especímenes, 30 de la bahía de Sechura y 10 de la bahía de Samanco. De la bahía de Sechura 20 se analizaron en fresco. Los 10 restantes de Sechura y los 10 de Samanco fueron fijados para su estudio histopatológico.

PROCEDIMIENTOS

Las conchas de abanico de la bahía de Sechura, provenientes de las estaciones E-1 y E-8, se mantuvieron vivas en el Laboratorio de Patobiología Acuática, para ser analizadas en fresco para el estudio parasitológico. En el tiempo que los ejemplares estuvieron vivos se tomaron datos de temperatura.

Algunos parásitos fueron fijados para su posterior identificación. Ejemplares observados con el microscopio compuesto Nikon Eclipse 90i fueron medidos y fotografiados. Algunas larvas de cestodos fueron fotografiados con el microscopio electrónico de barrido (Fig. 1) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

SAMPLES

A total of 40 specimens were analyzed, 30 from Sechura Bay and 10 from Samanco Bay. From Sechura Bay, 20 fresh specimens were analyzed. The remaining 10 of Sechura and the 10 of Samanco were fixed for histopathological analysis.

PROCEDURES

Peruvian scallops of Sechura Bay, from E-1 and E-8 stations, were kept alive in the Aquatic Pathobiology Laboratory to be analyzed for the parasitological survey. Temperature data were taken at the time the specimens were alive.

Some parasites were fixed for later identification. The specimens observed with the compound microscope were measured and photographed (Nikon Eclipse 90i). Some cestode larvae were photographed with the scanning electron microscope (SEM) (Fig. 1), at the National University of San Marcos.

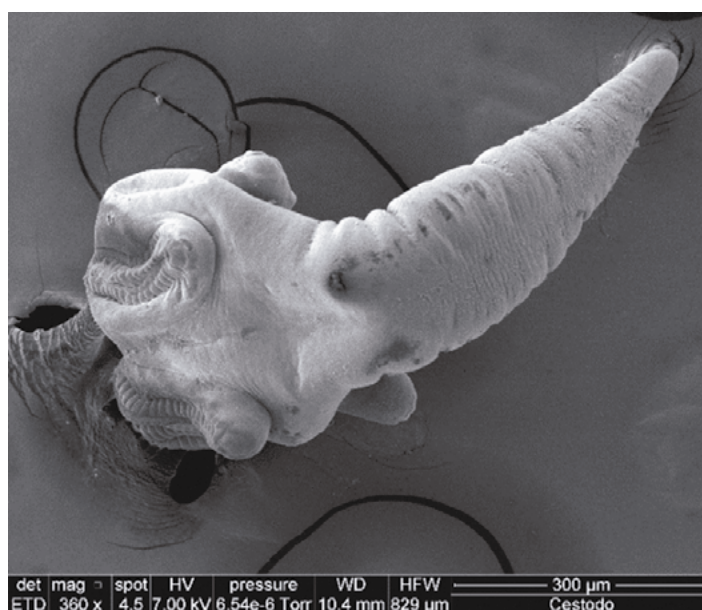


Figura 1.- Larva plerocercoide fotografiada en el Microscopio electrónico de barrido
Figure 1. Plerocercoid larva photographed at the Scanning Electron Microscope (SEM)

En el estudio histopatológico, se analizaron 20 conchas de abanico; 10 procedentes de la bahía de Samanco (Áncash) y 10 de la bahía de Sechura (Piura); estas muestras fueron fijadas en solución de Davidson (SHAW & BATTLE 1957). Los tejidos fijados fueron perfilados y puestos en casetes, los que fueron colocados en el procesador automático de tejidos para su inclusión en parafina (deshidratación, aclaración y parafinado). Los tejidos incluidos en parafina fueron puestos en moldes para luego obtener bloques de parafina; estos bloques fueron cortados con el micrótopo a 5 µm y colocados en láminas portaobjetos para su coloración con hematoxilina y eosina de Harris, según el procedimiento de LUNA (1968). Se obtuvieron 100 láminas coloreadas de tejido de concha de abanico para cada localidad y su estudio se realizó con un microscopio de luz Nikon Eclipse 90i.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 20 conchas mantenidas vivas, murieron tres ejemplares procedentes de la estación E-1 y cuatro de la estación E- 8, en la primera semana de febrero del 2016. Esta mortalidad se relaciona con el incremento de protozoos y turbelarios encontrados al analizar las muestras muertas y vivas, presumiéndose que el aumento masivo se debió al incremento de la temperatura, como se observa en la Tabla 2, ya que la temperatura promedio normal fue de 14°C.

En el estudio parasitológico de conchas de abanico (Fig. 2) procedentes de E-1 (Bayovar) se hallaron cuatro parásitos (turbelarios, copépodos, larvas de cestodo (plerocercoides) y el gregarino *Nematopsis* sp. En las conchas correspondientes a E-8 (Parachique) se encontraron los parásitos antes

In the histopathological survey, a total of 20 scallops were analyzed; 10 from Samanco Bay (Ancash) and 10 from Sechura Bay (Piura); these samples were fixed in Davidson’s solution (SHAW & BATTLE 1957). The fixed tissues were profiled and placed on cassettes which were placed in the automatic tissue processor for their immersion in paraffin (dehydration, rinsing, and paraffin waxing). Tissues immersed in paraffin were placed in molds to obtain paraffin blocks; these blocks were cut with the microtome at 5 µm and placed in sections to be colored with hematoxylin and Harris eosin, following the LUNA (1968) procedure. A total of 100 colored sections of scallop tissue were obtained for each locality and they were studied using a Nikon Eclipse 90i light microscope (LM).

3. RESULTS AND DISCUSSION

Out of 20 scallops that were kept alive, three specimens from E-1 station and four from E-8 station died in early February 2016. This mortality is related to the increase in protozoa and Turbellaria which were found when analyzing the dead and live samples. We assume that the massive increment was due to the increase in temperature, as shown in Table 2 since the average normal temperature was 14°C.

In the parasitological survey of Peruvian scallop (Fig. 2) from E-1 (Bayovar) a total of four parasites were found (Turbellaria, copepods, cestode larvae (plerocercoids), and the gregarino *Nematopsis* sp. In scallops corresponding to E-8 (Parachique) there were

Tabla 2.- Temperatura (°C) promedio por semana en las conchas de abanico mantenidas vivas

Table 2. Average temperature (°C) per week in scallops kept alive

Estaciones Stations	Diciembre 2015 December 2015		Enero 2016 January 2016		Febrero 2016 February 2016	
	Nº de semana / Nº of week					
	4ta	1era	2da	3era	4ta	1era
	(T °C)					
E-1	24,57	25,00	26,00	27,50	28,25	28,50
E-8	24,57	25,00	26,00	27,50	28,25	28,50

Observaciones: Las temperatura son las máximas (promedio) presentadas por semana
Remarks: Temperatures are the maximal (average) presented per week

mencionados y larvas de trematodo digenético (metacercaria); los turbelarios, copépodos (Fig. 3), larvas de cestodo y *Nematopsis* sp., tuvieron 100% de prevalencia (Tablas 3, 4).

En el análisis histopatológico de los tejidos de ejemplares procedentes de bahía de Sechura se tomó en cuenta la determinación de parásitos y los daños que éstos hubieran producido. Se observaron tejidos de branquia, gónada, glándula digestiva y músculo de diez ejemplares. La mayoría de las muestras de branquias (Fig. 4), fibras del tejido muscular (Fig. 5), túbulos seminíferos de testículos (Fig. 6) y folículos ováricos se encontraron normales. Los tejidos gonadales de todos los ejemplares observados

found the parasites aforementioned and larvae of digenetic trematode (metacercaria); as shown in Tables 3 and 4. Turbellaria, copepods (Fig. 3), cestode larvae, and *Nematopsis* sp. had a prevalence of 100%.

The histopathological analysis of the tissues of specimens from Sechura Bay took into account the determination of parasites and the damage they had caused. Gill, gonad, digestive gland, and muscle tissues were observed in ten specimens. Most samples of gills (Fig. 4), muscle tissue fibers (Fig. 5), seminiferous tubules of the testes (Fig. 6), and ovarian follicles were found to be normal. The gonadal tissues of all the observed specimens presented metacestode



Figura 2.- Especie estudiada: *A. purpuratus*

Figure 2. Studied species: *A. purpuratus*

Tabla 3.- Prevalencia de parásitos presentes en conchas de abanico estudiadas en fresco, Bayovar (E-1)

Table 3. Prevalence of parasites present in studied fresh scallops, Bayovar (E-1)

Parásito / Parasite	Órgano / Organ	Conchas de abanico estudiadas / Scallop studied	Parasitados / Parasitized	% Prevalencia/ Prevalence
Turbelario / Turbellaria	Branquia / Gill	5	5	100
Copépodo / Copepod	Branquia / Gill	5	5	100
Cestodo / Cestode (Pleroceroide)	Gónada / Gonad	5	5	100
Trematodo digenético / Digenetic trematode (Metacercaria)	Manto / Mantle	5	0	0
Apicomplexa (<i>Nematopsis</i> sp.)	Gónada / Branquia Gonad / Gill	5	5	100



Figura 3.- Copépodo hallado en branquia de la concha de abanico.
Aumento 10X

Figure 3. Copepod found in scallop gill. 10X magnification

Tabla 4.- Prevalencia de parásitos presentes en conchas de abanico estudiadas en fresco, Parachique (E- 8)

Table 4. Prevalence of parasites present in studied fresh scallops, Parachique (E- 8)

Parásito / Parasite	Órgano / Organ	Conchas de abanico estudiadas / Scallop studied	Parasitados / Parasitized	% Prevalencia / Prevalence
Turbelario	Branquia	15	15	100
Copépodo	Branquia	15	15	100
Cestodo (Plerocercóide)	Gónada	15	15	100
Trematodo digenético (Metacercaria)	Manto	15	2	13,33
Apicomplexa (<i>Nematopsis</i> sp.)	Gónada / Branquia	15	15	100

presentaron larvas de metacéstodo del orden Tetrphyllidea libres en el interior del intestino (Fig. 7), las larvas estuvieron desgarrando y causando severa atrofia en la mucosa intestinal.

En forma similar a lo analizado en ejemplares de la bahía de Sechura se estudiaron a los procedentes de la bahía de Samanco. No se observaron parásitos en branquias, glándula digestiva y tejido muscular. En todas las muestras de tejido gonadal, se hallaron larvas de trematodos digenéticos tipo esporoquiste. Estos esporoquistes de trematodos hemiuridos se observaron con variable abundancia; algunas láminas de tejido gonadal presentaron gran cantidad de sus sacos germinales en la región ovárica del bivalvo (Fig. 8).

larvae belonging to the order Tetrphyllidea inside the intestine (Fig. 7), the larvae were tearing and causing severe atrophy in the intestinal mucosa.

In a similar way to what was analyzed in specimens from the Sechura Bay, those coming from the Samanco Bay were studied. No parasites were observed in gills, digestive gland, and muscle tissue. In all gonadal tissue samples, sporocyst (larval form of digenetic trematode) were found. These hemiurid trematode sporocyst were observed with variable abundance; some slices of gonadal tissue presented large quantities of their germinal sacs in the ovarian region of the bivalve (Fig. 8).

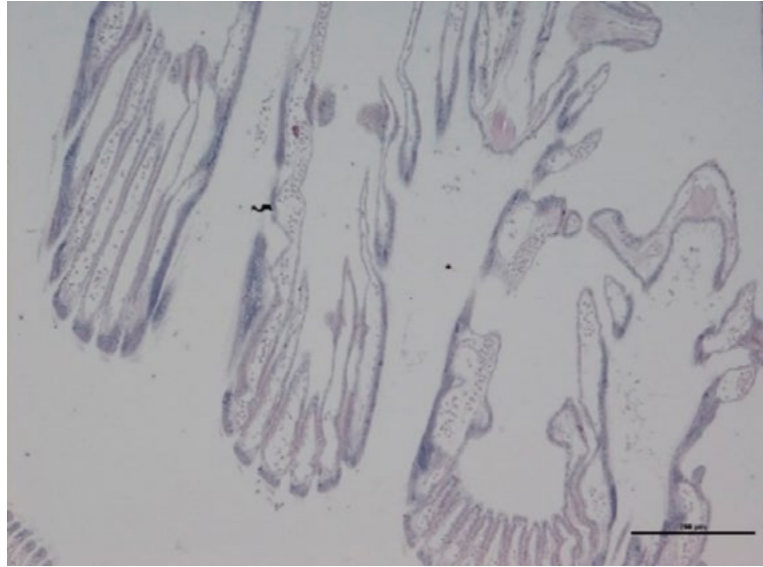


Figura 4.- Lamelas branquiales normales, sin presencia de parásitos. Aumento 10X

Figure 4. Normal gill lamellae, no parasites were present. 10X magnification

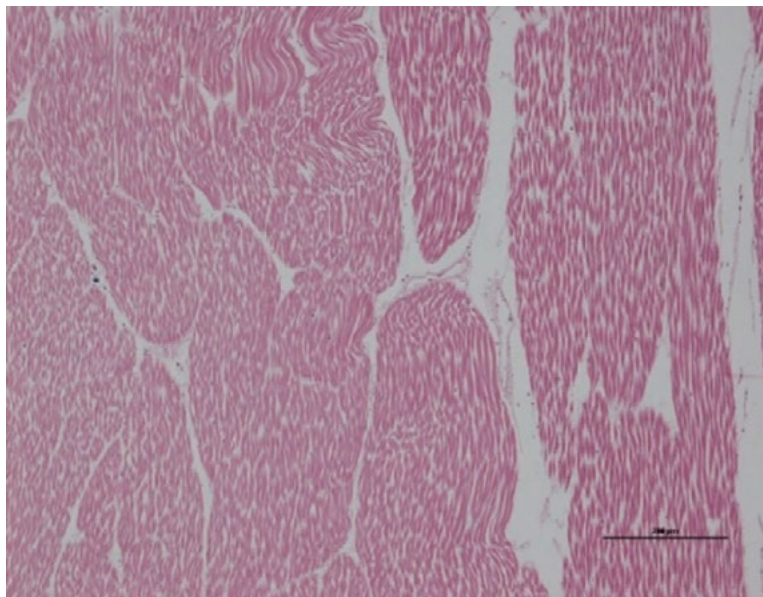


Figura 5.- Tejido muscular normal, sin presencia de parásitos. Aumento 10X

Figure 5. Normal muscle tissue, no parasites were present. 10X magnification

Tanto en las conchas de abanico de la E-1 y como de la E-8 (bahía de Sechura) se halló la fauna parasitológica muy similar, mostrando diferencia en cuanto a la presencia de metacercarias, registrando en la E-8 el 13,3% y en la E-1 0% de prevalencia (Tablas 3, 4).

La prevalencia del protozoo Apicomplexa, *Nematopsis* sp., fue 100%. Este gregarino se caracteriza por producir en el bivalvo ooquistes resistentes que son monozoicos, es decir, tienen

A very similar parasitological fauna was found in the E-1 and E-8 scallops of Sechura Bay, showing a difference in the presence of metacercariae, with a prevalence of 13.3% in the E-8 station and 0% in the E-1 station (Tables 3, 4).

The prevalence of the Apicomplexa protozoan, *Nematopsis* sp., was 100%. This gregarino is characterized by producing in the bivalve resistant oocysts that are monozoic, which

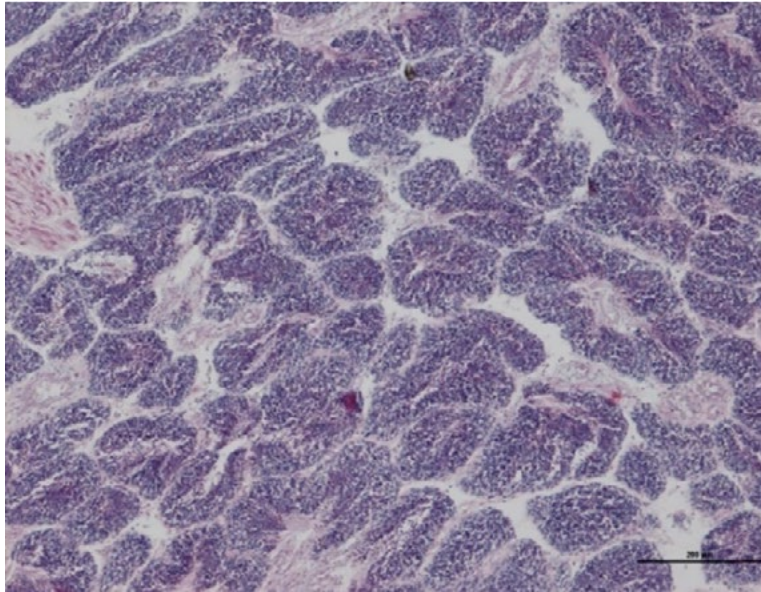


Figura 6.- Tejido testicular con túbulos seminíferos normales, sin presencia de parásitos. Aumento 10X

Figure 6. Testicular tissue with normal seminiferous tubules, no parasites were present. 10X magnification



Figura 7.- Lavas plerocercoides libres en el interior del intestino, en la zona gonadal. Aumento 4X

Figure 7. Plerocercoid larvae inside the intestine, in the gonadal region. 4X magnification

solamente un esporozoito en cada ooquiste (CLOPTON 2002). *Nematopsis* es muy común en los moluscos bivalvos del mundo y diversos investigadores le atribuyen un rol patológico (CHENG 1967, NASCIMENTO *et al.* 1986, AZEVEDO & CACHOLA 1992, TUNTIWARANURUK *et al.* 2004, CEUTA & BOEHS 2012). *Suelen estar en los fagocitos del bivalvo en número variable de 1 hasta 8 ooquistes*

means that they have only one sporozoite in each oocyst (CLOPTON 2002). *Nematopsis* is very common in the world's bivalve mollusks and several researchers attribute a pathological role to it (CHENG 1967, NASCIMENTO *et al.* 1986, AZEVEDO & CACHOLA 1992, TUNTIWARANURUK *et al.* 2004, CEUTA & BOEHS 2012). *They are usually located in the phagocytes of the bivalve in*

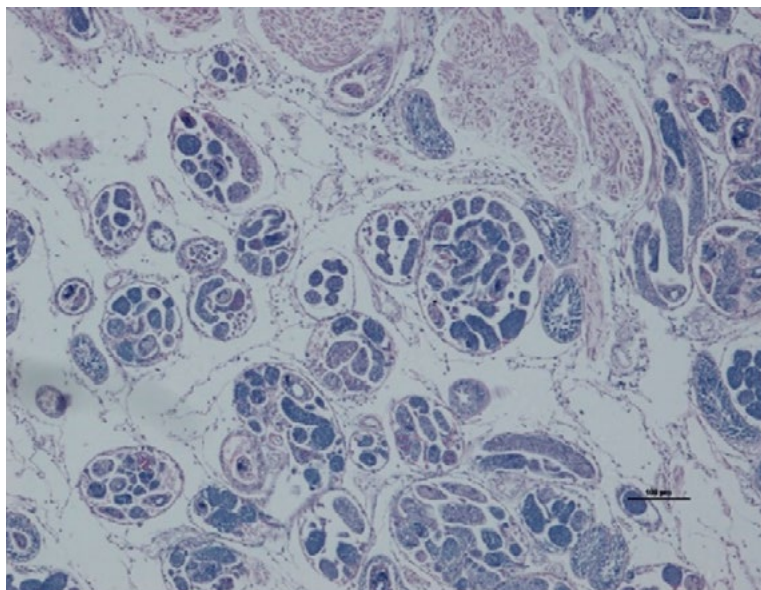


Figura 8.- Tejido gonadal con larvas de trematodos digenéticos. Aumento 10X

Figure 8. Gonadal tissue with digenetic trematode larvae. 10X magnification

por fagocito (TUNTIWARANURUK *et al.* 2004, CEUTA & BOEHS 2012). Su ciclo biológico es heteroxénico, siendo los moluscos bivalvos sus hospedadores intermediarios y los crustáceos sus hospedadores definitivos. En las muestras frescas de Sechura se les ha encontrado en gónadas y branquias, pero en otras regiones del mundo se le ha observado con mayor frecuencia en las branquias, manto y palpos labiales (TUNTIWARANURUK *et al.* 2004, CEUTA & BOEHS 2012).

Los turbelarios parásitos son muy comunes en bivalvos marinos de diferentes partes del mundo, especialmente en la especie *Urastoma cyprinae* (BATALLER & BOGHEN 2000, BOWER 2001, ZEIDAN *et al.* 2012). Este turbelario tiene especial atracción por el mucus de las branquias de los bivalvos, causando alteración de sus proteasas (BRUN *et al.* 2000), pero también se le ha visto como un organismo de vida libre (CANESTRI-TROTTI *et al.* 1998). Hasta el momento no se le ha asociado con mortalidad en bivalvos, pero causan desorganización de los filamentos branquiales con reducción de los espacios interlamelares, densa infiltración de hemocitos y subsecuente necrosis del tejido branquial adyacente (BOWER 2001). También se especula que en infecciones masivas estos organismos podrían reducir la capacidad de ingesta de alimentos de los bivalvos (ROBLEDO *et al.* 1994). Al turbelario *Urastoma cyprinae* algunos lo consideran comensal, pero cuando se encuentra en

variable number from 1 to 8 oocysts per phagocyte (TUNTIWARANURUK *et al.* 2004, CEUTA & BOEHS 2012). Their biological cycle is heteroxenic, with bivalve mollusks as intermediate hosts and crustaceans as definitive hosts. In fresh samples of Sechura, they have been found in gonads and gills, but in other areas around the world, they have been observed more frequently in gills, mantle and labial palps (TUNTIWARANURUK *et al.* 2004, CEUTA & BOEHS 2012).

Parasitic Turbellaria is very common in marine bivalves from around the world, especially in the species *Urastoma cyprinae* (BATALLER & BOGHEN 2000, BOWER 2001, ZEIDAN *et al.* 2012). This Turbellaria has special attraction for the mucus of the bivalves' gill, causing an alteration of their proteases (BRUN *et al.* 2000), but it has also been seen as a free-living organism (CANESTRI-TROTTI *et al.* 1998). So far, they have not been associated with mortality in bivalves, but they cause disorganization of gill filaments with reduction of interlamellar spaces, dense hemocyte infiltration, and subsequent necrosis of adjacent gill tissue (BOWER 2001). Also, it is hypothesized that in massive infections these organisms could reduce the food intake capacity of bivalves (ROBLEDO *et al.* 1994). The *Urastoma cyprinae* turbellaria is considered by some to be

grandes cantidades causa daños patológicos en las branquias de los bivalvos y le reducen capacidad para alimentarse (TROTTI *et al.* 1998). Los turbelarios hallados en las muestras frescas de conchas de abanico de la localidad de Sechura tuvieron 100% de prevalencia.

Los copépodos hallados en las muestras frescas de concha de abanico, pertenecientes a la bahía de Sechura, presentaron prevalencia del 100%. *Hay más de 400 especies de copépodos que han sido encontrados en invertebrados* (HUMES 1994), como por ejemplo: el copépodo *Herrmannella tivelae* parasita las branquias y el manto de la almeja "pismo" *Tivela stultorum* en Baja California, México, pero, no obstante que su incidencia y prevalencia fueron elevadas no se hallaron lesiones significativas por lo que se presume que tiene un rol de comensal y no de parásito (CÁCERES-MARTÍNEZ *et al.* 1998). Sucede lo mismo con el copépodo de suborden *Poecilostomastoida* en la cavidad del manto de bivalvos de Indonesia (STOCK 1995) y *Lichomolgus* en branquias de la almeja *Perna canaliculus* (DINAMANI & GORDON 1974, HINE 1989).

Las metacercarias halladas en el manto de la concha de abanico podrían pertenecer a las familias *Bucephalidae*, *Fellodistomidae* o *Gymnophalidae*, ya que según PEKKARINEM (1987) y SUJA *et al.* (2013) las especies de estas familias de digeneos tienen la particularidad de hospedarse en moluscos bivalvos. Para los trematodos de la familia *Fellodistomidae* y *Bucephalidae* su hospedador definitivo es un pez carnívoro y para las especies de la familia *Gymnophalidae* es un ave acuática (SINDERMANN & ROSENFELD 1967, MLADINEO & PEHARDA 2005, SUJA *et al.* 2013).

Los esporoquistes o sacos germinativos hallados en las gónadas fueron identificados como larvas de trematodos de la superfamilia *Hemiuroidea* debido a que contenían en su interior cercarias del tipo *cistófora*, las cuales se encuentran presente solo en estos digeneos. Estas larvas fueron reportadas anteriormente causando castración en las conchas de abanico de la bahía de Paracas (MATEO *et al.* 1985). La superfamilia *Hemiuroidea*, con 13 familias (*Accacoeliidae*, *Bathycotylidae*, *Bunocotylidae*, *Derogenidae*, *Dictysarcidae*, *Didymozoidae*, *Hemiuridae*, *Hirudinellidae*, *Isoparorchiiidae*, *Lecithasteridae*, *Ptychogonimidae*,

commensal, but when it is found in large quantities it causes pathological damage to the bivalves' gill and reduces its ability to feed (TROTTI *et al.* 1998). Turbellaria found in scallop fresh samples from the locality of Sechura had a prevalence of 100%.

The copepods found in the fresh samples of scallops from Sechura Bay, had a prevalence of 100%. *There are more than 400 species of copepods that have been found in invertebrates* (HUMES 1994), such as the copepod *Herrmannella tivelae* which parasitizes the gills and the mantle of the Pismo clam *Tivela stultorum* in Baja California, Mexico, but although their incidence and prevalence were high, no significant lesions were found, so it is presumed to have a commensal rather than a parasitic role (CÁCERES-MARTÍNEZ *et al.* 1998). The same applies to the *Poecilostomastoida* copepod in the cavity of bivalves' mantle in Indonesia (STOCK 1995), and *Lichomolgus* in gills of the clam *Perna canaliculus* (DINAMANI & GORDON 1974, HINE 1989).

Metacercariae found in the scallop's mantle could belong to the families *Bucephalidae*, *Fellodistomidae* or *Gymnophalidae* since according to PEKKARINEM (1987) and SUJA *et al.* (2013) the species of these families of digeneas have the particularity of being hosted in bivalve mollusks. In the case of the trematodes belonging to the families *Fellodistomidae* and *Bucephalidae*, their definitive host is a carnivorous fish, and in the case of the species of the family *Gymnophalidae*, it is an aquatic bird (SINDERMANN & ROSENFELD 1967, MLADINEO & PEHARDA 2005, SUJA *et al.* 2013).

Sporocysts or germinative sacs, which were found in the gonads, were identified as trematode larvae of the superfamily *Hemiuridae* due to the fact that they contained cystophorous cercariae, which are present only in these digeneans. These larvae were previously reported to cause castration in scallops from Paracas Bay (MATEO *et al.* 1985). The superfamily *Hemiuridae*, with 13 families (*Accacoeliidae*, *Bathycotylidae*, *Bunocotylidae*, *Derogenidae*, *Dictysarcidae*, *Didymozoidae*, *Hemiuridae*, *Hirudinellidae*, *Isoparorchiiidae*, *Lecithasteridae*, *Ptychogonimidae*, *Sclerodistomidae*, and *Syncoeliidae*) (GIBSON & BRAY 1979, BLAIR *et al.*

Sclerodistomidae y Syncoeliidae) (GIBSON & BRAY 1979, BLAIR *et al.* 1998, GIBSON 2002, KOSTADINOVA & PÉREZ-DEL OLMO 2014), es una de las más complejas de las 25 superfamilias que poseen los parásitos digeneos (KOSTADINOVA & PÉREZ-DEL-OLMO 2014). Las especies adultas de la superfamilia Hemiuroidea son parásitos del estómago, principalmente de teleosteos marinos, pero también se les encuentra parasitando elasmobranchios, peces de agua dulce y ocasionalmente anfibios y reptiles (GIBSON 2002). Estos digeneos tienen como primer hospedador intermediario a moluscos gasterópodos donde normalmente desarrollan redias que generan asexualmente a las cercarias cistóforas (CHING 1960, KOIE 1989, 1990a, 1990b, 1991, 1992); por consiguiente el hallazgo de esporocistos con cercarias cistóforas en la concha de abanico es un evento muy singular, ya que hasta el momento solo se les había reportado en otros dos bivalvos, una en la almeja *Anadara brasiliana* del Golfo de México (WARDLE 1975) y la otra en la almeja *Anadara trapezia* en Australia (DANG *et al.* 2013).

En los ciclos biológicos estudiados por CHING (1960) y KOIE (1989, 1990a, 1991), las cercarias continúan su ciclo biológico, en copépodos donde desarrollan en metacercarias progenéticas libres en el hemocoelo de estos invertebrados. Generalmente las cercarias cistóforas son nadadoras y son ingeridas por copépodos planctónicos; pero KOIE (1990b), también reporta la existencia de hemiuridos con cercarias no nadadoras que desarrollan en copépodos bentónicos. No obstante ser los copépodos los hospedadores predominantes de las metacercarias de los hemiúridos, también se han hallado metacercarias de estos digeneos en quetognatos, ctenóforos y anfípodos (CHING 1960, DE MATTOS-ALMEIDA *et al.* 2009).

Considero importante destacar, que los esporocistos conteniendo cercarias cistóforas hallados en la concha de abanico *A. purpuratus* en la bahía de Samanco tienen mucha semejanza con los esporocistos del hemiúrido *Cercaria anadarae* de la almeja *Anadara brasiliana* del Golfo de México, porque igualmente a lo observado por WARDLE (1975) de que los esporocistos del hemiúrido de *Anadara brasiliana* reptan libremente fuera del bivalvo, a los esporocistos

1998, GIBSON 2002, KOSTADINOVA & PÉREZ-DEL OLMO 2014), is one of the most complex of the 25 superfamilies belonging to digenean parasites (KOSTADINOVA & PÉREZ-DEL-OLMO 2014). The adult species of the superfamily Hemiuridae are stomach parasites, mainly of a marine teleost, but they are also found parasitizing elasmobranchs, freshwater fish and occasionally amphibians and reptiles (GIBSON 2002). These digeneans have gastropod mollusks as their first intermediate host, where they normally develop rediae that asexually generate the nearby cystiphorous cercariae (CHING 1960, KOIE 1989, 1990a, 1990b, 1991, 1992). Therefore, the discovery of sporocysts with cystiphorous cercariae in scallops is a very singular event, given that until now they had only been reported in two other bivalves, one in the clam *Anadara brasiliana* in the Gulf of Mexico (WARDLE 1975) and the other in the clam *Anadara trapezia* in Australia (DANG *et al.* 2013).

In the biological cycles studied by CHING (1960) and KOIE (1989, 1990a, 1991), cercariae continue their biological cycle in copepods, where they develop into free-living progenetic metacercariae in the hemocoel of these invertebrates. Cystiphorous cercariae are generally swimmers and, therefore, they are ingested by planktonic copepods; but KOIE (1990b), also reports the existence of hemiurids with non-swimmer cercariae that develop in benthic copepods. Although copepods are the predominant hosts of hemiurid metacercariae, metacercariae of these digeneneans have also been found in chaetognaths, ctenophores, and amphipods (CHING 1960, DE MATTOS-ALMEIDA *et al.* 2009).

It is worth noting that the sporocysts containing cystiphorous cercariae found in Peruvian scallop *A. purpuratus* from Samanco Bay are very similar to the sporocysts of the hemiurid *Cercaria anadarae* of the clam *Anadara brasiliana* from the Gulf of Mexico, because likewise to the observation made by WARDLE (1975) that the sporocysts of the hemiurid of *Anadara brasiliana* crawl freely out of the bivalve, the sporocysts found in the scallop can also be seen moving freely through the bottom of the

hallados en la concha de abanico también pueden vérselos desplazarse libremente por el fondo del acuario. Considerando que la cercaria no sale del esporocisto y éste puede salir y reptar en el fondo marino donde vive el bivalvo es probable que poliquetos y pequeños decápodos se coman a estos esporocistos y sean los segundos hospedadores intermediarios de este parásito.

Los trematodos digeneos le hacen perder a los bivalvos la capacidad de refugiarse en el sedimento, haciéndolos vulnerables al ataque de más parásitos y de depredadores y de esta manera elevan la incidencia de mortalidad de estos valiosos invertebrados acuáticos (SPARKS & CHEW 1966, DESCLAUX *et al.* 2002). También producen estrés y reducción de su condición (SHELLEY *et al.* 1988). Los trematodos pueden ser comunes en ciertos meses del año y estar completamente ausentes en otros (KHAMDAN 1998).

Tanto en gónadas de la concha de abanico de la bahía de Sechura al estado fresco como en los cortes histológicos, se pudo observar larvas del cestodo pertenecientes al Orden Tetraphyllidea con prevalencia del 100%, los que también fueron reportados por CASTRO 2015.

De los parásitos hallados en la concha de abanico, los más importantes son los digeneos que anidan y se reproducen masivamente en las gónadas produciéndoles castración. Además, se ha hallado que los hemiúridos tienen la capacidad de eludir el sistema inmune del bivalvo, disminuyéndole la capacidad de fagocitosis de sus hemocitos (DANG *et al.* 2013). Con respecto a los cestodos, casi nada se sabe acerca de su patología, a pesar de su frecuente aparición en los bivalvos marinos; pero no cabe duda que las infecciones con larvas de cestodos, que en algunos casos son muy intensas, afectan severamente la salud de los moluscos bivalvos (LAUCKNER 1983). Por su parte CAKE (1977) llegó a la conclusión que las infecciones intensas con larvas de cestodos afectaban el crecimiento y la reproducción de los bivalvos comerciales.

aquarium. In light of the fact that the cercaria does not come out of the sporocyte and that the sporocyte can come out and crawl on the seabed where the bivalve lives, it is likely that polychaetes and small decapods will eat these sporocytes and be the second intermediate hosts of this parasite.

The digenean trematodes make the bivalves lose the ability to shelter in the sediment, making them vulnerable to attack by more parasites and predators and thus increase the mortality incidence of these valuable aquatic invertebrates (SPARKS & CHEW 1966, DESCLAUX *et al.* 2002). They also produce stress and reduce their condition (SHELLEY *et al.* 1988). Trematodes may be common in certain months of the year and also they may be completely absent in others (KHAMDAN 1998).

In the survey of fresh gonads of scallops from Sechura, as well as in histological cuts, it was possible to observe cestode larvae belonging to the Order Tetraphyllidea with a prevalence of 100%, which were also reported by CASTRO 2015.

The most important of the parasites found in scallops are the digeneans that nest and massively reproduce in the gonads which produce castration. In addition, it has been found that hemiurids have the ability to elude the immune system of the bivalve, decreasing the phagocytosis capacity of their hemocytes (DANG *et al.* 2013). Regarding cestodes, there is almost nothing known about their pathology, despite their frequent appearance in marine bivalves; but there is no doubt that infections with cestode larvae, which in some cases are very intense, severely affect the health of bivalve mollusks (LAUCKNER 1983). As for CAKE (1977), he concluded that intense infections with cestode larvae affected the growth and reproduction of commercial bivalves.

4. REFERENCIAS / REFERENCES

- ADEX. 2015. Exportación de conchas de abanico cayó 17.4% entre enero y noviembre del 2014. Diario Gestión. 30 de enero de 2015.
- AGRARIA.PE. 2015. Envíos de conchas de abanico cayeron 7.9% en el primer trimestre del año- <http://agraria.pe/noticias/envios-de-conchas-de-abanico-cayeron-79-en-el-primer-trimest-8265>
- ÁLAMO V, VALDIVIESO V. 1997. Lista sistemática de moluscos marinos del Perú (segunda edición revisada y actualizada). Bol Inst Mar del Perú. 183 pp.
- AZEVEDO C, CACHOLA R. 1992. Fine structure of the apicomplexa oocyst of *Nematopsis* sp. of two marine bivalve molluscs. Diseases of Aquatic Organisms. 14: 69 - 73.
- BATALER E, BOGHEN A D. 2000. Elimination of the gill worm *Urastoma cyprinae* (Graff) from the eastern oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin) using different salinity-temperature combinations. Aquaculture. 182: 199 - 208.
- BLAIR D, BRAY R A, BARKER S C. 1998. Molecules and morphology in phylogenetic studies of the Hemiuroidea (Digenea: Trematoda: Platyhelminthes). Mol Phylogent Evol. 9: 15 - 25.
- BOWER S M. 2001. Mussel Gill Turbellaria. Synopsis of Infectious Diseases and Parasites of Commercially Exploited Shellfish. Fisheries and Oceans, Canada.
- BRUN N T, ROSS N W, BOGHEN A D. 2000. Changes in the electrophoretic profiles of gill mucus proteases of the eastern oyster *Crassostrea virginica* in response to infection by the turbellarian *Urastoma cyprinae*. Journal of Invertebrate Pathology. 75: 163 - 170.
- CÁCERES-MARTÍNEZ J, MACÍAS-MONTES DE OCA P, UNZUETA ML, VÁSQUEZ-YEOMANS R, SUÁREZ-MORALES E. 1998. *Herrmannella tivelae* (Crustacea: Copepoda) asociado a la almeja pismo, *Tivela stultorum* (Mollusca: Bivalvia), en Baja California, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología. 69(2): 155 - 164.
- CAKE E W. 1977. Larval cestode parasites of edible mollusks of the Northeastern Gulf of Mexico. Gulf Research Reports. 6: 1 - 8.
- CANESTRI-TROTTI G C, BACCARANI E M, GIANNETTO S, GIUFFRIDA A, PAESANTI F. 1998. Prevalence of *Mytilicola intestinalis* (Copepoda: Mytilicolidae) and *Urastoma cyprinae* (Turbellaria: Hypotrichinidae) in marketable mussels *Mytilus galloprovincialis* in Italy. Diseases of Aquatic Organisms. 32: 145 - 149.
- CASTRO T. 2015. Diversidad parasitológica de la concha de abanico *Argopecten purpuratus*, de las bahías de Sechura (Piura) y de Samanco (Ancash). Dirección General de Investigaciones en Acuicultura. Área Funcional de Investigaciones en Acuicultura. Informe técnico anual. IMARPE.
- CAVERO P, RODRÍGUEZ P. 2008. Producción sostenida de moluscos bivalvos en el Perú: acuicultura y repoblamiento. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20-24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. Roma, FAO. No. 12. 209 - 218 pp.
- CEUTA L O, BOEHS G. 2012. Parasites of the mangrove mussel *Mytella guyanensis* (Bivalvia: Mytilidae) in Camamu Bay, Bahia, Brazil. Braz. J. Biol. 72: 421 - 427.
- CHEUNG T. 1967. Marine molluscs as hosts for symbioses with a review of know parasites of commercially important species. Advances in Marine Biology.
- CHING H L. 1960. Studies on three hemiuroid cercariae from Friday Harbor Washington. J Parasitol. 46: 663 - 670.
- CLOPTON R E. 2002. Phylum Apicomplexa Levine, 1970: Order Eugregarinorida Léger, 1900. Pages 205-288. In: Illustrated Guide to the Protozoa, 2nd edition, J. J. Lee, G. Leedale, D. Patterson, and P. C. Bradbury, eds. Society of Protozoologists, Lawrence, Kansas.
- CÓDIGO ACUÁTICO. 2016. OIE (Código sanitario para los animales acuáticos). 19ª edición.
- DANG C, CRIBB T H, OSBORNE G, KAWASAKI M, BEDIN A S, BARNES A C. 2013. Effect of a hemiuroid trematode on the hemocyte immune parameters of the cockle *Anadara trapezia*. Fish and Shellfish Immunology. 35: 951 - 956.
- DE MATTOS-ALMEIDA F, BARQUETE V, PEREIRA JR J. 2009. Progenetic metacercariae of *Parahemiurus merus* (Platyhelminthes, Digenea, Hemiuridae) infecting *Parasagitta friderici* (Chaetognatha) from southern coast Brazil. Atlantica, Rio Grande. 31: 35 - 38.
- DE MONTAUDOUIN X, KISIELEWSKI I, BACHELET G, DESCLAUX C. 2000. A census of macroparasites in an intertidal bivalve community, Arcachon Bay, France. Oceanologica Acta. 23: 453 - 468.
- DESCLAUX C, DE MONTAUDOUIN X, BACHELET G. 2002. Cockle emergence at the sediment surface: "favourization" mechanism by digenean parasites? Diseases of Aquatic Organisms. 52: 137 - 149.
- DESCLAUX C, DE MONTAUDOUIN X, BACHELET G. 2004. Cockle *Cerastoderma edule* population mortality: role of the digenean parasite *Himasthla quissetensis*. Marine Ecology Progress Series. 279: 141 - 150.
- DINAMANI P, GORDON D B. 1974. On the habits and nature of association of the copepod *Pseudomyicola spinosus* with the rock oyster *Crassostrea glomerata* in New Zealand. J. Invert. Pathol. 24: 305 - 310.

- FONDEPES. 2004. Manual de cultivo suspendido de concha de abanico. Sub-Proyecto "Programa de transferencia de tecnología en acuicultura para pescadores artesanales y comunidades campesinas".
- GALLI P, CROSA G, MARINIELLO L, ORTIS M, D'AMELIO S. 2001. Water quality as a determinant of the composition of fish parasite communities. *Hydrobiologia*. 452: 173 - 179.
- GIBSON D I. 2002. Superfamily Hemiuroidea Looss, 1899. In: Gibson DI, Jones A, Bray RA (eds) Keys to the Trematoda. Vol. 1. CAB International, Wallingford.
- GIBSON D I, BRAY R A. 1979. The Hemiuroidea: terminology, systematics and evolution. *Bull Br Mus Nat Hist (Zool)*. 36: 35 - 146.
- HINE P M. 1989. Parasites and diseases of commercially important molluscs in New Zealand. *Advances in Tropical Aquaculture*. Tahiti Feb 20 - March 1989. AQUACOP IFREMER Actes de Colloque. 9: 199 - 206.
- HUMES A G. 1994. How many copepods? *Hydrobiologia* 292/293: 1 - 7.
- KHAMDAN S A A. 1998. Occurrence of *Bucephalus* sp. trematode in the gonad of the pearl oyster, *Pinctada radiata*. *Environment International*. 24: 117 - 120.
- KIM Y, POWELL E N, WADE T L, PRESLEY B J. 2008. Relationship of parasites and pathologies to contaminant body burden in sentinel bivalves: NOAA Status and Trends 'Mussel Watch' Program. *Marine Environmental Research*. 65: 101 - 127.
- KOIE M. 1989. On the morphology and life history of *Lecithaster gibbosus* (Rudolphi, 1802) Lühe, 1901 (Digenea, Hemiuroidea). *Parasitology Research*. 75: 361 - 367.
- KOIE M. 1990a. A new cystophorus cercaria in *Lunatia pallida* (Broderip & Sowerby) (Naticidae): Possibly the cercaria of *Hemiurus levinseni* Odhner, 1905 (Digenea, Hemiuridae). *Ophelia*. 31: 77 - 84.
- KOIE M. 1990b. Redescription of the cercaria of *Lecithochirium rufoviride* (Rudolphi, 1819) Lühe, 1901 (Digenea, Hemiuridae) (= *Cercaria vaullegeardi* Pelseneer, 1906). *Ophelia*. 31: 85 - 95.
- KOIE M. 1991. Aspects of the morphology and life cycle of *Lecithocladium excisum* (Digenea, Hemiuridae) a parasite of *Scomber* spp. *International Journal of Parasitology*. 21: 597 - 602.
- KOIE M. 1992. Life cycle and structure of the fish digenean *Brachyphallus crenatus* (Hemiuridae). *J Parasitol* 78: 338 - 43.
- KOSTADINOVA A, PÉREZ-DEL-OLMO A. 2014. Chapter 2. The Systematics of the Trematoda. En: R. Toledo & B. Fried (eds.), *Digenetic Trematodes, Advances in Experimental Medicine and Biology*, Springer Science, New York.
- KRISTMUNDSSON A, ERLINGSDÓTTIR A, FREEMAN M A. 2015. Is an Apicomplexan Parasite Responsible for the Collapse of the Iceland Scallop (*Chlamys islandica*) Stock? *PLoS One* 10(12): e0144685.
- LAFFERTY K D. 2008. Ecosystem consequences of fish parasites. *Journal of Fish Biology*. 73: 2083 - 2093.
- LAUCKNER G. 1983. Diseases of Mollusca: Bivalvia. En Kinne, O. (Ed.) *Diseases of Marine Animals, Introduction Bivalvia to Scaphopoda*. Vol. 2. Biologische Anstalt Helgoland, Hamburg. 477 - 879 pp.
- LOAYZA R E. 2011. Problemática del biofouling en el cultivo de *Argopecten purpuratus* en el Perú. *Revista AquaTIC*. 35: 9 - 19.
- LOHRMANN K B. 2009. ¿Qué tan sanos son los ostiones (*Argopecten purpuratus*) de cultivo en Chile? Un catastro histopatológico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* (44): 35 - 47.
- LUNA L G. 1968. Manual of histologic staining methods of the armed forces institute of pathology, 3rd ed. Mc Graw Hill, New York, NY.
- MACKENZIE K, WILLIAMS H H, WILLIAMS B, McVICAR A H, SIDDALL R. 1995. Parasites as indicators of water quality and the potential use of helminth transmission in marine pollution studies. *Advances in Parasitology*. 35: 85 - 114.
- MATEO E C, PEÑA C, GUZMÁN E, LÓPEZ R. 1985. Parásito causante de castración de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*). *Boletín de Lima* 7(40): 81 - 86.
- MLADINEO I, PEHARDA M. 2005. Histopathology of *Gymnophallus* sp. sporocysts in the edible mytilid, *Modiolus barbatus*. *J. Shellfish Res*. 24: 1097 - 1100.
- MOURITSEN K N, POULIN R. 2002. Parasitism, community structure and biodiversity in intertidal ecosystems. *Parasitology*. 124: 101 - 117.
- NASCIMENTO I A, SMITH D H, KERN II F, PEREIRA S A. 1986. Pathological findings in *Crassostrea rhizophorae* from Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil. *Journal of Invertebrate Pathology*. 47: 340 - 349.
- PEKKARINEM M. 1987. The cercaria and metacercaria of *Gymnophallus gibberossus* Loos-Frank, 1971 (Trematoda: Gymnophallidae) in *Macoma balthica* (L.) (Bivalvia) in the Baltic brakish water (southwestern Finland). *Ann. Zool. Fennici*. 24: 123 - 136.
- PRODUCE. 2016. Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola 2016. Ministerio de la Producción. Diciembre 2017.
- RAYYAN A, DAMIANIDIS P, ANTONIADOU C, CHINTIROGLOU C C. 2006. Protozoan parasites in cultured mussels *Mytilus galloprovincialis* in the Thermaikos Gulf (north Aegean Sea, Greece). *Diseases of Aquatic Organisms*. 70: 251 - 254.
- ROHDE K. 2002. Ecology and biogeography of marine parasites. *Advances in Marine Biology*. 43: 1 - 86.
- RHODE K. 2008. Preface in *Applied Aspects of Marine Parasitology*. En proceeding of the International

- Workshop on marine parasitology, Horta 2006; Arquipélago-Life and marine sciences, Supplement 6.
- ROBLEDO J A F, CÁCERES-MARTÍNEZ J C, SLUYS R, FIGUERAS A. 1994. The parasitic turbellarian *Urastoma cyprinae* (Platyhelminthes: Urastomidae) from blue mussel *Mytilus galloprovincialis* in Spain: occurrence and pathology. *Diseases of Aquatic Organisms*. 18: 203 - 210.
- SABRY R C, VASCONCELOS T C, MAGENTA A R, BARRACCO M A, GUERTLER C, PINHO L, VIANNA R T, DA SILVA P M. 2013. Parasitological survey of mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae*, in the Pacoti River Estuary, Ceará State, Brazil. *Journal of Invertebrate Pathology*. 112: 24 - 32.
- SHAW B L, BATTLE H I. 1957. The gross and microscopic anatomy of the digestive tract of the oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Can. J. Zool.* 35: 325 - 347.
- SHELLEY C C, GLAZEBROOK J S, TURAK E, WINSOR L, DENTON G R W. 1988. Trematode (Digenea: Bucephalidae) infection in the burrowing clam *Tridacna crocea* from the Great Barrier Reef. *Diseases of Aquatic Organisms*. 4: 143 - 147.
- SINDERMANN C A, ROSENFELD A. 1967. Principal diseases of commercially important marine bivalve Molluska and Crustacea. U.S. Fish Wildl. Serv., Fish. Bull. 66: 335 - 385.
- SPARKS A K, CHEW K K. 1966. Gross infestation of the littleneck clam, *Venerupis staminea*, with a larval cestode (*Echeneibothrium* sp.). *J. Invertebr. Path.* 8: 413 - 416.
- STOCK J H. 1995. Copepoda Poecilostomatoida associated with Bivalvia from New Guinea. *Hydrobiologia*. 312: 37 - 45.
- SUBASINGHE R P, BONDAD-REANTASO M G, MCGLADDERY S E. 2001. Aquaculture development, health and wealth. En: R. Subasinghe, P. B. Bueno, M.J. Phillips, C. Hough, S.E. McGladdery y J.R. Arthur, Editores. NACA/FAO 2001. Aquaculture in the Third Millennium. pp. 167-192. Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium, Bangkok, Thailand.
- SUJA G, SANIL N K, CHINNADURAI S, VIJAYAN K K. 2013. Reproductive dysfunction in the edible oyster, *Crassostrea madrasensis* due to larval bucephalid infection - a case study. *J. Mar. Biol. Ass. India*. 55 (2): 5 - 10.
- TROTTI G C, BACCARANIL E M, GIANNETTO S, GIUFFRIDA A, PAESANTI F. 1998. Prevalence of *Mytilicola intestinalis* (Copepoda: Mytilicolidae) and *Urastoma cyprinae* (Turbellaria: Hypotrichinidae) in marketable mussels *Mytilus galloprovincialis* in Italy. *Diseases of Aquatic Organisms*. 32: 145 - 149.
- TUNTIWARANURUK C, CHAKERMWAT K, UPATHAM E S, KRUAETRACHUE M, AZEVEDO C. 2004. Investigation of *Nematopsis* spp. oocysts in 7 species of bivalves from Chonburi Province, Gulf of Thailand. *Diseases of Aquatic Organisms*. 58: 47 - 53.
- THULIN J. 1989. Can fish parasites be used to monitor pollution? *New Zealand Journal of Zoology* Vol.16: 138 p.
- TURECK R, DE OLIVEIRA T. 2003. Sustentabilidade ambiental e maricultura. *Revista Saúde e Ambiente Joinville*. 4(2): 22 - 26.
- WARDLE W J. 1975. *Cercaria anadarae* sp. n. parasitizing a bivalve mollusc, *Anadara brasiliensis* (Lamarck), from the northwest Gulf of Mexico. *J Parasitol.* 61: 1048 - 9.
- ZEIDAN G C, LUZ M S A, BOEHS G. 2012. Parasites of economically important bivalves from the southern coast of Bahia State, Brazil. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.* 21: 391 - 398.

AISLAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE BACTERIÓFAGOS AISLADOS DE AMBIENTE MARINO Y SU EFECTO EN EL CONTROL DEL CRECIMIENTO BACTERIANO

ISOLATION AND ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF BACTERIOPHAGES ISOLATED FROM MARINE ENVIRONMENT AND THEIR EFFECT IN THE CONTROL OF BACTERIAL GROWTH

Violeta Flores¹ Carla Fernandez Marco Medina

RESUMEN

FLORES V, FERNANDEZ C, MEDINA M. 2019. Aislamiento y evaluación de la efectividad de bacteriófagos aislados de ambiente marino y su efecto en el control del crecimiento bacteriano. *Bol Inst Mar Perú*. 34(1): 151-164.- El uso indiscriminado de antibióticos ha propiciado la aparición de bacterias resistentes a los mismos. Por lo tanto, la búsqueda de nuevos tratamientos para controlar poblaciones bacterianas patógenas y mejorar la supervivencia y el crecimiento en organismos acuáticos está tomando importancia en los últimos años. En este marco el uso de bacteriófagos como agentes terapéuticos aparece como una alternativa para el control de enfermedades en acuicultura. En este estudio, los ensayos realizados utilizando nauplios de *Artemia* sp., infectados con *Vibrio fluvialis* Cepa 1, pudo evidenciar una tasa de supervivencia del 90% en comparación al control en el que solo se obtuvo 52%; el empleo del fago al inicio de la infección demostró mayor supervivencia de estos microcrustáceos. En conclusión, el tratamiento con fagos demostró ser eficaz para el control de mortalidades causadas por la bacteria *V. fluvialis* utilizando a *Artemia* sp.

PALABRAS CLAVE: fagoterapia, bacteriófagos, *Vibrio fluvialis*, *Artemia* sp.

ABSTRACT

FLORES V, FERNANDEZ C, MEDINA M. 2019. Isolation and assessment of the effectiveness of bacteriophages isolated from marine environment and their effect in the control of bacterial growth. *Bol Inst Mar Peru*. 34(1): 151-164.- The indiscriminate use of antibiotics has led to the emergence of antibiotic-resistant bacteria. Therefore, the search for new treatments to control pathogenic bacterial populations and improve the survival and growth of aquatic organisms is gaining importance in recent years. Under these circumstances, the use of bacteriophages as therapeutic agents appears as an alternative for the control of diseases in aquaculture. In this survey, tests carried out using *Artemia* sp. nauplii, which were infected with *Vibrio fluvialis* Strain 1, showed a 90% survival rate compared to the control in which only 52% was obtained; the use of phage at the beginning of the infection showed a greater survival among these microcrustaceans. Finally, the treatment with phage proved to be effective for the control of mortalities caused by the bacterium *V. fluvialis* using *Artemia* sp.

KEYWORDS: phagotherapy, bacteriophage, *Vibrio fluvialis*, *Artemia* sp.

1. INTRODUCCIÓN

Los organismos acuáticos en cultivo sufren la amenaza constante de las infecciones bacterianas, siendo frecuente el uso generalizado y sin restricciones de antimicrobianos para la curación o prevención de las mismas (DOPAZO et al. 1988, CABELLO 2006). El empleo indiscriminado de antibióticos ha conllevado al incremento de las bacterias resistentes a estos quimioterápicos, por lo que su empleo en la acuicultura ha sido restringido (FAO/OIE/WHO 2006) por los daños ecológicos y su impacto en la salud humana. En consecuencia, urge la necesidad de buscar otras estrategias para el control de enfermedades en acuicultura.

1. INTRODUCTION

Aquatic organisms in culture suffer the constant threat of bacterial infections and it is frequent the widespread and unrestricted use of antimicrobials to cure or prevent them (DOPAZO et al. 1988, CABELLO 2006). The indiscriminate use of antibiotics has led to an increase in bacteria resistant to these chemotherapeutics, so their use in aquaculture has been restricted (FAO/OIE/WHO 2006) due to ecological damage and its impact on human health. Consequently, there is an urgent need to seek other strategies for disease control in aquaculture.

1 IMARPE, Área funcional de Investigaciones en Acuicultura, vflores@imarpe.gob.pe

Durante los últimos años, la terapia con bacteriófagos o fagoterapia, se está explorando como una vía alterna para el control de bacterias patógenas en organismos marinos (ALMEIDA *et al.* 2009, RONDA *et al.* 2003). Estos bacteriófagos son virus naturales que infectan y lisan bacterias de manera especie-específica sin afectar la microflora normal (SEGUNDO *et al.* 2010). Esta especificidad entre bacteriófagos y sus huéspedes bacterianos, ha sido utilizada para el tratamiento de enfermedades infecciosas en acuicultura, tal es el caso de PATERSON *et al.* (1969) quienes aplicaron bacteriófagos contra *Aeromonas salmonicida* causante de la furunculosis, cuya publicación constituye el inicio de la investigación sobre la aplicación de estos virus en acuicultura. La literatura reporta además otros casos exitosos de fagoterapia contra *A. hydrophila* (WU *et al.* 1981), *Pseudomonas plecoglossicida* (PARK *et al.* 2000), *Edwardsiella tarda* (HSU *et al.* 2000), *Flavobacterium psychrophilum* (STENHOLM *et al.* 2008) y *E. ictaluri* (WALAKIRA 2008).

En el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), se vienen realizando investigaciones sobre el uso de métodos alternativos a los antibióticos para el control y prevención de enfermedades en organismos acuáticos priorizados para la investigación. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue separar y evaluar la efectividad de bacteriófagos aislados del ambiente marino en el control del crecimiento bacteriano en infecciones experimentales con nauplios de *Artemia* sp. bajo condiciones de laboratorio.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Aislamiento de cepas bacterianas

Para el aislamiento de bacterias se utilizó, como medio de cultivo selectivo e indicador, el Agar GSP (Agar selectivo para *Pseudomonas-Aeromonas* seg. Kielwein, Merck) y TCBS (Tiosulfato citrato bilis sacarosa, Merck). Se aislaron cepas bacterianas en base a su morfología colonial, color, prueba de oxidasa y coloración Gram, a partir de muestras de agua de mar. La cepa aislada se denominó Cepa 1. La identificación se realizó por pruebas bioquímicas convencionales, el empleo del sistema de identificación bioquímica rápida API 20 NE y pruebas moleculares realizadas por el Laboratorio de Genética del IMARPE.

In recent years, bacteriophage therapy, or phagotherapy, is being explored as an alternative pathway for the control of pathogenic bacteria in marine organisms (ALMEIDA *et al.* 2009, RONDA *et al.* 2003). These bacteriophages are natural viruses that infect and lyse bacteria in a species-specific manner without affecting the normal microflora (SEGUNDO *et al.* 2010). This specificity between bacteriophages and their bacterial hosts has been used for the treatment of infectious diseases in aquaculture, such is the case of PATERSON *et al.* (1969) who applied bacteriophages against *Aeromonas salmonicida* causative of furunculosis, whose publication constitutes the beginning of the research on the application of these viruses in aquaculture. Several other successful cases of phagotherapy against *A. hydrophila* (WU *et al.* 1981), *Pseudomonas plecoglossicida* (PARK *et al.* 2000), *Edwardsiella tarda* (HSU *et al.* 2000), *Flavobacterium psychrophilum* (STENHOLM *et al.* 2008), and *E. ictaluri* (WALAKIRA 2008) are reported in the literature.

Research on the use of alternative methods to antibiotics for disease control and prevention in aquatic organisms prioritized for research is being carried out at the Instituto del Mar del Perú - IMARPE (Alternative: Peruvian Marine Research Institute). Therefore, the objective of this study was to separate and assess the effectiveness of bacteriophages isolated from the marine environment in controlling bacterial growth in experimental infections with *Artemia* sp. nauplii under laboratory conditions.

2. MATERIAL AND METHODS

Isolation of bacterial strains

GSP Agar (Selective Agar for *Pseudomonas-Aeromonas* seg. Kielwein, Merck) and TCBS (Thiosulphate citrate bile sucrose, Merck) were used as selective and indicator culture medium for the isolation of bacteria. Bacterial strains were isolated based on colonial morphology, color, oxidase test, and Gram staining from seawater samples. The isolated strain was called Strain 1. The identification was carried out by conventional biochemical tests, the use of the API 20E/NE fast identification system and molecular tests carried out by the IMARPE's Genetics Laboratory.

Aislamiento y purificación de bacteriófagos

Una vez identificadas las cepas bacterianas, se procedió a realizar el aislamiento de los bacteriófagos siguiendo la metodología utilizada por PHUMKHACHORN & RATTANACHAIKUNSOPON (2010) con modificaciones. Muestras de agua de mar filtrada (0,22 μm PES Syringe Filter MS®) fueron mezcladas con 50 mL de caldo Tripticasa de Soya (TSB, Merck), 1% de NaCl y CaCl_2 (20 mM) e inoculado con 1 mL de la Cepa 1 de 18 horas de incubación. Esta mezcla fue incubada por 24 horas a 25 °C. Transcurrido el tiempo de incubación, la mezcla fue centrifugada a 3300 g por 20 minutos (Centrifuge Eppendorf 5702R®) y el sobrenadante fue filtrado a través de un filtro de 0,22 μm de porosidad (Merck Millipore®, Alemania).

La presencia de fagos en el sobrenadante filtrado fue verificado por la técnica del *spot test* (HYMAN & ABEDON 2010). En placas de petri conteniendo agar Tripticasa de soya (TSA, Merck) suplementado con 1% de NaCl y CaCl_2 (20 mM), se sembraron por diseminación 500 μL de la Cepa 1. Posteriormente, se adicionó 100 μL del sobrenadante filtrado y las placas se incubaron a 25 °C durante 24 horas.

Una vez corroborada la presencia de bacteriófagos por medio de la técnica del *spot test*, se realizó la purificación de los bacteriófagos mediante la técnica de doble capa (BRADLEY 1965) modificada. Se realizaron diluciones seriadas de los bacteriófagos en tubos de ensayo previamente inoculados con 1 mL de la cepa susceptible. A cada tubo, se le adicionó 3 mL de agar semisólido (TSA) al 70% y a 45 °C. Esta mezcla se vertió sobre placas petri conteniendo una capa de TSA (100%) y se incubó a 25 °C por 24 horas. Posteriormente las placas de lisis fueron cuantificadas para hallar el número de UFP/mL.

Las placas de lisis producidas por el enfrentamiento de los fagos y su bacteria huésped fueron recortadas con ayuda de un asa de siembra con aro de nicrom en ángulo recto, trasladadas y depositadas en un microtubo de 2 mL conteniendo PBS estéril. Luego se agregaron 2 a 3 gotas de cloroformo y se agitó en un Vortex por 1 minuto para provocar la muerte bacteriana. Los microtubos fueron centrifugados a 3300 x g por 15 minutos para precipitar los

Isolation and purification of bacteriophages

Once the bacterial strains had been identified, the bacteriophages were isolated following the methodology used by PHUMKHACHORN & RATTANACHAIKUNSOPON (2010) with modifications. Filtered seawater samples (0.22 μm PES Syringe Filter MS®) were mixed with 50 mL of Trypticase Soy Broth (TSB, Merck), 1% of NaCl, and CaCl_2 (20 mM) and they were inoculated with 1 mL of strain 1 of 18 hours of incubation. This mixture was incubated for 24 hours at 25 °C. After the incubation time, the mixture was centrifuged at 3300 g for 20 minutes (Centrifuge Eppendorf 5702R®) and the supernatant was filtered through a filter of 0.22 μm porosity (Merck Millipore®, Germany).

The presence of phage in the filtered supernatant was verified through the spot test technique (HYMAN & ABEDON 2010). In Petri dishes containing Trypticase Soy Agar (TSA, Merck) supplemented with 1% NaCl and CaCl_2 (20 mM), 500 μL of strain 1 were seeded by dissemination. Subsequently, 100 μL of the filtered supernatant were added and the Petri dishes were incubated at 25 °C for 24 hours.

After the presence of bacteriophages was corroborated through the spot test technique, the bacteriophages were purified using the modified double layer technique (BRADLEY 1965). Serial dilutions of the bacteriophages were made in test tubes which were previously inoculated with 1 mL of the susceptible strain. In each test tube, 3 mL of semi-solid agar (TSA) was added at 70% and 45 °C. This mixture was poured on Petri dishes containing a layer of TSA (100%) and incubated at 25 °C for 24 hours. Subsequently, the lysis dishes were quantified to find the number of UFP/mL.

The lysis dishes, produced by the confrontation of the phages and their host bacteria, were cut with the help of an inoculation loop with a right-angled nichrome ring, transferred and deposited in a 2 mL microtube containing sterile PBS solution. Then, 2 to 3 drops of chloroform were added and they were agitated in a Vortex for 1 minute to cause bacterial death. The microtubes were centrifuged at 3300 x g for 15 minutes to precipitate the

restos bacterianos y recuperar el sobrenadante (conteniendo los bacteriófagos), el cual pasó a través de un filtro de jeringa de 0,22 μm de porosidad para ser vertidos en un microtubo estéril. Este procedimiento se repitió tres veces para garantizar la pureza de los bacteriófagos específicos a la Cepa 1.

Determinación de rangos de hospederos de los bacteriófagos aislados

Siguiendo la metodología utilizada por PHUMKHACHORN & RATTANACHAIKUNSOPON (2010) con modificaciones y con la finalidad de determinar la especificidad de infección del fago 1 frente a otras bacterias tipo ATCC®, se realizó la determinación del rango de hospederos mediante el método del *spot test*. Cien microlitros del filtrado fágico se gotearon sobre placas Petri conteniendo 3 mL de agar TSA semisólido al 70% con 0,2 mL del cultivo bacteriano en fase exponencial (este procedimiento se repitió para cada cepa reto) posteriormente se incubó a 25 °C por 24 horas.

Aplicación de bacteriófagos como agentes terapéuticos contra la Cepa 1 utilizando *Artemia* sp.

Descapsulación y obtención de *Artemia* sp. libre de contaminación bacteriana

Siguiendo la metodología utilizada por MARTÍNEZ & HIPOLITO (2013) con modificaciones, 1 g de quistes de *Artemia* sp. (INVE Aquaculture, EUA) fue hidratado en agua destilada estéril por una hora con aireación continua. Cumplido el tiempo, los quistes hidratados fueron colocados en una solución de Hipoclorito de sodio comercial con agua de mar estéril en proporción de 2: 1 y con ayuda de una varilla de vidrio estéril, se agitó por 30 segundos hasta que se observó un cambio en la tonalidad de los quistes de café a anaranjado (indicativo de la eliminación del corion). A continuación, los quistes fueron tamizados y sumergidos en una solución de Tiosulfato de Sodio 0,5% en agua de mar estéril para eliminar el cloro y posteriormente fueron desinfectados en agua de mar con Cloruro de benzalconio 1% por 15 segundos. Este procedimiento fue repetido 3 veces. Una vez realizada la descapsulación, los quistes fueron transferidos a un matraz de 500 mL de capacidad conteniendo 400 mL de agua de mar estéril y mantenidos a 28 °C bajo iluminación continua y aireación filtrada (0,22 μm) por 19 horas.

bacterial remains and recover the supernatant (containing the bacteriophages), which passed through a syringe filter with a 0.22 μm pore size to be poured into a sterile microtube. This procedure was repeated three times to guarantee the purity of the bacteriophages that were specific to strain 1.

Determination of host ranges of isolated bacteriophages

Based on the methodology used by PHUMKHACHORN & RATTANACHAIKUNSOPON (2010) with modifications and in order to determine the specificity of phage 1 infection against other ATCC® type bacteria, the host range was determined using the spot test method. One hundred microliters of phage filtrate were dripped on Petri dishes containing 3 mL of semi-solid agar TSA at 70% with 0.2 mL of the bacterial culture in exponential phase (this procedure was repeated for each challenge strain) then they were incubated at 25 °C for 24 hours.

Use of bacteriophages as therapeutic agents against strain 1 by using *Artemia* sp.

Decapsulation and obtaining of *Artemia* sp. free of bacterial contamination

By applying the methodology used by MARTÍNEZ & HIPOLITO (2013) with modifications, 1 g of *Artemia* sp. cysts (INVE Aquaculture, USA) was hydrated in sterile distilled water for one hour with continuous aeration. After that time, the hydrated cysts were placed in a commercial sodium hypochlorite solution with sterile seawater in a ratio of 2:1 and with the help of a sterile glass rod, it was agitated for 30 seconds until a change in the tonality of the cysts was observed from coffee to orange (which indicates the removal of chorion). The cysts were then sieved and immersed in a solution of 0.5% Sodium Thiosulphate in sterile seawater to remove chlorine and they were subsequently disinfected in seawater with 1% Benzalkonium chloride for 15 seconds. This procedure was repeated 3 times. After decapsulation, the cysts were transferred to a 500 mL capacity flask containing 400 mL of sterile seawater and kept at 28 °C under continuous illumination and filtered aeration (0.22 μm) for 19 hours.

Después de la eclosión, los nauplios de *Artemia* sp. fueron cosechados en condiciones asépticas y se transfirieron a vasos de precipitación de 200 mL de capacidad, conteniendo 100 mL de agua de mar estéril a una densidad de 100 nauplios por vaso de precipitación (cada vaso de precipitación con 100 nauplios será referido en adelante, como Unidad Experimental). Para confirmar si el cultivo de nauplios se encontraba libre de bacterias, se realizaron siembras en placas petri conteniendo agar marino.

Determinación de la Dosis Letal 50 (DL₅₀)

Para determinar la DL₅₀, los nauplios tratados, fueron infectados con diferentes dosis de un cultivo de 18 horas de la Cepa 1, ajustado a una DO₆₀₀=1 (MARTÍNEZ 2013, con modificaciones). Unidades experimentales por duplicado fueron inoculadas con 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 y 1000 µL de suspensión bacteriana y dos unidades experimentales no inoculadas fueron tomadas como control. Las unidades experimentales fueron incubadas a 28 °C por 24 horas. La supervivencia de *Artemia* sp. fue cuantificada a las 48 horas post infección. Este experimento, fue realizado con tres replicas para evaluar con precisión la dosis que causa el 50% de mortalidad de nauplios de *Artemia* sp. La DL₅₀ fue estimada utilizando análisis probit.

Una vez determinada la dosis letal, se determinó la cinética de muerte durante la infección con la Cepa 1, por lo que cada unidad experimental de nauplios fue inoculada con una sola dosis bacteriana (DL₅₀) y la tasa de mortalidad fue registrada a las 0, 8, 16, 24, 32, 40 y 48 horas.

Ensayos de fagoterapia

Siguiendo la metodología empleada por LOMELI (2011) con modificaciones, se realizaron dos ensayos: el primero para evaluar el efecto de la dosis del bacteriófago a emplear y, el segundo para evaluar el efecto del tiempo de aplicación post infección en la supervivencia de nauplios de *Artemia* sp. tal como se detalla a continuación:

Ensayo 1: efecto de la dosis del bacteriófago en el crecimiento de la Cepa 1 y supervivencia de nauplios de *Artemia* sp. Dos dosis de bacteriófagos fueron evaluadas: dosis de 100 µL y de 10 µL; para esto, nauplios de *Artemia* sp. fueron

After bloom, the *Artemia* sp. nauplii were harvested under aseptic conditions and transferred to precipitation vessels of 200 mL capacity, containing 100 mL of sterile seawater at a density of 100 nauplii per precipitation vessel (each precipitation vessel with 100 nauplii will henceforth be referred to as an Experimental Unit). To confirm if the nauplii culture was free of bacteria, inoculations were made in Petri dishes containing marine agar.

Determination of Lethal Dose 50 (LD₅₀)

To determine LD₅₀, the sterilized nauplii were infected with different doses from an 18-hour culture of Strain 1, adjusted to an OD₆₀₀=1 (MARTÍNEZ 2013, with modifications). Experimental units in duplicate were inoculated with 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 and 1000 µL of bacterial suspension and two non-inoculated experimental units were taken as control. The experimental units were incubated at 28 °C for 24 hours. The survival of *Artemia* sp. was quantified 48 hours after infection. This experiment was performed with three replicates to accurately assess the dose causing 50% mortality of *Artemia* sp. The LD₅₀ was estimated using probit analysis.

Once the lethal dose was determined, the kinetics of death during infection with Strain 1 were determined, so that each experimental unit of nauplii was inoculated with a single bacterial dose (DL₅₀) and the mortality rate was recorded at 0, 8, 16, 24, 32, 40, and 48 hours.

Phagotherapy tests

Two tests were carried out following the methodology used by LOMELI (2011) with modifications: the first to assess the effect of the dose of the bacteriophage to be used and the second to assess the effect of the post-infection application time on the survival of *Artemia* sp. nauplii as detailed below:

Test 1: effect of the bacteriophage dose on the growth of Strain 1 and survival of *Artemia* sp. nauplii. Two doses of bacteriophages were assessed: doses of 100 µL and 10 µL; thus, *Artemia* sp. nauplii were infected with the

infectados con la DL_{50} bacteriana (Cepa 1) a una densidad óptica ($DO_{600} = 1$) y se adicionaron los bacteriófagos al inicio de la infección.

Ensayo 2: efecto de la aplicación de bacteriófagos en diferentes tiempos de post infección. Nauplios de *Artemia* sp., fueron infectados con la DL_{50} bacteriana a una $DO_{600} = 1$ y se adicionó 100 μ L de bacteriófago a las 13 horas (Tratamiento 1) y a las 16 horas (Tratamiento 2) post infección bacteriana.

En ambos ensayos se consideró un grupo control solamente infectado con la DL_{50} bacteriana y todas las unidades experimentales se incubaron a 25 °C por quintuplicado. La mortalidad fue registrada a las 48 horas.

3. RESULTADOS

Aislamiento de cepas bacterianas

Las bacterias aisladas fueron identificadas presuntivamente por bioquímica convencional y el sistema de identificación bioquímica rápida API 20 NE como *Aeromonas* sp./*Vibrio* sp.; sin embargo, el análisis molecular confirmó a la Cepa 1 dentro del género *Vibrio* y especie *V. fluvialis* (en adelante Cepa 1 *Vibrio fluvialis*).

Aislamiento y purificación de bacteriófagos

Las placas presentaron zonas de aclaramiento para la Cepa 1 *V. fluvialis* confirmando la presencia de bacteriófagos líticos (Fig. 1). Además, los bacteriófagos propiciaron la aparición de placas de lisis confirmando la especificidad para infectar su bacteria huésped.

El título del sobrenadante filtrado, se encontró en $8,2 \times 10^9$ UFP/mL para el fago específico a la Cepa 1 *V. fluvialis* (en adelante bacteriófago *Vf1*), los que fueron capaces de exterminar totalmente a la cepa susceptible.

Determinación de rangos de hospederos para el bacteriófago 1

Las cepas bacterianas no fueron susceptibles al bacteriófago *Vf1*, a excepción de la Cepa *V. alginolyticus* ATCC® 17749, en cuyas placas se observaron ligeras zonas de aclaramiento (Tabla 1, Fig. 2).

bacterial LD_{50} (Strain 1) at an optical density ($OD_{600} = 1$) and the bacteriophages were added at the beginning of the infection.

Test 2: Effect of the application of bacteriophages at different post-infection times. *Artemia* sp. nauplii were infected with the bacterial LD_{50} to an $OD_{600} = 1$ and 100 μ L of bacteriophage were added at 13 hours (Treatment 1) and at 16 hours (Treatment 2) post bacterial infection.

In both tests, only one control group infected with bacterial LD_{50} was considered and all experimental units were incubated at 25 °C per quintuplicate. Mortality was recorded at 48 hours.

3. RESULTS

Isolation of bacterial strains

The isolated bacteria were presumably identified by conventional biochemistry and the API 20E/NE fast identification system as *Aeromonas* sp./*Vibrio* sp.; however, molecular analysis confirmed Strain 1 within the genus *Vibrio* and species *V. fluvialis* (hereinafter *Vibrio fluvialis* Strain 1).

Isolation and purification of bacteriophages

There were clearing-zones for *V. fluvialis* Strain 1 in dishes, confirming the presence of lithic bacteriophages (Fig. 1). In addition, the bacteriophages propitiated the appearance of lysis dishes confirming the specificity to infect their host bacterium.

The titer of the filtered supernatant was found in 8.2×10^9 UFP/mL for the phage specific to *V. fluvialis* Strain 1 (hereinafter *Vf1* bacteriophage), which were able to totally exterminate the susceptible strain.

Determination of host ranges for bacteriophage 1

The bacterial strains were not susceptible to the *Vf1* bacteriophage, except for the *V. alginolyticus* Strain ATCC® 17749, in whose dishes light clearing zones were observed (Table 1, Fig. 2).

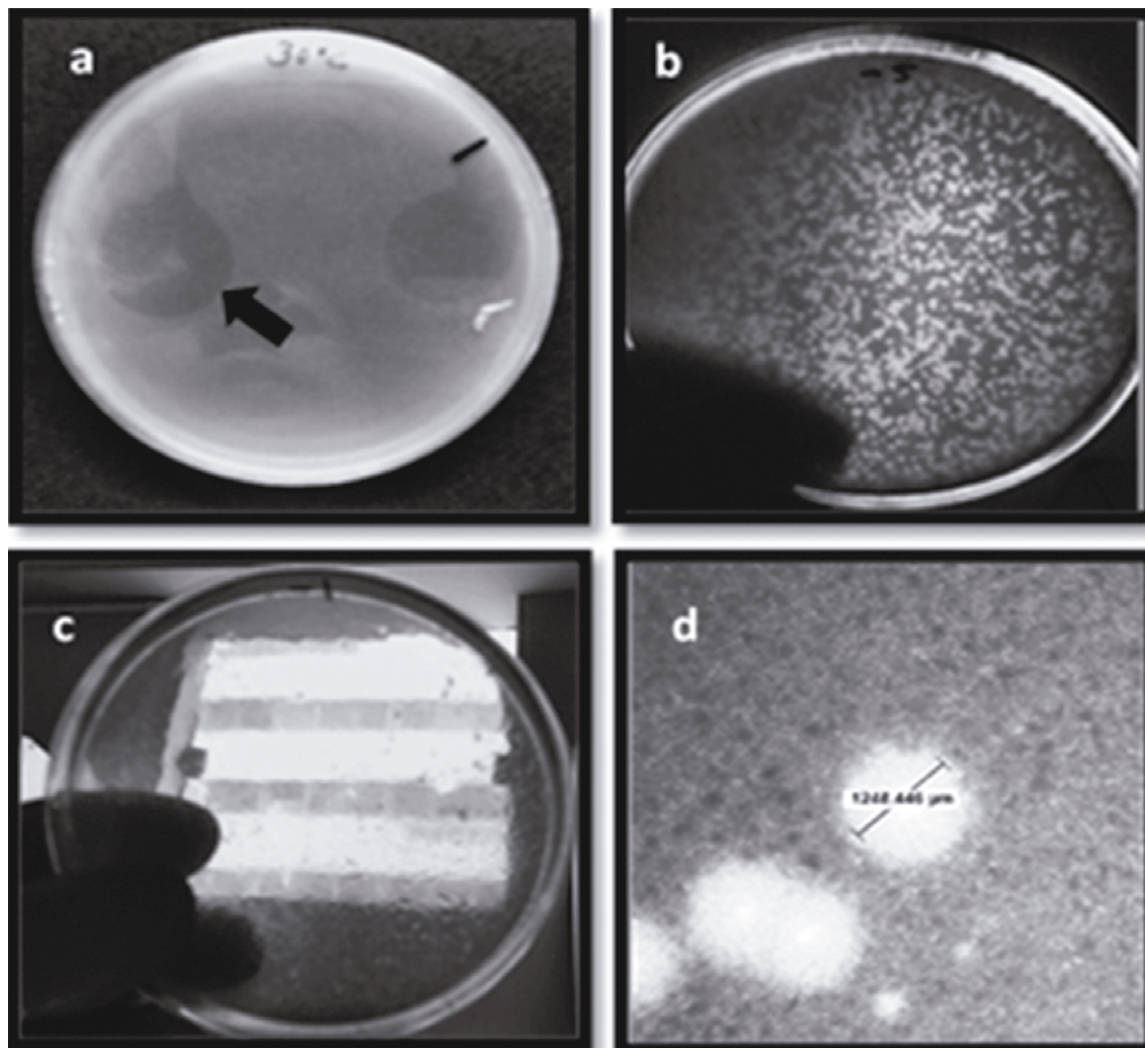


Figura 1.- a) *Spot test*, prueba preliminar confirmatoria de presencia de bacteriófagos específicos para la Cepa 1 *V. fluvialis*. Se observan zonas claras (flecha) las cuales son evidencia preliminar de la presencia de bacteriófagos. b) Placas de lisis indicadoras del título del bacteriófago 1. c) Placa Petri totalmente transparente como consecuencia de la lisis bacteriana causada por bacteriófagos específicos contra la cepa bacteriana en estudio. d) Placas de lisis formadas por el bacteriófago 1 sobre placas con agar inoculados con la Cepa 1 *V. fluvialis* observadas al estereoscopio 0,75X

Figure 1. a) *Spot test*, preliminary confirmatory test for the presence of bacteriophages specific to *V. fluvialis* Strain 1. Clear zones (arrow) are observed, which are a preliminary evidence of the presence of bacteriophages. b) Indicator lysis dishes for bacteriophage 1 titer. c) Completely transparent Petri dish as a consequence of bacterial lysis caused by specific bacteriophages against the bacterial strain under study. d) Lysis dishes formed by bacteriophage 1 on agar plates inoculated with *V. fluvialis* Strain 1 observed under stereoscope at 0.75X

Tabla 1.- Rango de hospederos de los Bacteriófagos 1 mediante spot test

Table 1. Host range of Bacteriophages 1 by means of spot test

Bacterias / Bacteria	Bacteriófagos / Bacteriophages
<i>A. hydrophila</i>	-
<i>A. salmonicida</i>	-
<i>V. alginolyticus</i>	+/-
<i>P. fluorescens</i>	-
<i>P. putida</i>	-
<i>E. tarda</i>	-

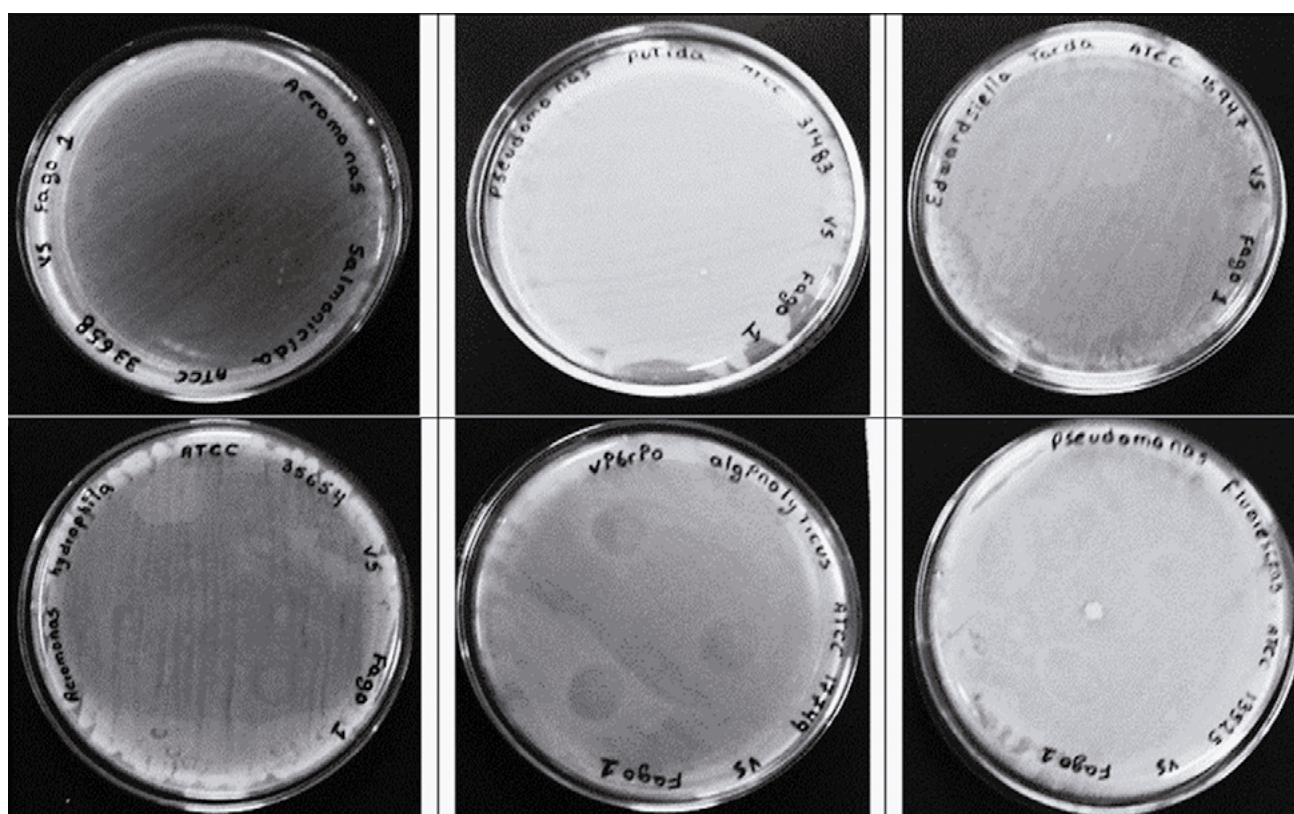


Figura 2.- Rango de hospederos: enfrentamiento bacteriófago 1 contra 6 especies bacterianas diferentes. Se aprecian las áreas claras indicando reacción positiva del bacteriófago1 con *V. alginolyticus* ATCC © 17749

Figure 2. Host range: bacteriophage 1 confrontation against 6 different bacterial species. Clear areas indicating positive reaction of bacteriophage1 with *V. alginolyticus* ATCC © 17749 can be seen

Descapsulación y obtención de *Artemia* sp. libre de contaminación bacteriana

Se evidenció la reducción de la carga bacteriana de nauplios tratados con Cloruro de benzalconio al 1% a diferencia de los nauplios que no fueron tratados con la solución desinfectante. Los nauplios tratados y diseminados en placas petri por duplicado conteniendo agar marino, evidenciaron el crecimiento promedio de 3 a 5 colonias en las placas petri sembradas; en comparación con los

Decapsulation and obtaining of *Artemia* sp. free of bacterial contamination

The bacterial load of nauplii treated with benzalkonium chloride was reduced to 1% as opposed to nauplii that were not treated with the disinfectant solution. The nauplii treated and disseminated in Petri dishes in duplicate containing marine agar, evidenced the average growth of 3 to 5 colonies in the inoculated Petri dishes; in comparison with those that were not

que no fueron desinfectados, los que evidenciaron crecimiento bacteriano abundante (incontables, >300 UFC.mL⁻¹) demostrando así la efectividad de la solución desinfectante y corroborando la disminución significativa de las UFC.mL⁻¹.

Aplicación de bacteriófagos como agentes terapéuticos utilizando *Artemia* sp.

Determinación de la Dosis Letal 50 (DL₅₀)

La dosis de la Cepa 1 *V. fluvialis* que indujo el 50% de mortalidad en nauplios de *Artemia* sp. (DL₅₀) fue estimada en 8×10^8 UFC.mL (800 μ L de suspensión bacteriana DO600= 1) (Fig. 3).

Se observa que la cinética de mortalidad de los nauplios enfrentados con la DL₅₀, la cual aumenta a medida que el tiempo transcurre, alcanza la mortalidad esperada a las 48 horas post infección (Fig. 4). En el transcurso del tiempo se observaron organismos letárgicos con poco o nada de movimiento los cuales, posteriormente, morían.

Ensayos de fagoterapia

En el ensayo 1, la aplicación del bacteriófago Vf1 redujo la mortalidad de los nauplios de *Artemia* sp., infectados experimentalmente con la Cepa 1 *V. fluvialis*. La dosis de 100 μ L de bacteriófagos

disinfectados, those that evidenced abundant bacterial growth (countless, >300 UFC.mL⁻¹) thus demonstrating the effectiveness of the disinfectant solution and corroborating the significant decrease of the UFC.mL⁻¹.

Use of bacteriophages as therapeutic agents by means of *Artemia* sp.

Determination of Lethal Dose 50 (DL₅₀)

The dose of *V. fluvialis* Strain 1 that induced 50% mortality in *Artemia* sp. nauplii (LD₅₀) was estimated at 8×10^8 UFC.mL (800 μ L of bacterial suspension OD 600= 1) (Fig. 3).

It is observed that the nauplii mortality kinetics confronted with LD₅₀, which increases with time, reaches the expected mortality of 48 hours post-infection (Fig. 4). Over time, lethargic organisms with little or no movement were observed, which later died.

Phagotherapy tests

In test 1, the application of Vf1 bacteriophage reduced the *Artemia* sp. nauplii's mortality, which were experimentally infected with *V. fluvialis* Strain 1. The dose of 100 μ L of bacteriophages in solution significantly

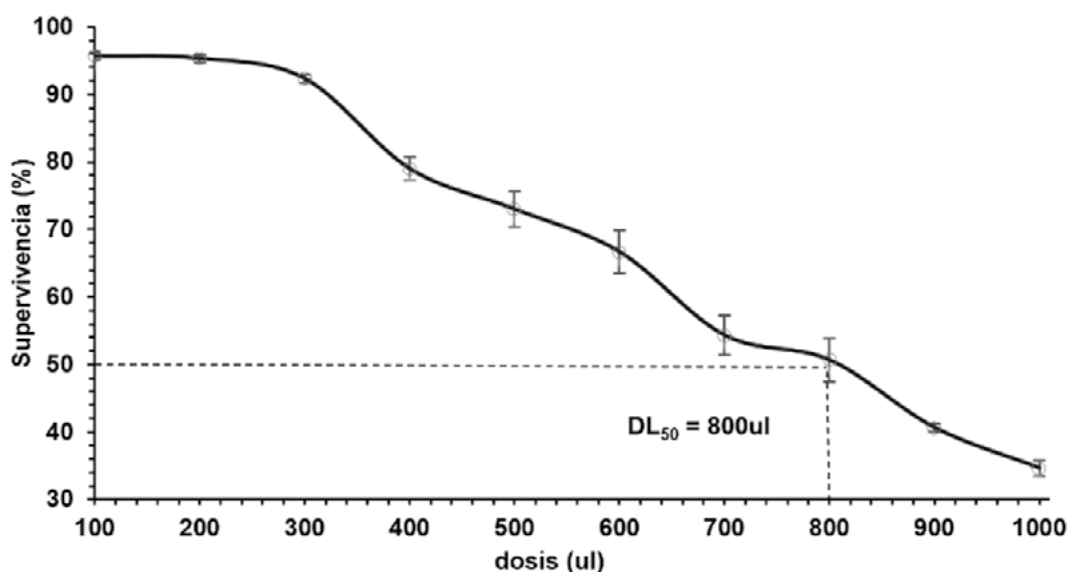


Figura 3.- Efecto de la dosis bacteriana durante la infección experimental de *Artemia* sp., infectadas con la Cepa 1 *V. fluvialis*

Figure 3. Effect of the bacterial dose during the experimental infection of *Artemia* sp., infected with *V. fluvialis* Strain 1

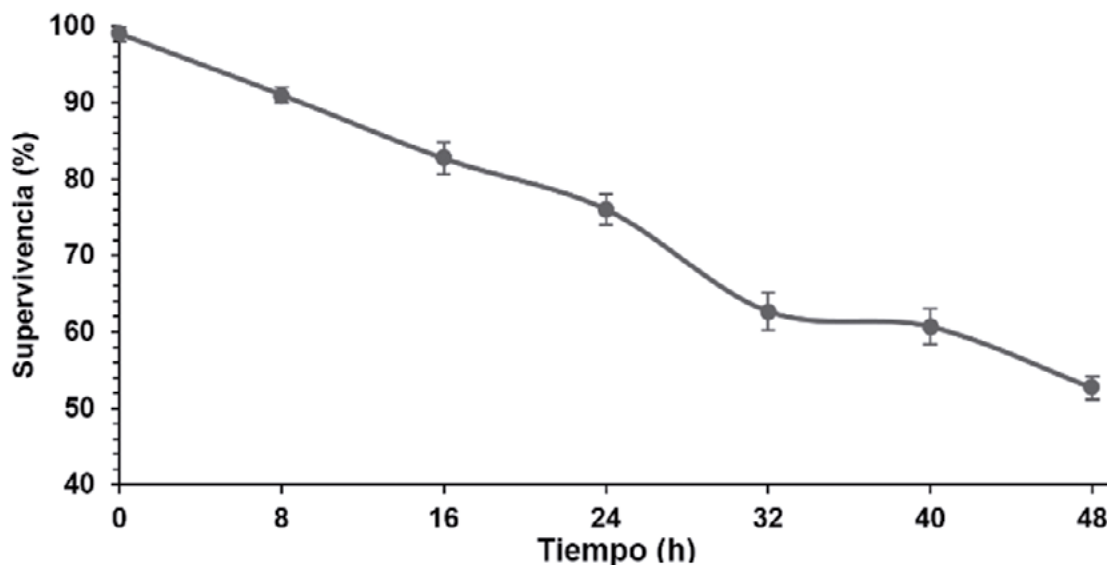


Figura 4.- Cinética de mortalidad de nauplios de *Artemia* sp., enfrentados con la LD_{50} bacteriana desde las 0 hasta las 48 horas

Figure 4. Nauplii mortality kinetics of *Artemia* sp., confronted with the bacterial LD_{50} from 0 to 48 hours

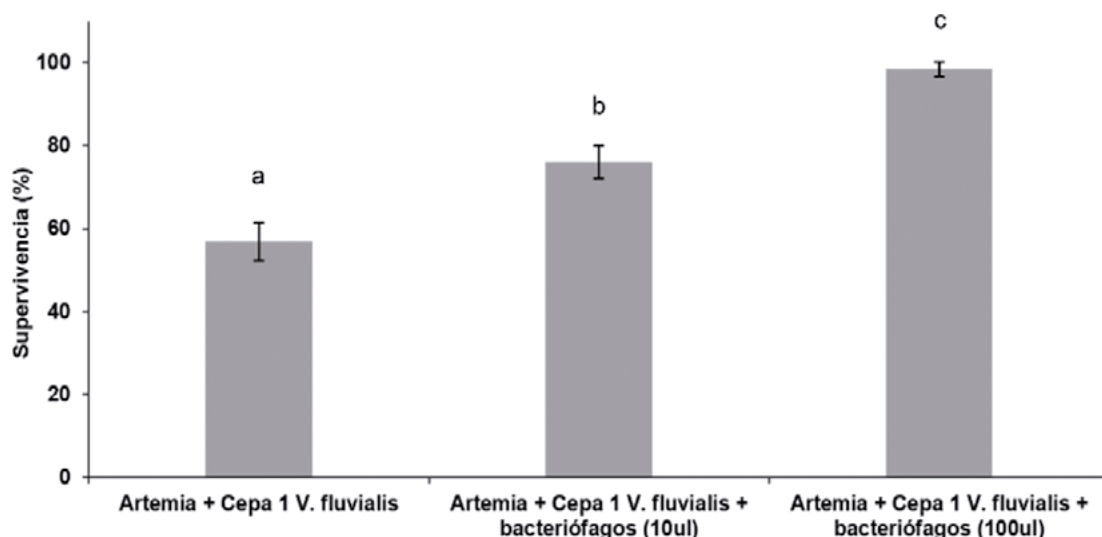


Figura 5.- Supervivencia de nauplios con la aplicación de diferentes dosis (10 y 100 µL) de bacteriófagos al inicio de la infección

Figure 5. Survival of nauplii with the application of different doses (10 and 100 µL) of bacteriophages at the onset of infection

en solución redujo significativamente ($p < 0,05$) la mortalidad respecto del grupo control, los cuales no recibieron tratamiento con bacteriófagos y del grupo que recibió una dosis de 10 µL. Los nauplios de *Artemia* sp., tratados con bacteriófagos alcanzaron una supervivencia promedio de 98,4% ± 1,81 y 76% ± 3,93 comparado con el grupo control, que alcanzó 56,8% ± 4,49 (Fig. 5).

reduced ($p < 0.05$) the mortality compared to the control group, which received no treatment with bacteriophages and the group that received a dose of 10 µL. The *Artemia* sp. nauplii treated with bacteriophages reached a mean survival of 98.4% ± 1.81 and 76% ± 3.93 compared to the control group, which reached 56.8% ± 4.49 (Fig. 5).

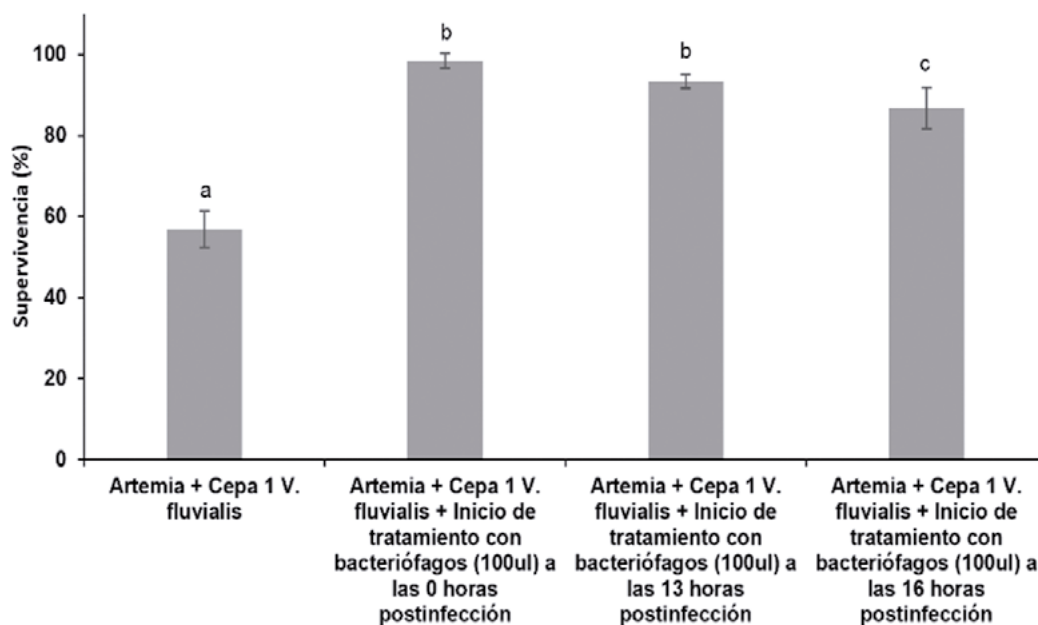


Figura 6.- Supervivencia de nauplios de *Artemia* sp., con la aplicación de dosis de bacteriófagos a las 13 y 16 horas de iniciada la infección

Figure 6. *Artemia* sp. nauplii survival, with the application of bacteriophage doses at 13 and 16 hours after the start of the infection

En el ensayo 2, se evidenció que la supervivencia promedio en nauplios de *Artemia* sp., en el tratamiento con bacteriófagos luego de 0, 13 y 16 horas de inducida la infección con la DL_{50} bacteriana fue de $98,4\% \pm 1,81$; $93,4\% \pm 1,82$ y $86,8\% \pm 5,07$, respectivamente (Fig. 6). Estos resultados son significativamente diferentes ($p < 0,05$) comparado con el control. No hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) en la supervivencia de nauplios de *Artemia* sp., tratados con bacteriófagos a las 0 y 13 horas.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el presente estudio se aislaron bacteriófagos para las bacterias aisladas a partir de pruebas positivas en placas, pero no se pudo realizar la caracterización del fago por no contar con las microfotografías electrónicas que permitan describir la morfología del virión (CHOW & ROUF 1983, JUN *et al.* 2013) las cuales podrían dar alcances taxonómicos. Además, los resultados del estudio de rangos de hospederos indican que los bacteriófagos Vf1 aislados, poseen alta especificidad, ya que su rango de hospederos es limitado a su bacteria huésped (YIN *et al.* 2012).

In test 2, it was evidenced that the mean survival in *Artemia* sp. nauplii, in treatment with bacteriophages after 0, 13, and 16 hours of induced infection with bacterial LD_{50} was $98.4\% \pm 1.81$; $93.4\% \pm 1.82$; and $86.8\% \pm 5.07$, respectively (Fig. 6). These results are significantly different ($p < 0.05$) compared to control. There were no significant differences ($p > 0.05$) in the *Artemia* sp. nauplii survival, which were treated with bacteriophages at 0 and 13 hours.

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

In this study, bacteriophages were isolated for bacteria, which were isolated from positive tests in dishes, but it was not possible to characterize the phage for not having the electronic microphotographs to describe the morphology of the virion (CHOW & ROUF 1983, JUN *et al.* 2013) which could give taxonomic scopes. In addition, the results of the host range study indicate that isolated Vf1 bacteriophages have high specificity since their host range is limited to their host bacterium (YIN *et al.* 2012).

En acuicultura, la fagoterapia es una alternativa que se está explorando como vía alterna para combatir a las bacterias patógenas debido a su alta especificidad para infectar y lisar su bacteria huésped (ALMEIDA *et al.* 2009, RONDA *et al.* 2003). En ese sentido, los resultados de la aplicación de fagos en nauplios de *Artemia* contra la Cepa 1 *V. fluvialis*, fueron efectivos al controlar las infecciones en este microcrustáceo con diferentes dosis y a diferentes tiempos de inducida la infección experimental.

Al parecer con dosis pequeñas de bacteriófagos Vf1 (10 y 100 μ L) se pudo controlar infecciones bacterianas producidas por la Cepa 1 *V. fluvialis* en nauplios de *Artemia* sp. Otras investigaciones han reportado como ventaja el hecho de utilizar dosis pequeñas de bacteriófagos para controlar infecciones bacterianas en acuicultura (MARTÍNEZ *et al.* 2013).

La efectividad de los bacteriófagos para controlar la mortalidad producida por la Cepa 1 *V. fluvialis* fue mejor al inicio de la infección (0 horas) que después de 16 horas. Aunque a las 16 horas post infección la supervivencia de nauplios de *Artemia* sp. con el tratamiento fágico fue significativamente mejor ($p < 0,05$) que el tratamiento control, se evidenció que la fagoterapia es más efectiva para controlar la mortalidad en nauplios de *Artemia* sp. cuando es aplicada a las 0 horas, inclusive hasta las 13 horas posterior a la infección, ya que no se evidenciaron diferencias significativas en la supervivencia ($p > 0,05$) entre estos tratamientos; sin embargo, existe la tendencia a obtener mejor supervivencia mientras más pronto se aplican bacteriófagos para controlar infecciones bacterianas. Estos resultados están en concordancia con otros autores, quienes han reportado la efectividad de los bacteriófagos para controlar poblaciones bacterianas en acuicultura como ALAGAPPAN *et al.* (2010) cuya investigación resultó en un efecto protector y correctivo de la aplicación de fagos en larvas de *Panaeus monodon* contra *Vibrio parahaemolyticus* en diferentes tiempos de iniciada la infección; además, NAKAI *et al.* (2002) y PARK *et al.* (2000) reportaron un efecto protector por parte de los fagos con un tiempo máximo de aplicación post infección de 24 h sobre los peces *Seriola quinqueradiata* y *Plecoglossus altivelis*, respectivamente. Estos hechos ponen en evidencia el potencial protector de estos virus para ser aplicados en acuicultura. Por eso, estos trabajos preliminares con nauplios de *Artemia* sp. servirán de

In aquaculture, phage therapy is an alternative that is being explored as an alternative way to combat pathogenic bacteria due to its high specificity to infect and lyse its host bacteria (ALMEIDA *et al.* 2009, RONDA *et al.* 2003). In this regard, the results of the use of phage in *Artemia* nauplii against *V. fluvialis* Strain 1, were effective in controlling infections in this microcrustacean with different doses and at different times of induced experimental infection.

Apparently, with small doses of Vf1 bacteriophages (10 and 100 μ L) it was possible to control bacterial infections produced by *V. fluvialis* Strain 1 in *Artemia* sp. nauplii. Other researches have reported the advantage of using small doses of bacteriophages to control bacterial infections in aquaculture (MARTÍNEZ *et al.* 2013).

The effectiveness of bacteriophages to control mortality produced by *V. fluvialis* Strain 1 was better at the onset of infection (0 hours) than after 16 hours. Although at 16 hours post-infection the *Artemia* sp. nauplii survival with phage treatment was significantly better ($p < 0.05$) than control treatment, it was evidenced that phage therapy is more effective in controlling mortality in *Artemia* sp. nauplii when it is applied at 0 hours, even until 13 hours post-infection, since there were no significant differences in survival ($p > 0.05$) between these treatments; however, there is a tendency to obtain better survival the sooner bacteriophages are applied to control bacterial infections. These results are in line with other authors, who have reported the effectiveness of bacteriophages to control bacterial populations in aquaculture as ALAGAPPAN *et al.* (2010) whose research resulted in a protective and corrective effect of the use of phages in *Panaeus monodon* larvae against *Vibrio parahaemolyticus* at different times of infection onset; in addition, NAKAI *et al.* (2002) and PARK *et al.* (2000) reported a protective effect by phage with a maximum post-infection application time of 24 h on *Seriola quinqueradiata* and *Plecoglossus altivelis* fish, respectively. These facts highlight the protective potential of these viruses to be applied in aquaculture. Therefore, these preliminary works with *Artemia* sp. nauplii will serve as a basis for phage therapy

base para los ensayos de fagoterapia en organismos acuáticos de importancia en acuicultura contra bacterias patógenas. Si bien *V. fluvialis* no se ha reportado como patógeno primario en organismos acuáticos, el ensayo demuestra *in vitro*, que el bacteriófago es eficaz al controlar el crecimiento de esta bacteria bajo condiciones de laboratorio y por lo tanto demuestra el potencial uso de estos agentes virales para el control de patógenos bacterianos de importancia para la acuicultura.

En conclusión, se aislaron e identificaron bacterias de ambiente marino de la especie *V. fluvialis*. Además, se aislaron bacteriófagos específicos para *V. fluvialis*. Los bacteriófagos aislados en laboratorio mostraron afinidad exclusiva a sus respectivos huéspedes bacterianos. En ese sentido, la fagoterapia aparece como una alternativa para el control de enfermedades en acuicultura ya que en los ensayos realizados aplicando bacteriófagos utilizando nauplios de *Artemia* sp. infectados con la Cepa 1 *V. fluvialis* evidenciaron protección y mejor supervivencia de aquellas no tratadas con bacteriófagos.

tests in aquatic organisms of importance in aquaculture against pathogenic bacteria. Although *V. fluvialis* has not been reported as a primary pathogen in aquatic organisms, the test demonstrates *in vitro*, that bacteriophage is effective in controlling the growth of this bacterium under laboratory conditions and thus demonstrates the potential use of these viral agents for the control of bacterial pathogens of importance to aquaculture.

To sum up, marine environment bacteria of the species *V. fluvialis* were isolated and identified. In addition, bacteriophages specific to *V. fluvialis* were isolated. The bacteriophages isolated in the laboratory showed exclusive affinity to their respective bacterial hosts. In this regard, phagotherapy appears as an alternative for the control of diseases in aquaculture since in the tests carried out by applying bacteriophages using *Artemia* sp. nauplii infected with *V. fluvialis* Strain 1 evidenced the protection and better survival of the ones that were not treated with bacteriophages.

5. REFERENCIAS / REFERENCES

- ALAGAPPAN K, DEIVASIGAMANI D, SOMASUNDARAM S, KUMARAN S. 2010. Occurrence of *Vibrio parahaemolyticus* and its specific phages from shrimp ponds in east coast of India. *Curr. Microbiol.* 61(4): 235 - 240.
- ALMEIDA A, CUNHA A, GOMES N, ALVENS E, COSTA L, FAUSTINO M. 2009. Phage therapy and photodynamics therapy: Low environmental impact approaches to inactivate microorganism in fish farming plants. *Mar Drugs.* 7: 268 - 313.
- BRADLEY D. 1965. The Isolation and morphology of Some New Bacteriophages Specific for *Bacillus* and *Acetobacter* species. *J. Gen. Microbiol.* 41: 233 - 241.
- CABELLO F. 2006. Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environment. *Environmental Microbiology.* 8 (7): 1137 - 1144.
- CHOW M, ROUF A. 1983. Isolation and partial characterization of two *Aeromonas hydrophila* Bacteriophages. *Applied and Environmental Microbiology.* 45(5): 1670 - 1676.
- DOPAZO C, LEMOS M, LODEIROS C, BOLINCHES J, BARJA J, TORANZO A. 1988. Inhibitory activity of antibiotic-producing marine bacteria against fish pathogens. *Journal of Applied Bacteriology.* 65: 97 - 101.
- FAO/OIE/WHO. 2006. Antimicrobial use in aquaculture and antimicrobial resistance. Report of a Joint FAO/OIE/WHO Expert Consultation on antimicrobial use in aquaculture and antimicrobial resistance. Department of Food Safety, Zoonoses and Foodborne Diseases. World Health Organization, Geneva, Switzerland, Seoul, Republic of Korea (www.who.int/foodborne_disease/resistance/en/).
- Hsu C, Lo C, Liu J, Lin C. 2000. Control of the eel *Anguilla japonica* pathogens *Aeromonas hydrophila* and *Edwardsiella tarda* by bacteriophages. *Journal of the Fisheries Society of Taiwan.* 27: 21 - 31.
- HYMAN P, ABEDON S. 2010. Bacteriophage host range and bacterial resistance. *Advances in Applied Microbiology.* 70: 217 - 248.
- JUN J, KIM J, SHIN S, HAN J, CHAI J, PARK S. 2013. Protective effects of the *Aeromonas* phages pAh1-C and pAh6-C against mass mortality of the cyprinid loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) caused by *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture.* 416-417: 289 - 295.
- LOMELI C O. 2011. La fagoterapia como estrategia para reducir la mortalidad por vibriosis en larvas de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Maestría en Manejo de Recursos Marinos Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas., La Paz, B.C.S., México. 98 pp.

- MARTÍNEZ S, HIPOLITO A. 2013. Efficacy of phage therapy to prevent mortality during the Vibriosis of brine shrimp. *Aquaculture*. 1(1): 120 - 124.
- NAKAI T, PARK S. 2002. Bacteriophage therapy of infectious diseases in aquaculture. *Res Microbiol*. 153(1): 13 - 18.
- PARK S, SHIMAMURA I, FUKUNAGA M, MORI K, NAKAI T. 2000. Isolation of bacteriophages specific to a fish pathogen *Pseudomona plecoglossicida* as a candidate for disease control. *Applied Environmental Microbiology*. 66: 1416 - 1422.
- PATERSON R, GRINER I, DERMOTT L. 1969. Isolation and preliminary characterization of some *Aeromonas salmonicida* bacteriophages. *J. Fish. Res. Board Can.* 26: 629 - 632.
- PHUMKHACHORN P, RATTANACHAIKUNSOPON P. 2010. Isolation and partial characterization of a bacteriophage infecting the shrimp pathogen *Vibrio harveyi*. *African Journal of Microbiology Research*. 4(16): 1794 - 1800.
- RONDA C, VÁSQUEZ M, LÓPEZ R. 2003. Los bacteriófagos como herramienta para combatir infecciones en Acuicultura. *Revista AquaTIC*. 18: 3 - 10.
- SEGUNDO A, HERNÁNDEZ B, LÓPEZ V, TORRES O. 2010. Los bacteriófagos como una alternativa en el tratamiento de enfermedades infecciosas bacterianas (Fagoterapia). *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*. 4: 117 - 126.
- STENHOLM A, DALSGAARD I, MIDDELBOE M. 2008. Isolation and characterization of bacteriophages infecting the fish pathogen *Flavobacterium psychrophilum*. *Applied and Environmental Microbiology*. 74(13): 4070 - 4078.
- WALAKIRA K. 2008. Discovery, isolation and characterization of bacteriophages specific for *Edwardsiella ictaluri*. Thesis of Master of Science. Auburn University. United States of America.
- WU J-L, HUI-MING LIN, LU JAN, YA-LI H, LU-HIS CHANG. 1981. Biological control of fish pathogen, *Aeromonas hydrophila* by bacteriophage, AH1. *Fish Pathology*. 15(3-4): 271 - 276.
- YIN R, CHI W, FEN Y, CHANG-SHIN L. 2012. Characterization of a new phage, termed ØA318, which is specific for *Vibrio alginolyticus*. *Arch. Virol*. 157: 917 - 926.

ECOLOGÍA TRÓFICA DE *Octopus mimus* Gould, 1852; *Doryteuthis gahi* (d'Orbigny, 1835) Y *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) (CEPHALOPODA) DURANTE 2016

TROPHIC ECOLOGY OF *Octopus mimus* Gould, 1852; *Doryteuthis gahi* (d'Orbigny, 1835) AND *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) (CEPHALOPODA) IN 2016

Rosario Cisneros¹

RESUMEN

CISNEROS R. 2019. *Ecología trófica de Octopus mimus* Gould, 1852; *Doryteuthis gahi* (d'Orbigny, 1835) y *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) (Cephalopoda) durante 2016. *Bol Inst Mar Perú*. 34(1): 165-197.- El pulpo (*O. mimus*), el calamar común (*D. gahi*) y el calamar gigante (*D. gigas*) son importantes recursos comerciales, de ahí el interés por el seguimiento de sus hábitos alimentarios. La investigación se desarrolló entre febrero y diciembre de 2016; las zonas de estudio para pulpo y calamar común fueron las islas frente a la bahía del Callao e Ilo; para el calamar gigante fueron Paita, Camaná y entre Talara y Malabrigo. Las presas dominantes fueron diferenciadas con los métodos de frecuencia de ocurrencia (%FO), numérico (%N) y gravimétrico (%P); se analizaron las tendencias del índice de repleción (IR) por sexo, desarrollo gonadal y estación. En Callao, las presas dominantes del pulpo fueron *Petrolisthes desmarestii*, *Cycloxanthops sexdecimdentatus*, *Pilumnoides perlatus*, *Synalpheus spinifrons*; en Ilo *P. perlatus*, *Cheilodactylus variegatus*, *S. spinifrons*. El calamar común se alimentó principalmente de teleósteos, crustáceos Panopeidae y poliquetos Nereidae. El calamar gigante de la zona norte (Paita) consumió *Vinciguerrria lucetia*, cefalópodos indeterminados y múnida *Pleuroncodes monodon*; en el sur (Camaná) predominaron *P. monodon* y cefalópodos Chiroteuthidae; entre Talara y Malabrigo las presas dominantes fueron *Nyctiphanes simplex*, cefalópodos indeterminados y *Cetengraulis mysticetus*. Las tendencias del IR fueron variables en algunos casos, y se observó la influencia del evento El Niño 2015-2016 sobre el comportamiento alimentario.

PALABRAS CLAVE: cefalópodos, contenido gástrico, presas, espectro trófico

ABSTRACT

CISNEROS R. 2019. *Trophic ecology of Octopus mimus* Gould, 1852; *Doryteuthis gahi* (d'Orbigny, 1835) and *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) (Cephalopoda) in 2016. *Bol Inst Mar Peru*. 34(1): 165-197.- *Octopus* (*O. mimus*), common squid (*D. gahi*), and jumbo flying squid (*D. gigas*) are important commercial resources, hence the interest in monitoring their feeding habits by analyzing their stomach contents between February and December 2016. *Octopus* and Patagonian squid were fished in Callao Bay and Ilo, while the jumbo flying squid was caught in Paita, Camaná, and the area between Talara and Malabrigo. The dominant prey items were determined by the frequency of occurrence (%FO), numeric (%N) and gravimetric (%W) methods; besides fullness weight index (FWI) by sex, gonad and seasonal development. In octopus from Callao, the most important prey was *Petrolisthes desmarestii*, *Cycloxanthops sexdecimdentatus*, *Pilumnoides perlatus*, *Synalpheus spinifrons*; in Ilo *P. perlatus*, *Cheilodactylus variegatus*, and *S. spinifrons*. In Patagonian squid, the most important prey was indeterminate fish, crustacean Panopeidae, and polychaetes Nereidae. In jumbo flying squid from North (Paita), the most important prey were *Vinciguerrria lucetia*, indeterminate squids, *Pleuroncodes monodon*; in the south (Camaná) were *P. monodon*, Chiroteuthidae cephalopods, and between Talara and Malabrigo, the dominant prey were *Nyctiphanes simplex*, indeterminate squids, and *Cetengraulis mysticetus*. The FWI tendencies were variable in some cases; in addition, the influence of the El Niño 2015-2016 on the feeding behavior was observed.

KEYWORDS: cephalopods, gastric contents, prey, trophic spectrum

1. INTRODUCCIÓN

El número de especies de cefalópodos comerciales que se pescan en el mundo sigue aumentando de manera significativa, como resultado de la creciente demanda del mercado y la expansión hacia nuevas zonas de pesca, lo cual genera preocupación con relación a la sobreexplotación (JEREB et al. 2016). En nuestro medio los cefalópodos *Octopus mimus* (Gould,

1. INTRODUCTION

The number of commercial cephalopod species that are fished worldwide continues to significantly increase as a result of growing market demand and expansion into new fishing grounds, which raises concerns about overexploitation (JEREB et al. 2016). In our environment, the cephalopods *Octopus mimus* (Gould, 1852), *Doryteuthis gahi* (d'Orbigny,

¹ IMARPE, DGIRD, Área Funcional de Investigaciones en Peces Demersales, Bentónicos y Litorales, Laboratorio de Ecología trófica, rcisneros@imarpe.gob.pe

1852), *Doryteuthis gahi* (d'Orbigny, 1835) y *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) son recursos importantes de la pesquería artesanal.

El pulpo *O. mimus* se distribuye en el Pacífico sudeste, desde el norte de Perú a Valparaíso, Chile. *Habita profundidades que varían de 0 a 30 m en el intermareal rocoso* (ARKHIPKIN *et al.* 2013). *Las especies del género Octopus se alimentan principalmente de crustáceos y moluscos, así como de otros invertebrados y peces* (GRISLEY *et al.* 1996) y se les caracteriza como depredadores generalistas (HANLON y FORSYTHE 2008, LEITE *et al.* 2009, IBÁÑEZ *et al.* 2009, BOUTH *et al.* 2011).

Los calamares son los cefalópodos más abundantes, *que habitan desde aguas costeras (Loliginidae) hasta aguas profundas abisales (Mastigoteuthidae, Cranchiidae y otros)* (ARKHIPKIN *et al.* 2013). Como otros cefalópodos, desempeñan un papel importante en los ecosistemas marinos costeros de todo el mundo, representando un vínculo significativo en las redes alimentarias como consumidores de invertebrados, pequeños peces y otros calamares, así como presas de algunos peces, aves, mamíferos marinos y otros depredadores grandes (GASALLA *et al.* 2010, HASTIE *et al.* 2009, BOYLE y RODHOUSE 2005, QUETGLAS *et al.* 1999, RASERO *et al.* 1996). El conocimiento de las interacciones tróficas en calamares es básico para la comprensión de su función ecológica, en este sentido el análisis del contenido estomacal ha demostrado el importante papel que estos desempeñan como depredadores que ocupan altos niveles (QUETGLAS *et al.* 1999).

El calamar común Doryteuthis gahi se distribuye desde Perú en el Pacífico hasta Argentina y las Islas Malvinas en el Atlántico. Además, entre los loliginidos, es la especie de aguas más frías y uno de los recursos pesqueros comerciales más importantes en el Atlántico sudoccidental (ARKHIPKIN *et al.* 2013). *La dieta de esta especie ha sido poco estudiada; sin embargo, algunos análisis muestran que puede alimentarse de eufáusidos, además de sus congéneres* (ROSAS *et al.* 2014).

El calamar gigante *Dosidicus gigas* es el cefalópodo más grande y abundante que habita en el Pacífico este, se distribuye desde California (37°N) hasta el sur de Chile (47°S), observándose las zonas de mayor aglomeración frente a las costas de Perú y México. Son depredadores de gran variedad de especies, incluyendo congéneres y tienen

1835), and *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) are important resources of the artisanal fisheries.

The octopus *O. mimus* is distributed in the southeastern Pacific, from northern Peru to Valparaíso, Chile. *It inhabits depths ranging from 0 to 30 m in the rocky intertidal* (ARKHIPKIN *et al.* 2013). *Species of the genus Octopus feed mainly on crustaceans and mollusks, as well as other invertebrates and fish* (GRISLEY *et al.* 1996) and are characterized as generalist predators (HANLON & FORSYTHE 2008, LEITE *et al.* 2009, IBÁÑEZ *et al.* 2009, BOUTH *et al.* 2011).

Squids are the most abundant cephalopods, *which inhabit from coastal waters (Loliginidae) to deep abyssal waters (Mastigoteuthidae, Cranchiidae, among others)* (ARKHIPKIN *et al.* 2013). As well as other cephalopods, they play an important role in coastal marine ecosystems worldwide, being a significant link in food cycles as consumers of invertebrates, small fish, and other squids, as well as prey to some fish, birds, marine mammals, and other large predators (GASALLA *et al.* 2010, HASTIE *et al.* 2009, BOYLE & RODHOUSE 2005, QUETGLAS *et al.* 1999, RASERO *et al.* 1996). Knowledge about trophic interactions in squid is basic to the understanding of their ecological function, in this regard, the analysis of stomach contents has demonstrated the important role they play as predators that occupy high levels (QUETGLAS *et al.* 1999).

The common squid Doryteuthis gahi is distributed from Peru in the Pacific to Argentina and the Malvinas Islands (Falkland Islands) in the Atlantic. In addition, among the loliginids, it is the coldest water species and one of the most important commercial fishery resources in the southwest Atlantic (ARKHIPKIN *et al.* 2013). *The diet of this species has been little studied; however, some analyses show that it can feed on euphausiids as well as its congeners* (ROSAS *et al.* 2014).

The jumbo flying squid *Dosidicus gigas* is the largest and most abundant cephalopod inhabiting the eastern Pacific, which is distributed from California (37°N) to southern Chile (47°S) and its greatest agglomeration areas are located off the Peruvian and Mexican coasts. They are predators of a great variety of species, including congeners, and have

gran importancia en la estructura trófica de los ecosistemas que habitan (MARKAIDA y SOSA-NISHIZAKI 2003, ALEGRE *et al.* 2014, ARGÜELLES *et al.* 2012).

En aguas peruanas, los estudios referidos a la dieta de pulpo y calamar común son escasos, por ello en este informe se describe el efecto estacional, así como el sexo y estadio de madurez gonadal y su estrategia de forrajeo. Así mismo, aunque en Perú hay estudios sobre la alimentación del calamar gigante, este trabajo presenta datos de monitoreos efectuados en las zonas norte y sur, así como de cruceros de investigación, para mantener actualizado el conocimiento sobre este aspecto biológico específico.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

OBTENCIÓN DE MUESTRAS

Pulpo y calamar común

Los ejemplares de pulpo fueron obtenidos entre febrero y diciembre y los de calamar común entre febrero y noviembre, ambos en 2016, en el marco del programa de seguimiento de pesquería que realiza el Instituto del Mar del Perú.

En el Callao la captura del pulpo se realizó con embarcaciones pesqueras artesanales que operan en las islas frente a la bahía (Fig. 1), utilizando el buceo autónomo. En Ilo, en las zonas de Punta Coles, Escoria, Pocoma y Picata (abril 2016), se capturaron 81 ejemplares durante un monitoreo efectuado por el Laboratorio Costero de IMARPE en Ilo.

En total se analizaron 796 y 1151 contenidos gástricos de pulpo y calamar común, respectivamente.

Calamar gigante

Proyecto: Monitoreo biológico-pesquero del calamar gigante

En el marco del proyecto "Monitoreo biológico-pesquero del calamar gigante a bordo de la flota artesanal, en las principales áreas de extracción de la costa peruana", los Laboratorios Costeros de IMARPE de las Sedes Paita (213) y Camaná (50) efectuaron prospecciones en las localidades de Matarani, La Planchada, Yerba Buena, Vila Vila, Ilo, Pocoma, Punta Bombón, Punta Corio, Quilca y La Chira.

great importance in the trophic structure of the ecosystems that inhabit them (MARKAIDA & SOSA-NISHIZAKI 2003, ALEGRE *et al.* 2014, ARGÜELLES *et al.* 2012).

In Peruvian waters, dietary studies of octopus and squid are scarce, so this report describes the seasonal effect, as well as the sex and gonadal maturity stage and their foraging strategy. Likewise, although in Peru there are studies on the feeding of the jumbo flying squid, this work presents data from monitoring carried out in the north and south, as well as from research cruises, to keep updated the knowledge on this specific biological aspect.

2. MATERIAL AND METHODS

SAMPLE COLLECTION

Octopus and Common squid

Octopus' specimens were obtained between February and December, and common squid's specimens were collected between February and November, both in 2016, within the framework of the fishery monitoring program carried out by the Instituto del Mar del Perú (Alternative: Peruvian Marine Research Institute).

In Callao, the octopus was caught by artisanal fishing vessels that operate on the islands off the bay (Fig. 1), by means of scuba diving. In Ilo, in the areas of Punta Coles, Escoria, Pocoma, and Picata (April 2016), a total of 81 specimens were caught during monitoring carried out by the IMARPE's Coastal Laboratory of Ilo.

A total of 796 and 1151 gastric contents of octopus and common squid, respectively, were analyzed.

Jumbo flying squid

Project: Biological-Fisheries Monitoring of Jumbo Flying Squid

As part of the project "Biological-fisheries monitoring of jumbo flying squid on board the artisanal fleet, in the main extraction areas of the Peruvian coast", the IMARPE's Coastal Laboratories in Paita (213) and Camaná (50) conducted prospectings in the towns of Matarani, La Planchada, Yerba Buena, Vila Vila, Ilo, Pocoma, Punta Bombón, Punta Corio, Quilca, and La Chira.

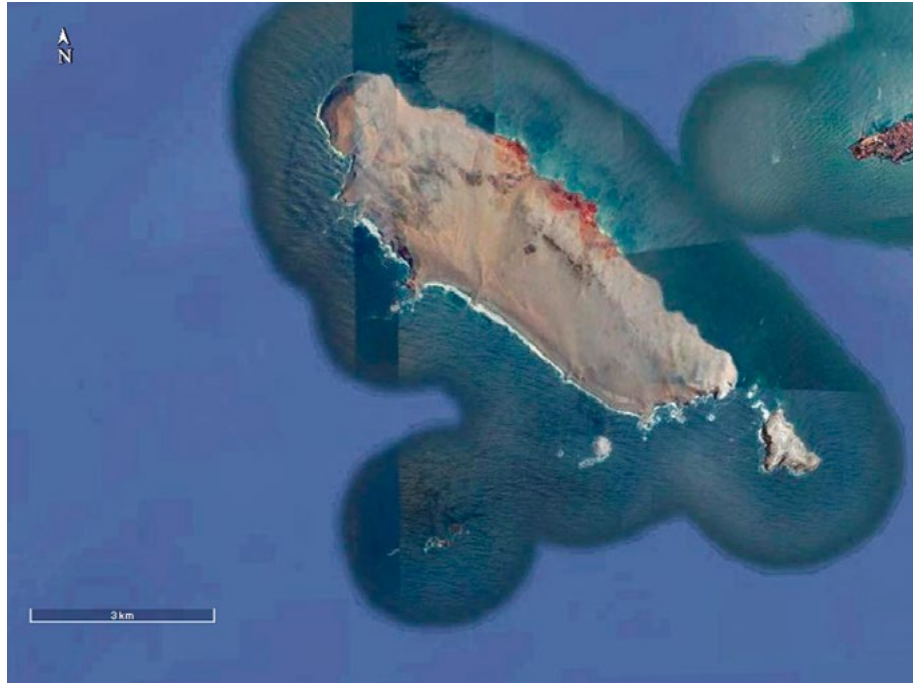


Figura 1.- Mapa de la bahía del Callao e islas en las cuales se realiza la captura comercial de *Octopus mimus* y *Doryteuthis gahi* (Fuente: Google Earth)

Figure 1. Map of the Callao Bay and islands on which the commercial extraction of *Octopus mimus* and *Doryteuthis gahi* takes place (Source: Google Earth)

Se realizaron cinco prospecciones en los meses de mayo (Prospección I), agosto (Prospección II) y diciembre (Prospección III). Se analizaron 263 estómagos, los que fueron rotulados, congelados y enviados a la Sede Central para su análisis.

Crucero de Evaluación de calamar gigante, BIC Flores 1606-07

Se capturaron ejemplares con pinta entre 5 y 100 mn de distancia a la costa entre Talara y Malabrigo (Fig. 2). Los estómagos de 143 ejemplares fueron rotulados y congelados para ser trasladados al Laboratorio de Ecología Trófica para su análisis respectivo.

Muestreo biométrico y biológico

En todos los casos se contaron con datos de los muestreos biométricos y biológicos, tales como longitud dorsal del manto (LM, mm), peso total (PT, g), sexo y estadio de madurez gonadal.

Para determinar la madurez gonadal en pulpo se empleó la escala de NACARINO (1997); en calamar común la escala determinada por BOYLE y NGOILE (1993) para *Loligo forbesi* y en calamar gigante la establecida por SÁNCHEZ (2011).

There were five prospecting in May (Prospecting I), August (Prospecting II) and December (Prospecting III). A total of 263 stomachs were analyzed, labeled, frozen and sent to Headquarters for analysis.

Jumbo Flying Squid Assessment Cruise R/V Flores 1606-07

Some specimens were caught with handlines between 5 and 100 nm from the coast between Talara and Malabrigo (Fig. 2). The stomachs of 143 specimens were labeled and frozen to be transferred to the Trophic Ecology Laboratory for their respective analysis.

Biometric and biological sampling

In all cases, biometric and biological sampling data were available, such as mantle dorsal length (ML, mm), total weight (TW, g), sex, and gonadal maturity stage.

We used the NACARINO'S scale (1997) to determine the gonadal maturity in octopus; in common squid, the scale determined by BOYLE & NGOILE (1993) for *Loligo forbesi* was used, and in jumbo flying squid, the one established by SÁNCHEZ (2011) was applied.

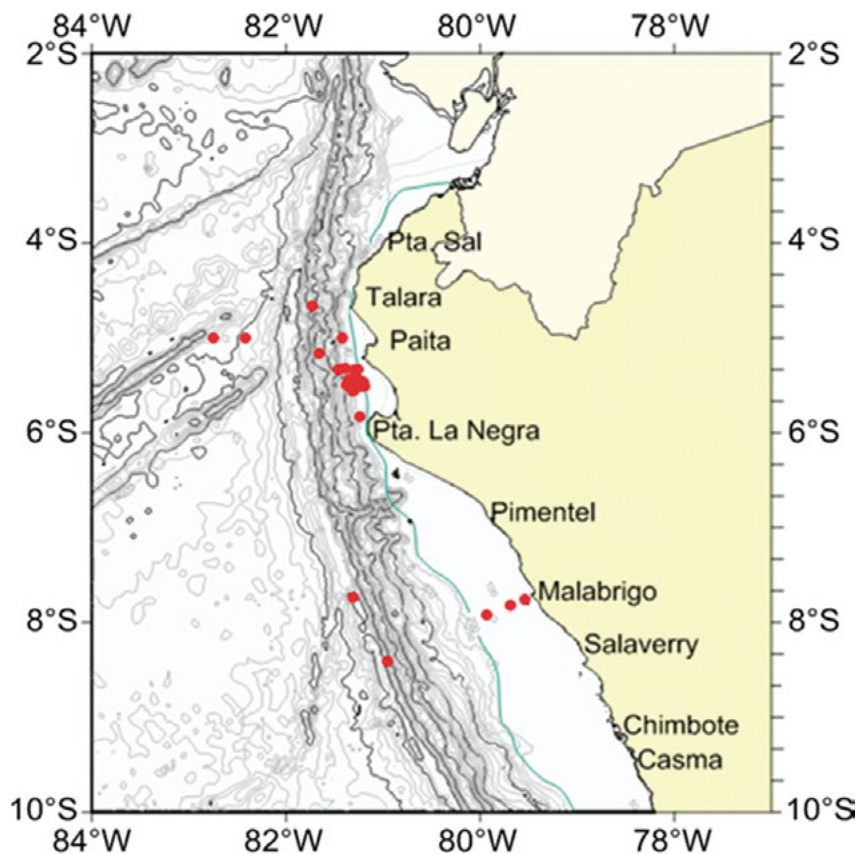


Figura 2.- Mapa con las áreas de captura de *D. gigas*, durante el crucero BIC Flores 1606-07 (Mapa proporcionado por el AFIIMM)

Figure 2. Map with the catch areas of *D. gigas*, during the cruise R/V Flores 1606-07 (Map provided by AFIIMM)

Tratamiento del contenido estomacal e identificación de presas

El contenido gástrico de cada estomago fue filtrado y lavado utilizando una malla de 500 μ . El peso húmedo de las presas fue registrado con una balanza electrónica con precisión al $\pm 0,01$ g.

Las presas fueron reconocidas al mínimo nivel taxonómico posible, utilizando literatura especializada para crustáceos (MÉNDEZ 1981), picos de cefalópodos (XAVIER y CHEREL 2009) y otolitos de peces (GARCÍA-GODOS 2001). Se tomó en cuenta la presencia de partes duras como exoesqueletos, apéndices, otolitos y mandíbulas, a partir de los cuales se llegó a reconocer las presas comparando con el material patrón disponible en el Laboratorio de Ecología Trófica del IMARPE. La materia orgánica no identificada (MONI) fue el alimento en estado de digestión avanzada, el cual no pudo agruparse con los ítems "presa determinados".

Treatment of stomach contents and identification of prey

The gastric contents of each stomach were filtered and washed using a 500 μ mesh. The wet weight of the prey was recorded with an electronic scale with an accuracy of ± 0.01 g.

The prey was recognized at the lowest possible taxonomic level, by using specialized literature for crustaceans (MÉNDEZ 1981), cephalopod beaks (XAVIER & CHEREL 2009), and fish otoliths (GARCÍA-GODOS 2001). The presence of hard parts such as exoskeletons, appendages, otoliths, and jaws was taken into account, from which the prey was recognized through comparison with the standard material available in the IMARPE's Trophic Ecology Laboratory. Non-identified organic matter (NIOM) was food in an advanced state of digestion, which could not be grouped with the "prey determined" items.

Composición trófica de la dieta

Para cuantificar la dieta se utilizaron los métodos de frecuencia de ocurrencia (%FO), numérico (%N) y gravimétrico (%P), de acuerdo a HYSLOP (1980).

La frecuencia de ocurrencia relativa (%FO) se calculó utilizando la siguiente expresión:

$$\%FO = E_i / E_T \times 100$$

Donde: E_i = Número de estómagos con la presa i ; E_T = Número total de estómagos con alimento.

El método numérico, expresado como el número de individuos por cada categoría alimenticia se calculó empleando la expresión:

$$N (\%) = N_i / N_p \times 100$$

Donde: N_i = Número total de representantes de la presa i ; N_p = Número total de individuos de todas las presas consumidas.

El nivel taxonómico de las presas fue condicionado por el grado de digestión y debido a esto en algunos casos no se pudo calcular el número de individuos por cada categoría alimenticia.

Se calculó el porcentaje del peso de cada categoría alimenticia frente al peso total de todos los ítems presa, de acuerdo a la siguiente relación:

$$\%P = P_i / P_T \times 100$$

Donde: P_i = Peso de todos los individuos de la presa i ; P_T = Peso de los individuos del total de las presas.

Se determinó el índice de repleción o llenura (IR) de acuerdo a la siguiente expresión:

$$IR = (PCE) * 100 / (PT - PCE)$$

Donde: PCE = Peso del contenido estomacal, PT = Peso total individual (MARKAIDA y SOSA-NISHIZAKI 2003).

Para ilustrar la composición de la dieta se utilizaron gráficos mostrando %N, %P y %FO y para graficar la distribución del IR se utilizó el diagrama de caja (*box-plot*).

Trophic composition of the diet

The methods used to quantify the diet were the frequency of occurrence (%FO), numerical (%N) and gravimetric (%P), based on HYSLOP (1980).

The relative frequency of occurrence (%FO) was calculated with the following formula:

$$\%FO = E_i / E_T \times 100$$

Where: E_i = Number of stomachs with prey i ; E_T = Total number of stomachs with food.

The numerical method, expressed as the number of individuals per food category, was calculated by using the formula:

$$N (\%) = N_i / N_p \times 100$$

Where: N_i = Total number of representatives of prey i ; N_p = Total number of individuals of all prey consumed.

The taxonomic level of the prey was conditioned by the degree of digestion and, in some cases, it was not possible to estimate the number of individuals per food category.

The percentage of the weight of each food category in relation to the total weight of all the prey items was calculated according to the following formula:

$$\%P = P_i / P_T \times 100$$

Where: P_i = Weight of all prey individuals i ; P_T = Total weight of prey individuals.

The fullness weight index (FWI) was determined according to the following formula:

$$FWI = (PCE) * 100 / (PT - PCE)$$

Where: PCE = Weight of stomach contents, PT = Individual total weight (MARKAIDA & SOSA-NISHIZAKI 2003).

For illustrating the composition of the diet, graphs showing %N, %P and %FO were used and for graphing the FWI distribution the box-plot diagram was employed.

Análisis estadístico

Los datos fueron agrupados por estaciones, sexos y estadios de madurez gonadal. La prueba no paramétrica U de Mann-Whitney fue empleada para determinar diferencias entre el IR de machos y hembras, en algunos casos. La prueba de Kruskal-Wallis se aplicó para evaluar diferencias entre IR estacional y por fases de madurez gonadal en machos y hembras. En ambas pruebas, el nivel de significación fue $\alpha = 0,05$. El análisis de los datos, las pruebas estadísticas y gráficos fueron realizados utilizando el programa SPSS v.21.

3. RESULTADOS

Pulpo, Callao

Se analizaron 796 contenidos gástricos, de los cuales 341 presentaron contenido estomacal (38% hembras, 62% machos). Las tallas de los ejemplares variaron entre 81 y 204 mm de longitud de manto (LM), peso total entre 189 y 2101 g.

Descripción general de la dieta.- La mayor parte del contenido estomacal se encontró triturado por acción de las mandíbulas, lo cual es común en cefalópodos; sin embargo, algunas estructuras duras de las presas no fueron muy afectadas y ayudó a la asignación taxonómica respectiva.

Se identificaron 47 ítems presa, pertenecientes a los grupos Decapoda, Polychaeta, Cephalopoda, Bivalvia, Gastropoda y Teleostei (Tabla 1). Los crustáceos Decapoda fueron las presas que destacaron en %FO, %P y %N (Fig. 3).

Statistical analysis

Data were grouped by seasons, sexes and gonadal maturity stages. The non-parametric Mann-Whitney U test was used to determine differences between the FWI of males and females, in some cases. The Kruskal-Wallis test was applied to assess the differences between seasonal FWI and gonadal maturity stages in males and females. In both tests, the significance level was $\alpha = 0.05$. Data analysis, statistical and graphical tests were performed by using SPSS v.21 software.

3. RESULTS

Octopus, Callao

A total of 796 gastric contents were analyzed, including 341 that presented stomach contents (38% females, 62% males). The sizes of the specimens varied between 81 and 204 mm in mantle length (ML); total weight was between 189 and 2,101 g.

Diet overview.- Most of the stomach contents were found crushed by the action of the jaws, which is common in cephalopods; however, some hard prey structures were not very affected and contributed to the respective taxonomic assignment.

A total of 47 prey items, belonging to the groups Decapoda, Polychaeta, Cephalopoda, Bivalvia, Gastropoda, and Teleostei were identified (Table 1). The Decapoda crustaceans were the prey that stood out in %FO, %P, and %N (Fig. 3).

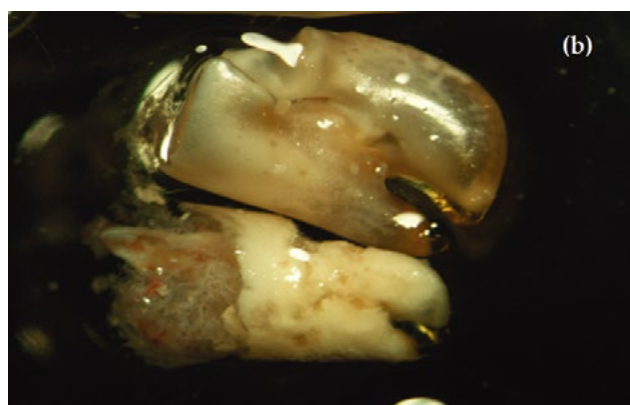


Figura 3.- Apéndices de los Decapoda (Alpheidae) *Alpheus chilensis* (a) y *Synalpheus spinifrons* (b) encontrados en el contenido gástrico de *O. mimus*. Callao, 2016

Figure 3. Appendages of the Decapoda (Alpheidae) *Alpheus chilensis* (a) and *Synalpheus spinifrons* (b) found in the gastric contents of *O. mimus*. Callao, 2016

En verano destacaron el cangrejo de roca *Petrolisthes desmarestii* (Guérin) (%FO= 53,75; %N= 26,79; %P= 35), el Xanthidae *Cycloxanthops sexdecimdentatus* (H. Milne Edwards y Lucas) (%FO= 41;25, %N= 35,27; %P= 15,64), el camarón pistolero *Synalpheus spinifrons* (H. Milne Edwards) (%FO= 22,50; %N= 12,50; %P= 9,14), entre otras presas.

En otoño las presas principales fueron *S. spinifrons* (%FO= 43,40; %N= 24,41; %P= 14,82), *P. desmarestii* (%FO= 31,13; %N= 16,63; %P= 11,54), *C. sexdecimdentatus* (%FO= 27,36; %N= 17,28; %P= 6,54), entre otros.

En invierno predominaron *C. sexdecimdentatus* (%FO= 20; %N= 9,38; %P= 8,39), *Eurypanopeus* sp. (%FO= 18,57; %N= 21,88; %P= 7,04) así como el bivalvo *Semele* sp., que aunque en menor abundancia, presentó un peso relativamente alto (%FO= 12,86; %N= 7,03; %P= 23), también se observó el cangrejo Alphidae (*Alpheus inca* Wicksten & Méndez) pero en menor proporción que en las otras estaciones.

En primavera, la dieta se caracterizó por la presencia del Xanthidae *Pilumnoides perlatus* (Poeppig) (%FO= 24,71; %N= 11,06; %P= 7,71) seguido de *P. desmarestii* (%FO= 12,94; %N= 5,53; %P= 6,64), entre otras presas que se presentaron con menor representatividad (Fig. 4).

In summer, the porcelain crab *Petrolisthes desmarestii* (Guérin) (%FO= 53.75, %N= 26.79, %P= 35), the Xanthidae *Cycloxanthops sexdecimdentatus* (H. Milne Edwards & Lucas) (%FO= 41.25, %N= 35.27, %P= 15.64), the snapping shrimp *Synalpheus spinifrons* (H. Milne Edwards) (%FO= 22.50; %N= 12.50, %P= 9.14), stood out among other prey.

In autumn, the main prey were *S. spinifrons* (%FO= 43.40, %N= 24.41, %P= 14.82), *P. desmarestii* (%FO= 31.13, %N= 16.63, %P= 11.54), *C. sexdecimdentatus* (%FO= 27.36, %N= 17.28, %P= 6.54), among others.

In winter, *C. sexdecimdentatus* (%FO= 20, %N= 9.38, %P= 8.39) and *Eurypanopeus* sp. (%FO= 18.57, %N= 21.88, %P= 7.04) predominated; as well as the bivalve *Semele* sp., that although in less abundance, presented a relatively high weight (%FO= 12.86, %N= 7.03, %P= 23), the crab Alphidae (*Alpheus inca* Wicksten & Méndez) was also observed but in less proportion than in the other seasons.

In spring, the diet was characterized by the presence of the Xanthidae *Pilumnoides perlatus* (Poeppig) (%FO= 24.71, %N= 11.06, %P= 7.71) followed by *P. desmarestii* (%FO= 12.94, %N= 5.53, %P= 6.64), among other prey that occurred with less representation (Fig. 4).

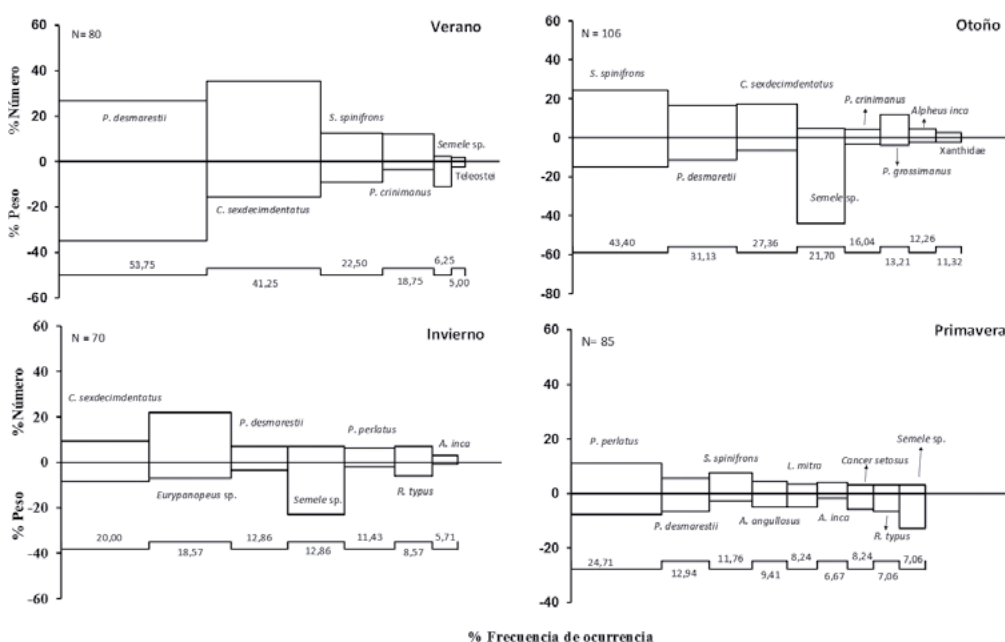


Figura 4.- Composición de la dieta de *O. mimus* según número (%N), peso (%P) y frecuencia de ocurrencia (%FO) según estaciones. Callao, 2016

Figure 4. Diet composition of *O. mimus* based on number (%N), weight (%P) and frequency of occurrence (%FO) by season. Callao, 2016

Tabla 1.- Composición en Peso (%P), Frecuencia de ocurrencia (%FO) y Número (%N) y por ítem-presa, en el contenido estomacal de *O. mimus*. Callao 2016Table 1. Composition in Weight (%P), Frequency of occurrence (%FO) and Number (%N) and by item-prey, in the stomach content of *O. mimus*. Callao 2016

Item presa	VERANO			OTOÑO			INVIERNO			PRIMAVERA		
	%FO	%N	%P	%FO	%N	%P	%FO	%N	%P	%FO	%N	%P
CRUSTACEA												
DECAPODA												
Decapoda n/i.	1,25	0,45	0,72	4,72	1,08	0,36	8,57	4,69	4,01	9,41	6,53	3,35
Porcellanidae												
<i>Petrolisthes desmarestii</i>	53,75	26,79	35,04	31,13	16,63	11,54	12,86	7,03	3,48	12,94	5,53	6,64
<i>Pachycheles crinimanus</i>	18,75	12,05	3,58	16,04	4,32	3,35	4,29	3,91	0,67	3,53	1,51	0,70
<i>Liopetrolisthes mitra</i>	1,25	0,45	0,47				1,43	0,78	0,42	8,24	3,52	5,04
<i>Allopetrolisthes angulosus</i>	1,25	0,45	0,55				4,29	10,16	5,44	9,41	4,52	4,99
<i>Allopetrolisthes punctatus</i>										2,35	1,01	1,42
<i>Allopetrolisthes sp.</i>										1,18	0,50	0,05
<i>Pachycheles grossimanus</i>				13,21	11,88	3,79						
<i>Petrolisthes granulatus</i>				0,94	0,22	0,19						
Porcellanidae n/i										1,18	0,50	0,12
Xanthidae												
<i>Cycloxanthops sexdecimdentatus</i>	41,25	35,27	15,64	27,36	17,28	6,54	20,00	9,38	8,39	4,71	2,01	0,70
<i>Paraxanthus barbiger</i>				4,72	1,94	1,19				2,35	1,01	1,12
Xanthidae n/i.	3,75	1,34	0,41	11,32	2,59	2,22				12,94	5,53	2,72
Panopeidae												
<i>Eurypanopeus sp.</i>				3,77	1,73	0,48	18,57	21,88	7,04			
Pilumnoididae												
<i>Pilumnoides perlatus</i>				5,66	1,94	0,75	11,43	6,25	2,16	24,71	11,06	7,71
Cancriidae												
Cancriidae n/i							1,43	0,78	0,23	1,18	0,50	0,80
<i>Romaleon setosum</i>										7,06	3,02	5,85
Alpheidae												
<i>Synalpheus spinifrons</i>	22,50	12,50	9,14	43,40	24,41	14,82	4,29	2,34	0,49	11,76	7,54	2,79
<i>Alpheus inca</i>	2,50	0,89	0,23	12,26	4,54	2,06	5,71	3,13	0,86	8,24	4,02	1,76
<i>Alpheus chilensis</i>				6,60	2,38	0,72				2,35	2,51	1,00
<i>Athanas nitescens</i>										2,35	2,01	1,46
Alpheidae n/i							2,86	0,78	3,38	1,18	0,50	5,50
Rhynchocinetidae												
<i>Rhynchocinetes typus</i>	2,50	0,89	1,45	0,94	0,22	0,19	8,57	7,03	6,00	7,06	3,02	6,60
Paguridae												
<i>Pagurus edwardsii</i>	2,50	0,89	0,18	3,77	0,86	0,31	4,29	2,34	0,46	2,35	1,01	0,25
<i>Pagurus perlatus</i>	1,25	0,45	0,18				1,43	0,78	1,50	2,35	3,02	0,87
<i>Pagurus villosus</i>							1,43	0,78	7,37			
Paguridae n/i	2,50	0,89	1,12									
Diogenidae												
<i>Pagurus arcuatus</i>							1,43	0,78	0,77			
Sergestidae												
Sergestidae n/i							1,43	2,34	3,81			
Huevos de decapoda	1,25	0,45	10,18							3,53	0,00	6,95
POLYCHAETA												
Nereidae				0,943	0,22	0,027						
MOLLUSCA												
BIVALVIA												
Bivalvia n/i				0,94	0,22	0,46	2,86	1,56	2,20	1,18	0,50	0,05
Semelidae												
<i>Semele sp.</i>	6,25	2,23	10,99	21,70	4,97	44,02	12,86	7,03	23,00	7,06	3,02	12,80
Pectinidae												
<i>Argopecten purpuratus</i>							1,43	0,78	9,11			
Mytilidae												
Mytilidae n/i										7,06	22,61	0,24
GASTROPODA												
Gastropoda n/i							2,86	1,56	2,60	1,18	0,00	4,37
Muricidae												
<i>Thaisella chocolata</i>	1,25	0,45	3,67	1,89	0,43	4,72						
Trochidae												
Trochidae n/i							1,43	0,78	0,09			
CEPHALOPODA												
Cephalopoda n/i	1,25	0,89	1,27	1,89	0,43	0,66	1,43	0,78	0,19	1,18	0,50	3,86
Huevos de Cephalopoda										1,18	0,00	0,04
Octopodidae												
<i>Octopus mimus</i>	1,25	0,45	2,31	1,89	0,43	0,58	4,29	2,34	6,32	2,35	1,01	6,28
ACTINOPTERYGII												
TELEOSTEI												
Teleostei n/i	5,00	1,79	2,29	1,89	0,43	0,62				2,35	1,01	2,18
Engraulidae												
<i>Anchoa nasus</i>				0,94	0,22	0,27						
<i>Engraulis ringens</i>				0,94	0,22	0,04						
Huevos de Engraulidae	1,25	0,45	0,58									
Serranidae												
<i>Paralabrax humeralis</i>										2,35	1,01	0,87
MONI (mat. org. no id.)				1,887	0,43	0,069				2,35	0,00	0,92

Índice de repleción por sexos, estadios de madurez gonadal y estación.- Se muestra la distribución del IR (*box-plot*) para los diferentes estadios de desarrollo gonadal en machos (I inmaduro, II madurez, III desovante, IV desovado) y hembras (I inmaduro, II en desarrollo, III madurante, IV madurez). En las hembras los valores promedio de IR variaron entre $0,12 \pm 0,09$ (maduras) y $0,21 \pm 0,22$ (inmaduras) en machos entre $0,1 \pm 0,07$ (inmaduro) y $0,29 \pm 0,42$ (maduros) (Tabla 2, Fig. 5).

De acuerdo al análisis estadístico no hubo diferencias en el IR en las hembras (Kruskal-Wallis, chi-cuadrado= 2,98, p= 0,40) y machos (Kruskal-Wallis, chi-cuadrado= 1,70, p= 0,64), según estadios de madurez gonadal.

El IR promedio estacional varió entre $0,20 \pm 0,29$ (verano) y $0,24 \pm 0,38$ (invierno). Estadísticamente no hubo diferencias en el IR por estaciones (Kruskal-Wallis-test, chi-cuadrado= 0,011, p= 1,00) (Fig. 6).

Fullness weight index by sexes, gonadal maturity stages, and season.- The distribution of the FWI (*box-plot*) is shown for the different gonadal development stages in males (I immature, II mature, III spawning, IV spawned) and females (I immature, II in development, III maturing, IV mature). In females, the mean FWI values ranged from 0.12 ± 0.09 (mature) to 0.21 ± 0.22 (immature); in males, it ranged from 0.1 ± 0.07 (immature) to 0.29 ± 0.42 (mature) (Table 2, Fig. 5).

According to the statistical analysis, there were no differences in FWI in females (Kruskal-Wallis, chi-square = 2.98, p= 0.40) and males (Kruskal-Wallis, chi-square = 1.70, p= 0.64), based on gonadal maturity stages.

The mean seasonal FWI ranged from 0.20 ± 0.29 (summer) to 0.24 ± 0.38 (winter). Statistically, there were no differences in FWI by season (Kruskal-Wallis-test, chi-square = 0.011, p= 1.00) (Fig. 6).

Tabla 2.- Índice de repleción (M±DS; N) en machos y hembras de *O. mimus*, según estadios de madurez gonadal. Callao, 2016

Table 2. Fullness weight index (M±DS; N) in males and females of *O. mimus*, based on gonadal maturity stages. Callao, 2016

Madurez Maturity	IR Hembras/FWI Females			IR Machos/FWI Males		
	Media/ Mean	DS	N	Media/ Mean	DS	N
I	0,2131	0,2209	46	0,1009	0,06511	4
II	0,1849	0,24197	86	0,2859	0,4188	27
III	0,1424	0,14407	17	0,2584	0,39695	118
IV	0,1149	0,09251	7	0,2027	0,23077	54

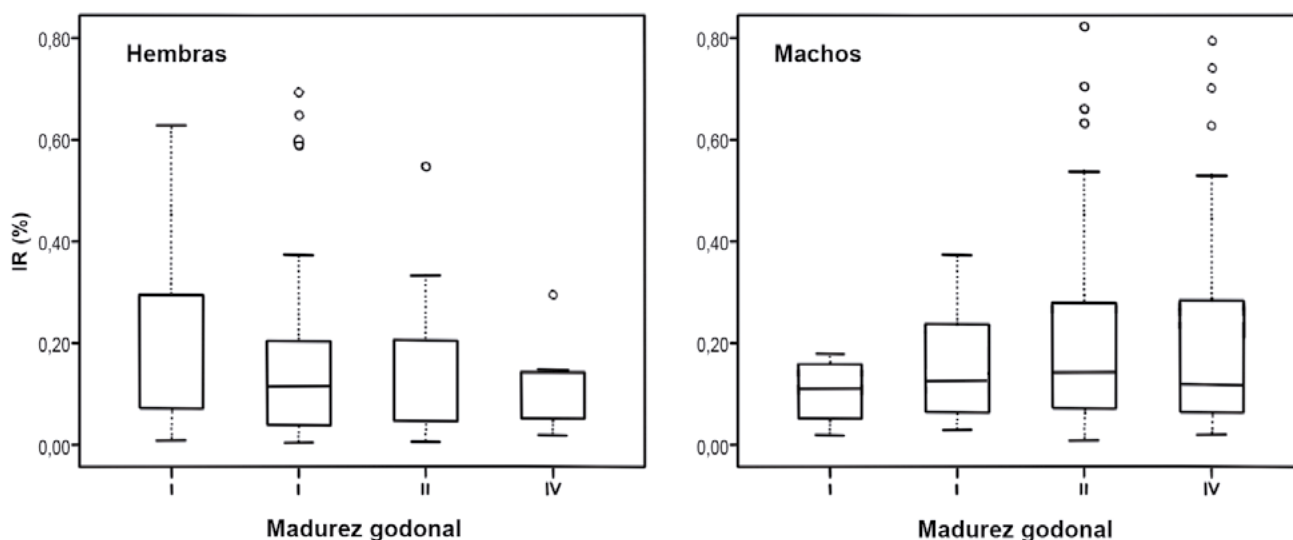


Figura 5.- *Box-plot* del índice de repleción (IR) de *O. mimus* (hembras y machos) según estadios de madurez gonadal. Callao, 2016

Figure 5. *Box-plot* of the Fullness Weight Index (FWI) of *O. mimus* (females and males) based on gonadal maturity stages. Callao, 2016

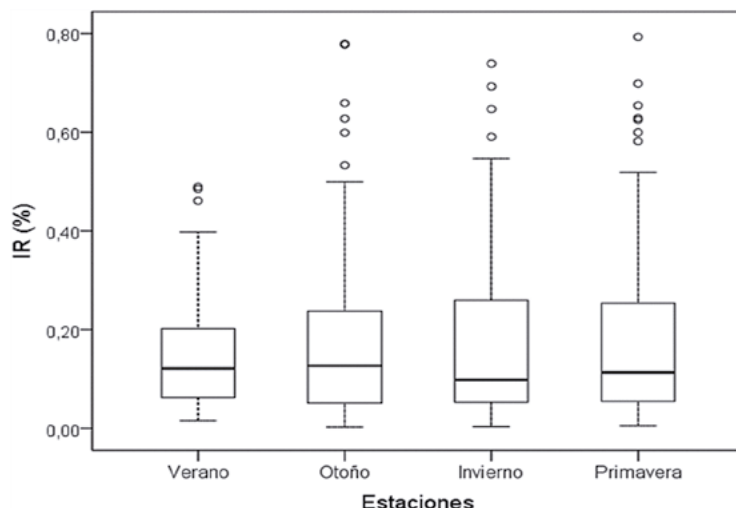


Figura 6.- Índice de repleción (IR) de *O. mimus* según estaciones. Callao, 2016

Figure 6. Fullness Weight Index (FWI) of *O. mimus* by season. Callao, 2016

Tabla 3.- Estómagos analizados. Media ± DS de LM (mm) y Peso (g) de *O. mimus*. Ilo. Abril 2016

Table 3. Stomach analyzed. Mean± DS of ML (mm) and weight (g) of *O. mimus*. Ilo, April 2016

	Total	Hembras/Females	Machos/Males
Nº estómagos	81 (50)	45 (27)	36 (23)
LM (mm)	119,42 ± 22,89 (83 - 198)	120,33 ± 24,72 (84 - 198)	118,28 ± 20,66 (83 - 165)
Peso (g)	1090.66 ± 561,74 (293 - 2469)	1062,88 ± 557,72 (293 - 2399)	1125,39 ± 572,70 (342 - 2469)

El número de estómagos llenos, rangos de longitud y peso son mostrados entre paréntesis
The number of full stomachs, length and weight ranges are shown in parentheses

Pulpo de Ilo

De los 81 contenidos gástricos analizados, el 56% correspondió a hembras y 44% a machos, de los cuales 50 tenían contenido estomacal. El tamaño de muestra por sexos, la amplitud de talla y peso corporal por sexos son resumidos en la Tabla 3.

Descripción general de la dieta.- El contenido estomacal se encontró en estado similar al de *O. mimus* de Callao, sin embargo, la presencia de algunas estructuras duras de las presas, permitieron la asignación taxonómica respectiva. Se reconocieron 28 ítems-presa pertenecientes a los grupos Cephalopoda, Gastropoda, Crustacea y Teleostei (Tabla 4); los crustáceos fueron los que destacaron en %FO, %P y %N.

Entre las presas determinadas sobresalieron el Xanthidae *P. perlatus* (%FO= 28; %P= 10,56; %N= 14,74), la pintadilla *Cheilodactylus variegatus* Valenciennes (%FO= 22; %P= 14,50; %N= 5,79), el camarón pistolero *S. spinifrons* (%FO=20; %P=8,24; %N=5,26) (Tabla 4).

Octopus in Ilo

Out of 81 gastric contents analyzed, 56% corresponded to females and 44% to males. Only 50 of them had stomach contents. Sample size by sex, the amplitude of length and body weight by sex are summarized in Table 3.

Diet overview.- The stomach content was found in a state similar to that of *O. mimus* in Callao, however, the presence of some hard structures of the prey, made possible the respective taxonomic assignment. A total of 28 prey items belonging to the groups Cephalopoda, Gastropoda, Crustacea, and Teleostei were recognized (Table 4); the crustaceans were the ones that stood out in %FO, %P, and %N.

Among the determined prey the Xanthidae *P. perlatus* (%FO= 28, %P= 10.56, %N= 14.74), the Peruvian morwong *Cheilodactylus variegatus* Valenciennes (%FO= 22, %P= 14.50, %N= 5.79), and the snapping shrimp *S. spinifrons* (%FO=20, %P=8.24, %N=5.26) stood out (Table 4).

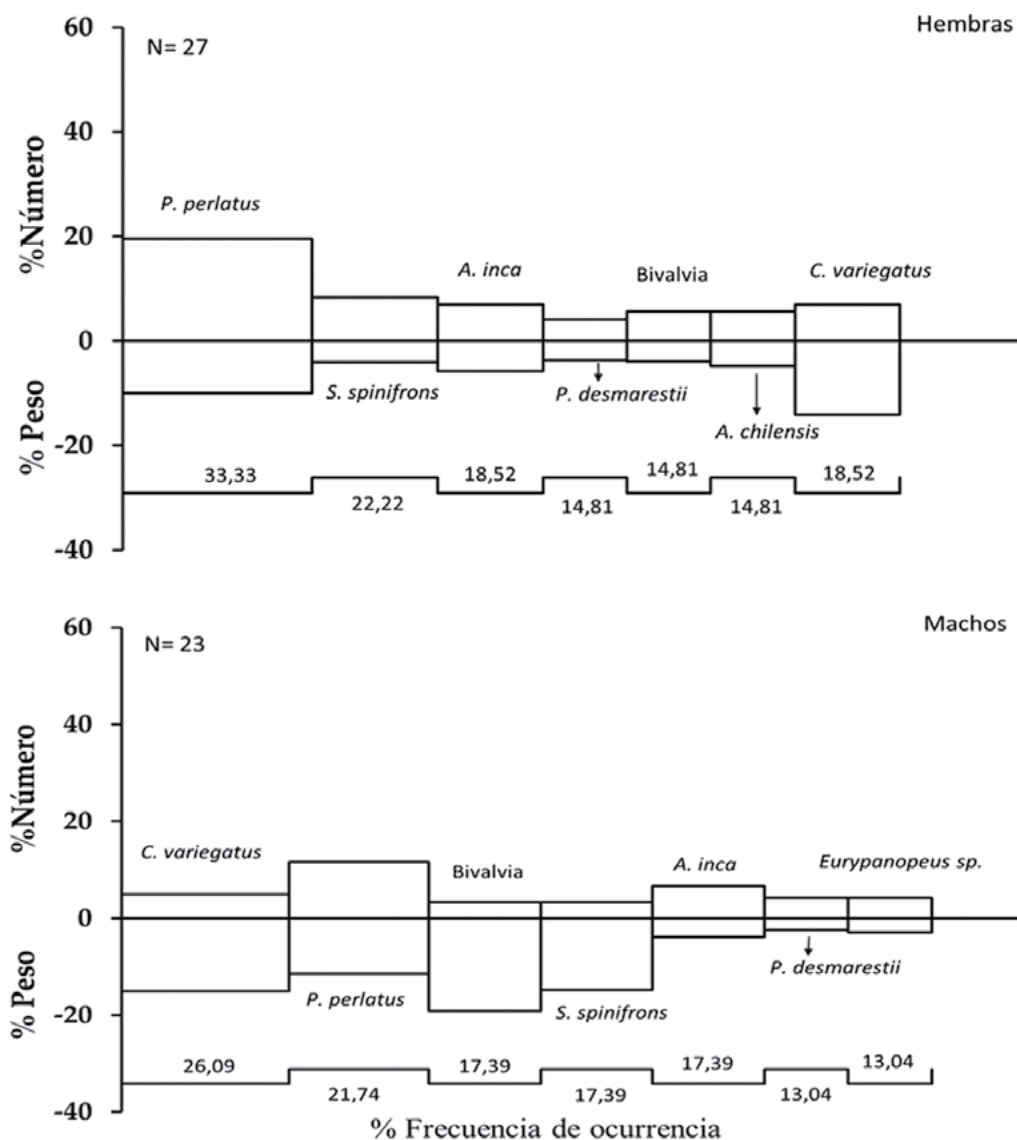


Figura 7.- Composición de la dieta de *O. mimus*, según número (%N), peso (%P) y frecuencia de ocurrencia (%FO) por sexos. Ilo, abril 2016

Figure 7. Diet composition of *O. mimus*, by number (%N), weight (%P) and frequency of occurrence (%FO) by sexes. Ilo, April 2016

Se muestra la composición de las principales presas consumidas por machos y hembras en términos de %FO, %N y %P (Fig. 7). En hembras sobresalieron las especies *P. perlatus* y *S. spinifrons*, entre otras presas; mientras que en machos fueron la pintadilla *C. variegatus*, *P. perlatus*, bivalvos indeterminados, entre otros.

Calamar común *Doryteuthis gahi*

De los 1151 contenidos gástricos analizados (13% hembras y 87% machos), 309 presentaron contenido. Las tallas de los ejemplares variaron entre 85 y 315 mm LM; peso total entre 16 y 256 g.

The composition of the main prey, which was consumed by males and females, is shown in terms of %FO, %N, and %P (Fig. 7). In females, the species *P. perlatus* and *S. spinifrons*, stood out, among other prey; while in males, the Peruvian morwong *C. variegatus*, *P. perlatus*, and indeterminate bivalves stood out, among others.

Common squid

Out of 1151 gastric contents analyzed (13% females and 87% males). Only 309 of them had stomach contents. The sizes of the specimens varied between 85 and 315 mm ML, total weight was between 16 and 256 g.

Tabla 4.- Peso (%P), Frecuencia de ocurrencia (%FO) y Número (%N) por ítem-presa, en el contenido estomacal de *O. mimus*. Ilo, abril 2016Table 4. Weight (%P), Frequency of occurrence (%FO) and Number (%N) per prey item, in the stomach content of *O. mimus*. Ilo, April 2016

Item presa	%P	%FO	%N
CRUSTACEA			
DECAPODA			
Decapoda n.i.	0,79	4,00	1,05
Porcellanidae			
Porcellanidae n.i.	1,23	2,00	0,53
<i>Petrolisthes desmarestii</i>	3,22	14,00	4,21
<i>Liopetrolisthes mitra</i>	2,19	10,00	3,16
<i>Allopetrolisthes angulosus</i>	1,79	8,00	4,74
<i>Allopetrolisthes</i> sp.	0,60	2,00	1,05
<i>Allopetrolisthes punctatus</i>	0,29	2,00	0,53
<i>Pachycheles grossimanus</i>	1,58	4,00	1,05
Xanthidae			
Xanthidae n.i.	3,00	14,00	3,68
<i>Paraxanthus barbiger</i>	1,71	2,00	0,53
Pilumnoididae			
<i>Pilumnoides perlatus</i>	10,56	28,00	14,74
<i>Pilumnoides rotundus</i>	1,54	2,00	0,53
Panopeidae			
<i>Eurypanopeus</i> sp.	1,14	6,00	2,63
<i>Panopeus chilensis</i>	3,43	2,00	13,68
Cancridae			
<i>Romaleon setosum</i>	2,17	6,00	1,58
Alpheidae			
Alpheidae n.i.	6,59	2,00	0,53
<i>Synalpheus spinifrons</i>	8,24	20,00	5,26
<i>Alpheus inca</i>	5,08	18,00	6,84
<i>Alpheus chilensis</i>	3,29	10,00	4,74
Calappidae			
Calappidae n.i.	1,14	2,00	12,63
STOMATOPODA			
Stomatopoda n.i.	0,06	2,00	0,53
Squillidae			
<i>Squilla</i>	1,34	6,00	1,58
Parasquillidae			
<i>Pseudosquillaopsis lessonii</i>	0,44	2,00	1,05
MALACOSTRACA			
AMPHIPODA			
Amphipoda n.i.	0,08	2,00	0,53
MOLLUSCA			
CEPHALOPODA			
Cephalopoda n.i.	13,98	2,00	0,53
BIVALVIA			
Bivalvia n.i.	9,92	16,00	4,21
GASTROPODA			
Naticidae			
Naticidae n.i.	0,10	4,00	2,11
ACTINOPTERYGII			
TELEOSTEI			
Cheilodactylidae			
<i>Cheilodactylus variegatus</i>	14,50	22,00	5,79

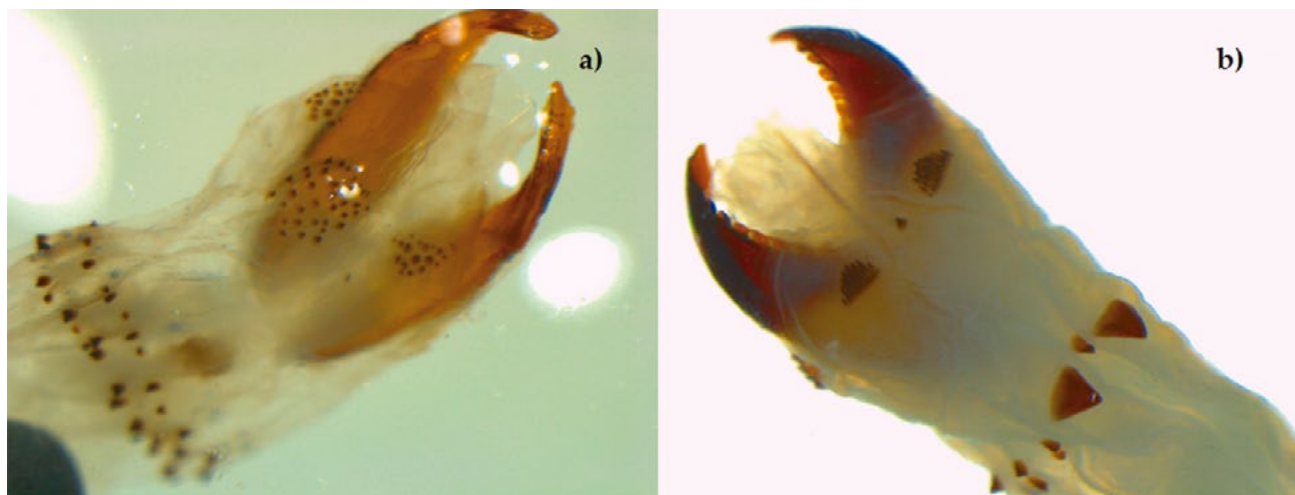


Figura 8.- Poliquetos *Nereis callaona* (a) y *Pseudonereis gallapagensis* (b) encontrados en el contenido gástrico de *D. gahi*. Callao, 2016
 Figure 8. Polychaetes *Nereis callaona* (a) and *Pseudonereis gallapagensis* (b) found in the gastric contents of *D. gahi*. Callao, 2016

Descripción general de la dieta.- El contenido estomacal se halló en estado avanzado de digestión. Se reconocieron 20 ítem-presas, pertenecientes a los grupos Isopoda, Amphipoda, Pycnogonidae, Polychaeta, Decapoda, Cephalopoda, Gastropoda y Teleostei que fueron dominantes en términos de %FO, %N y %P (Tabla 5).

La composición de las presas en la dieta presentó variaciones estacionales, con similitud de presas en verano-otoño con respecto a invierno-primavera (Fig. 9). Entre las presas destacaron en verano, el lenguado *Hippoglossina macrops* Steindachner (%FO= 38,89; %N= 26,42; %P= 40,16), decápodos de la familia Panopeidae (%FO= 34,72; %N= 48,11; %P= 31,68), poliquetos de la familia Nereidae (%FO= 13,89; %N= 9,43; %P= 15,36) entre otras presas; en otoño fueron Panopeidae (%FO= 26,26; %N= 44,27; %P= 14,57), Teleostei indeterminados (%FO= 23,23; %N= 17,56; %P= 21,98), el isópodo *Excirolana* sp. (%FO= 11,11; %N= 8,40; %P= 18,88), *H. macrops* (%FO= 8,08; %N= 7,25; %P= 15,20) entre otros; en invierno sobresalieron Teleostei indeterminados (%FO= 29,03; %N= 18,37; %P= 45,09), los poliquetos *Nereis callaona peroniensis* Kott (%FO= 8,06; %N= 31,63; %P= 16,39) y *Pseudonereis gallapagensis* Kinberg (%FO= 11,29; %N= 15,31; %P= 7,41) (Fig. 8), entre otros; en primavera, la dieta se caracterizó por la presencia de Teleostei indeterminado (%FO= 51,14; %N= 18,46; %P= 39,04), seguido de *P. gallapagensis* (%FO= 28,57; %N= 70,77; %P= 21,96), entre otras presas que se presentaron en menor proporción (Tabla 5, Fig. 9).

Diet overview.- Stomach contents were found to be in an advanced stage of digestion. A total of 20 items belonging to the groups Isopoda, Amphipoda, Pycnogonidae, Polychaeta, Decapoda, Cephalopoda, Gastropoda, and Teleostei were recognized as dominant in terms of %FO, %N, and %P (Table 5).

The prey composition in the diet showed seasonal variations, with similarity of prey in summer-autumn in comparison to winter-spring (Fig. 9). Among the prey in summer, the bigeye flounder *Hippoglossina macrops* Steindachner (%FO= 38.89, %N= 26.42, %P= 40.16), decapods of the family Panopeidae (%FO= 34.72, %N= 48.11, %P= 31.68), polychaetes of the family Nereidae (%FO= 13.89, %N= 9.43, %P= 15.36) stood out, among other prey; in autumn, Panopeidae (%FO= 26.26, %N= 44.27, %P= 14.57), indeterminate Teleostei (%FO= 23.23, %N= 17.56, %P= 21.98), the isopod *Excirolana* sp. (%FO= 11.11, %N= 8.40, %P= 18.88), *H. macrops* (%FO= 8.08, %N= 7.25, %P= 15.20) among others; in winter, indeterminate Teleostei (%FO= 29.03, %N= 18.37, %P= 45.09), the polychaetes *Nereis callaona peroniensis* Kott (%FO= 8.06, %N= 31.63, %P= 16.39), and *Pseudonereis gallapagensis* Kinberg (%FO= 11.29, %N= 15.31, %P= 7.41) (Fig. 8) stood out, among others; in spring, the diet was characterized by the presence of indeterminate Teleostei (%FO= 51.14, %N= 18.46, %P= 39.04), followed by *P. gallapagensis* (%FO= 28.57, %N= 70.77, %P= 21.96), among other prey that were present in smaller proportion (Table 5, Fig. 9).

Tabla 5.- Composición en Peso (%P), Frecuencia de ocurrencia (%FO) y Número (%N) por ítem-presa, en el contenido estomacal de *D. gahi*. Callao, 2016Table 5. Composition in Weight (%P), Frequency of occurrence (%FO) and Number (%N) per item-prey, in the stomach content of *D. gahi*. Callao, 2016

Item presa	VERANO			OTOÑO			INVIERNO			PRIMAVERA		
	%FO	%N	%P	%FO	%N	%P	%FO	%N	%P	%FO	%N	%P
CRUSTACEA												
ISOPODA												
Isopoda n/i							3,23	2,04	1,04			
Cirolanidae												
<i>Excirrolana</i> sp.				11,11	8,43	18,90	4,84	3,06	1,57			
Cymothoidae												
<i>Cymothoa</i> sp.				0,51	0,38	0,18						
AMPHIPODA												
Amphipoda n/i							4,84	3,06	1,88			
DECAPODA												
Decapoda n/i				1,01	0,77	0,65	4,84	10,20	1,46			
Panopeidae												
Panopeidae n/i	34,72	48,11	31,68	26,26	44,44	14,58	6,45	11,22	6,16			
Porcelanidae												
<i>Pachycheles crinimanus</i>	4,17	2,83	2,41									
Munididae												
<i>Pleuroncodes monodon</i>				3,03	2,30	1,81						
Paguridae												
Paguridae n/i				1,52	1,15	6,23						
MOLLUSCA												
CEPHALOPODA												
Loliginidae												
<i>Doryteuthis gahi</i>	1,39	0,94	0,69	3,03	2,30	14,91	4,84	3,06	15,24	4,76	1,54	27,27
GASTROPODA												
Naticidae												
Indeterminado				0,51	0,38	0,01						
PYCNOGONIDA												
Pycnogonidae												
Indeterminado				2,53	1,92	0,72						
POLYCHAETA												
Nereidae												
<i>Pseudonereis gallapagensis</i>				2,53	4,21	1,42	11,29	15,31	7,41	28,57	70,77	21,96
<i>Nereis callaona</i>				1,01	0,77	0,29	8,06	31,63	16,39	9,52	4,62	3,35
Nereidae n/i	13,89	9,43	15,36	2,53	1,92	0,73				4,76	1,54	2,63
ACTINOPTERYGII												
TELEOSTEI												
Huevos de Teleostei							1,61	1,02	1,88	4,76	1,54	0,24
Teleostei n/i	8,33	5,66	1,43	23,23	17,62	21,99	29,03	18,37	45,09	57,14	18,46	39,04
Paralichthyidae												
<i>Hippoglossina macrops</i>	38,89	26,42	40,16	9,60	7,28	15,21						
Engraulidae												
Engraulidae n/i	9,72	6,60	8,27	8,08	6,13	2,37	1,61	1,02	1,88			
MONI										4,76	1,54	5,50

Tabla 6.- Índice de repleción (M±DS) en machos y hembras de *D. gahi*, según estadios de madurez gonadal. Callao, 2016Table 6. Fullness weight index (M±DS) in males and females of *D. gahi*, as per gonadal maturity stages. Callao, 2016

Madurez	Hembras/Females			Machos/Males		
	Media	DS	N	Media	DS	N
Matutity	Mean			Mean		
III				0,3967	0,212	3
III	0,2316	0,12149	4	0,0575	0,03537	15
IV	0,2869	0,39908	13	0,101	0,23503	94
V	0,4758	0,75722	11	0,1235	0,19152	169

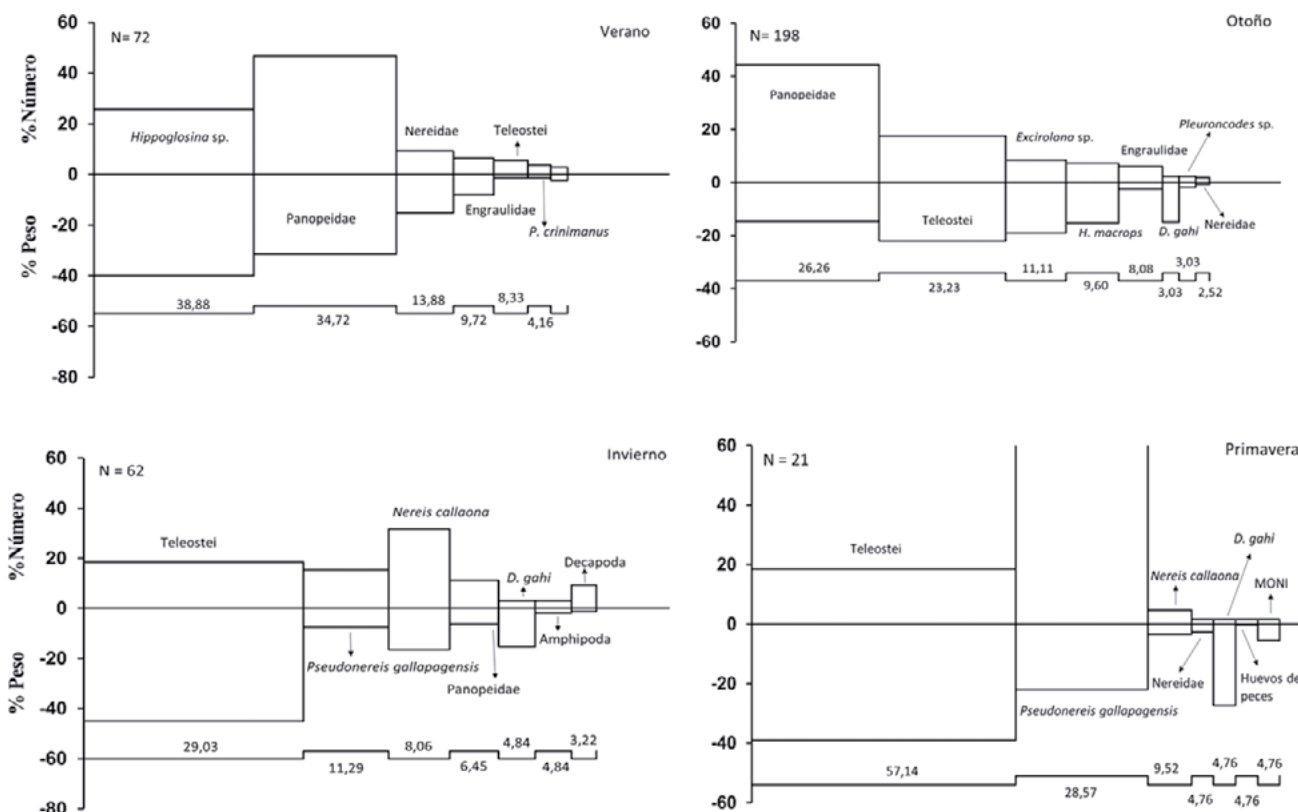


Figura 9.- Composición de la dieta de *D. gahi* según estaciones en términos de número (%N), peso (%P) y frecuencia de ocurrencia (%FO). Callao, 2016

Figure 9. Diet composition of *D. gahi* according to seasons in terms of number (%N), weight (%P) and frequency of occurrence (%FO). Callao, 2016

Índice de repleción por sexo, estadios de madurez gonadal y estación.- Las hembras presentaron mayor IR ($0,35 \pm 0,54$) que los machos ($0,12 \pm 0,20$) (Mann-Whitney U-test, $p=0,00001$) (Fig. 10).

Fullness weight index by sex, gonadal maturity stages, and season.- Females had a higher FWI (0.35 ± 0.54) than males (0.12 ± 0.20) (Mann-Whitney U-test, $p=0.00001$) (Fig. 10).

El IR por estadios de madurez gonadal en hembras varió entre $0,23 \pm 0,12$ (madurante) y $0,48 \pm 0,76$ (madurez total), y en machos de $0,05 \pm 0,04$ (madurante) a $0,40 \pm 0,21$ (en maduración) (Tabla 6, Fig. 11). El análisis estadístico evidenció que no hubo diferencias entre los estadios determinados en hembras (Kruskal-Wallis-test, $\chi^2=1,38$, $p=0,5$); sin embargo, sí hubo diferencias en machos (Kruskal-Wallis test, $\chi^2=13,77$, $p=0,003$).

The FWI by gonadal maturity stages in females ranged from 0.23 ± 0.12 (maturing) to 0.48 ± 0.76 (total maturity), and in males from 0.05 ± 0.04 (maturing) to 0.40 ± 0.21 (at maturation) (Table 6, Fig. 11). The statistical analysis showed that there were no differences between the stages determined in females (Kruskal-Wallis-test, $\chi^2=1.38$, $p=0.5$); however, there were differences in males (Kruskal-Wallis test, $\chi^2=13.77$, $p=0.003$).

Los valores del IR variaron entre $0,098 \pm 0,15$ (verano) y $0,34 \pm 0,40$ (primavera). En general, el IR en verano-otoño fue menor con respecto al invierno-primavera, observándose diferencias estadísticas (Kruskal-Wallis test, $\chi^2=38,54$, $p=0,0001$) (Fig. 12).

The FWI values ranged from 0.098 ± 0.15 (summer) to 0.34 ± 0.40 (spring). Overall, the FWI in summer-autumn was lower than in winter-spring, with statistical differences (Kruskal-Wallis test, $\chi^2=38.54$, $p=0.0001$) (Fig. 12).

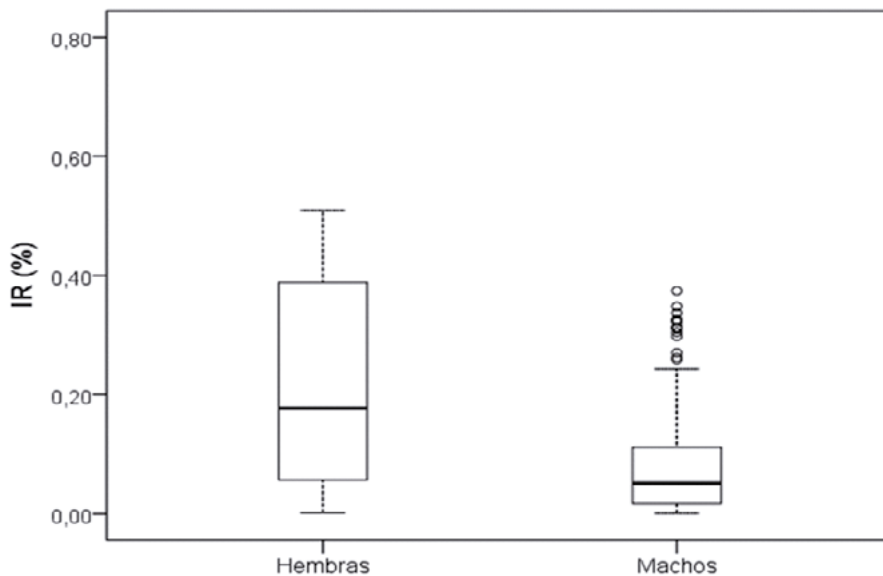


Figura 10.- Box-plot del índice de repleción (IR) en hembras y machos de *D. gahi*. Callao, 2016
 Figure 10. Box-plot of fullness weight index (FWI) in females and males of *D. gahi*. Callao, 2016

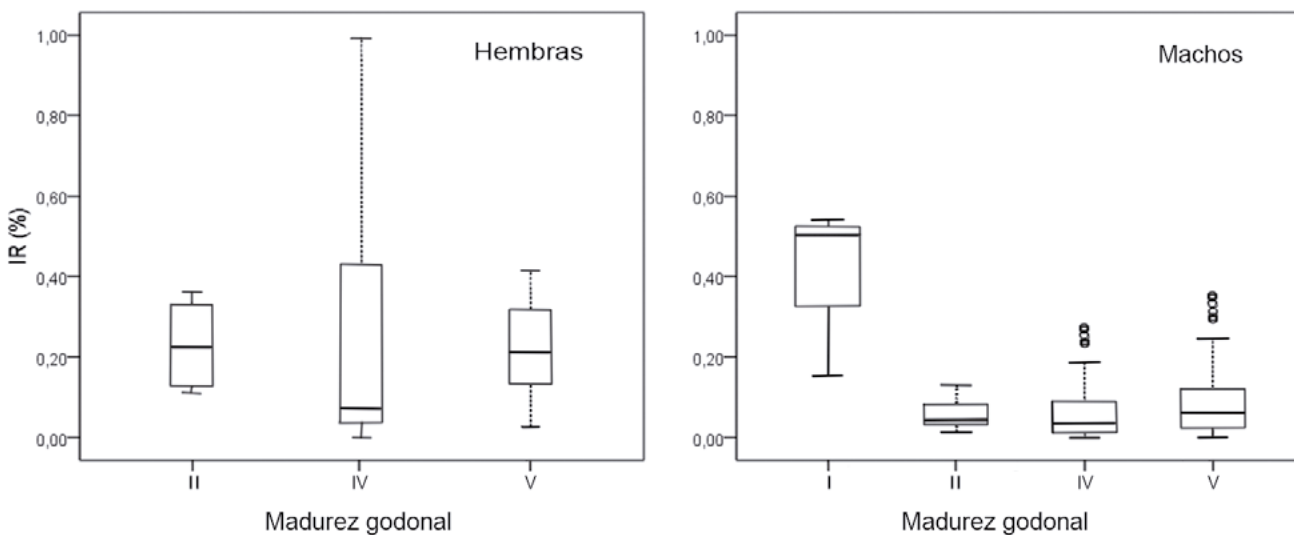


Figura 11.- Box-plot del índice de repleción (IR), por estadios de madurez gonadal en hembras y machos de *D. gahi*. Callao, 2016
 Figure 11. Box-plot of fullness weight index (FWI), by gonadal maturity stages in females and males of *D. gahi*. Callao, 2016

Calamar gigante o pota

Proyecto monitoreo biológico-pesquero del calamar gigante

PAITA

En el otoño (Prospección I, mayo) los 8 estómagos analizados presentaron contenido estomacal, de los cuales 6 correspondieron a hembras y 2 a machos. La talla de los ejemplares varió entre 210 y 370 mm LM; el PT entre 249 y 1200 g.

Jumbo flying squid

Biological-fishery monitoring project for jumbo flying squid

PAITA

In autumn (Prospecting I, May), all 8 analyzed stomachs presented stomach contents, out of which 6 corresponded to females and 2 to males. The specimens varied in size between 210 and 370 mm ML; TW was between 249 and 1200 g.

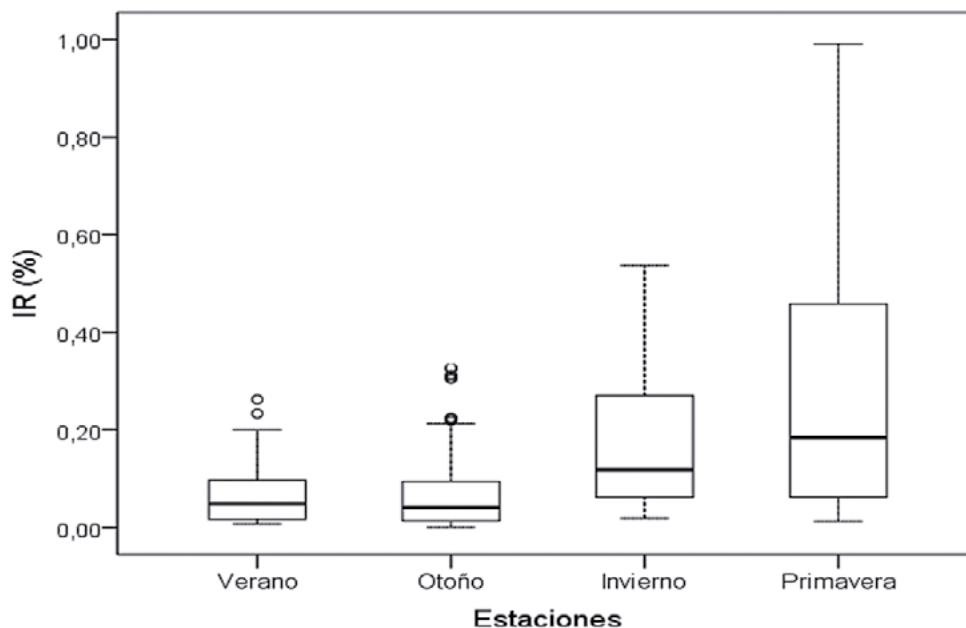


Figura 12.- Box-plot del índice de repleción (IR) de *D. gahi* por estaciones. Callao, 2016

Figure 12.- Box-plot of fullness weight index (FWI) of *D. gahi* by seasons. Callao, 2016

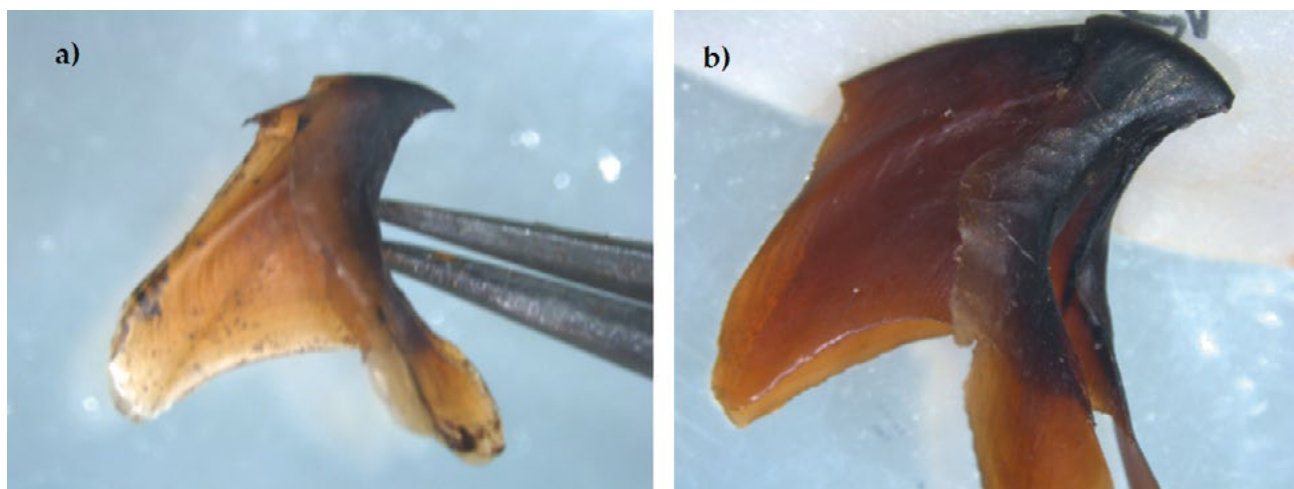


Figura 13.- Mandíbulas inferiores de los cefalópodos *Chiroteuthis* sp. (a) y *Onychoteuthis banksii* (b) encontrados en el contenido gástrico de *D. gigas*. Paita, mayo 2016. Arte: pinta

Figure 13. Lower jaws of the cephalopods *Chiroteuthis* sp. (a) and *Onychoteuthis banksii* (b) found in the gastric contents of *D. gigas*. Paita, May 2016. Fishing gear: handline

Se reconocieron 7 ítems-presa pertenecientes a los grupos Crustacea, Cephalopoda y Teleostei. Entre las principales destacaron *Vinciguerria lucetia* Garman (%FO= 50; %N= 72,22; %P= 14,50), los cefalópodos *Onychoteuthis banksii* Leach (%FO= 25; %N= 5,55; %P= 7,84), *Chiroteuthis* sp. d’Orbigny (%FO= 12,5; %N= 2,77; %P= 2,91) (Fig. 13 a,b), múnida *Pleuroncodes monodon* H. Milne Edwards (%FO= 25; %N= 5,56; %P= 55,85) (Fig. 14).

A total of 7 prey items belonging to the groups Crustacea, Cephalopoda, and Teleostei were recognized. Among the main prey, we found *Vinciguerria lucetia* Garman (%FO= 50, %N= 72.22, %P= 14.50), the cephalopods *Onychoteuthis banksii* Leach (%FO= 25, %N= 5.55, %P= 7.84), *Chiroteuthis* sp. d’Orbigny (%FO= 12.5, %N= 2.77, %P= 2.91) (Fig. 13 a,b), the squat lobster *Pleuroncodes monodon* H. Milne Edwards (%FO= 25, %N= 5.56, %P= 55.85) (Fig. 14).

En invierno (Prospección II, agosto) de 126 estómagos analizados 86 tuvieron contenido estomacal, de los cuales 46 correspondieron a hembras y 40 a machos. La talla de los ejemplares varió entre 195 y 900 mm LM y el PT entre 240 y 24500 g. Se determinaron 20 ítems-presa, pertenecientes a los grupos Crustacea, Cephalopoda y Teleostei.

Como presa principal, predominaron Cephalopoda indeterminados (%FO= 52,33; %N= 26,46; %P= 36,63), Teleostei (%FO= 26,74; %N= 8,25; %P= 2,65), *Argonauta* sp. (%FO= 12,79; %N= 13,75; %P= 2,74), entre otros (Fig. 15).

In winter (Prospecting II, August), out of 126 analyzed stomachs, only 86 had stomach contents, which corresponded 46 to females and 40 to males. The specimens varied in size between 195 and 900 mm ML and TW was between 240 and 24,500 g. A total of 20 prey items were determined, belonging to the groups Crustacea, Cephalopoda, and Teleostei.

As main prey, indeterminate Cephalopoda (%FO= 52.33, %N= 26.46, %P= 36.63), Teleostei (%FO= 26.74, %N= 8.25, %P= 2.65), *Argonauta* sp. (%FO= 12.79, %N= 13.75, %P= 2.74) predominated, among others (Fig. 15).

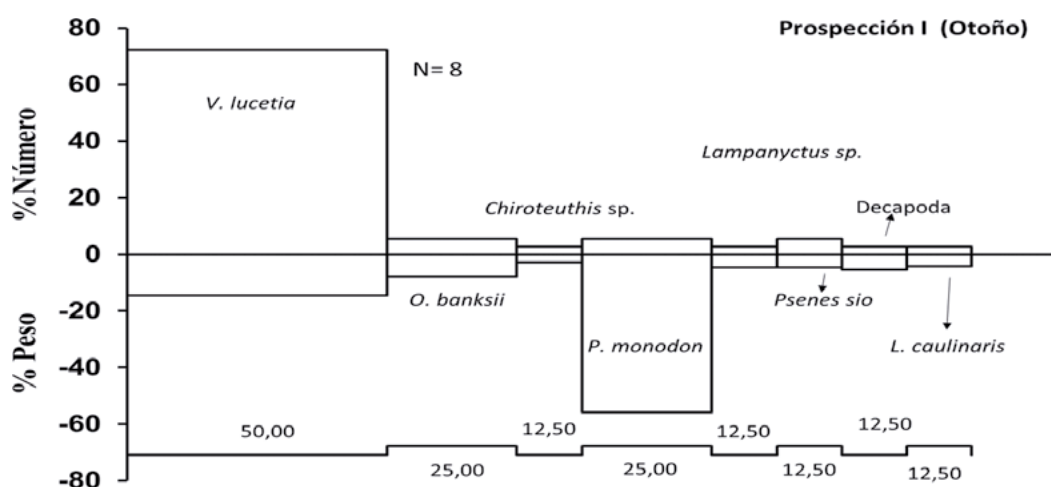


Figura 14.- Composición por porcentaje en número (%N), peso (%P) y frecuencia de ocurrencia (%FO) de las principales presas encontradas en el contenido estomacal de *D. gigas*. Paita, mayo 2016. Arte: pinta

Figure 14. Composition by percentage in number (%N), weight (%P) and frequency of occurrence (%FO) of the main prey found in the stomach content of *D. gigas*. Paita, May 2016. Fishing gear: handline

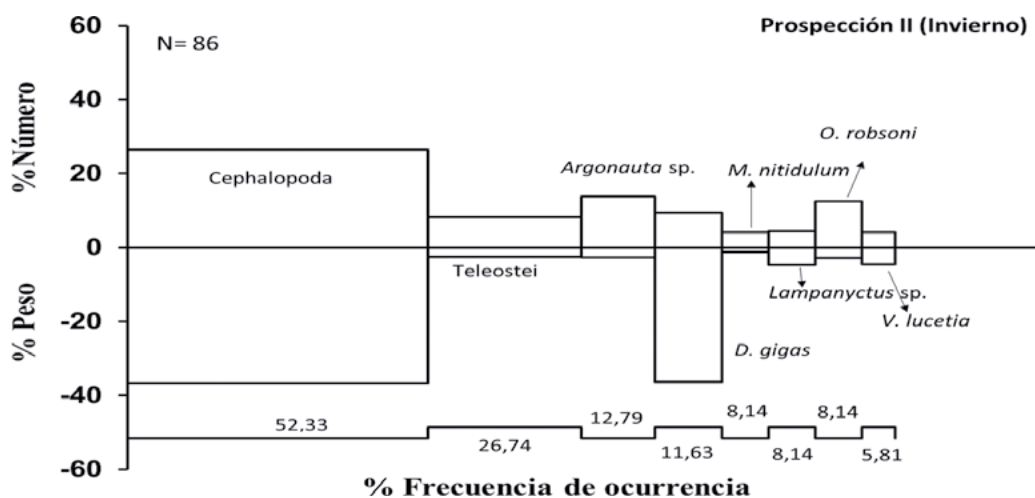


Figura 15.- Composición por porcentaje en número (%N), peso (%P) y frecuencia de ocurrencia (%FO) de las principales presas de *D. gigas*. Paita, agosto 2016. Arte: pinta

Figure 15. Composition by percentage in number (%N), weight (%P) and frequency of occurrence (%FO) of the main prey found in the stomach content of *D. gigas*. Paita, August 2016. Fishing gear: handline

En primavera (Prospección III, diciembre) de 79 estómagos analizados 73 presentaron contenido estomacal. La talla varió entre 200 y 690 mm LM y el PT entre 200 y 10.000 g.

Entre las presas principales resaltaron la múnida *P. monodon* (%FO= 28,77, %N= 69,49, %P= 57,99), los calamares Gonatidae (%FO= 23,29; %N= 9,74; %P= 10,53) y el engraulido *Cetengraulis mysticetus* Günther (%FO=23,29; %N= 4,15; %P=5,36) (Fig. 16).

Los valores de IR por estadios de madurez gonadal variaron entre $0,12 \pm 0,05$ (madurez) y $0,51 \pm 0,69$ (inmaduro) en hembras; $0,048 \pm 0,018$ (maduro) y $0,69 \pm 0,76$ (inmaduro) en machos (Tabla 7, Fig. 17). Sin embargo, no hubo diferencias significativas en el IR de las hembras (Kruskal-Wallis-test, chi-cuadrado= 1,65, p= 0,44); pero en los machos se observaron diferencias entre los estadios I-II, con respecto al III (Kruskal-Wallis-test, chi-cuadrado= 7,95, p= 0,019).

In spring (Prospecting III, December), out of 79 analyzed stomachs, only 73 presented stomach contents. The size varied between 200 and 690 mm ML and TW was between 200 and 10,000 g.

Among the main prey, the most important were the squat lobster *P. monodon* (%FO= 28.77, %N= 69.49, %P= 57.99), the squids Gonatidae (%FO= 23.29, %N= 9.74, %P= 10.53), and the engraulid *Cetengraulis mysticetus* Günther (%FO=23.29, %N= 4.15, %P=5.36) (Fig. 16).

The FWI values by gonadal maturity stages ranged from 0.12 ± 0.05 (maturity) to 0.51 ± 0.69 (immature) in females; 0.048 ± 0.018 (mature) and 0.69 ± 0.76 (immature) in males (Table 7, Fig. 17). Nonetheless, there were no significant differences in the FWI of females (Kruskal-Wallis-test, chi-square = 1.65, p= 0.44); but in males, there were differences between stages I-II, regarding stage III (Kruskal-Wallis-test, chi-square = 7.95, p= 0.019).

Tabla 7.- Índice de repleción (IR) en hembras y machos de *D. gigas*, según estadios de madurez gonadal. Paita. Diciembre 2016

Table 7. Fullness weight index (FWI) in females and males of *D. gigas*, as per gonadal maturity stages. Paita. December 2016

Madurez Maturity	Hembras/Females		Machos/MAles	
	M ± DS	N	M ± DS	N
I	0,5126 ± 0,59	21	0,694 ± 0,76	7
II	0,3241 ± 0,37	12	0,6193 ± 0,49	3
III	0,1224 ± 0,073	9	0,0476 ± 0,018	5
Total	0,3751 ± 0,48	42	0,4636 ± 0,61	15

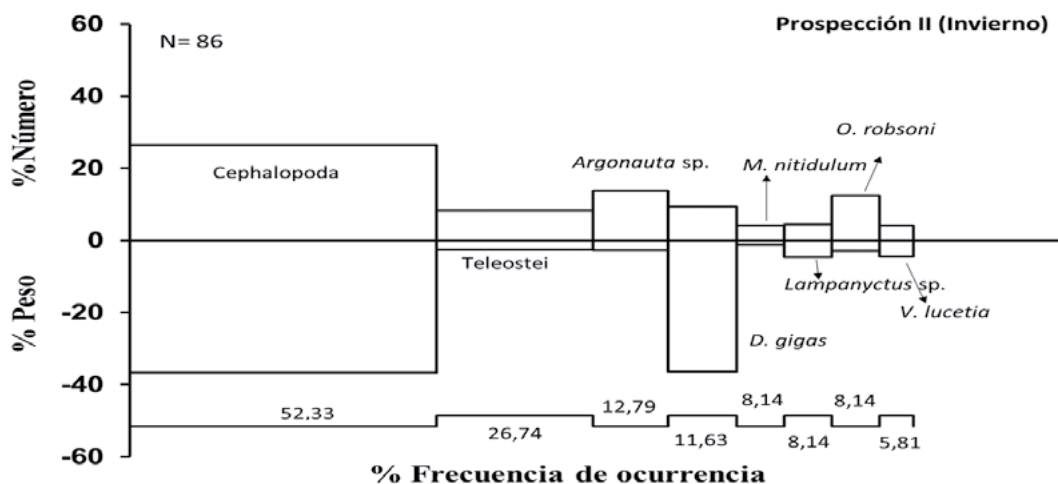


Figura 16.- Composición por porcentaje en número (%N), peso (%P) y frecuencia de ocurrencia (%FO) de las principales presas de *D. gigas*. Paita, diciembre 2016. Arte: pinta

Figure 16. Composition by percentage in number (%N), weight (%P) and frequency of occurrence (%FO) of the main prey found in the stomach content of *D. gigas*. Paita, December 2016. Fishing gear: handline

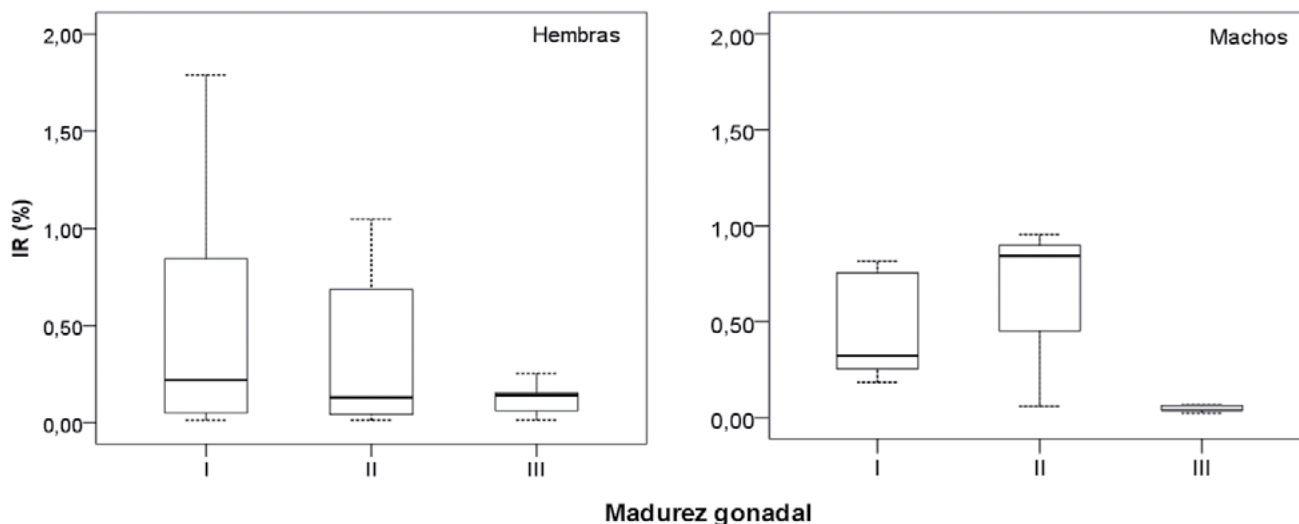


Figura 17.- Índice de repleción (IR) en hembras y machos de *D. gigas* por estadios de madurez gonadal. Paita, diciembre 2016. Arte: pinta

Figure 17. Fullness weight index (FWI) in females and males of *D. gigas* by gonadal maturity stages. Paita, December 2016. Fishing gear: handline

CAMANÁ

En otoño, de los 29 estómagos analizados 22 presentaron contenido estomacal, de los cuales 16 correspondieron a hembras y 6 a machos. Las tallas de los ejemplares variaron entre 350 y 982 mm LM y el PT entre 1241 y 39100 g.

Se determinaron 8 ítems-presa pertenecientes a los grupos Crustacea, Cephalopoda y Teleostei. La dieta estuvo compuesta principalmente por múnida *P. monodon* (%FO= 68,18; %P= 53,28; %N= 64,29), Cephalopoda indeterminados (%FO= 59,09; %P= 29,75; %N= 11,81), Teleostei indeterminados (%FO= 27,27; %P= 2,70; %N= 1,65), anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns (%FO= 22,73; %P= 7,64; %N= 16,48) (Fig. 18).

En invierno, de 64 estómagos analizados 30 presentaron contenido estomacal (47% hembras y 53% machos), determinándose 13 ítems-presa pertenecientes a los grupos Cephalopoda, Crustacea, Cnidaria y Teleostei. La dieta estuvo compuesta principalmente por cefalópodos de la familia Chiroteuthidae como *Chiroteuthis* sp. (%FO= 43,33; %P= 28,76; %N= 6,16), *P. monodon* (%FO= 30,00; %P= 16,38; %N= 19,75), *Argonauta* sp. (%FO= 23,33; %P= 6,91; %N= 3,82) entre otros (Fig. 19).

Crucero de Evaluación de calamar gigante, BIC Flores 1606-07

De 143 contenidos gástricos analizados, el 57% correspondieron a hembras y 31% a machos, de los cuales 125 tuvieron contenido estomacal (Tabla 8).

CAMANÁ

In autumn, out of 29 analyzed stomachs, only 22 presented stomach contents, which corresponded 16 to females and 6 to males. The size of the specimens was between 350 and 982 mm ML and TW was between 1241 and 39,100 g.

A total of 8 prey items belonging to the groups Crustacea, Cephalopoda, and Teleostei were determined. The diet consisted mainly of squat lobster *P. monodon* (%FO= 68.18, %P= 53.28, %N= 64.29), indeterminate Cephalopoda (%FO= 59.09; %P= 29.75; %N= 11.81), indeterminate Teleostei (%FO= 27.27, %P= 2.70, %N= 1.65), anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns (%FO= 22.73, %P= 7.64, %N= 16.48) (Fig. 18).

In winter, out of 64 analyzed stomachs, only 30 presented stomach contents (47% females and 53% males), and a total of 13 prey items belonging to the groups Cephalopoda, Crustacea, Cnidaria, and Teleostei were determined. The diet consisted mainly of cephalopods of the family Chiroteuthidae such as *Chiroteuthis* sp. (%FO= 43.33, %P= 28.76, %N= 6.16), *P. monodon* (%FO= 30.00, %P= 16.38, %N= 19.75), *Argonauta* sp. (%FO= 23.33, %P= 6.91, %N= 3.82) among others (Fig. 19).

Jumbo flying squid Assessment Cruise, R/V Flores 1606-07

Among a total of 143 analyzed gastric contents, 57% corresponded to females and 31% to males, only 125 had stomach contents (Table 8).

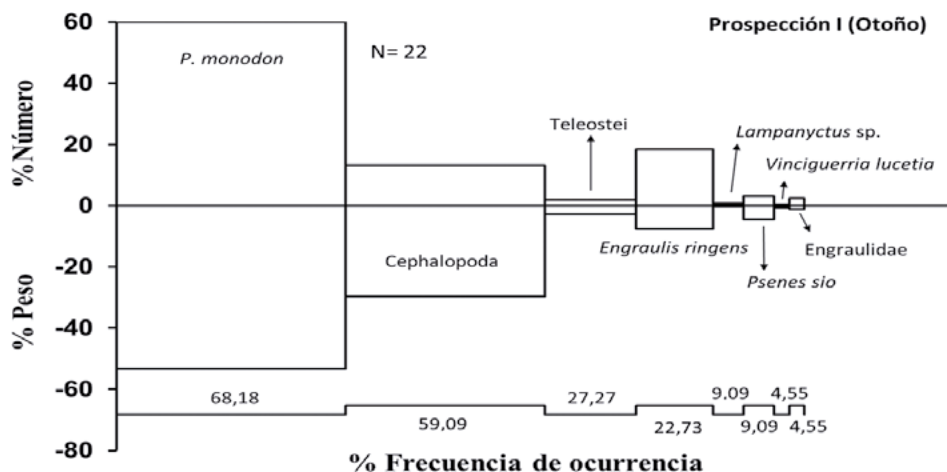


Figura 18.- Composición por porcentaje en abundancia (%N), peso (%P) y frecuencia de ocurrencia (%FO) de las principales presas de *D. gigas*. Camaná, mayo 2016

Figure 18. Composition by percentage in number (%N), weight (%P) and frequency of occurrence (%FO) of the main prey of *D. gigas*. Camana, May 2016

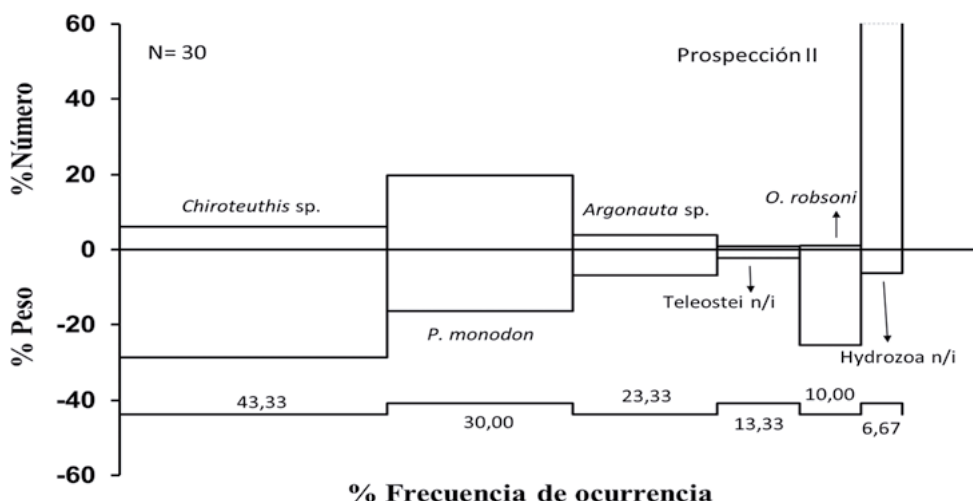


Figura 19.- Composición por porcentaje en número (%N), peso (%P) y frecuencia de ocurrencia (%FO) de las principales presas de *D. gigas*. Camaná, agosto 2016. Arte: pinta

Figure 19. Composition by percentage in number (%N), weight (%P) and frequency of occurrence (%FO) of the main prey of *D. gigas*. Camaná, August 2016. Fishing gear: handline

Tabla 8.-Estómagos analizados. Media y Peso de *D. gigas*. Crucero BIC Flores 1606-07

Table 8. Stomach analyzed. Mean, Weight of *D. gigas*. Cruise R/V Flores 1606-07

	Total	Hembras/Females	Machos/Males
Nº estómagos	143 (125)	97 (81)	46 (44)
LM (mm)	766 ± 223 (350 – 982)	391 ± 62 (164 – 484)	405 ± 46 (197 – 483)
Peso (g)	22 280 ± 12 852 (1 241 – 39 100)	1 845 ± 745 (123 – 3 350)	1 888 ± 599 (190 – 3 150)

El número de estómagos llenos, rango de longitud y peso son mostrados entre paréntesis

Descripción general de la dieta.- Se determinaron 27 ítems-presa pertenecientes a los grupos Cephalopoda, Crustacea, Gastropoda y Teleostei, siendo los crustáceos los que destacaron en %FO, %P y %N (Tabla 9).

Diet overview.- A total of 27 prey items belonging to the groups Cephalopoda, Crustacea, Gastropoda, and Teleostei were determined, being the crustaceans those that stood out in %FO, %P, and %N (Table 9).

Tabla 9.- Peso (%P), frecuencia de ocurrencia (%FO) y abundancia (%N) por ítem presa en el contenido estomacal de *D. gigas*. Crucero BIC Flores 1706-07. Arte: pinta
 Table 9. Weight (%P), frequency of occurrence (%FO) and abundance (%N) per prey item in the stomach content of *D. gigas*. Cruise R/V Flores 1706-07. Fishing gear: handline

Ítem presa	%P	%FO	%N
MOLLUSCA			
GASTROPODA			
Naticidae			
Naticidae n/i	0,00*	1,60	0,06
CEPHALOPODA			
Cephalopoda n/i	4,84	16,80	0,97
Octopoda			
Octopoda n/i	0,04	0,80	0,03
Loliginidae			
Loliginidae n/i	0,74	4,00	0,24
CRUSTACEA			
Crustacea n/i	5,60	27,20	1,33
EUPHAUSIACEA			
Euphausiidae			
Euphausiidae n/i	0,30	3,20	0,88
<i>Nyctiphanes simplex</i>	35,22	17,60	91,50
DECAPODA			
Decapoda n/i	0,15	2,40	0,09
Galatheidae			
Galatheidae n/i	1,42	2,40	0,24
STOMATOPODA			
Stomatopoda n/i	10,83	5,60	0,21
ACTINOPTERYGII			
TELEOSTEI			
Teleostei n/i	1,04	9,60	0,36
Ariidae			
<i>Galeichthys peruvianus</i>	1,27	0,80	0,18
Myctophidae			
<i>Myctophum</i> sp.	2,14	3,20	0,15
<i>Myctophum nitidulum</i>	0,58	0,80	0,12
<i>Diogenichthys laternatus</i>	0,99	4,80	0,18
<i>Lampanyctus</i> sp.	0,03	0,80	0,03
Sphyraenidae			
<i>Sphyraena</i> sp.	0,13	0,80	0,03
Phosichthyidae			
<i>Vinciguerria lucetia</i>	0,53	2,40	0,30
Gonostomatidae			
<i>Gonostoma</i> sp.	0,29	1,60	0,06
Engraulidae			
Engraulidae n/i	0,57	2,40	0,09
<i>Engraulis ringens</i>	9,90	4,80	0,82
<i>Cetengraulis mysticetus</i>	6,59	12,00	0,85
<i>Anchoa nasus</i>	0,89	3,20	0,12
Triglidae			
<i>Prionotus stephanophrys</i>	14,80	5,60	0,94
Scorpaenidae			
<i>Pontinus</i> sp.	0,11	0,80	0,03
Ophichthidae			
<i>Ophichthus remiger</i>	0,20	0,80	0,03
Lophiidae			
<i>Lophiodes caulinaris</i>	0,36	1,60	0,09
MONI	0,45	5,60	0,03

Las presas predominantes fueron crustáceos indeterminados (%FO= 27,2; %P= 5,6, %N= 1,33), el Euphausiidae *Nyctiphanes simplex* Hansen (%FO=18; %P= 35,22; %N= 91,50), y Cephalopoda indeterminados (%FO= 16,8; %P= 4,84; %N= 0,97) (Tabla 9).

The predominant prey was indeterminate crustaceans (%FO= 27.2, %P= 5.6, %N= 1.33), the Euphausiidae *Nyctiphanes simplex* Hansen (%FO=18, %P= 35.22, %N= 91.50), indeterminate Cephalopoda (%FO= 16.8, %P= 4.84, %N= 0.97) (Table 9).

En ambos sexos, los crustáceos fueron relevantes en la dieta. Adicionalmente, en el caso de las hembras, destacaron *N. simplex*, y otros Teleostei; mientras que en machos fueron *C. mysticetus*, *N. simplex* y otros Engraulidae (Fig. 20). No se encontraron diferencias entre los principales grupos taxonómicos determinados (Cephalopoda, Crustacea y Teleostei) en términos de FO absoluta (Mann-Whitney test, p= 0,40).

In both sexes, crustaceans were relevant in the diet. Additionally, in the case of females, *N. simplex*, and other Teleostei stood out; while in males, *C. mysticetus*, *N. simplex*, and other Engraulidae were the predominant ones (Fig. 20). No differences were found between the main taxonomic groups determined (Cephalopoda, Crustacea, and Teleostei) in terms of absolute FO (Mann-Whitney test, p= 0.40).

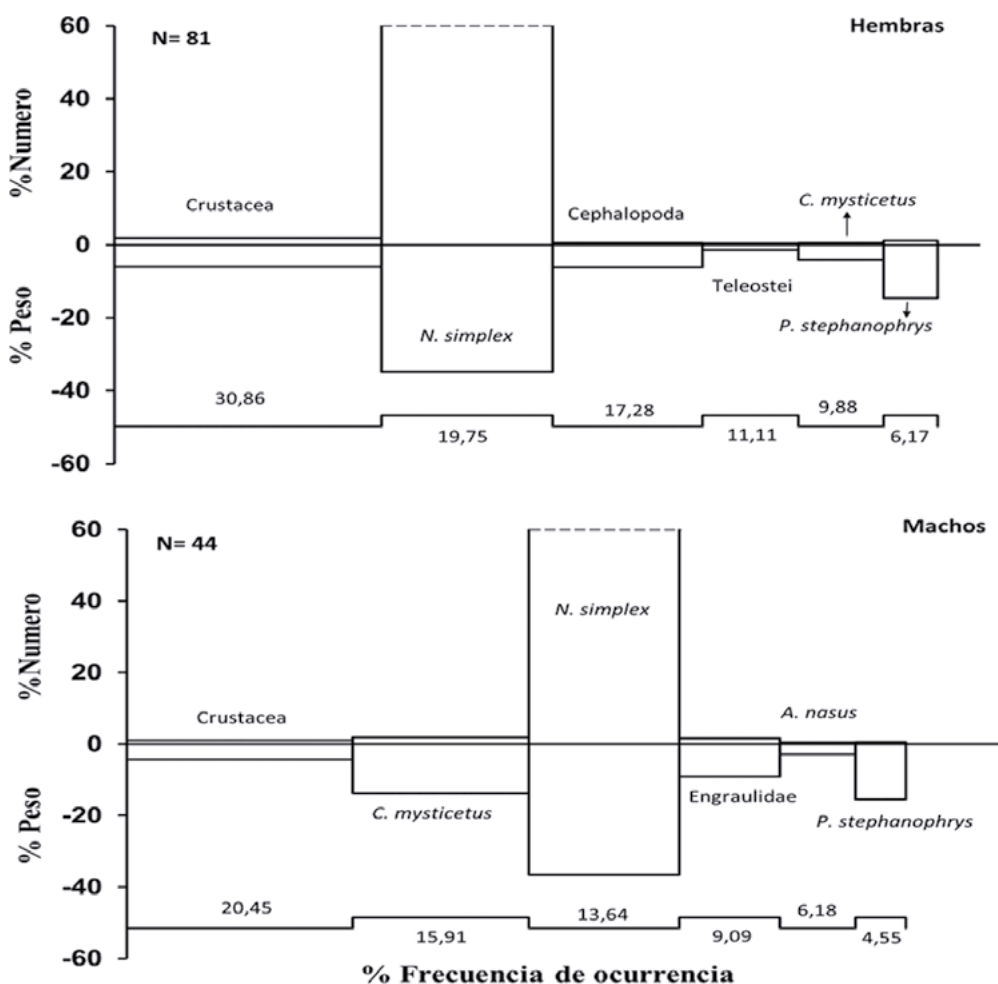


Figura 20.- Composición por porcentaje en número (%N), peso (%P) y frecuencia de ocurrencia (%FO) de las principales presas en el contenido estomacal de hembras y machos de *D. gigas*. Crucero BIC Flores 16.06-07. Arte: pinta

Figure 20. Composition by percentage in number (%N), weight (%P) and frequency of occurrence (%FO) of the main prey in the stomach content of females and males of *D. gigas*. Cruise R/V Flores 1606-07. Fishing gear: handline

Con relación a la composición de la dieta, en términos de FO por rangos de talla (≤ 30 , 31-40, 41-50 cm), no se observaron diferencias estadísticas (Kruskal-Wallis-test, chi-cuadrado= 5,88, $p= 0,053$). En los ejemplares más pequeños (≤ 30 cm), destacaron *Diogenichthys laternatus* Garman, Crustacea indeterminados, además de otros peces mictófid; en los rangos de 31-40 y 41-50 cm hubo predominancia de Crustacea, *N. simplex*, Cephalopoda indeterminados, entre otros (Fig. 21).

Regarding diet composition, in terms of FO by length ranges (≤ 30 , 31-40, 41-50 cm), no statistical differences were observed (Kruskal-Wallis-test, chi-square= 5.88, $p= 0.053$). In the smaller specimens (≤ 30 cm), *Diogenichthys laternatus* Garman, indeterminate Crustacea, in addition to other myctophid fish stood out; in the ranges of 31-40 and 41-50 cm, there was a predominance of Crustacea, *N. simplex*, indeterminate Cephalopoda, among others (Fig. 21).

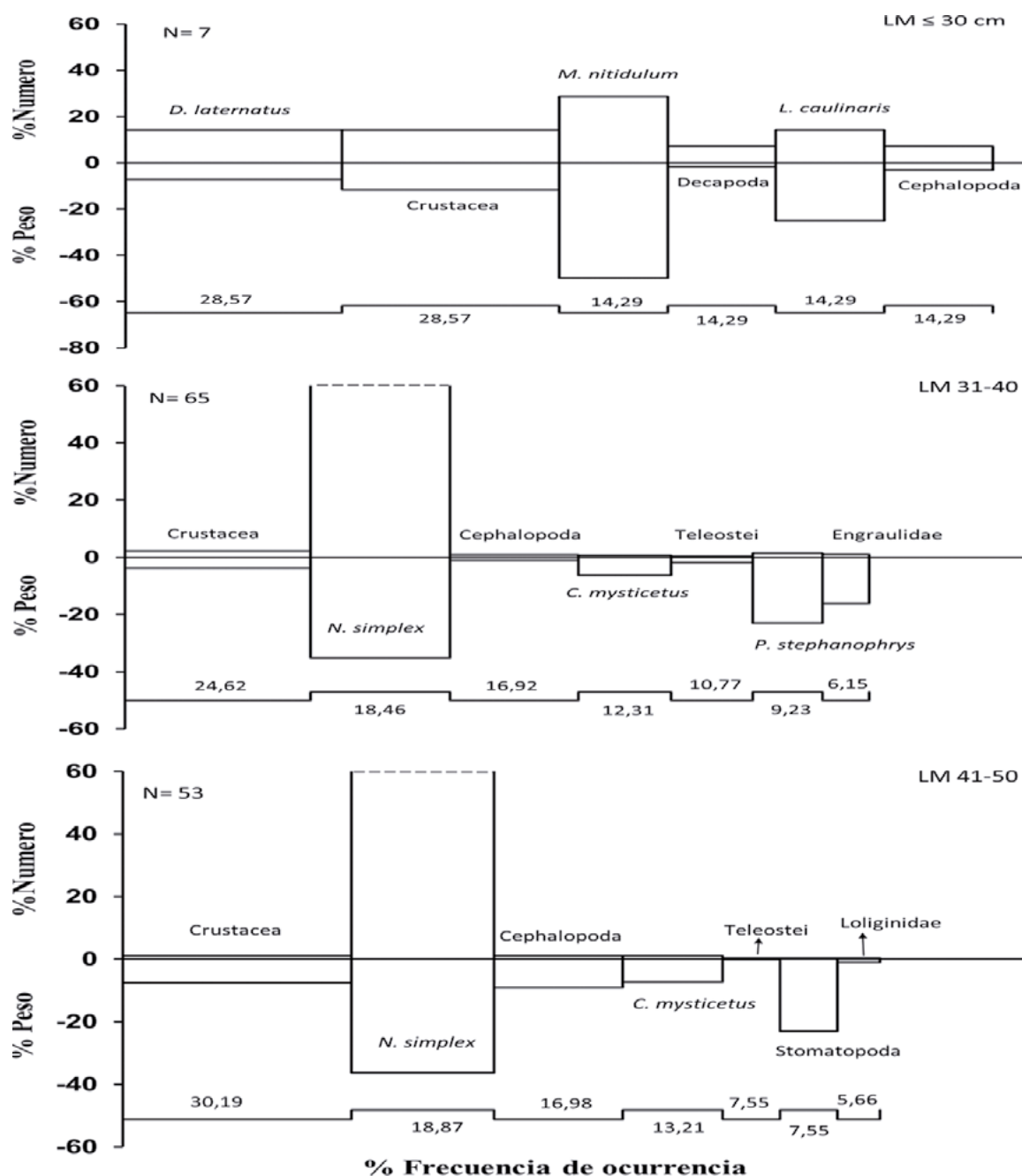


Figura 21.- Composición por porcentaje en número (%N), peso (%P) y frecuencia de ocurrencia (%FO) de las principales presas en el contenido estomacal de *D. gigas* según rangos de LM (cm). Crucero BIC Flores 1606-07. Arte: pinta

Figure 21. Composition by percentage in number (%N), weight (%P), and frequency of occurrence (%FO) of the main prey in the stomach content of *D. gigas* in terms of ML ranges (cm). Cruise R/V Flores 1606-07. Fishing gear: handline

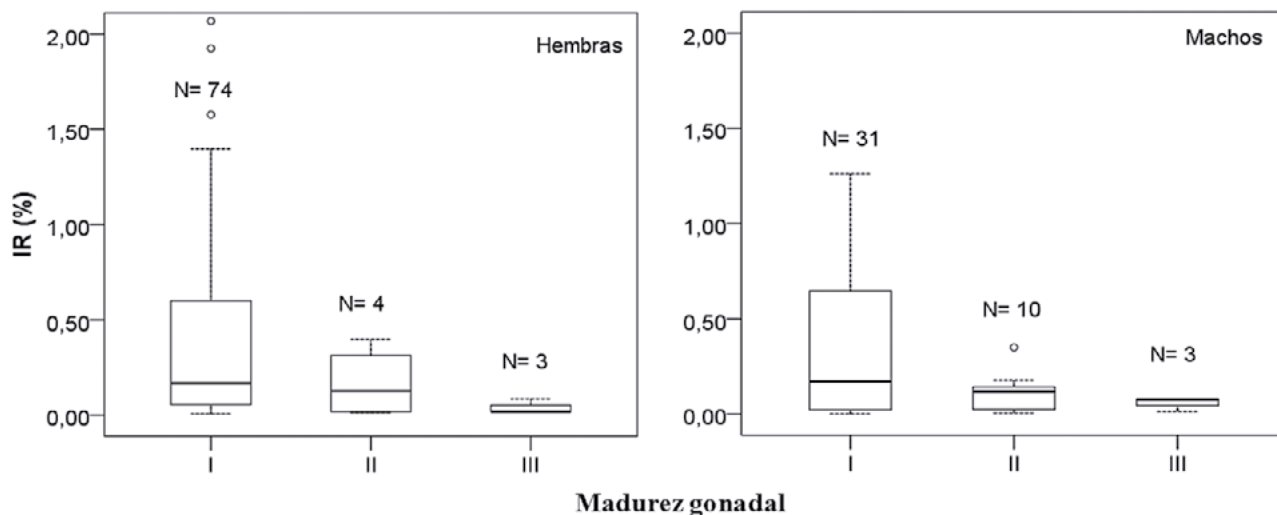


Figura 22.- Índice de repleción (IR) en hembras y machos de *D. gigas* por estadios de madurez gonadal. Crucero BIC Flores 1606-07. Arte: pinta

Figure 22. Fullness weight index (FWI) in females and males of *D. gigas* by gonadal maturity stages. Cruise R/V Flores 1606-07. Fishing gear: handline

Índice de repleción por sexos, estadios de madurez gonadal y longitud del manto

En relación al IR por sexos, no hubo diferencias estadísticas entre machos ($0,31 \pm 0,45$) y hembras ($0,48 \pm 0,75$) (Mann-Whitney U-test, $p = 0,13$).

Por estadios de madurez gonadal los valores de IR fluctuaron entre $0,04 \pm 0,038$ (maduro) y $0,52 \pm 0,77$ (inmaduro) en hembras, y de $0,05 \pm 0,037$ (maduro) a $0,39 \pm 0,51$ (inmaduro) en machos (Fig. 22). El análisis estadístico mostró que no hubo diferencias entre los estadios determinados, tanto en hembras como en machos (Kruskal-Wallis-test, hembras: $\chi^2 = 5,36$, $p = 0,069$; machos: $\chi^2 = 1,94$, $p = 0,38$).

Así mismo, el IR por rangos de talla, no mostró diferencias estadísticas (Kruskal-Wallis-test, $\chi^2 = 1,99$, $p = 0,37$).

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Pulpo *Octopus mimus*

Los resultados obtenidos en el periodo de estudio, indican que la dieta del pulpo *O. mimus* en el área de las islas frente a la bahía del Callao se compone principalmente de crustáceos decápodos, en concordancia con los resultados detectados en los años 2014 y 2015 (CISNEROS 2016 a y b). De igual modo son similares a los encontrados en *O. mimus* del norte de Chile (CORTEZ *et al.* 1995) y en otras

Fullness weight index by sexes, gonadal maturity stages, and mantle length

Regarding FWI by sexes, there were no statistical differences between males (0.31 ± 0.45) and females (0.48 ± 0.75) (Mann-Whitney U-test, $p = 0.13$).

By gonadal maturity stages, the FWI values ranged from 0.04 ± 0.038 (mature) to 0.52 ± 0.77 (immature) in females, and from 0.05 ± 0.037 (mature) to 0.39 ± 0.51 (immature) in males (Fig. 22). Statistical analysis showed that there were no differences between the determined stages in both females and males (Kruskal-Wallis-test, females: $\chi^2 = 5.36$, $p = 0.069$; males: $\chi^2 = 1.94$, $p = 0.38$).

Likewise, the FWI by length ranges showed no statistical differences (Kruskal-Wallis-test, $\chi^2 = 1.99$, $p = 0.37$).

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Octopus *Octopus mimus*

The results obtained in the study period indicate that the diet of *O. mimus* in the area of the islands located off the Callao Bay is composed mainly of decapod crustaceans, which is consistent with the results detected in 2014 and 2015 (CISNEROS 2016 a y b). They are also similar to those found in *O. mimus* in northern Chile (CORTEZ *et al.* 1995) and in other latitudes, as well as in other species

latitudes, así como en otras especies (SÁNCHEZ y OBARTI 1993, GRUBERT *et al.* 1999, IBÁÑEZ y CHONG 2008, IBÁÑEZ *et al.* 2009, BOUTH *et al.* 2011).

Con respecto al IR por estadios de madurez gonadal con relación a años anteriores, las hembras desovadas (2014) presentaron menor IR que las maduras, difiriendo de 2015 y 2016, en que no se reportó hembras desovadas con contenido estomacal y en los machos (2014, 2016) no se presentaron diferencias entre estadios; sin embargo, en 2015 los machos desovantes/desovados mostraron menor IR que los maduros (CISNEROS 2016 a, b). En este sentido, algunos autores como ARMENDÁRIZ *et al.* (2014), QUETGLAS *et al.* (2005), BOYLE y RODHOUSE (2005) mencionan que la hembra disminuye notablemente la ingesta de alimento durante la reproducción, lo que puede ser similar en machos.

En cuanto a variaciones estacionales de las principales presas, se observó que *P. desmarestii* tuvo una FO variable, destacando principalmente en las estaciones cálidas (verano y otoño) similar a lo reportado en el 2014 (CISNEROS 2015) difiriendo del 2015 en que esta presa fue predominante en todas las estaciones.

En el caso de *Synalpheus spinifrons* tuvo poca presencia en el 2014; sin embargo, en 2015 y 2016 se presentó durante todo el año, al igual que otras especies de la familia Alpheidae, tales como *Alpheus inca* y *A. chilensis*, lo cual podría estar asociado al incremento de la temperatura que se presentó en esos años, por efecto de El Fenómeno El Niño (ENFEN 2015 a, b; ENFEN 2017, TAKAHASHI 2017). En este sentido ARMENDÁRIZ *et al.* (2014) mencionan que la proporción de las presas puede variar en forma diaria o estacional y la dieta de los pulpos puede estar influenciada por variables ambientales y disponibilidad de las presas.

En cuanto al IR estacional difiere con lo reportado en el 2014, en que fue mayor en otoño-primavera; sin embargo, en 2015 y 2016 no hubo diferencia entre estaciones, situación que pudo estar influenciada por mayor oferta de presas, debido al aumento de la temperatura en la costa peruana en ese periodo, en que se detectó anomalías positivas en la temperatura superficial del mar. Cabe indicar en este punto que CORTEZ *et al.* (1995) mencionan que *O. mimus*, al igual que otras especies de pulpos, parece ser un

(SÁNCHEZ & OBARTI 1993, GRUBERT *et al.* 1999, IBÁÑEZ & CHONG 2008, IBÁÑEZ *et al.* 2009, BOUTH *et al.* 2011).

Regarding the FWI by gonadal maturity stages, as compared to previous years, the spawned females (2014) presented lower FWI than the mature ones, which differed from 2015 and 2016, when no spawned females with stomach content were reported, and in the males (2014, 2016), there were no differences between stages. However, in 2015 the spawning/spawned males showed lower FWI than the mature ones (CISNEROS 2016 a, b). In this respect, some authors such as ARMENDÁRIZ *et al.* (2014), QUETGLAS *et al.* (2005), BOYLE & RODHOUSE (2005) point out that the female significantly decreases its food intake during reproduction, which may be similar in males.

As for seasonal variations of the main preys, it was observed that *P. desmarestii* had a variable FO, standing out mainly in the warm seasons (summer and autumn) similar to that reported in 2014 (CISNEROS 2015) which differs from 2015 when this prey was predominant in all seasons.

In the case of *Synalpheus spinifrons*, it had little presence in 2014. However, in 2015 and 2016, it occurred throughout the year, as did other species of the family Alpheidae, such as *Alpheus inca* and *A. chilensis*, which could be associated with the increase in temperature that occurred in those years, due to the effect of the El Niño phenomenon (ENFEN 2015 a, b; ENFEN 2017, TAKAHASHI 2017). In this regard, ARMENDÁRIZ *et al.* (2014) mention that the proportion of prey may vary on a daily or seasonal basis and the diet of octopuses may be influenced by environmental variables and prey availability.

As for seasonal FWI, it differs from what was reported in 2014, when it was higher in autumn-spring. However, in 2015 and 2016 there was no difference between seasons, a situation that could be influenced by a greater supply of prey, due to the increase in temperature on the Peruvian coast in that period, in which positive anomalies were detected in the sea surface temperature. It is worth mentioning that CORTEZ *et al.* (1995) state that *O. mimus*, like other octopus species, seems

depredador oportunista, por lo que adoptaría diversos comportamientos, consumiendo una variedad de presas, lo que podría ser ventajoso durante eventos El Niño, en que debería esperarse un incremento en la tasa de crecimiento y abundancia de este cefalópodo, así como una digestión rápida y altas raciones diarias de alimento.

La dieta del pulpo en Callao y en Ilo difirieron, siendo presas dominantes los cangrejos *P. desmarestii* y *P. perlatus*, respectivamente; así mismo, coincidieron en la ingesta de camarones de la familia Alpheidae (*Synalpheus spinifrons* y *Alpheus inca*) durante el otoño 2016.

Calamar común *Doryteuthis gahi*

Un alto porcentaje de estómagos de *D. gahi* estuvo vacío y los que tenían alimento presentaron presas altamente digeridas y trituradas, similar a lo reportado en otros calamares (LORDAN *et al.* 1998, ARIZMENDI *et al.* 2011).

Los resultados obtenidos en el periodo de estudio indican que la dieta del calamar común en el área de las islas frente a la bahía del Callao se compone principalmente de peces. Los Teleostei indeterminados no pudieron ser reconocidos debido a la ausencia de otolitos, ya que solo se encontraron restos de vértebras, espinas y escamas. Esta problemática también fue reportada por otros autores (ROSAS-LUIS *et al.* 2016) dado que las cabezas de las presas largas no son consumidas y las partes duras son expulsadas (COELHO *et al.* 1997, ARIZMENDI *et al.* 2011).

La presencia de peces como presa dominante coincide con lo manifestado por otros autores en calamares de otras latitudes, tales como *Onykia ingens* (ROSAS-LUIS *et al.* 2016, SANTOS y HAIMOVICI 1997), *Lolliguncula panamensis* (ARIZMENDI *et al.* 2011), *Architeuthis dux* (BOLSTAD y O'SHEA 2004), *Todaropsis eblanae* e *Illex coindetii* (LORDAN *et al.* 1998, RASERO *et al.* 1996), *Loligo forbesi*, *Loligo vulgaris* (PIERCE *et al.* 1994, ROCHA *et al.* 1994). Sin embargo, fue diferente a lo reportado por ROSAS-LUIS *et al.* (2014) para *D. gahi* de La Patagonia, IVANOVIC y BRUNETTI (1994) para *Illex argentinus*, quienes encontraron que los crustáceos fueron la presa dominante.

El espectro alimentario de una especie está relacionado con las presas más disponibles y

to be an opportunistic predator, so it would adopt diverse behaviors, by consuming a variety of prey, which could be advantageous during the El Niño events, in which an increase in the growth rate and abundance of this cephalopod should be expected, as well as rapid digestion and high daily food rations.

The octopus diet in Callao and Ilo differed, being the dominant prey the crabs *P. desmarestii* and *P. perlatus*, respectively; likewise, they coincided in the ingestion of shrimp of the family Alpheidae (*Synalpheus spinifrons* and *Alpheus inca*) in autumn 2016.

Common squid *Doryteuthis gahi*

A high percentage of *D. gahi* stomachs were empty and those with food presented highly digested and crushed prey, similar to what was reported in other squids (LORDAN *et al.* 1998, ARIZMENDI *et al.* 2011).

The results obtained in the study period indicate that the diet of the common squid in the area of the islands located off the Callao Bay is composed mainly of fish. The indeterminate Teleostei could not be recognized due to the absence of otoliths, as only vertebrae, spines, and scales were found. This problem was also reported by other authors (ROSAS-LUIS *et al.* 2016) since the heads of the long prey are not consumed and the hard parts are expelled (COELHO *et al.* 1997, ARIZMENDI *et al.* 2011).

The presence of fish as dominant prey coincides with what has been expressed by other authors specialized in squids from other latitudes, such as *Onykia ingens* (ROSAS-LUIS *et al.* 2016, SANTOS & HAIMOVICI 1997), *Lolliguncula panamensis* (ARIZMENDI *et al.* 2011), *Architeuthis dux* (BOLSTAD & O'SHEA 2004), *Todaropsis eblanae* and *Illex coindetii* (LORDAN *et al.* 1998, RASERO *et al.* 1996), *Loligo forbesi*, *Loligo vulgaris* (PIERCE *et al.* 1994, ROCHA *et al.* 1994). Nevertheless, it was different from what was reported by ROSAS-LUIS *et al.* (2014) for *D. gahi* in Patagonia and IVANOVIC & BRUNETTI (1994) for *Illex argentinus*, who found that crustaceans were the dominant prey.

The food spectrum of a species is related to the most available prey and in general, pelagic

por lo general, las especies pelágicas tienden a capturar principalmente peces, mientras que las bentónicas depredan sobre los crustáceos (COELHO *et al.* 1997, QUETGLAS *et al.* 1999).

Además de peces, la dieta estuvo complementada por crustáceos y poliquetos Nereidae, lo que indicaría que *D. gahi* pudo alimentarse tanto en la zona pelágica (presas pelágicas) como en el fondo (presas bentónicas) similar a lo encontrado en otras especies de calamares (PIERCE *et al.* 1994, ROCHA *et al.* 1994, COELHO *et al.* 1997, SANTOS y HAIMOVICI 1997, LORDAN *et al.* 1998, QUETGLAS *et al.* 1999).

Las hembras tuvieron mayor IR que los machos, similar a lo encontrado en 2014 y 2015 (CISNEROS 2016a). En este sentido, QUETGLAS *et al.* (1999) mencionan que hay mayor demanda energética de las hembras para la producción de huevos, tal como se ha observado en otros cefalópodos (CORTEZ *et al.* 1995).

Al contrario de los machos, las hembras no presentaron diferencias en el IR por estadios de madurez gonadal, similar a lo observado en 2014. En este aspecto IVANOVIC y BRUNETTI (1994) mencionan que los calamares maduros continúan alimentándose, pero con menor intensidad que los inmaduros, proponiendo que este comportamiento está más relacionado con la talla de los individuos que con la madurez. En *Illex illecebrosus* se demostró con experimentos de laboratorio, que las hembras completamente maduras tuvieron alimentación continua hasta unos días antes del desove (IVANOVIC y BRUNETTI 1994). Del mismo modo, ROCHA *et al.* (1994) mencionan que las hembras aumentaron la tasa de ingestión durante la maduración.

Las diferencias en el IR estacional, estarían asociadas al aumento de temperatura originada por El Niño Costero que se manifestó entre enero-junio, y diciembre de 2016 (ENFEN 2017, TAKAHASHI 2017). Estos resultados son distintos a los hallados en 2014, en que los mayores valores del IR se presentaron en los meses cálidos (verano y primavera) (CISNEROS 2015). En 2015, sólo se determinó IR en primavera, ya que no hubo pesquería de esta especie en verano-invierno, lo cual pudo deberse al Niño Costero fuerte que se desarrolló de abril a diciembre de 2015 (ENFEN 2015 a, b).

species tend to catch mainly fish, while benthic species prey on crustaceans (COELHO *et al.* 1997, QUETGLAS *et al.* 1999).

In addition to fish, the diet was supplemented by crustaceans and polychaetes Nereidae, which would suggest that *D. gahi* was able to feed both in the pelagic zone (pelagic prey) and on the bottom (benthic prey) similar to what was found in other squid species (PIERCE *et al.* 1994, ROCHA *et al.* 1994, COELHO *et al.* 1997, SANTOS y HAIMOVICI 1997, LORDAN *et al.* 1998, QUETGLAS *et al.* 1999).

Females had a higher FWI than males, similar to what was found in 2014 and 2015 (CISNEROS 2016a). In this respect, QUETGLAS *et al.* (1999) state that there is greater energy demand from females for egg production, as has been observed in other cephalopods (CORTEZ *et al.* 1995).

Unlike males, females did not show differences in FWI by gonadal maturity stages, similar to what was observed in 2014. In this respect, IVANOVIC & BRUNETTI (1994) mention that mature squid continue to feed, but with less intensity than immature squids, claiming that this behavior is more related to the size of individuals than to maturity. Laboratory experiments in *Illex illecebrosus* showed that fully mature females had continuous feeding until a few days before spawning (IVANOVIC & BRUNETTI 1994). Similarly, ROCHA *et al.* (1994) mention that females increased the rate of food intake during maturation.

The differences in the seasonal FWI would be associated with the increase in temperature caused by the El Niño Costero that occurred between January-June and December 2016 (ENFEN 2017, TAKAHASHI 2017). These results are different from those found in 2014 when the highest FWI values were found in the warm months (summer and spring) (CISNEROS 2015). In 2015, the FWI was only determined in spring, as there was no fishery for this species in summer-winter, which could be due to the strong Niño Costero that developed from April to December 2015 (ENFEN 2015 a, b).

Calamar gigante *Dosidicus gigas*

La composición de presas en la dieta del calamar gigante *D. gigas*, procedente del monitoreo biológico pesquero del recurso durante 2016, presentó variaciones estacionales y regionales; estos cambios estacionales pudieron estar influenciados por las anomalías positivas en la temperatura superficial del mar que se registraron entre enero-junio y diciembre del 2016, debido al Fenómeno El Niño Costero (ENFEN 2017).

El consumo de *V. lucetia*, suele ser frecuente en *D. gigas* del norte del ecosistema de la Corriente de Humboldt. En este sentido ROSAS-LUIS *et al.* (2011) describieron que en el periodo 2007-2008 (cruceros IMARPE) hubo una estrecha relación trófica entre *V. lucetia* y *D. gigas* en un estudio basado en análisis de contenido estomacal y evaluación acústica, cuando *V. lucetia* fue la presa más importante, además de peces mictófidios, cefalópodos y *P. monodon*. Así mismo, en el periodo 2004 a 2011 (muestras de la flota industrial), *V. lucetia* fue la segunda presa más frecuente (después de los cefalópodos) (ALEGRE *et al.* 2014) y la más importante durante invierno-primavera del 2008 y verano del 2010 (BLASKOVIC' *et al.* 2009, 2011).

El espectro alimentario del calamar gigante procedente del crucero 1606-07, presentó diferencias con respecto a la dieta de ejemplares capturados por embarcaciones artesanales; en el primer caso, las presas más frecuentes fueron crustáceos indeterminados y eufáusidos. Coincidentemente, IBÁÑEZ *et al.* (2008) mencionan que el contenido estomacal de *D. gigas* puede variar con el origen de las muestras, así mismo que la dieta puede presentar cambios asociados con la profundidad de captura.

La composición de la dieta de acuerdo al tamaño y sexo, no presentó diferencias en relación a la frecuencia de la presa principal (crustáceos), similar a lo observado por MARKAIDA y SOSA-NISHIZAKI (2003) en *D. gigas* del Golfo de California.

En relación con otras presas de peces, los mictófidios (*D. laternatus* y *M. nitidilum*) se hallaron en menor proporción, excepto en los ejemplares ≤ 30 cm, en los cuales presentaron mayor frecuencia, con respecto a las tallas más grandes (31-50 cm). Del mismo modo, ALEGRE *et al.* (2014) reportaron que

Jumbo flying squid *Dosidicus gigas*

The prey composition in the diet of the jumbo flying squid *D. gigas*, from the biological-fisheries monitoring of the resource in 2016, presented seasonal and regional variations; these seasonal changes could be influenced by the positive anomalies in the sea surface temperature that were registered between January - June and December 2016, due to the El Niño Costero phenomenon (ENFEN 2017).

The consumption of *V. lucetia* is usually frequent in *D. gigas* of the northern Humboldt Current ecosystem. In this regard, ROSAS-LUIS *et al.* (2011) described that in the period 2007-2008 (IMARPE's cruises) there was a close trophic relationship between *V. lucetia* and *D. gigas* in a study based on the analysis of stomach contents and acoustic assessment, when *V. lucetia* was the most important prey, in addition to myctophid fish, cephalopods, and *P. monodon*. Likewise, in the period 2004 to 2011 (samples from the industrial fleet), *V. lucetia* was the second most frequent prey (after cephalopods) (ALEGRE *et al.* 2014) and the most important in winter-spring 2008 and summer 2010 (BLASKOVIC' *et al.* 2009, 2011).

The food spectrum of the jumbo flying squid from the cruise 1606-07 presented differences compared to the diet of specimens captured by artisanal vessels; in the first case, the most frequent prey were indeterminate crustaceans and euphausiids. Coincidentally, IBÁÑEZ *et al.* (2008) reported that the stomach content of *D. gigas* may vary with the origin of the samples, as well as that the diet may show changes associated with the depth of capture.

Diet composition by size and sex did not differ in relation to the frequency of the main prey (crustaceans), similar to what was observed by MARKAIDA & SOSA-NISHIZAKI (2003) in *D. gigas* of the Gulf of California.

Regarding other fish prey, the myctophids (*D. laternatus* and *M. nitidilum*) were found in smaller proportion, except in the specimens ≤ 30 cm, in which they presented greater frequency, with respect to the larger sizes (31-50 cm). Similarly, ALEGRE *et al.* (2014) reported that consumption of

el consumo de *Myctophum* sp. disminuyó con el incremento en tamaño de *D. gigas*. En este aspecto, se conoce que los calamares Ommastrephidae oceánicos de tamaño mediano, consumen principalmente peces de este grupo (MARKAIDA Y SOSA-NISHIZAKI 2003).

Finalmente podemos inferir que la dieta de los cefalópodos estudiados durante 2016, en la mayoría de casos (pulpo y calamar común) presentó variaciones con respecto a años anteriores, observándose la influencia del Fenómeno El Niño Costero sobre el comportamiento alimentario.

Agradecimientos

Al personal del Área Funcional de Investigaciones de Invertebrados Marinos y Macroalgas, por el suministro de muestras, datos biológicos y biométricos. Al Biólogo Ricardo Tafur por el apoyo durante el análisis de muestras de *D. gigas*. A la Bióloga Verónica Blaskovic' por sus aportes para la mejora del manuscrito.

Myctophum sp. was reduced by the increase in the size of *D. gigas*. In this sense, it is known that the oceanic squids Ommastrephidae of medium size, consume mainly fish of this group (MARKAIDA & SOSA-NISHIZAKI 2003).

Finally, we can infer that the diet of the cephalopods studied in 2016, in most cases (octopus and common squid) showed variations when compared to previous years and it is possible to observe the influence of the El Niño Costero phenomenon on their feeding behavior.

Acknowledgments

To the staff of the Functional Area for Marine Invertebrates and Macroalgae Research, for the supply of samples, biological and biometric data. To Biol. Ricardo Tafur for his support in the analysis of *D. gigas* samples. To Biol. Verónica Blaskovic' for her contributions to the improvement of the manuscript.

5. REFERENCIAS / REFERENCES

- ALEGRE A, MENARD F, TAFUR R, ESPINOZA P, ARGUELLES J, MAEHARA V, FLORES O, SIMIER M, BERTRAND A. 2014. Comprehensive model of jumbo squid *Dosidicus gigas* trophic ecology in the Northern Humboldt Current System. PLoS ONE. 9(1): 11 pp. e85919. doi:10.1371/journal.pone.0085919.
- ARIZMENDI-RODRÍGUEZ D I, CRUZ-ESCALONA V H, QUINONEZ-VELAZQUEZ C, SALINAS-ZAVALA C A. 2011. Feeding habits of the Panama brief squid (*Lolliguncula panamensis*) in the Gulf of California, México. Journal of Fisheries and Aquatic Science. 6(2): 194 - 201.
- ARGÜELLES J, LORRAIN A, CHEREL Y, GRACO M, TAFUR R, ALEGRE A, ESPINOZA P, TAIPE A, AYÓN P, BERTRAND A. 2012. Tracking habitat and resource use for the jumbo squid *Dosidicus gigas*: a stable isotope analysis in the Northern Humboldt Current System. Marine Biology. 159: 2105 - 2116.
- ARKHIPKIN A, HATFIELD E M C, RODHOUSE P. 2013. Chapter 5 - *Doryteuthis gahi*, Patagonian long-finned squid. P. 123-158. In: Rosa R, O'Dor R, Pierce GJ (Eds). Advances in squid biology, ecology and fisheries. Part I- Myopsid squids. Nova Science Publishers, Inc. 333 pp.
- ARMENDARIZ E J, CEBALLOS-VAZQUEZ B P, MARKAIDA U, ABITIA-CÁRDENAS A, MEDINA-LÓPEZ M A, ARELLANO-MARTÍNEZ M. 2014. Diet of *Octopus bimaculatus* Verril, 1883 (Cephalopoda: Octopodidae) in Bahía De Los Angeles, Gulf of California. Journal of Shellfish Research. 33(1): 305 - 314.
- BLASKOVIC' V, ALEGRE A, TAFUR R. 2009. Depredación del calamar gigante *Dosidicus gigas* sobre los principales recursos pesqueros en el litoral peruano durante el 2008. Inf interno Inst Mar Perú. 16 pp.
- BLASKOVIC' V, ALEGRE A, TAFUR R. 2011. Alimentación del calamar gigante *Dosidicus gigas* (Cephalopoda) en aguas peruanas (2010). Inf interno Inst Mar Perú. 17 pp.
- BOLSTAD K S, O'SHEA S. 2004. Gut contents of a giant squid *Architeuthis dux* (Cephalopoda: Oegopsida) from New Zealand waters. New Zealand Journal of Zoology. 31: 15 - 21.
- BOUTH H F, LEITE T S, DE LIMA F D, LINS OLIVEIRA J E. 2011. Atol das Rocas: an oasis for *Octopus insularis* juvenil és (Cephalopoda: Octopodidae). Zoologia. 28 (1): 45 - 52.
- BOYLE P R, NGOILE M A K. 1993. Assessment of maturity state and seasonality of reproduction in *Loligo forbesi* (Cephalopoda: Loliginidae) from Scottish waters. In: Recent advances in cephalopod fisheries biology (ed. T. Okutani et al.), Tokyo: Tokai University Press. 37 - 48.
- BOYLE P, RODHOUSE P. 2005. Cephalopods: Ecology and Fisheries. Blackwell Science Ltda. 452 pp.
- CISNEROS R. 2015. Ecología trófica del calamar común *Doryteuthis gahi* D'Orbigny 1835 (Cephalopoda:

- Loliginidae) durante el periodo 2014-2015. Inf Interno Inst Mar Perú. 14 p.
- CISNEROS R. 2016a. Ecología trófica del pulpo *Octopus mimus* Gould 1852 (Cephalopoda: Octopodidae) durante invierno 2013 al invierno 2014 en la Bahía del Callao. Inf Inst Mar Perú. 43(1): 37 - 45.
- CISNEROS R. 2016b. Hábitos alimentarios de *Octopus mimus* Gould 1852, *Doryteuthis gahi* d'Orbigny 1835 y *Dosidicus gigas* d'Orbigny 1835 (Cephalopoda) durante 2015. Informe Técnico Anual Inst Mar Perú. 25 p.
- COELHO M, DOMINGUES P, BALGUERIAS E, FERNANDEZ M, ANDRADE J P. 1997. A comparative study of the diet of *Loligo vulgaris* (Lamarck, 1799) (Mollusca: Cephalopoda) from the south coast of Portugal and the Saharan Bank (Central-East Atlantic). Fisheries Research. 29(3): 245 - 255.
- CORTEZ T, CASTRO B G, GUERRA A. 1995. Feeding dynamics of *Octopus mimus* (Mollusca: Cephalopoda) in northern Chile waters. Marine Biology. 123(3): 497 - 503.
- ENFEN. 2015a. Pronóstico probabilístico de la magnitud de El Niño costero en el verano 2015-2016. Nota técnica ENFEN 02-2015. 7pp.
- ENFEN. 2015b. Estado del sistema de alerta: Alerta de El Niño Costero. Nota técnica ENFEN 13-2015. 2 pp.
- ENFEN. 2017. Eventos El Niño y La Niña Costeros. Comunicado oficial del Comité Multisectorial Encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN). <file:///D:/El%20Ni%C3%B1o%20La%20Ni%C3%B1a%20Costeros%20-20IGP.html>.
- GARCÍA-GODOS I. 2001. Patrones morfológicos del otolito sagitta de algunos peces óseos del mar peruano. Bol Inst Mar Perú. 20(1-2): 46.
- GASALLA M A, RODRIGUES A R, POSTUMA F A. 2010. The trophic role of the squid *Loligo plei* as a keystone species in the South Brazil Bight ecosystem. ICES Journal of Marine Science. 67: 1413 - 1424.
- GRISLEY M S, BOYLE P R, KEY L N. 1996. Eye puncture as a route of entry for saliva during predation on crabs by the octopus *Eledone cirrhosa* (Lamarck). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 202(2): 225 - 237.
- GRUBERT M A, WADLEY V A, WHITE R W G. 1999. Diet and feeding strategy of *Octopus maorum* in southeast Tasmania. Bulletin of Marine Science. 65(2): 441 - 451.
- HANLON R T, FORSYTHE J W. 2008. Sexual cannibalism by *Octopus cyanea* on a Pacific coral reef. Marine and Freshwater Behavior and Physiology. 41(1): 19 - 28.
- HASTIE L C, PIERCE G J, WANG J, BRUNO I, MORENO A, PIATKOWSKI U, ROBI J P. 2009. Cephalopods in the north-eastern Atlantic: species, biogeography, ecology exploitation and conservation. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review. 47: 111 - 190.
- HYSLOP E J. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. Journal of Fish Biology. 17: 411 - 429.
- IBÁÑEZ C M, ARANCIBIA H, CUBILLOS L A. 2008. Biases in determining the diet of jumbo squid *Dosidicus gigas* d'Orbigny 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae) off southern-central Chile (34°S-40°S). Helgol. Mar. Res. 62: 331 - 338.
- IBÁÑEZ C, CHONG J. 2008. Feeding ecology of *Enteroteuthis megalocyathus* (Cephalopoda: Octopodidae) in Southern Chile. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 88(4): 793 - 798.
- IBÁÑEZ C, SEPÚLVEDA R, SANHUEZA E, RUIZ J F, CHONG J. 2009. Estrategias de forrajeo de *Robsonella fontaniana* (d'Orbigny, 1834) (Cephalopoda: Octopodidae). Revista de Biología Marina y Oceanografía. 44(2): 277 - 283.
- IVANOVIC M L, BRUNETTI N E. 1994. Food and feeding of *Illex argentinus*. Antarctic Science. 6(2): 185 - 193.
- JEREB P, ROPER C F E, NORMAN M D, FINN J K. 2016. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. Volume 3. Octopods and Vampire Squids. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. Rome, FAO. 4(3): 370 p. 11 color plates.
- LEITE T S, HAIMOVICI M, MATHER J A. 2009. *Octopus insularis* (Octopodidae), evidences of a specialized predator and a time-minimizing hunter. Mar Biol. 156(11): 2355 - 2367.
- LORDAN C, BURNELL G M, CROSS T F. 1998. The diet and ecological importance of *Illex coindetii* and *Todaropsis eblanae* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Irish waters. South African Journal of Marine Science. 20(1): 153 - 163.
- MARKAIDA U, SOSA-NISHIZAKI O. 2003. Food and feeding habits of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, México. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 83(3): 507 - 522.
- MÉNDEZ M. 1981. Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decapoda) del mar y ríos de la costa del Perú. Bol Inst Mar Perú. 5: 1 - 170.
- NACARINO M. 1997. Estudio de la madurez sexual de *Octopus mimus* Gould, 1852 (Cephalopoda: Octopoda) en Pucusana - Lima. Tesis para obtener el título de Licenciado en Biología, Universidad Ricardo Palma. 95 pp.
- PIERCE G J, BOYLE P R, HASTIE L C, BEGOÑA SANTOS M. 1994. Diets of squid *Loligo forbesi* and *Loligo vulgaris* in the northeast Atlantic. Fisheries Research. 21 (1-2): 149 - 163.
- QUETGLAS A, ALEMANY F, CARBONELL A, MERELLA P, SANCHEZ P. 1999. Diet of the European flying squid

- Todarodes sagittatus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in the Balearic Sea (western Mediterranean). *Journal of the Marine Biological Association*. 79: 479 - 486.
- QUETGLAS A, GONZALEZ M, FRANCO I. 2005. Biology of the upper-slope cephalopod *Octopus salutii* from the western Mediterranean Sea. *Marine Biology*. 146: 1131 - 1138.
- RASERO M, GONZALEZ A, CASTRO B, GUERRA A. 1996. Predatory relationships of two sympatric squid, *Todaropsis eblanae* and *Illex coindetii* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Galician waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 76: 73 - 87.
- ROCHA F, CASTRO B G, GIL M S, GUERRA A. 1994. The diets of *Loligo vulgaris* and *Loligo forbesi* (Cephalopoda: Loliginidae) in Northwestern Spanish Atlantic waters. *Sarsia*. 79: 119 - 126.
- ROSAS-LUIS R, TAFUR-JIMENEZ R, ALEGRE-NORZA A R, CASTILLO-VALDERRAMA P R, CORNEJO-URBINA R M, SALINAS-ZAVALA C A, SÁNCHEZ P. 2011. Trophic relationships between the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) and the lightfish (*Vinciguerrria lucetia*) in the Humboldt Current System off Peru. *Sci. Mar.* 75(3): 549 - 557.
- ROSAS-LUIS R, SÁNCHEZ P, PORTELA J M, DEL RÍO J L. 2014. Feeding habits and trophic interactions of *Doryteuthis gahi*, *Illex argentinus* and *Onykia ingens* in the marine ecosystem off the Patagonian Shelf. *Fisheries Research*. 152: 37 - 44.
- ROSAS-LUIS R, NAVARRO J, SÁNCHEZ P, DEL RÍO J L. 2016. Assessing the trophic ecology of three sympatric squid in the marine ecosystem off the Patagonian shelf by combining stomach content and stable isotopic analyses. *Marine Biology Research*. 12(4): 402 - 411.
- SÁNCHEZ J A. 2011. Escala de madurez gonadal y fecundidad de *Dosidicus gigas* (d'Orbigny 1835) (Mollusca: Cephalopoda) 'calamar gigante' o 'pota'. Tesis para optar el Título Profesional de Licenciado en Biología. Universidad Nacional Federico Villarreal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. 77 p.
- SÁNCHEZ P, OBARTI R. 1993. The biology and fishery of *Octopus vulgaris* caught with clay pots on the Spanish Mediterranean coast. In: Okutani T., O'Dor R.T., Kuboreda, T. (eds), *Recent Advances in Cephalopod Fishery Biology*. Tokai University Press, Tokyo. 477 - 487.
- SANTOS R A, HAIMOVICI M. 1997. Food and feeding of the short-finned squid *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) off southern Brazil. *Fisheries Research*. 33(1-3): 139 - 147.
- TAKAHASHI K. 2017. Fenómeno El Niño: "Global" vs "Costero". Instituto Geofísico del Perú-IGP. *Boletín Técnico*. Vol. 4(4): 4 - 7.
- XAVIER J C, CHEREL Y. 2009. *Cephalopod Beak Guide for the Southern Ocean*. British Antarctic Survey, Cambridge, UK. 129 pp.

ECOLOGÍA TRÓFICA DE *Octopus mimus* Gould, 1852 Y *Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835 (CEPHALOPODA) EN EL 2017

TROPHIC ECOLOGY OF *Octopus mimus* Gould, 1852 AND *Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835 (CEPHALOPODA) IN 2017

Rosario Cisneros¹

RESUMEN

CISNEROS R. 2019. *Ecología trófica de Octopus mimus Gould, 1852 y Dosidicus gigas d'Orbigny, 1835 (Cephalopoda) en el 2017. Bol Inst Mar Perú. 34(1): 198-222.*- Pulpo (*Octopus mimus*) y calamar gigante (*Dosidicus gigas*) son importantes recursos comerciales, a los que entre febrero y diciembre 2017 se les determinó la composición de la dieta. La zona de estudio para *O. mimus* comprendió las islas frente a la bahía del Callao y frente a Ilo (Moquegua); para *D. gigas* fueron las zonas norte y sur durante los cruceros de investigación de verano (Cr. 1606-07) y primavera (Cr. 1711-12). Para cuantificar la dieta se utilizaron métodos de frecuencia de ocurrencia (%FO), abundancia (%N) y gravimétrico (%P). En *O. mimus* se analizaron las tendencias del índice de repleción (IR) por estaciones y longitud del manto (LM) y en *D. gigas* según arte y zona de pesca, sexo y rango de talla (LM). En el pulpo de Callao destacaron los crustáceos *Petrolisthes desmarestii* y *Synalpheus spinifrons*; en Ilo *S. spinifrons* y *Allopetrolisthes angulosus*. No se observaron diferencias en el IR según estaciones y LM. En *D. gigas* proveniente del crucero de verano, las presas principales (%P) fueron *Vinciguerria lucetia* (norte), *Pleuconcodes monodon* (sur) con diferencias en el IR según arte y zona de pesca y LM; no hubo diferencias según sexo; en el crucero de invierno destacaron *D. gigas*, otros cefalópodos (norte), *V. lucetia* y peces mictófidios (sur). Se observó la influencia del evento El Niño Costero 2016-2017 sobre el comportamiento alimentario de ambos cefalópodos.

PALABRAS CLAVE: cefalópodos, contenido gástrico, presas, espectro trófico

ABSTRACT

CISNEROS R. 2019. *Trophic ecology of Octopus mimus Gould, 1852 and Dosidicus gigas d'Orbigny, 1835 (Cephalopoda) in 2017. Bol Inst Mar Peru. 34(1): 198-222.*- Between February and December 2017, the diet composition was determined for the octopus (*Octopus mimus*) and jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*). The study area for *O. mimus* included the islands located off the Callao Bay and off Ilo (Moquegua); for *D. gigas*, it covered the northern and southern areas in the summer (Cr. 1606-07) and spring (Cr. 1711-12) research cruises. The methods of frequency of occurrence (%FO), abundance (%N) and gravimetric (%P) were used to quantify the diet. In *O. mimus*, the modes of the fullness weight index (FWI) by seasons and mantle length (ML) were analyzed and in *D. gigas*, the analysis was based on fishing gear and area, sex, and length range (ML). In the octopus from Callao, the crustaceans *Petrolisthes desmarestii* and *Synalpheus spinifrons* stood out; in Ilo, *S. spinifrons* and *Allopetrolisthes angulosus* were predominant. No differences were observed in the FWI, by seasons and ML. In *D. gigas* from the summer cruise, the main prey (%P) were *Vinciguerria lucetia* (north), *Pleuconcodes monodon* (south) with differences in the FWI by fishing gear and area and ML; there were no differences by sex; in the winter cruise, *D. gigas*, other cephalopods (north), *V. lucetia* and myctophid fish (south) stood out. The influence of the El Niño Costero 2016-2017 on the feeding behavior of both cephalopods was observed.

KEYWORDS: cephalopods, gastric content, prey, trophic spectrum

1. INTRODUCCIÓN

Los cefalópodos, son un componente central en las redes alimentarias marinas de todo el mundo, constituyendo valiosa fuente de presas para peces, mamíferos marinos y aves (ARGÜELLES et al. 2012). Su explotación ha crecido de manera significativa, como resultado de la creciente demanda del mercado y la expansión de la pesquería a nuevas zonas de pesca y aguas más profundas (JEREB et al. 2014).

1. INTRODUCTION

Cephalopods are a central component in marine food webs worldwide and constitute a valuable source of prey for fish, marine mammals, and birds (ARGÜELLES et al. 2012). Their exploitation has significantly increased as a result of growing market demand and the expansion of the fisheries into new fishing grounds and deeper waters (JEREB et al. 2014).

¹ IMARPE, DGIRDL, Área Funcional de Investigaciones en Peces demersales, bentónicos y litorales. Laboratorio de Ecología trófica, rcisneros@imarpe.gob.pe

Los pulpos de la familia Octopodidae, como otros cefalópodos, son considerados depredadores activos, con un amplio nicho trófico en comunidades bénticas marinas (AMBROSE 1986, IBÁÑEZ & CHONG 2008, IBÁÑEZ *et al.* 2009, LEITE *et al.* 2009, GRISLEY *et al.* 1996). *Las especies del género Octopus se alimentan principalmente de crustáceos y moluscos, así como de otros invertebrados y peces* (JEREB *et al.* 2014), siendo considerados depredadores generalistas (AMBROSE 1986, MATHER 1993, CORTEZ *et al.* 1998, GRUBER *et al.* 1999, HANLON & FORSYTHE 2008, LEITE *et al.* 2009, BOUTH *et al.* 2011). En nuestro medio, *O. mimus* es un importante recurso de la pesquería artesanal bentónica. *Se distribuye geográficamente en el Pacífico sudeste, a lo largo de la costa este de América desde el norte de Perú a Valparaíso, Chile, habitando profundidades que varían de 0 a 30 m, en el intermareal rocoso* (ARKHIPKIN *et al.* 2013).

Los calamares son los cefalópodos más abundantes, que habitan desde aguas costeras (Loliginidae) hasta aguas profundas abisales (Mastigoteuthidae, Cranchiidae y otros) (ARKHIPKIN *et al.* 2013). Este grupo desempeña un papel importante en los ecosistemas marinos costeros de todo el mundo, son consumidores de invertebrados, pequeños peces y otros calamares (GASALLA *et al.* 2010, HASTIE *et al.* 2009, BOYLE & RODHOUSE 2005, QUETGLAS *et al.* 1999, RASERO *et al.* 1996). *El conocimiento de las interacciones tróficas en calamares es básico para la comprensión de su función ecológica, en este sentido el análisis del contenido estomacal ha demostrado el importante papel que estos desempeñan como depredadores que ocupan altos niveles* (QUETGLAS *et al.* 1999). *El calamar gigante Dosidicus gigas es el cefalópodo más grande y abundante que habita en el Pacífico este, se distribuye desde California (37°N) hasta el sur de Chile (47°S) y las zonas de mayor aglomeración se concentran frente a las costas de Perú y México* (MARKAIDA & SOSA-NISHIZAKI 2003).

En este trabajo se describe la estrategia de forrajeo del pulpo *Octopus mimus* Gould, 1852 y su variación estacional. En relación con la alimentación del calamar gigante *Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835, se presenta el espectro trófico de ejemplares capturados en cruceros, con el fin de mantener actualizado el conocimiento sobre este aspecto específico.

Octopodidae (octopuses), such as other cephalopods, are considered active predators, with a large trophic niche in benthic marine communities (AMBROSE 1986, IBÁÑEZ & CHONG 2008, IBÁÑEZ *et al.* 2009, LEITE *et al.* 2009, GRISLEY *et al.* 1996). *The species of the genus Octopus feed mainly on crustaceans and mollusks, as well as other invertebrates and fish* (JEREB *et al.* 2014), and are considered as generalist predators (AMBROSE 1986, MATHER 1993, CORTEZ *et al.* 1998, GRUBER *et al.* 1999, HANLON & FORSYTHE 2008, LEITE *et al.* 2009, BOUTH *et al.* 2011). In our environment, *O. mimus* is an important resource of the benthic artisanal fisheries. *It is distributed geographically in the southeastern Pacific, along the eastern coast of America from northern Peru to Valparaiso, Chile, inhabiting depths ranging from 0 to 30 m, in the rocky intertidal* (ARKHIPKIN *et al.* 2013).

Squids are the most abundant cephalopods, inhabiting from coastal waters (Loliginidae) to deep abyssal waters (Mastigoteuthidae, Cranchiidae, and others) (ARKHIPKIN *et al.* 2013). This group plays an important role in coastal marine ecosystems worldwide. They are consumers of invertebrates, small fish, and other squids (GASALLA *et al.* 2010, HASTIE *et al.* 2009, BOYLE & RODHOUSE 2005, QUETGLAS *et al.* 1999, RASERO *et al.* 1996). *The knowledge of trophic interactions in squids is basic for the understanding of their ecological function, in this regard, the analysis of stomach content has demonstrated the important role they play as predators that occupy high levels* (QUETGLAS *et al.* 1999). *The jumbo flying squid Dosidicus gigas is the largest and most abundant cephalopod inhabiting the eastern Pacific. It is distributed from California (37°N) to southern Chile (47°S) and the areas of greatest agglomeration are concentrated off the coasts of Peru and Mexico* (MARKAIDA & SOSA-NISHIZAKI 2003).

This paper describes the foraging strategy of the octopus *Octopus mimus* Gould, 1852 and its seasonal variation. Regarding the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835 diet, the trophic spectrum of specimens caught in research cruises is presented to keep updated the knowledge about this specific aspect.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

OBTENCIÓN DE LA MUESTRA

PULPO

En la bahía del Callao, los ejemplares fueron obtenidos entre febrero y diciembre de 2017, en el marco del seguimiento de pesquerías que desarrolla el Instituto del Mar del Perú. La captura se realizó en las embarcaciones pesqueras artesanales que operan en las islas frente a la bahía del Callao (Fig. 1) mediante buceo autónomo. Se analizaron 530 contenidos gástricos.

En Ilo se analizaron 326 estómagos de pulpo, 252 capturados en las zonas de Pocoma, El Faro, Montecarlo (Boca del Río), Picata, Platanales y 74 procedentes de una prospección efectuada por el Laboratorio Costero de IMARPE-Sede Ilo, en el mes de junio, en las zonas de Pocoma, Escoria y Punta Coles (Fig. 2).

Los estómagos fueron rotulados, preservados en alcohol y enviados a la sede central del IMARPE, para su análisis en el Laboratorio de Ecología Trófica.

2. MATERIAL AND METHODS

SAMPLE COLLECTION

OCTOPUS

In the Bay of Callao, the specimens were obtained between February and December 2017, as part of the fisheries monitoring carried out by the Instituto del Mar del Perú (Alternative: Peruvian Marine Research Institute). The catch was made in artisanal fishing vessels which operate in the islands off the Callao Bay (Fig. 1) by autonomous diving. A total of 530 gastric contents were analyzed.

In Ilo, 326 octopus stomachs were analyzed, out of which 252 were caught in the areas of Pocoma, El Faro, Montecarlo (Boca del Río), Picata, Platanales and 74 from a survey carried out by the IMARPE's Coastal Laboratory of Ilo in June in the areas of Pocoma, Escoria, and Punta Coles (Fig. 2).

The stomachs were labeled, preserved in alcohol and sent to IMARPE's headquarters for analysis at the Trophic Ecology Laboratory.

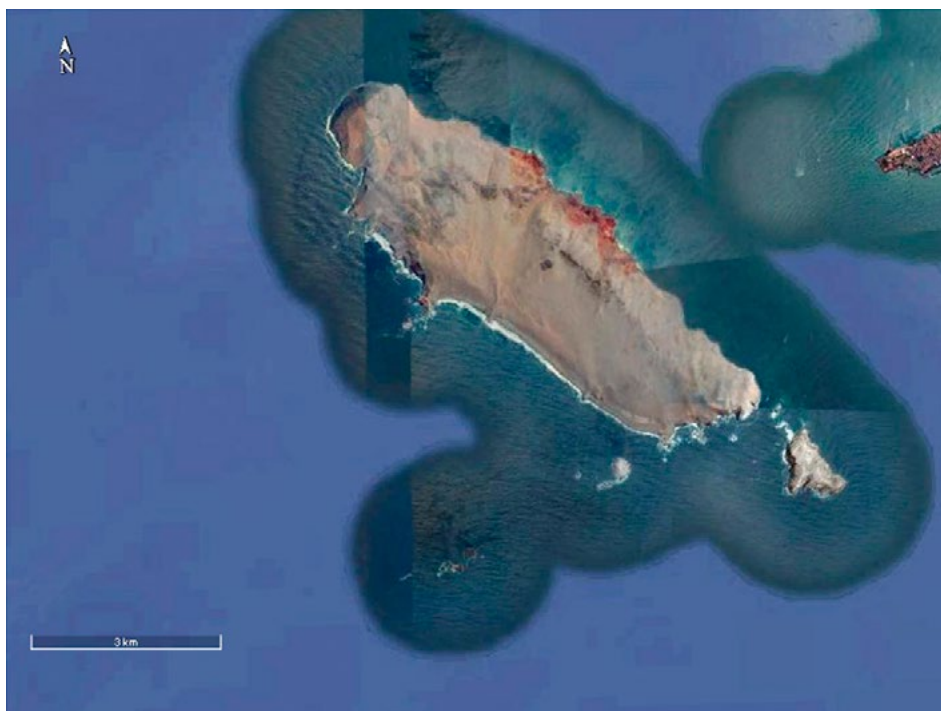


Figura 1.- Mapa de las islas frente a la Bahía del Callao en las cuales se realiza la captura comercial de *Octopus mimus* (Fuente: Google Earth)

Figure 1. Map of the islands off the Callao Bay in which the commercial catch of *Octopus mimus* is made (Source: Google Earth)



Figura 2.- Mapa de la zona de Punta Coles, distrito de Ilo, en la cual se realiza pesca comercial de *Octopus mimus* (Fuente: Google Earth)

Figure 2. Map of the Punta Coles area, district of Ilo, where commercial *Octopus mimus* fishing is conducted (Source: Google Earth)

CALAMAR GIGANTE

Crucero de evaluación 1703-04 (verano) BIC José Olaya

Los ejemplares fueron capturados con redes de arrastre de media agua (263) y con líneas de mano con poteras (35), entre 4 y 17°S. Los puntos de muestreo se indican en la figura 3.

Se recolectaron 50 estómagos, los que fueron rotulados y congelados para ser remitidos al Laboratorio de Ecología Trófica de la sede central del IMARPE para su análisis respectivo.

Crucero de evaluación 1711-12 (primavera) BIC José Olaya y Humboldt

Se analizaron 56 estómagos de *D. gigas*, procedentes de ejemplares capturados durante la ejecución del crucero de evaluación de calamar gigante (Cr. 1711-12), mediante líneas de mano con poteras y eventualmente con arrastre, en las zonas sur (BIC Humboldt) y norte (BIC José Olaya) (Fig. 4). El tratamiento de los estómagos para su conservación y traslado a la sede central fue similar a lo descrito para el crucero de verano.

JUMBO FLYING SQUID

Assessment cruise 1703-04 (summer) R/V José Olaya

The specimens were caught with midwater trawls (263) and handlines with jigs (35), at between 4 and 17°S. Sampling points are shown in Figure 3.

A total of 50 stomachs were collected, labeled, and frozen to be sent to the Trophic Ecology Laboratory at IMARPE's headquarters for their respective analysis.

Assessment cruise 1711-12 (spring) R/V José Olaya and Humboldt

A total of 56 stomachs of *D. gigas* were analyzed, from specimens caught, as part of the jumbo flying squid assessment cruise (Cr. 1711-12), by using handlines with jiggers and eventually trawling, in the southern (R/V Humboldt) and northern (R/V José Olaya) areas (Fig. 4). The treatment of the stomachs for their conservation and transfer to the headquarters was similar to the one described for the summer cruise.

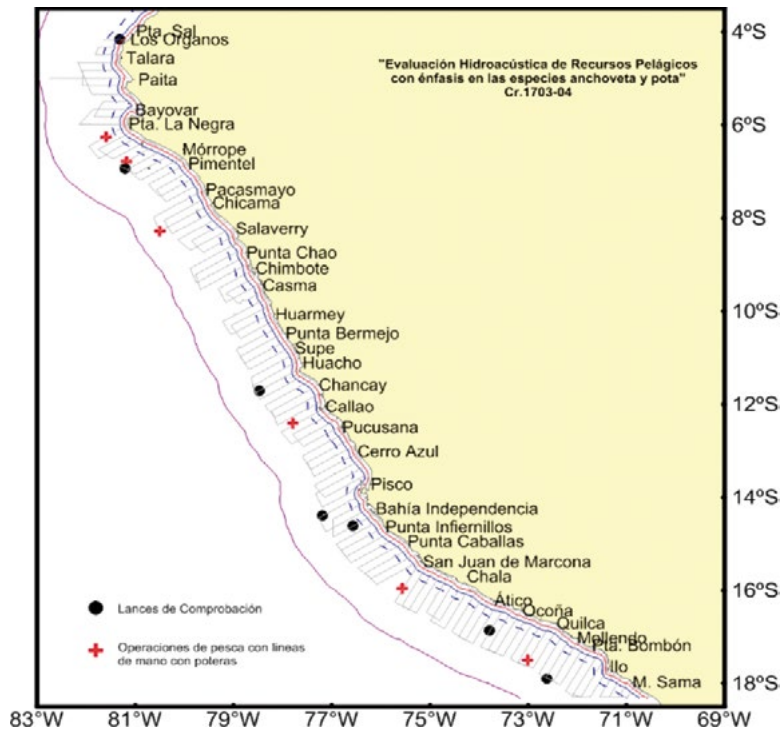


Figura 3.- Mapa con las áreas de captura de ejemplares de *D. gigas*. Crucero de evaluación 1606-07 BIC Flores (7 - 70 nm)

Figure 3. Map with the catch areas of *D. gigas* specimens. Assessment cruise 1606-07 R/V Flores (7 - 70 nm)

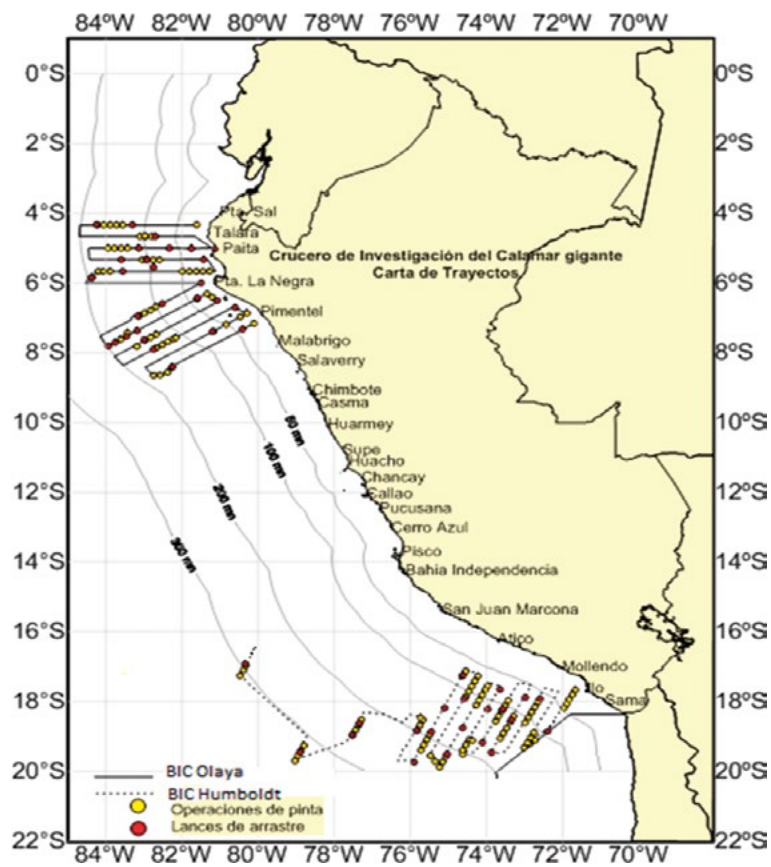


Figura 4.- Mapa de las áreas de captura de ejemplares de *D. gigas*, durante el crucero de evaluación 1711-12

Figure 4. Map of the areas where *D. gigas* specimens were caught during the assessment cruise 1711-12

Prospección de calamar gigante en Chicama-Paita

Se analizaron 33 estómagos de este recurso, capturados con pinta, procedentes de una prospección realizada frente a Chicama y Paita, en enero del 2017. El tratamiento de los contenidos gástricos fue similar a lo descrito anteriormente.

MUESTREO BIOMÉTRICO Y BIOLÓGICO

De los muestreos biométricos y biológicos se obtuvieron los siguientes datos: longitud dorsal del manto (LM, mm), peso total (PT, g), sexo y estadios de madurez gonadal.

En estadios de madurez gonadal para el pulpo se utilizó la escala de madurez sexual determinada por NACARINO (1997) y para el calamar gigante el descrito por SÁNCHEZ (2011).

TRATAMIENTO DEL CONTENIDO ESTOMACAL E IDENTIFICACIÓN DE PRESAS

El contenido de cada estómago, en todos los casos, fue filtrado y lavado utilizando una malla de 500 μ . El peso húmedo de las presas fue registrado con una balanza electrónica con precisión $\pm 0,01$ g. Las presas fueron reconocidas al mínimo nivel taxonómico posible utilizando literatura especializada para picos de cefalópodos (XAVIER & CHEREL 2009) y otolitos de peces (GARCÍA-GODOS 2001). Para este efecto se tomó en cuenta la presencia de partes duras como exoesqueletos, apéndices, otolitos y mandíbulas, a partir de los cuales se llegó a reconocer las presas comparando con material patrón disponible en el Laboratorio de Ecología Trófica del IMARPE. La materia orgánica no identificada (MONI) fue el alimento en estado de digestión avanzada.

Composición trófica de la dieta

Para cuantificar la dieta se utilizaron los métodos de frecuencia de ocurrencia (%FO), numérico (%N) y gravimétrico (%P) de acuerdo a HYSLOP (1980).

La frecuencia de ocurrencia relativa (%FO) se calculó utilizando la siguiente expresión: $\%FO = E_i / E_T \times 100$. Donde E_i = Número de estómagos con la presa i ; E_T = Número total de estómagos con alimento.

Survey of jumbo flying squid in Chicama-Paita

A total of 33 stomachs of this resource, caught with handline, were analyzed from a survey conducted off Chicama and Paita in January 2017. The treatment of the gastric contents was similar to what was described above.

BIOMETRIC AND BIOLOGICAL SAMPLING

The following data were obtained from biometric and biological sampling: mantle dorsal length (ML, mm), total weight (TW, g), sex, and gonadal maturity stages.

In gonadal maturity stages for the octopus, the scale of sexual maturity was used as determined by NACARINO (1997) and for the jumbo flying squid the one described by SÁNCHEZ (2011).

TREATMENT OF STOMACH CONTENT AND PREY IDENTIFICATION

The contents of each stomach, in all cases, were filtered and washed using a 500 μ mesh. The wet weight of the prey was recorded with an electronic scale with an accuracy of ± 0.01 g. The prey was recognized at the lowest possible taxonomic level by means of specialized literature for cephalopod beaks (XAVIER & CHEREL 2009) and fish otoliths (GARCÍA-GODOS 2001). For this purpose, the presence of hard parts such as exoskeletons, appendages, otoliths, and jaws was considered, through which prey was recognized by comparing it with standard material available in the IMARPE's Trophic Ecology Laboratory. Non-identified organic matter (NIOM) was the food in an advanced state of digestion.

Dietary trophic composition

The methods of frequency of occurrence (%FO), numerical (%N), and gravimetric (%P) were used to quantify the diet as defined by HYSLOP (1980).

The relative frequency of occurrence (%FO) was calculated by using the following formula: $\%FO = E_i / E_T \times 100$. Where E_i = Number of stomachs with prey i ; E_T = Total number of stomachs with food.

El método numérico expresado como el número de individuos por cada categoría alimenticia: $N (%) = Ni / Np \times 100$, donde Ni = número total de representantes de la presa i ; Np = número total de individuos de todas las presas ingeridas. El nivel taxonómico de las presas fue condicionado por el grado de digestión, en algunos casos no se pudo calcular el número de individuos por cada categoría alimenticia.

Se calculó el porcentaje del peso de cada categoría alimenticia frente al peso total de todos los ítems presa: $\%P = Pi / PT \times 100$. Donde Pi = peso de todas las presas i ; PT = peso total de todas las presas.

Se pesó el contenido estomacal, con el fin de determinar el índice de repleción o llenura (IR) de acuerdo a la siguiente expresión: $IR = (PCE) \times 100 / (PT - PCE)$. Donde PCE = peso del contenido estomacal, PT = peso total individual (MARKAIDA & SOSA-NISHIZAKI 2003).

Con los datos de frecuencia, se calculó el índice de amplitud de nicho trófico, de Gladfelter & Johnson modificado (B') (CARDONA 1991) con valores de 0,01 (especialista) a 1,00 (generalista):

$$B' = \frac{\sum f_i - \sigma}{100 R}$$

Donde: $\sum f_i$ = índice de Gladfelter & Johnson, σ = desviación estándar de la frecuencia de ocurrencia, R = número de especies presa determinadas.

Para ilustrar la dieta en el caso de pulpo se utilizaron gráficos mostrando $\%N$, $\%P$ y $\%FO$; y para graficar la distribución del IR (mediana, cuartiles, valor máximo y mínimo) se utilizaron diagramas de caja (*box-plot*).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos de pulpo de Callao fueron agrupados por estaciones y rangos de LM, utilizándose la prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) para determinar diferencias en el IR estacional y por rango de talla. En el pulpo de Ilo se determinaron diferencias en el IR según estaciones y PCE utilizando también la prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$).

The numerical method expressed as the number of individuals for each food category: $N (%) = Ni / Np \times 100$, where Ni = total number of representatives of prey i ; Np = total number of individuals of all ingested prey. The taxonomic level of the prey was conditioned by the degree of digestion; in some cases, it was not possible to estimate the number of individuals for each food category.

The percentage of the weight of each food category in relation to the total weight of all the prey items was calculated: $\%P = Pi / PT \times 100$. Where Pi = weight of all prey i ; PT = total weight of all prey.

The stomach contents were weighed in order to determine the fullness weight index (FWI) based on the following formula: $FWI = (WSC) \times 100 / (TW - WSC)$. Where WSC = weight of stomach contents, TW = individual total weight (MARKAIDA & SOSA-NISHIZAKI 2003).

With the frequency data, a modification of Gladfelter-Johnson's index to measure trophic niche breadth (B') (CARDONA 1991) was calculated with values from 0.01 (specialist) to 1.00 (generalist):

$$B' = \frac{\sum f_i - \sigma}{100 R}$$

Where: $\sum f_i$ = Gladfelter-Johnson's index, σ = standard deviation of the frequency of occurrence, R = number of prey species determined.

In order to illustrate the diet in the case of *O. mimus*, graphs showing $\%N$, $\%P$, and $\%FO$ were used; and to graph the distribution of the FWI (median, quartiles, maximum and minimum value) box-plot diagrams were used.

STATISTICAL ANALYSIS

Data for octopus in Callao were grouped by seasons and ML ranges, by means of the Kruskal-Wallis test ($\alpha = 0.05$) to determine differences in seasonal FWI and by length range. In the octopus from Ilo, differences in seasonal FWI and WSC were determined by using also the Kruskal-Wallis test ($\alpha = 0.05$).

Los datos de calamar gigante para el crucero 1703-04 (verano) BIC José Olaya fueron agrupados por arte de pesca, zona, sexo y rangos de LM. La prueba no paramétrica U de Mann-Whitney fue empleada para determinar diferencias entre IR según arte de pesca y sexo.

En todos los casos el análisis de los datos, pruebas estadísticas y gráficos fueron realizados utilizando el programa SPSS v.21.

3. RESULTADOS

Pulpo de Callao

De 530 contenidos gástricos de *O. mimus* analizados, 213 presentaron contenido estomacal (45% hembras, 55% machos). La talla de los ejemplares varió entre 85 y 215 mm LM y el peso total entre 193 y 3084 g.

Se determinaron 31 ítems presas pertenecientes a los grupos Decapoda, Cephalopoda, Bivalvia, Gastropoda y Teleostei (Tabla 1). Los crustáceos Decapoda fueron las presas que sobresalieron en %FO, %P y %N.

Destacó la presencia de *Petrolisthes desmarestii* (Guérin) en todas las estaciones, con mayor frecuencia y peso en invierno (70,59% y 57,97%, respectivamente). En el verano y otoño *Pilumnoides perlatus* (Poëppig) (%FO=19,67; %P=4,80; %N=12,44) y *Allopetrolisthes punctatus* (Guérin) (%FO=14,75; %P=14,38; %N=12,95) complementaron la dieta. En invierno y primavera los Alpheidae como el camarón pistolero *Sinalphus spinifrons* (Edwards) y *Alpheus inca* (Wicksten & Méndez) (%FO=20; %P=5,28; %N=9,47; %FO=26,92; %P=2,97; %N=12,94, respectivamente) tuvieron relativa representatividad en menor proporción (Fig. 5).

La amplitud del nicho trófico determinado estaría indicando que el pulpo en el periodo de estudio tuvo una dieta especializada ($B' = 0,05$).

El espectro trófico según LM, no presentó variaciones entre 85 y 174 mm ya que se alimentaron principalmente de *P. desmarestii*, *S. spinifrons* y *A. inca*, cuyo peso (%P) y abundancia (%N) se incrementó a medida que aumento la LM (Fig. 6), a diferencia de los ejemplares mayores a 174 mm en que *P. desmarestii* tuvo menor representatividad y destacó *A. punctatus*.

Jumbo flying squid data for cruise 1703-04 (summer) R/V José Olaya were grouped by fishing gear, area, sex, and ML ranges. The non-parametric Mann-Whitney U test was used to determine differences between FWI by fishing gear and sex.

In all cases, data analysis, statistical testing, and graphs were performed using SPSS v.21 software.

3. RESULTS

Octopus in Callao

Out of 530 analyzed gastric contents of *O. mimus*, only 213 presented stomach contents (45% females, 55% males). The specimens varied in size between 85 and 215 mm ML and the total weight was between 193 and 3084 g.

A total of 31 prey items belonging to the groups Decapoda, Cephalopoda, Bivalvia, Gastropoda, and Teleostei were determined (Table 1). The Decapoda crustaceans were the prey that stood out in %FO, %P, and %N.

The presence of *Petrolisthes desmarestii* (Guérin) in all seasons was particularly noteworthy, with greater frequency and weight in winter (70.59% and 57.97%, respectively). In summer and autumn, *Pilumnoides perlatus* (Poëppig) (%FO=19.67, %P=4.80, %N=12.44) and *Allopetrolisthes punctatus* (Guérin) (%FO=14.75, %P=14.38, %N=12.95) supplemented the diet. In winter and spring, the Alpheidae as the snapping shrimp *Sinalphus spinifrons* (Edwards) and *Alpheus inca* (Wicksten & Méndez) (%FO=20, %P=5.28, %N=9.47, %FO=26.92, %P=2.97, %N=12.94, respectively) were relatively less representative (Fig. 5).

The determined trophic niche breadth would indicate that octopus in the study period had a specialized diet ($B' = 0.05$).

The trophic spectrum, as per ML, did not show variations between 85 and 174 mm since they fed mainly on *P. desmarestii*, *S. spinifrons*, and *A. inca*, whose weight (%P) and abundance (%N) were incremented as ML increased (Fig. 6), unlike the specimens larger than 174 mm in which *P. desmarestii* was less representative and *A. punctatus* predominated.

Tabla 1.- Composición en peso (%P), frecuencia de ocurrencia (%FO) y número (%N) por ítem presa, en el contenido estomacal de *O. mimus*. Callao, 2017Table 1. Composition in weight (%P), frequency of occurrence (%FO) and number (%N) per prey item, in the stomach content of *O. mimus*. Callao, 2017

Item presa	Verano			Otoño			Invierno			Primavera		
	%P	%FO	%N	%P	%FO	%N	%P	%FO	%N	%P	%FO	%N
CRUSTACEA												
DECAPODA												
Porcelanidae												
<i>Allopetrolisthes angulosus</i>	1,28	6,56	3,63	0,17	2,70	1,27	1,10	2,35	1,05	0,59	7,69	2,35
<i>Allopetrolisthes punctatus</i>	14,38	14,75	12,95	1,66	2,70	1,27			0,10	3,85	1,18	
<i>Allopetrolisthes</i> sp.	0,14	1,64	0,52				0,21	2,35	1,05			
<i>Pachycheles crinimanus</i>	4,47	19,67	6,74	1,05	8,11	3,80	2,15	5,88	3,68	6,39	7,69	9,41
<i>Pachycheles grossimanus</i>	0,10	1,64	1,04				0,05	1,18	1,05			
<i>Petrolisthes desmarestii</i>	11,11	29,51	9,33	34,36	43,24	40,51	57,97	70,59	39,47	23,24	57,69	17,65
<i>Petrolisthes granulosus</i>	1,45	11,48	3,63	0,24	5,41	2,53				10,22	11,54	3,53
<i>Liopetrolisthes mitra</i>	2,68	14,75	7,25	1,17	5,41	2,53	1,62	4,71	2,11	0,50	3,85	1,18
Porcelanidae n.i.							0,17	1,18	0,53			
Xanthidae												
<i>Paraxanthus barbiger</i>	1,29	8,20	2,59	0,19	2,70	1,27	0,55	2,35	1,05	3,20	7,69	2,35
Xanthidae n. i.	2,46	13,11	4,15	1,32	8,11	2,53	1,59	5,88	2,63	3,13	15,38	4,71
Platyxanthidae												
<i>Platyxanthus orbignyi</i>										2,69	3,85	1,18
Pilumnoididae												
<i>Pilumnoides perlatus</i>	4,80	19,67	12,44	0,42	2,70	2,53	0,60	5,88	3,16	3,59	19,23	7,06
Alpheidae												
<i>Synalpheus spinifrons</i>	3,00	13,11	8,29	1,23	8,11	5,06	5,28	20,00	9,47	2,97	26,92	12,94
<i>Alpheus chilensis</i>	1,92	8,20	4,66	0,54	2,70	5,06	4,30	5,88	5,79	1,09	7,69	4,71
<i>Alpheus inca</i>	2,72	13,11	4,66	1,94	13,51	8,86	7,56	12,94	10,00	2,75	23,08	7,06
<i>Athanas nitescens</i>	1,45	4,92	1,55	3,18	8,11	2,53						
Rhynchocinetidae												
<i>Rhynchocinetes typus</i>	2,82	4,92	1,55	2,76	10,81	2,53	1,54	1,18	2,11	1,69	7,69	2,35
Paguridae												
<i>Pagurus perlatus</i>							0,16	3,53	1,58			
<i>Pagurus edwardsii</i>	2,43	19,67	6,22	2,20	16,22	8,86	1,52	4,71	2,63	0,07	3,85	1,18
Huevos de Decapoda				2,54	2,70	1,27	3,62	1,18	0,53	10,09	3,85	1,18
Decapoda n.i.	0,26	1,64	0,52	4,31	8,11	3,80	0,90	5,88	2,63	5,40	15,38	4,71
MOLLUSCA												
BIVALVIA												
Semelidae												
<i>Semele</i> sp.				4,95	2,70	1,27				3,22	3,85	1,18
Mytilidae												
Mytilidae	0,26	6,56	4,66							0,17	3,85	1,18
Bivalvo	0,39	1,64	0,52				0,95	7,06	6,84	2,44	7,69	4,71
GASTROPODA												
<i>Thais</i> sp.	7,17	1,64	0,52							13,73	15,38	4,71
Gasteropoda							0,18	2,35	1,05			
CEPHALOPODA												
Huevos de <i>O. mimus</i>	28,01	1,64	0,00	33,11	2,70	1,27				0,68	3,85	1,18
TELEOSTEI												
<i>Anchoa nasus</i> (huevos)										0,65	3,85	1,18
Teleostei n.i.	4,78	8,20	2,59	2,67	2,70	1,27						
MONI (mat. org. no id.)	0,64	1,64					7,98	3,53	1,58	1,43	3,85	1,18

Índice de repleción por estaciones y longitud del manto

El IR promedio varió entre $0,18 \pm 0,25$ (primavera) y $0,30 \pm 0,38$ (invierno) (Fig. 7). El análisis estadístico mostró que no hubo diferencias (Kruskal-Wallis-test, chi-cuadrado = 7,753, $p = 0,051$).

En relación al IR por rango de talla (LM, mm), los valores promedio variaron entre $0,20 \pm 0,22$ (145 - 174 mm) y $0,29 \pm 0,44$ (85 - 114 mm) (Fig. 8). El análisis estadístico mostró que no hubo diferencias (Kruskal-Wallis-test, chi-cuadrado = 0,175, $p = 0,916$).

Fullness weight index by seasons and mantle length

The mean FWI ranged from 0.18 ± 0.25 (spring) to 0.30 ± 0.38 (winter) (Fig. 7). Statistical analysis showed no differences (Kruskal-Wallis-test, chi-square = 7.753, $p = 0.051$).

Regarding the FWI per length range (ML, mm), the mean values ranged from 0.20 ± 0.22 (145 - 174 mm) to 0.29 ± 0.44 (85 - 114 mm) (Fig. 8). Statistical analysis showed no differences (Kruskal-Wallis-test, chi-square = 0.175, $p = 0.916$).

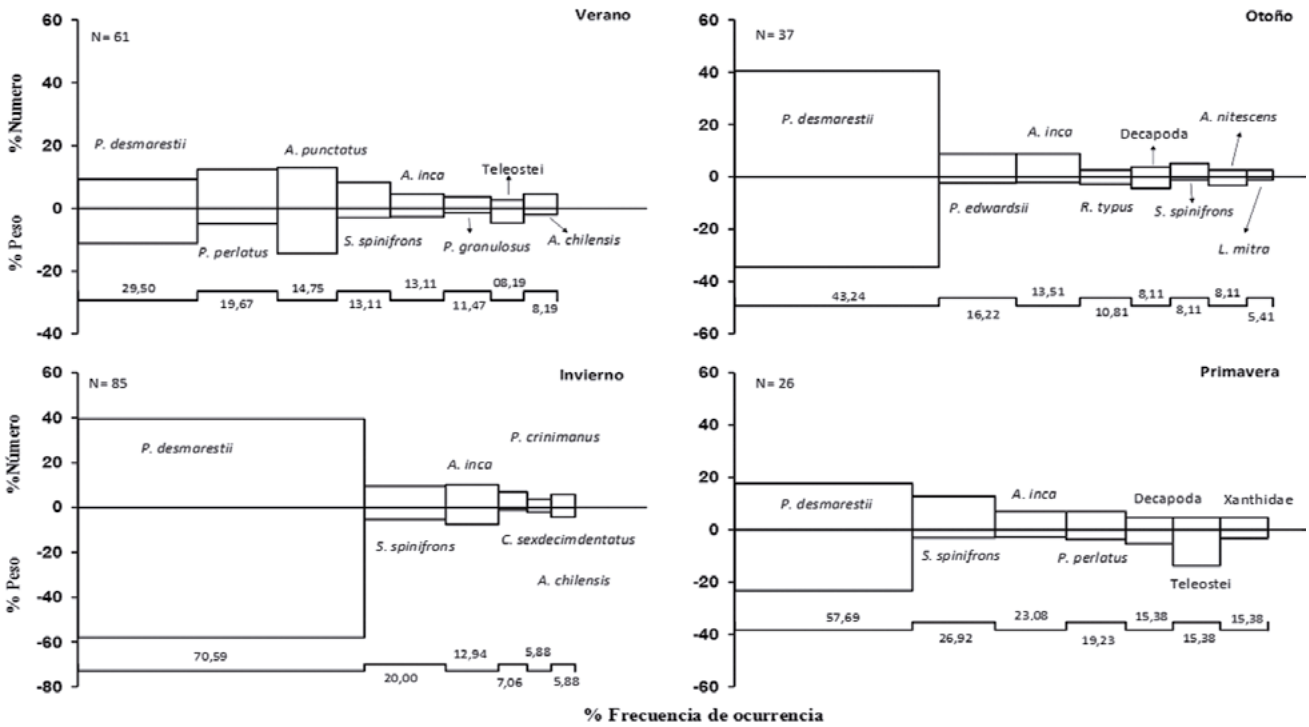


Figura 5.- Composición de la dieta de *O. mimus*, según número (%N), peso (%P) y frecuencia de ocurrencia (%FO) por estaciones. Callao, 2017

Figure 5. *O. mimus* dietary composition by number (%N), weight (%P) and frequency of occurrence (%FO) by seasons. Callao, 2017

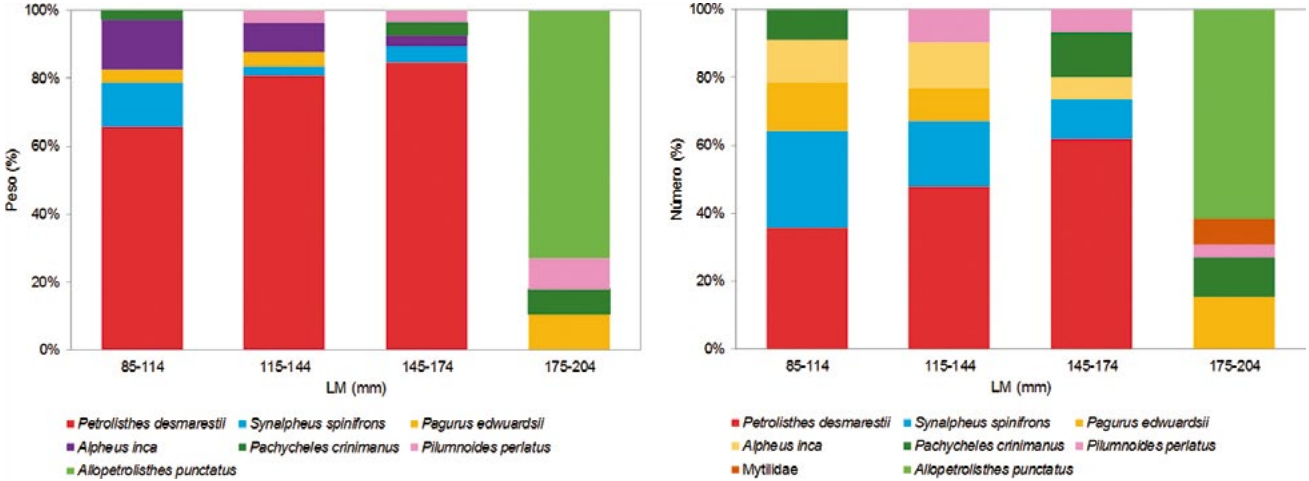


Figura 6.- Composición de la dieta de *O. mimus* en peso (%P) y abundancia (%N), según LM (mm). Callao, 2017

Figure 6. *O. mimus* dietary composition in weight (%P) and abundance (%N), as per ML (mm). Callao, 2017

El IR de *O. mimus* entre 2014 y 2017 (Fig. 9) presentó valores de $0,18 \pm 0,17$ (2014), $0,22 \pm 0,30$ (2015 y 2016), $0,23 \pm 0,30$ (2017). El análisis estadístico mostró que no hubo diferencias anuales entre estos años (Kruskal-Wallis-test, $\chi^2=2,642$; $p=0,450$). Estacionalmente en esos años no hubo diferencias, excepto en el 2014.

Between 2014 and 2017, the FWI of *O. mimus* (Fig. 9) showed values of 0.18 ± 0.17 (2014), 0.22 ± 0.30 (2015 and 2016), 0.23 ± 0.30 (2017). Statistical analysis showed that there were no annual differences among these years (Kruskal-Wallis-test, $\chi^2 = 2.642$; $p = 0.450$). Seasonally, in those years there were no differences, except in 2014.

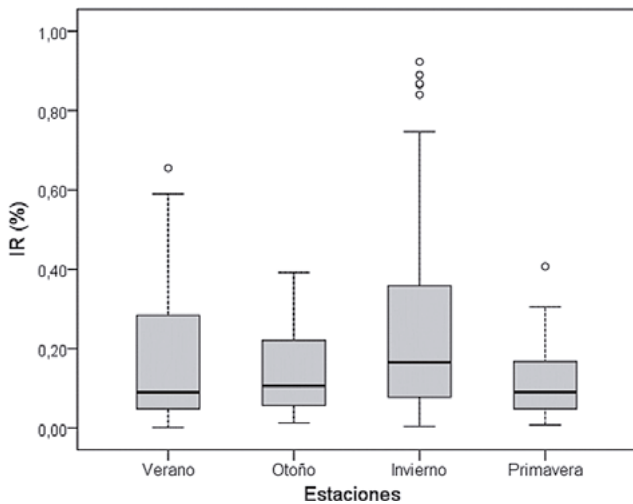


Figura 7.- Box-plot del índice de repleción (IR) de *O. mimus*, según estaciones. Callao, 2017

Figure 7. Box-plot diagram of the fullness weight index (FWI) of *O. mimus*, per seasons. Callao, 2017

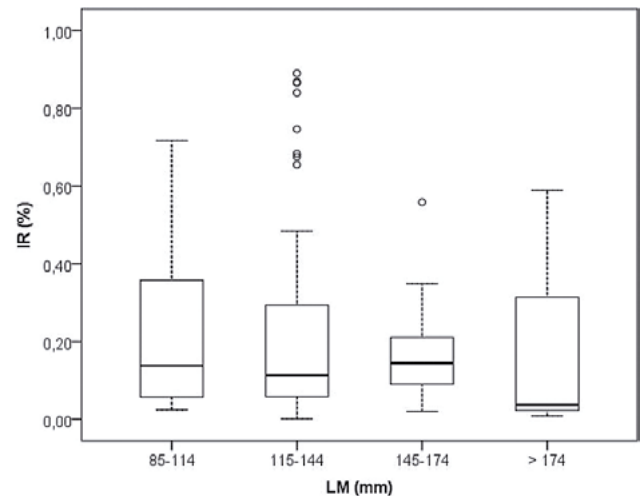


Figura 8.- Box-plot del índice de repleción (IR) de *O. mimus*, según LM. Callao, 2017

Figure 8. Box-plot diagram of the fullness weight index (IR) of *O. mimus*, as per ML. Callao, 2017

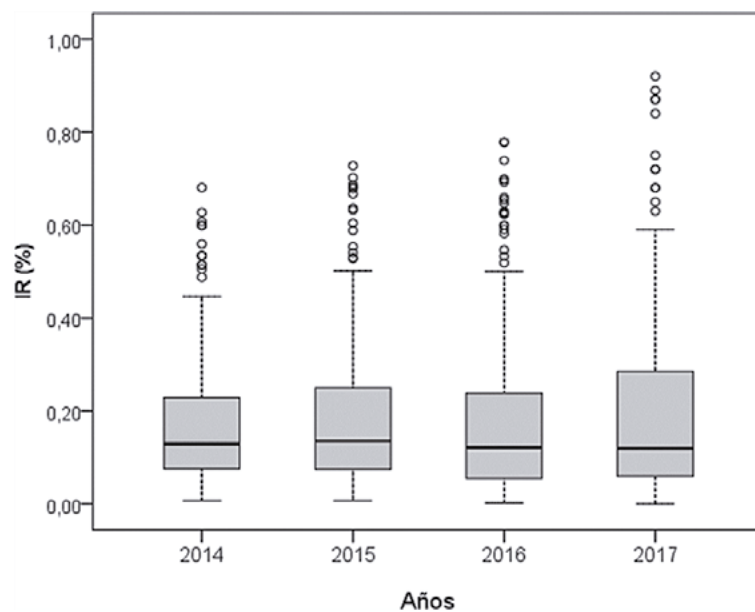


Figura 9.- Box-plot del índice de repleción (IR%) en *O. mimus* de Callao durante los años 2014 a 2017

Figura 9. Box plot diagram of the fullness weight index (FWI) of *O. mimus* in Callao during 2014 to 2017

Pulpo de Ilo

De los 326 contenidos gástricos analizados, 137 presentaron contenido. La LM de los ejemplares varió entre 72 y 998 mm, el peso entre 210 y 4126 g.

Se determinaron 31 ítems presas pertenecientes a los grupos Decapoda, Stomatopoda, Cephalopoda, Bivalvia, Teleostei (Tabla 2). Los primeros fueron las presas que destacaron en %FO, %P y %N.

Octopus in Ilo

Out of 326 analyzed gastric contents, only 137 presented contents. The ML of the specimens varied between 72 and 998 mm, the weight was between 210 and 4126 g.

A total of 31 prey items belonging to the groups Decapoda, Stomatopoda, Cephalopoda, Bivalvia, Teleostei were determined (Table 2). The first ones were the prey that stood out in %FO, %P, and %N.

En los resultados de la dieta según estaciones, destacaron en verano *Allopetrolisthes angulosus* (Guérin) (%FO= 60; %P= 20,18; %N= 16,67), seguido de *S. spinifrons* (%FO= 40; %P= 17,49; %N= 33,33), entre otras presas. En otoño fueron *S. spinifrons* (%FO= 17,50; %P= 8,00; %N= 8,64), Decapoda indeterminados (%FO= 17,50; %P= 4,85; %N= 8,64). En invierno, *A. angulosus* (%FO= 25,00; %P= 11,41; %N= 39,62), *S. spinifrons* (%FO= 15,63; %P= 4,51; %N= 10,38). En primavera, destacaron *S. spinifrons* (%FO= 28,57; %P= 2,53; %N= 22,86), *A. inca* (%FO= 21,43; %P= 4,69; %N= 8,57), *P. desmarestii* (%FO= 21,43; %P= 3,09; %N= 8,57), entre otras en menor proporción (Fig. 10).

In the results of the diet for each season, *Allopetrolisthes angulosus* (Guérin) (%FO= 60, %P= 20.18, %N= 16.67), followed by *S. spinifrons* (%FO= 40, %P= 17.49, %N= 33.33), among other prey, stood out in summer. In autumn, *S. spinifrons* (%FO= 17.50, %P= 8.00, %N= 8.64), indeterminate Decapoda (%FO= 17.50, %P= 4.85, %N= 8.64) predominated. In winter, *A. angulosus* (%FO= 25.00, %P= 11.41, %N= 39.62), *S. spinifrons* (%FO= 15.63, %P= 4.51, %N= 10.38) stood out. In spring, *S. spinifrons* (%FO= 28.57, %P= 2.53, %N= 22.86), *A. inca* (%FO= 21.43, %P= 4.69, %N= 8.57), *P. desmarestii* (%FO= 21.43, %P= 3.09, %N= 8.57), among others in lesser proportion, predominated (Fig. 10).

En la figura 11 se observa el diagrama *box-plot* del peso de contenido estomacal (PCE) por estaciones, cuyo promedio varió entre $0,89 \pm 0,71$ (verano) y $2,73 \pm 4,41$ (invierno). Estadísticamente no hubo diferencias (Kruskal-Wallis-test, $\chi^2=5,155$; $p= 0,161$).

Figure 11 shows the *box-plot* diagram of the weight of stomach contents (WSC) by season, whose average ranged from 0.89 ± 0.71 (summer) to 2.73 ± 4.41 (winter). Statistically, there were no differences (Kruskal-Wallis-test, $\chi^2=5.155$; $p=0.161$).

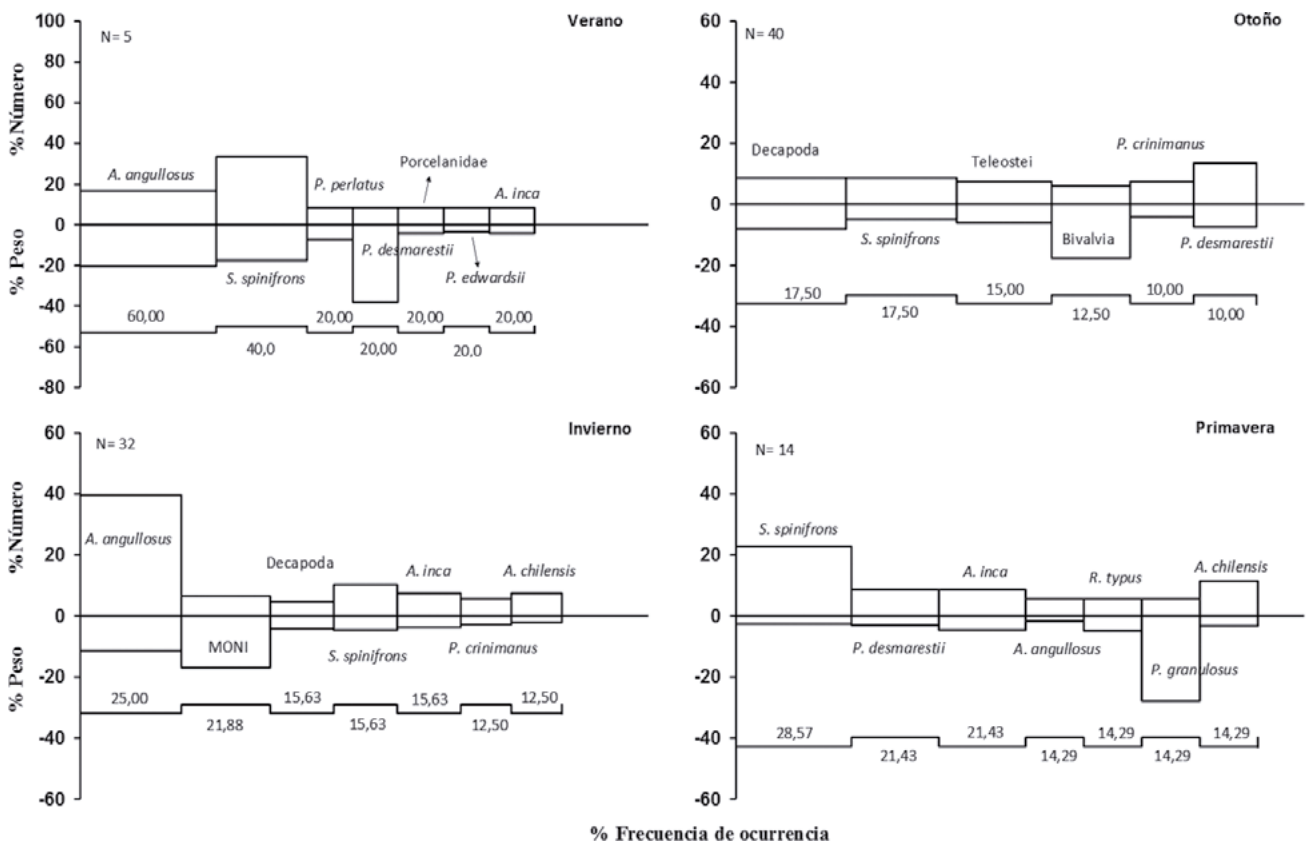


Figura 10.- Composición de la dieta de *O. mimus*, según número (%N), peso (%P) y frecuencia de ocurrencia (%FO) por estaciones. Ilo 2017

Figure 10. *O. mimus* dietary composition, by number (%N), weight (%P) and frequency of occurrence (%FO) by seasons. Ilo 2017

Tabla 2.- Composición en Peso (%P), Frecuencia de ocurrencia (%FO) y Número (%N) por ítem presa, en el contenido estomacal de *O. mimus*. Ilo, 2017

Table 2. Composition in Weight (%P), Frequency of occurrence (%FO) and Number (%N) per prey item, in the stomach content of *O. mimus*. Ilo, 2017

Item presa	Verano			Otoño			Invierno			Primavera		
	%P	%FO	%N	%P	%FO	%N	%P	%FO	%N	%P	%FO	%N
CRUSTACEA												
DECAPODA												
Porcelanidae												
<i>Allopetrolisthes angulosus</i>	20,18	60,00	16,67	4,28	7,50	3,70	11,41	25,00	39,62	1,69	14,29	5,71
<i>Allopetrolisthes punctatus</i>				3,76	7,50	8,64						
<i>Allopetrolisthes</i> sp.				5,63	10,00	4,94						
<i>Allopetrolisthes spinifrons</i>							1,56	3,13	0,94			
<i>Pachycheles crinimanus</i>				4,04	10,00	7,41	1,93	3,13	0,94			
<i>Pachycheles grossimanus</i>							2,86	12,50	5,66			
<i>Petrolisthes desmarestii</i>	38,12	20,00	8,33	7,40	10,00	13,58	3,67	6,25	0,94	3,09	21,43	8,57
<i>Petrolisthes granulatus</i>										27,83	14,29	5,71
<i>Liopetrolisthes mitra</i>				1,04	2,50	1,23	2,17	3,13	1,89	1,43	7,14	2,86
Porcelanidae n.i.	4,26	20,00	8,33				0,80	6,25	1,89			
Xanthidae												
<i>Paraxanthus barbiger</i>										1,50	7,14	2,86
<i>Cycloxanthops sexdecimdentatus</i>							0,10	3,13	0,94			
Xanthidae n. i.				1,91	7,50	3,70	3,67	6,25	1,89	2,74	7,14	2,86
Pilumnoididae												
<i>Pilumnoides perlatus</i>	7,40	20,00	8,33	3,48	10,00	6,17	0,84	6,25	1,89	0,79	14,29	5,71
Cancridae												
<i>Romaleon</i> sp.				1,14	5,00	2,47						
Alpheidae												
<i>Synalpheus spinifrons</i>	17,49	40,00	33,33	4,85	17,50	8,64	4,51	15,63	10,38	2,53	28,57	22,86
<i>Alpheopsis chilensis</i>				1,42	5,00	2,47	2,14	12,50	7,55	3,11	14,29	11,43
<i>Alpheus inca</i>	4,26	20,00	8,33	0,87	2,50	1,23	3,62	15,63	7,55	4,69	21,43	8,57
Alpheidae n.i.				1,75	2,50	1,23						
Rhynchocinetidae												
<i>Rhynchocinetes typus</i>							33,05	6,25	1,89	4,84	14,29	5,71
Paguridae												
<i>Pagurus perlatus</i>							0,82	9,38	2,83			
<i>Pagurus edwardsii</i>	3,59	20,00	8,33				0,30	3,13	0,94	0,19	7,14	2,86
Huevos de decapoda				7,12	2,50	1,23						
Decapoda n.i.	4,71	20,00	8,33	8,00	17,50	8,64	4,25	15,63	4,72	1,31	7,14	2,86
MALACOSTRACA												
STOMATOPODA												
Stomatopoda n.i.				0,52	2,50	1,23						
MOLLUSCA												
BIVALVIA												
Semelidae												
<i>Semele</i> sp.				17,61	12,50	6,17						
Pectinidae												
<i>Argopecten purpuratus</i>										9,23	7,14	2,86
Mytilidae												
Mytilidae				0,09	2,50	2,47						
CEPHALOPODA												
<i>Octopus mimus</i>				13,66	2,50	3,70	5,39	3,13	0,94	4,09	7,14	2,86
TELEOSTEI												
Teleostei n.i.				5,99	15,00	7,41				30,46	14,29	5,71
MONI (mat. org. no id.)				5,46	7,50	3,70	16,92	21,88	6,60	0,49	7,14	

Los ejemplares capturados durante la prospección efectuada en junio por el Laboratorio Costero Sede Ilo, en las zonas de Punta Coles y Escoria (Moquegua), presentaron tallas entre 72 y 213 mm de LM. La dieta en términos de frecuencia de ocurrencia (%FO) estuvo compuesta principalmente por los Alpheidae, como el camarón pistolero *S. spinifrons* (32,26%), *A. inca* (22,58%), los Porcelanidae *A. angulosus* (19,35%), *Liopetrolisthes mitra* (Dana) (16,13%), entre otras presas (Tabla 3).

The specimens collected in the June survey which was carried out by the Coastal Laboratory of Ilo, in the areas of Punta Coles and Escoria (Moquegua), had sizes between 72 and 213 mm ML. The diet in terms of frequency of occurrence (%FO) was composed mainly by Alpheidae, such as the snapping shrimp *S. spinifrons* (32.26%), *A. inca* (22.58%), the Porcelanidae *A. angulosus* (19.35%), *Liopetrolisthes mitra* (Dana) (16.13%), among other prey (Table 3).

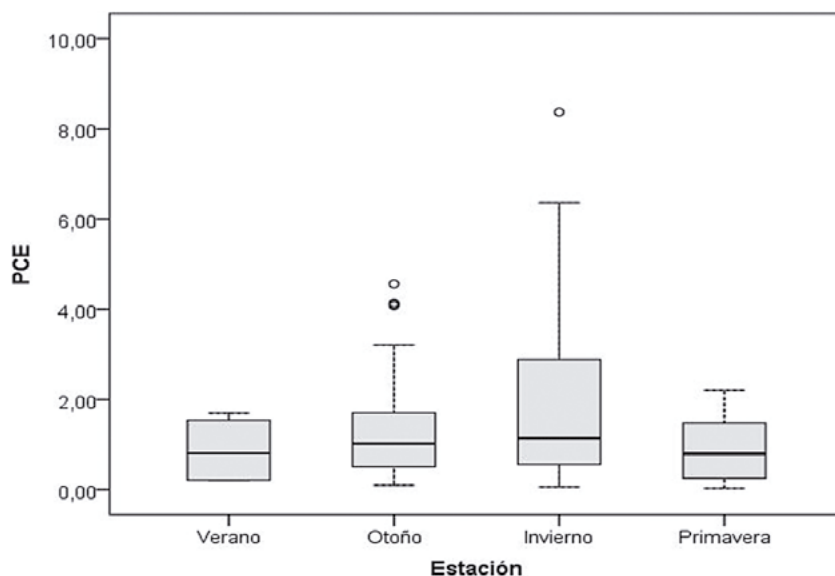


Figura 11.- Box-plot del peso de contenido estomacal (PCE, g) de *O. mimus*, según estaciones. Ilo, 2017

Figure 11. Box-plot diagram of the weight of stomach contents (WCS, g) of *O. mimus*, as per seasons. Ilo, 2017

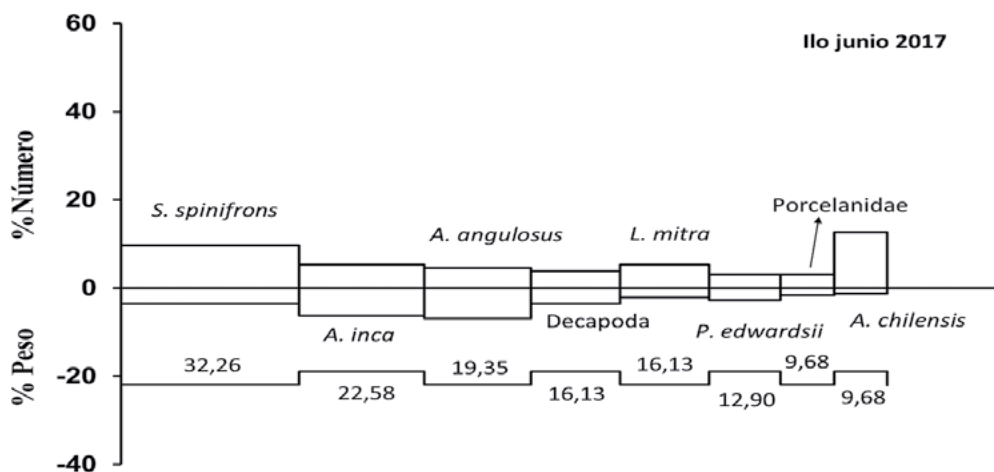


Figura 12.- Composición por porcentaje en número (%N) y peso (%P) de las principales presas de *O. mimus*. Moquegua, junio 2017

Figure 12. Composition by percentage in number (%N) and weight (%P) of the main prey of *O. mimus*. Moquegua, June 2017

En términos de peso (%P), destacaron *A. angulosus* (6,96%), *A. inca* (6,36%), *S. spinifrons* (3,64%). En abundancia (%N) predominaron los Alpheidae *Alpheus chilensis* Lenz (12,69%), *S. spinifrons* (9,70%), *A. inca* (5,22%) (Fig. 12).

Regarding weight (%P), *A. angulosus* (6.96%), *A. inca* (6.36%), *S. spinifrons* (3.64%) stood out. In abundance (%N), the Alpheidae: *Alpheus chilensis* Lenz (12.69%), *S. spinifrons* (9.70%), and *A. inca* (5.22%) predominated (Fig. 12).

Crucero de evaluación de calamar gigante 1703-04 BIC José Olaya

De los 50 contenidos gástricos analizados, 61% correspondieron a hembras y 39% a machos, y 38 presentaron contenido estomacal. La longitud del manto en hembras varió entre 102 y 852 mm, y en machos entre 135 y 300 mm.

Jumbo flying squid assessment cruise 1703-04 R/V José Olaya

Out of the 50 analyzed gastric contents, 61% corresponded to females and 39% to males, and only 38 presented stomach contents. The mantle length in females varied between 102 and 852 mm, and in males varied between 135 and 300 mm.

Tabla 3.- Composición en peso (%P), frecuencia de ocurrencia (%FO) y abundancia (%N) por ítem presa, en el contenido estomacal de *O. mimus*. Ilo, junio 2017Table 3. Composition in weight (%P), frequency of occurrence (%FO) and abundance (%N) per prey item, in the stomach content of *O. mimus*. Ilo, June 2017

Item presa	%P	%FO	%N
CRUSTACEA			
DECAPODA			
Porcelanidae			
<i>Allopetrolisthes angulosus</i>	6,96	19,35	4,48
<i>Allopetrolisthes</i> sp.	1,82	3,23	0,75
<i>Pachycheles crinimanus</i>	0,44	3,23	0,75
<i>Pachycheles grossimanus</i>	1,91	6,45	3,73
<i>Petrolisthes desmarestii</i>	0,90	6,45	1,49
<i>Petrolisthes granulosus</i>	0,24	3,23	0,75
<i>Petrolisthes armatus</i>	0,13	3,23	0,75
<i>Liopetrolisthes mitra</i>	2,14	16,13	5,22
Porcelanidae n.i.	1,59	9,68	2,99
Xanthidae			
<i>Cycloxanthops sexdecimdentatus</i>	0,68	3,23	1,49
Xanthidae n. i.	0,99	6,45	0,75
Cancriidae			
<i>Romaleon setosum</i>	0,60	3,23	0,75
Cancriidae n.i.	2,24	6,45	1,49
Pilumnoididae			
<i>Pilumnoides perlatus</i>	0,48	3,23	0,75
Alpheidae			
<i>Synalpheus spinifrons</i>	3,64	32,26	9,70
<i>Alpheus chilensis</i>	1,30	9,68	12,69
<i>Alpheus inca</i>	6,36	22,58	5,22
Paguridae			
<i>Pagurus edwardsii</i>	2,77	12,90	2,99
Decapoda n.i.	3,62	16,13	3,73
MALACOSTRACA			
Isopoda			
Isopoda n. i.	0,08	6,45	1,49
MOLLUSCA	0,63	3,23	0,75
BIVALVIA			
Semelidae			
<i>Semele</i> sp.	30,50	6,45	1,49
Mytilidae			
Mytilidae n. i.	1,04	6,45	15,68
GASTROPODA			
<i>Mitrella</i> sp.	0,24	3,23	2,99
Naticidae	0,24	6,45	2,99
Gastropoda n.i.	0,21	3,23	1,49
CEPHALOPODA			
<i>Octopus mimus</i>	18,92	6,45	1,49
Cephalopoda n. i.	2,43	3,23	0,75
POLYCHAETA			
Gliceridae			
Gliceridae n.i.	0,24	3,23	6,72
Polychaeta n. i.	0,41	6,45	2,24
TELEOSTEI			
Engraulidae	0,57	3,23	0,75
Teleostei n.i.	0,83	3,23	0,75
MONI (mat. org. no id.)	4,86	12,90	0,00

Descripción general de la dieta

Se determinaron 16 ítems presa, correspondientes a los grupos taxonómicos Cephalopoda (3%), Gastropoda (2,19%), Crustacea (19,46%) y Teleostei (75,36%). En la Tabla 4 se presenta la composición de la dieta de ejemplares capturados con diferentes artes de pesca.

La dieta de los individuos capturados con red de arrastre fue principalmente ictiófaga, en términos de peso (%P), abundancia (%N) y frecuencia de ocurrencia (%FO), destacando *Vinciguerria*

Diet overview

A total of 16 prey items were determined, corresponding to the taxonomic groups Cephalopoda (3%), Gastropoda (2.19%), Crustacea (19.46%), and Teleostei (75.36%). Table 4 shows the dietary composition of specimens caught with different fishing gears.

The diet of individuals caught with trawls was mainly ichthyophagus. Regarding weight (%P), abundance (%N), and frequency of occurrence (%FO), *Vinciguerria lucetia* (Garman) stood out

lucetia (Garman) (71,12%; 88,71% y 68,18%, respectivamente). Se presentó alto porcentaje de teleósteos, que por el grado de digestión no pudieron ser determinados (Tabla 4).

(71.12%, 88.71%, and 68.18%, respectively). There was a high percentage of Teleostei, which could not be determined due to the degree of digestion (Table 4).

Tabla 4.- Espectro alimentario del calamar gigante *D. gigas* procedente del crucero de evaluación 1703-04 BIC José Olaya. Arte: arrastre y pinta

Table 4. Food spectrum of the jumbo flying squid *D. gigas* from the assessment cruise 1703-04 R/V José Olaya. Fishing gear: trawl and handline

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	Arrastre			Pinta				
					%P	%FO	%N	%P	%FO	%N		
Mollusca	Cephalopoda			Cephalopoda n/i	0,48	9,09	0,63	4,15	18,75	2,63		
			Onychoteuthidae	<i>Onychoteuthis banksii</i>	0,50	13,64	0,94	0,03	6,25	0,88		
			Myopsida	Loliginidae		0,83	4,55	0,31				
			Octopoda	Octopodidae		1,19	4,55	0,31				
					<i>Argonauta</i> sp.				20,97	31,25	9,65	
			Gastropoda	Thecosomata	Cavoliniidae	Cavoliniidae n.i.	0,21	4,55	0,31	2,92	31,25	4,39
		Naticidae			<i>Natica</i> sp.	1,98	9,09	0,94				
		Arthropoda	Crustacea			Crustacea n/i	8,37	22,73	1,57			
					Decapoda	Decapoda n/i	10,82	13,64	0,94	0,81	6,25	0,88
						Munididae	<i>Pleuroncodes monodon</i>	0,06	4,55	0,31	69,92	18,75
	Copepoda			Poecilostomatoida	Oncaeidae	<i>Oncaea</i> sp.	0,10	4,55	0,31			
Calanoida				Centropagidae	<i>Centropages furcatus</i>	0,10	4,55	0,31				
Chordata	Actinopterygii					Teleostei n/i	3,22	22,73	2,82			
			Myctophiformes	Myctophidae	<i>Lampanyctus</i> spp.	0,29	4,55	0,31	0,23	6,25	0,88	
		<i>Diogenichthys laternatus</i>			0,17	4,55	0,31	0,17	6,25	0,88		
			Stomiiformes	Phosichthyidae	<i>Vinciguerria lucetia</i>	71,12	68,18	88,71	0,81	6,25	0,88	
			Lophiiformes	Lophiidae	<i>Lophiodes</i> sp.	0,46	9,09	0,63				
					RONI	0,10	4,55	0,31				

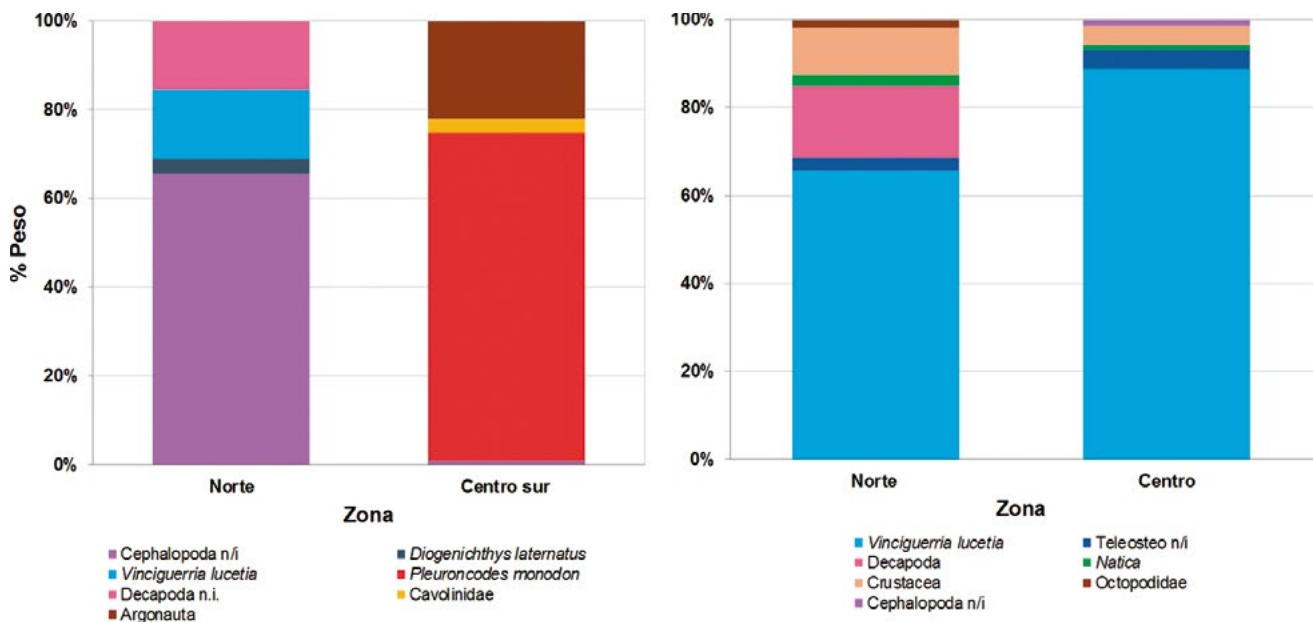


Figura 13.- Principales presas en la dieta de *D. gigas* según arte de pesca: pinta (izquierda), arrastre (derecha), por zonas. Crucero de evaluación 1703-04 BIC José Olaya

Figure 13. Main prey in the diet of *D. gigas* by fishing gear: handline (left), trawl (right), per areas. Assessment cruise 1703-04 R/V José Olaya

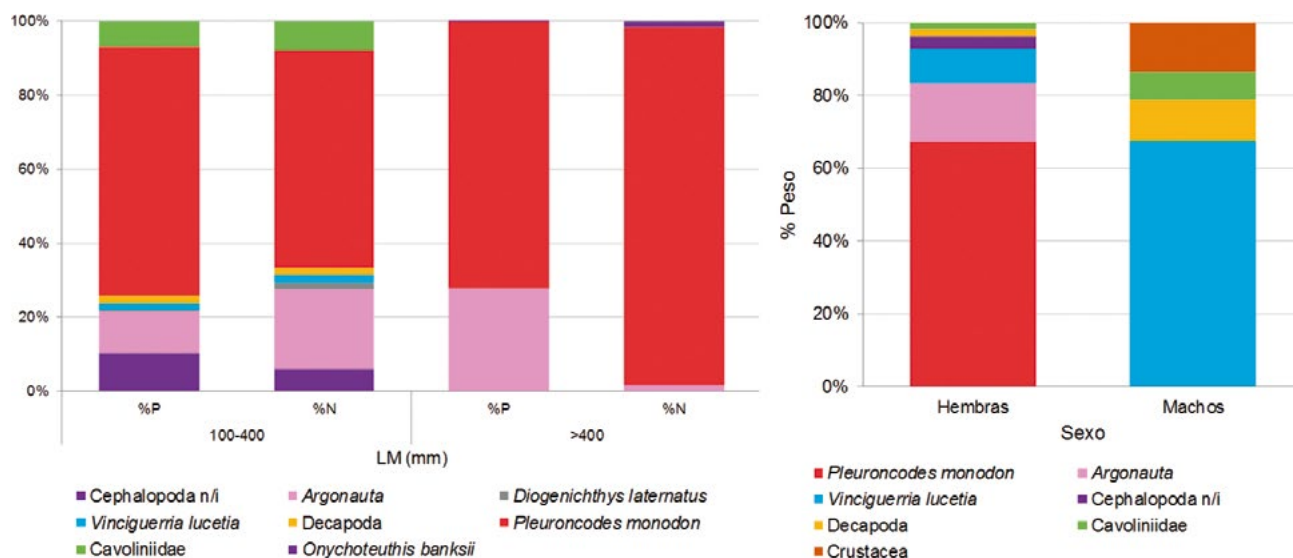


Figura 14.- Composición de la dieta según LM (izquierda) (pinta) y sexo (derecha) (arrastre).
Crucero de evaluación 1703-04 BIC José Olaya

Figure 14. Dietary composition as per ML (left) (handline) and sex (right) (trawl).
Assessment cruise 1703-04 R/V José Olaya

En la dieta de los ejemplares capturados mediante línea de mano con potera (pinta), en términos de %P y %N, sobresalió el camaroncito rojo *Pleuroncodes monodon* (H. Milne Edwards) (69,92% y 78,95%, respectivamente) y en términos de %FO destacaron *Argonauta* sp., los Gastropoda Thecosomata Cavolinidiidae (31,25% c/u) (Tabla 4).

Con relación a la composición de la dieta (%P) de ejemplares capturados con pinta, se observaron variaciones según zonas, en el norte predominaron los Cephalopoda n.i. (65%), *V. lucetia* (16%); mientras que en la zona centro-sur, destacaron *P. monodon* (74%), *Argonauta* sp. (22%) (Fig. 13 a). En los ejemplares capturados mediante arrastre, no se observaron diferencias, destacando en el norte y centro *V. lucetia* (66% y 89% respectivamente) (Fig. 13 b).

Con respecto a la dieta según LM (%P y %N), los individuos capturados con línea de mano con potera, entre 100 a 400 mm y > 400, se alimentaron principalmente de munida *P. monodon* y cefalópodos, entre otras presas que se presentaron en menor proporción (Fig. 14a). Respecto al sexo (%P), la presa dominante en las hembras fue *P. monodon* (66,05%), mientras que en machos destacó *V. lucetia* (62,46%) (Fig. 14b).

The red squat lobster *Pleuroncodes monodon* (H. Milne Edwards), in terms of %P and %N (69.92% and 78.95%, respectively) stood out in the diet of the specimens caught by means of handline with jiggers and in terms of %FO *Argonauta* sp., the Gastropoda Thecosomata Cavolinidiidae (31.25% each) stood out (Table 4).

Regarding the dietary composition (%P) of specimens caught with handline, variations were observed depending on areas, in the north, Cephalopoda n.i. (65%) and *V. lucetia* (16%) predominated; while in the central-southern area, *P. monodon* (74%), *Argonauta* sp. (22%) (Fig. 13 a) stood out. In the specimens caught with trawls, no differences were observed, with *V. lucetia* standing out in the north and center (66% and 89% respectively) (Fig. 13 b).

As for the diet per ML (%P and %N), the individuals caught by handlines with jiggers, between 100 and 400 mm and > 400, fed mainly on squat lobster *P. monodon* and cephalopods, among other prey that were found in a lesser proportion (Fig. 14a). Regarding sex (%P), the dominant prey in females was *P. monodon* (66.05%), while in males *V. lucetia* (62.46%) stood out (Fig. 14b).

Índice de repleción o llenura estomacal (IR)

El IR presentó variaciones según arte de pesca y sexo. Los resultados estadísticos mostraron diferencias (Mann-Whitney U-test= 71,000; p= 0,007) en el IR de ejemplares capturados mediante arrastre (2,10 ±1,7) y pinta (0,24 ±0,13) (Fig. 15a). El IR según sexo de individuos capturados por arrastre (Fig. 15b) no presentó diferencias (Mann-Whitney U-test= 53,000; p= 0,42) entre hembras (2,28 ±1,80) y machos (1,71 ±1,62).

Fullness weight index (FWI)

The FWI presented variations by fishing gear and sex. The statistical results showed differences (Mann-Whitney U-test= 71.000; p= 0.007) in the FWI of specimens caught with trawls (2.10 ±1.7) and handlines (0.24 ±0.13) (Fig. 15a). The FWI per sex of individuals caught with trawls (Fig. 15b) showed no differences (Mann-Whitney U-test= 53.000; p= 0.42) between females (2.28 ±1.80) and males (1.71 ±1.62).

Tabla 5.- Espectro alimentario de *D. gigas* de la zonas norte y sur. Crucero de evaluación 1711-12. Arte: pinta
Table 5. Food spectrum of *D. gigas* from the north and south. Assessment cruise 1711-12. Fishing gear: handline

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	Zona Norte			Zona Sur					
					%P	%FO	%N	%P	%FO	%N			
Mollusca	Cephalopoda	Teuthidae		Cephalopoda n/i	20,38	15,79	8,33						
				Ommastrephidae	<i>Dosidicus gigas</i>	43,06	15,79	11,11					
				Onychoteuthidae	<i>Onychoteuthis banksii</i>				7,60	10,00	2,04		
				Gonatidae	<i>Gonatus</i>				1,97	10,00	2,04		
				Chiroteuthidae	<i>Chiroteuthis</i> sp.	2,22	5,26	2,78	19,52	10,00	4,08		
					<i>Planctoteuthis danae</i>	0,40	5,26	5,56					
				Octopoda	Argonautidae	<i>Argonauta</i> sp.	2,22	5,26	2,78	7,53	10,00	8,16	
			Arthropoda	Crustacea			Crustacea n/i	7,92	36,84	2,78			
						Decapoda	Munididae	<i>Pleuroncodes monodon</i>				1,95	20,00
			Chordata	Actinopterygii			Teleostei n/i	6,35	26,32	13,89			
	Myctophiformes	Myctophidae			<i>Myctophum nitidulum</i>				1,76	10,00	2,04		
					<i>Lampanyctus</i> spp.				12,01	30,00	16,33		
					<i>Diogenichthys laternatus</i>	2,18	5,26	16,67	11,78	20,00	14,29		
		Osmeriformes			Bathylagidae	<i>Leuoglossus</i> sp.	4,43	5,26	5,56				
		Stomiiformes			Phosichthyidae	<i>Vincigueria lucetia</i>	4,75	21,05	25,00	15,94	50,00	28,57	
		Perciformes				Indeterminado				9,66	10,00	4,08	
					Nomeidae	<i>Psenes sio</i>				0,62	10,00	2,04	
					Sphyraenidae	<i>Sphyraena</i> spp.	6,10	10,53	5,56	9,66	10,00	4,08	

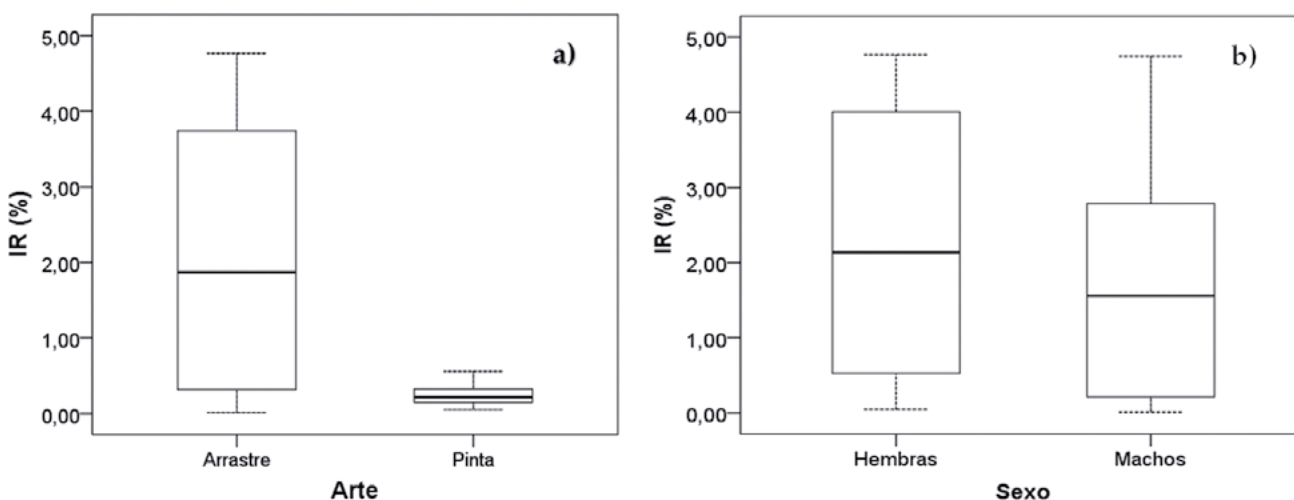


Figura 15.- Box-plot del índice de llenura estomacal (IR) de *D. gigas*, según arte de pesca (a) y sexo (b) (arrastre). Crucero de evaluación 1703-04 BIC José Olaya

Figure 15. Box-plot diagram of the fullness weight index (FWI) of *D. gigas*, by fishing gear (a) and sex (b) (trawl). Assessment cruise 1703-04 R/V José Olaya

Crucero de evaluación de calamar gigante 1711-12 BIC Humboldt, José Olaya

En la dieta del calamar gigante procedente de la zona norte, se determinaron 11 ítems presa, siendo la más frecuente (%FO) los Crustacea indeterminados (36,84%). En términos de peso (%P) destacó el canibalismo (43,06%), Cephalopoda indeterminados (20,38%). Mientras que en abundancia (%N) destacó *V. lucetia* (25%), *Diogenichthys laternatus* (Garman) (16,67%) (Tabla 5, Fig. 16).

En la zona sur se determinaron 12 ítems presa, correspondientes a los grupos taxonómicos Cephalopoda, Crustacea y Teleostei. Las presas dominantes en términos de %FO y %N, fueron *V. lucetia* (50% y 28,57%, respectivamente), peces mictófidos como *Lampanyctus* sp. (30% y 16,33%), *D. laternatus* (20% y 14,29%), munida *P. monodon* (20% y 12,24%); mientras que, en términos de %P, fueron el calamar *Chiroteuthis* sp. (19,52%), *V. lucetia* (15,94%) (Fig. 16).

Jumbo flying squid assessment cruise 1711-12 R/V Humboldt, José Olaya

In the diet of the jumbo flying squid from the north, a total of 11 prey items were determined, with indeterminate Crustacea being the most frequent (%FO) (36.84%). In terms of weight (%P), cannibalism (43.06%) and indeterminate Cephalopoda (20.38%) stood out. While in abundance (%N), *V. lucetia* (25%) and *Diogenichthys laternatus* (Garman) (16.67%) predominated (Table 5, Fig. 16).

In the south, a total of 12 prey items were determined, corresponding to the taxonomic groups Cephalopoda, Crustacea, and Teleostei. The dominant prey in terms of %FO and %N were *V. lucetia* (50% and 28.57%, respectively), myctophid fish such as *Lampanyctus* sp. (30% and 16.33%), *D. laternatus* (20% and 14.29%), squat lobster *P. monodon* (20% and 12.24%); while, in terms of %P, were the squid *Chiroteuthis* sp. (19.52%), *V. lucetia* (15.94%) (Fig. 16).

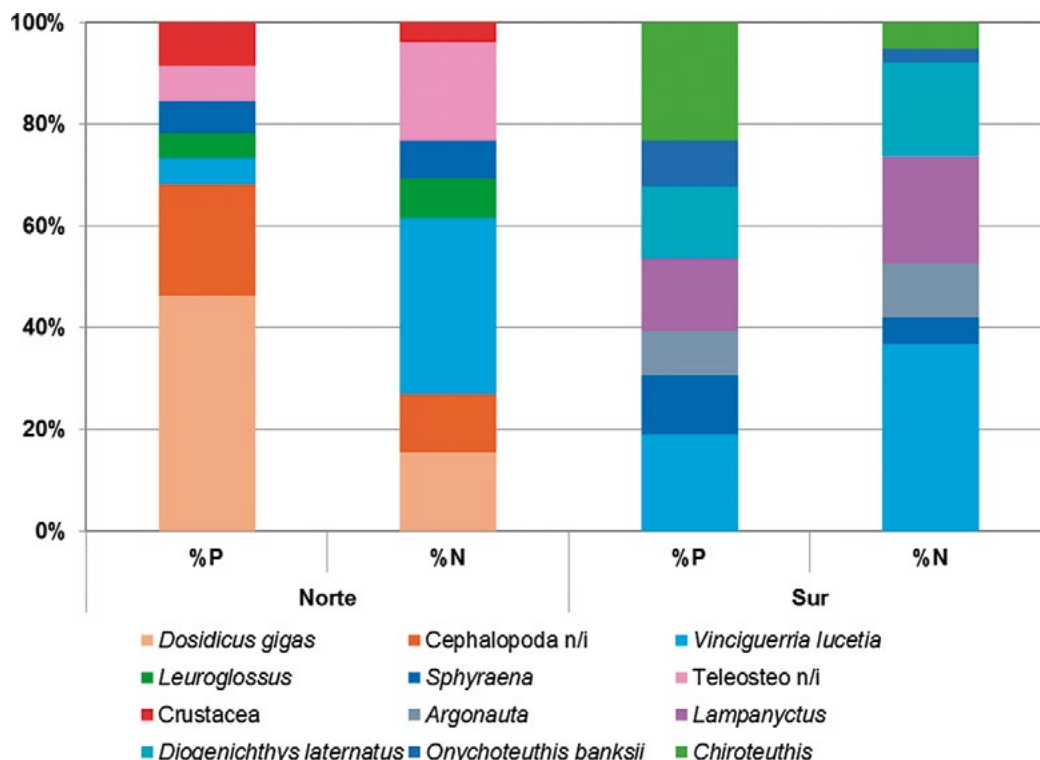


Figura 16.- Composición de la dieta de *D. gigas* en términos de %P y %N. Zonas norte y sur, Cr. 1711-12. Arte: pinta

Figure 16. Dietary composition of *D. gigas* in terms of %P and %N. North and South, Cr. 1711-12. Fishing gear: handline

Prospección de calamar gigante en Chicama-Paita

De 33 estómagos de calamar gigante analizados, 28 presentaron contenido. La talla de los ejemplares capturados con pinta varió entre 225 y 561 mm de longitud de manto (LM).

Lo más destacado de la dieta fue el canibalismo (%FO= 46,43; %N= 14,68; %P= 70,49), Teleostei indeterminados (%FO= 39,29; %N= 10,09; %P= 1,82), el mictófido *Lampanyctus* sp. (%FO= 32,14; %N= 15,60; %P= 9,44), esperlán común *Leuroglossus* sp. (%FO= 28,57; %N= 44,04; %P= 13,32), Cephalopoda indeterminados (%FO= 17,86; %N= 4,59; %P= 1,06) (Fig. 17).

Survey of jumbo flying squid in Chicama-Paita

A total of 33 stomachs of jumbo flying squid were analyzed, but only 28 presented contents. The size of the specimens caught with handline varied between 225 and 561 mm in mantle length (ML).

The most noticeable aspects of the diet were cannibalism (%FO= 46.43, %N= 14.68, %P= 70.49), indeterminate Teleostei (%FO= 39.29, %N= 10.09, %P= 1.82), the myctophid *Lampanyctus* sp. (%FO= 32.14, %N= 15.60, %P= 9.44), *Leuroglossus* sp. (%FO= 28.57, %N= 44.04, %P= 13.32), indeterminate Cephalopoda (%FO= 17.86, %N= 4.59, %P= 1.06) (Fig. 17).

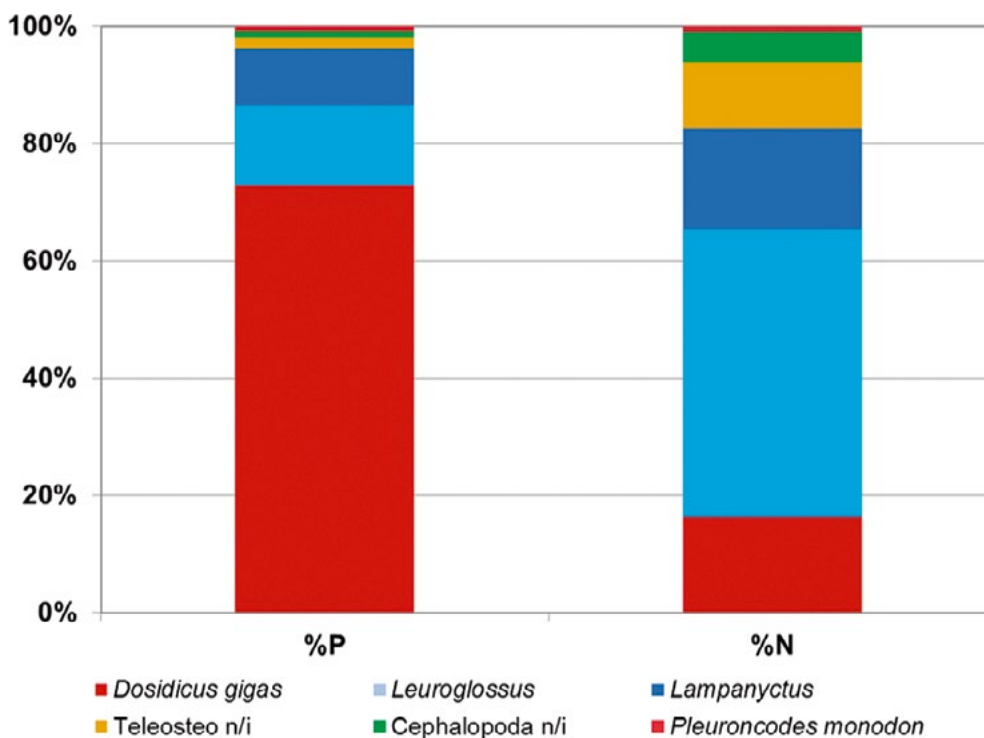


Figura 17.- Composición por abundancia (%N), peso (%P) y frecuencia de ocurrencia (%FO) de las principales presas en la dieta de *D. gigas*. Paita-Chicama, enero 2017. Arte: pinta

Figure 17. Composition by abundance (%N), weight (%P) and frequency of occurrence (%FO) of the main prey in the diet of *D. gigas*. Paita-Chicama, January 2017. Fishing gear: handline

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Pulpo

La dieta del pulpo *Octopus mimus* en el área de las islas frente a la bahía del Callao durante 2017, se caracterizó por estar compuesta principalmente de crustáceos decápodos, en concordancia con los resultados obtenidos en los años 2014 a 2016 (CISNEROS 2015, 2016a, b, 2017).

La composición de presas en la dieta no mostró variación estacional en relación a la presa principal; el cangrejito de orilla rocosa *Petrolisthes desmarestii* fue la presa más frecuente en todas las estaciones, destacando también el camarón pistolero *Synalpheus spinifrons* (además de otras especies de la familia Alpheidae, como *Alpheus inca*). Estos resultados son similares a los descritos en 2015, cuando *P. desmarestii* se encontró en todas las estaciones y los camarones Alpheidae estuvieron presentes a lo largo del año, coincidiendo con el aumento de temperatura entre abril y diciembre (EN costero fuerte 2015) (ENFEN 2017). Mientras que, en 2016 *P. desmarestii* tuvo mayor frecuencia en verano, *S. spinifrons* lo alcanzó en otoño, lo cual pudo estar influenciado por la temperatura cálida que se presentó entre enero y junio (EN costero fuerte 2016) (ENFEN 2017). Por otro lado, estos resultados, difieren de lo descrito en 2014, cuando *P. desmarestii* fue la presa más frecuente y abundante solo en verano-otoño y *S. spinifrons* tuvo escasa presencia (CISNEROS 2015, 2016, 2017).

Lo antes mencionado, podría sugerir que las especies descritas, constituirían indicadores presa en la dieta de *O. mimus*, asociados a los eventos El Niño (EN) 2015-2016 y 2016-2017 (ENFEN 2015, 2017; IGP 2017), sin embargo, es necesario continuar con estos estudios a fin de contar con una serie de datos más amplia.

En cuanto a la estrategia de alimentación, los pulpos han sido descritos como generalistas (con diversos taxones en la dieta) y especialistas (pocas especies dominan la dieta) (SCHEEL & ANDERSON 2012). De acuerdo al índice de amplitud trófica (B') determinado en este trabajo, *O. mimus* de la bahía del Callao, durante el periodo de estudio presentó una dieta especializada, basada principalmente en crustáceos. Esta preferencia

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

Octopus

O. mimus diet in the area of the islands off the Callao Bay in 2017, was characterized by being composed mainly of decapod crustaceans, which is consistent with the results obtained in the years 2014 to 2016 (CISNEROS 2015, 2016a, b, 2017).

The prey composition in the diet did not present a seasonal variation in relation to the main prey; the porcelain crab *Petrolisthes desmarestii* was the most frequent prey in all seasons. It was also worth noting the presence of the snapping shrimp *Synalpheus spinifrons* (as well as other species of the family Alpheidae, such as *Alpheus inca*). These results are similar to those described in 2015, when *P. desmarestii* had an outstanding presence in all seasons and Alpheidae shrimps were present throughout the year, coinciding with the temperature increase between April and December (El Niño Costero 2015) (ENFEN 2017). Whereas, in 2016, *P. desmarestii* was more frequent in summer and *S. spinifrons* was more frequent in autumn, which could be influenced by the warm temperature between January and June (El Niño Costero 2016) (ENFEN 2017). Moreover, these results differ from what was described in 2014, when *P. desmarestii* was the most frequent and abundant prey only in summer-autumn and *S. spinifrons* had little presence (CISNEROS 2015, 2016, 2017).

The foregoing could suggest that the species described would constitute prey indicators in the *O. mimus* diet, associated with the El Niño events (EN) 2015-2016; 2016-2017 (ENFEN 2015, 2017; IGP 2017). However, it is essential to continue with these surveys in order to have a broader set of data.

Regarding the feeding strategy, octopuses have been described as generalists (with different taxa in the diet) and specialists (few species dominate the diet) (SCHEEL & ANDERSON 2012). According to the trophic breadth index (B'), as determined in this paper, *O. mimus* in the Callao Bay, during the study period presented a specialized diet, based mainly on crustaceans. This preference would be related to the high

estaría relacionada con el alto contenido calórico de éstos, comparado con otros invertebrados marinos, lo cual estaría sugiriendo una estrategia de depredación maximizando la energía (IBÁÑEZ *et al.* 2009).

Este resultado es similar a lo encontrado en otros pulpos como *O. bimaculatus* de México (ARMENDÁRIZ *et al.* 2014), *Robsonella fontaniana* de Chile (IBÁÑEZ *et al.* 2009), *Enteroctopus dofleini* del Pacífico este, en los que se encontró especialistas en una población generalista (SCHEEL & ANDERSON 2012). *La especialización de un individuo puede depender del tipo de hábitat y localización geográfica* (VANDER-ZANDEN *et al.* 2010); así como, *la condición de depredador especialista puede estar en función a la capacidad de los pulpos para conocer cuales presas están más disponibles o son encontradas fácilmente durante la alimentación* (ARMENDÁRIZ *et al.* 2014), lo cual también puede afectar muchos aspectos de la ecología del depredador, sobre todo la dieta y el comportamiento de alimentación (SCHEEL & ANDERSON 2012). Así mismo, experimentos de campo y laboratorio han demostrado que puede existir cierto grado de selectividad de las presas consumidas por los pulpos, relacionado principalmente con la capacidad de manipulación y el tamaño corporal de las presas (IBÁÑEZ *et al.* 2009, SCHEEL & ANDERSON 2012). Otros autores consideran que también el sexo y el desarrollo gonadal pueden influenciar sobre las variaciones en la dieta y que la especialización aumenta con la madurez de la gónada (ARMENDÁRIZ *et al.* 2014). Por otro lado, los resultados de este trabajo difieren de lo reportado para *O. maorum* del Sudeste de Tasmania (GRUBERT *et al.* 1999), *Bathypolypus sponsalis* del Mar Mediterraneo (QUETGLAS *et al.* 2001), *Enteroctopus dofleini* de la costa de Alaska (SCHEEL & ANDERSON 2012) que presentaron estrategia generalista.

En cuanto al IR estacional en 2017, los resultados fueron similares a lo encontrado en 2015 y 2016, difiriendo con 2014. En 2014, el IR fue mayor en todas las estaciones excepto en verano (la digestión fue más rápida), mientras que entre 2015 y 2017 no hubo diferencias entre estaciones, situación que pudo estar influenciada por la mayor oferta de presas, debido al periodo en que se presentaron anomalías positivas en la temperatura superficial del mar (ENFEN 2017, IGP 2017). En este sentido

caloric content of these, compared to other marine invertebrates, which would suggest a predation strategy to maximize energy (IBÁÑEZ *et al.* 2009).

This result is similar to what was found in other octopuses such as *O. bimaculatus* in Mexico (ARMENDÁRIZ *et al.* 2014), *Robsonella fontaniana* in Chile (IBÁÑEZ *et al.* 2009), *Enteroctopus dofleini* in the eastern Pacific, where specialists were found in a generalist population (SCHEEL & ANDERSON 2012). *An individual's specialization may depend on habitat type and geographic location* (VANDER-ZANDEN *et al.* 2010); as well as, *the condition of specialist predator may be a function of the octopus' ability to know which prey is most available or easily found during feeding* (ARMENDÁRIZ *et al.* 2014), which may also affect many aspects of predator ecology, especially diet and feeding behavior (SCHEEL & ANDERSON 2012). Likewise, field and laboratory experiments have shown that there may be a certain degree of selectivity of the prey consumed by the octopuses, mainly related to the capacity of manipulation and the body size of the prey (IBÁÑEZ *et al.* 2009, SCHEEL & ANDERSON 2012). *Other authors state that sex and gonadal development can also influence variations in diet and that specialization increases with the maturity of the gonad* (ARMENDÁRIZ *et al.* 2014). On the other hand, the results of this paper differ from those reported for *O. maorum* in Southeast Tasmania (GRUBERT *et al.* 1999), *Bathypolypus sponsalis* in the Mediterranean Sea (QUETGLAS *et al.* 2001), *Enteroctopus dofleini* in the Alaskan coast (SCHEEL & ANDERSON 2012) which presented a generalist strategy.

Regarding the seasonal FWI in 2017, the results were similar to what was found in 2015 and 2016 and differed with 2014. In 2014, the FWI was higher in all seasons except in summer (digestion was faster), while between 2015 and 2017 there were no differences between seasons, a situation that could be influenced by the greater supply of prey, due to the temperature increase in the Peruvian coast, in the period in which there were positive anomalies in the sea surface temperature (ENFEN 2017, IGP 2017). In this regard, CORTEZ *et al.* (1995) indicate that *O.*

CORTEZ *et al.* (1995) mencionan que *O. mimus* al ser una especie oportunista adopta diversos comportamientos consumiendo una variedad de presas, lo que podría ser ventajoso durante el evento El Niño. Por lo cual, si los recursos alimenticios no están limitados durante este evento, debería esperarse un incremento en la tasa de crecimiento y abundancia de *O. mimus*, así como una digestión rápida y altas raciones diarias de alimento (CORTEZ *et al.* 1995, CISNEROS 2016 a). Así mismo, ARMENDÁRIZ *et al.* (2014) mencionan que *la proporción de las presas puede variar en forma diaria o estacional y la dieta de los pulpos puede estar influenciada por variables ambientales y la disponibilidad de las presas.*

Con relación a la dieta de *O. mimus* de Ilo durante 2017, difiere de Callao con respecto a la presa más frecuente, ya que la presencia de los Alpheidae fue más destacada observándose que *S. spinifrons* lo fue durante otoño y primavera; así mismo, se evidenció la presencia de *A. inca* y *A. chilensis*, lo cual también podría ser atribuido al EN 2016-2017.

Calamar gigante

La composición de la dieta del calamar gigante capturado mediante 2 artes de pesca durante el crucero 1703-04 presentó diferencias, según el tipo de presas y llenura estomacal (IR), en este sentido Ibáñez (2008), mencionan que la dieta de esta especie es dependiente del método de pesca y que los individuos capturados con redes presentan menor digestión de las presas que los capturados con pinta, así mismo MARKAIDA & SOSA-NISHIZAKI (2003) manifiestan que la captura con pinta depende de la voracidad de los individuos, pues los capturados con este arte de pesca podrían ser los más hambrientos, con incidencia más alta de estómagos vacíos que aquellos saciados que no son atraídos por las poteras, lo que coincide con nuestros resultados que muestran que el IR de los individuos capturados con pinta fue menor que los capturados con red de arrastre.

El espectro trófico registrado en el crucero 1703-04, coincide con lo determinado en el crucero 1606-07 BIC Flores, en el sentido que los crustáceos (*Nyctiphanes simplex* y crustáceos indeterminados) fueron las presas dominantes en la dieta de ejemplares capturados con pinta.

mimus, as an opportunistic species, adopts diverse behaviors by consuming a variety of prey, which could be advantageous during the El Niño event. Therefore, if food resources are not limited during this event, an increase in the growth rate and abundance of *O. mimus* should be expected, as well as rapid digestion and high daily feed rations (CORTEZ *et al.* 1995, CISNEROS 2016 a). Likewise, ARMENDÁRIZ *et al.* (2014) mention that *the proportion of prey may vary on a daily or seasonal basis and the octopuses' diet may be influenced by environmental variables and the availability of prey.*

Regarding the *O. mimus* diet in Ilo during 2017, it differs from Callao in relation to the most frequent prey, since the presence of Alpheidae was more outstanding, with *S. spinifrons* being observed during autumn and spring; likewise, the presence of *A. inca* and *A. chilensis* was evidenced, which could also be attributed to the EN 2016-2017.

Jumbo flying squid

The dietary composition of jumbo flying squid caught by 2 fishing gears during cruise 1703-04 presented differences, based on the type of prey and fullness weight index (FWI). In this regard, Ibáñez (2008) state that the diet of this species depends on the fishing method and that individuals caught with nets have less digestion of prey than those caught with handlines. MARKAIDA & SOSA-NISHIZAKI (2003) also state that capture with handlines depends on the voracity of the individuals, since those captured with this fishing gear could be the hungriest, with a higher incidence of empty stomachs than those satiated who are not attracted by jiggers, which coincides with our results that show that the FWI of individuals captured with handline was lower than those captured with trawls.

The trophic spectrum registered in cruise 1703-04 coincides with what was determined in cruise 1606-07 R/V Flores, to the effect that crustaceans (*Nyctiphanes simplex* and indeterminate crustaceans) were the dominant prey in the diet of specimens caught with handline.

Con relación a la dieta de ejemplares capturados con red de arrastre, los resultados fueron similares a los del crucero de evaluación 1501-02 BIC José Olaya (zona norte), en el cual hubo predominancia de peces, sobre todo merluza; mientras que en el crucero 1703-04 destacó vinciguerría (zona norte).

La composición de presas en la dieta del calamar gigante procedente del crucero de verano (1703-04), con respecto a lo reportado en el crucero de primavera (1711-12), no presentó variaciones en el norte, siendo relevante la presencia de cefalópodos en ambos casos; mientras que en el sur, destacó la munida en verano y vinciguerría en primavera.

Regarding the diet of specimens caught with trawls, the results were similar to those of the assessment cruise 1501-02 R/V José Olaya (northern zone), in which there was a predominance of fish, especially Peruvian hake; while in the cruise 1703-04, Vinciguerría stood out (northern zone).

The composition of prey in the jumbo flying squid diet from the summer cruise (1703-04), as compared to what was reported in the spring cruise (1711-12), showed no variations in the north, with the presence of cephalopods being relevant in both cases; while in the south, the squat lobster in summer and Vinciguerría in spring stood out.

5. REFERENCIAS / REFERENCES

- AMBROSE R F. 1986. Effects of *Octopus* predation on motile invertebrates in a rocky subtidal community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 30: 261 - 273.
- ANDERSON R C, MATHER J A. 2007. The packaging problem: Bivalve mollusk prey selection and prey entry techniques of *Enteroctopus dofleini*. *Journal of Comparative Psychology.* 121: 300 - 305.
- ANDERSON R C, WOOD J B, MATHER J A. 2008. *Octopus vulgaris* in the Caribbean is a specializing generalist. *Mar Ecol. Prog. Ser.* 371: 199 - 202.
- ARMENDÁRIZ E J, CEBALLOS-VÁZQUEZ B P, MARKAIDA U, ABITIA-CÁRDENAS A, MEDINA-LÓPEZ M A, ARELLANO-MARTÍNEZ M. 2014. Diet of *Octopus bimaculatus* Verrill, 1883 (Cephalopoda: Octopodidae) in Bahía de Los Angeles, Gulf of California. *Journal of Shellfish Research.* 33(1): 305 - 314.
- ARGÜELLES, J, LORRAIN A, CHEREL Y, GRACO M, TAFUR R, ALEGRE A, ESPINOZA P, TAIPE A, AYÓN P, BERTRAND A. 2012. Tracking habitat and resource use for the jumbo squid *Dosidicus gigas*: a stable isotope analysis in the Northern Humboldt Current System. *Marine Biology.* 159: 2105 - 2116.
- ARKHIPKIN A, HATFIELD E M C, RODHOUSE P G. 2013. Chapter 5 - *Doryteuthis gahi*, Patagonian long-flying, ed. squid. In: O'Dor R, Pierce GJ (Eds). *Advances in squid biology, ecology and fisheries. Part I- Myopsid squids.* Nova Science Publishers Inc. 123 - 158.
- BOUTH H F, LEITE T S, DE LIMA F D, LINS OLIVEIRA J E. 2011. Atol das Rocas: an oasis for *Octopus insularis* juveniles (Cephalopoda: Octopodidae). *Zoologia.* 28 (1): 45 - 52.
- BOYLE P, RODHOUSE P. 2005. *Cephalopods: Ecology and Fisheries.* Blackwell Science Ltda. 452 pp.
- CARDONA L. 1991. Measurement of trophic niche breadth using occurrence frequencies. *Journal of Fish Biology.* 39: 901 - 903.
- CISNEROS R. 2015. Ecología trófica del pulpo *Octopus mimus* Gould 1852 (Cephalopoda) en las Islas de la bahía del Callao durante el 2014. *Inf Interno Inst Mar Perú.* 20 pp.
- CISNEROS R. 2016a. Ecología trófica del pulpo *Octopus mimus* Gould 1852 (Cephalopoda: Octopodidae) durante invierno 2013 al invierno 2014 en la Bahía del Callao. *Inf Inst Mar Perú.* 43(1): 37 - 45.
- CISNEROS R. 2016b. Hábitos alimentarios de *Octopus mimus* Gould 1852, *Doryteuthis gahi* d'Orbigny 1835 y *Dosidicus gigas* d'Orbigny 1835 (Cephalopoda) durante 2015. *Inf Interno Inst Mar Perú.* 25 pp.
- CISNEROS R. 2017. Hábitos alimentarios de *Octopus mimus* Gould 1852, *Doryteuthis gahi* d'Orbigny 1835 y *Dosidicus gigas* d'Orbigny 1835 (Cephalopoda) durante 2016. *Inf Interno Inst. Mar Perú.* 36 pp.
- CORTEZ T, CASTRO B, GUERRA A. 1995. Feeding dynamics of *Octopus mimus* (Mollusca: Cephalopoda) in northern Chile waters. *Marine Biology.* 123(3): 497-503.
- CORTEZ T, CASTRO B, GUERRA A. 1998. Drilling behavior of *Octopus mimus* Gould. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* 224: 193 - 203.
- ENFEN. 2015. Comunicado Oficial del Comité Multisectorial Encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN). N° 13.
- ENFEN. 2017. Informe Técnico Extraordinario N°001-2017/ENFEN. El Niño Costero 2017. Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño – ENFEN, Decreto Supremo N° 007-2017-PRODUCE. 31 pp.

- ENFEN. 2017. [http://www.met.igp.gob.pe/el_nino/ lista_eventos.html](http://www.met.igp.gob.pe/el_nino/lista_eventos.html)
- GARCÍA-GODOS I. 2001. Patrones morfológicos del otolito sagitta de algunos peces óseos del Mar Peruano. Bol Inst Mar Perú. 20 (1-2): 46.
- GASALLA M A, RODRIGUES A R, POSTUMA F A. 2010. The trophic role of the squid *Loligo plei* as a keystone species in the South Brazil Bight ecosystem. ICES Journal of Marine Science. 67: 1413 - 1424.
- GRISLEY M S, BOYLE P R, KEY L N. 1996. Eye puncture as a route of entry for saliva during predation on crabs by the octopus *Eledone cirrhosa* (Lamarck). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 202 (2): 225 - 237.
- GRUBERT M A, WADLEY V A, WHITE R W G. 1999. Diet and feeding strategy of *Octopus maorum* in southeast Tasmania. Bulletin of Marine Science. 65(2): 441 - 451.
- HANLON R T, FORSYTHE J W. 2008. Sexual cannibalism by *Octopus cyanea* on a Pacific coral reef. Marine and Freshwater Behavior and Physiology. 41(1): 19 - 28.
- HASTIE L C, PIERCE G J, WANG J, BRUNO I, MORENO A, PIATKOWSKI U, ROBI J P. 2009. Cephalopods in the north-eastern Atlantic: species, biogeography, ecology exploitation and conservation. Oceanography and Marine Biology: An Annual review. 47:111 - 190.
- HYSLOP E J. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. Journal of Fish Biology. 17: 411 - 429.
- IBÁÑEZ C M, CHONG J. 2008. Feeding ecology of *Enteroctopus megalocyathus* (Cephalopoda: Octopodidae) in Southern Chile. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 88(4): 793 - 798.
- IBÁÑEZ C, SEPÚLVEDA R, SANHUEZA E, RUIZ J F, CHONG J. 2009. Estrategias de forrajeo de *Robsonella fontaniana* (d'Orbigny, 1834) (Cephalopoda: Octopodidae). Revista de Biología Marina y Oceanografía. 44(2): 277 - 283.
- IGP. 2017. Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño. Boletín Técnico. Vol. 4 (4): 7.
- JEREB P, ROPER C F E, NORMAN M D, FINN J K. 2014. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. Volume 3. Octopods and Vampire Squids. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. Rome, FAO. Vol. 3, No. 4: 370.
- LEITE T S, HAIMOVICI M, MATHER J. 2009. *Octopus insularis* (Octopodidae), evidences of a specialized predator and a time-minimizing hunter. Mar Biol. DOI 10.1007/s00227-009-1264-4, 123.
- MARKAIDA U, SOSA-NISHIZAKI O. 2003. Food and feeding habits of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, México. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 83 (4162): 1-16.
- MATHER J. 1993. Octopuses as predators: Implications for Management. Reprinted from Okutani, T, O'Dor, R K & Kubodera T (Eds.). Recent Advances in Fisheries Biology. Tokai University Press, Tokyo. 275-291.
- NACARINO M. 1997. Estudio de la madurez sexual de *Octopus mimus* Gould, 1852 (Cephalopoda: Octopoda) en Pucusana - Lima. Tesis para obtener el título de Licenciado en Biología, Universidad Ricardo Palma. 65 pp.
- QUETGLAS A, GONZÁLEZ M, CARBONELL A. 2001. Biology of the deep-sea octopus *Bathypolypus sponsalis* (Cephalopoda: Octopodidae) from the western Mediterranean Sea. Marine Biology. 138: 785 - 792.
- QUETGLAS A, ALEMANY F, CARBONELL A, MERELLA P, SANCHEZ P. 1999. Diet of the European flying squid *Todarodes sagittatus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in the Balearic Sea (western Mediterranean). Journal of the Marine Biological Association. 79: 479 - 486.
- RASERO M, GONZALEZ A, CASTRO B, GUERRA A. 1996. Predatory relationships of two sympatric squid, *Todaropsis eblanae* and *Illex coindetii* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Galician waters. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 76: 73 - 87.
- RODHOUSE P G, NIGMATULIN CH M. 1996. The Role of Cephalopods in the World's Ocean: Role as consumers. Phil. Trans. Biol. Sci. 351: 1003 - 1022.
- SÁNCHEZ JA. 2011. Escala de madurez gonadal y fecundidad de *Dosidicus gigas* (Orbigny; 1835) (Mollusca: Cephalopoda) 'calamar gigante' o 'pota'. Tesis para optar el Título Profesional de Licenciado en Biología. Universidad Nacional Federico Villarreal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. 77 pp.
- SCHEEL D, ANDERSON R. 2012. Variability in the diet specialization of *Enteroctopus dofleini* (Cephalopoda: Octopodidae) in the eastern Pacific examined from midden contents. Amer. Malac. Bull. 30(2): 267 - 279.
- VANDER-ZANDEN H B, BJORNDALE K A, REICH K J, BOLTEN A B. 2010. Individual specialists in a generalist population: results from a long-term stable isotope series. Biology Letters. 1 - 4 p, doi: 10.1098/rsbl.2010.0124. Published on line.
- XAVIER J C, CHEREL Y. 2009. Cephalopod beak guide for the Southern Ocean. British Antarctic Survey, Cambridge, UK. 129 pp.

SINOPSIS BIOLÓGICA, POBLACIONAL Y PESQUERA DE *Anadara tuberculosa* (SOWERBY, 1833) y *Anadara similis* (C.B. ADAMS, 1852) EN LOS MANGLARES DE TUMBES: 1995 A 2015

BIOLOGICAL, POPULATION AND FISHING SYNOPSIS OF *Anadara tuberculosa* (SOWERBY, 1833) AND *Anadara similis* (C.B. ADAMS, 1852) IN THE MANGROVE OF TUMBES: 1995 – 2015

Elmer Ordinola¹Solange Alemán¹Carlos E. Inga¹Manuel Vera¹

Jorge Llanos

RESUMEN

ORDINOLA E, ALEMÁN S, INGA C, VERA M, LLANOS J. 2019. Sinopsis biológica, poblacional y pesquera de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) y *Anadara similis* (C. B. Adams, 1852) en los manglares de Tumbes: 1995-2015. *Bol Inst Mar Perú*. 34(1): 223-264.- Entre el 2006 y 2008, el promedio de captura de conchas negra y huequera fue de 1,9 y 0,4 millones de ejemplares/año, respectivamente. Se identificaron tres puertos de desembarque y un centro de acopio ubicado en los exteriores del Coliseo Tumpis, registrándose a 191 concheros. La captura de concha negra por unidad de esfuerzo (CPUE) ha disminuido en los últimos 50 años. Se ha reducido la talla media en ambos recursos, llegando en 2015 a 40,5 mm y 41,7 mm de longitud valvar (LV), respectivamente; la talla comercial (≥ 45 mm) presentó disminución del 47,1 y 46,7%, respecto a lo consignado en 1996. La proporción sexual en las dos especies favoreció a las hembras. Se observaron dos picos principales de desove de concha negra, uno en verano (enero) y otro en otoño (junio). En ambos recursos se pudo determinar crecimiento isométrico. Las densidades de ambas especies han decaído en 48 y 71,4%. La fauna asociada estuvo representada por diez especies de moluscos bivalvos, destacando la concha blanca (*Leukoma asperrima* (Sowerby, 1835)), tres gasterópodos y tres crustáceos. Dos medidas protegen a estos recursos: la veda reproductiva y la talla mínima de captura. Para abastecer la demanda en Perú, se ha llegado a importar conchas de Ecuador y Colombia.

PALABRAS CLAVE: *Anadara tuberculosa*, *Anadara similis*, biología, pesquería, población, Tumbes

ABSTRACT

ORDINOLA E, ALEMÁN S, INGA C, VERA M, LLANOS J. 2019. Biological, population and fishing synopsis of *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) and *Anadara similis* (C. B. Adams, 1852) in the mangrove of Tumbes: 1995-2015. *Bol Inst Mar Peru*. 34(1): 223-264.- Between 2006 and 2008, the average catch of *Anadara tuberculosa* and *Anadara similis* was 1.9 and 0.4 million specimens/year, respectively. A total of three landing ports and a collection center located outside the Tumpis Coliseum were identified, with 191 shell fishermen registered. The catch per unit of effort (CPUE) of the black ark has declined over the last 50 years. The average size has been reduced in both resources, with 40.5 mm and 41.7 mm in valvar lengths (VL) in 2015, respectively; the commercial size (≥ 45 mm) showed a decrease of 47.1 and 46.7%, as compared to 1996. The sex ratio in both species favored females. Two main black ark spawning peaks were observed, one in summer (January) and the other in autumn (June). Isometric growth could be determined in both resources. The densities of both species have declined by 48 and 71.4%. The associated fauna was represented by ten species of bivalve mollusks, including *Leukoma asperrima* (Sowerby, 1835), three gastropods, and three crustaceans. There are two measures to protect these resources: the breeding ban and the minimum extraction size. To supply the market in Peru, shells have been imported from Ecuador and Colombia.

KEYWORDS: *Anadara tuberculosa*, *Anadara similis*, biology, fisheries, population, Tumbes

1. INTRODUCCIÓN

La pesquería de bivalvos en el ecosistema de manglares de la Región Tumbes, se efectúa mediante extracción manual por marisqueros denominados "concheros", que faenan en baja marea (CÓRDOVA 1968) durante todo el año. De la variedad de moluscos bivalvos que habitan en este ecosistema, siete están sujetos a explotación comercial: la concha negra *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833); concha huequera

1. INTRODUCTION

The bivalve fisheries in the mangrove ecosystem of the Tumbes Region is carried out through manual extraction by shell fishermen, commonly known as "concheros", who operate at low tide (CÓRDOVA 1968) throughout the year. Among the variety of bivalve mollusks that inhabit this ecosystem, only seven are under commercial exploitation: *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833); *Anadara*

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

Anadara similis (C. B. Adams, 1852); concha blanca *Larkinia grandis* (Broderip & Sowerby, 1829); *Leukoma asperrima* (Sowerby, 1835); concha lampa *Atrina maura* (Sowerby, 1835); choro *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819) e *Ilioichione subrugosa* (Wood, 1828).

La concha negra (*A. tuberculosa*) es el bivalvo de mayor importancia económica en el noroeste del Perú, siendo Tumbes el único lugar donde se encuentran localizados los bancos naturales y que ocupan, según MALCA (1996), el primer lugar entre las "conchas" en la región.

La sobre extracción de conchas negras ya se observaba en 1977, al registrarse en los mercados gran cantidad de individuos juveniles (CDC-UNALM 1986). Al respecto, VIVAR (1996) afirma que la concha negra es una especie en proceso de sobreexplotación ($E=0,76$) con volúmenes crecientes de extracción. INGA y ORDINOLA (2003) señalan que la tendencia decreciente de las tallas promedio y el incremento en los porcentajes de incidencia de ejemplares menores a la TME en Puerto Pizarro, son claros indicativos que este recurso se encuentra en un proceso de sobre explotación, por lo que recomendaron un período de veda durante el verano, cuando se producen los mayores desoves.

La fuerte presión extractiva que se ejerce sobre los bancos naturales de las conchas negra y huequera (*A. similis*) se debe principalmente: a su demanda en los mercados local y nacional, los precios que alcanzaron el 2015 variaron entre S/. 40 y S/. 60 el ciento de ejemplares. Ambas especies son muy apreciadas por su alto valor proteico y la exquisitez de su carne, lo que genera la recolección en grandes cantidades que se destinan al consumo humano directo (INGA y ORDINOLA 2003). Con el paso de los años, estos recursos han llegado a escasear, por lo que actualmente se importan del Ecuador para satisfacer la demanda.

ORDINOLA *et al.* (2010a) han registrado a *Leukoma asperrima* "concha blanca" o "tabaquera", como la principal especie competidora de las conchas negra y huequera; en los seguimientos anuales ALEMÁN *et al.* (2015a) observaron que esta especie incrementa sus niveles de abundancia en los años en los que decaen los de concha negra.

Estudios en la costa pacífica de América, como en Colombia y Costa Rica, están referidos al conocimiento taxonómico, bioecológico, pesquero

similis (C. B. Adams, 1852); *Larkinia grandis* (Broderip & G. B. Sowerby I, 1829); *Leukoma asperrima* (G. B. Sowerby I, 1835); *Atrina maura* (G. B. Sowerby I, 1835); *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819), and *Ilioichione subrugosa* (W. Wood, 1828).

Black ark (*A. tuberculosa*) is the bivalve of greater economic importance in the northwest of Peru, with Tumbes as the only place where the natural banks are located and that occupy, according to MALCA (1996), the first place among the shells in the region.

The over-extraction of black arks was already observed in 1977 when large numbers of juvenile individuals were recorded in the markets (CDC-UNALM 1986). In this regard, VIVAR (1996) states that the black ark is an overexploited species ($E=0.76$) with increasing volumes of extraction. INGA & ORDINOLA (2003) indicate that the decreasing mode of the average sizes and the increase in the percentages of incidence of specimens smaller than the MES (minimum extraction size) in Puerto Pizarro are clear indications that this resource is in a process of over-exploitation, so they recommended a closed season in the summer, when the largest spawning occurs.

The high extractive pressure on the natural banks of *A. tuberculosa* and *A. similis* is mainly due to their demand in the local and national markets; their prices varied between US\$ 12 and US\$ 18 per 100 specimens in 2015. Both species are highly appreciated for their high protein value and the excellence of their meat, which generates the collection in large quantities for direct human consumption (INGA & ORDINOLA 2003). Over the years, these resources have become scarce, which is why they are currently imported from Ecuador to satisfy their demand.

ORDINOLA *et al.* (2010a) have recorded *Leukoma asperrima* as the main competitor species of *A. tuberculosa* and *A. similis*; in the annual monitoring, ALEMÁN *et al.* (2015a) observed that this species increases its levels of abundance in the years in which those of black ark decline.

Surveys on the Pacific coast of America, such as in Colombia and Costa Rica, refer to taxonomic, bioecological, fisheries, and population knowledge

y poblacional del género *Anadara* (LUCERO-RINCÓN *et al.* 2013, STERN-PIRLOT y WOLFF 2006, SILVA y BONILLA 2001).

En el Perú, las investigaciones de las conchas negras están orientadas a conocer biología y pesquería (CÓRDOVA 1968), dinámica poblacional (VIVAR 1996), densidades medias (ORDINOLA *et al.* 2010a, ORDINOLA *et al.* 2013) y conservación (INRENA 2007).

En esta revisión, se examinan los informes técnicos de los seguimientos de la pesquería y las prospecciones biológico poblacionales de ambas especies, efectuados por el Laboratorio Costero de IMARPE en Tumbes desde 1995 hasta el 2015; así como la información procedente de otras instancias con la finalidad de mostrar su evolución en los aspectos biológicos, pesqueros y poblacionales, como un aporte que coadyuvará en la elaboración de medidas de ordenamiento de esta pesquería.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizó la información de muestreos biométricos y biológicos de los años 1995 al 2015, de captura y esfuerzo de los años 2006 al 2015 del “Programa de Seguimiento de las pesquerías de invertebrados marinos” y del “Estudio biológico pesquero de cuatro invertebrados de importancia comercial en la Región Tumbes” efectuados en el Laboratorio Costero de Tumbes (en adelante LC Tumbes) cuyos resultados no fueron publicados en su totalidad.

De la información de captura – esfuerzo en el ecosistema de manglares, obtenida entre los años 2006 y 2008, se calculó el número máximo de recolectores. La CPUE (conchas extraídas/faena/extractor/día) fue obtenida, para el período enero 2002 a diciembre 2015, de los canales de marea e islas de los manglares de Puerto Pizarro.

Se utilizó información de las prospecciones de bancos naturales del recurso efectuadas por el LC Tumbes, de los años 2005, 2007, 2009, 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015 (LUQUE y DOMÍNGUEZ 2005, LUQUE *et al.* 2005, ORDINOLA *et al.* 2010a, 2010b, 2012a y 2012b; ALEMÁN *et al.* 2014, ALEMÁN *et al.* 2015a, 2015b) y de los monitoreos efectuados por la Administración del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, en esos momentos ejercida por Mennonite Economic

of the genus *Anadara* (LUCERO-RINCÓN *et al.* 2013, STERN-PIRLOT & WOLFF 2006, SILVA & BONILLA 2001).

In Peru, research on black arks is focused on biology and fisheries (CÓRDOVA 1968), population dynamics (VIVAR 1996), mean densities (ORDINOLA *et al.* 2010a and ORDINOLA *et al.* 2013), and conservation INRENA (2007).

In this synopsis, the technical reports of the monitoring of the fisheries and the biological population surveys of both species, carried out by the IMARPE's Coastal Laboratory of Tumbes, between 1995 and 2015, are examined, as well as the information coming from other instances with the aim of showing its evolution in the biological, fisheries, and population aspects, as a contribution that will collaborate in the elaboration of management measures of such fisheries.

2. MATERIAL AND METHODS

We analyzed biometric and biological sampling information from 1995 to 2015, catch and effort data from 2006 to 2015 from the “Fisheries Monitoring Program for Marine Invertebrates” and from the “Biological Fishery Survey of Four Commercially Important Invertebrates in the Tumbes Region” carried out at the Coastal Laboratory of Tumbes (hereinafter CL Tumbes), whose results were not fully published.

From the catch - effort information in the mangrove ecosystem, which was obtained between 2006 and 2008, the maximum number of collectors was estimated. The CPUE (extracted shells/work/extractor/day) was obtained, for the period January 2002 to December 2015, from the tidal channels and islands of the Puerto Pizarro mangroves.

We used the information from the natural banks surveys of the resource carried out by the CL Tumbes in 2005, 2007, 2009, 2011, 2012, 2013, 2014, and 2015 (LUQUE & DOMÍNGUEZ 2005, LUQUE *et al.* 2005, ORDINOLA *et al.* 2010a, 2010b, 2012a and 2012b; ALEMÁN *et al.* 2014, ALEMÁN *et al.* 2015a, 2015b) and from the monitoring carried out by the Administration of the Manglares de Tumbes National Sanctuary, at that time carried out by Mennonite Economic Development Associates

Development Associates (MEDA Perú) en 2010 y 2011 (ORDINOLA y MENDOZA 2010, 2012).

Para la evaluación poblacional de las conchas negra y huequera, las muestras fueron obtenidas con apoyo de dos "concheros", el muestreo fue sistemático, según distancia al canal de marea y se usó el método del área barrida (1 m²). Para las estaciones de muestreo se prefirieron los lugares netamente concheros y se empleó un GPS Garmin Etrex Summit HC. Se identificó la fauna asociada consultando los trabajos de ÁLAMO y VALDIVIESO (1997), CHIRICHIGNO (1970), MÉNDEZ (1981), KEEN (1971) y MORA (1990).

En los manglares de Puerto Pizarro y áreas adyacentes se hicieron análisis biométricos a 331.157 conchas (281.788 ejemplares de *A. tuberculosa* y 49.369 de *A. similis*) entre los años 1995 y 2015 y, análisis biológicos a 99.927 ejemplares (84.654 conchas negras y 15.273 conchas huequeras) entre los años 1996 y 2015.

En playa solo se midió la longitud valvar (LV) en los muestreos biométricos; en laboratorio los muestreos biológicos, de ejemplares comprados a concheros, incluyeron medir el ancho, altura, longitud, peso total, peso del cuerpo, peso de valvas, sexo y estadio gonadal de cada ejemplar. Las medidas se tomaron con un malacómetro de 1 mm de precisión. Los pesos se obtuvieron utilizando una balanza digital de 0,1 g de precisión.

Los sexos se determinaron por simple observación macroscópica de la gónada, color naranja intenso en hembras y blanco lechoso en machos. La escala considera cinco estadios de maduración gonadal (Tabla 1, Fig. 1) (POMA 1980).

Para establecer las relaciones peso-longitud y factor de condición se utilizó el modelo potencial: $P = a \cdot L^b$ y para el caso de peso carne-peso total la regresión lineal $P_c = a + bP_t$.

Los datos obtenidos fueron revisados y procesados con ayuda de una computadora Intel Core i7 equipada con el programa de aplicación Microsoft Office 2010. Para el ploteo de las zonas de pesca se utilizó programa de interpolación, aplicando el método Krigging y para el tratamiento estadístico de la información biométrica se emplearon las rutinas estadísticas del programa SPSS 12.

(MEDA Peru) in 2010 and 2011 (ORDINOLA & MENDOZA 2010, 2012) was also used.

For the population assessment of *A. tuberculosa* and *A. similis*, the samples were obtained with the support of two shell fishermen, the sampling was systematic, based on the distance to the tidal channel and the swept area method was used (1 m²). For the sampling stations, we preferred the shell sites and used a Garmin Etrex Summit HC GPS. The works of ÁLAMO & VALDIVIESO (1997), CHIRICHIGNO (1970), MÉNDEZ (1981), KEEN (1971), and MORA (1990) were used to identify the associated fauna.

In the Puerto Pizarro mangroves and adjacent areas, biometric analyses were performed on 331,157 shells (281,788 specimens of *A. tuberculosa* and 49,369 specimens of *A. similis*) between 1995 and 2015, and biological analyses were performed on 99,927 specimens (84,654 black arks and 15,273 brown arks) between 1996 and 2015.

At the beach, only the valvar length (VL) was measured in the biometric samples; at the laboratory, the biological samples of specimens bought from shell fishermen included the width, height, length, total weight, body weight, valve weight, sex, and gonadal stage of each specimen. The measurements were taken with a 1 mm precision calipers designed for mollusk measurement. The weights were obtained by using a digital scale of 0.1 g of precision.

The sexes were determined by simple macroscopic observation of the gonad, which was deep orange in females and milky white in males. The scale considers five gonadal maturation stages (Table 1, Fig. 1) (POMA 1980).

In order to establish the weight-length and condition factor ratios, the potential model was used: $P = a \cdot L^b$ and in the case of meat weight-total weight, the linear regression $P_c = a + bP_t$ was used.

The collected data was reviewed and processed with the help of an Intel Core i7 computer equipped with the Microsoft Office 2010 software. For the plotting of fishing grounds an interpolation program was used, by applying the Krigging method and for the statistical treatment of biometric information, we used the statistical routines of the SPSS 12 software.

Tabla 1.- Escala macroscópica de madurez gonádica, empleada en *A. tuberculosa* y *A. similis* (POMA 1980)

Table 1. Macroscopic scale of gonadic maturity, used in *A. tuberculosa* and *A. similis* (POMA 1980)

Estadio / Stage	Denominación / Denomination	Características / Characteristics
I	Inmaduro/ Immature	Las gónadas rodean parcialmente al intestino The gonads are partially surrounding the intestine
II	En Desarrollo/ Developing	Las gónadas rodean completamente al intestino The gonads completely surround the intestine
III	Desarrollado/ Developed	Las gónadas rodean completamente al intestino y parcialmente al estómago The gonads completely surround the intestine and partially the stomach
IV	Maduro/ Mature	Las gónadas rodean completamente al intestino y al estómago The gonads completely surround the intestine and partially the stomach
V	Desovado/ Spawned	Se observan pequeñas trazas o residuos gonadales Small traces or gonadal residues are observed

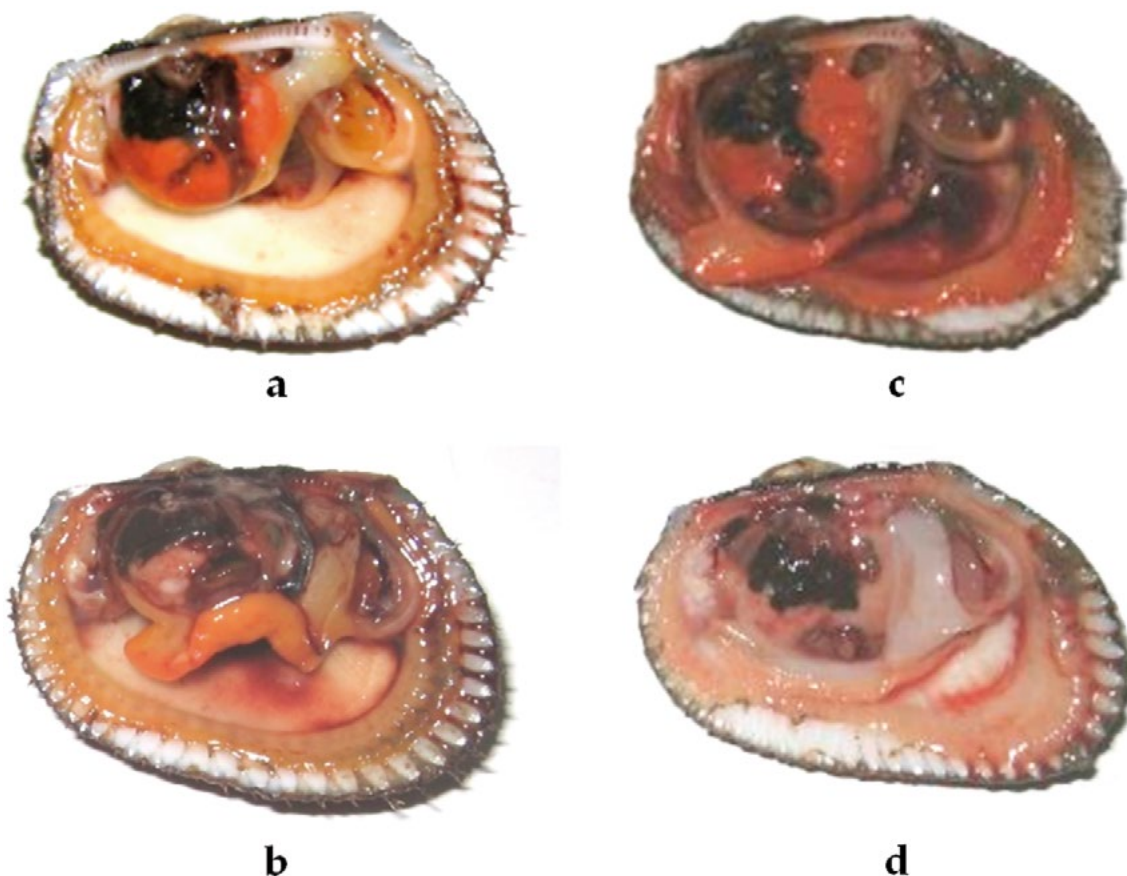


Figura 1.- Determinación del sexo en ejemplares de concha negra a) hembras, b) machos y de concha huequera c) hembras, d) machos

Figure 1. Sex determination in black ark specimens a) females, b) males and brown ark specimens c) females, d) males

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES Y DISTRIBUCIÓN

Concha negra (*Anadara tuberculosa*)

Presenta conchas grandes, equivalvas, de forma oblicuamente ovalada, con el borde dorsal y posterior casi rectos. Su superficie externa es convexa, con periostraco color pardo oscuro provisto de finas cerdas entre las costillas. Escultura con 33 a 37 costillas radiales, con nudos dispersos principalmente sobre el extremo anterior. Umbos anchos, frecuentemente erosionados (Fig. 2). Cara interna blanca, con un tono rosado debajo de la charnela; borde crenulado (KEEN 1971, MORA 1990).

A. tuberculosa comparte el mismo hábitat que *A. similis*, enterrada a 10 - 30 cm en el fango, debajo de las raíces de los árboles de mangle, no se han encontrado especímenes en áreas desprovistas de vegetación (MORA 1990). Son organismos dioicos, las gónadas tienen coloración crema en machos y anaranjada en hembras; los individuos hermafroditas son extremadamente raros. Son filtradores, participando las branquias, además de su función respiratoria, en la obtención de alimento (fitoplancton). Esta especie es muy resistente al transporte, pudiendo sobrevivir hasta siete días, fuera de su hábitat, siempre y cuando estén bajo sombra y aireadas (POMA 1980).

Se encuentra ampliamente distribuida en la Provincia Panameña, desde el Golfo de California hasta Tumbes (MORA 1990). En el Perú su distribución está comprendida entre Boca de Capones y el canal de marea La Chepa al sur de Punta Malpelo, por ser el único lugar donde existen bosques importantes de mangle.

3. RESULTS AND DISCUSSION

SPECIES DESCRIPTION AND DISTRIBUTION

Black ark (*Anadara tuberculosa*)

It has large, equivalve, obliquely oval, with the dorsal and posterior edge almost straight, shells. Its external surface is convex, with dark brown periostracum provided with fine bristles between the ribs. Sculpture with 33 to 37 radial ribs, with knots scattered mainly over the front end. Wide Umbos, which are frequently eroded (Fig. 2). White inner face, which is pinkish under the hinge; crenulated rim (KEEN 1971, MORA 1990).

A. tuberculosa shares the same habitat as *A. similis* buried at 10 - 30 cm in mud, below the roots of mangrove trees, no specimens have been found in areas devoid of vegetation (MORA 1990). They are dioecious organisms, their gonads are cream-colored in males and orange in females; hermaphrodite individuals are extremely rare. They are filterers and the gills participate, in addition to their respiratory function, in obtaining food (phytoplankton). This species is very resistant to transport, being able to survive up to seven days, outside their habitat, as long as they are under the shade and aired (POMA 1980).

It is widely distributed in the Panamanian Province, from the Gulf of California to Tumbes (MORA 1990). In Peru, its distribution is between Boca de Capones and the tidal channel La Chepa to the south of Punta Malpelo, as it is the only place where there are important mangrove forests.



Figura 2.- Valvas de *Anadara tuberculosa* (concha negra)

Figure 2. *Anadara tuberculosa* valves (black ark)

Concha huequera (*Anadara similis*)

Presenta concha de talla mediana, de forma ovalada, con su margen dorsal redondeado en los extremos, valvas de consistencia frágil, muy convexas, cubiertas por un periostraco café oscuro desprovisto de cerdas; umbos frecuentemente erosionados. Escultura radial con 40 a 44 costillas, angostas, con pequeños tubérculos cerca del margen ventral (Fig. 3). La cara interna es blanca con una tonalidad anaranjada en la concavidad del umbo, borde interno fuertemente crenulado (MORA 1990, KEEN 1971). Habita en zonas de manglares, enterrada en el fango suelto a profundidades de 10 a 30 cm (MORA 1990), según MUSELLO et al. (2009) en Ecuador se la ha reportado entre 15 a 50 cm de profundidad.

Al igual que *A. tuberculosa*, son dioicos y filtran el alimento (fitoplancton) de la columna de agua para su subsistencia. Presenta menos resistencia al transporte, pues el tiempo de sobrevivencia es menor al de concha negra. *A. similis* se distribuye geográficamente desde Corinto, Nicaragua hasta Tumbes, Perú (MUSELLO et al. 2009). En el Perú su distribución es similar a la de *A. tuberculosa*.

EXPLOTACIÓN

Descripción de la pesquería

La pesquería de bivalvos en el ecosistema de manglares de Tumbes, se caracteriza por ser de pequeña escala y de acceso abierto. Las especies objetivo son la concha negra y la concha huequera, esta última en menor proporción, tal como se registra en Ecuador, donde la extracción de *A. similis* al igual que en Perú no es tan representativa en comparación a la de *A. tuberculosa*, como consecuencia de su menor disponibilidad (la densidad de *A. similis* es aproximadamente 3,5 a 4 veces menor que *A. tuberculosa*) MUSELLO et al. (2009).

Brown ark (*Anadara similis*)

It has a medium-sized shell, which is oval in shape, with a rounded dorsal edge at the ends, valves of fragile consistency, which are very convex, covered by a dark brown periostracum devoid of bristles; umbos are frequently eroded. Radial sculpture with 40 to 44 narrow ribs with small tubers near the ventral margin (Fig. 3). The inner face is white with an orange hue in the umbo concavity, strongly crenulated inner edge (MORA 1990, KEEN 1971). It inhabits in mangrove zones, buried in loose mud at depths of 10 to 30 cm (MORA 1990), according to MUSELLO et al. (2009) in Ecuador it has been reported at depths of 15 to 50 cm.

Like *A. tuberculosa*, they are dioecious and filter food (phytoplankton) from the water column for subsistence. It presents less resistance to transport since the survival time is less than that of black ark. *A. similis* is distributed geographically from Corinto, Nicaragua to Tumbes, Peru (MUSELLO et al. 2009). In Peru, its distribution is similar to that of *A. tuberculosa*.

EXPLOITATION

Fisheries description

The bivalve fisheries in the Tumbes mangrove ecosystem are characterized for being of small scale and open access. The target species are the black ark and the brown ark, the latter in smaller proportion, as recorded in Ecuador, where the extraction of *A. similis*, as in Peru, is not as representative compared to that of *A. tuberculosa*, as a result of its lower availability (the density of *A. similis* is approximately 3.5 to 4 times less than *A. tuberculosa*) MUSELLO et al. (2009).



Figura 3.- Valvas de *A. similis* (concha huequera)

Figure 3. *A. similis* valves (brown ark)

Al ingresar al manglar, el extractor de conchas, utiliza doble vestimenta de trabajo para evitar las rasgaduras que les producen las raíces aéreas del mangle y para protegerse de los zancudos; además, utiliza dedales de tela para evitar cortaduras en las manos (POMA 1980) cuando busca las conchas en el fango que están junto a las raíces de mangle, que muchas veces tienen organismos incrustantes como *Balanus*, llamados comúnmente pico de loro o broma.

El número de recolectores es difícil de estimar, debido a que: las zonas de extracción son sistemas abiertos, la pesquería se ejecuta sin control y no es una actividad permanente pues fácilmente es abandonada para realizar otras de mayor rentabilidad (INRENA 2001, LIP y POMA 1997, POMA 1980).

Características de embarcaciones y estrategias de pesca

Los extractores utilizan generalmente como medio de transporte embarcaciones denominadas canoas construidas de una sola pieza, años atrás eran elaboradas con madera de ceibo (*Bombax discolor*) (CÓRDOVA 1968) y recientemente con otras maderas de la región, su longitud es de 4 a 6 m, con capacidad de 500 kg, siendo impulsadas a remo (LIP y POMA 1997) y eventualmente utilizan la vela. Algunos extractores cuentan con pequeñas embarcaciones con motores fuera de borda conocidas como "peque", que les permiten trasladarse a través de los canales de marea hasta los bancos naturales, siendo tripulados por uno a cuatro extractores (Fig. 4).

When entering the mangrove, the shell extractors use double work clothes to avoid the tears produced by the aerial roots of the mangrove and to protect themselves from mosquitoes; in addition, they use fabric thimbles to avoid cuts in the hands (POMA 1980) when they look for the shells in the mud that is next to the mangrove roots, that many times have incrusting organisms like *Balanus*.

It is difficult to estimate the number of collectors since: the extraction areas are open systems, the fisheries are executed without control, and is not a permanent activity because it is easily abandoned to make others of greater profitability (INRENA 2001, LIP & POMA 1997, POMA 1980).

Vessel characteristics and fishing strategies

The extractors generally use, as means of transport, canoes built in one piece. Some years ago they were made with ceibo wood (*Bombax discolor*) (CÓRDOVA 1968) and recently with other woods of the region, their length varied between 4 to 6 m, with a capacity of 500 kg, being propelled by rowing (LIP & POMA 1997) and eventually using sails. Currently, some extractors have acquired small boats with outboard motors known as *peque*, which allow them to move through the tidal channels to the natural banks, being crewed by one to four extractors (Fig. 4).



Figura 4.- Traslado de concheros en canoa, hacia las zonas de extracción de conchas en el ecosistema de manglares de Tumbes

Figure 4. Transport of shellfishermen by canoe to the shell extraction zones in the Tumbes mangrove ecosystem

Las zonas donde zarpan y retornan los concheros son Puerto 25 y El Bendito en la provincia de Zarumilla y Corrales, La Canela, La Ramada, Puerto Pizarro en Tumbes.

Generalmente las faenas son diarias, que implica la salida, llegada a la zona de extracción, el concheo y el retorno a casa para la venta del producto. Algunas veces, cuando faenan en esteros lejanos, permanecen de 3 a 4 días, a lo que se denomina "semanear", aprovechando así dos mareas diarias (CÓRDOVA 1968).

Estos recursos son extraídos manualmente (Fig. 5) durante los períodos de bajamar, en jornadas diarias de 3 a 5 horas, tiempo que depende de la pendiente del terreno, pues en áreas con escasa inclinación el agua las cubre rápidamente lo que reduce el tiempo de trabajo (LIP y POMA 1997). El extractor al momento de sus faenas recolecta las conchas negras y huequeras, dejando las blancas.

Los sitios preferidos de extracción son los llamados bajiales (zonas de pendiente suave con abundantes raíces de mangle que están enterradas en fango areno arcilloso y limoso) y los chorros (escorrentía que queda luego de bajar la marea).

The areas where shell fishermen set sail and return are Puerto 25 and El Bendito in the Zarumilla province and Corrales, La Canela, La Ramada, Puerto Pizarro in Tumbes.

In general, the work is daily, which implies the departure, arrival to the extraction zone, the shell extraction, and the return to their homes for the sale of the product. Sometimes, when they work in distant estuaries, they stay from 3 to 4 days, which is known as "semanear", thus taking advantage of two daily tides (CÓRDOVA 1968).

A. tuberculosa and A. similis are extracted manually (Fig. 5) during the low tide periods, in daily shifts of 3 to 5 hours, a time that depends on the slope of the terrain since in areas with little inclination the water covers them quickly which reduces the working time (LIP & POMA 1997). The extractor collects the black and brown arks, leaving the white ones.

The preferred extraction sites are the so-called marshes (gently sloping areas with abundant mangrove roots that are buried in clayey and silty sandy mud) and the streams (runoff that remains after lowering the tide).



Figura 5.- Extracción de conchas negras y huequera, "concheo" en el ecosistema de manglares de Tumbes

Figure 5. Extraction of *A. tuberculosa* and *A. similis* in the Tumbes mangrove ecosystem

El producto de la faena, es almacenado en bolsas confeccionadas con malla anchovetera, de 30 cm de longitud y 15 cm de diámetro, ajustada en la parte superior por una cuerda, esta bolsa es denominada "jicra" (LIP y POMA 1997, CÓRDOVA 1968), una variante de esta bolsa es la que lleva un aro de metal en su extremo superior².

The product of the work is stored in bags made with anchoveta mesh, 30 cm in length and 15 cm in diameter, which are adjusted at the top by a rope, this bag is called "jicra" (LIP & POMA 1997, CÓRDOVA 1968), a variant of this bag is the one that has a metal ring at its top end².

Áreas y épocas de extracción

La recolección de conchas negra y huequera, se realiza durante todo el año, disminuyendo la frecuencia de las faenas en los meses de enero a marzo por la ocurrencia de lluvias (POMA 1980). Con información del "Estudio biológico pesquero de cuatro invertebrados de importancia comercial en la Región Tumbes", que efectuó el LC Tumbes entre los años 2006 y 2008, se analizan y grafican las zonas de extracción anual.

Areas and times of extraction

The collection of *A. tuberculosa* and *A. similis*, is done throughout the year, decreasing the frequency of work in the months of January to March by the occurrence of rain (POMA 1980). With information from the "Biological fisheries survey of four commercially important invertebrates in the Tumbes Region", carried out by the CL Tumbes between 2006 and 2008, the annual extraction areas are analyzed and plotted.

Durante el 2006, las principales zonas de extracción de estas especies fueron Isla Correa (175.712 ejemplares) y los canales de marea El Bendito (164.660 ejemplares), Algarrobo (144.043 ejemplares), Corrales (135.021 ejemplares) y Lagartera (82.646 ejemplares) (Fig. 6).

In 2006, the main extraction areas for these species were Correa Island (175,712 specimens) and the tidal channels El Bendito (164,660 specimens), Algarrobo (144,043 specimens), Corrales (135,021 specimens), and Lagartera (82,646 specimens) (Fig. 6).

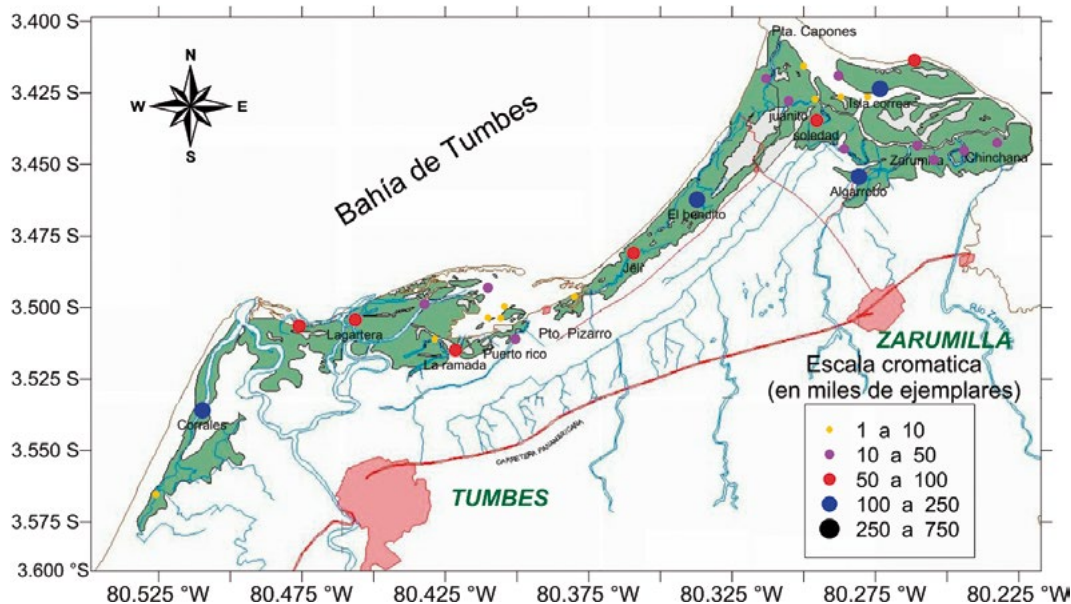


Figura 6.- Distribución y abundancia de ejemplares de conchas negra y huequera en el ecosistema de manglares de Tumbes. 2006

Figure 6. Distribution and abundance of *A. tuberculosa* and *A. similis* in the Tumbes mangrove ecosystem. 2006

2 El conchero se dirige a los pequeños hoyos que quedan con agua, cerca de las raíces del manglar, lugares propicios para encontrar a estos moluscos, aunque también tienen la posibilidad de encontrar al sapo brujo (*Daector dowi*), un pez que presenta tres espinas muy afiladas en su dorso, siendo la primera con la que inyecta un veneno muy potente, que causa una dolorosa herida que incapacita al extractor para continuar con sus labores. El conchero ha improvisado una cura para atenuar los efectos de la toxina, al quemar la herida con fuego (CÓRDOVA 1968).

The shell fisherman goes to the small holes that are left with water, near the roots of the mangrove, which are favorable places to find these mollusks, although they also have the possibility of finding the Dow's toadfish (*Daector dowi*), a fish that has three very sharp thorns on its back, injecting a very powerful poison with its first thorn, causing a painful wound that incapacitates the extractor to continue his work. The shell fisherman has improvised a cure to attenuate the effects of the toxin by burning the wound with fire (CÓRDOVA 1968).

En el 2007, estos recursos fueron extraídos en mayor abundancia respecto al 2006, las principales zonas de extracción fueron los canales de marea El Bendito (446.442 ejemplares), La Ramada (404.166 ejemplares), Corrales (287.632 ejemplares), Jeli (229.980 ejemplares) y La Cucaracha (191.446 ejemplares) (Fig. 7).

In 2007, these resources were extracted in greater abundance than in 2006, the main extraction areas were the tidal channels El Bendito (446,442 specimens), La Ramada (404,166 specimens), Corrales (287,632 specimens), Jeli (229,980 specimens), and La Cucaracha (191,446 specimens) (Fig. 7).

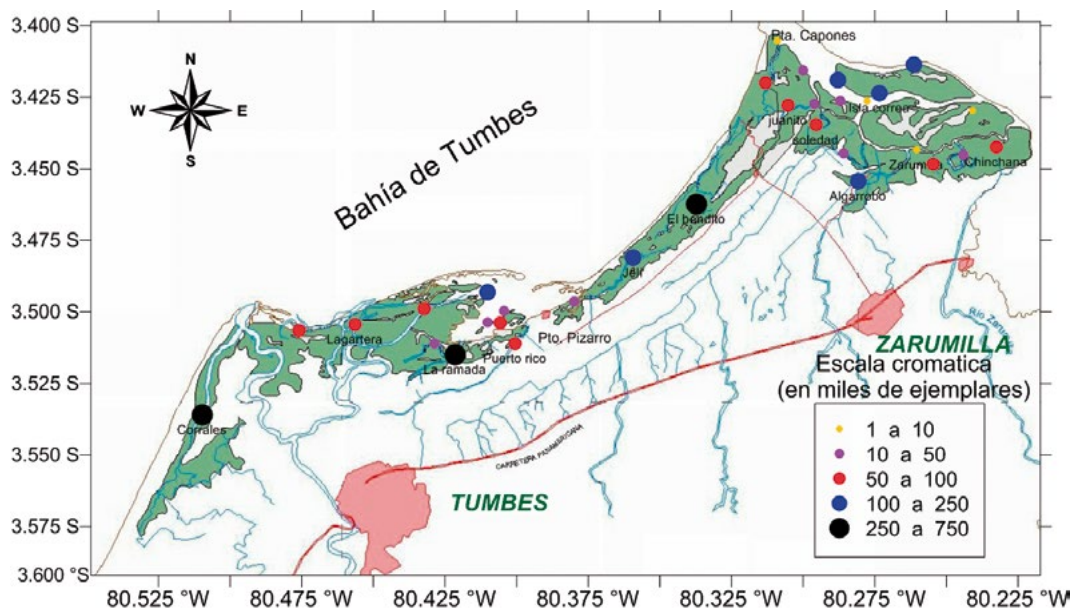


Figura 7.- Distribución y abundancia de ejemplares de conchas negra y huequera en el ecosistema de manglares de Tumbes. 2007

Figure 7. Distribution and abundance of *A. tuberculosa* and *A. similis* in the Tumbes mangrove ecosystem. 2007

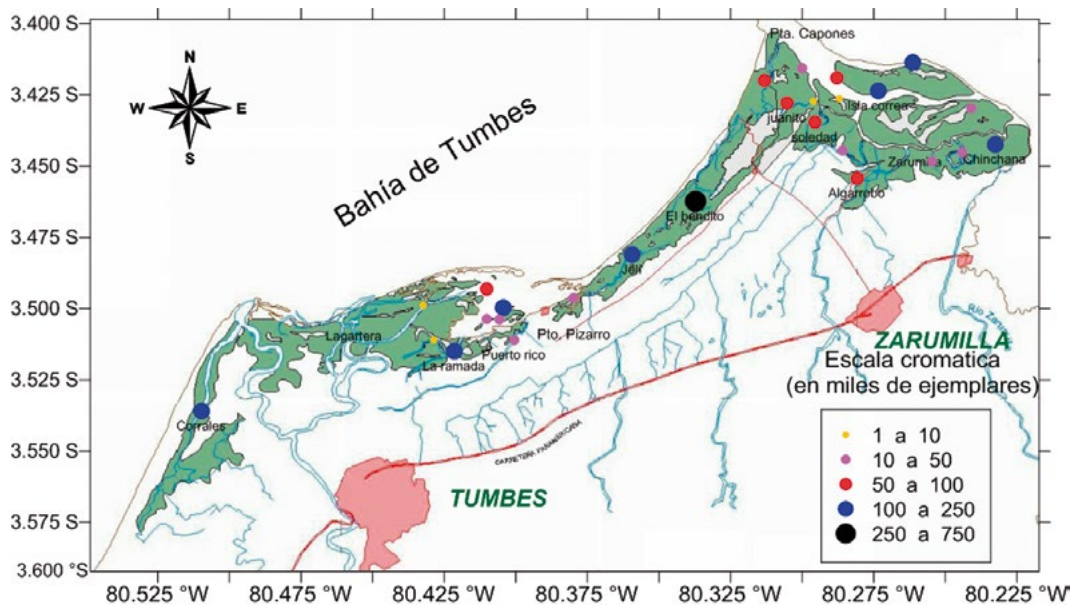


Figura 8.- Distribución y abundancia de ejemplares de conchas negra y huequera en el ecosistema de manglares de Tumbes. 2008

Figure 8. Distribution and abundance of *A. tuberculosa* and *A. similis* in the Tumbes mangrove ecosystem. 2008

En el 2008, se extrajeron en menor abundancia respecto al 2007, siendo las principales zonas de extracción, los canales de marea El Bendito (253.360 ejemplares), Puerto Pizarro (160.283 ejemplares), La Ramada (159.171 ejemplares), Corrales (125.069 ejemplares) e isla Correa (124.603 ejemplares) (Fig. 8).

DESEMBARQUE, ESFUERZO Y CPUE

Desembarque

Existen una caleta (Puerto Pizarro) y dos centros poblados (El Bendito y Puerto 25) aledaños al ecosistema de manglares, que son los centros de operaciones desde donde salen y arriban los extractores de conchas.

En el Centro de Acopio del coliseo Tumpis, se comercializan los ejemplares extraídos de los canales de marea ubicados al sur del ecosistema, conocidos como Corrales, La Chepa, Lagartera; así como parte de lo extraído en Puerto Pizarro y Zarumilla. En ese centro de acopio, también se venden conchas procedentes del Ecuador, por lo que el observador de campo debe estar entrenado para poder discriminar la procedencia del recurso.

Durante el período estudiado, la proporción en la extracción de concha negra, respecto a la concha huequera fue de 5: 1 (84% negra y 16% huequera) que fue también reportada por INRENA (2007) y superior a la registrada por MUSELLO *et al.* (2009) (3,5 a 4:1). Las capturas de concha negra fueron abundantes en el 2007 (2,8 millones) representaron un incremento del 105%, respecto al 2006, disminuyendo en el 2008 (-37%, respecto al 2007). En el caso de la concha huequera, presentó la misma tendencia (Tabla 2, Fig. 9).

In 2008, they were extracted in less abundance than in 2007, being the main areas of extraction, the tidal channels El Bendito (253,360 specimens), Puerto Pizarro (160,283 specimens), La Ramada (159,171 specimens), Corrales (125,069 specimens), and Correa Island (124,603 specimens) (Fig. 8).

LANDING, EFFORT, AND CPUE

Landing

There is a cove (Puerto Pizarro) and two towns (El Bendito and Puerto 25) adjacent to the mangrove ecosystem, which are the centers of operations from where shell extractors depart and arrive.

In the Tumpis Coliseum Collection Center, located in the city of Tumbes, the *A. tuberculosa* and *A. similis* specimens extracted from the tidal channels located to the south of the ecosystem, known as Corrales, La Chepa, Lagartera; as well as part of what was extracted in Puerto Pizarro and Zarumilla are marketed. In this collection center, shells from Ecuador are also sold, so the field observer must be trained to identify the origin of the resource.

In the study period, the ratio of black ark extraction with regard to brown ark was 5: 1 (84% black and 16% brown), which was also reported by INRENA (2007) and higher than what was recorded by MUSELLO *et al.* (2009) (3.5 to 4:1). Catches of the black ark were abundant in 2007 (2.8 million), representing an increase of 105% when compared to 2006, decreasing in 2008 (-37% compared to 2007). In the case of the brown ark, the same mode was observed (Table 2, Fig. 9).

Tabla 2.- Extracción de conchas negra y huequera en el ecosistema de manglares de Tumbes. 2006 – 2008 (en millones de ejemplares y en toneladas)

Table 2. Extraction of *A. tuberculosa* and *A. similis* in the Tumbes mangrove ecosystem. 2006 – 2008 (in millions of specimens and in tons)

Año/Year	<i>A. tuberculosa</i>		<i>A. similis</i>		Total	
	Millones	t	Millones	t	Millones	t
2006	1,3	29,8	0,3	6,2	1,6	36,1
2007	2,8	61,2	0,5	11,9	3,3	73,1
2008	1,7	38,3	0,3	6,7	2,0	45,0
Total	5,8	129,4	1,1	24,9	6,9	154,2

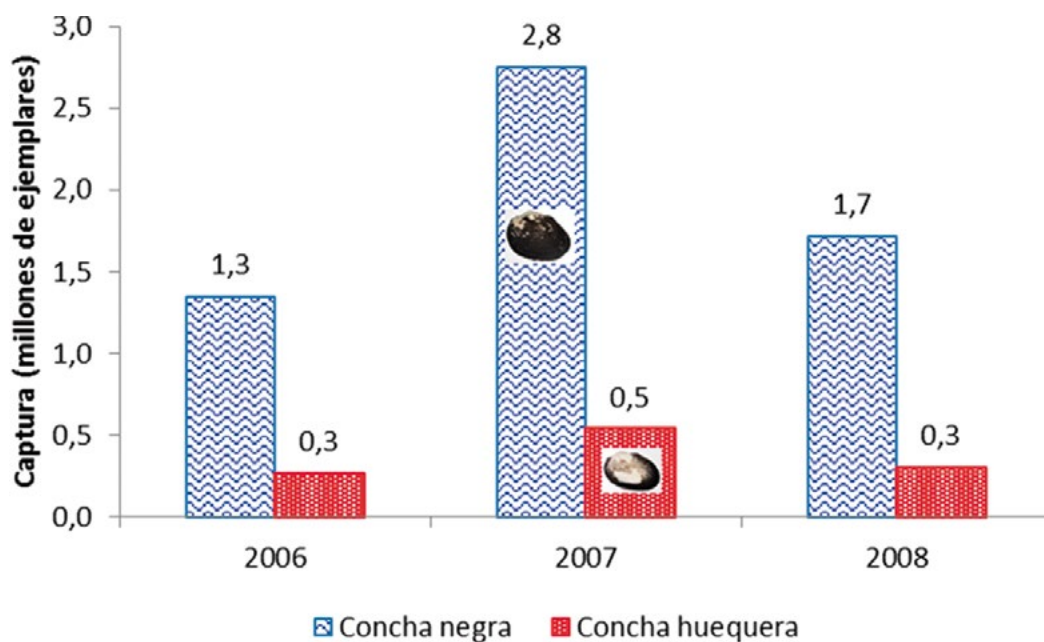


Figura 9.- Extracción de conchas negra y concha huequera en el ecosistema de manglares de Tumbes. 2006 – 2008

Figure 9. Extraction of *A. tuberculosa* and *A. similis* in the Tumbes mangrove ecosystem. 2006 – 2008

CÓRDOVA (1968) concluyó que el número de conchas negras extraídas en los canales de marea de Puerto Pizarro y El Bendito, fue de 489.708 ejemplares en 1965 y de 501.777 en 1966. En la estación pesquera de Puerto Pizarro, entre 1971 y 1976 se extrajeron en promedio 3,1 millones de unidades por año. POMA (1980) consignó 4,9 millones extraídos en 1980, planteando que fue la culminación del incremento iniciado en 1975 (2,5 millones).

CDC-UNALM (1986) indica que la producción de *A. tuberculosa* alcanzó a 4,5 millones de unidades en 1982; 2,5 millones en 1983 y 894.300 unidades en los primeros ocho meses de 1984. Durante el período 2006-2008, las capturas fluctuaron entre 1,6 y 3,3 millones, siendo el promedio anual de 2,3 millones de ejemplares de concha negra y huequera, extraídos en todo el ecosistema de manglares, lo que indica una disminución en su producción a través de los años.

El desembarque provincial del recurso para el período estudiado, nos indica que los canales de marea e islas de la provincia de Zarumilla contribuyeron con el mayor porcentaje de extracción (53,5%) (Fig. 10).

CÓRDOVA (1968) concluded that the number of black arks extracted in the tidal channels of Puerto Pizarro and El Bendito was 489,708 in 1965 and 501,777 in 1966. At the Puerto Pizarro fishing station, a mean of 3.1 million units per year was extracted between 1971 and 1976. POMA (1980) recorded 4.9 million extracted in 1980, stating that it was the culmination of the increase initiated in 1975 (2.5 million).

CDC-UNALM (1986) indicates that the production of *Anadara tuberculosa* reached 4.5 million units in 1982; 2.5 million in 1983, and 894,300 units in the first eight months of 1984. In the period 2006-2008, catches ranged between 1.6 and 3.3 million, with an annual mean of 2.3 million black and brown arks, extracted from the entire mangrove ecosystem, which indicates a decrease in production over the years.

The provincial landing of the resource for the study period indicates that the tidal channels and islands of the Zarumilla province contributed to the highest percentage of extraction (53.5%) (Fig. 10).

Las mayores cantidades del recurso concha se desembarcaron en Puerto 25 (1,7 millones, 52,7%), El Bendito (1,1 millones, 32,1%) y Puerto Pizarro (0,5 millones, 15,2%).

The largest quantities of the shell resource were landed at Puerto 25 (1.7 million, 52.7%), El Bendito (1.1 million, 32.1%), and Puerto Pizarro (0.5 million, 15.2%).

En el centro de acopio ubicado en los exteriores del coliseo Tumpis se comercializaron 3,7 millones de ejemplares. Gran parte de lo que se oferta en ese lugar procede de los esteros ubicados en la zona de Corrales, Puerto Pizarro y Zarumilla (Tabla 3).

In the collection center located outside the Tumpis Coliseum, a total of 3.7 million specimens were marketed. Much of what is offered in that place comes from the estuaries located in the area of Corrales, Puerto Pizarro, and Zarumilla (Table 3).

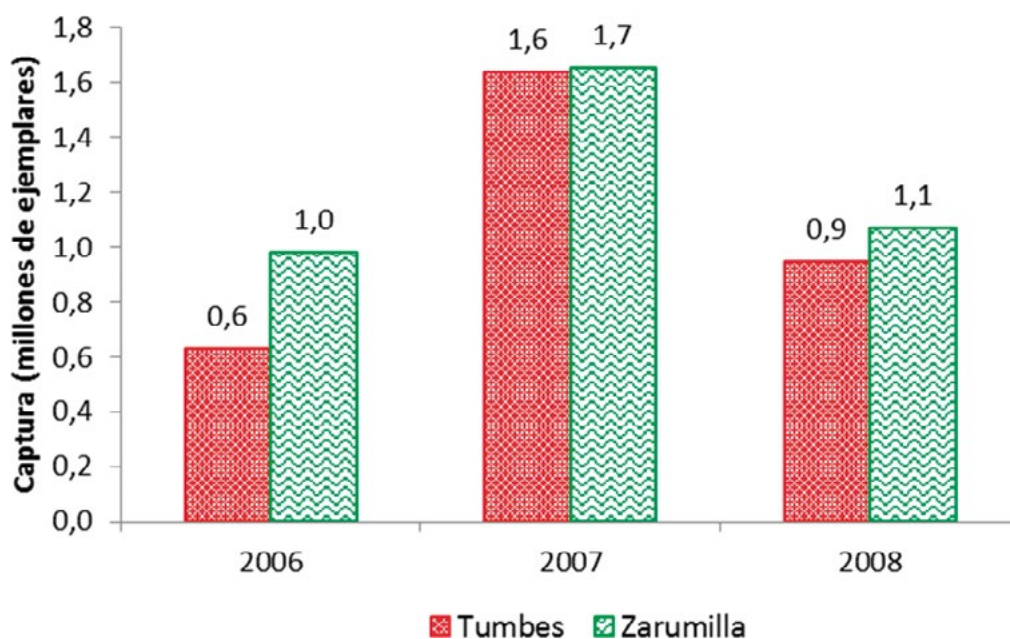


Figura 10.- Extracción del recurso concha (*A. tuberculosa* y *A. similis*), según Provincias de Tumbes. 2006-2008

Figure 10. Extraction of the shell resource (*A. tuberculosa* and *A. similis*), as per Provinces of Tumbes. 2006-2008

Tabla 3.- Extracción de conchas según puerto de desembarque o centro de acopio en Tumbes. 2006-2008 (en miles de ejemplares y en toneladas)

Table 3. Extraction of shells by landing port or collection center in Tumbes. 2006-2008 (in thousands of specimens and in tons)

Puerto de desembarque		<i>A. tuberculosa</i>		<i>A. similis</i>		Total	
Landing port		Miles unid.	t	Miles unid.	t	Miles unid.	t
Centro de acopio		Thousand of spec.		Thousand of spec.		Thousand of spec.	
Collection center							
Puerto	El Bendito	880,3	19,3	169,4	3,8	1.049,6	23,1
	Puerto 25	1.446,5	31,7	277,3	6,2	1.723,8	37,9
	Puerto Pizarro	416,7	10,9	79,6	1,9	496,3	12,8
Centro de acopio	Tumpis	3.069,5	67,4	583,8	12,9	3.653,3	80,4
Total		5.813,0	129,4	1.110,1	24,9	6.923,0	154,2

En la figura 11, se observa que las capturas mensuales entre los años 2006 y 2008, fueron fluctuantes que disminuyeron en la temporada lluviosa (diciembre a marzo), este comportamiento también fue mencionado por POMA (1980); sin embargo, en la temporada de veda (febrero/marzo) continúa la extracción.

En el ecosistema de manglares de Tumbes, existen dos zonas: una que se encuentra bajo protección del SERNANP (Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes), ubicado en la Provincia de Zarumilla, donde existe mayor control por parte de las autoridades (extractores carnetizados) así como conciencia de los extractores para no sacar recursos durante la temporada de veda, y la segunda al sur del Santuario (manglares de El Bendito, Puerto Pizarro y Corrales) que no presentan estas características, por lo tanto hay menor control y concientización de los extractores, es en esta zona donde se aprecia que faenan durante las temporadas de veda, a lo que se suman algunos extractores del Santuario (no faenan en el Santuario, pero si lo hacen en el resto del ecosistema).

Figure 11 shows that the monthly catches between 2006 and 2008 were fluctuating and decreased during the rainy season (December to March). This behavior was also mentioned by POMA (1980); nevertheless, during the closed season (February/March) the extraction continues.

There are two zones in the Tumbes mangrove ecosystem: One is under the protection of SERNANP (Los Manglares de Tumbes National Sanctuary), located in Zarumilla Province, where there is greater control by the authorities (registered extractors) as well as awareness of the extractors to not collect resources during the closed season, and the second south of the Sanctuary (El Bendito mangroves), Puerto Pizarro, and Corrales) that do not present these characteristics, therefore there is less control and awareness of the extractors, it is in this area where it is appreciated that they work during the closed seasons, to which some extractors of the Sanctuary join (they do not work in the Sanctuary, but they do work in the rest of the ecosystem).

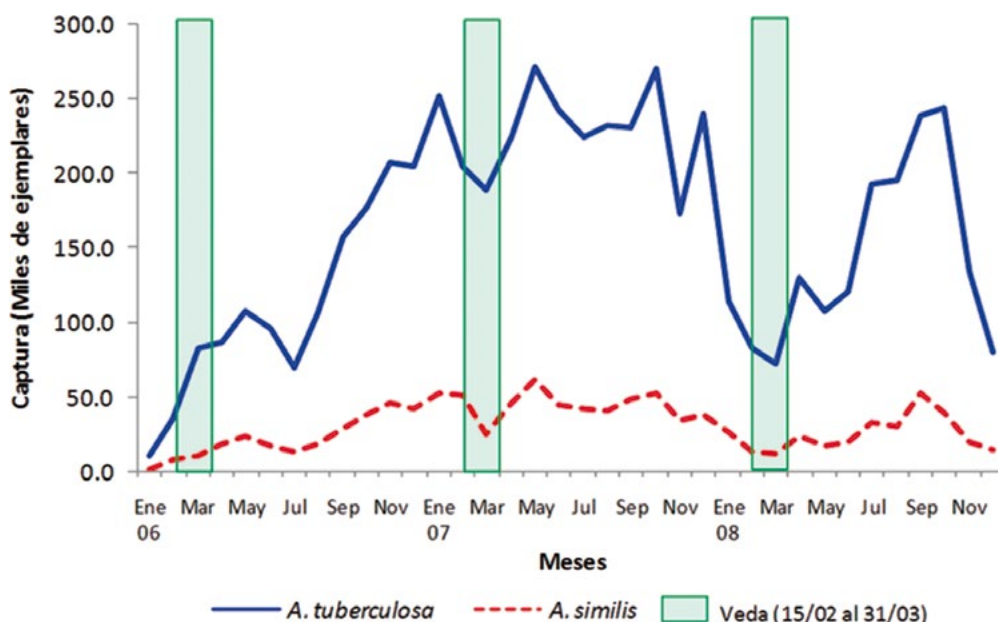


Figura 11.- Evolución mensual de las capturas de conchas negra y huequera en la Región Tumbes. 2006-2008

Figure 11. Monthly evolution of *A. tuberculosa* and *A. similis* catches in the Tumbes Region. 2006-2008

Los mayores volúmenes de extracción se dieron, según canal de marea o isla, en El Bendito (0,86 millones, 13,4%), La Ramada (0,8 millones, 12,5%), Corrales (0,55 millones, 8,5%), isla Correa (0,49 millones, 7,6%) y Jeli (0,49 millones, 7,6%) (Fig. 12).

The largest extraction volumes, by tidal channel or island, occurred in El Bendito (0.86 million, 13.4%), La Ramada (0.8 million, 12.5%), Corrales (0.55 million, 8.5%), Correa Island (0.49 million, 7.6%), and Jeli (0.49 million, 7.6%) (Fig. 12).

Esfuerzo (Número de recolectores)

Effort (Number of collectors)

El número de concheros que faenan en el ecosistema de manglares de Tumbes durante todo el año es variable; Córdova (1968) reportó 68 en los manglares de Puerto Pizarro y El Bendito; POMA (1980) indicó que en 1978 la Estación Pesquera de Puerto Pizarro reportó la faena de 84 personas permanentes y 250 “concheros eventuales”; debidamente empadronados. En 1980 se encuestó a 104 personas dedicadas a esta actividad, que representarían 75% del total (LIP y POMA 1997).

The number of shell fishermen that work in the Tumbes mangrove ecosystem throughout the year is variable; Córdova (1968) reported 68 in the Puerto Pizarro and El Bendito mangroves; POMA (1980) indicated that in 1978 the Puerto Pizarro Fishing Station reported the work of 84 permanent people and 250 “temporary shell fishermen”, all duly registered. In 1980, a total of 104 people dedicated to this activity were surveyed, representing 75% of the total (LIP & POMA 1997).

MEDA (2009a) informó que los usuarios tradicionales que laboraron en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT), según asociación de pertenencia, ascendían a 274, representando los concheros el 46,4% (127) (Tabla 4).

MEDA (2009a) reported that there were 274 traditional users who worked in the Los Manglares de Tumbes National Sanctuary (SNLMT in Spanish), according to membership association and shell fishermen accounted for 46.4% (127) (Table 4).

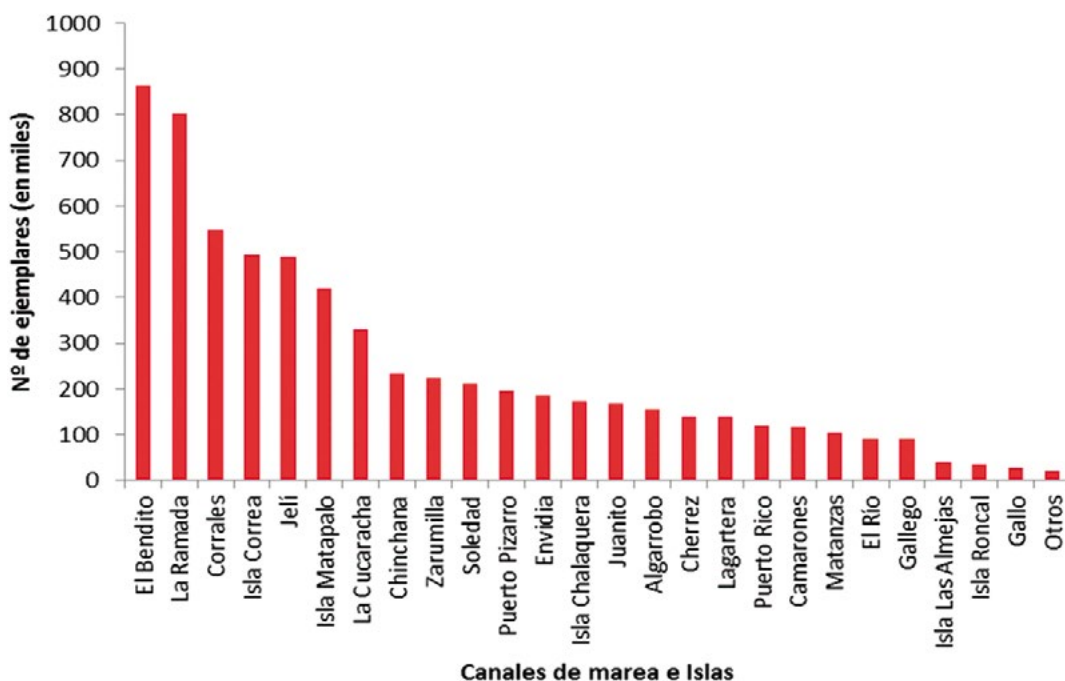


Figura 12.- Capturas según canal de marea o isla en el ecosistema de manglares de Tumbes, 2006- 2008

Figure 12. Catches by tidal channel or island in the Tumbes mangrove ecosystem, 2006-2008

Tabla 4.- Número de usuarios tradicionales del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (Tomado de MEDA 2009b)

Table 4. Number of traditional users of the Los Manglares de Tumbes National Sanctuary (Taken from MEDA 2009b)

Organización Organization	Cangrejeros Crab fishermen	Concheros Shell fishermen	Pescadores Fishermen	Total
ASEPROHI San Pedro	69	36	9	114
ASEXTRI en los manglares	3	25	27	55
ACP El Bendito	5	19	3	27
AEXAPROH Los Tumpis	0	45	0	45
ASPOPRODECAZ	0	2	12	14
No Asociados	0	0	0	19
Total	77	127	51	274

Tabla 5.- Número máximo de extractores de concha que faenaron en el ecosistema de manglares de Tumbes. 2006 – 2008

Table 5. Maximum number of shell extractors operating in the Tumbes mangrove ecosystem. 2006 - 2008

Puerto o Centro acopio Port or Collection center	Año			Total
	2006	2007	2008*	
El Bendito	39	33	21	39
Puerto 25	49	38	50	50
Coliseo Tumpis	84	98	102	102
Total	172	169	173	191

* Por reestructuración presupuestal se tomó información interdiaria, durante el primer semestre, luego diariamente hasta finalizar el año

* Due to budget restructuring, inter-daily information was taken throughout the first semester, then daily information was taken until the end of the year

De la información de captura-esfuerzo en el ecosistema de manglares, obtenida entre los años 2006 y 2008 por el LC Tumbes, con base en el número máximo de extractores que faenaron por lugar, mes y día, aproximadamente 191 fueron concheros (Tabla 5).

La mayoría de extractores (53,4%), que comercializa sus productos en el centro de acopio del coliseo Tumpis, faenan en su mayoría en los canales de marea La Ramada, Corrales, Jelí, La Cucaracha y El Bendito. En Puerto 25 se registra 26,2% de los concheros que extraen conchas negras, principalmente en las islas Correa y Chalaquera y en los canales de marea Zarumilla, Chinchana y Algarrobo. El Centro Poblado El Bendito registra 20,4% de recolectores que trabajan en los canales de marea El Bendito, Soledad, Juanito o Lagarto, Envidia e isla Almeja.

From the catch-effort information in the mangrove ecosystem, which was obtained between 2006 and 2008 by the CL Tumbes, based on the maximum number of extractors that worked per place, month, and day, approximately 191 were shell fishermen (Table 5).

Most extractors (53.4%), which sell their products in the collection center of the Tumpis Coliseum, work mostly in La Ramada, Corrales, Jelí, La Cucaracha, and El Bendito tidal channels. In Puerto 25, a total of 26.2% of the shell fishermen that extract black arks are registered, mainly in the Correa and Chalaquera Islands and in the Zarumilla, Chinchana, and Algarrobo tidal channels. The town of El Bendito registers 20.4% of collectors working in El Bendito, Soledad, Juanito or Lagarto, Envidia tidal channels and in Almeja Island.

Según POMA (1980) es muy difícil determinar el número de recolectores de conchas negras, debido a:

- que los bancos naturales constituyen un sistema abierto
- que no existe un control adecuado de esta actividad
- la idiosincrasia de los recolectores.

INRENA (2001) indica que, al no ser una actividad permanente, fácilmente es abandonada para realizar otras de mayor rentabilidad.

CPUE (Conchas extraídas/faena/extractor/día)

La información obtenida por el LC Tumbes, en los canales de marea e islas de los manglares de Puerto Pizarro, entre enero 2002 y diciembre 2015, sirvió para analizar el índice de abundancia relativa (conchas totales extraídas/faena/extractor/día= ct/f/e/d).

El ítem conchas totales está compuesto, aproximadamente, por 84% de ejemplares de conchas negras y 16% de conchas huequeras. En la figura 13 se puede verificar la fluctuación anual del ct/f/e/d y se observa que hubo incrementos, generados, posiblemente, por mejores condiciones del ambiente y/o por la veda reproductiva. Al analizar el esfuerzo ejercido en la extracción de conchas negras y huequera por separado las tendencias fueron similares.

According to POMA (1980), it is very difficult to determine the number of collectors of black arks, due to the fact that:

- natural banks constitute an open system
- there is no adequate control of this activity
- the idiosyncrasy of the collectors.

INRENA (2001) indicates that, as it is not a permanent activity, it is easily abandoned in order to carry out others of greater profitability.

CPUE (Extracted shells/work/extractor/day)

The information obtained by the CL Tumbes, in the tidal channels and islands of the Puerto Pizarro mangroves, between January 2002 and December 2015, was used to analyze the relative abundance index (total extracted shells/work/extractor/day= ct/f/e/d).

The total shells item is composed of approximately 84% of black arks and 16% of brown arks. Figure 13 shows the annual fluctuation of the ct/f/e/d and shows that there were increases, which were possibly generated by better environmental conditions and/or by the breeding ban. When analyzing the effort exerted in the extraction of *A. tuberculosa* and *A. similis* separately, the modes were similar.

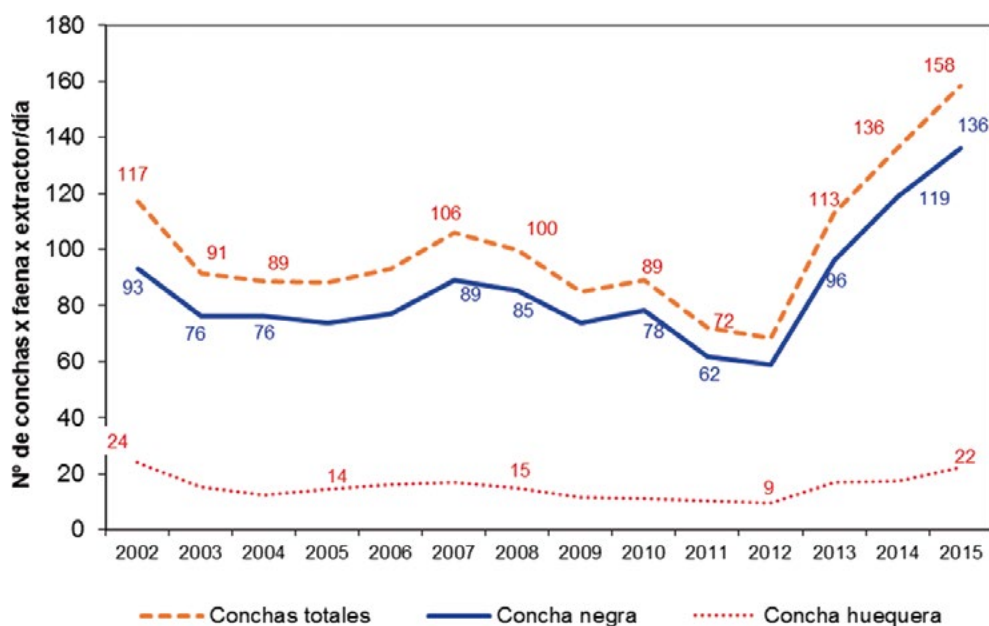


Figura 13.- Evolución de la abundancia relativa (CPUE) de los principales bivalvos comerciales de los manglares de Puerto Pizarro. 2002 – 2015

Figure 13. Evolution of the relative abundance (CPUE) of the main commercial bivalves of the Puerto Pizarro mangroves. 2002 – 2015

Se asume que el incremento en la CPUE durante los últimos años, también podría deberse a los efectos positivos de El Niño 2010 y a las condiciones cálidas registradas a partir del 2013, que posibilitaron la mayor abundancia del recurso, tal como lo indican BORDA y CRUZ (2004) quienes evidenciaron que *la precipitación y la temperatura superficial del mar influyeron en el aumento de las capturas con un desfase de 17 y 20 meses, respectivamente*, aunque también indicaron que durante el evento El Niño extraordinario 1997-1998, se registró un descenso de las capturas.

CÓRDOVA (1968) determinó que *en los canales de marea Puerto Pizarro y El Bendito, entre los años 1965 y 1966, la extracción promedio fue de 294 y 262 ct/f/e/d, respectivamente*. POMA (1980) indicó que *el promedio fue de 206 ct/f/e/d y que en 1978 fue 250 ct/f/e/d*. INRENA (2007) concluyó que *la extracción varió entre 75 y 100 ct/f/e/d*. Para el 2011 y 2012 las cifras según LC Tumbes fueron de 72 y 68 ct/f/e/d, respectivamente y del 2013 al 2015 se registraron incrementos progresivos de 113 a 158 ct/f/e/d, respectivamente (Tabla 6, Fig. 14).

It is assumed that the increase in CPUE in recent years could also be due to the positive effects of the El Niño 2010 and to the warm conditions recorded since 2013, which enabled the greater abundance of the resource, as indicated by BORDA & CRUZ (2004) who evidenced that precipitation and sea surface temperature influenced the increase in catches with a lag of 17 and 20 months, respectively, although they also indicated that during the extraordinary El Niño event 1997-1998, a decrease in catches was recorded.

CÓRDOVA (1968) determined that *between 1965 and 1966, in Puerto Pizarro and El Bendito tidal channels, the mean extraction was 294 and 262 ct/f/e/d, respectively*. POMA (1980) indicated that *the mean was 206 ct/f/e/d and that in 1978 it was 250 ct/f/e/d*. INRENA (2007) concluded that *extraction varied between 75 and 100 ct/f/e/d*. For 2011 and 2012, the figures according to CL Tumbes were 72 and 68 ct/f/e/d, respectively, and from 2013 to 2015, there were progressive increases from 113 to 158 ct/f/e/d, respectively (Table 6, Fig. 14).

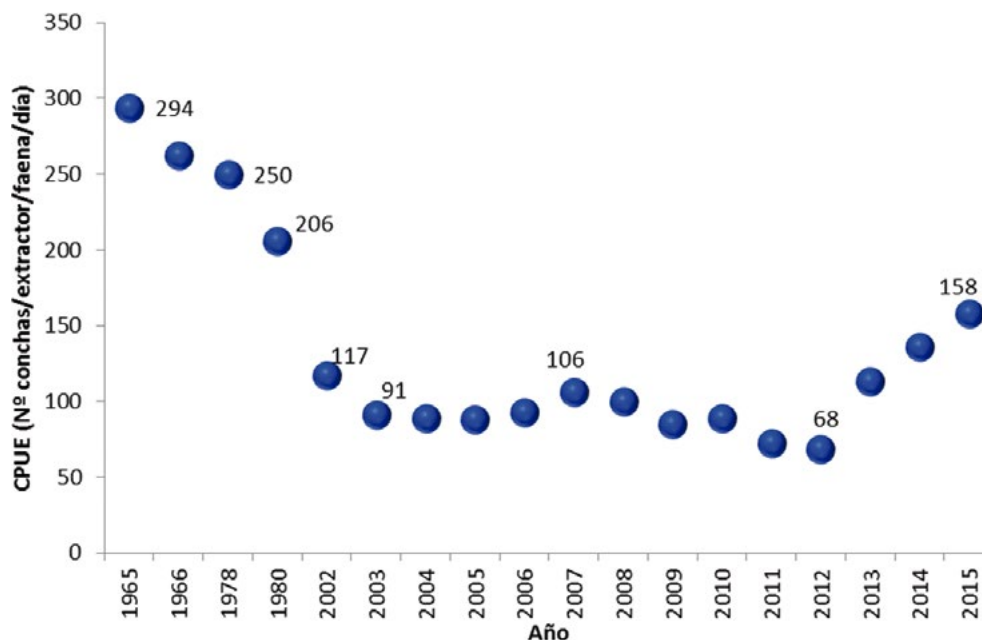


Figura 14.- Evolución anual de la abundancia relativa (CPUE) del recurso concha (negra y huequera) en los manglares. 1965-2015

Figure 14. Annual evolution of relative abundance (CPUE) of the shell resource (*A. tuberculosa* and *A. similis*) in mangroves. 1965-2015

Tabla 6.- Captura por unidad de esfuerzo de conchas en Tumbes. 1965-2015

Table 6. Catch per unit of effort of shells in Tumbes. 1965-2015

Año	Autor	CPUE conchas/extractor/faena/día shells/extractor/work/day
1965	Córdova (1968)	294
1966	Córdova (1968)	262
1978	Poma (1981)	250
1980	Poma (1981)	206
2002	LC Tumbes	117
2003	LC Tumbes	91
2004	LC Tumbes	89
2005	LC Tumbes	88
2006	LC Tumbes	93
2007	LC Tumbes	106
2007	INRENA	75 a 100
2008	LC Tumbes	100
2009	LC Tumbes	85
2010	LC Tumbes	89
2011	LC Tumbes	72
2012	LC Tumbes	68
2013	LC Tumbes	113
2014	LC Tumbes	136
2015	LC Tumbes	158

Tabla 7.- Estadísticos descriptivos de la longitud valvar de concha negra en el ecosistema de manglares de Puerto Pizarro, Tumbes. 1995-2015

Table 7. Descriptive statistics on the black ark's valvar length in the Puerto Pizarro mangrove ecosystem, Tumbes. 1995-2015

Año	Nº Ejemplares Specimens	Longitud valvar / Valve length (mm)					D. S.	Var
		Mínimo Minimum	Máximo Maximum	Media Mean	Moda Mode	≥TME (%)		
1995	11.322	30	68	46,5	45		5,5	
1996	13.900	35	79	47,2	41, 49	67,1	5,1	
1997	8.052	30	79	48,5	45, 49	73,0	6,2	
1998	9.851	18	88	46,5	45, 47, 40	61,8	6,9	48,0
1999	7.407	29	90	45,2	45, 47, 40	54,2	5,7	32,7
2000	7.708	26	73	45,9	45, 40, 50	60,1	5,1	26,4
2001	11.628	28	71	46,3	45, 48, 38	61,5	6,2	38,4
2002	13.930	31	88	46,0	45, 40, 48	54,8	6,8	46,6
2003	14.621	30	77	45,6	45, 40	52,9	6,4	40,8
2004	16.309	30	80	43,6	45, 40, 38	40,6	5,7	32,4
2005	15.195	23	75	44,1	40, 45	42,9	6,0	35,9
2006	32.315	22	72	42,8	40, 45, 38	35,5	5,8	33,6
2007	40.494	28	72	42,1	40, 38	30,2	5,8	33,5
2008	27.902	8	69	41,8	40, 38	29,0	5,7	32,7
2009	11.785	28	64	42,4	40, 45	33,7	6,2	38,4
2010	10.922	27	60	42,5	40, 45	35,2	6,3	39,7
2011	6.116	8	71	41,3	40, 38	23,9	5,0	25,2
2012	6.263	26	62	40,6	38, 40	20,1	4,8	23,1
2013	5.193	20	62	40,5	40	18,8	4,9	23,8
2014	5.065	16	61	41,0	40	19,4	4,6	21,2
2015	5.810	11	61	40,5	40	20,0	4,9	24,0

Nota: Información de Puerto Pizarro años 1995 a 2005 y del 2009 a 2015. Puerto Pizarro y Zarumilla años 2006 a 2008. No incluye datos de prospecciones en el ecosistema de manglar

Note: Information from Puerto Pizarro, from 1995 to 2005 and from 2009 to 2015. Puerto Pizarro and Zarumilla from 2006 to 2008. It does not include data from surveys in the mangrove ecosystem

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS**Estructura por tallas**

Los muestreos biométricos efectuados en Puerto Pizarro y de las muestras adquiridas a extractores en el período 1995-2015 (20 años), indican el marcado descenso de la longitud valvar (LV) de concha negra; en el caso de la talla media el decremento fue 12,9%. En el año 2015 la disminución en la extracción de ejemplares con tallas legales (≥ 45 mm LV) fue 47,1%, mientras que el 80% correspondió a capturas con tallas ilegales (< 45 mm LV) (Tabla 7, Figs. 15, 16).

Entre los años 1965 y 1966 CÓRDOVA (1968) registró promedios de 51,48 y 50,68 mm LV, en los manglares de Puerto Pizarro y El Bendito, por lo que se puede deducir que la disminución de las tallas medias de este recurso se acentuó entre los años 1995 y 2015 (12,9%), si los comparamos con el decremento verificado entre 1965 y 1995 (30 años) (9,7%).

BIOLOGICAL CHARACTERISTICS**Structure by sizes**

The biometric samplings carried out in Puerto Pizarro and the samples acquired from extractors in the period 1995-2015 (20 years), indicate a noticeable decrease in the black ark's valve length (VL); in the case of the mean size, the decrease was 12.9%. In 2015, the decrease in the extraction of specimens with legal sizes (≥ 45 mm VL) was 47.1%, while 80% corresponded to catches with illegal sizes (< 45 mm VL) (Table 7, Figs. 15, 16).

Between 1965 and 1966, CÓRDOVA (1968) recorded averages of 51.48 and 50.68 mm VL, in the Puerto Pizarro and El Bendito mangroves, so it can be deduced that the decrease in the mean sizes of this resource was more pronounced between 1995 and 2015 (12.9%), if we compare them with the decrease verified between 1965 and 1995 (30 years) (9.7%).

Tabla 8.- Estadísticos descriptivos de la longitud valvar de concha huequera negra en el ecosistema de manglares de Puerto Pizarro, Tumbes. 1995-2015

Table 8. Descriptive statistics on the brown ark's valvar length in the Puerto Pizarro mangrove ecosystem, Tumbes. 1995-2015

Año Year	Nº ejemplares Specimens	Longitud valvar / Valve length (mm)						
		Mínimo Minimum	Máximo Maximum	Media Mean	Moda Mode	TME (%)	D. S.	Var
1995	1561	33	65	49,4	50		4,5	
1996	1213	35	69	48,9	45, 49	80,2	4,3	
1997	921	35	69	48,4	45, 49	75,0	5,5	
1998	789	38	62	48,9	47, 50, 45	85,2	4,4	19,4
1999	1013	34	66	46,8	45, 48	68,9	4,4	19,5
2000	1242	36	68	47,3	45, 48	70,5	5,1	26,1
2001	2595	33	65	48,9	45, 47	79,1	5,6	31,5
2002	3640	34	68	47,9	45, 50, 48	68,4	6,2	38,6
2003	2905	34	68	47,8	45, 48, 50	67,3	6,2	38,4
2004	2717	32	60	44,5	45, 42, 40	50,1	4,4	19,1
2005	3204	29	65	45,4	45, 40	55,1	5,3	27,9
2006	6866	28	62	43,9	45, 40	42,9	4,8	23,0
2007	7862	30	66	44,3	42, 40, 45	45,6	5,1	25,5
2008	4934	29	60	43,8	40, 44, 42	42,0	4,7	22,2
2009	1890	33	59	44,4	45, 43, 40	48,5	4,7	22,4
2010	1557	31	58	44,1	45, 42, 40	47,1	4,4	19,6
2011	1046	32	58	44,4	45, 40	49,7	4,7	22,5
2012	978	29	56	43,0	43, 45, 39	37,0	4,8	23,0
2013	833	29	62	43,1	46, 43	44,5	5,6	31,8
2014	713	15	58	43,5	45, 38	50,9	5,8	33,5
2015	890	8	62	41,7	40, 45	33,5	5,8	33,7

Nota: Información de Puerto Pizarro años 1995 a 2005 y del 2009 a 2015. Puerto Pizarro y Zarumilla años 2006 a 2008. No incluye datos de prospecciones en el ecosistema de manglar

Note: Information from Puerto Pizarro, 1995 to 2005 and from 2009 to 2015. Puerto Pizarro and Zarumilla, 2006 to 2008. It does not include data from surveys in the mangrove ecosystem

Ente los años 1995 y 2015 el porcentaje de disminución de la talla media de la concha huequera fue de 15,6%. El porcentaje de disminución de ejemplares capturados con talla legal fue 46,7%. En el 2015 el porcentaje de ejemplares menores a la talla mínima de extracción alcanzó a 66,5% (Tabla 8, Figs. 15, 16).

Between 1995 and 2015, the percentage decrease in the mean size of the brown ark was 15.6%. The percentage decrease of specimens caught with legal size was 46.7%. In 2015, the percentage of specimens smaller than the minimum extraction size reached 66.5% (Table 8, Figs. 15, 16).

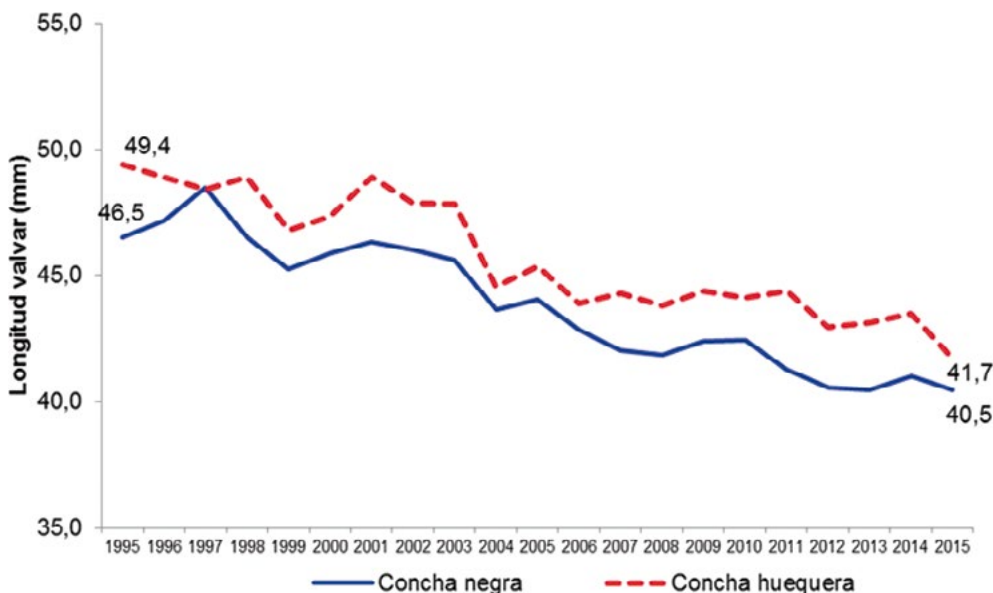


Figura 15.- Evolución de longitud valvar media de los principales bivalvos extraídos en el ecosistema de manglares de Puerto Pizarro, Tumbes. 1995-2015

Figure 15. Evolution of mean valve length of the main bivalves extracted in the Puerto Pizarro mangrove ecosystem, Tumbes. 1995-2015

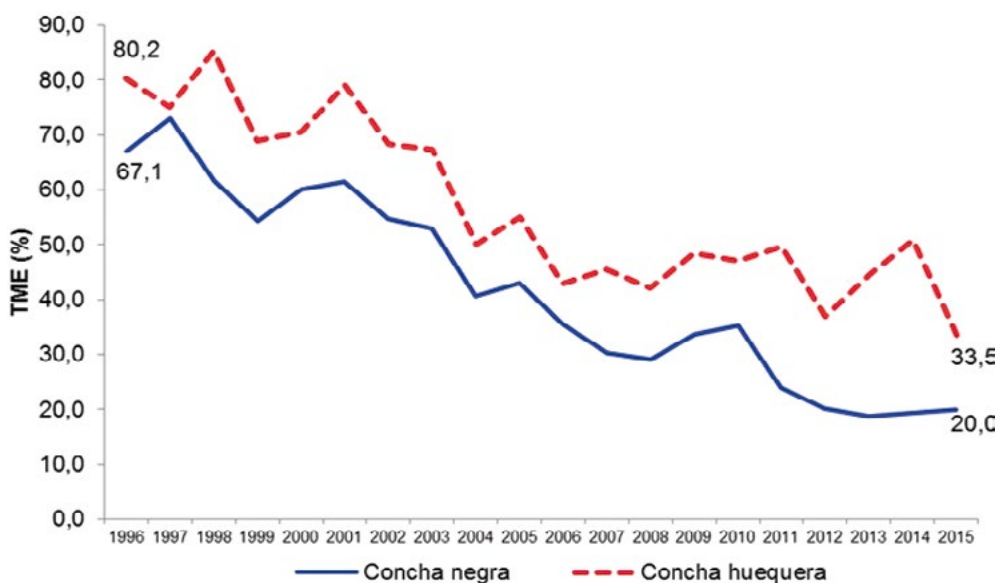


Figura 16.- Evolución del % de ejemplares con tallas legales de extracción (>= 45 mm LV) de conchas negras extraídas en el ecosistema de manglares de Puerto Pizarro, Tumbes. 1996-2015

Figure 16. Evolution of the % of black ark specimens with legal extraction sizes (>= 45 mm VL) extracted in the Puerto Pizarro mangrove ecosystem, Tumbes. 1996-2015

Proporción sexual

De 73.337 conchas negras examinadas, 44.121 (60,2%) fueron hembras y 29.216 (39,8%) machos (Tabla 9, Fig. 17). Además, se encontraron 3.874 ejemplares con sexo no definido y 65 hermafroditas. La proporción sexual durante el período evaluado (1996–2015) favoreció a las hembras (Test χ^2 ; $p<0,05$).

En el caso de concha huequera de 10.571 ejemplares examinados, 5.925 (56,0%) fueron hembras y 4.646 (44,0%) machos (Tabla 10, Fig. 17). Además, se encontraron 487 individuos con sexo no definido y dos hermafroditas.

La proporción sexual global fue diferente a la esperada (1 M: 1H), favoreciendo ligeramente a las hembras (Test χ^2 ; $p<0,05$). En la mayoría de años evaluados la tendencia fue similar a excepción de 1998, 2008, 2009, 2010 y 2015, en los que no hubo diferencias, siendo la proporción cercana a la esperada.

Tabla 9.- Proporción sexual de concha negra en manglares de Tumbes. 1996-2015

Table 9. Sexual ratio of the black ark in the Tumbes mangroves. 1996-2015

Año Year	Hembras Females	Machos Males	Proporción Ratio
1996	1.356	647	2,1:1
1997	1.403	635	2,2:1
1998	2.948	1.591	1,9:1
1999	1.994	1.134	1,8:1
2000	1.997	1.039	1,9:1
2001	2.330	1.327	1,8:1
2002	1.657	1.059	1,6:1
2003	1.134	849	1,3:1
2004	1.602	1.200	1,3:1
2005*	2.036	1.365	1,5:1
2006	4.566	3.469	1,3:1
2007*	6.464	4.460	1,4:1
2008	3.945	2.831	1,4:1
2009*	1.389	976	1,4:1
2010	867	527	1,6:1
2011*	1.493	948	1,6:1
2012*	1467	998	1,5:1
2013*	1495	1274	1,2:1
2014*	1999	1434	1,4:1
2015*	1979	1453	1,4:1
Total	44.121	29.216	1,5:1

*Incluye datos de prospecciones

*Surveys data included

Sex ratio

There were 73,337 examined black arks. A total of 44,121 (60.2%) were females and 29,216 (39.8%) were males (Table 9, Fig. 17). In addition, there were 3,874 specimens with undefined sex and 65 hermaphrodites. The sex ratio in the assessed period (1996 - 2015) favored females (Test χ^2 ; $p<0.05$).

In the case of the brown ark, out of 10,571 examined specimens, a total of 5,925 (56.0%) were females and 4,646 (44.0%) were males (Table 10, Fig. 17). In addition, 487 individuals with undefined sex and two hermaphrodites were found.

The overall sex ratio was different than expected (1 M: 1F), slightly favoring females (Test χ^2 ; $p<0.05$). In most of the assessed years, the mode was similar except for 1998, 2008, 2009, 2010, and 2015, when there were no differences and the ratio was close to that expected.

Tabla 10.- Proporción sexual de concha huequera en manglares de Tumbes. 1996-2015

Table 10. Sexual ratio of the brown ark in the Tumbes mangroves. 1996-2015

Año Year	Hembras Females	Machos Males	Proporción Ratio
1996	271	132	2,1:1
1997	244	122	2,0:1
1998	165	134	1,2:1
1999	355	196	1,8:1
2000	444	284	1,6:1
2001	354	277	1,3:1
2002	313	200	1,6:1
2003	287	238	1,2:1
2004	477	332	1,4:1
2005*	633	505	1,3:1
2006	1.122	986	1,1:1
2007*	966	788	1,2:1
2008	526	465	1,1:1
2009*	283	241	1,2:1
2010	123	103	1,2:1
2011*	244	192	1,3:1
2012*	298	224	1,3:1
2013*	358	274	1,3:1
2014*	400	320	1,3:1
2015*	325	342	1,0:1
Total	5.925	4.646	1,3:1

*Incluye datos de prospecciones

*Surveys data included

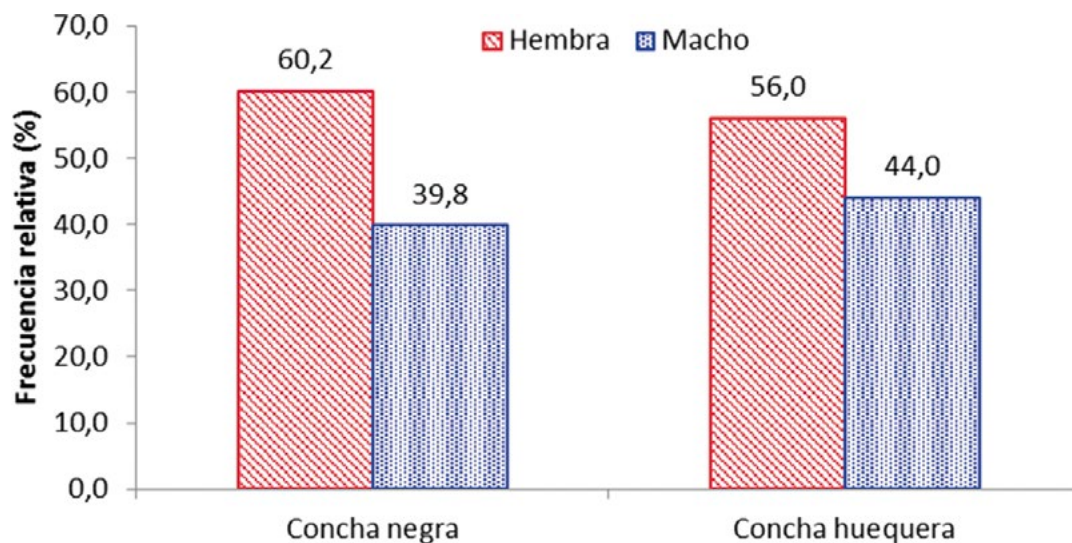


Figura 17.- Proporción sexual de conchas negra y huequera en manglares de Tumbes. 1996-2015

Figure 17. Sexual ratio of *A. tuberculosa* and *A. similis* in the Tumbes mangroves. 1996-2015

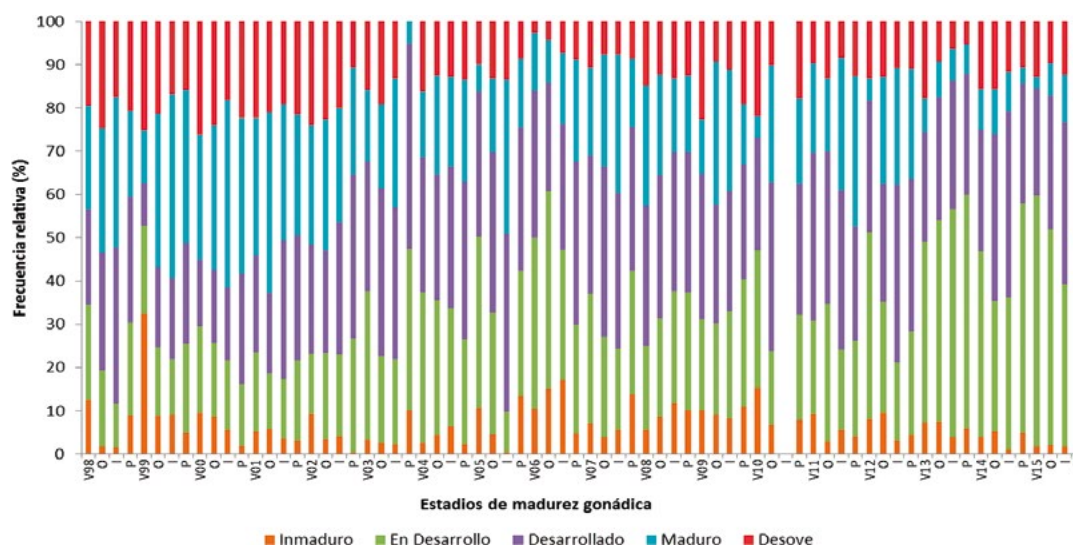


Figura 18.- Evolución estacional de los estadios de madurez gonádica en ejemplares hembras de *A. tuberculosa* en el ecosistema de manglares de Tumbes. 1998-2015

Figure 18. Seasonal evolution of gonadal maturity stages in females of *A. tuberculosa* in the Tumbes mangrove ecosystem. 1998-2015

Aspectos reproductivos

Ciclo reproductivo.- Las conchas negra y huequera desovan durante todo el año. Se ha constatado que en las estaciones de verano y otoño el desove es más intenso (Fig. 18). Estos resultados tienen relación con lo obtenido por AYALA (2011) quien determinó, en Ecuador, que la actividad reproductiva de *A. tuberculosa* presenta una condición muy variable, con individuos maduros y en desove durante todo el año.

Reproductive aspects

Breeding cycle.- *A. tuberculosa* and *A. similis* spawn throughout the year. It has been observed that in the summer and autumn seasons spawning is more intense (Fig. 18). These results are related to what was obtained by AYALA (2011) who, in Ecuador, determined that the breeding activity of black ark presents a very variable condition, with mature and spawning individuals throughout the year.

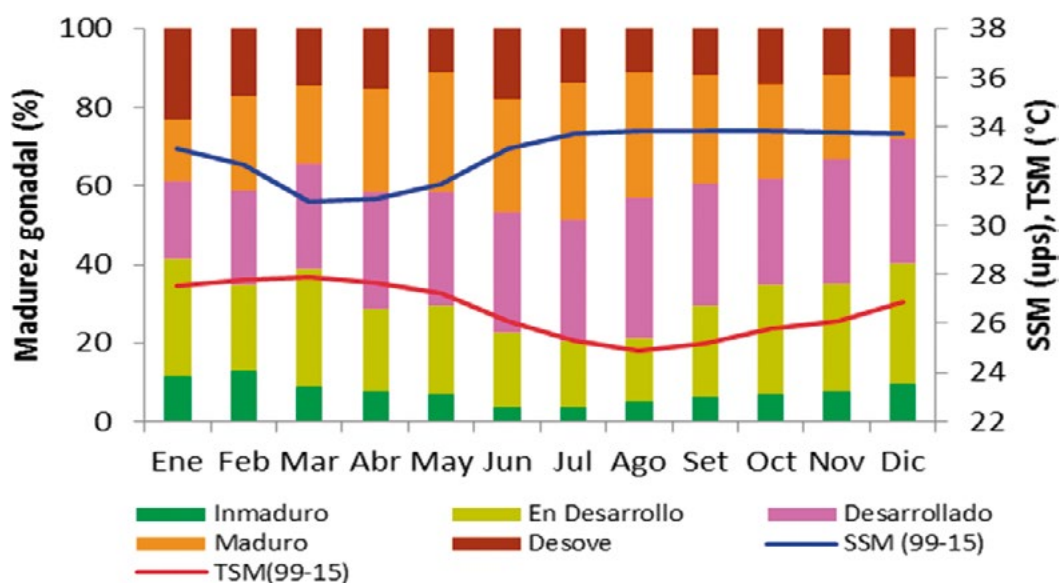


Figura 19.- Evolución mensual de los estadios de madurez gonádica en hembras de *A. tuberculosa*, y promedios mensuales de temperatura y salinidad superficial. 1999 – 2015

Figure 19. Monthly evolution of the gonadal maturity stages in females of *A. tuberculosa*, and monthly averages of surface temperature and salinity. 1999 – 2015

Al integrar los datos mensuales de madurez gonadal en hembras de *A. tuberculosa*, durante el período 1999 – 2015, para evitar sesgos se eliminaron de los cálculos los años 1997 - 1998 (Niño extraordinario) y los años que no tuvieron la serie de madurez gonadal mensual completa; se asumió un “año virtual” o “artificial”, siguiendo la metodología de WRIGHT-LÓPEZ *et al.* (2009). Al correlacionar esta información con los promedios multianuales de temperatura superficial del mar (TSM) y salinidad superficial del mar (SSM), observamos dos picos máximos de desove, ubicándose el principal en enero (verano) y el segundo en junio (otoño). El primero de ellos coincide con la temporada lluviosa y la disminución de la salinidad y el segundo con el incremento de la salinidad y disminución de la temperatura; al respecto PÉREZ (2005), en México, indicó que *el cambio de temperatura operaría como un disparador del desove de A. tuberculosa, al observar el incremento de individuos en desove cuando ésta disminuye* (Fig. 19); mientras que CRUZ (1984) en Costa Rica, observó que *la gametogénesis activa de A. tuberculosa, aparentemente está marcada por un decrecimiento de la salinidad y el desove por las altas salinidades.*

When integrating the monthly data of gonadal maturity in females of *A. tuberculosa*, in the period 1999 - 2015, in order to avoid biases, the years 1997 - 1998 (Extraordinary El Niño) and the years that did not have the complete monthly gonadal maturity series were removed from the estimates; a “virtual” or “artificial” year was assumed, based on the methodology of WRIGHT-LÓPEZ *et al.* (2009). By correlating this information with the multiannual averages of sea surface temperature (SST) and sea surface salinity (SSS), we observed two maximum spawning peaks, with the main peak occurring in January (summer) and the second in June (autumn). The first one coincides with the rainy season and the decrease of salinity and the second one with the increase of salinity and decrease of temperature; in this regard. PÉREZ (2005) in Mexico, indicated that *the temperature change would operate as a trigger of the spawning of A. tuberculosa, when observing the increase of individuals in spawning when it decreases* (Fig. 19); while CRUZ (1984) in Costa Rica, observed that *the active gametogenesis of A. tuberculosa, is apparently influenced by a decrease of salinity and spawning by the high salinity.*

Al integrar los estadios II, III y IV en el estadio "madurante" y representarlos con los estadios I (inmaduro) y V (desovado), se observa el marcado descenso de los ejemplares "madurantes" y el incremento de los ejemplares "desovados" en el mes de enero; también se observa un pico de desove secundario en junio y otro, de menor magnitud, en octubre (Fig. 20).

By integrating stages II, III, and IV in the "maturing" stage and by representing them with stages I (immature) and V (spawned), we observe a noticeable decrease in the "maturing" specimens and an increase in the "spawned" specimens in January; we also observe a secondary spawning peak in June and another, of lesser magnitude, in October (Fig. 20).

Por lo expuesto, el principal período reproductivo de *A. tuberculosa*, se ubicaría entre los meses de noviembre y febrero, coincidiendo con AYALA (2011) quien identificó el período de noviembre a febrero como la principal época reproductiva de la especie en Ecuador, localidad situada aproximadamente a 45 km de Tumbes. BORDA y CRUZ (2004) informaron que la especie se reproduce todo el año en el Pacífico colombiano, pero con una época principal de maduración en noviembre y febrero (final del otoño y verano en el hemisferio norte). PÉREZ (2005) observó que la población de *A. tuberculosa* registró la mayor actividad desovante en mayo-junio (primavera) y noviembre-diciembre (otoño) en el estero Santo Domingo, México, que coincide con los principales períodos de desove reportados en Punta Arenas, Costa Rica (CRUZ 1984).

In view of the above mentioned, the main breeding period of *A. tuberculosa* would be between November and February, coinciding with AYALA (2011) who identified the period from November to February as the main breeding period of the species in Ecuador, a place located at approximately 45 km from Tumbes. BORDA & CRUZ (2004) reported that the species breeds throughout the year in the Colombian Pacific, but with a main maturation season in November and February (late autumn and summer in the northern hemisphere). PÉREZ (2005) observed that the *A. tuberculosa* population recorded the highest spawning activity in May-June (spring) and November-December (autumn) in Mexico, which coincide with the main spawning periods reported in Costa Rica (CRUZ 1984).

GARCÍA-DOMÍNGUEZ *et al.* (2008) indicaron que en México, la reproducción de *A. tuberculosa*, se presentó prácticamente todo el año 1998, aunque con dos períodos masivos de emisión de gametos, el primero de enero a marzo (invierno) y el segundo de setiembre a diciembre (otoño).

GARCÍA-DOMÍNGUEZ *et al.* (2008) indicated that in Mexico, the breeding of *A. tuberculosa* occurred practically throughout 1998, although with two massive periods of gametes emission, the first from January to March (winter) and the second from September to December (autumn).

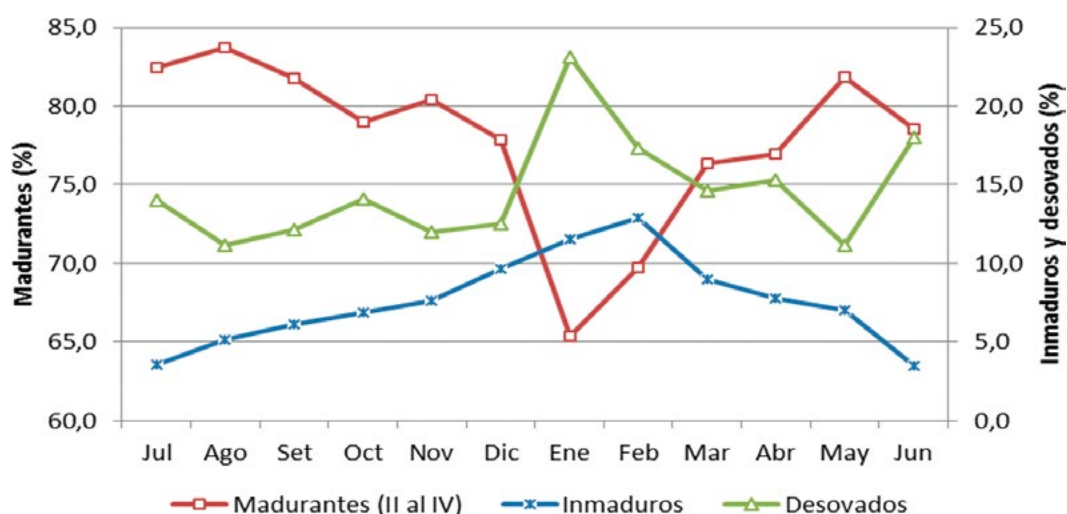


Figura 20.- Evolución mensual de los estadios madurante, inmaduro y desovado en hembras de *A. tuberculosa*. 1999 – 2015

Figure 20. Monthly evolution of the mature, immature and spawning stages in females of *A. tuberculosa*. 1999 - 2015

ORDINOLA *et al.* (2013) advirtieron un pico principal de desove de hembras de concha negra en febrero y otro secundario de menor intensidad en los meses de junio y julio del 2007.

LUCERO-RINCÓN *et al.* (2013) concluyeron en que las variaciones ambientales relacionadas a la temperatura, pluviosidad y la salinidad, en las diferentes áreas de manglar del Pacífico americano, influyen en las variaciones de las épocas de maduración de *A. tuberculosa*.

Relación longitud peso

Los recursos concha negra y huequera presentan un crecimiento de tipo isométrico al encontrarse cercano a tres el coeficiente "b" (Tablas 11, 12).

En la figura 21, se nota variación en los pesos estimados durante el período evaluado para la talla mínima de extracción (45 mm LV). En el año 2006 *A. tuberculosa* presentó los pesos más bajos del período con 23,4 y 23,3 g para machos y hembras, respectivamente, probablemente relacionado con

ORDINOLA *et al.* (2013) noted the main spawning peak of females of black ark in February and a secondary one of lower intensity in June and July 2007.

LUCERO-RINCÓN *et al.* (2013) concluded that environmental variations related to temperature, rainfall, and salinity in the different mangrove areas of the American Pacific influence the variations of *A. tuberculosa* maturation seasons.

Weight/length ratio

A. tuberculosa and *A. similis* resources show isometric growth as the coefficient "b" is close to three (Tables 11, 12).

Figure 21 shows the variation in the estimated weights during the assessed period for the minimum extraction size (45 mm VL). In 2006, *A. tuberculosa* presented the lowest weights of the period with 23.4 and 23.3 g for males and females, respectively, which was probably related to the

Tabla 11.- Evolución multianual de los coeficientes de la regresión peso – longitud de concha negra. 1998-2015

Table 11. Multi-annual evolution of the weight - length regression coefficients of the black ark. 1998-2015

Años Years	A	b	r	Nº ejempl. Nº spec.
1998	1,85 x 10 ⁻⁴	3,097	0,93	4.747
1999	2,14 x 10 ⁻⁴	3,060	0,93	3.841
2000	1,82 x 10 ⁻⁴	3,105	0,94	3.419
2001	1,55 x 10 ⁻⁴	3,144	0,95	4.039
2002	1,61 x 10 ⁻⁴	3,139	0,92	2.889
2003	1,55 x 10 ⁻⁴	3,145	0,95	2.189
2004	1,48 x 10 ⁻⁴	3,166	0,95	3.163
2005	2,13 x 10 ⁻⁴	3,062	0,93	4.046
2006	1,63 x 10 ⁻⁴	3,120	0,94	8.832
2007	2,63 x 10 ⁻⁴	3,011	0,93	12.634
2008	1,27 x 10 ⁻⁴	3,196	0,95	6.776
2009	1,82 x 10 ⁻⁴	3,103	0,95	3.443
2010	1,16 x 10 ⁻⁴	3,218	0,95	2.040
2011	1,82 x 10 ⁻⁴	3,096	0,90	3.110
2012	1,57 x 10 ⁻⁴	3,141	0,91	2.465
2013	1,69 x 10 ⁻⁴	3,119	0,94	2.769
2014	1,93 x 10 ⁻⁴	3,081	0,90	3.433
2015	3,86 x 10 ⁻⁴	2,902	0,91	3.432

Tabla 12.- Evolución multianual de los coeficientes de la regresión peso-longitud de concha huequera. 1998-2015

Table 12. Multi-annual evolution of the weight - length regression coefficients of the brown ark. 1998-2015

Años Years	A	b	r	Nº ejempl. Nº spec.
1998	1,56 x 10 ⁻⁴	3,061	0,85	299
1999	1,07 x 10 ⁻⁴	3,185	0,91	578
2000	0,98 x 10 ⁻⁴	3,203	0,86	728
2001	1,30 x 10 ⁻⁴	3,122	0,90	667
2002	0,79 x 10 ⁻⁴	3,258	0,93	513
2003	0,64 x 10 ⁻⁴	3,315	0,93	525
2004	1,35 x 10 ⁻⁴	3,121	0,88	949
2005	1,20 x 10 ⁻⁴	3,145	0,90	1.144
2006	1,35 x 10 ⁻⁴	3,105	0,89	2.213
2007	4,20 x 10 ⁻⁴	2,817	0,86	1.815
2008	0,93 x 10 ⁻⁴	3,205	0,91	991
2009	1,77 x 10 ⁻⁴	3,043	0,89	565
2010	0,55 x 10 ⁻⁴	3,340	0,92	252
2011	2,75 x 10 ⁻⁴	2,921	0,86	543
2012	1,06 x 10 ⁻⁴	3,175	0,88	522
2013	1,99 x 10 ⁻⁴	3,017	0,88	632
2014	1,26 x 10 ⁻⁴	3,126	0,85	720
2015	2,29 x 10 ⁻⁴	2,971	0,84	667

las anomalías negativas registradas durante el segundo semestre del 2005 e inicios del 2006, así como con la ocurrencia del evento El Niño (EN) a partir del segundo semestre del 2006. Cabe indicar que este comportamiento no fue observado durante El Niño 1998-1999, a pesar de su mayor intensidad. *A. similis*, registró el mismo comportamiento, pero se reportaron pesos mínimos en 1998, 2006, 2008 y 2010, los que podrían tener relación con los períodos cálidos (EN) (Fig. 22).

negative anomalies recorded during the second semester of 2005 and early 2006, as well as to the occurrence of the El Niño event (EN) from the second semester of 2006. It should be noted that this behavior was not observed during the El Niño 1998-1999, despite its greater intensity. *A. similis*, recorded the same behavior, but minimum weights were reported in 1998, 2006, 2008, and 2010, which could be related to warm periods (EN) (Fig. 22).

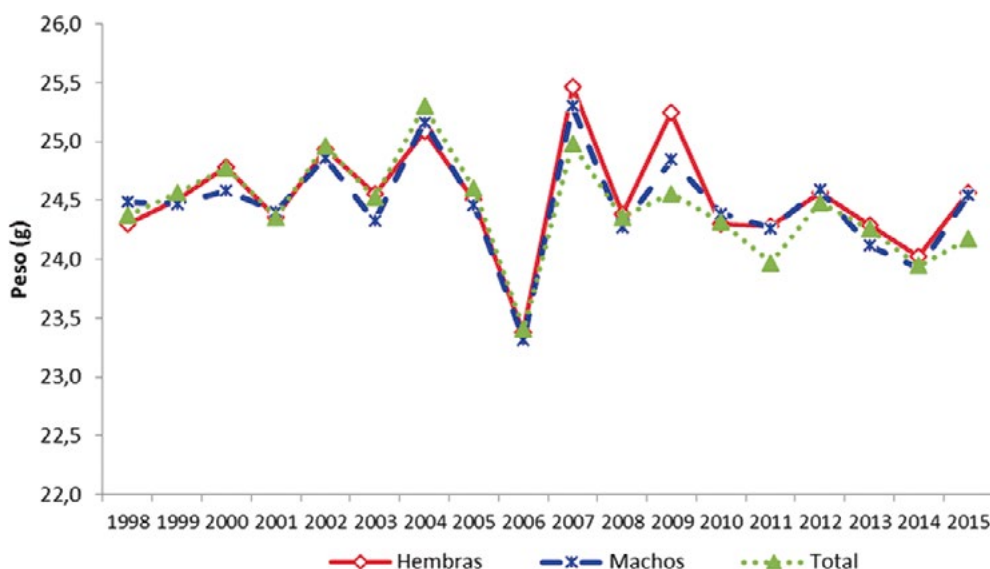


Figura 21.- Evolución anual de los pesos estimados para la talla de 45 mm LV en *A. tuberculosa*, 1998-2015
 Figure 21. Annual evolution of the estimated weights for 45 mm VL size in *A. tuberculosa*, 1998-2015

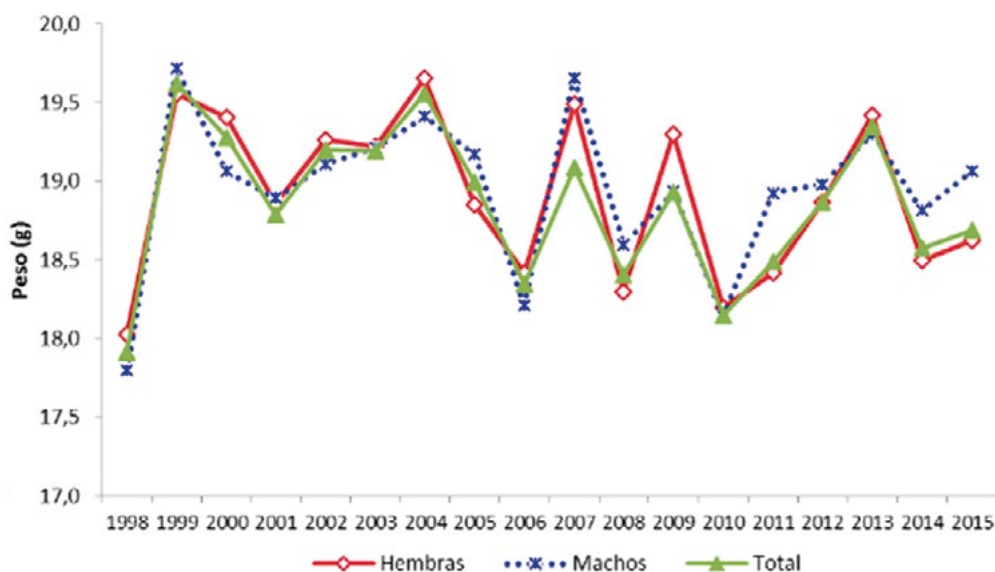


Figura 22.- Evolución anual de los peso estimados para la talla de 45 mm LV en *A. similis*, 1998-2015
 Figure 22. Annual evolution of the estimated weights for 45 mm VL size in *A. similis*, 1998-2015

ASPECTOS POBLACIONALES

Densidad media.- Con el transcurso de los años se han efectuado estudios para conocer las densidades de estos recursos ya sea en la totalidad del ecosistema de manglares de Tumbes, en algunos canales de marea o islas, o en el Área Natural Protegida –ANP– Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT).

En todos ellos se utilizó el método del área barrida, y si bien en la mayoría de estudios no se investigaron todos los ecosistemas de manglares al no evaluarse algunos canales de marea ubicados al sur (Corrales, Lagartera, Chérrez, entre otros), sí presentan amplia cobertura y representatividad del hábitat de conchas negras y huequeras.

Un resumen de las densidades promedio obtenidas en diferentes prospecciones en Tumbes (no todas publicadas) se muestran en las Tablas 13 y 14, y se observa la disminución de abundancia, tanto en *A. tuberculosa* (-48%) los últimos 35 años, como en *A. similis* (-71,4%) en los últimos 19 años, claro indicativo de la sobreexplotación a la que están sometidas.

Distribución y concentración en los bancos naturales.- Entre los años 2005 a 2015, el LC Tumbes, efectuó siete prospecciones biológico poblacionales en el ecosistema manglar de Tumbes para evaluar los recursos concha negra y concha huequera, desde el canal Internacional, en el límite norte con el Ecuador, hasta el canal de marea La Chepa en el sur.

El ambiente estuarino del ecosistema manglar es muy dinámico, afectado por el ciclo de las mareas, caudal de ríos próximos, salinidad del agua, sólidos en suspensión, senescencia y caída de las hojas, tipo de árboles de mangle, entre otros que pueden afectar la textura de los suelos de un lugar a otro, haciéndolos más o menos propicios para el desarrollo de las dos especies de *Anadara*.

Analizando la información de densidades medias de los últimos ocho años, se ha determinado que los principales bancos naturales de concha negra se ubican cercanos a los canales de marea e islas ubicados en Zarumilla y Puerto Pizarro (Tabla 15).

POPULATION ASPECTS

Mean density.- Over the years, surveys have been conducted to determine the densities of these resources either in the entire Tumbes mangrove ecosystem, in some tidal channels or islands, or in the Protected Natural Area -PNA- Los Manglares de Tumbes National Sanctuary (SNLMT).

In all of them, the swept area method was applied, by using squares of a known area to determine the number of m⁻² organisms, and although in most surveys not all the mangrove ecosystems were studied because some tidal channels located to the south were not assessed (Corrales, Lagartera, Chérrez, among others), they do present wide coverage and representativeness of the habitat of *A. tuberculosa* and *A. similis*.

A summary of the mean densities obtained in different surveys in Tumbes (not all published) are shown in Tables 13 and 14, and the decrease in abundance is observed, both in *A. tuberculosa* (-48 %) in the last 35 years, and in *A. similis* (-71.4 %) in the last 19 years, a clear indication of the overexploitation undergone by them.

Distribution and concentration in natural banks.- Between 2005 and 2015, the CL Tumbes conducted seven biological-population surveys in the Tumbes mangrove ecosystem to assess *A. tuberculosa* and *A. similis* resources, from the International Channel, on the northern border with Ecuador, to the La Chepa tidal channel in the south.

The estuarine environment of the mangrove ecosystem is very dynamic, affected by the cycle of tides, flow of nearby rivers, water salinity, suspended solids, senescence and fall of leaves, type of mangrove trees, among others that can affect the texture of soils from one place to another, making them more or less conducive to the development of the two *Anadara* species.

By analyzing the information on mean densities of the last eight years, it has been determined that the main natural banks of the black ark are located near the tidal channels and islands located in Zarumilla and Puerto Pizarro (Table 15).

Tabla 13.- Densidades medias de *A. tuberculosa* reportadas en el ecosistema de manglares de Tumbes. 1980-2015Table 13. Mean densities of *A. tuberculosa* reported in the Tumbes mangrove ecosystem. 1980-2015

Año Year	Autor Author	Institución Institution	Lugares Locations	Densidad media (ind m ⁻²) Mean density
1980	Poma 1981	Min. Pesquería Min. of Fisheries	Pto. Pizarro y Zarumilla	2,5
1996	Malca <i>et al.</i> 1996	Pronaturaleza	SNLMT y ZA	2,5
2002	Mendoza 2002	U. Nac. Tumbes	Pto. Pizarro y Zarumilla	0,3
2005	Malca 2005	INRENA	SNLMT y ZA	1,4
2005	Luque y Domínguez 2005	LC Tumbes	Manglares Tumbes	1,3
2005	Luque <i>et al.</i> 2005	LC Tumbes	Manglares Tumbes	0,6
2007	Ordinola <i>et al.</i> 2010a	LC Tumbes	Manglares Tumbes	1,3
2009	MEDA 2009	MEDA	SNLMT y ZA	0,9
2009	Ordinola <i>et al.</i> 2010b	LC Tumbes	Manglares Tumbes	0,6
2009	Malca 2009	MEDA	SNLMT y ZA	0,4
2010	MEDA (2010)	MEDA	SNLMT y ZA	1,1
2011	Ordinola <i>et al.</i> 2012	LC Tumbes	Manglares Tumbes	1,2
2012	Ordinola <i>et al.</i> 2012	LC Tumbes	Manglares Tumbes	1,3
2013	Alemán <i>et al.</i> 2013	LC Tumbes	Manglares Tumbes	1,4
2014	Alemán <i>et al.</i> 2015	LC Tumbes	Manglares Tumbes	1,4
2015	Alemán <i>et al.</i> 2016 (en revisión)	LC Tumbes	Manglares Tumbes	1,3

Tabla 14.- Densidades medias de *A. similis* reportadas en el ecosistema de manglares de Tumbes. 1996-2015Table 14. Mean densities of *A. similis* reported in the Tumbes mangrove ecosystem. 1996-2015

Año Year	Autor Author	Institución Institution	Lugares Location	Densidad media (ind m ⁻²) Mean density
1996	Malca <i>et al.</i> 1996	Pronaturaleza	SNLMT y ZA	1,0
2005	Malca 2005	INRENA	SNLMT y ZA	0,3
2005	Luque <i>et al.</i> 2005	LC Tumbes	Manglares Tumbes	0,1
2007	Ordinola <i>et al.</i> 2008	LC Tumbes	Manglares Tumbes	0,6
2009	MEDA 2009	MEDA	SNLMT y ZA	0,2
2009	Ordinola <i>et al.</i> 2010	LC Tumbes	Manglares Tumbes	0,1
2009	Malca 2009	MEDA	SNLMT y ZA	0,04
2010	MEDA (2010)	MEDA	SNLMT y ZA	0,2
2011	Ordinola <i>et al.</i> 2012	LC Tumbes	Manglares Tumbes	0,3
2012	Ordinola <i>et al.</i> 2012	LC Tumbes	Manglares Tumbes	0,5
2013	Alemán <i>et al.</i> 2013	LC Tumbes	Manglares Tumbes	0,7
2014	Alemán <i>et al.</i> 2015	LC Tumbes	Manglares Tumbes	0,5
2015	Alemán <i>et al.</i> 2016 (en revisión)	LC Tumbes	Manglares Tumbes	0,4

Se ha identificado que los mayores bancos naturales en los manglares de Zarumilla se ubican en las islas Matapalo, Chalaquera y Correa y en los canales de marea El Gallo y Soledad.

Los valores de la densidad media han sido fluctuantes en las principales islas de Zarumilla. Isla Matapalo registró valores elevados en 2007,

It has been identified that the largest natural banks in the Zarumilla mangroves are located in the Matapalo, Chalaquera, and Correa islands, and in the El Gallo and Soledad tidal channels.

Mean density values have been fluctuating on the main islands in Zarumilla. Matapalo Island

Tabla 15.- Evolución de las densidades medias en los principales bancos naturales de concha negra en Tumbes. 2005 – 2015

Table 15. Evolution of mean densities in the main natural banks of the black ark in Tumbes. 2005 – 2015

Lugar Location	Canal de marea, isla / Tidal channel, island	2005	2007	2009	2011	2012	2013	2014	2015	Promedio Mean
Zarumilla	Algarrobo	1,2	1,6	0,2	0,3	0,0	0,0	0,3	1,2	0,6
	Camaronos		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	El Bendito	0,3	1,3	0,7	0,4	0,7		1,4	1,3	0,9
	El Gallo	1,2	1,6	0,8	1,1	0,5	2,0	1,6	0,7	1,2
	Envidia	0,6	1,5	0,2	0,9	1,2	0,8	1,2	1,6	1,0
	Gallego	0,6	1,1	0,1	0,4	0,8	2,0	1,2	0,9	0,8
	Isla Chalaquera	0,6	2,5	0,7	1,3	2,0	4,0	1,3	0,7	1,5
	Isla Correa	0,9	2,1	0,5	1,9	1,9	1,2	1,3	1,1	1,4
	Isla Las Almejas	0,5	1,8	0,8	0,5	0,4	1,3	0,7	1,1	0,8
	Isla Matapalo	1,0	2,7	0,8	1,6	2,6	1,5	1,2	2,0	1,7
	Isla Roncal	0,6	1,9	0,7	1,3	0,8	1,5	1,4	1,0	1,1
	Juanito - Lagarto	0,5	2,6	0,3	0,9	1,2	1,0	0,8	1,2	1,0
	La Chinchana	0,0	0,5	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	1,2	0,3
	Matanzas		0,2	0,0	0,3	0,0	0,0	0,5	0,3	0,2
	Soledad	0,2	1,9	1,4	3,8	2,2	3,8	1,8	0,6	1,8
	Zarumilla	0,8	0,9	0,0	2,1	0,3	1,8	0,6	0,9	0,8
Puerto Pizarro	Bajo Grande		0,8		2,0	2,8		1,6	0,8	1,7
	El Gato		1,0	0,0	0,8	2,2	3,3	1,6	1,8	1,7
	El Mocho	1,5	1,1	0,3	0,6	2,2	1,9	2,3	2,8	1,6
	El Potrero			1,4	2,1	2,2		1,7	2,0	1,8
	El Rio	0,5	0,8		0,2	0,0				0,3
	Isla del Amor	0,4		0,5	1,3	0,3	3,3	1,0	0,9	1,0
	Isla El Tanque	0,4	0,6		1,8	1,6	0,8	1,8	1,0	1,3
	Isla Las Garzas			3,3	2,4	2,4	1,3	1,8	0,8	2,1
	Isla Las Ratas			1,5	2,3	3,1	2,3	1,8	3,3	2,5
	Jelí	0,5	1,4	1,0	1,9	1,9	1,5	1,9	2,0	1,6
Corrales	La Ramada	0,9	1,9	0,2	1,7	3,4	2,1	2,4	2,0	1,9
	Puerto Rico	0,9	0,7	0,1	1,8	1,8	3,3	2,3	2,4	1,5
	Chérrez	0,0	0,0							0,0
	Corrales	0,3	0,9	0,1	0,4	0,2	0,3	0,8	0,5	0,4
	Hondo	0,0								0,0
	La Chepa		0,6			0,0	0,0	0,7	0,2	0,3
	Lagartera	0,1								0,1
	Palo Santo	1,1	1,5			0,0		1,3	0,7	0,9

2012 y 2015. Los bancos naturales importantes en esta isla, que han presentado valores altos están ubicados en el sector Corral de Coches (8,2 ind m⁻² – 2012) y Las Agujillas (6,8 ind m⁻² – 2012), isla Correa presentó máximos en 2007, 2011 y 2012. En los últimos años se han registrado densidades cercanas a 1 ind m⁻², las más elevadas se han observado en el sector frente al estero Matapalo (3 ind m⁻² – 2007). Isla Chalaquera alcanzó el máximo valor en 2013, un banco importante se ubica frente a la isla Matapalo (3,2 ind m⁻² – 2012) (Fig. 23a).

registered high values in 2007, 2012, and 2015. The important natural banks on this island, which have presented high values, are located in the Corral de Coches sector (8.2 ind m⁻² – 2012) and Las Agujillas (6.8 ind m⁻² – 2012), Correa Island peaked in 2007, 2011, and 2012. In recent years, we have recorded densities close to 1 ind m⁻², the highest has been observed in the sector off the Matapalo estuary (3 ind m⁻² – 2007). Chalaquera Island peaked in 2013, a major bank is located off Matapalo Island (3.2 ind m⁻² – 2012) (Fig. 23a).

El canal de marea Soledad registró valores elevados en 2011 y 2013. En el caso de El Gallo, registró el máximo valor en el 2013, para disminuir levemente el 2014 y 2015 (Fig. 23b).

The Soledad tidal channel registered high values in 2011 and 2013. In the case of El Gallo, the maximum value was recorded in 2013, with a slight decrease in 2014 and 2015 (Fig. 23b).

En los manglares de Puerto Pizarro destacaron los canales de marea Jelí, El Mocho, La Ramada, El Gato, isla Las Garzas (Los Pájaros) e isla Las Ratas. En Jelí, El Mocho y La Ramada, las densidades medias han presentado una tendencia positiva a través de los años, registrando valores máximos el año 2015 (Jelí y El Mocho) y el 2012 (La Ramada) (Fig. 24a). Isla Las Garzas por el contrario, presentó decremento en densidad durante el período evaluado y el mínimo valor se encontró en 2015. Isla Las Ratas al igual que El Gato registraron valores fluctuantes con máximos en 2015 para la primera y en 2013 para el segundo (Fig. 24b).

In the Puerto Pizarro mangroves, the Jelí, El Mocho, La Ramada, and El Gato tidal channels, Las Garzas Island (Los Pájaros) and Las Ratas Island stood out. In Jelí, El Mocho and La Ramada, mean densities have shown a positive mode over the years, by registering maximum values in 2015 (Jelí and El Mocho) and 2012 (La Ramada) (Fig. 24a). On the other hand, Las Garzas Island showed a decrease in density in the assessed period and the minimum value was found in 2015. Las Ratas Island, as well as El Gato, recorded fluctuating values with maximums in 2015 for the first and in 2013 for the second (Fig. 24b).

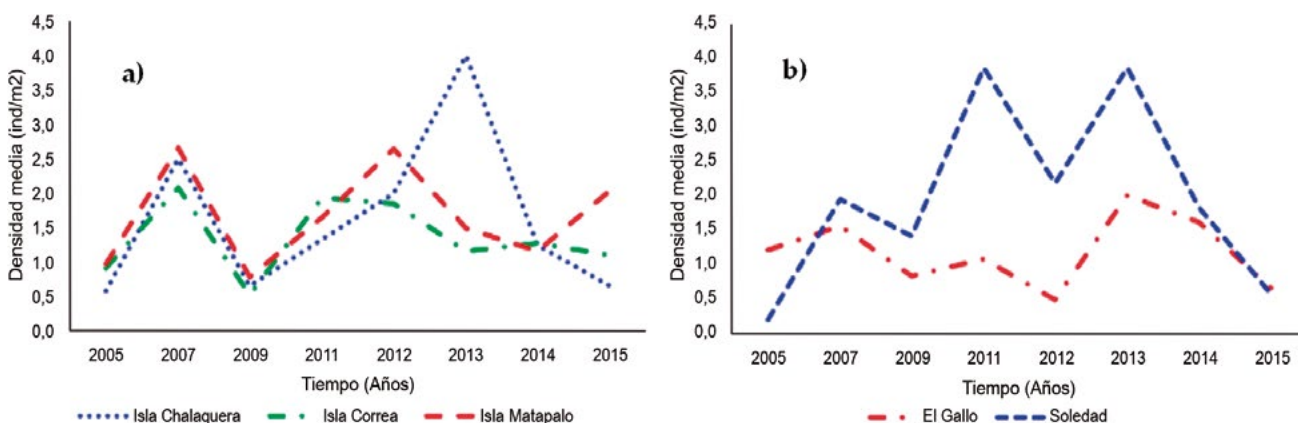


Figura 23.- Evolución de la densidad media de concha negra en manglares de Zarumilla. 1996-2015

Figure 23. Evolution of the mean density of black ark in the Zarumilla mangroves. 1996-2015

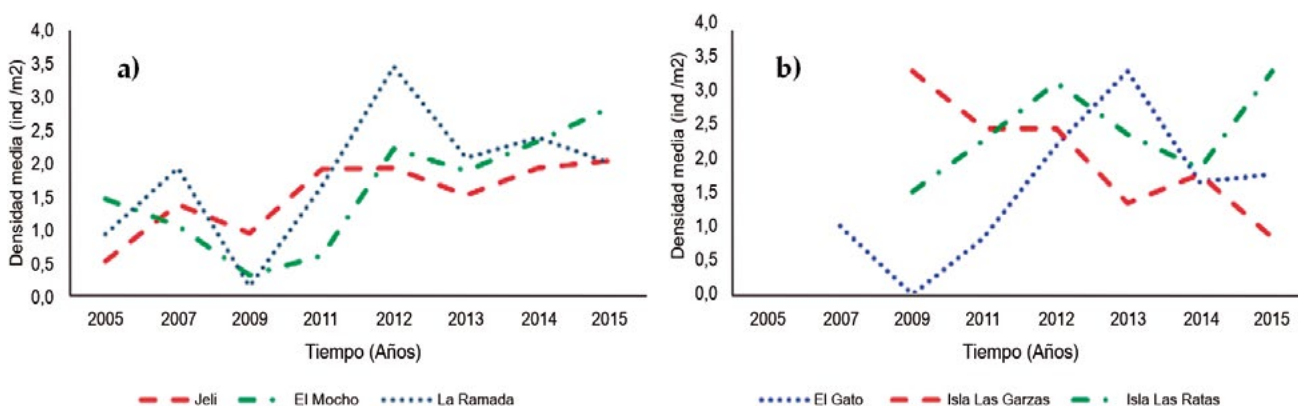


Figura 24.- Evolución de la densidad media de concha negra en manglares de Puerto Pizarro. 2005-2015

Figure 24. Evolution of the mean density of black ark in the Puerto Pizarro mangroves 2005-2015

Durante el período evaluado, en el canal de marea Camarones no se registró ninguna especie de bivalvos y en el canal de Matanzas se detectó bajas densidades de concha negras, debido a sus bajas salinidades pues tienen conexión directa con el río Zarumilla. En el canal de marea Chérrez, la baja concentración salina registrada (2,053 ups en 2007) fue el factor limitante que causó la ausencia de bivalvos, pues ha pasado a ser prácticamente un ramal del río Tumbes.

Según SILVA y BONILLA (2001) la concentración y distribución de estos recursos se ven afectadas por una variedad de factores edafoclimáticos. A esta conclusión llegaron al encontrar mayores densidades cerca de las desembocaduras de los canales en comparación con los sitios al interior del manglar cuyos suelos son más arenosos y de mayor dureza por estar compuestos de partículas gruesas que dificultan el establecimiento de la piangua (concha negra). El recurso, usualmente se encuentra en un tipo de sustrato suave, arcilloso a limo-arcilloso, que se da en las partes externas de los canales y asociados a las raíces de *Rhizophora mangle* y *R. racemosa*.

Población y biomasa

En el 2007 el IMARPE efectuó un estimado poblacional de conchas negras y huequeras, en un área habitable de 400,6 Ha. Para concha negra se estimó una población de 5,4 millones de individuos y para concha huequera de 2,2 millones de ejemplares. La mayor concentración de concha negra (65,0%) y concha huequera (65,8%) se encontró en los manglares de Zarumilla y la menor en Corrales, 9,5 (concha negra) y 6,0% (concha huequera) (Fig. 25). Según canal de marea o isla, el 18,7% de concha negra y el 19,3% de concha huequera habitan en la isla Matapalo: 1 y 0,3 millones de ejemplares, respectivamente (ORDINOLA *et al.* 2010a).

No bivalve species were recorded in the Camarones tidal channel during the assessed period, and low densities of the black ark were detected in the Matanzas channel, due to their low salinity as they have a direct connection with the Zarumilla River. In the case of the Chérrez tidal channel, the low salt concentration (2.053 ups in 2007) was the limiting factor that caused the absence of bivalves, as it has become practically a branch of the Tumbes River.

According to SILVA & BONILLA (2001), the concentration and distribution of these resources are affected by a variety of edaphoclimatic factors. This conclusion was reached when they found higher densities near the mouths of the channels as compared to the sites inside the mangrove whose soils are sandier and harder because they are composed of coarse particles that hinder the establishment of the black ark (*A. tuberculosa*). The resource is usually found in a soft substrate, clayey to lime-clayey, which occurs in the external parts of the channels and which is associated with the *Rhizophora mangle* and *R. racemosa* roots.

Population and biomass

In 2007, IMARPE estimated the *A. tuberculosa* and *A. similis* population in a habitable area of 400.6 Ha. For black ark, a population of 5.4 million individuals was estimated, and for the brown ark, 2.2 million specimens. The highest concentration of black ark (65.0%) and brown ark (65.8%) was found in the Zarumilla mangroves and the lowest in Corrales, 9.5 (black ark) and 6.0% (brown ark) (Fig. 25). According to tidal channel or island, a total of 18.7% of black ark and 19.3% of brown ark inhabit in Matapalo Island: 1 and 0.3 million specimens, respectively (ORDINOLA *et al.* 2010a).

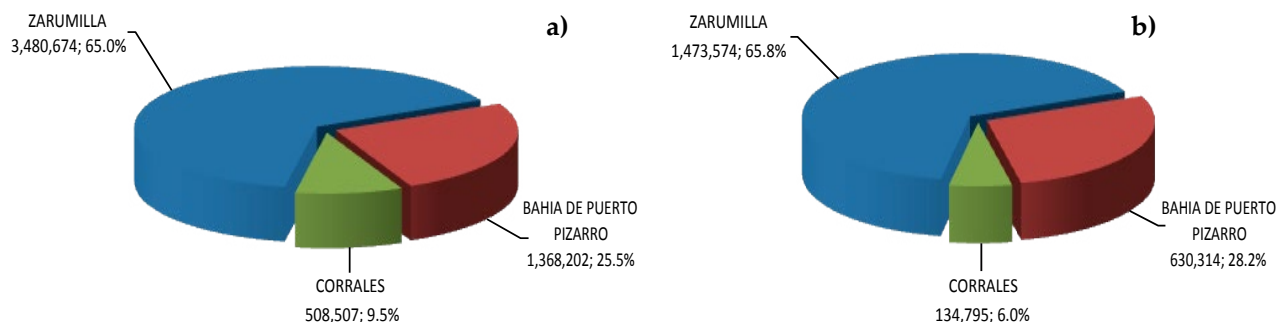


Figura 25.- Población estimada de concha negra (a) y concha huequera (b), según zona evaluada en los manglares de Tumbes. Febrero 2007

Figure 25. Estimated population of black ark (a) and brown ark (b), depending on the assessed area in the Tumbes mangroves. February 2007

ORDINOLA *et al.* (2010a) estimaron reducción del 73,2% de la población de los recursos de conchas negras, respecto a los reportado por MALCA *et al.* (1996) (20 millones de conchas negras), estas cifras según los autores deben ser tomadas con la debida reserva y deben ser confirmadas en estudios posteriores. Además, es necesario puntualizar que MALCA *et al.* (1996) no determinó la población de concha huequera, que en el estudio efectuado en el 2007 fue de 2,2 millones.

ORDINOLA *et al.* (2010a) estimated a 73.2% reduction in the population of black ark resources, as compared to those reported by MALCA *et al.* (1996) (20 million black arks), these figures according to the authors should be taken with care and should be confirmed in subsequent surveys. In addition, it is necessary to point out that MALCA *et al.* (1996) did not determine the brown ark population, which in the survey conducted in 2007 was 2.2 million.

Tabla 16.- Lista taxonómica de la fauna asociada al recurso concha negra y huequera en los manglares de Tumbes. 2005 – 2015

Table 16. Taxonomic list of the associated fauna with the *A. tuberculosa* and *A. similis* resource in the Tumbes mangroves. 2005 – 2015

Clase Class	Familia Family	Nombre común Common name	Nombre científico Scientific name	2005	2007	2009	2011	2012	2013	2014	2015	Total	f (%)
Bivalvia	Arcidae	Concha pata de burro	<i>Larkinia grandis</i>	7	14	7	4	4	3	2	2	43	0,8
	Corbiculidae	Concha miona	<i>Polymesoda anomala</i>	104	3	3	5	0	20	2	15	152	2,9
	Corbulidae	Corbula	<i>Corbula</i> sp.	0	56	89	86	67	49	45	9	401	7,8
	Mytilidae	Choro, mejillon	<i>Mytella guyanensis</i>	19	19	3	17	42	81	337	228	746	14,5
	Pinnidae	Concha lampa	<i>Atrina maura</i>	0	0	0	0	3	0	0		3	0,1
	Psammobiidae	Concha navaja	<i>Tagelus dombeii</i>	15	0	3	8	8	0	1	0	35	0,7
	Tellinidae	Tellina blanca	<i>Eurytellina eburnea</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,02
	Veneridae	Almeja blanca	<i>Dosinia</i> sp.	0	0	2	0	12	0	0	0	14	0,3
	Veneridae	Concha blanca	<i>Leukoma asperrima</i>	920	399	687	354	201	401	374	299	3.635	70,5
Veneridae	Concha rayada	<i>Ilioichione subrugosa</i>	6	0	0	0	1	33	6	4	50	1,0	
Gasterópoda	Calyptaeidae	Crepidula	<i>Crepidula</i> sp.	0	0	1	0	0	2	3	45	51	1,0
	Melongenidae	Caracol coco	<i>Melongena patula</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,02
	Neotaenioglossa	Caracol tais	<i>Thaisella kiosquiformis</i>	2	0	2	0	0	0	0	1	5	0,1
Crustacea	Alpheidae	Camaron pistolero	<i>Sinalphesus</i> sp.	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0,1
	Paguridae	Cangrejo ermitaño	<i>Pagurus</i> sp.	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0,1
	Xanthidae	Cangrejo pangora	<i>Panopeus</i> sp.	0	0	10	0	0	0	0	0	10	0,2
Total			1.078	491	810	474	339	589	770	603	5.154	100	

FAUNA ASOCIADA

Estudios efectuados por el LC Tumbes entre 2005 y 2015, indican la existencia de diez moluscos bivalvos que comparten el hábitat de las conchas negra y huequera. Además se observaron tres gasterópodos y tres crustáceos, en la superficie del manglar o enterrados en el fango (Tabla 16, Fig. 26).

Las principales especies que han destacado durante el periodo evaluado han sido los bivalvos de importancia comercial tales como la concha blanca (*L. asperrima*), choro o mejillón (*M. guyanensis*) y entre los no comerciales corbula (*Corbula* sp.) y concha miona (*P. anomala*).

ASSOCIATED FAUNA

Between 2005 and 2015, surveys carried out by CL Tumbes indicate the existence of ten bivalve mollusks that share the habitat of *A. tuberculosa* and *A. similis*. In addition, three gastropods and three crustaceans were observed, either on the surface of the mangrove or buried in the mud (Table 16, Fig. 26).

The main species that have stood out during the assessed period have been the commercially important bivalves, such as *L. asperrima*, mangrove mussel (*M. guyanensis*), and among the non-commercial were *Corbula* sp. and *P. anomala*.

La concha blanca o concha tabaquera (*L. asperrima*) es el segundo bivalvo más abundante del ecosistema manglar, aunque no tiene mucha aceptación por el poblador local, es comercializado junto con la concha rayada (*I. subrugosa*), debido a la disminución de sus poblaciones. ARDEN y PRICE CONSULTING (2003) en un estudio efectuado en el Golfo de San Miguel en Panamá, reportaron que dentro de las 15 especies de bivalvos utilizados comercialmente, dos son consideradas "muy importantes", la piangua o concha negra (*A. tuberculosa*) y la almeja blanca (*L. asperrima*) representando casi la totalidad de estos (75,63% de la captura promedio anual); indicaron además, que las almejas (*Chione californiensis* y *Ch. undatella*) son introducidas en los pedidos de almeja blanca.

Se ha observado que la concha blanca incrementa su densidad media cuando desciende las de conchas negra y huequera (años 2005 y 2009) y disminuyen cuando se recupera la densidad de las poblaciones de *A. tuberculosa* y *A. similis* (2011, 2012, 2014 y 2015).

El choro o mejillón (*M. guyanensis*) ha sido favorecido por las condiciones cálidas de los últimos años, registrando en el 2015 gran abundancia, se les encuentra adheridos mediante el biso a las raíces de mangle y objetos sumergidos y/o enterrados en el fango. La especie se colectó principalmente en los canales El Mocho, La Ramada, Puerto Rico, Soledad, Gallego, Juanito y Jelí.

L. asperrima is the second most abundant bivalve in the mangrove ecosystem, although it is not widely accepted by the local population, it is marketed along with partially-rough Venus (*I. subrugosa*), due to the decrease in its populations. ARDEN & PRICE CONSULTING (2003) in a survey conducted in the Gulf of San Miguel in Panama, reported that within the 15 bivalve species that are commercially used, two are considered "very important", the black ark (*A. tuberculosa*) and *L. asperrima* that represent almost all of them (75.63% of the mean annual catch); they also indicated that the clams (*Chione californiensis* and *Ch. undatella*) are introduced in the *L. asperrima* orders.

It has been observed that *L. asperrima* increase their mean density when the density of *Anadara tuberculosa* and *Anadara similis* descends (2005 and 2009) and decrease when the density of the populations of *A. tuberculosa* and *A. similis* recovers (2011, 2012, 2014, and 2015).

The mangrove mussel (*M. guyanensis*) has been favored by the warm conditions of recent years, recording a great abundance in 2015; they are found attached through the byssus to the mangrove roots and objects submerged and/or buried in the mud. The species was collected mainly in the El Mocho, La Ramada, Puerto Rico, Soledad, Gallego, Juanito, and Jelí channels.

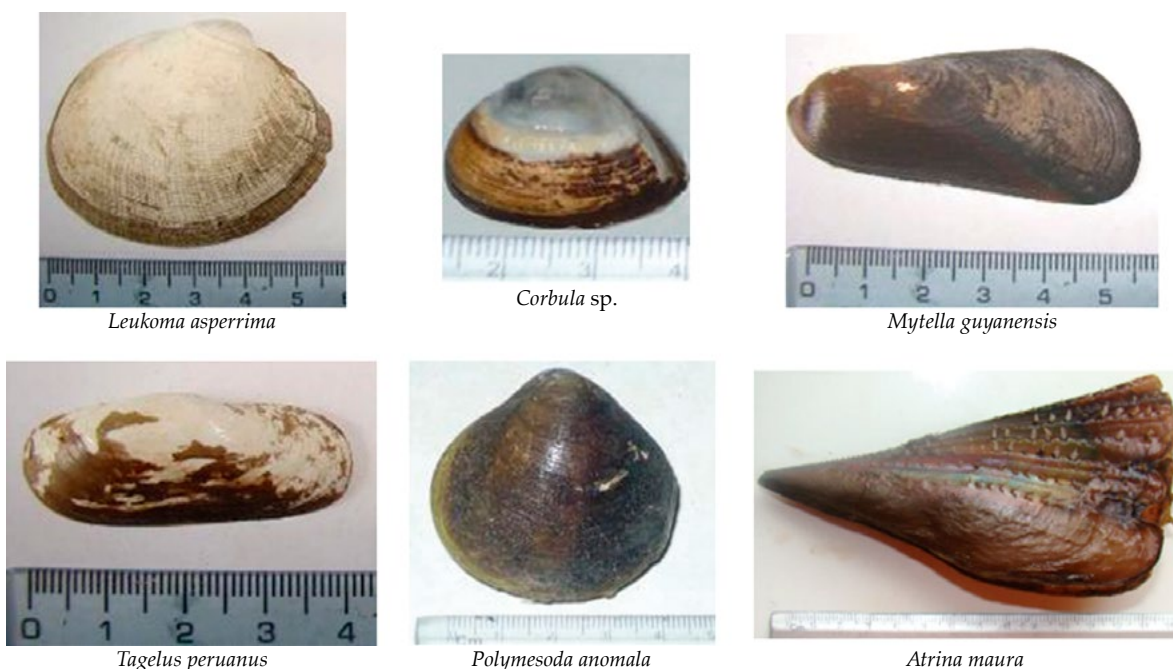


Figura 26.- Bivalvos asociados a los recursos concha negra y huequera en el ecosistema de los manglares de Tumbes. 2005 – 2015

Figure 26. Bivalves associated with the *A. tuberculosa* and *A. similis* resources in the Tumbes mangrove ecosystem. 2005 - 2015

Las especies comerciales *Leukoma grandis* y *Atrina maura*, se detectaron en playas-arena fangosas cercanas al borde de los canales de marea, generalmente desprovistos de árboles de mangle.

Entre los gasterópodos depredadores de bivalvos estuvieron *Thaisella kiosquiformis* y *Melongena patula*. Entre los crustáceos se determinó al cangrejo pango-ra (*Panopeus* sp.) como posible depredador de concha negra y huequera, además se encontró un cangrejo ermitaño y un camarón pistolero (Fig. 27).

MEDIDAS DE MANEJO PESQUERO EN PERÚ Y ECUADOR

En Perú se han implementado medidas de manejo que están dirigidas a la conservación y mejoramiento de las poblaciones de conchas negra y huequera.

Talla Mínima de Captura (TMC)

Mediante R.M. N° 209-2001-PE se estableció la TMC de conchas negra y huequera en 45 mm de longitud valvar (definida como la máxima distancia valvar medida desde el borde anterior al posterior), usualmente paralela con el eje de la articulación: charnela (LAEVASTU 1980) (Fig. 28).

Esta medida es similar a la establecida en el Ecuador con el Acuerdo Ministerial N° 149 (FAOLEX, 2010) que establece en forma permanente la talla mínima para la extracción y comercialización de la concha prieta *A. tuberculosa* y *A. similis* en 4,5 cm de longitud valvar.

The commercial species *Leukoma grandis* and *Atrina maura* were detected on muddy sandy beaches near the edge of tidal channels, which are generally devoid of mangrove trees.

Among the gastropod predators of bivalves were *Thaisella kiosquiformis* and *Melongena patula*. Among the crustaceans, the mud crab (*Panopeus* sp.) was determined as a possible predator of *A. tuberculosa* and *A. similis*, in addition, a hermit crab and a snapping shrimp were found (Fig. 27).

FISHERIES MANAGEMENT MEASURES IN PERU AND ECUADOR

In Peru, management measures have been implemented aimed at the conservation and improvement of the *A. tuberculosa* and *A. similis* populations.

Minimum Extraction Size (MES)

R.M. N° 209-2001-PE established the MES of *A. tuberculosa* and *A. similis* in 45 mm in valve length (defined as the maximum valve distance measured from the anterior edge to the posterior edge), which is usually parallel with the axis of the joint: hinge (LAEVASTU 1980) (Fig. 28).

This measure is similar to the one established in Ecuador with Ministerial Agreement N° 149 (FAOLEX, 2010) which permanently establishes the minimum size for the extraction and commercialization of the black ark *A. tuberculosa* and *A. similis* in 4.5 cm in valve length.



Thaisella kiosquiformis

Cerithium stercusmuscarum

Panopeus sp.

Figura 27.- Gasterópodos y crustáceos asociados a los recursos conchas negra y huequera en el ecosistema de los manglares de la Región Tumbes. 2005 – 2015

Figure 27. Gastropods and crustaceans associated with the *A. tuberculosa* and *A. similis* resources in the Tumbes Region mangrove ecosystem. 2005 – 2015

Veda reproductiva

Teniendo como base el informe técnico “Situación actual de la pesquería del recurso concha negra *Anadara tuberculosa* (Sowerby) en la Región Tumbes” (IMARPE Tumbes 2005) se estableció la prohibición en la extracción de los recursos concha negra y huequera entre el 15 de febrero hasta el 31 de marzo de cada año, para proteger los procesos de reproducción, crecimiento y reclutamiento de estas especies (R. M. N° 014-2006-PRODUCE). Se trató que esta medida coincidiera con la aplicada en Ecuador (Acuerdo Ministerial N° 170 de noviembre del 2001) para evitar trasgresiones, por parte de concheros de uno u otro país. El período de veda reproductiva en Ecuador estuvo vigente hasta julio del 2008, fecha en que fue derogada mediante el Acuerdo Ministerial N° 149.

Zaranda y peineta

En Ecuador al encontrarse vigente solamente la TMC para los recursos concha negra y concha huequera, la Subsecretaría de Recursos Pesqueros de ese país, en conjunto con las asociaciones de concheros han implementado la “zaranda”, que es un dispositivo tipo tamiz que retiene las conchas de 45 mm de LV o mayores y deja pasar a las de tallas menores (Fig. 29), así mismo, se emplea la “peineta” un dispositivo plástico en forma de “U” en el que calzan los ejemplares menores a la TMC, permitiendo diferenciar las conchas con tallas legales de las ilegales, implementos que no son empleados en el Perú.

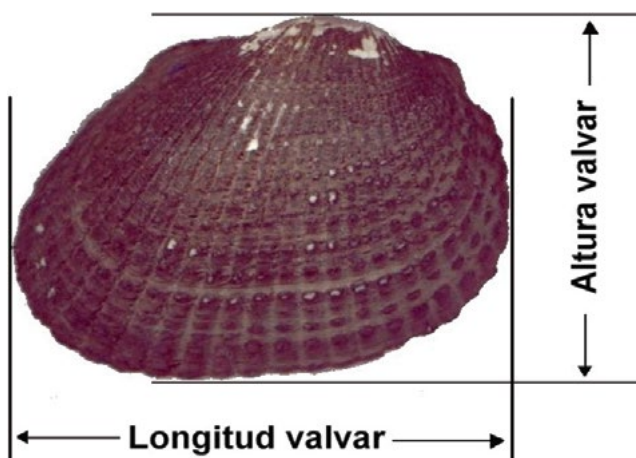


Figura 28.- Detalle de la medición de la longitud valvar en concha negra

Figure 28. Detail of the valve length measurement in black ark

Breeding ban

Based on the technical report “Current status of the fisheries for the black ark resource *Anadara tuberculosa* (Sowerby) in the Tumbes Region” (IMARPE Tumbes 2005) a prohibition was established on the extraction of the *A. tuberculosa* and *A. similis* resources between February 15 and March 31 of each year, to protect the processes of breeding, growth, and recruitment of these species (R. M. N° 014-2006-PRODUCE). This measure was intended to coincide with the one applied in Ecuador (Ministerial Agreement N° 170 of November 2001) in order to prevent transgressions by shell fishermen from one country or another. The breeding ban period in Ecuador lasted until July 2008, when it was repealed by Ministerial Agreement N° 149.

Zaranda and peineta

In Ecuador, since only the MES is in force for the *A. tuberculosa* and *A. similis* resources, the Undersecretary of Fisheries Resources of that country, in partnership with the shell fishermen associations have implemented the *zaranda*, which is a sieve-type device that retains shells of 45 mm VL or larger and allows those of smaller sizes to pass (Fig. 29), likewise, the *peineta* is used, a plastic device in the shape of a “U” in which the specimens smaller than the MES fit, thus making it possible to differentiate shells with legal sizes from those that are illegal, tools that are not used in Peru.



Figura 29.- Empleo de la “zaranda” para el control de la TMC de conchas en Ecuador

Figure 29. Use of the sieve (*zaranda*) to control the MES of shells in Ecuador

Además de las medidas de manejo descritas, para el ordenamiento de esta pesquería es necesario analizar la conveniencia en la implementación de medidas relacionadas con instalación de centros para producción de semillas, aplicación de programas de tratamiento de aguas residuales y sólidos, uso racional del manglar por parte de Perú y Ecuador, entre otros.

COMERCIALIZACIÓN

El comercio de concha negra y huequera es a nivel nacional y lo que se extrae de los manglares de Tumbes no es suficiente para abastecer la elevada demanda, por ese motivo ingresan por la ciudad fronteriza de Aguas Verdes, ingentes cantidades de estos recursos provenientes del Ecuador e inclusive desde Colombia.

El producto de la faena en los manglares de Tumbes, es llevado por los concheros hacia el Centro de acopio y comercialización situado en los exteriores del Coliseo Tumpis, mercado de Zarumilla, Corrales y en menor proporción vendido directamente a restaurantes y al público en general. En el Coliseo Tumpis las conchas negras se comercializan por las tardes, siendo adquiridas por comerciantes mayoristas y minoristas, algunos la expenden al público y otros las acopian para enviarlas a Piura, Lambayeque, Trujillo y Lima, donde obtienen mejores precios. El comercio en este centro de acopio dura hasta las siete de la noche; en la mañana del día siguiente las conchas sobrantes se expenden en el mercado modelo de Tumbes, conjuntamente con conchas rayadas, conchas tabaqueras y otros bivalvos provenientes principalmente del Ecuador (conchas pata de burro y choro o mejillones).

4. CONCLUSIONES

La captura por unidad de esfuerzo, ha disminuido en los últimos 50 años (-46,0%); durante los últimos veinte años es significativa la disminución de las tallas de *A. tuberculosa* y *A. similis*, incrementándose la extracción de ejemplares con tallas menores a la legalmente permitida (45 mm LV) (80,0 concha negra y 66,5% concha huequera en 2015), fracción que estaría representada por individuos juveniles que no han llegado a alcanzar la madurez gonádica, ello ha conllevado a que los stocks poblacionales sean cada vez menores.

In addition to the management measures described above, for the management of this fishery, it is necessary to analyze the appropriateness of the implementation of the following measures.

MARKETING

The marketing of *A. tuberculosa* and *A. similis* is national and what is extracted from the Tumbes mangroves is not enough to supply the high demand. For this reason, huge quantities of these resources from Ecuador and even from Colombia enter through the border city of Aguas Verdes.

The product of the work in the Tumbes mangroves is taken by the shell fishermen to the collection and marketing center located outside the Tumpis Coliseum, Zarumilla market, Corrales and, to a lesser extent, it is directly sold to restaurants and the general public. In the Tumpis Coliseum, the black arks are marketed in the afternoons, being acquired by wholesalers and retailers, some sell them to the public and others collect them to be sent to Piura, Lambayeque, Trujillo, and Lima, where they obtain better prices. The marketing in this collection center lasts until seven o'clock at night. The next morning, the leftover shells are sold in the Tumbes model market, along with partially-rough Venus and other bivalves coming mainly from Ecuador (grand ark and mangrove mussel).

4. CONCLUSIONS

The catch per unit of effort has decreased in the last 50 years (-46.0%); during the last twenty years the decrease in the sizes of *A. tuberculosa* and *A. similis* is significant, increasing the extraction of specimens with sizes smaller than the legally permitted (45 mm VL) (80.0% of black ark and 66.5% of brown ark in 2015), fraction that would be represented by juvenile individuals that have not reached gonadal maturity, this has led to the population stocks being increasingly smaller.

Por observación macroscópica de las gónadas se ha determinado que los desoves de concha negra están íntimamente relacionados a las variaciones de temperatura, salinidad y pluviosidad, por lo que el principal período reproductivo se ubicaría entre los meses de noviembre a febrero, con dos picos principales de desove, uno en verano (enero) y otro en otoño (junio).

Los estudios efectuados hasta la fecha indican que cuando disminuyen las densidades medias del recurso concha negra en los manglares de Tumbes, las del recurso concha blanca o tabaquera (*Leukoma asperrima*) aumentan. Lo que ocurre es que durante las faenas el extractor escoge las conchas negras y huequeras dejando las blancas debido a su escaso o nulo valor comercial, fomentando una selección que favorecería a esta especie. De la información anual obtenida (2005 a 2015) algunos años la concha blanca supera a la negra y viceversa y en dos años se han visto densidades similares.

Al parecer tendría que acontecer un evento extraordinario que acabe o disminuya notoriamente a las poblaciones de concha negra por un largo tiempo, para verificar si la concha blanca asciende al primer lugar, da la impresión que en los próximos años no podría suceder naturalmente, pues ambas especies están adaptadas para vivir en ese ambiente que es influenciado constantemente por el evento El Niño.

It has been determined that black ark spawning is closely related to variations in temperature, salinity, and rainfall, so the main breeding period would be between November and February, with two main spawning peaks, one in summer (January) and another in autumn (June). But since the classification of the stages was carried out by macroscopic observation of the gonads, it is necessary to confirm these results with histological surveys.

The surveys carried out to date indicate that when the mean densities of the black ark resource decrease in the Tumbes mangroves, those of the *Leukoma asperrima* resource increase, which is occurring is that during the works, the extractor chooses *A. tuberculosa* and *A. similis* leaving *L. asperrima* due to their scarce or null commercial value, thus promoting a selection that would be favorable to this species. From the obtained annual information (2005 to 2015), some years *L. asperrima* surpasses the black ark and vice versa and in two years, similar densities have been seen.

It seems that an extraordinary event would have to take place to notoriously end or diminish the populations of black ark for a long time, to verify if *L. asperrima* rises to the first place, it gives the impression that in the next years it could not happen in a natural way, because both species are adapted to live in that environment, which is constantly influenced by the El Niño event.

5. REFERENCIAS / REFERENCES

- ÁLAMO V, VALDIVIESO V. 1997. Lista Sistemática de Moluscos Marinos del Perú. (Segunda Edición) Instituto del Mar del Perú. Callao - Perú. 183 pp.
- ALEMÁN S, MONTERO P, ORDINOLA E. 2014. Prospección bioecológica de los recursos concha negra *Anadara tuberculosa* (Sowerby) y concha huequera *Anadara similis* (C.B. Adams) en los manglares de Tumbes. 06 al 10 noviembre 2013. Inf. Tec. Interno Inst Mar Perú. 23 pp.
- ALEMÁN S, MONTERO P, ORDINOLA E. 2015a. Prospección bioecológica de los recursos concha negra *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) y concha huequera (C.B. Adams, 1852) en los manglares de Tumbes. 06 al 13 agosto 2015. Inf. Tec. Interno Inst Mar Perú. 23 pp.
- ALEMÁN S, MONTERO P, ORDINOLA E. 2015b. Prospección bioecológica de los recursos concha negra *Anadara tuberculosa* (Sowerby) y concha huequera (C.B. Adams) en los manglares de Tumbes. 28 de octubre al 7 noviembre 2014. Inf. Tec. Interno Inst Mar Perú. 24 pp.
- ARDEN y PRICE CONSULTING. 2003. Caracterización de los recursos pesqueros (sin incluir al camarón). Consultoría para elaborar el Plan de Manejo Costero Integral en el Golfo de San Miguel y Zonas adyacentes, en el marco del Programa de Desarrollo Sostenible del Darien. Panamá. <http://www.arap.gob.pa/2Web-Ordenacion/ordenacion/Produc%209B.pdf>. Acceso 09/07/2010
- AYALA M A. 2011. Patrones reproductivos de la concha prieta (*Anadara tuberculosa*) en el archipiélago de Jambelí. Tesis para obtener el título de Bióloga.

- Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias naturales. Escuela de Biología. Ecuador. 16 pp.
- BORDA C, CRUZ R. 2004. Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. Rev. Invest. Mar, Colombia. 25(3): 185-195 pp.
- CDC-UNALM. 1986. Estrategia de conservación para los manglares del noroeste peruano. Informe final del Proyecto WWF-US 3604. Centro de Datos para la Conservación - Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- CHIRICHIGNO N. 1970. Lista de Crustáceos del Perú (Decapoda y Stomatopoda) con datos de su distribución geográfica. Inf Inst Mar Perú. N° 35: 95 pp.
- CÓRDOVA V. 1968. Estudio de la pesquería de *Anadara (Anadara) tuberculosa* Sowerby 1833 "Concha negra" en los esteros de Tumbes, durante los años 1965 y 1966. Tesis para optar el grado de Bachiller en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo – Perú. 35 pp.
- CRUZ R. 1984. Algunos aspectos de la reproducción en *Anadara tuberculosa* Pelecypoda: Arcidae de Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 32: 45-50.
- FAOLEX. 2010. Acuerdo Ministerial N° 149 – Veda permanente para la concha prieta. FAOLEX Legal Office. http://www.fao.org/fishery/shared/faolextrans.jsp?xp_ISIS_MFN=084341&xp_faoLexLang=S&xp_lang=es. Acceso 26/07/2010
- GARCÍA-DOMÍNGUEZ F, DE HARO-HERNÁNDEZ A, GARCÍA-CUELLAR A, VILLALEJO-FUERTE M, RODRÍGUEZ-ASTUDILLO S. 2008. Ciclo reproductivo de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) (Arcidae) en Bahía Magdalena, México. Rev. biol. Mar. oceanogr. 43 (1):142-152.
- IMARPE TUMBES. 1996. Seguimiento de la Pesquería pelágica, demersal y costera e invertebrados Marinos. Informe Anual 1995. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 1997. Seguimiento de la Pesquería pelágica, demersal y costera e invertebrados Marinos. Informe Anual 1996. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 1998. Seguimiento de la Pesquería pelágica, demersal y costera e invertebrados Marinos. Informe Anual 1997. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 1999. Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 1998. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 2000. Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 1999. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 2001. Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 2000. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 2002. Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 2001. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 2003. Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 2002. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 2004. Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 2003. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 2005. Situación actual del recurso concha negra *Anadara tuberculosa* (Sowerby) en la Región Tumbes. Inf. Interno Inst. Mar del Perú.
- IMARPE TUMBES. 2005a. Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 2004. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 2006. Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 2005. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 2007. Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 2006. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 2008. Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 2007. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 2009. Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 2008. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 2010. Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 2009. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 2011. Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 2010. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 2012. Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 2011. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 2013. Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 2012. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 2014. Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 2013. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 2015. Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 2014. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- IMARPE TUMBES. 2016. Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 2015. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- INGA C, ORDINOLA E. 2003. Monitoreo biológico y biométrico de concha negra *Anadara (Anadara) tuberculosa* en Puerto Pizarro – Tumbes, 1996 – 2002. Inf. Interno Inst. Mar del Perú. IMARPE Tumbes.

- INRENA. 2001. Plan Maestro del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes. Tumbes – Perú.
- INRENA. 2007. Plan Maestro del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes 2007 - 2011. Lima - Perú. 197 pp.
- KEEN A. 1971. Sea shells of tropical west America. Marine mollusks from Baja California to Peru. 2da Edition. Stanford University Press. Stanford. California. 1064 pp.
- LAEVASTU T. 1980. Manual de métodos de biología pesquera. FAO. Editorial Acribia. Zaragoza - España. 243 pp.
- LIP G, POMA C. 1997. Aportes para un manejo sostenible de los manglares de Tumbes – Diagnóstico de las actividades extractivas en el ecosistema de los manglares de Tumbes. Proyecto Manglares – ONG Pro Naturaleza: 47-52 pp.
- LUCERO-RINCÓN C H, CANTERA K J R, GIL-AGUDELO D L, MUÑOZ O, ZAPATA L A, CORTES N, GUALTEROS W O, MANJARRES A. 2013. Análisis espacio temporal de la biología reproductiva y el reclutamiento del molusco bivalvo *Anadara tuberculosa* en la costa del Pacífico colombiano. Rev. Biol. Mar. Oceanogr. 48(2): 321-334. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572013000200011>
- LUQUE C, DOMÍNGUEZ N. 2005. Prospección de conchas negras *Anadara tuberculosa* en Tumbes, Abril 2005. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru. 23 pp.
- LUQUE C, ORDINOLA E, TENORIO J. 2005. Prospección de conchas negras *Anadara tuberculosa* en Tumbes, noviembre 2005. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru.
- MALCA C. 1996. Engorde de conchas negras *Anadara (Anadara) tuberculosa* en los manglares de Tumbes. En: Aportes para un manejo sostenible de los manglares de Tumbes. Proyecto Manglares. Pro Naturaleza. Tumbes – Perú. 119 – 122 p.
- MALCA C, POMA C, LIP G. 1996. Estimación poblacional de crustáceos y moluscos de importancia económica en el ecosistema manglar de Tumbes. En: Aportes para un manejo sostenible de los manglares de Tumbes. Proyecto Manglares. Pro Naturaleza. Tumbes – Perú. 63 – 74 pp.
- MEDA. 2009a. Línea base ambiental – Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. Equipo Técnico Toshiba. 347 pp.
- MEDA. 2009b. Estudio complementario (*Anadara grandis*, *Litopenaeus vannamei*, *Litopenaeus stylirostris* y tres especies de peces. 41 pp.
- MÉNDEZ M. 1981. Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decápoda) de mar y ríos de la costa del Perú. Bol. Inst. Mar Perú. Vol. 5: 170 pp.
- MORA E. 1990. Catálogo de bivalvos marinos del Ecuador. Instituto Nacional de Pesca. Boletín Científico Técnico. Guayaquil, Ecuador. Vol. X. N.º 1: 136 p.
- MUSELLO C, ÁLVAREZ M, FLORES L. 2009. Crecimiento de *Anadara similis* (C. B. Adams, 1852) en la Reserva Ecológica de Manglares Cayapas-Mataje, REMACAM: Una Aproximación basada en tallas. Escuela Politécnica del Litoral - ESPOL. Guayaquil – Ecuador. 7 pp.
- ORDINOLA E, MENDOZA J. 2010. Densidad poblacional y biometría de bivalvos comerciales, en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. Agosto 2010. Informe Consultoría MEDA. 40 pp.
- ORDINOLA E, MENDOZA J. 2012. Consultoría para determinar la densidad poblacional y biometría de bivalvos comerciales, en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. 2011. Informe Consultoría MEDA. 39 pp.
- ORDINOLA E, MONTERO P, ALEMÁN S, LLANOS J. 2010a. El bivalvo concha negra, *Anadara tuberculosa* (Sowerby), en los manglares de Tumbes, Perú. Febrero 2007. Inf. Inst. Mar Peru. Vol. 37 (3-4): 115 - 126 pp.
- ORDINOLA E, MONTERO P, INGA C, GONZALES I. 2010b. Prospección bioecológica de concha negra (*Anadara tuberculosa*) en los manglares de Tumbes. 22 abril 2009. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru. 25 pp.
- ORDINOLA E, MONTERO P, LLANOS J. 2012a. Prospección bioecológica de concha negra *Anadara tuberculosa* (SOWERBY) en los manglares de Tumbes. 23 setiembre – 02 octubre 2011. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru. 22 pp
- ORDINOLA E, MONTERO P, LLANOS J. 2012b. Prospección bioecológica de los recursos concha negra *Anadara tuberculosa* (Sowerby) y concha huequera (C.B. Adams) en los manglares de Tumbes. 03 al 12 mayo 2012. Inf. Tec. Interno Inst. Mar Peru. 49 pp.
- 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 Peru. 40 (3-4): 254 - 273 pp.
- PÉREZ D. 2005. Biología reproductiva de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) (Arcidae) en Bahía Magdalena, México. Rev. Biol. Mar. y Oceanog. 43 (1):142-152 pp.
- POMA C. 1980. Estudio de la concha negra: Bioecología, explotación y cultivo. Informe de la Dirección Zonal de Pesquería – Tumbes. Perú.
- R. M. 209-2001-PE. Aprueban relación de tallas mínimas de captura y tolerancia máxima de ejemplares juveniles de principales peces marinos e invertebrados. http://www.imarpe.gob.pe/tumbes/documentos/RM_209-2001-PE.pdf.
- R. M. 014-2006-PRODUCE. Aprueban relación de tallas mínimas de captura y tolerancia máxima de ejemplares juveniles de principales peces marinos e invertebrados. http://aempresarial.com/web/solicitud_nl.php?id=22598

- SILVA A, BONILLA R. 2001. Abundancia y morfometría de *Anadara tuberculosa* y *A. similis* (Mollusca: Bivalvia) en el Manglar de Purruja. Golfo Dulce, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 49. Supl. 2: 315-320 pp.
- STERN-PIRLOT A, WOLFF M. 2006. Population dynamics and fisheries potential of *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) along the Pacific coast of Costa Rica. Revista de Biología Tropical. 54(1):87-100 pp.
- VIVAR L. 1996. Dinámica poblacional y tasa de explotación de *Anadara (Anadara) tuberculosa* "concha negra", en los manglares de Puerto Pizarro, Tumbes – Perú. Tesis para optar el Grado académico de Maestro en Ciencias mención en evaluación de recursos pesqueros. Trujillo – Perú. 35 pp.
- WRIGHT-LÓPEZ H, HOLGUÍN-QUIÑONES O, ARREGUÍN-SÁNCHEZ F, ROQUE-VILLADA I. 2009. Crecimiento y mortalidad de la concha nácar *Pteria sterna* en bancos silvestres de Baja California Sur, México. Rev. Biol. Trop. Vol. 57 (3): 659 – 670 pp.

DETECCIÓN DE POSIBLE DERRAME DE PETRÓLEO EN EL MAR PERUANO FRENTE A TALARA USANDO IMÁGENES SATELITALES, FEBRERO 2017

DETECTION OF A POSSIBLE OIL SPILL IN THE PERUVIAN SEA OFF TALARA THROUGH SATELLITE IMAGES, FEBRUARY 2017

Germán Velaochaga¹

Han Xu¹

RESUMEN

VELAOCHAGA G, XU H. 2019. Detección de un posible derrame de petróleo en el mar peruano frente a Talara a través de imágenes satelitales, febrero 2017. *Bol Inst Mar Perú*. 34(1): 265-276.- Los derrames de petróleo tienen un impacto significativo en el ecosistema marino, la detección remota es una herramienta eficiente para revelar estos eventos con el fin de reducir el daño generado. Se utilizaron imágenes de los satélites ópticos (Landsat-8, Sentinel-2a y NPP) y del radar (Sentinel-1B) para generar la firma espectral, la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) y la razón de bandas. Para el día 15 de febrero del 2017, la firma espectral de los cuerpos de agua en el área del posible derrame se encontró sobre el agua oceánica y la imagen de TSM mostró un aumento de temperatura ($>0,4$ °C) en dicha área, además el coeficiente "petróleo/agua" tuvo un valor máximo de 3,407 para la longitud de onda central $\lambda = 0,864$, 6 nm, lo cual implica la mayor sensibilidad del canal con respecto a la información de petróleo. Asimismo, al revisar imágenes de los satélites Sentinel-1B y -2A del 3 y 19 de febrero, se observó una pluma que se desprende desde la plataforma activa y se desplaza hacia el suroeste. El objetivo del trabajo es presentar una serie de técnicas para la detección de derrames de petróleo en el mar utilizando las imágenes de satélite, a fin de desarrollar un sistema de monitoreo para las áreas cercanas de las plataformas petroleras en el mar peruano.

PALABRAS CLAVE: detección de derrame de petróleo, TSM, firma espectral, imágenes satelitales

ABSTRACT

VELAOCHAGA G, XU H. 2019. Detection of a possible oil spill in the Peruvian sea off Talara through satellite images, February 2017. *Bol Inst Mar Peru*. 34 (1): 265-276.- Oil spills have a significant impact on the marine ecosystem, remote sensing is an efficient tool to reveal these events in order to reduce the resulting damage. Images from the optical satellites (Landsat-8, Sentinel-2a, and NPP) and radar (Sentinel-1B) were used to generate the spectral signature, the Sea Surface Temperature (SST), and the band ratio. By 15 February 2017, the spectral signature of the water masses in the area of the possible spill was found on the oceanic water and the SST image showed an increase in temperature (> 0.4 °C) in that area. In addition, the "oil/water" coefficient had a maximum value of 3.407 for the central wavelength $\lambda = 0.864.6$ nm, which implies the greater sensitivity of the channel in relation to oil information. Also, when reviewing images from the Sentinel-1B and Sentinel-2A satellites on 3 and 19 February, a plume was observed detaching from the active oil-drilling platform and moving towards the southwest. This work aims to present a series of techniques for the detection of oil spills at sea by using satellite images, in order to develop a monitoring system for the surrounding areas of oil platforms in the Peruvian sea.

KEYWORDS: oil spill detection, SST, spectral signature, satellite imagery

1. INTRODUCCIÓN

En el Perú el desarrollo de la explotación petrolera y las múltiples actividades que de ella se derivan, constituye un permanente riesgo de perturbación del ecosistema marino (JACINTO y CABELLO 1999).

Los conocimientos admitidos en la materia al momento de iniciar el trabajo, indican que *no solo está expuesto a las descargas de diferentes orígenes provenientes de fuentes terrestres, sino que la riqueza petrolífera que alberga y las actividades (exploración, explotación, refinación, transporte) pueden originar un impacto ambiental del entorno. En el norte del Perú, entre Punta Peñitas y los Órganos, se ubican aproximadamente unas 90 plataformas petrolíferas*

1. INTRODUCTION

In Peru, the development of oil exploitation and the multiple activities that arise from it constitute a permanent risk of disruption of the marine ecosystem (JACINTO & CABELLO 1999).

The accepted knowledge on the subject at the start of the work indicates that marine ecosystem is *not only exposed to land-based discharges from different sources but also that the oil wealth it contains and the activities (exploration, exploitation, refining and transport) can cause an environmental impact on the environment. In northern Peru, between Punta Peñitas and Los Órganos, there are approximately 90 oil-drilling platforms in the continental shelf, in*

1 IMARPE, DGIHSA Área de Sensoramiento Remoto. Av. Argentina 2245, Callao, Perú. gvelaochaga@imarpe.gob.pe

en el zócalo continental, en fases de exploración y explotación. Además, en Talara se ubica la principal refinería del Perú (JACINTO et al. 1996).

El área costera de Talara se monitorea desde 1980. Está considerada como un área crítica de contaminación por hidrocarburos aromáticos en sedimentos marinos (31,7 µg/g, abril 1997) (CABELLO y JACINTO 2008).

El 26 de enero del 2017 pobladores y pescadores de la caleta de Cabo Blanco, ubicada en el distrito de Talara, provincia de Piura, reportaron un derrame de petróleo en el mar.

Actualmente la zona donde se ubica el lote Z-2B, se encuentra bajo la modalidad de contrato de explotación con la empresa Savia Perú S.A. (Fuente: www.perupetro.com.pe)

Mediante técnicas de sensoramiento remoto, se busca comprobar si se puede identificar el derrame que ha podido ocasionar contaminación en dicha zona.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio está ubicada en la zona tropical del Pacífico Sudoriental, entre 4°15'00"S - 4°25'00"S y 81°15'00"W - 81°25'00"W (Fig. 1a). Según información proporcionada por PERUPETRO, cerca de esa zona se encuentran pozos activos en la plataforma ubicada en el área delimitada por las coordenadas 4°16'56,05"S y 81°17'54,81"W, a 4,7 kilómetros de la costa (Fig. 1b).

exploration and exploitation phases. In addition, Talara is home to Peru's main refinery (JACINTO et al. 1996).

The coastal area of Talara has been monitored since 1980. It is considered a critical area of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) pollution in marine sediments (31.7 µg/g, April 1997) (CABELLO & JACINTO 2008).

On January 26, 2017, residents and fishermen of the Cabo Blanco cove, located in the district of Talara, Piura Region, reported an oil spill at sea.

Currently, the area where the Z-2B lot is located is under an exploitation contract with Savia Perú S.A. (Source: www.perupetro.com.pe)

By means of remote sensing techniques, it is sought to verify if it is possible to identify the spill that may have caused pollution in that area.

2. MATERIAL AND METHODS

The study area is located in the tropical zone of the Southeast Pacific, between 4°15'00"S - 4°25'00"S and 81°15'00"W - 81°25'00"W (Fig. 1a). According to information provided by PERUPETRO, there are active wells near that zone in the platform located in the area delimited by coordinates 4°16'56.05"S and 81°17'54.81"W, at 4.7 kilometers from the coast (Fig. 1b).

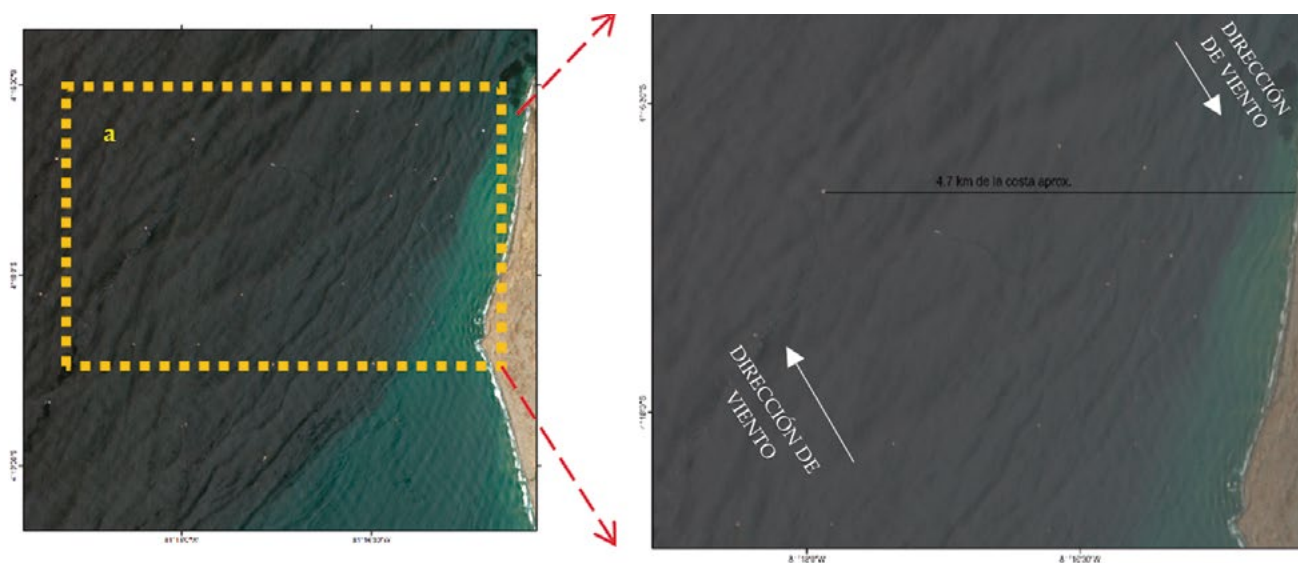


Figura 1.- Imagen Sentinel -2A del 19 de febrero 2017. (a) banda RGB, (b) ubicación de la plataforma

Figure 1. Image from Sentinel -2A of February 19, 2017. (a) RGB band, (b) shelf location

En la Tabla 1 se precisan los pozos que se encuentran en actividad en la plataforma en la que se efectuó el estudio.

Datos satelitales

En la Tabla 2 se describen los nombres de los satélites, la fuente de datos y demás datos que se utilizaron, así como la información del satélite NPP para calibrar la imagen térmica del Satélite Landsat 8.

Table 1 shows the wells that are active on the oil-drilling platform on which the study was carried out.

Satellite data

Table 2 describes the names of the satellites, the data source, and other data that were used, as well as the information from the NPP satellite to calibrate the thermal image of the Landsat 8 satellite.

Tabla1.- Clase, profundidad, periodo de perforación de los pozos activos en la plataforma

Table1.- Class, depth, drilling period of active wells on the shelf

NOMB_POZO NAME_WELL	CLASE_POZO CLASS_WELL	PROF. DEPTH	INIC_PERF. BEGIN_DRILL	TERM_PERF. END_DRILL	LOTE LOT	REGIÓN REGION
PNGR TT 9	DESARROLLO IN DEVELOPMENT	6056	12/07/1977	02/08/1977	Z-2B	ZOCALO SHELF
PNGR TT 7	DESARROLLO IN DEVELOPMENT	4577	29/11/1977	09/12/1977	Z-2B	ZOCALO SHELF
PNGR TT 6	DESARROLLO IN DEVELOPMENT	5695	11/06/1986	27/06/1986	Z-2B	ZOCALO SHELF
PNGR TT 20	DESARROLLO IN DEVELOPMENT	5050	11/05/1986	01/06/1986	Z-2B	ZOCALO SHELF
PNGR TT 19	DESARROLLO IN DEVELOPMENT	4460	06/11/1977	20/11/1977	Z-2B	ZOCALO SHELF
PNGR TT 16	DESARROLLO IN DEVELOPMENT	5567	13/04/1986	03/05/1986	Z-2B	ZOCALO SHELF
PNGR TT 12	DESARROLLO IN DEVELOPMENT	7132	14/09/1977	21/10/1977	Z-2B	ZOCALO SHELF
PNGR TT 11X	EXPLORATORIO EXPLORATORY	6737	02/06/1977	02/07/1977	Z-2B	ZOCALO SHELF
PNGR TT 10	DESARROLLO IN DEVELOPMENT	6504	22/12/1977	16/01/1978	Z-2B	ZOCALO SHELF
PNGR TT 1	DESARROLLO IN DEVELOPMENT	5720	13/08/1977	05/09/1977	Z-2B	ZOCALO SHELF

Fuente: PERUPETRO, vía transparencia
Source: PERUPETRO, transparency

Tabla 2.- Características orbitales y hora de barrido de los satélites

Table 2.- Orbital characteristics and swept time of satellites

Satélite Satellite	Sensor	Fecha y hora de pasada en la zona Date and time of passing in the area	Altitud (km) Altitude (km)	Orbita Orbit	Resolución espacial (m) Spatial resolution (m)	Resolución temporal (días) Time resolution (days)	Resolución Radiométrica Radiometric Resolution	Fuente de datos Data source
Landsat 8	OLI TIRS	15/02/2017 10:33 horas	705	Helio-sincrónica Sun-synchronous	30 100	16	16 bit	NASA & USGS
Landsat 8	OLI	29/12/2016 10:33 horas	705	Helio-sincrónica Sun-synchronous	30	16	16 bit	NASA & USGS
Sentinel 1B	C-SAR	03/02/2017 18:43 horas	693	Polar Helio-sincrónica Sun-synchronous Polar	10	12		Copernicus- ESA
Sentinel 1B	C-SAR	23/11/2016 18:43 horas	693	Polar Helio-sincrónica Sun-synchronous Polar	10	12		Copernicus- ESA
Sentinel 2A	MSI	19/02/2017 10:52 horas	786	Polar Helio-sincrónica Sun-synchronous Polar	10	20	12 bits	Copernicus- ESA
NPP	VIIRS	15/02/2017 13:19 horas	824	Polar Helio-sincrónica Sun-synchronous Polar	1000	1	12 bits	Terascan- IMARPE

SENTINEL 1B

La imagen de Sentinel 1B utilizada en este trabajo es una imagen GRD (*Ground Range Detected*) de nivel 1, la forma de polarizaciones VV (se transmite y se recibe la energía polarizada de manera vertical). Se realizó la corrección geométrica, la calibración radiométrica y la reducción de ruido de la imagen usando el programa SNAP (*Sentinel Application Platform*) desarrollado por la ESA (Agencia Espacial Europea).

Corrección geométrica

Debido a las variaciones topográficas de una escena y la inclinación del sensor del satélite, las distancias se pueden distorsionar en las imágenes SAR (*Synthetic Aperture Radar*). Los datos de la imagen que no están directamente en la ubicación nadir del sensor tendrán cierta distorsión. Las correcciones de terreno están destinadas a compensar esas distorsiones, de modo que la representación geométrica de la imagen sea lo más parecida posible al mundo real.

La corrección geométrica se hizo con la corrección de elipsoide utilizando el método de Grilla de Geolocalización (GG) desarrollado por SMALL & SCHUBERT (2008); aplicando el programa SNAP, se efectuó el remuestreo con el método de "vecino cercano" para lo cual se localizaron los puntos con el sistema mundial de coordenadas WGS84.

Calibración radiométrica

En general, las imágenes de nivel 1 tienen sesgos significativos por no haber realizado la calibración radiométrica. En este trabajo, se calibró la imagen de Sentinel-1B mediante el uso del programa SNAP con el fin de obtener los coeficientes de retrodispersión de la escena de radar.

Reducción del ruido "speckle"

Las imágenes SAR presentan generalmente una serie de píxeles blancos y negros que degradan la calidad de la imagen y hacen que la interpretación de las características sea más difícil. Este moteado (*Speckle*) es causado por la interferencia aleatoria constructiva y destructiva de las ondas de retorno-desfasadas pero coherentes, dispersadas (por los dispersores primarios) dentro de cada celda de resolución. La reducción del ruido *Speckle* se puede aplicar ya sea por filtrado espacial o por procesamiento *multilook*. Se aplicó el filtro Lee refinado para reducción de ruido *Speckle* (LEE & POTTIER 2009).

SENTINEL 1B

The image from Sentinel 1B used in this work is a level 1 GRD (*Ground Range Detected*) image, the form of polarization is VV (the polarized energy is transmitted and received vertically). The geometric correction, radiometric calibration, and noise reduction of the image was performed by using the SNAP (*Sentinel Application Platform*) software developed by the ESA (European Space Agency).

Geometric correction

Due to the topographic variations of a scene and the tilt of the satellite sensor, distances can be distorted in SAR (*Synthetic Aperture Radar*) images. Image data that are not directly at the nadir location of the sensor will have some distortion. Terrain corrections are intended to compensate for these distortions so that the geometric representation of the image is as close as possible to the real world.

The geometric correction was made with ellipsoid correction by means of the Geolocation Grid (GG) method which was developed by SMALL & SCHUBERT (2008); the resampling was carried out with the SNAP software by using the "nearest neighbor" method for which the points were located with the WGS84 world coordinate system.

Radiometric calibration

Overall, level 1 images have significant biases for not having performed radiometric calibration. In this work, the Sentinel-1B image was calibrated by means of the SNAP software in order to obtain the backscatter coefficients of the radar scene.

"Speckle" noise reduction

SAR images generally present a series of black and white pixels that degrade image quality and make interpretation of features more difficult. This speckle is caused by constructive and destructive random interference from the scattered return waves, which are out-of-phase but coherent, within each resolution cell. Speckle noise reduction can be applied either by spatial filtering or by multilook processing. The refined Lee filter was applied for Speckle noise reduction (LEE & POTTIER 2009).

LANDSAT 8

Se realizó la calibración radiométrica y la corrección atmosférica a las imágenes Landsat-8, luego se aplicó una regresión lineal entre la temperatura estimada por las imágenes térmicas de Landsat 8 y la TSM del sensor VIIRS del satélite Suomi NPP (*National Polar-orbiting Partnership*) considerando que los datos de TSM-NPP son validados con los datos *in situ* con el fin de estimar la TSM de Landsat 8 (Fig. 2).

Calibración radiométrica

La imagen Landsat-8 ha sido calibrada radiométricamente usando los coeficientes de calibración almacenados en el cabecero de archivo, de tal forma que el ND de los canales del satélite ha sido convertido a radiancia espectral (L_λ) a través de la ecuación (1).

$$L_\lambda = a \cdot ND + b \quad (1)$$

Donde, ND varía entre 0 y 65535 (16-bits), la radiancia espectral L_λ tiene unidad de $W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ y los coeficientes a y b son llamados como ganancia y sesgo reescalados, respectivamente (USGS 2016).

LANDSAT 8

Radiometric calibration and atmospheric correction was performed on the Landsat-8 images, then a linear regression was applied between the temperature estimated by the Landsat 8 thermal images and the SST of the Suomi NPP (*National Polar-orbiting Partnership*) VIIRS sensor considering that the SST-NPP data are validated with *in situ* data in order to estimate the Landsat 8 SST (Fig. 2).

Radiometric calibration

The Landsat-8 image has been radiometrically calibrated by using the calibration coefficients stored in the file header so that the ND of the satellite channels has been converted to spectral radiance (L_λ) through the equation (1):

$$L_\lambda = a \cdot ND + b \quad (1)$$

Where ND varies between 0 and 65535 (16-bits), the spectral radiance L_λ has a unit of $W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ and the coefficients a and b are called as rescaled gain and bias, respectively (USGS 2016).

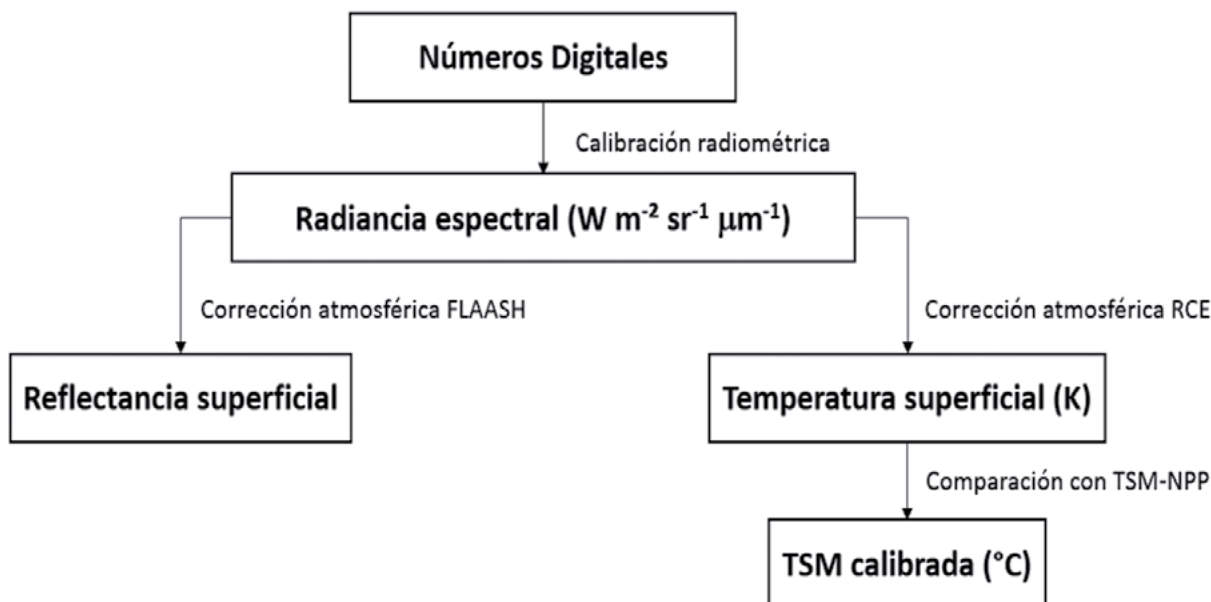


Figura 2.- Diagrama de flujo del procesamiento de imágenes Landsat 8

Figure 2. Landsat 8 image processing flowchart

Corrección atmosférica

Se han estimado los valores de la reflectancia en la superficie de la Tierra para cada píxel de los canales visibles e infrarrojo cercanos del sensor OLI, con longitud de onda central de 0,443 μm, 0,4826 μm, 0,5613 μm, 0,6546 μm y 0,8646 μm, a través del modelo de la corrección atmosférico FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes*) expresado por la ecuación (2) (MATTHEW *et al.* 2003).

$$L_{\lambda} = \frac{A \cdot \rho}{1 - \rho_e \cdot S} + \frac{B \cdot \rho_e}{1 - \rho_e \cdot S} + L_a, \tag{2}$$

Donde, ρ es la reflectancia del píxel, ρ_e es la reflectancia promedio del píxel y los pixeles vecinos, S es el albedo esférico de la atmósfera, A y B son los coeficientes de ajuste que dependen de las condiciones atmosféricas y la geometría del sensor, L_a es la radiancia que corresponde a la dispersión de la atmósfera. Los valores de S, A, B y L_a están en función de los ángulos cenit y azimut del Sol y de la visión, de la elevación promedio del área de estudio, y de la concentración de las moléculas de los gases y de los aerosoles (ITT VISUAL INFORMATION SOLUTIONS 2009).

Para el cálculo de temperatura, los valores de radiancia de los canales térmicos (λ= 10,9 μm y 12,0 μm) del sensor TIRS han sido convertidos a radiancia del objeto en la superficie de la Tierra aplicando el método de RCE (*Reference Channel Emissivity*) expresado por la ecuación (3):

$$L_{\lambda} = \tau_{\lambda} [\varepsilon_{\lambda} B(T_s) + (1 - \varepsilon_{\lambda}) L_{\downarrow}] + L_{\uparrow}, \tag{3}$$

Donde, τ_λ es la transmisividad atmosférica espectral, ε_λ es la emitancia superficial del objeto, para el petróleo crudo el rango está entre 0,94-0,97 (XING *et al.* 2015), B(T_s) es la radiancia espectral emitida por un cuerpo negro con temperatura superficial T_s, L_↑ es la radiancia emitida por la atmósfera hacia al sensor, L_↓ es la radiancia emitida por la atmósfera hacia al suelo, reflejada por él y registrada por el sensor (BARSÌ *et al.* 2003).

Para la estimación de temperatura superficial de la Tierra se usó la ecuación (4).

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{B(T_s)} + 1\right)}, \tag{4}$$

Atmospheric correction

The reflectance values on the Earth’s surface have been estimated for each pixel of the visible and near-infrared channels of the OLI sensor, with central wavelengths of 0.443 μm, 0.4826 μm, 0.5613 μm, 0.6546 μm, and 0.8646 μm, through the FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes*) atmospheric correction model expressed by the equation (2) (MATTHEW *et al.* 2003):

$$L_{\lambda} = \frac{A \cdot \rho}{1 - \rho_e \cdot S} + \frac{B \cdot \rho_e}{1 - \rho_e \cdot S} + L_a, \tag{2}$$

Where ρ is the reflectance of the pixel, ρ_e is the median reflectance of the pixel and neighboring pixels, S is the spherical albedo of the atmosphere, A and B are the adjustment coefficients that depend on atmospheric conditions and sensor geometry, L_a is the radiance that corresponds to the dispersion of the atmosphere. The values of S, A, B, and L_a are a function of the zenith and azimuth angles of the Sun and the vision, the mean elevation of the study area, and the concentration of the molecules of gases and aerosols (ITT VISUAL INFORMATION SOLUTIONS 2009).

For the temperature estimation, the radiance values of the thermal channels (λ= 10.9 μm and 12.0 μm) of the TIRS sensor have been converted to the radiance of the object on the Earth’s surface by applying the RCE method (*Reference Channel Emissivity*) expressed by the equation (3):

$$L_{\lambda} = \tau_{\lambda} [\varepsilon_{\lambda} B(T_s) + (1 - \varepsilon_{\lambda}) L_{\downarrow}] + L_{\uparrow}, \tag{3}$$

Where τ_λ is the spectral atmospheric transmissivity, ε_λ is the object’s surface emittance, for crude oil the range is between 0.94-0.97 (XING *et al.* 2015), B(T_s) is the spectral radiance emitted by a black body with surface temperature T_s, L_↑ is the radiance emitted by the atmosphere towards the sensor, L_↓ is the radiance emitted by the atmosphere towards the ground, reflected by it and recorded by the sensor (BARSÌ *et al.* 2003).

For the estimation of the Earth’s surface temperature the following equation was used (4):

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{B(T_s)} + 1\right)}, \tag{4}$$

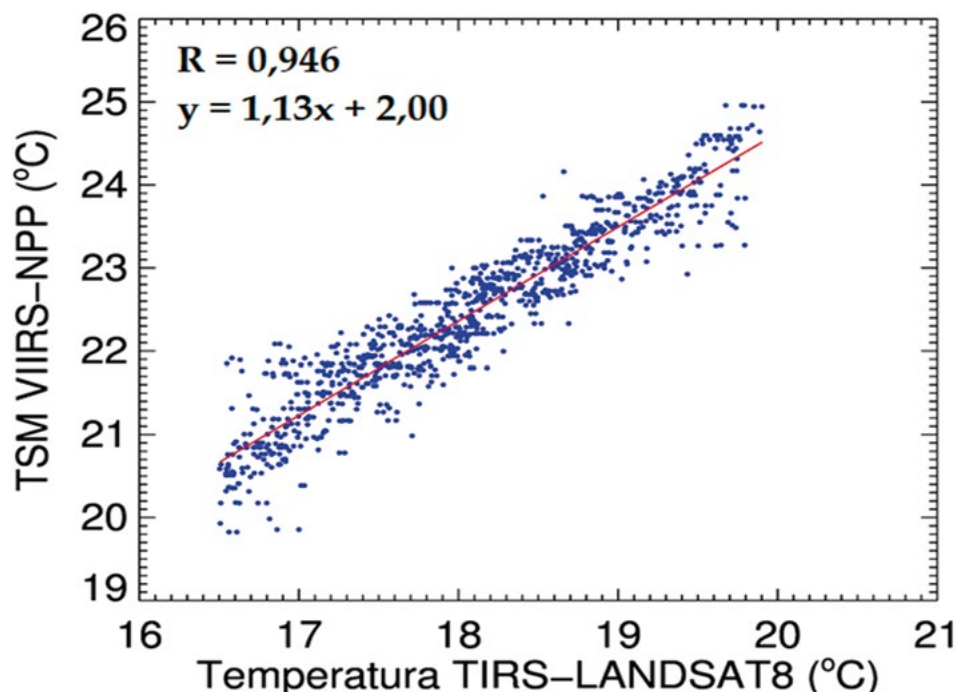


Figura 3.- Regresión lineal entre los valores T_s estimados por el sensor TIRS-L8 y los productos TSM VIIRS-NPP

Figure 3. Linear regression between the T_s values estimated by the TIRS-L8 sensor and the VIIRS-NPP SST products

Donde, T_s es la temperatura superficial de la Tierra en grados Kelvin; para convertir a grado Celsius, se debe restar 273,15 al valor de T_s . K_1 y K_2 son los coeficientes de conversión térmica que se encuentran en el archivo cabecero (BABU & FLEMING 2008).

Estimación de temperatura superficial del mar

Se han comparado los valores de T_s con los datos productos de TSM estimados del sensor VIIRS del satélite Suomi NPP con el fin de ajustar la TSM del Landsat-8. La figura 3 muestra la relación lineal ($R = 0,946$) entre la T_s de Landsat 8 y TSM de NPP para el día 29 de diciembre de 2016. Se ha estimado la TSM con los coeficientes de ajuste de la ecuación lineal para cada una de las imágenes.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANÁLISIS DE LA FIRMA ESPECTRAL

Las estaciones tomadas de la imagen de reflectancia superficial obtenida a través de la corrección atmosférica FLAASH, corresponden a los cuerpos de agua caracterizados como: a) agua de muy alta concentración de sedimento;

Where T_s is the Earth's surface temperature in Kelvin degrees; in order to convert it to Celsius degrees, 273.15 must be subtracted from the T_s value. K_1 and K_2 are the thermal conversion coefficients found in the header file (BABU & FLEMING 2008).

Estimation of sea surface temperature

The T_s values have been compared with the estimated SST product data from the Suomi NPP VIIRS sensor in order to adjust the Landsat-8 SST. Figure 3 shows the linear relationship ($R = 0.946$) between the Landsat 8 T_s and NPP SST for 29 December 2016. The SST has been estimated with the adjustment coefficients of the linear equation for each of the images.

3. RESULTS AND DISCUSSION

SPECTRAL SIGNATURE ANALYSIS

The stations taken from the surface reflectance image obtained through the FLAASH atmospheric correction correspond to water masses which are characterized as: a) water with a very high sediment concentration; b)

b) agua de alta concentración de sedimento; c) agua de concentración moderada de sedimento; d) agua oceánica; e) posible derrame de petróleo. La figura 4a muestra las siete estaciones en las que se extrajeron los valores de reflectancia, en las estaciones 1-3 se ubican los cuerpos de agua con sedimentos, las estaciones (7) y (6) representan valores de reflectancia TOA (*Top Of the Atmosphere*, antes de aplicar FLAASH), y las estaciones 4 y 5 son reflectancias superficiales (después de aplicar FLAASH) para los puntos d y e, respectivamente.

En la figura 4b se muestra que, para las aguas de mezcla de sedimentos (puntos a-c) el pico de mayor reflectancia se encontró en $\lambda = 561,3$ nm y el valor mínimo en $\lambda = 864,6$ nm, la reflectancia es mayor cuando la concentración de sedimentos es más alto en rango de longitud de onda entre 400 y 900 nm; mientras que las firmas espectrales TOA de las aguas oceánicas (punto d) y de la zona de posible derrame (punto e) disminuyeron su valor con respecto a la longitud de onda, donde el valor de la reflectancia de ambas zonas disminuyó de 0,13 a 0,02 aproximadamente (firmas 6 y 7) desde $\lambda = 443$ nm hasta $\lambda = 864,6$ nm mientras que la disminución del valor de reflectancia superficial es menor (de 0,05 a 0,01) como se observa en las estaciones 4 y 5.

Las firmas espectrales de los puntos 1-5 coinciden con lo escrito en el reporte de IOCCG (*International Ocean-Colour Coordinating Group*) en 2000. Esto implica que el modelo FLAASH ajusta mejor los valores de reflectancia con los datos *in situ* en dicho reporte y permite que los píxeles de la imagen representen las propiedades ópticas de los cuerpos de agua con mayor exactitud.

Comparando la firma espectral de reflectancia de los puntos d y e, se observó que la firma de zona de posible derrame (firma 5) está ligeramente por encima de la del agua oceánica (firma 4), y para la reflectancia TOA la firma 6 (posible derrame) está por encima de la firma 7 (agua oceánica), este comportamiento también lo observó FINGAS en 2015 (Fig. 4c).

water with a high sediment concentration; c) water with a moderate sediment concentration; d) oceanic water; e) possible oil spill. Figure 4a shows the seven stations where reflectance values were extracted; stations 1-3 are located in water masses with sediments (points a, b, and c), stations (7) and (6) represent TOA reflectance values (Top Of the Atmosphere, before applying FLAASH), and stations 4 and 5 are surface reflectances (after applying FLAASH) for points d and e, respectively.

Figure 4b shows that, for sediment mixing waters (a – c points), the peak with the highest reflectance was found at $\lambda = 561.3$ nm and the minimum value at $\lambda = 864.6$ nm, the reflectance is higher when the concentration of sediments is higher in the wavelength range between 400 and 900 nm, while the TOA spectral signatures of oceanic waters (point d) and of the zone of possible spillage (point e), decreased their value in relation to the wavelength, where the value of the reflectance of both areas decreased from approximately 0.13 to 0.02 (signatures 6 and 7) from $\lambda = 443$ nm to $\lambda = 864.6$ nm while the decrease of the surface reflectance value is less (from 0.05 to 0.01) as observed in stations 4 and 5.

The spectral signatures of points 1-5 coincide with what was written in the IOCCG (International Ocean-Color Coordinating Group) report in 2000. This implies that the FLAASH model better matches the reflectance values with the *in situ* data in that report and allows the pixels in the image to represent the optical properties of water masses with greater accuracy.

When comparing the spectral reflectance signature of points d and e, it was observed that the signature of the area of possible spill (signature 5) is slightly above that of oceanic water (signature 4), and for the TOA reflectance the signature 6 (possible spill) is above the signature 7 (oceanic water), this behavior was also observed by FINGAS in 2015 (Fig. 4c).

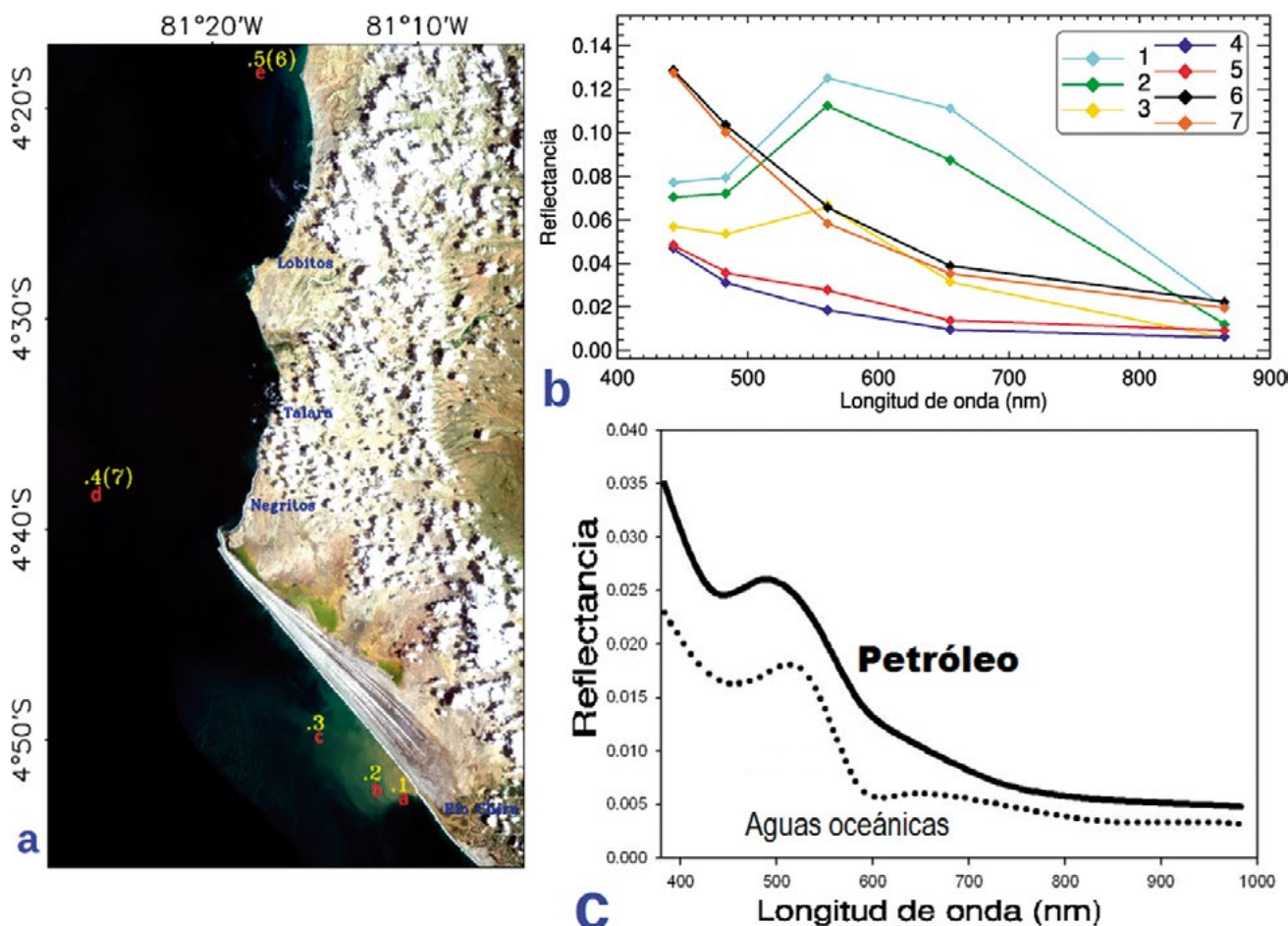


Figura 4.- (a) Estaciones en la imagen RGB-Landsat corresponden a distintos cuerpos de agua, (b) firma espectral de las estaciones, (c) firma espectral del petróleo y de las aguas oceánicas, adaptado de FINGAS 2015

Figure 4. (a) Stations in the RGB-Landsat image correspond to different water masses, (b) spectral signature of stations, (c) spectral signature of oil and ocean waters, adapted from FINGAS 2015

RAZÓN PETRÓLEO/AGUA

JIANG & ZHAO (2011) utilizaron la razón entre petróleo/agua en un estudio de detección de derrame de petróleo ocurrido en el Golfo de México en 2010. Cuanto mayor sea el factor es más fácil para identificar el derrame. El factor C_{ρ} se obtuvo con la ecuación (5).

$$C_{\rho} = \frac{\rho_{\text{petróleo}} - \rho_{\text{agua}}}{\rho_{\text{agua}}}, \quad (5)$$

Donde, $\rho_{\text{petróleo}}$ y ρ_{agua} son los promedios de la reflectancia espectral de los pixeles de la capa de petróleo y el agua del fondo, respectivamente. A través del modelo FLAASH, se han eliminado los efectos atmosféricos generados por las moléculas de los gases y los aerosoles, y se observó un incremento de C_{ρ} para los canales visibles e infrarrojo cercano, el C_{ρ} máximo es 3,407 para $\lambda = 0,8646 \mu\text{m}$ implicando la mayor sensibilidad del canal con respecto a la

OIL/WATER RATIO (OWR)

JIANG & ZHAO (2011) used the oil/water ratio in an oil spill detection study carried out in the Gulf of Mexico in 2010. The higher the factor, the easier it is to identify the spill. The C_{ρ} factor is obtained with the equation (5):

$$C_{\rho} = \frac{\rho_{\text{petróleo}} - \rho_{\text{agua}}}{\rho_{\text{agua}}}, \quad (5)$$

Where $\rho_{\text{petróleo}}$ and ρ_{agua} are the averages of the pixels' spectral reflectance of the oil layer and the water of the bottom, respectively. Through the FLAASH model, the atmospheric effects generated by the molecules of gases and aerosols have been eliminated, and an increase of C_{ρ} was observed for the visible channels and near infrared, the maximum C_{ρ} is 3.407 for $\lambda = 0.8646 \mu\text{m}$ which implies the greater sensitivity of the channel regarding the oil information

información de petróleo (Fig. 5). Este resultado coincide con el trabajo de JIANG & ZHAO (2011) en el cual se obtuvo mayor C_o para el canal de $\lambda = 0,865 \mu\text{m}$ de la imagen MERISI-FY3A.

ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA

La imagen TSM de Landsat 8 muestra que para el 29 de diciembre del 2016, la TSM de la zona frente a Talara varió entre 22,5 y 25 °C, las masas de aguas calientes estaban distribuidas en las altitudes altas y la parte costera, no se observó ninguna variación progresiva alrededor de la plataforma petrolera (Fig. 6a). Para el 15 de febrero del 2017, se observó una distribución de TSM altas (28,3-28,4 °C) a lo largo de la trayectoria del posible derrame mientras que las temperaturas alejadas de la zona de influencia estuvieron entre 27,7 y 28,1 °C (Fig. 6b). XING *et al.* (2015) indicaron que el petróleo generalmente absorbe el calor durante el día y se calienta más que el agua de mar circundante, lo que lo hace mostrar como manchas calientes en las imágenes térmicas. El momento de barrido de ambas imágenes es a las 10:33 a. m. (hora local), se observa que el evento ocurrido en el día 15 de febrero tiene un comportamiento similar a lo que explicaron XING *et al.* (2015).

Satélite activo – Sentinel-1B

La imagen Sentinel 1B para el 23 de noviembre del 2016 (Fig. 7a) muestra a las plataformas como pequeños puntos blancos, no se observa ninguna anomalía cerca de la plataforma activa señalada. En la imagen del 3 de febrero del 2017 (Fig. 7b) se

(Fig. 5). This result coincides with Jiang’s work in which greater C_o was obtained for the λ channel = 0.865 μm of the MERISI-FY3A image (JIANG & ZHAO 2011).

TEMPERATURE ANALYSIS

The Landsat 8 SST image shows that by 29 December 2016, the SST of the area off Talara ranged between 22.5 and 25 °C, the hot water masses were distributed at high altitudes and in the coastal part, no progressive variation was observed around the oil-drilling platform (Fig. 6a). By 15 February 2017, a distribution of high SSTs (28.3-28.4 °C) was observed along the trajectory of the possible spill while temperatures away from the area of influence were between 27.7 and 28.1 °C (Fig. 6b). XING *et al.* (2015) indicated that oil generally absorbs heat during the day and warms up more than the surrounding seawater, which makes it appear as hot spots in thermal imagery. The swept time for both images is 10:33 a.m. (local time), it is observed that the event occurred on 15 February has a behavior similar to that explained by XING *et al.* (2015).

Active satellite – Sentinel-1B

The Sentinel 1B image for 23 November 2016 (Fig. 7a) shows the oil-drilling platforms as small white dots, no abnormality is observed near the indicated active platform. In the image of 3 February 2017 (Fig. 7b) a dark

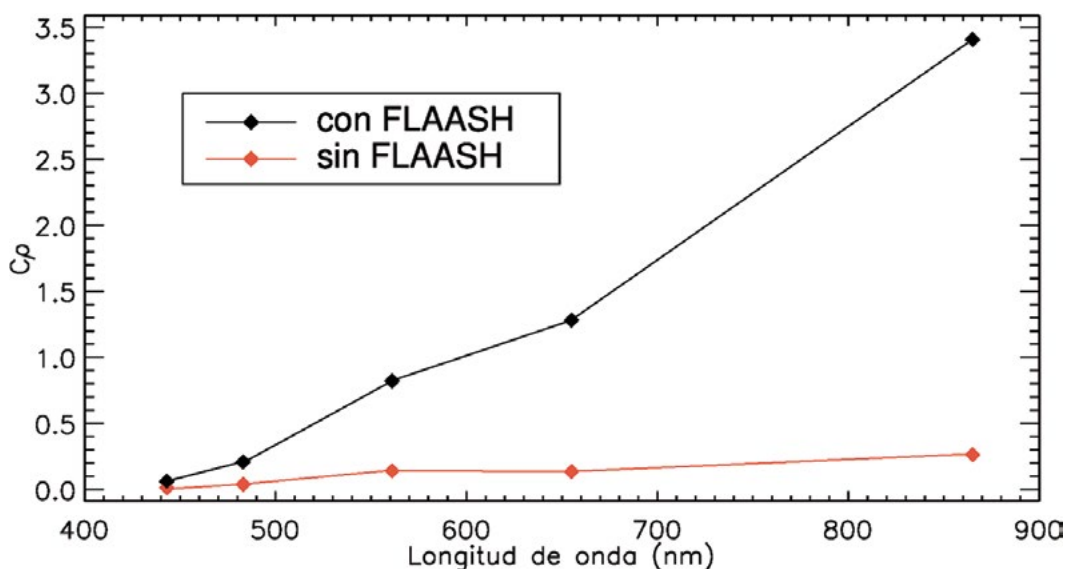


Figura 5.- Comparación de C_q antes y después de la corrección atmosférica FLAASH

Figure 5. Comparison of C_q before and after the FLAASH atmospheric correction

visualiza una línea oscura que se desprende a partir de la plataforma de petróleo activa y que alcanza una extensión de hasta 10 km; la fecha coincide con la anomalía presente en la misma plataforma para los otros dos satélites.

line detached from the active oil platform and reaching an extension of up to 10 km is displayed; the date coincides with the abnormality present on the same platform for the other two satellites.

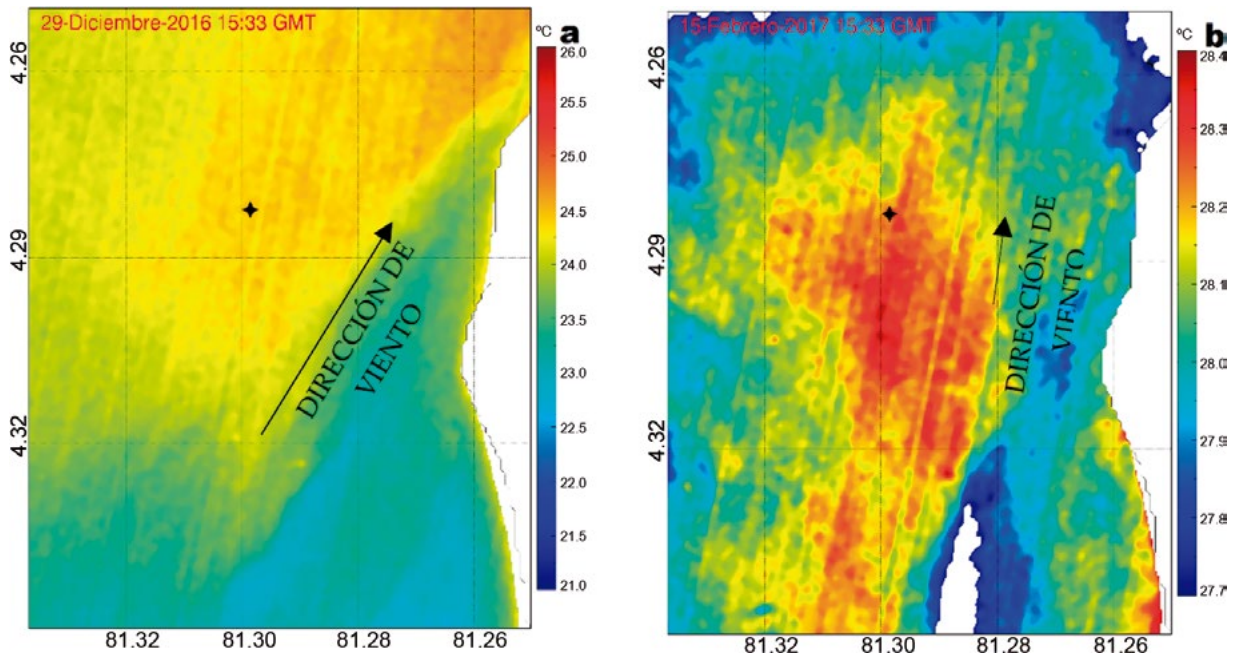


Figura 6.- TSM de Landsat-8 para la fecha (a) 29 de diciembre de 2016 y (b) 15 de Febrero de 2017

Figure 6. Landsat-8 SST for the date (a) 29 December 2016 and (b) 15 February 2017

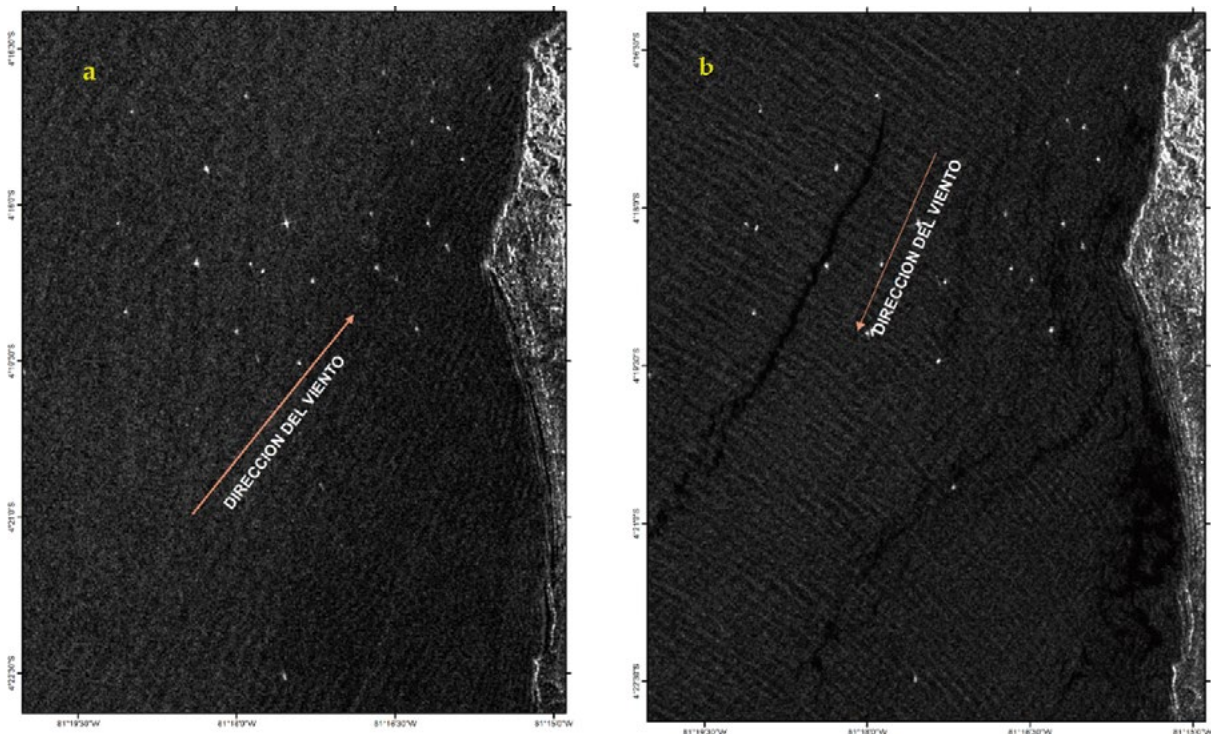


Figura 7.- Sentinel-1B para la fecha 23 de noviembre del 2016 donde no se observa el evento (a) 3 de febrero del 2017, las zonas oscuras cercanas a la costa son zonas con vientos débiles (b)

Figure 7. Sentinel-1B images for 23 November 2016 where no event is observed (a); 3 February 2017, dark areas near to the coast are zones with weak winds (b)

4. CONCLUSIONES

Se pudo identificar los cuerpos de agua usando la firma espectral de reflectancia del satélite Landsat 8 para el día 15 de febrero del 2017, donde, la zona de posible derrame está por encima de la de aguas oceánicas (limpias), comportamiento similar a lo reportado por FINGAS (2015).

El canal de longitud de onda central de 0,8646 μm es más sensible con respecto a la información de petróleo.

Utilizando la banda térmica del satélite Landsat 8 se calculó que la TSM de la zona de posible derrame es 0,4 °C más alta (28,3-28,4 °C) que las zonas vecinas en el día para 15 de febrero de 2017.

Con los satélites Sentinel 1 y Sentinel 2 en los días 3 y 19 de febrero, respectivamente, se observó una pluma desprendida desde la plataforma activa y que se desplaza hacia el suroeste.

Utilizando las distintas técnicas para la detección de petróleo en el mar, se ha podido identificar un posible derrame en la plataforma activa ubicada en la zona marítima de Talara, comprobando la utilidad de las herramientas satélites.

4. CONCLUSIONS

The water masses could be identified by using the reflectance spectral signature of the Landsat 8 satellite for 15 February 2017, where the area of possible spill is above that of oceanic (clean) waters, behavior similar to that reported by FINGAS (2015).

The central wavelength channel of 0.8646 μm is more sensitive to oil information.

By using the Landsat 8 satellite thermal band, the SST of the area of possible spill was estimated to be 0.4 °C higher (28.3-28.4 °C) than neighboring areas on the day by 15 February 2017.

A plume detached from the active platform and moving towards the southwest was observed with the Sentinel 1 and Sentinel 2 satellites on 3 and 19 February, respectively.

By applying the different techniques for the detection of oil at sea, it has been possible to identify a possible spill in the active oil-drilling platform located in the maritime zone of Talara, thus verifying the usefulness of the satellite tools.

5. REFERENCIAS / REFERENCES

- BABU G K, FLEMING K. 2008. Surface Temperature Estimation from Landsat ETM+ Data for a part of the Baspa Basin, NW Himalaya, India. *Bulletin of Glaciological Research*. 25: 19 - 26.
- BARSI J A, BARKE J L, SCHOTT J R. 2003. An Atmospheric Correction Parameter Calculator for a Single Thermal Band Earth-Sensing Instrument. *IEEE. Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS03 Cat. No.03CH37477*: 21-25.
- CABELLO R J, JACINTO M E. 2008. Evaluación Ambiental en Zonas Marino Costeras del Perú. 2002, 2003 y 2004. *Inf Inst Mar Perú*. 35(1): 65 - 74.
- FINGAS M. 2015. *Handbook of Oil Spill Science and Technology*. John Wiley & Sons Inc. 1. 693.
- ITT VISUAL INFORMATION SOLUTIONS. 2009. Atmospheric Correction Module: QUAC and FLAASH User's Guide. ITT Corporation. 20AC47DOC. 44.
- JACINTO M E, CABELLO R J. 1999. Niveles de Hidrocarburos de Petróleo en el Ecosistema Marino Costero del Perú. Bahías seleccionadas. Periodo 1996. *Inf Prog Inst Mar Perú*. 110: 60 pp.
- JACINTO M E, CHÁVEZ J H, MARTÍNEZ C G, GUZMÁN M R. 1996. Evaluación de la Calidad del Medio Marino en la Bahía de Talara. *Inf Prog Inst Mar Perú*. 41: 19 - 35.
- JIANG Q F, ZHAO C F. 2011. The Improvement of Oil Spill Detection by Atmospheric Correction of FY-3A/MERSI Data. *Transactions of Oceanology and Limnology*. 4: 16 - 24.
- LEE J, POTTIER E. 2009. *Polarimetric Radar Imaging: From Basics to Applications*. Boca Raton: CRC Press. 422 pp.
- MATTHEW M W, ADLER-GOLDEN S M, BERK A, FELDE G, ANDERSON G P, GORODETZKY D, PASWATERS S, SHIPPERT M. 2003. Atmospheric Correction of Spectral Imagery: Evaluation of the FLAASH algorithm with AVIRIS data. *SPIE Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery IX*. 5093. 474 - 482 pp.
- SMALL D, SCHUBERT A. 2008. *Guide to ASAR Geocoding*. Remote Sensing Laboratories - University of Zurich. Issue: 1.01: 36 pp.
- USGS (United States Geological Survey). 2016. *Landsat 8(L8) Data Users Handbook*. LSDS-1574. 2. 106.
- XING Q G, LI L, LOU M J, BING L, ZHAO R X, LI Z B. 2015. Observation of Oil Spills through Landsat Thermal Infrared Imagery: A Case of Deepwater Horizon. *Aquatic Procedia*. 3: 151 - 156.

GUÍA Y CRITERIOS DE APLICACIÓN DEL ÍNDICE BIÓTICO MARINO AZTI (AMBI) Y AMBI MULTIVARIADO (M-AMBI) EN AMBIENTES MARINOS SOMEROS DE LA COSTA CENTRAL Y SUR DE PERÚ

GUIDELINES AND APPLICATION CRITERIA OF THE AZTI BIOTIC MARINE INDEX (AMBI) AND MULTIVARIATE-AMBI (M-AMBI) IN THE SHALLOW MARINE ENVIRONMENTS FROM THE CENTRAL AND SOUTHERN PERUVIAN COAST

Luis Quipuzcoa Olguín¹
Bruno Vildoso Giesecke³

Víctor Aramayo¹
Bruno Valdez Barrios³

Ximena Velez-Zuazo²
Vicente Tasso Bermell⁴

RESUMEN

QUIPUZCOA L, ARAMAYO V, VELEZ-ZUAZO X, VILDOSO B, VALDEZ B, TASSO V. 2019. Guía y criterios de aplicación del Índice Biótico Marino AZTI (AMBI) y AMBI multivariado (M-AMBI) en los ambientes marinos someros de la costa central y sur de Perú. *Bol Inst Mar Perú*. 34(1): 277-305.- El Índice Biótico Marino AZTI (AMBI, por sus siglas en inglés) y su versión multivariada M-AMBI son herramientas desarrolladas para evaluar la condición de salud de los ecosistemas marinos costeros utilizando información del macrobentos de fondo blando. En cinco capítulos, se presenta la descripción del AMBI (Capítulo 1), las consideraciones para su calibración (Capítulo 2), explicaciones paso a paso para estimación (Capítulo 3) e interpretación (Capítulo 4) del AMBI y M-AMBI en la costa central y sur del Perú y las consideraciones y sugerencias para su uso correcto e interpretación (Capítulo 5).

PALABRAS CLAVE: AMBI, M-AMBI, macrobentos, fondos blandos, costa central y sur de Perú

ABSTRACT

QUIPUZCOA L, ARAMAYO V, VELEZ-ZUAZO X, VILDOSO B, VALDEZ B, TASSO V. 2019. Guidelines and application criteria of the Biotic Marine Index (AMBI) and multivariate-AMBI (M-AMBI) in the shallow marine environments from the central and southern Peruvian coast. *Bol Inst Mar Peru*. 34(1): 277-305.- The Marine Biotic Index (AMBI) and its multivariate version M-AMBI are tools developed to assess the health condition of coastal marine ecosystems using information from soft-bottom macrobenthos. Along five chapters, it is presented a description of the AMBI (Chapter 1), considerations for the calibration (Chapter 2), step-by-step instructions to estimate (Chapter 3) and interpret (Chapter 4) the AMBI and M-AMBI at central and south coast of Peru, and suggestions for the correct application and interpretation (Chapter 5).

KEYWORDS: AMBI, M-AMBI, macrobenthos, soft-bottom habitats, central and southern Peruvian coast

1. INTRODUCCIÓN

La Guía y Criterios de Aplicación del Índice Biótico Marino AZTI (AMBI) y el AMBI Multivariado (M-AMBI) en los ambientes marinos someros de la costa central y sur de Perú, tiene por finalidad facilitar la correcta aplicación, paso a paso, del índice AMBI y su versión multivariada M-AMBI. Estas dos herramientas han sido desarrolladas para facilitar el análisis complementario y diagnóstico de la calidad de los ambientes marinos costeros.

El AMBI es un índice biótico semicuantitativo para medir el estado ecológico en comunidades macrobentónicas de fondo blando de un área marina costera. El índice usa la composición específica de la comunidad del bentos marino (macro-invertebrados sésiles o no, de fondos

blandos) para evaluar la calidad ambiental marina costera en un área determinada.

En este trabajo hacemos una descripción didáctica sobre su aplicabilidad en el ecosistema marino peruano (con énfasis en la costa central y sur), considerando valores *ad hoc*, previamente calibrados y estandarizados, obtenidos en el marco de un Proyecto conjunto entre el Instituto del Mar del Perú, el Smithsonian Conservation Biology Institute y Perú LNG. En este contexto, aspiramos que la presente guía pueda servir de apoyo al más amplio público usuario, desde profesionales involucrados directamente en la investigación marina costera, grupos de investigación en universidades y, organizaciones vinculadas al cuidado o monitoreo ambiental marino, entre otras. Esperamos que esta publicación contribuya

1 Instituto del Mar del Perú, Correo electrónico: lquipuzcoa@imarpe.gob.pe

2 Center for Conservation and Sustainability, Smithsonian Conservation Biology Institute

3 Hunt LNG Operating Company

4 Oceansnell, Consultoría Ambiental Marina

como una herramienta adicional para el estudio, cuidado y manejo del medio marino costero.

El objetivo principal de esta guía es facilitar el proceso de aplicación del AMBI y/o M-AMBI para evaluar el estado de perturbación ecológica de un área marina costera determinada. Los objetivos específicos de la guía son:

Describir los pasos principales de aplicación del AMBI y M-AMBI

Describir los criterios que usamos para la aplicación del AMBI y M-AMBI en el ecosistema marino peruano

Explicar el proceso de recolección, selección, análisis de los datos e interpretación

Ofrecer valores y puntos de referencia calibrados, verificados y estandarizados para la evaluación de la calidad ambiental marina costera del centro y sur del Perú

Impulsar el empleo del AMBI y M-AMBI como herramientas complementarias para el diagnóstico de la calidad de ambientes marinos someros

Informar sobre el alcance y limitaciones a considerar en la aplicación del AMBI y M-AMBI.

Recomendamos que se tome nota de que tanto los criterios empleados en la guía como los valores y puntos de referencia sugeridos han sido expresamente trabajados para el sector centro y sur de la costa peruana en periodos neutros respecto de *El Niño Southern Oscillation* (ENSO). Por tanto, el usuario deberá tomar precauciones cuando desee emplear estos criterios y valores en sitios oceanográficamente diferentes (*e. g.*, la costa norte) o bajo condiciones ENSO.

Se recomienda también tomar en cuenta que el contenido de la presente Guía no pretende ser exhaustivo en relación a todos los criterios de muestreo establecidos para la recolección de muestras bentónicas, tampoco para el procesamiento o análisis estadísticos de los datos, para lo cual se sugiere revisar documentos específicos, según cada caso.

Estructura de la guía

En el **Capítulo I** se presenta una breve descripción del AMBI incluyendo su desarrollo, países donde se aplica, y su desempeño comparado con otros índices. Se presentan y describen los Grupos ecológicos y se explica el desarrollo del M-AMBI. El **Capítulo II** presenta las principales consideraciones para la calibración del AMBI y M-AMBI para la costa central y sur de Perú y describe las áreas incluidas en la calibración (*i. e.*, sitios de calibración). Esta sección incluye una justificación para la delimitación espacial de aplicación de ambos índices bióticos, criterios generales y las restricciones para la aplicación de los índices. El **Capítulo III** habla de la estimación del índice y presenta un diagrama de flujo que orienta al usuario a seguir los pasos, desde la recolección de la muestra, preparación de los datos, hasta la asignación de las especies a los Grupos ecológicos y el uso guiado del programa para estimar el AMBI y M-AMBI (programa AMBI). El **Capítulo IV**, ofrece un panorama general sobre las principales pautas para interpretar y presentar los resultados obtenidos a partir de la matriz ingresada al programa AMBI. Finalmente, en el **Capítulo V** ofrecemos algunas sugerencias generales para el empleo e interpretación de los resultados del AMBI y M-AMBI en relación a otras métricas complementarias, usadas para medir cambios en la calidad ambiental, pero a partir de otros parámetros del ambiente marino.

CONCEPTOS CLAVE

Índice Biótico Marino AZTI (AMBI): indicador biótico desarrollado por BORJA *et al.* (2000) basado en el análisis de las comunidades bentónicas de fondo blando, para establecer el estado ecológico de un área marina costera.

AMBI multivariado (M-AMBI): índice basado en el AMBI que incorpora en el análisis las variables de diversidad (*p. ej.*, Índice de Shannon) y riqueza de especies bentónicas de fondo blando.

Estado ecológico: condición de integridad ecológica (Degradada >> Saludable) que exhibe un área basado en la comunidad de organismos presentes.

Índice de Shannon: índice de diversidad que incorpora valores de abundancia y equidad de cada una de las especies presentes en una comunidad.

Grupos ecológicos: son agrupaciones de especies que exhiben una sensibilidad similar al incremento de materia orgánica (MO) y que forman la base para los análisis de calidad ecológica establecidos por el AMBI y M-AMBI.

Macrobentos: se refiere a las especies de invertebrados que habitan los ambientes acuáticos, de tamaño menor a 1 mm, retenidas en un tamiz de 500 μm y que pueden vivir sobre el fondo (blando o duro) o enterradas.

Materia orgánica (MO): material de origen terrestre o marino, conformado por fragmentos o restos fácilmente reconocibles de plantas y animales; introducidos al mar a través de ríos,

atmósfera o que derivan directamente de cadenas alimentarias marinas.

Sitios de calibración: agrupación de áreas cuya calidad ambiental son usados como valores de referencia para establecer los límites (alto y bajo) del estado de calidad ecológica en una región para ser aplicado en el M-AMBI.

Valores de referencia: valores establecidos para las mejores y peores condiciones ambientales, obtenidos luego de la calibración del M-AMBI y usados para estimar el estado de calidad ecológico de un sitio marino determinado.

Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO): capa deficiente de oxígeno que se desarrolla en el agua de mar, cuya concentración típica indicadora (límite inicial de detección) es 0,5 mL/L o 22,5 $\mu\text{M/kg}$. En Perú, esta capa puede ser muy somera e intensa, particularmente en el sector centro y sur de la costa.

CAPÍTULO I

1. EL AMBI Y EL M-AMBI

1.1 El Índice Biótico Marino AZTI (AMBI)

El AMBI es un índice biótico semicuantitativo para medir el estado ecológico en comunidades macrobentónicas de fondo blando (BORJA *et al.* 2000). El AMBI fue desarrollado por investigadores del AZTI Tecnalia, un centro tecnológico situado en el país vasco, en España. Previamente, y posterior al desarrollo del AMBI, otros índices bióticos han sido desarrollados para evaluar y monitorear la calidad del medioambiente acuático, sobretodo dulceacuícola, pero también marino (BORJA *et al.* 2015). El AMBI fue desarrollado sobre el modelo propuesto por GRALL & GLÉMAREC (1997) y similar a otros índices bióticos basados en macroinvertebrados bentónicos, y asume que la respuesta cualitativa y cuantitativa de las comunidades ante el cambio de la calidad del hábitat incluye una modificación en la riqueza de especies, su abundancia y, en especies dominantes sensibles a la polución (PEARSON & ROSENBERG 1978).

Similar a otros índices bióticos, la motivación para el desarrollo del AMBI ha sido la limitación de utilizar los cambios en las variables abióticas como únicos indicadores de perturbación del medioambiente marino. El AMBI se basa en la respuesta rápida del macrobentos frente a perturbaciones físicas y químicas del ambiente. Aunque el AMBI fue inicialmente desarrollado para su aplicación en las costas de Europa, la flexibilidad para incorporar y asignar nuevas especies a los Grupos ecológicos preestablecidos, ha permitido que este índice biótico sea utilizado en otras áreas. *Hasta el 2015, el AMBI ha sido utilizado en 123 estudios, en 14 provincias biogeográficas, lo cual lo convierte en el índice biótico más utilizado* (BORJA *et al.* 2015).

En comparación con otros índices, el desempeño del AMBI ha sido mejor en términos de coherencia de resultados y aplicabilidad (BORJA *et al.* 2015). Sin embargo, para un buen desempeño, la lista de especies y su asignación a los Grupos ecológicos necesitan ser curadas (*i. e.*, revisadas minuciosamente) y refinadas (*i. e.*, actualizadas) en cada lugar nuevo donde se plantee usar, sobretodo fuera de los sitios estudiados exhaustivamente en la Unión Europea.

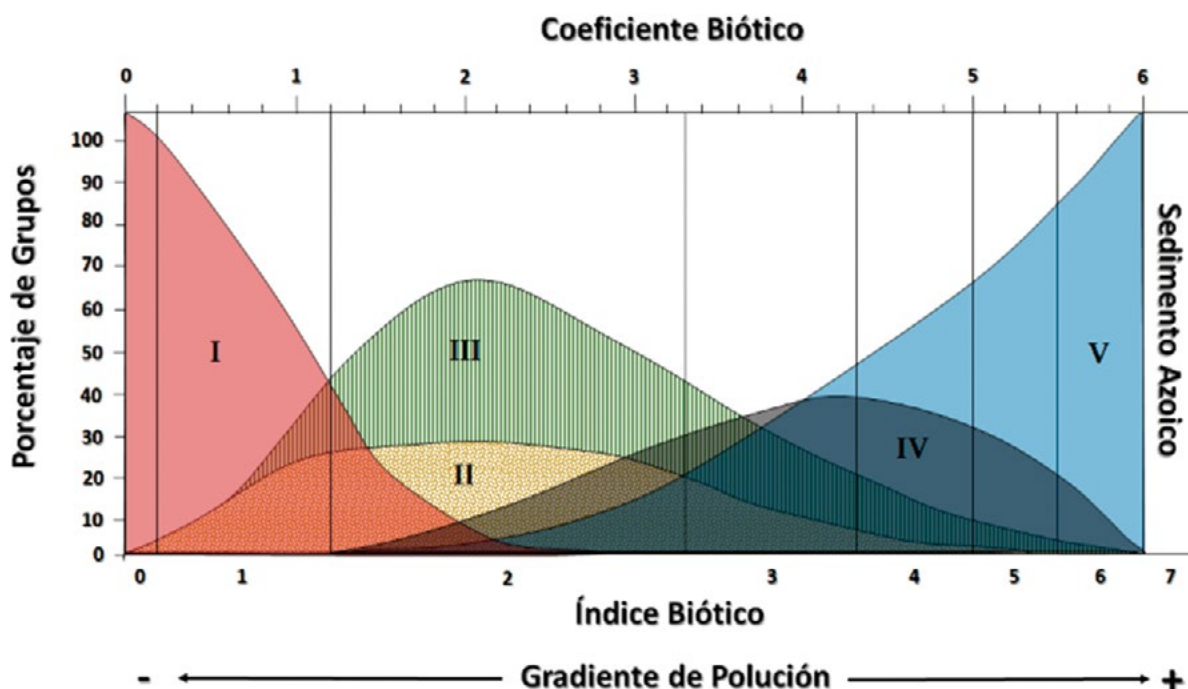


Figura 1.- Modelo teórico sobre el cual se desarrolla el AMBI. El modelo es una modificación de los autores para clasificar las especies en cinco Grupos Ecológicos, de acuerdo con su sensibilidad a un gradiente de polución. Imagen extraída y traducida de BORJA *et al.* (2000)

1.2 Los Grupos ecológicos

Los Grupos ecológicos son agrupaciones de especies que exhiben una sensibilidad similar al incremento de materia orgánica (MO) y forman la base para estimar el AMBI (Figura 1). La razón para utilizar la sensibilidad como una variable para clasificar las especies se justifica en el cambio gradual de un ambiente ante una fuente de perturbación, en este caso, la influencia de MO (SALEN-PICARD 1983). De acuerdo con GRALL y GLÉMAREC (1997), los cinco grupos son:

Grupo I: *Especies muy sensibles al enriquecimiento orgánico y presentes bajo condiciones sin contaminación (estado inicial); incluyen especies carnívoras especializadas y algunos poliquetos tubícolas que se alimentan de lo que se deposita en el fondo.*

Grupo II: *Especies indiferentes al enriquecimiento, siempre presentes en bajas densidades y con variaciones no significativas en el tiempo (desde el estado inicial hasta un ligero desequilibrio); incluyen especies que se alimentan de partículas en suspensión, carnívoros menos selectivos y carroñeros.*

Grupo III: *Especies tolerantes al exceso de enriquecimiento de MO. Estas especies pueden observarse también en condiciones normales, pero sus poblaciones son estimuladas por la riqueza orgánica (situaciones de ligero desequilibrio). Son especies que se alimentan de lo que se deposita superficialmente en el fondo, como espionidos tubícolas.*

Grupo IV: *Especies oportunistas de segundo orden que incluyen poliquetos de pequeño tamaño, principalmente los que se alimentan de depósitos subsuperficiales, como los cirratúlidos.*

Grupo V: *Especies oportunistas de primer orden que se alimentan de partículas que se depositan en el fondo y proliferan en sedimentos reducidos.*

1.3 El M-AMBI

El M-AMBI es una extensión del AMBI y fue propuesto por BORJA *et al.* (2004) y por MUXIKA *et al.* (2007). El M-AMBI propone la integración de variables de la comunidad macrobentónica al estimado original en el que se basa el índice

original, que es una proporción de especies. Debido a esto, el índice se denomina AMBI multivariado y como tal incorpora valores de riqueza y el índice de diversidad de Shannon que son analizados utilizando estadística multivariada (*i. e.*, análisis de factores). Una de las fortalezas de esta versión del AMBI es el establecimiento e incorporación de condiciones de referencia, las cuales son específicas al tipo de hábitat evaluado.

1.4 Breve reseña del proceso de calibración del M-AMBI para Perú

Hasta el 2016, la calibración de la variante multivariada del AMBI, el M-AMBI, no había sido realizada aún en el Perú. Un M-AMBI calibrado es la forma correcta y más adecuada de emplear esta herramienta. La consideración más importante, quizá sea, que los grupos y especies bentónicas frente a la costa peruana tienen respuestas diferenciadas con el contexto oceanográfico. De acuerdo con esto, podemos distinguir (de manera general) dos regiones relativamente definidas: una de mar subtropical bastante oxigenado y comparativamente con menor contenido orgánico en el sedimento y, otra altamente productiva, más fría, con un sedimento enriquecido, y sometida a fuertes condiciones de hipoxia y anoxia. Este aspecto es determinante para la asignación de cada uno de los organismos a los diferentes grupos ecológicos propuestos para la estimación del AMBI.

Este escenario hace que el uso del AMBI para determinar el estado de la calidad ecológica de los ambientes marinos costeros a partir de la observación de la comunidad del bentos sea altamente sensible y dependiente del tipo de ambiente que se esté evaluando. De esta forma, si pretendemos que este índice sea considerado válido y potencialmente incorporado en reglamentaciones ambientales, debemos primero calibrarlo y probar su desempeño en el marco de nuestras latitudes. Es necesario también contrastar y verificar las respuestas faunales sobre el fondo, incluso, y especialmente, en aquellos taxones que pueden tener una respuesta diferente en otras latitudes y, por lo tanto, ofrecer una señal distinta al ser incorporada en la lista del AMBI.

Junto a los pasos anteriormente indicados, se aplicó un criterio adicional para mejorar los análisis sobre las respuestas faunales. Se empleó un ordenamiento batimétrico de las muestras (*i.e.*, establecimos estratos de profundidad) en áreas sometidas a diferentes condiciones de oxigenación, intervención e impacto antropogénico y temporalidad estacional o anual. **Esta primera calibración del M-AMBI aplica únicamente a las zonas central y sur de Perú**, las cuales fueron consideradas como un ambiente homogéneo (en relación a condiciones oceanográficas) y claramente diferenciado de la zona norte (corriente tropical). La calibración del M-AMBI para la zona norte, es una tarea que se debe abordar en un futuro cercano.

1.5 Sitios de calibración usados en Perú

En el borde costero comprendido entre los 9° y 16°S, se consideraron bahías caracterizadas por estar cerradas como Ferrol y Samanco, o semi-abiertas o abiertas como Huacho, Callao, Miraflores, Pisco-Paracas y Marcona. Todas estas bahías corresponden a ambientes marinos someros que muestran un rango batimétrico tal y como fue propuesto para la calibración.

En cada sitio de calibración designado se dan diferentes tipos de fuentes de contaminación marina de origen terrestre o marina que incluyen, entre otros, aguas residuales de la industria pesquera, aguas residuales de la industria siderúrgica con alto contenido de óxidos, aceites, grasas, detergentes, aguas muy ácidas y metales pesados (*i. e.*, Cu, Pb, Cd, Zn), aguas residuales de origen urbano o municipal (*i. e.*, sistema de alcantarillado, bombeo de las aguas servidas) y escorrentías agrícolas mezcladas con aguas domésticas. La actividad portuaria, el tránsito de embarcaciones, la acuicultura, el desarrollo ganadero y la agricultura, también son actividades que dan lugar a desechos sólidos y líquidos y que son descargados al mar

directamente o indirectamente a través de drenes o desagües y a través de los ríos. Todas estas fuentes contribuyen con ingreso importante de MO.

1.6 Estratos de profundidad usados en la calibración

Como parte del trabajo de calibración que previamente hemos realizado para el M-AMBI, ha sido necesario establecer criterios comparativos sistemáticos, especialmente vinculados a forzantes ambientales que modulen la respuesta y éxito de las comunidades bentónicas de fondos blandos. En el caso del ecosistema peruano, establecimos estratos de profundidad teniendo como factor determinante a la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO) y su influencia particularmente sobre el ecosistema marino costero (Tabla 1). El rango máximo que elegimos como significativo fue de 0 a 50 metros de profundidad. Consideramos que más allá de esa profundidad existen altas probabilidades de empezar a captar señales o respuestas en la comunidad bentónica que estén asociadas a otros tipos de procesos (de diferente escala) o influencia oceanográfica (*e. g.*, el incremento progresivo del aporte oceánico). Por otro lado, las divisiones establecidas tienen relación con la fluctuación en los límites superiores de la ZMO que han sido históricamente registrados, y también están basadas en el conocimiento del hábitat por parte de especialistas y observaciones previas.

En este contexto, la presente guía emplea divisiones batimétricas para discriminar entre respuestas bentónicas (Tabla 1).

1.7 Valores calibrados para el M-AMBI en Perú

Los valores de referencia para las métricas de AMBI, diversidad y riqueza específica, obtenidos a partir de la calibración (análisis de todos los sitios de estudio indicados anteriormente) están en la Tabla 2. Estos valores se presentan teniendo en cuenta los criterios batimétricos.

Tabla 1.- Rangos batimétricos empleados para la aplicación del AMBI y calibración y aplicación del M-AMBI

Estrato	Rango de profundidad (metros)	Criterios en detalle	Ventajas para la aplicabilidad del AMBI y M-AMBI
I	0-10	Fondos más oxigenados (alta hidrodinámica, algo común en todas las áreas), aspecto que define muy bien a este estrato. Es un rango batimétrico al cual generalmente se accedería durante un EIA ⁵ , ELBA ⁶ , o monitoreos ambientales en general, mediante transectos y/o buceo.	Típicas evaluaciones desde orilla, tanto por entidades privadas como públicas. Favorece significativamente la aplicación del AMBI y M-AMBI
II	>10 - 30	Se asume condiciones de hipoxia más claras sobre el fondo y puede, o no, detectarse el borde superior de la ZMO (dependerá principalmente del período de estudio, secundariamente del área)	Deberíamos esperar que el AMBI y M-AMBI dieran resultados comparativamente diferentes. En algunos casos confirmando un ambiente impactado por deficiencia de oxígeno; en otros, mostrando ejemplos claros de condiciones favorables y poca o nula influencia de la ZMO
III	>30 - 50	Condiciones homogéneas sobre el fondo en términos de deficiencia de oxígeno. Fondos interceptados por la ZMO.	El AMBI y M-AMBI aplicado a este estrato debería indicarnos estados ecológicos con relativa alta perturbación de la comunidad bentónica. Es también un estrato clave para estudios que busquen escenarios de contraste.

Tabla 2.- Valores de referencia calibrados para el M-AMBI, según estratos de profundidad

	AMBI	Diversidad	Riqueza específica	
Malo	5,70	0	1	Estrato I
Muy Bueno	0	2,81	23	(0-10 m)
Malo	4,50	0	1	Estrato II
Muy Bueno	0	3,1	17	(>10-30 m)
Malo	4,50	0	1	Estrato III
Muy Bueno	0	2,69	13	(>30-50 m)

RESUMEN

- El AMBI y el M-AMBI indican el estado de la calidad ecológica debido a actividades antrópicas en comunidades del macrobentos marino.
- Estos índices se aplican a comunidades de fondos blandos.
- La base de ambos índices está en los Grupos ecológicos (GE) y la clasificación de las especies dentro de estos GE.
- Los GE son agrupaciones de especies que exhiben sensibilidad similar al incremento de materia orgánica (MO). Hay cinco GE.
- El M-AMBI es un AMBI multivariado que incorpora valores de riqueza y diversidad de Shannon en un análisis estadístico.
- Para usar el M-AMBI, primero debe ser calibrado para establecer valores de referencia.
- Para la costa central y sur de Perú, se utilizaron cinco sitios de calibración, con distintos niveles de perturbación antrópica.
- El M-AMBI calibrado para Perú tiene valores referenciales basados en estratos de profundidad.

5 EIA: Estudio de Impacto Ambiental
6 ELBA: Estudio de Línea Base

CAPÍTULO II

Consideraciones generales para la aplicación del AMBI y M-AMBI en Perú

Con las observaciones indicadas, la aplicación de los índices está limitada a la región biogeográfica que comprende la costa central y sur dentro del Sistema de la Corriente de Humboldt frente a Perú. Esta región está caracterizada por la presencia de una masa de agua muy homogénea denominada Aguas Costeras Frías (ACF), que baña todo este borde costero y con un ámbito espacial (latitudinal y batimétrico, por estratos) bien definido. Esto determina las características de la localidad o área estudiada, tanto en función a la profundidad de estudio como en función al efecto combinado de la interacción de ambos aspectos (todo lo cual tiene influencia en la estimación del AMBI y M-AMBI).

El grado de impacto antropogénico vinculado a cada área, conlleva a una determinación y listado de organismos que representa la riqueza específica, que asociada a la cantidad numérica con que se presentan, sirve para estimar el índice de diversidad, dos valores importantes que unidos al AMBI calculado, nos dan las condiciones de referencia para estimar el M-AMBI.

Es importante que el área de estudio comprenda ambientes sublitorales **cuyas características sedimentarias correspondan a fondos blandos**, pudiendo ser de tipo fangoso (limo-arcilla), arenoso (fina-gruesa), con conchuela o la combinación de estas (fango-arenoso, areno-fangoso, en diferentes porcentajes en su composición).

La captura por dragado debe ser porcentualmente mayor al 40-50% del área de mordida y con un mínimo de dos a tres réplicas por punto de muestreo. Así mismo, la comunidad bentónica retenida debe ser mayor a 500 μ (macrobentos) excluyendo al bacteriobentos, muy característico de estos ambientes con alto contenido orgánico y poco oxígeno.

Es igualmente importante que las áreas o localidades no experimenten impacto físico, como remociones o arrastres.

A continuación, se presenta información detallada a considerar para la aplicación del AMBI y M-AMBI.

2.1 Tipo de muestra

En campo, los investigadores pueden recolectar diferentes tipos de muestras bentónicas, tanto directamente (*e. g.*, buceo autónomo o semiautónomo) como indirectamente (*e. g.*, dragas o nucleadores); sin embargo, es necesario, en primer lugar, tener en cuenta la necesidad de trabajar muestreos comparables (esto es, usando el mismo equipo de muestreo) y muestras provenientes del mismo tipo de substrato (en este caso, blando).

El substrato "blando" puede referirse a fondos fangosos, arenosos o una combinación de ambos (con mayor o menor presencia de elementos característicos como la arcilla y/o el limo). Aunque en muchos casos no es posible tener una idea del tipo de fondo que se está trabajando (*i. e.*, prospecciones, monitoreos realizados en áreas nunca antes evaluadas, muestreos realizados en fondos más profundos de un área ya conocida, etc.), se recomienda en general cubrir este requisito previamente (es decir, antes de aplicar cualquier índice tipo AMBI) con la finalidad de cumplir estrictamente con las indicaciones de uso, y principalmente con los criterios ecológicos en los cuales se basan estas indicaciones. Por tanto, **muestras provenientes de fondos duros** (muestras de fondos rocosos, orillas rocosas, terrazas sólidas de fondos someros, etc.) **no deberán ser tomadas en cuenta en los análisis del índice AMBI**.

En algunos casos, el investigador puede evidenciar dos tipos de escenarios con sus muestras.

El primer escenario (1) contempla **cambios temporales en la textura y composición granulométrica** (es decir, en el tamaño y tipo de partícula que compone el sedimento). En estos casos, si una muestra tiene un fuerte componente biogénico (por ejemplo restos de caparazones, conchas, escamas, etc.), esto puede no representar un problema para el contraste con otros tipos de muestras. Sin embargo, la presencia permanente y dominante de material duro (tipo grava) en las muestras por tiempos prolongados de muestreo debería ser un punto para considerar por el investigador (por

ejemplo, quedaría en manos del investigador evaluar la inclusión de muestras que tengan predominantemente grava de relativo mayor tamaño).

El segundo escenario (2) es la **representatividad de la muestra** obtenida. Queda bajo responsabilidad del investigador incluir en sus análisis dragados cuyo contenido de sedimento esté por debajo de, al menos, las tres cuartas partes (75%) del volumen total de la draga. Generalmente, esto se produce debido al mal cierre de la boca de la draga en el fondo (y/o por la presencia de estructuras duras presentes). En estos casos, la muestra no es representativa ni para el volumen estándar de la draga y probablemente tampoco para el contraste con otros casos donde no se presenten ese tipo de problemas de recolección. En cualquier caso, se debe describir el tipo de sustrato, no solo en el porcentaje de contenido de llenura de mordida de draga, sino también en su textura, olor o color siguiendo la clasificación de FOLK (1966).

2.2 Batimetría

Aunque en principio la aplicación del índice AMBI no establece un rango máximo de profundidad, aquí sugerimos que se tomen en cuenta algunos rasgos oceanográficos característicos de la costa peruana (en general, heterogénea en cuanto los tipos de hábitats bentónicos que exhibe y su morfología). Estos rasgos permitirán identificar un patrón relativamente bien definido acerca de la profundidad (al menos en el sector centro y sur de la costa).

Las concentraciones de oxígeno son un buen punto de referencia. Estudios realizados sobre el bentos marino de la costa central y sur peruana muestran que la deficiencia de oxígeno en el agua de mar puede estar presente incluso en fondos muy someros y que, de hecho, este factor puede influenciar la presencia y estructura de las comunidades del fondo.

Por otro lado, más allá de la plataforma somera (esto es, >50 m) es posible detectar otros tipos de procesos oceanográficos y factores ecológicos que intervienen en los cambios de las comunidades bentónicas (*e. g.*, la disponibilidad de alimento, la progresiva disminución de luz, la dependencia de algunos individuos sobre este

factor y la productividad primaria “natural” en la plataforma). Así que resulta razonable considerar la concentración de oxígeno como un factor limitante dentro del análisis (específicamente para AMBI), a partir del cual podemos establecer un rango hacia las áreas más someras. Esto permitiría disminuir el “ruido” asociado a otros procesos marinos que suceden a escalas diferentes.

En este sentido, se plantean los estratos de profundidad indicados en la Tabla 1. En el caso del ecosistema marino peruano, estos estratos se establecen en función a la influencia de la ZMO, cuyos efectos son más notorios en el sector centro y sur de la costa peruana. Sobre esto mismo, también existen razones operativas y de aplicación que sustentan una división de este tipo. Por ejemplo, el trabajo de centros de investigación como universidades, o de evaluación privada (como consultoras) generalmente tiene un rango máximo de alrededor de 50 metros (profundidades también usuales en bahías o ensenadas), así que los criterios antes expuestos también toman en cuenta estos aspectos operativos, con la finalidad de favorecer el uso del índice AMBI.

2.3 Selección del área de aplicación

Como se ha mencionado, esta guía considera al sector centro y sur de la costa peruana influenciado por la Corriente de Humboldt (frente a Perú); por lo tanto, estamos hablando de un ecosistema frío, productivo, habitualmente influenciado por la deficiencia de oxígeno en la columna de agua y siempre sobre el fondo y, solo episódicamente afectado por cambios bruscos en sus condiciones oceanográficas (*e. g.*, influencia de un evento El Niño).

Sugerimos evaluar previamente la inclusión de otras áreas cuyas características oceanográficas habituales sean diferentes a estas (para evitar captar múltiples señales o respuestas confusas). Si el interés es aplicar el índice AMBI o M-AMBI en el sector norte de la costa peruana, será necesario primero establecer puntos de referencia en la zona de evaluación, con la finalidad de realizar un adecuado contraste y así evitar agregar incertidumbre al análisis comunitario. Del mismo modo, para condiciones oceanográficas relacionadas al ENSO será necesario primero establecer de manera representativa puntos de referencia en

eventos oceanográficos similares (*e. g.*, El Niño débil vs. El Niño fuerte). Sin embargo, sugerimos no realizar evaluaciones entre periodos ENSO hasta tener una base de datos suficientemente robusta (estadísticamente).

2.4 Riqueza y abundancia

Idealmente, el índice AMBI se debe de aplicar teniendo una base de datos de suficiente tiempo en la zona de evaluación. También hay que considerar el tipo de herramienta que se ha empleado para recolectar la muestra, el tamiz o red de cernido que se ha empleado durante el estudio que respalda la serie temporal, etc. En principio, la inclusión de valores de riqueza de especies calculados a partir de herramientas distintas o procesamientos de muestras distintos

puede ofrecer valores sesgados y, por lo tanto, conllevar a conclusiones erróneas.

Se recomienda, como paso previo, eliminar datos que supongan duda para el investigador no solo por las razones antes señaladas, sino también, por otros criterios de exclusión como grupos o especies no contempladas en el análisis (por ejemplo, porque son errores de identificación taxonómica) o cuyo agrupamiento ecológico no puede ser bien establecido debido al desconocimiento del investigador. Es mejor retirar todo dato biológico de calidad dudosa, incluyendo errores de cuantificación, tanto para la densidad (número de individuos) como la biomasa (peso de los individuos).

RESUMEN

- Esta guía presenta al M-AMBI calibrado de la costa central y sur del Perú y a ambientes sub-litorales de fondos blandos en periodos ENSO neutros.
- Las muestras a utilizar deben ser representativas por lo que se recomienda recolectar réplicas y garantizar la correcta recolección con la draga.
- Considerar los estratos de profundidad utilizados para la calibración del M-AMBI; estos determinan los límites verticales de aplicación de este índice biótico.
- Los valores de riqueza y abundancia a utilizar deben provenir de muestras recolectadas utilizando la misma metodología y herramientas.
- Ante la duda de la calidad de los datos biológicos o incertidumbre de los métodos de recolecta, se recomienda eliminar esa muestra.

CAPÍTULO III

Estimando el AMBI y M-AMBI

El proceso de estimación del AMBI y M-AMBI calibrado consta de varios pasos (Figura 2) que se detallan a lo largo de este capítulo.

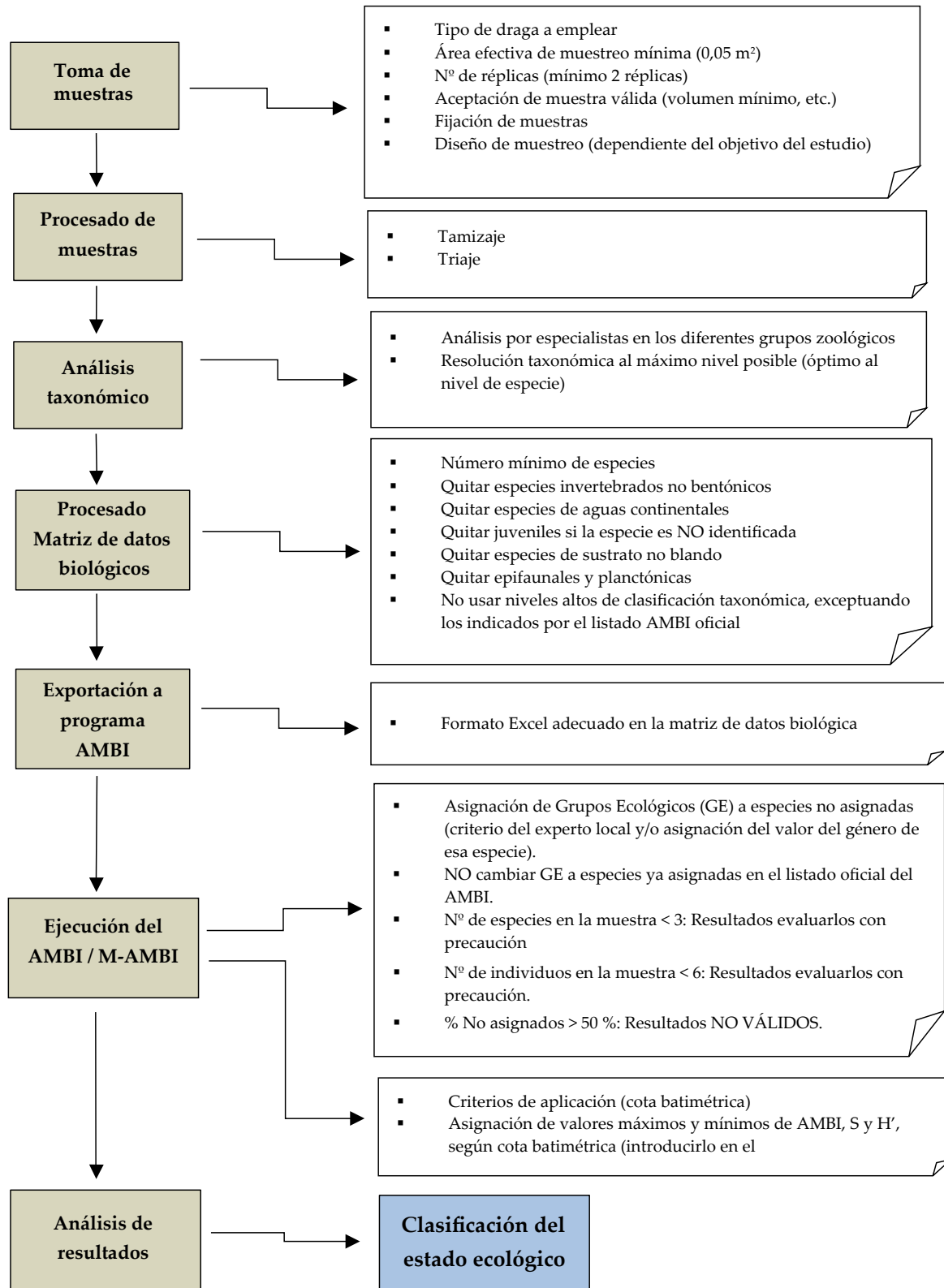


Figura 2.- Flujo de procedimientos empleados para el análisis AMBI y M-AMBI

3.1 Toma y procesamiento de las muestras

Las muestras pueden ser recolectadas empleando una draga van Veen (*e. g.*, de 0,05 m² de área de mordida) y preservadas con formalina al 10% tamponada con bórax (tetraborato sódico), o en alcohol al 96%. Idealmente, deben obtenerse muestras replicadas, con la finalidad de captar la variabilidad de los resultados (abundancia) a través de este procedimiento.

Las muestras pueden tamizarse *in situ* con una malla de 0,5 mm de abertura. Se recomienda considerar la estimación de la riqueza orgánica en el sedimento (*i. e.*, el análisis de materia orgánica total), lo cual también puede obtenerse mediante una draga van Veen en las mismas estaciones. Lo mismo puede aplicarse en el caso se disponga de la capacidad de analizar material de origen fitoplanctónico (clorofila-a sedimentaria).

3.2 Análisis taxonómicos

Una vez retenidos todos los organismos de fondo blando (macrobentos) en un tamiz adecuado (por lo general de 500 μ), estos invertebrados deben ser identificados para poder ser asignados a los grupos propuestos por el AMBI.

El objetivo del análisis taxonómico es identificar con precisión todos los organismos contenidos dentro de cada muestra en la categoría taxonómica más baja posible y proporcionar un conteo preciso de los organismos en cada taxón identificado (SCAMIT 2013). Es importante que el número de organismos contabilizados, den cuenta de todos los organismos en una muestra viva al momento de la recolección. En este sentido, se debe tener cuidado de reportar valvas de moluscos vacías, mudas de crustáceos, fragmentos de organismos bilateralmente simétricos sino se incluye el extremo anterior del organismo, para organismos radialmente simétricos (*e. g.*, ofiuroides, antozoos) solo se identificarán los fragmentos que llevan la mayoría del disco oral.

Las determinaciones e identificaciones de los organismos bentónicos marinos, deben ser conducidas por biólogos experimentados, familiarizados con la mayoría de los grupos mayores que en un primer momento permitan realizar separaciones primarias por grandes taxa, si se quiere a un nivel ilustrativo.

En un segundo nivel, para aquellos organismos que resultan menos familiares, debemos poner mayor atención ayudándonos con claves de identificación que nos permitan determinarlos.

Los organismos pueden ser indistintamente pequeños en las estructuras de carácter taxonómico que deseamos observar, a pesar de ser retenidos en una malla o tamiz estándar (0,5 mm). En estos casos es importante el uso de un microscopio compuesto que permita examinar y resolver las estructuras más finas. En las formas más grandes, será suficiente un microscopio estereoscópico de campo amplio (APHA 1999).

Las determinaciones, adecuadamente realizadas de una muestra, pueden llevar mucho tiempo, incluso para un biólogo experimentado. Por ello, antes de usar cualquier clave, se debe estudiar cuidadosamente la muestra y buscar otros ejemplos de comparación.

Es importante saber dónde o bajo qué condiciones vivió el organismo antes de proceder con su determinación. Es algo así como su historia de vida, donde se pueda precisar su procedencia, profundidad en el que fue encontrado, características del sustrato que lo contiene, fauna acompañante asociada, descripción de color, forma o movimiento del organismo recién recolectado, entre otros.

Posteriormente, ya con el uso de claves de clasificación sistemática, la cual debe ser precisa, completa y que garantice el valor de todos los pasos subsiguientes en el proceso de análisis de muestra, se puede asignar dentro de un ordenamiento taxonómico a los organismos en estudio. También, puede suceder, que cuando alguna muestra no encaja en algún nivel taxonómico al aplicar algunas de las referencias proporcionadas en este documento (claves, listas, o estudios) de Annelida: FAUCHALD (1977), HARTMANN-SCHRÖDER (1960, 1962), TARAZONA (1974a, 1974b, 2003), Crustacea: CHIRICHIGNO (1970), MOSCOSO (2012), Mollusca: ÁLAMO y VALDIVIESO (1997), PAREDES *et al.* (2012, 2016), Echinodermata: PRIETO (2010), HOOKER *et al.* (2013) u otros Phyla, sea necesario consultar a un biólogo más especializado, si fuera el caso. Las formas y los tamaños pueden ser también de valiosa ayuda, sin embargo, debemos considerar que pueden encontrarse excepciones a la regla.

Finalmente, una valiosa consulta en este análisis taxonómico resulta ser el World Register of Marine Species (WoRMS) <http://www.marinespecies.org/>. Este repositorio público proporciona una lista completa y autorizada de nombres de organismos marinos validados, así como información de sinonimia. Su contenido es controlado por expertos taxónomos y temáticos, con responsabilidad en el contenido y calidad de información para cada grupo taxonómico presentado.

3.3 Preparación de la Matriz de datos biológicos

Toda la información de recolección y posterior identificación de las muestras es volcada en una matriz de datos biológicos previamente establecida. Como mínimo, la matriz debe contener la información contenida en la Tabla 3.

3.4 Procesamiento de la Matriz de datos biológicos

Estimación de Diversidad y Abundancia (solo para M-AMBI)

Con los datos de densidad total por especie en cada muestra, se pueden obtener cálculos derivados, uno de ellos es el índice de diversidad, el cual asume que los individuos son muestreados aleatoriamente de una comunidad infinitamente grande y que todas las especies

están representadas en las muestras. El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') es el más utilizado en estudios de comunidades y se estima empleando log en base 2.

Preparación de la matriz para estimar el M-AMBI

El trabajo consiste en determinar los especímenes y cuantificarlos (conteo del número de individuos) en cada una de las réplicas independientemente tomadas para cada punto de muestreo. De todos los grupos taxonómicos se excluyen los Nematoda y el bacteriobentos. La composición final de organismos constituye la matriz de datos biológicos, base para exportación de datos al programa AMBI.

3.5 Exportación a programa AMBI de uso libre

Instalación del programa AMBI

En la URL <http://ambi.azti.es/es/descarga-de-ambi/> se encuentra disponible el programa AMBI (BORJA *et al.* 2000) desarrollado por investigadores del AZTI, para su descarga en diferentes versiones (según el sistema operativo utilizado). En esta misma página también se debe descargar la librería con la última versión del listado actualizado de especies (Figura 3).

Tabla 3.- Metadata asociada a la serie de datos trabajada para la calibración y cálculo del índice Biótico Marino AZTI (AMBI) y AMBI Multivariado (M-AMBI), en la costa centro sur del Perú

Campo	Descripción
Año	Año de recolección
Mes	Mes de recolección
Fecha	Fecha (año-mes)
UTM X	Posición geográfica en UTM - Norte
UTM Y	Posición geográfica en UTM - Este
Lugar	Procedencia de la muestra analizada
Estación	Punto de muestreo (E=Estación; seguido del número asignado al punto de muestreo)
Prof. (m)	Profundidad de recolección de muestra
Equipo muestreador	Tipo de Equipo (<i>i. e.</i> , draga tipo van Veen)
Área de colecta del Equipo	Capacidad de mordida de la draga (0,05 – 0,075 m ²)
Tamiz (µm)	Malla de 500 µ (micras) utilizada en la retención de macrobentos
Réplica	A qué réplica corresponde la muestra
Taxón	Identificación taxonómica al nivel más bajo que se reporte
Den. Taxón	Número de individuos por el área de la draga utilizada
Peso Taxón	Peso de los individuos por el área de la draga utilizada
Tipología del Sedimento	Tipo de sustrato donde se recolectó la muestra, siguiendo el trabajo de Folk (1966).

Descarga de AMBI

Descárgate el software AMBI y/o sus librerías

Software AMBI disponible para WXP, W7 y W8



AMBI para sistemas Windows 64 Bits

Después de descargar el AMBI_v5.0_W8-X64.zip, utilice WinZip para extraer los archivos. A continuación lea el documento InstalGuide5-0.doc. Si utiliza este software, por favor referéncielo: *AMBI: AZTI MARINE BIOTIC INDEX (AZTI, www.azti.es).

Download AMBI for Windows 8 64bits
ambi_v5.0_W8X64.zip
Version: 5.0
0.0 B
1128 Downloads
[DETAILS](#)

Note: Lea las instrucciones del software en RIM19_3.pdf.

Download RIM19 3
RIM19_3.pdf
0.0 B
1222 Downloads
[DETAILS](#)

AMBI para sistemas Windows 32 Bits

Después de descargar el AMBI_v5.0_2012.zip, utilice WinZip para extraer los archivos. A continuación lea el documento InstalGuide5-0.doc. Si utiliza este software, por favor referéncielo: *AMBI: AZTI MARINE BIOTIC INDEX (AZTI, www.azti.es).

Download AMBI for Windows 7
ambi_v5.0_2012.zip
Version: 5.0
121.9 MB
2282 Downloads
[DETAILS](#)

AMBI para sistemas Windows XP

Después de descargar el AMBI_wxp.zip, utilice WinZip para extraer los archivos. A continuación lea el documento InstalGuide4-1.doc. Si utiliza este software, por favor referéncielo: *AMBI: AZTI MARINE BIOTIC INDEX (AZTI, www.azti.es).

Download AMBI for Windows XP
ambi_wxp.zip
0.0 B
708 Downloads
[DETAILS](#)

Note: Lea las instrucciones del software en Readme4-1.pdf.

Lista de registros AMBI*

Librerías AMBI para Windows

La última lista de taxa actualizado por científicos de AZTI - Junio 2017 , incluyendo 8.400 taxa (W8).

Download Library for Windows
library_2017.zip
101.2 MB
172 Downloads
[DETAILS](#)

Figura 3.- Vista de la página web de descarga del programa AMBI

AZTI-Tecnalia actualiza periódicamente el listado de especies por lo que es recomendable revisar las actualizaciones de la lista para instalarla. En la figura 4, se puede observar la versión del listado que está instalado y que utilizará el programa cuando se lo ejecute. Para actualizar el listado de especies, hay que descargar el archivo de la última versión disponible. Una vez descargado, hay que sustituir (reemplazar) el archivo del listado antiguo por el archivo del listado nuevo en la ubicación donde se encuentre.

3.6 Análisis índice AMBI

Una vez instalado y abierto el programa ya podemos importar los datos a analizar (Figura 5).

Tras pulsar el botón *Browse* tenemos que elegir la hoja del archivo donde se encuentren los datos.

Para comprobar si el formato para importar es correcto debemos pulsar en *Format* (Figura 6) de esta manera podemos comprobar si el número de muestras y/o réplicas es correcta.

Una vez importados los datos y comprobado el formato, pulsamos el botón *Run* (Figura 7).

Una vez iniciado el análisis, irán apareciendo las especies que no están incluidas en el listado de AZTI, ya sea porque está mal escrita, porque es un sinónimo, o porque aún no está incluida en el listado. Frente a esto podemos actuar de 3 formas diferentes (Figura 8).

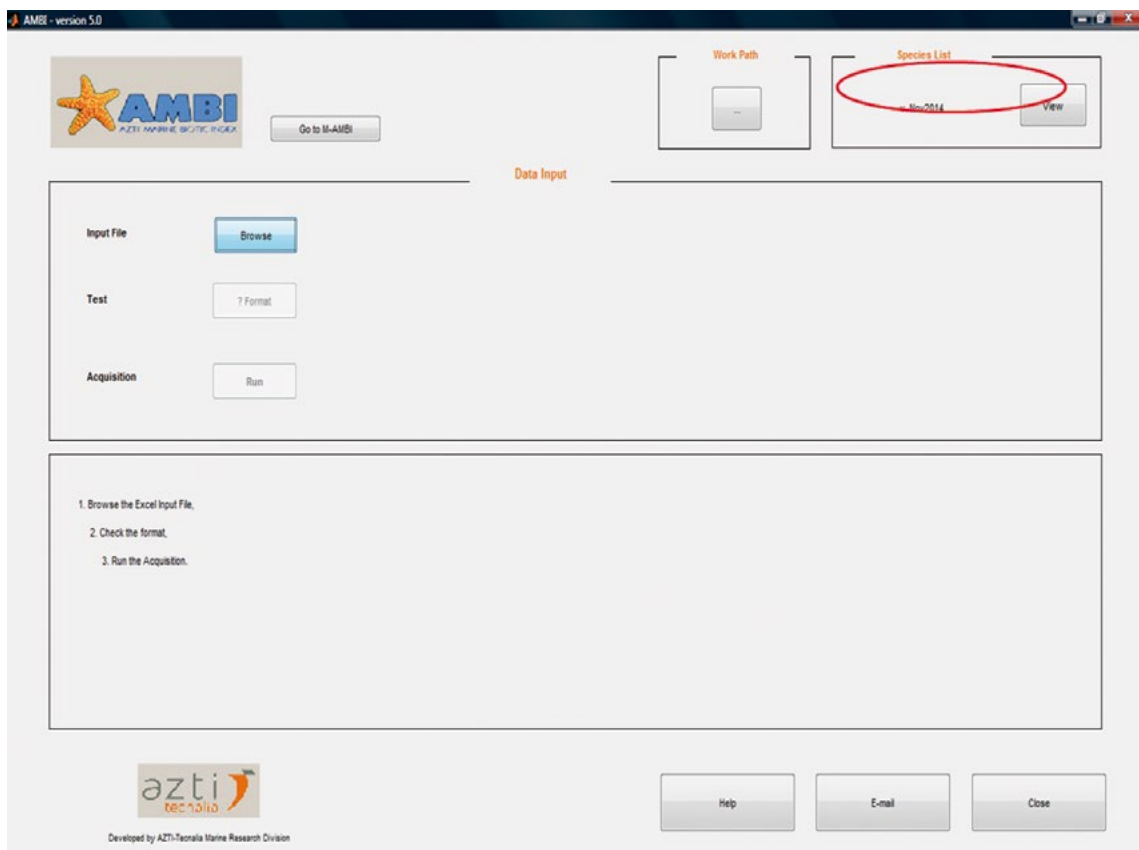


Figura 4.- La versión del listado de especies instalada se puede visualizar en la parte superior derecha del programa AMBI (círculo rojo)

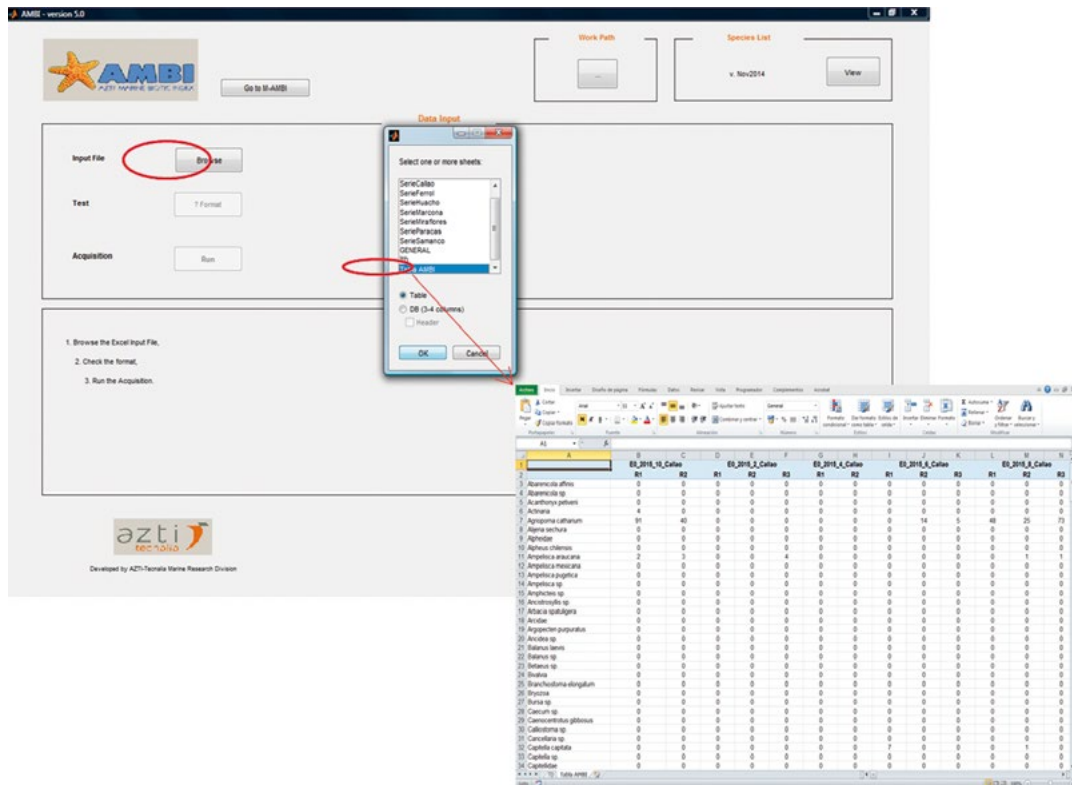


Figura 5.- Vista del programa para realizar la importación de datos, en formato EXCEL, al programa AMBI

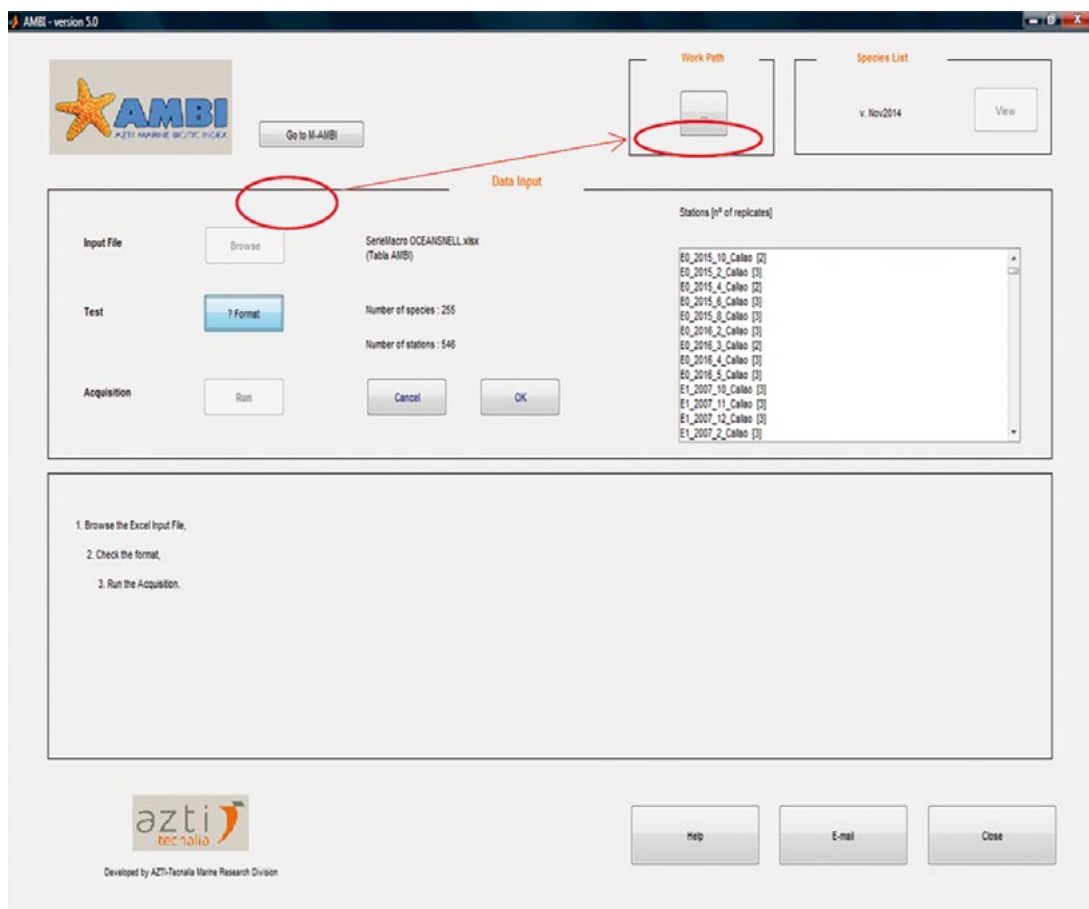


Figura 6.- Vista del paso de comprobación del formato de datos importado al programa AMBI

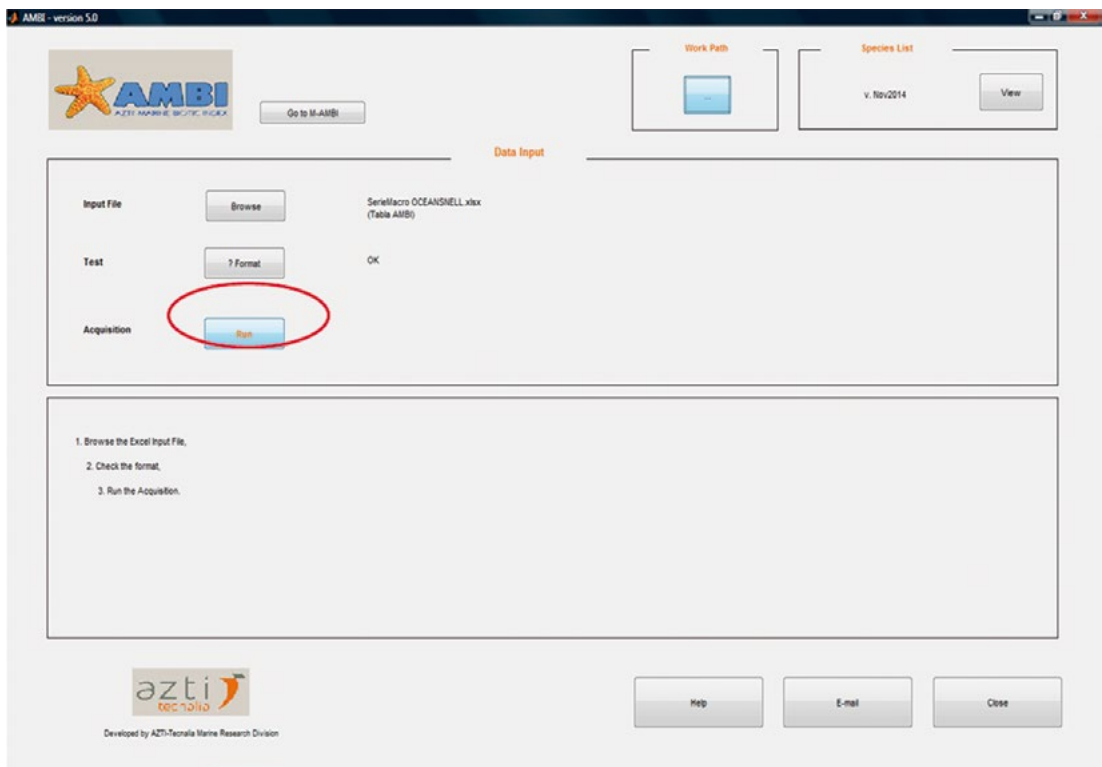


Figura 7.- Inicio análisis de las muestras con el programa AMBI

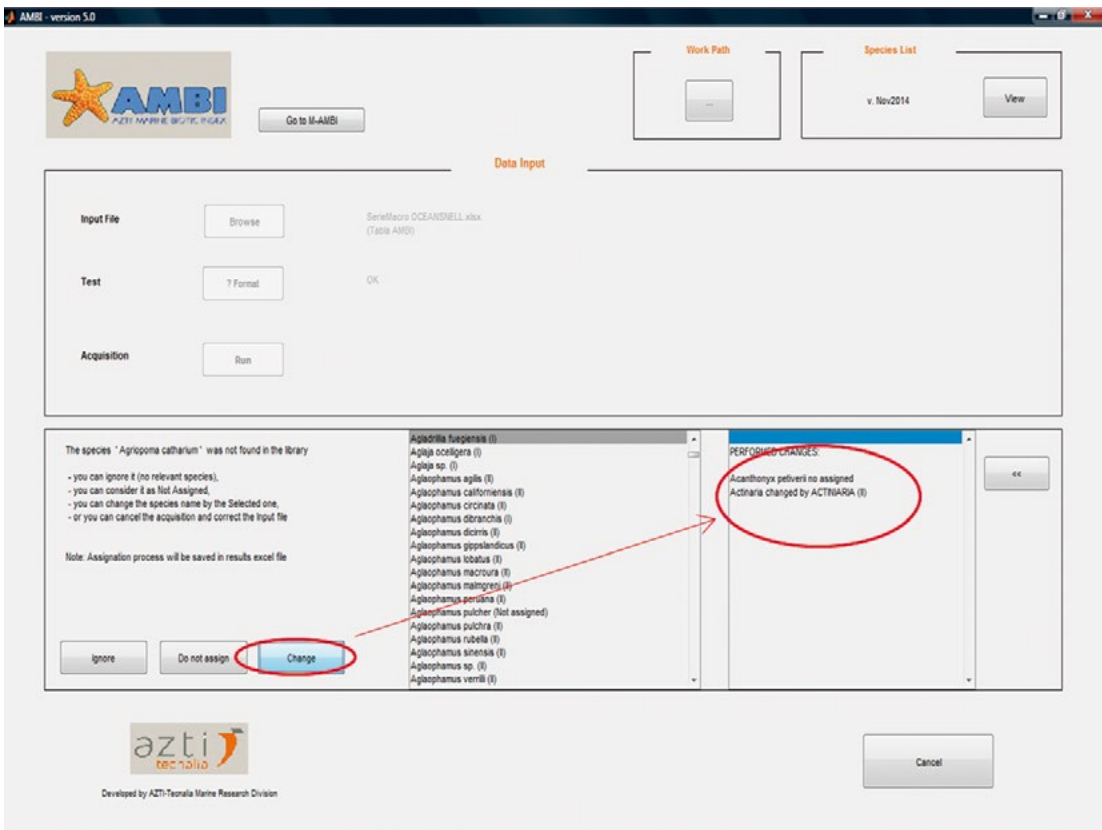


Figura 8.- Vista de la lista de cómo el programa procesa las especies no incluidas en el listado de AZTI (círculo rojo)

Pulsar en *Ignore*: Esto hará que la especie no se tenga en cuenta para el análisis.

Pulsar en *Do not assign*: Esto hará que la especie se tenga en cuenta, pero no se le asignará ningún grupo ecológico (*i. e.*, se incorpora al grupo de especies no asignadas).

Pulsar en *Change*: Eso hará que la especie se cambie por otro taxa. Si la especie está mal escrita o es un sinónimo se cambia por la correcta. Si no aparece en el listado se puede cambiar por taxones superiores presentes como género, familia, orden, etc.

Una vez realizados todos los cambios pulsamos en el botón *Validate* y seguidamente aparecerán los resultados.

Existe la posibilidad de que aparezca una señal de alerta que indicará lo siguiente:

- % No Asignados > 20%.
- Nº de especies en la muestra < 3.
- Nº individuos en la muestra < 6.

Cuando esto ocurre hay que evaluar los resultados con precaución ya que son tres de las condiciones especificadas para la aplicabilidad del índice. Cuando se da una o varias de estas condiciones se considera que las muestras no son lo suficientemente robustas como para que los resultados sean concluyentes (Figura 9).

Los resultados obtenidos pueden exportarse tanto en formato de gráfica o como en formato Excel. De la ventana general de resultados, se puede elegir una estación (resaltado en azul en la gráfica abajo) y ver los resultados específicos para esa estación (Figuras 10 al 13).

3.7 Análisis y ejecución del índice M-AMBI

Para poder aplicar el M-AMBI en una región donde no se ha usado antes, hay que calibrarlo. Como se ha explicado en el Capítulo I, la calibración implica establecer valores de referencia para los parámetros de AMBI, diversidad y riqueza específica, que reflejen el espectro de condiciones de los sitios de calibración. Estos valores se han determinado con

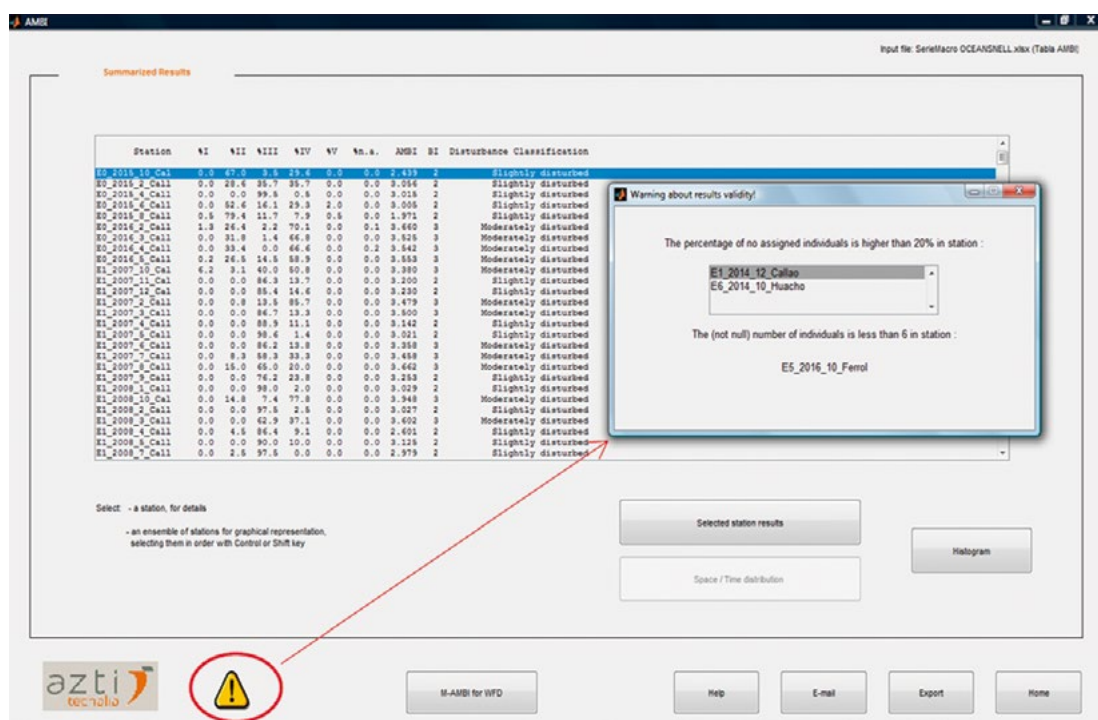


Figura 9.- Vista del símbolo de alerta que informa sobre las condiciones de la aplicabilidad del índice AMBI

los valores máximos y mínimos de cada uno de los parámetros según el estrato de profundidad (rango batimétrico) al que pertenecen la/las muestra/s. Los valores de referencia para el M-AMBI en Perú, se presentan en el Capítulo I.

Una vez obtenidos los resultados del índice AMBI podemos calcular los resultados del índice M-AMBI de 2 maneras (Figuras 14, 15):

- Inmediatamente después de haber calculado el AMBI, pulsando en el botón *M-AMBI to WFD*.
- Pulsando el botón *Go to M-AMBI* y cargando el Excel de resultados exportados de análisis anteriores.

Una vez importados los datos hay que introducir los valores de referencia establecidos (Figura 16) y pulsar el botón *Run*.

En la ventana de resultados existe la posibilidad de cambiar los límites de clasificación, aunque los más aceptados son los que aparecen por defecto (Figuras 17, 18). Similar al análisis para estimar el AMBI, los resultados pueden exportarse en formato gráfico y a una hoja de cálculo EXCEL.

Límites de referencia del M-AMBI para la clasificación de las muestras.

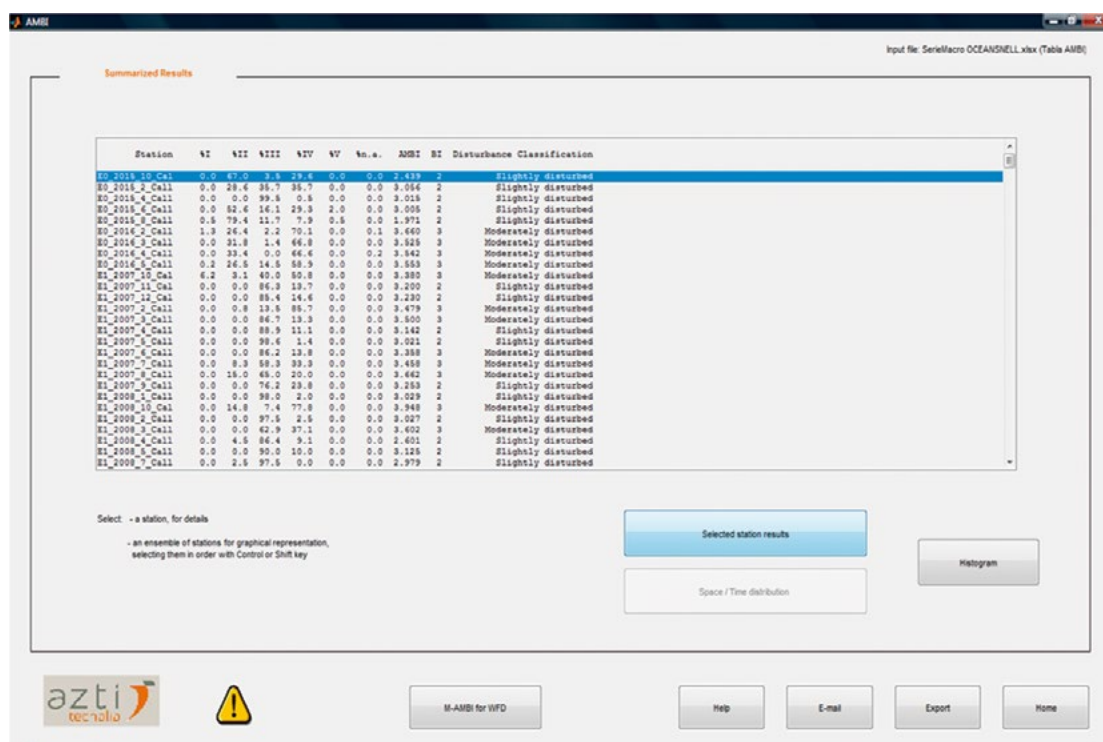


Figura 10.- Vista de los resultados de la corrida, presentando los estimados del índice AMBI por cada estación evaluada



Figura 11.- Vista del resultado obtenido de una de las muestras analizadas. Por cada estación, se puede explorar distinta información que facilita el programa, incluyendo estimados por cada réplica colectada

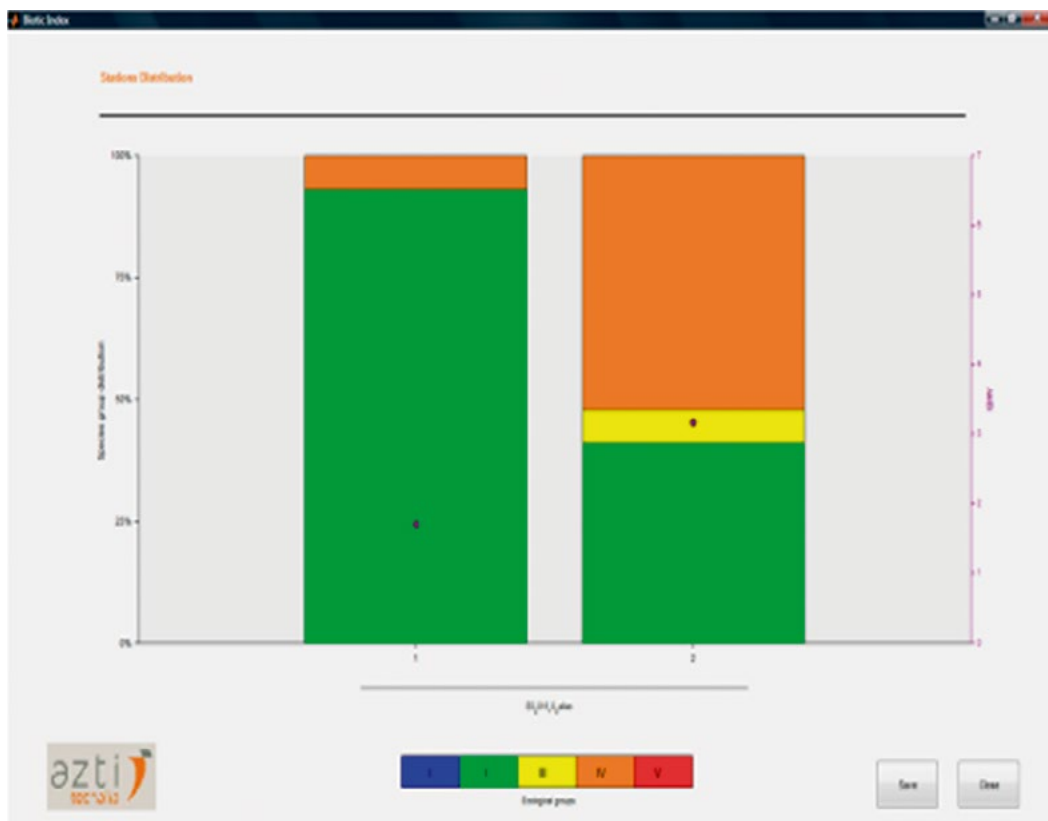


Figura 12.- La presentación del resultado como un histograma, por cada réplica también puede ser exportado del programa AMBI

Stations	Replicates	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	VI(%)	VII(%)	VIII(%)	IX(%)	X(%)	XI(%)	XII(%)	Mean AMBI	BI from Mean	Standard deviation	Disturbance Classification
E0_2015_10_Callao	R1	0	66,667	0	33,333	0	79,1	2,5									
E0_2015_10_Callao	R2	0	9,333	10,667	80	0	34,8	4,06	3,28	2	1,103						Slightly disturbed
E0_2015_2_Callao	R1	0	0	100	0	0	0	3									
E0_2015_2_Callao	R2	0	0	100	0	0	0	3									
E0_2015_2_Callao	R3	0	44,444	0	55,556	0	0	3,167	3,056	2	0,096						Slightly disturbed
E0_2015_4_Callao	R1	0	0	99,671	0,329	0	0	3,005									
E0_2015_4_Callao	R2	0	0	98,387	1,613	0	0	3,024	3,015	2	0,014						Slightly disturbed
E0_2015_6_Callao	R1	0	37,037	0	37,037	25,926	0	3,778									
E0_2015_6_Callao	R2	0	53,543	11,811	34,646	0	9,9	2,717									
E0_2015_6_Callao	R3	0	49,143	23,429	27,429	0	2,8	2,674	3,056	2	0,625						Slightly disturbed
E0_2015_8_Callao	R1	0	51,613	25,806	22,581	0	60,8	2,565									
E0_2015_8_Callao	R2	4,167	16,667	58,333	16,667	4,167	51	3									
E0_2015_8_Callao	R3	0	30,769	23,077	46,154	0	84,9	3,231	2,932	2	0,338						Slightly disturbed
E0_2016_2_Callao	R1	0,358	18,638	0	81,004	0	3,8	3,925									
E0_2016_2_Callao	R2	2,041	8,163	0,612	89,184	0	17,4	4,154									
E0_2016_2_Callao	R3	1,895	5,263	6,316	86,526	0	26,9	4,162	4,08	3	0,135						Moderately disturbed
E0_2016_3_Callao	R1	0	7,368	0	92,632	0	33,1	4,279									
E0_2016_3_Callao	R2	0	0,943	3,774	95,283	0	24,8	4,415	4,347	4	0,096						Moderately disturbed
E0_2016_4_Callao	R1	0	15,02	0	84,98	0	30,5	4,049									
E0_2016_4_Callao	R2	0	2,041	0	97,959	0	35,5	4,439									
E0_2016_4_Callao	R3	0	3,681	0	96,319	0	15,1	4,39	4,293	3	0,212						Moderately disturbed
E0_2016_5_Callao	R1	0	7,692	6,667	85,641	0	27,1	4,169									
E0_2016_5_Callao	R2	0,37	10,556	30,926	58,148	0	23,8	3,703									
E0_2016_5_Callao	R3	0,244	6,357	11,736	81,663	0	3,3	4,122	3,998	3	0,257						Moderately disturbed
E1_2007_10_Callao	R1	0	0	63,636	36,364	0	26,7	3,545									
E1_2007_10_Callao	R2	0	0	56,25	43,75	0	0	3,656									
E1_2007_10_Callao	R3	0	5,882	29,412	64,706	0	0	3,882	3,695	3	0,172						Moderately disturbed
E1_2007_11_Callao	R1	0	0	91,176	8,824	0	0	3,132									
E1_2007_11_Callao	R2	0	0	86,525	13,475	0	0	3,202									
E1_2007_11_Callao	R3	0	0	82,353	17,647	0	0	3,265	3,2	2	0,066						Slightly disturbed
E1_2007_12_Callao	R1	0	0	83,594	16,406	0	0	3,246									

Stations	Stations	Año	Mes	Localizac	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	VI(%)	VII(%)	VIII(%)	IX(%)	X(%)	XI(%)	XII(%)	Mean AM	BI from M	Disturbance Cl	Richness	Diversity	Not assign	I (%)	
E0_2015_10_Callao	E0	2015	10	Callao	0	23,2	8,1	68,7	0	3,28	2	Slightly disturbed	12	1,93	57									
E0_2015_2_Callao	E0	2015	2	Callao	0	28,6	35,7	35,7	0	3,056	2	Slightly disturbed	3	1,58	0									
E0_2015_4_Callao	E0	2015	4	Callao	0	0	99,5	0,5	0	3,015	2	Slightly disturbed	3	0,05	0									
E0_2015_6_Callao	E0	2015	6	Callao	0	49,8	17	31	2,1	3,056	2	Slightly disturbed	12	2,39	5,5									
E0_2015_8_Callao	E0	2015	8	Callao	1,5	35,3	36,8	25	1,5	2,932	2	Slightly disturbed	13	1,87	68,2									
E0_2016_2_Callao	E0	2016	2	Callao	1,6	9,4	2,7	86,3	0	4,08	3	Moderately disturb	19	1,92	18,9									
E0_2016_3_Callao	E0	2016	3	Callao	0	4	2	94	0	4,347	4	Moderately disturb	10	1,63	29									
E0_2016_4_Callao	E0	2016	4	Callao	0	9,7	0	90,3	0	4,293	3	Moderately disturb	13	2,04	26,4									
E0_2016_5_Callao	E0	2016	5	Callao	0,2	8,4	18	73,3	0	3,998	3	Moderately disturb	17	2,47	19,7									
E1_2007_10_Callao	E1	2007	10	Callao	0	3,3	42,6	54,1	0	3,695	3	Moderately disturb	5	1,53	6,2									
E1_2007_11_Callao	E1	2007	11	Callao	0	0	86,3	13,7	0	3,2	2	Slightly disturbed	2	0,58	0									
E1_2007_12_Callao	E1	2007	12	Callao	0	0	85,4	14,6	0	3,23	2	Slightly disturbed	3	0,62	0									
E1_2007_2_Callao	E1	2007	2	Callao	0	0,8	13,5	85,7	0	3,479	3	Moderately disturb	3	0,63	0									
E1_2007_3_Callao	E1	2007	3	Callao	0	0	86,7	13,3	0	3,5	3	Moderately disturb	2	0,57	0									
E1_2007_4_Callao	E1	2007	4	Callao	0	0	88,9	11,1	0	3,142	2	Slightly disturbed	2	0,5	0									
E1_2007_5_Callao	E1	2007	5	Callao	0	0	98,6	1,4	0	3,021	2	Slightly disturbed	3	0,11	0									
E1_2007_6_Callao	E1	2007	6	Callao	0	0	86,2	13,8	0	3,358	3	Moderately disturb	2	0,58	0									
E1_2007_7_Callao	E1	2007	7	Callao	0	8,3	58,3	33,3	0	3,458	3	Moderately disturb	3	1,28	0									
E1_2007_8_Callao	E1	2007	8	Callao	0	15	65	20	0	3,662	3	Moderately disturb	3	1,28	0									
E1_2007_9_Callao	E1	2007	9	Callao	0	0	76,2	23,8	0	3,253	2	Slightly disturbed	3	0,96	0									
E1_2008_1_Callao	E1	2008	1	Callao	0	0	98	2	0	3,029	2	Slightly disturbed	2	0,14	0									
E1_2008_10_Callao	E1	2008	10	Callao	0	14,8	7,4	77,8	0	3,948	3	Moderately disturb	4	1,09	0									
E1_2008_2_Callao	E1	2008	2	Callao	0	0	97,5	2,5	0	3,027	2	Slightly disturbed	2	0,17	0									
E1_2008_3_Callao	E1	2008	3	Callao	0	0	62,9	37,1	0	3,602	3	Moderately disturb	3	1,1	0									
E1_2008_4_Callao	E1	2008	4	Callao	0	4,5	86,4	9,1	0	2,601	2	Slightly disturbed	3	0,7	0									
E1_2008_5_Callao	E1	2008	5	Callao	0	0	90	10	0	3,125	2	Slightly disturbed	2	0,47	0									
E1_2008_7_Callao	E1	2008	7	Callao	0	2,5	97,5	0	0	2,979	2	Slightly disturbed	2	0,17	0									
E1_2008_8_Callao	E1	2008	8	Callao	25	25	35	10	5	2,076	2	Slightly disturbed	8	2,67	0									
E1_2008_9_Callao	E1	2008	9	Callao	0	5,7	80,1	14,2	0	3,223	2	Slightly disturbed	4	0,96	0									
E1_2009_3_Callao	E1	2009	3	Callao	0	42,9	57,1	0	0	2,55	2	Slightly disturbed	3	1,38	0									
E1_2009_4_Callao	E1	2009	4	Callao	0	0,4	99,1	0,4	0	3	2	Slightly disturbed	3	0,08	0									
E1_2009_7_Callao	E1	2009	7	Callao	0	8,3	91,7	0	0	2,846	2	Slightly disturbed	4	0,74	0									
E1_2009_8_Callao	E1	2009	8	Callao	0	12,7	58,7	28,6	0	3,33	3	Moderately disturb	6	1,57	0									
E1_2010_1_Callao	E1	2010	1	Callao	0	7,3	3,3	89,5	0	4,224	3	Moderately disturb	12	0,9	0									
E1_2010_4_Callao	E1	2010	4	Callao	1,6	6,2	5,5	86,7	0	4,162	3	Moderately disturb	8	1,16	0									

Figura 13.- Los resultados pueden exportarse por réplica (arriba) y por estación (abajo) a una de hoja de cálculo Excel

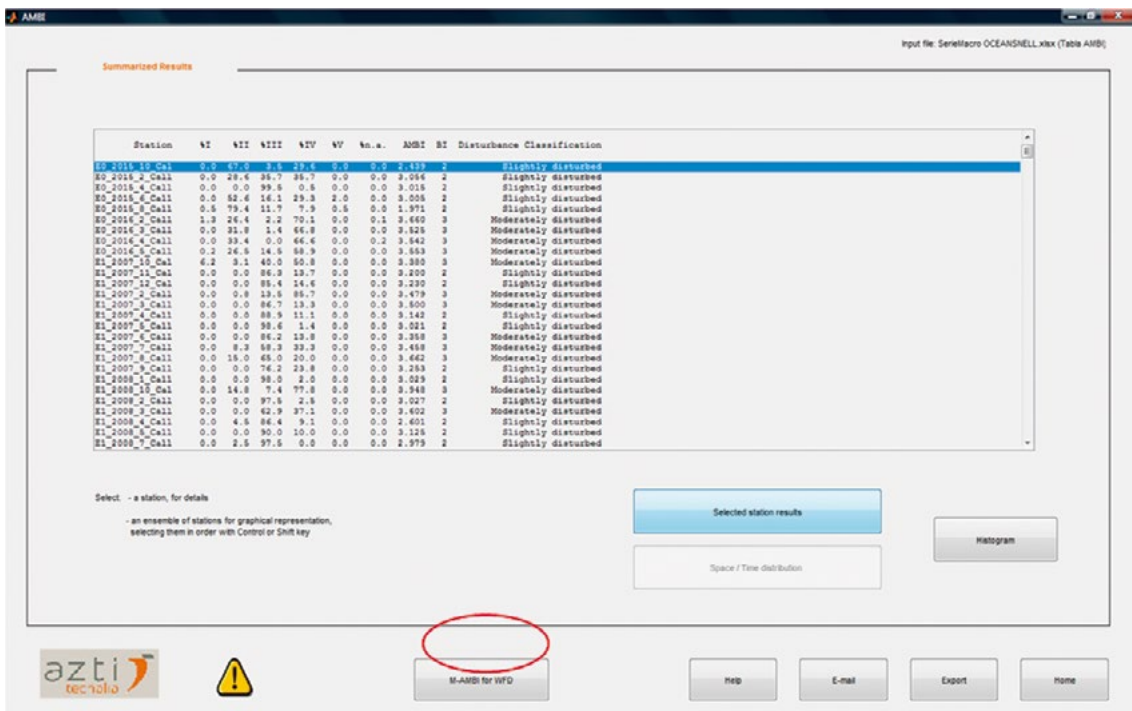


Figura 14.- Vista de cómo iniciar el análisis para estimar el M-AMBI

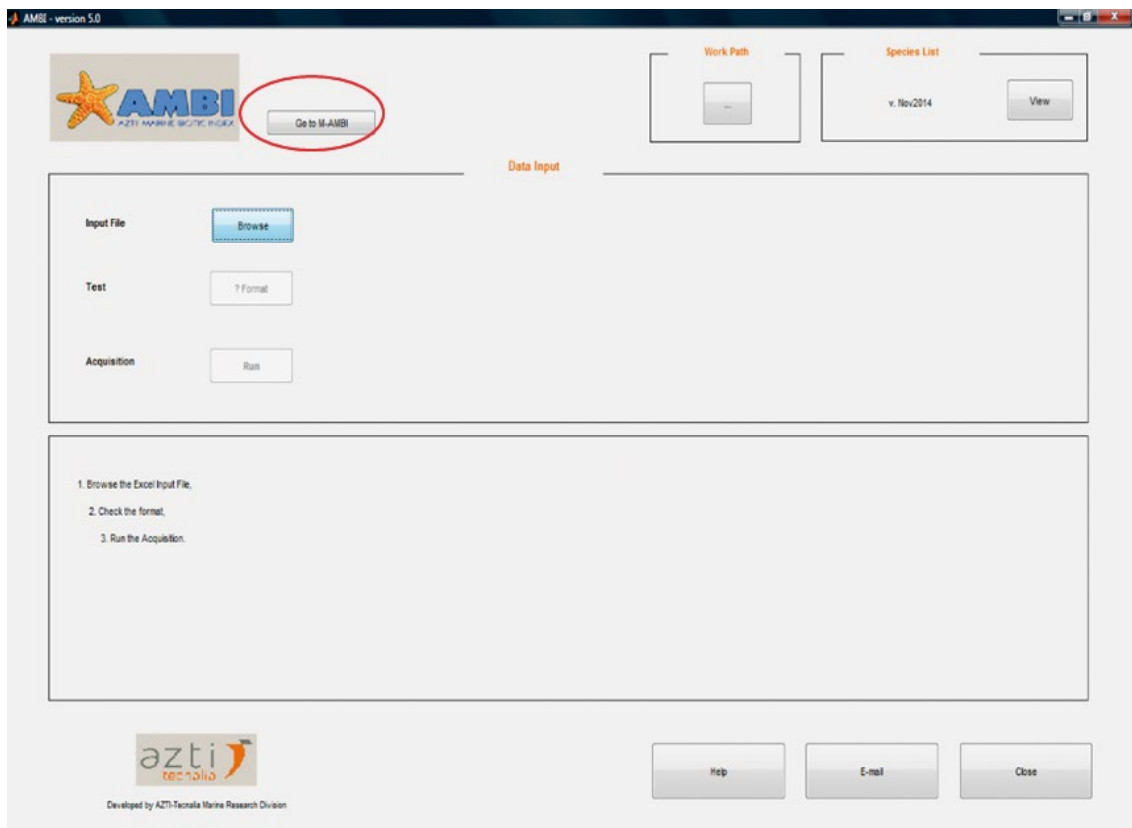


Figura 15.- Vista de la segunda opción para dar inicio al análisis de estimación del M-AMBI

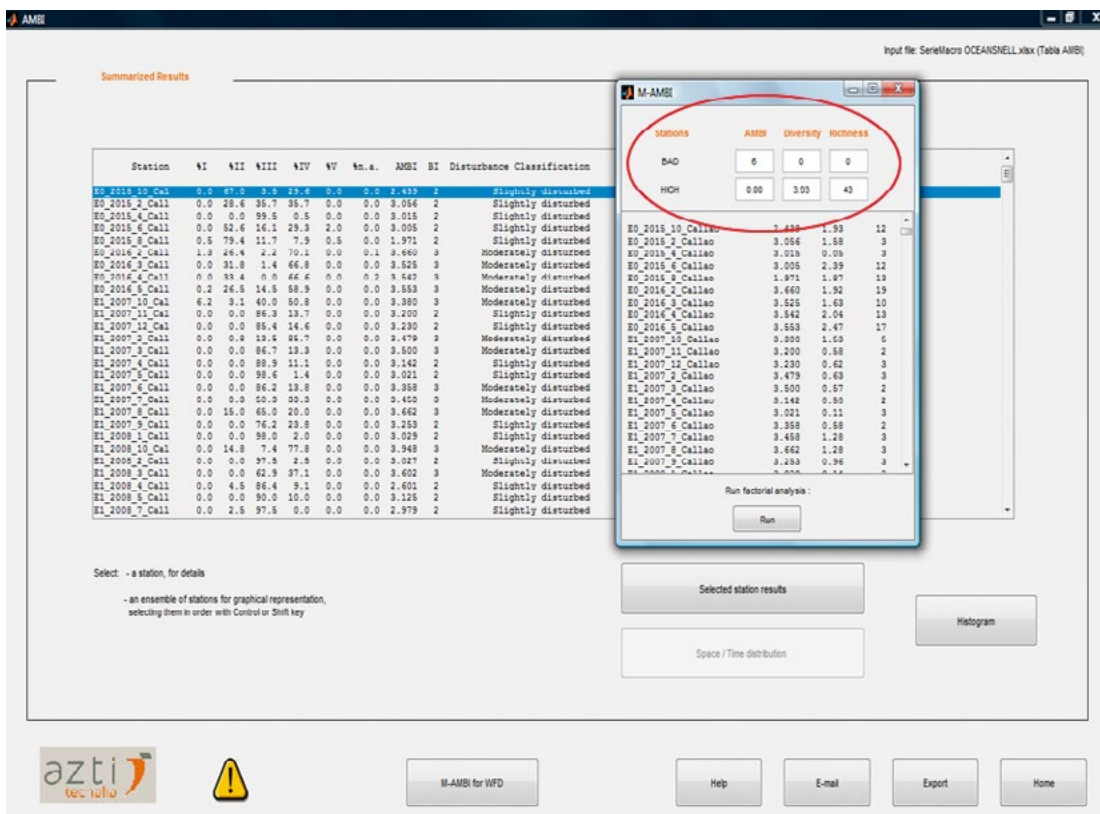


Figura 16.- Cómo introducir los valores de referencia para aplicar el M-AMBI

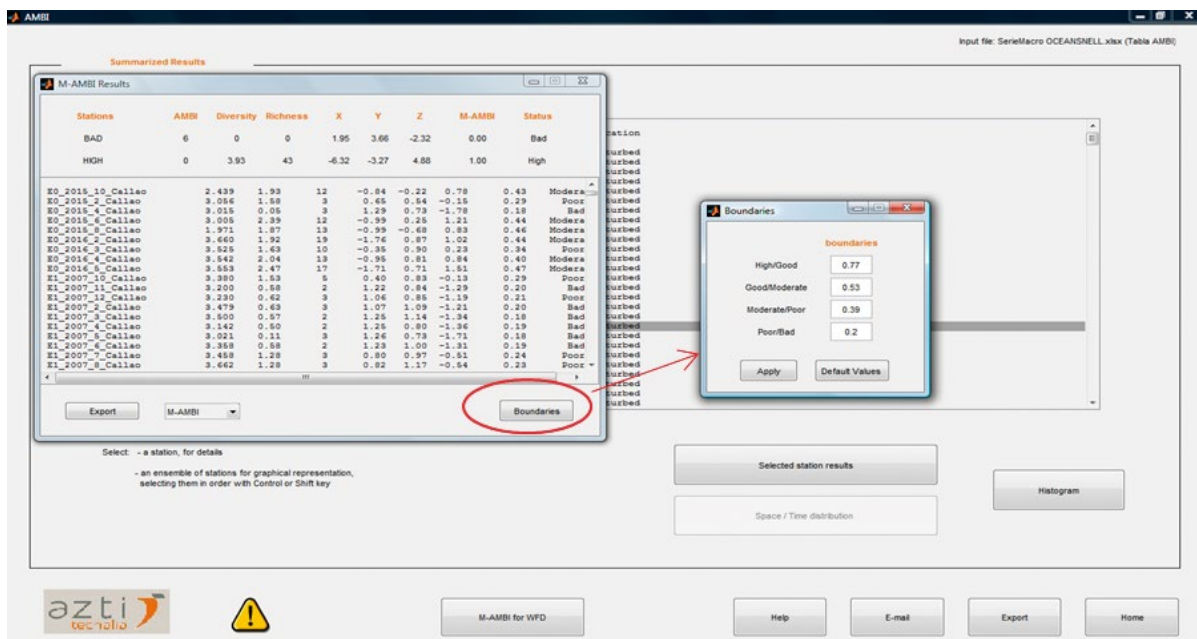


Figura 17.- Vista de los resultados y opciones de exportación de éstos en distintos formatos

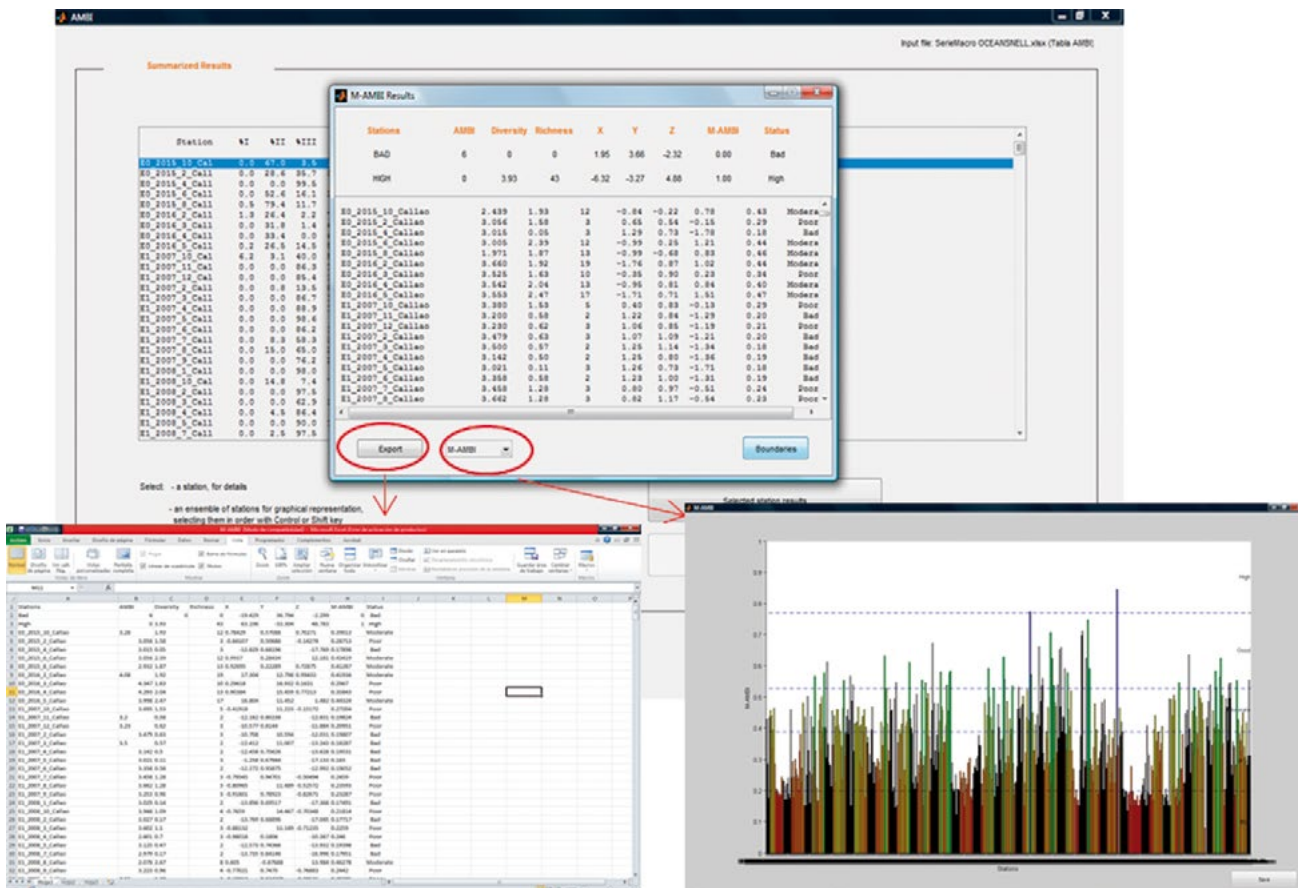


Figura 18.- Vista de resultados y opciones de exportación de éstos en distintos formatos

RESUMEN

- La toma de muestras, procesamiento e identificación de especímenes al menor nivel taxonómico es importante para la estimación del AMBI y M-AMBI.
- Una buena identificación taxonómica y conocimiento de la especie permite refinar la lista de especies que AZTI-Tecnalia mantiene.
- Para estimar diversidad y abundancia en varios muestreos es importante que la metodología usada haya sido la misma.
- Durante la estimación del AMBI, la señal de alerta del proceso de validación debe ser considerado pues indica la robustez de los resultados obtenidos.
- Durante la estimación del M-AMBI, hay que ingresar los valores de referencia para Perú, exclusivos para la costa central y sur.
- Los resultados del AMBI y M-AMBI obtenidos por el programa pueden ser exportados en varios formatos que facilitan análisis posteriores.

CAPÍTULO IV

INTERPRETANDO Y PRESENTANDO LOS RESULTADOS

4.1 Interpretando los resultados

Los resultados obtenidos tras la aplicación del AMBI y M-AMBI, hay que verlos de forma integral y tener en cuenta otros análisis físico y químicos que se hayan podido realizar en los puntos de muestreo para tener una visión global y poder interpretar mejor lo que está pasando en el bentos.

Hay que tener en cuenta que el AMBI tiene unas condiciones de aplicabilidad bastante claras. En el caso que se den una serie de condicionantes los resultados obtenidos habrá que tomarlos con precaución. Hay que destacar que las condiciones de aplicabilidad del AMBI son las siguientes:

- Índice aplicable solo para sustratos blandos.
- En el caso de que el porcentaje de especies No Asignadas sea >20%, los resultados se evaluarán con precaución. Si es >50% los resultados obtenidos no son válidos.
- El número de especies en las muestras debe ser >3, en caso contrario los resultados se evaluarán con precaución.

- El número de individuos en la muestra debe ser >6, en caso contrario los resultados se evaluarán con precaución.

4.2 Sugerencias para presentar los resultados

Dependiendo de los objetivos del estudio, distribución espacial de los puntos de muestreo, así como la frecuencia y escala temporal de los muestreos, los resultados obtenidos pueden ser representados de distintas formas. A continuación, se presentan algunas alternativas gráficas sugeridas para comunicar los resultados del AMBI y M-AMBI (**comentar que las gráficas presentan valores hipotéticos no reales, y solo sirven para mostrar una posible representación gráfica**):

- **Representación del AMBI/M-AMBI por punto de muestreo:** representación del valor del AMBI/M-AMBI (designado con un punto, el valor se lee en el eje horizontal secundario), así como el porcentaje (% , eje Y) de los grupos ecológicos integrantes de las diferentes réplicas (en la figura se muestran dos réplicas – eje X- y los grupos ecológicos con colores) tomadas en un mismo punto de muestreo. Este tipo de gráficas se pueden obtener directamente del software AMBI o se pueden exportar los datos para utilizarlos en otro software de generación de gráficas (Excel, Minitab, etc.).

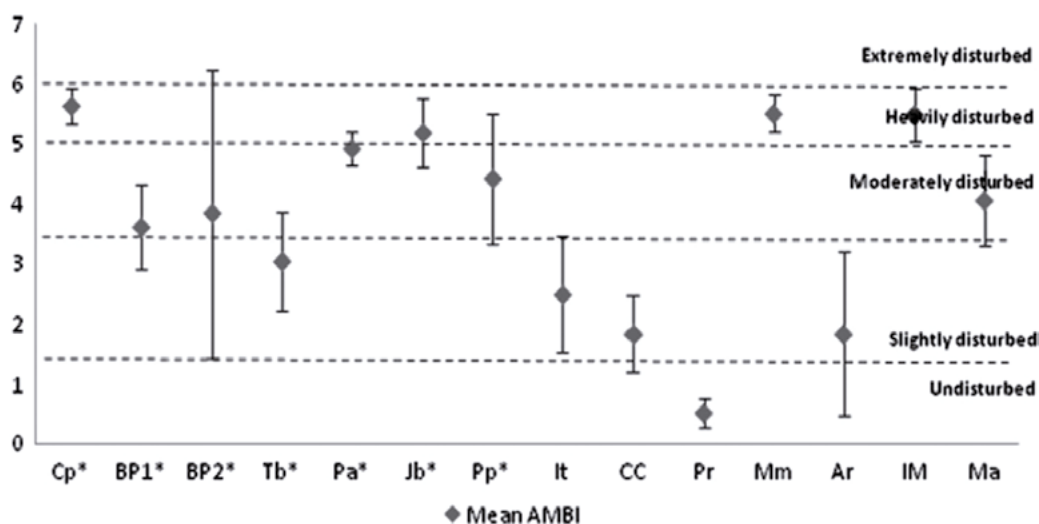


Representación del AMBI/M - AMBI

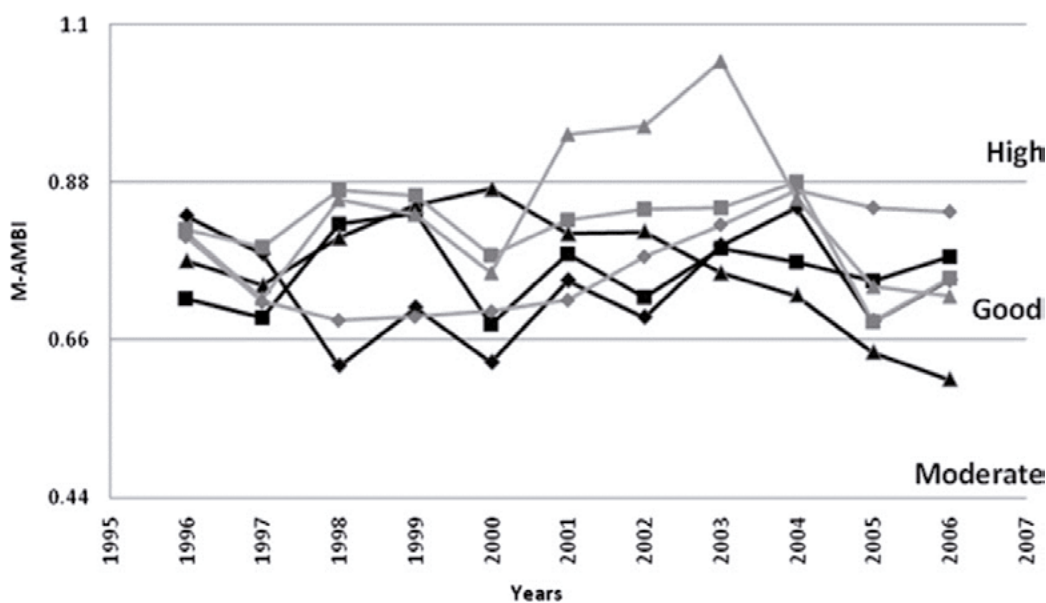
- **Representación del AMBI y/o M-AMBI y estado ecológico por sitio punto de muestreo:** representación de la variabilidad del AMBI/M-AMBI (valor del 1 al 7, en eje Y) y estado ecológico global (*i. e., Undisturbed >> Extremely disturbed*) de las diferentes zonas estudiadas (eje X, gráficas tipo Boxplot) en una época del año determinada (*e. g., VALENÇA y SANTOS 2012*).
- **Representación temporal del AMBI/M-AMBI:** representación de la tendencia del AMBI/M-AMBI (valores en eje Y) de las

diferentes zonas estudiadas (cada línea representa una zona) a lo largo del tiempo (en años, eje X), indicando clasificación obtenida que varía entre Moderada y Alta calidad (*e. g., PAGANELLI et al. 2011*).

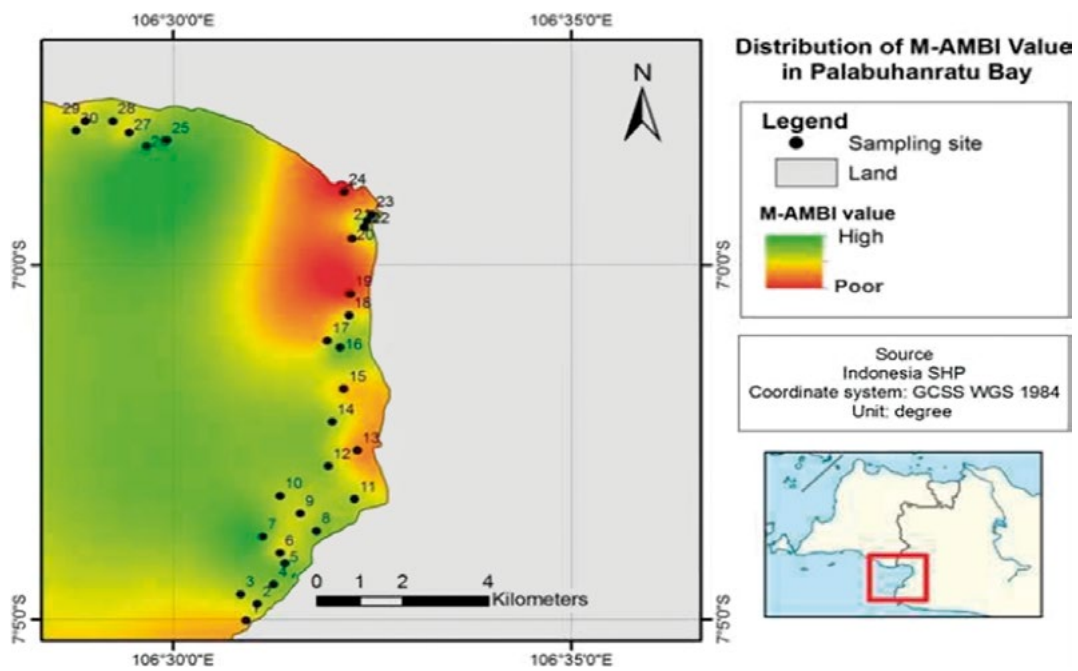
- **Representación espacial y/o espacio-temporal del AMBI/M-AMBI:** visualización de los estimados con vista cenital en una zona de estudio, en una época determinada o en un periodo determinado. Generalmente se emplea el programa GIS para la georreferenciación de las estaciones de muestreo (*e. g., WARDIATNO et al. 2017*).



Representación del AMBI y/o M-AMBI



Representación temporal del AMBI/M-AMBI



Representación espacial y/o espacio-temporal del AMBI/M-AMBI

CAPÍTULO V

Consideraciones finales

La idea central de emplear el AMBI y especialmente el M-AMBI es poder complementar el análisis y diagnóstico ambiental aplicado a áreas marino costeras. Sin embargo, es posible que sea frecuente que tras la aplicación de estas herramientas el investigador busque coherencia de resultados y respuestas entre diferentes métricas. Por ejemplo, si estimamos en un momento dado la calidad ambiental de un área marina en función a la concentración de metales pesados en agua y sedimento es muy posible que dichos resultados no ofrezcan coincidencias con aquellos obtenidos en un AMBI o M-AMBI. En este tipo de casos, es necesario ponderar en la interpretación que la concentración de metales pesados no limita necesariamente (al menos de inmediato) el asentamiento y desarrollo de las comunidades bentónicas, por lo tanto, los cambios en su composición y estructura no obedecerán necesariamente a la influencia de un índice basado exclusivamente en metales pesados en el sedimento o en el agua suprayacente.

Otros casos similares pueden proceder de evaluaciones sobre la calidad ambiental de un área basada o enfocada con criterios acuícolas. Por ejemplo, si el criterio empleado para evaluar un área obedece a la calidad fisicoquímica del agua de mar, al flujo óptimo de corrientes (*i.e.*, un área con buena y permanente ventilación), a la ausencia o presencia ínfima de microbiota patógena (*e. g.*, *Escherichia coli*), etc., esto no significa que la fauna bentónica local exhiba el mismo diagnóstico, porque esta comunidad depende del tipo de sedimento, de la disponibilidad de alimento o está regulada por otros aspectos de adaptabilidad. No obstante, algunas clasificaciones que rigen actualmente (ANA 2016) podrían verse reforzadas significativamente con el empleo del M-AMBI, y constituirían una oportunidad para contrastar y ponderar diferentes criterios para evaluar la calidad ambiental de una misma área marina.

Como se ha sugerido repetidamente en esta Guía, para mejores resultados es mejor emplear el M-AMBI, para cuya rutina los investigadores siempre contarán con datos de abundancia y diversidad de especies. En tal sentido, es

sumamente importante homogeneizar el tamaño de la muestra empleada, no solo con fines comparativos, sino con el objetivo de corroborar o confirmar anteriores análisis realizados en un área.

Esta guía no debe usarse como estándar obligatorio porque existe una incertidumbre significativa asociada con la derivación y la aplicación de los indicadores de salud de los ecosistemas marinos costeros. Por ejemplo, los datos sobre la sensibilidad, los efectos biológicos, los grupos ecológicos no están disponibles para todas las especies locales; existe incertidumbre sobre el comportamiento de los contaminantes en el campo. El usuario debe ser consciente de esta incertidumbre al determinar si un valor ambiental ha sido respaldado o no. Sin embargo, las guías deben proporcionar un marco de valores de activación para reconocer cambios, gestionar y proteger la salud de los ecosistemas marinos costeros para toda la gama de valores ambientales existentes a escalas locales y / o regionales.

Este indicador no establece nexo causal entre fuentes de contaminantes y condición del medio acuático. Para establecer una causalidad deberá complementarse con estudios y acciones adicionales.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento al Dr. Ángel Borja, líder del grupo de investigadores del AZTI, quien nos permitió aplicar libremente el programa AMBI; al grupo que formó parte del Convenio de Cooperación entre el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y la Empresa Perú LNG (PLNG) con la que, en el marco del presente convenio, se elaboró esta guía, incluyendo a MSc. Carolina Casaretto (PLNG) e Ing. Pablo Taborga (PLNG), quienes participaron de las actividades al inicio del Convenio. Finalmente, a los proyectos Estudio integrado de la dinámica de procesos Físicos y Biogeoquímicos en Ecosistemas de Borde Costero y El estudio integrado del afloramiento costero frente a Perú, ambos de la Dirección General de Investigaciones en Oceanografía y Cambio Climático, cuyos conformantes contribuyeron significativamente en la generación de datos que fueron procesados en el contexto de la calibración en la presente Guía.

2. REFERENCIAS

- ÁLAMO V, VALDIVIESO V. 1997. Lista Sistemática de Moluscos Marinos del Perú. Inst. Mar Perú, Boletín Volumen Extraordinario. 205 pp.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 1999. Standard methods for examination of water and wastewater. 20th ed. Washington: Amer. Pub. Heal. Asoc. p. 2671
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (ANA). 2016. Clasificación del cuerpo de Agua marino – costero. Resolución de Jefatura N° 030-2016-ANA.
- BARNARD J L, KARAMAN G S. 1991. The Families and Genera of Marine Gammaridean Amphipoda (Except Marine Gammaroids) Records of the Australian Museum. 13(1 y 2): 1-866. <http://doi.org/10.3853/j.0812-7387.13.1991.91>
- BORJA A, FRANCO J, PÉREZ V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. Mar Poll Bull. 40(12): 1100-14.
- BORJA A, FRANCO J, VALENCIA V, BALD J, MUXIKA I, BELZUNCE M J, SOLAUN O. 2004. Implementation of the European water framework directive from the Basque country (northern Spain): a methodological approach. Mar Poll Bull. 48(3-4): 209-18.
- BORJA A, MARÍN S L, MUXIKA I, PINO L, RODRÍGUEZ J G. 2015. Is there a possibility of ranking benthic quality assessment indices to select the most responsive to different human pressures? Mar Poll Bull. 97(1-2): 85-94.
- GRALL J, GLÉMAREC M. 1997. Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the Bay of Brest. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 44: 43-53.
- CHIRICHIGNO N. 1970. Lista de crustáceos del Perú (Decapoda y Stomatopoda). Inf Inst Mar Perú. N° 35.
- FAUCHALD K. 1977. The Polychaete Worms. Definitions and Keys to Orders, Families and Genera. Los Angeles County Mus. Natur. Hist. Sci. Ser. 28: 1-190.
- FOLK R L. 1966. A review of grain size parameters. Sedimentology. Vol. 6: 73-93.
- HARTMANN-SCHRÖDER G. 1960. Zur Polychaeten-Fauna von Peru. Beiträge zur neotropischen Fauna. 2(1): 1-44.
- HARTMANN-SCHRÖDER G. 1962. Zweiter Beitrag zur Polychaetenfauna von Peru. Kieler Meeresforschungen. 18: 109-147.
- HOOKE Y, PRIETO-RÍOS E, SOLÍS-MARÍN F A. 2013. Echinoderms of Peru. En: J. J. Alvarado & F. A. Solís-Marín (eds.). Echinoderm Research and Diversity in Latin America.
- JIMÉNEZ A, MARQUINA R, QUIPÚZCOA L. 2018. Anfípodos bentónicos (Amphilocheida y Senticaudata) en el centro norte de la plataforma continental del Perú. Revista peruana de biología. 25(4): 371 – 406.
- MOSCO V. 2012. Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. Bol Inst Mar Perú. 27: 1-2.
- MUXIKA I, BORJA A, BALD J. 2007. Using historical data, expert judgment and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. Mar Poll Bull. 55(1-6): 16-29.
- PAGANELLI D, FORNI G, MARCHINI A, MAZZIOTTI C, OCCHIPINTI-AMBROGI A. 2011. Critical appraisal on the identification of reference conditions for the evaluation of ecological quality status along the Emilia-Romagna coast (Italy) using M-AMBI. Mar Poll Bull. 62(8): 1725-35.
- PEARSON T H, ROSENBERG R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 16: 229-311.
- PRIETO E. 2010. Taxonomía de Holothuroidea (Echinodermata) del mar del Perú. Tesis para optar el título profesional de biólogo con mención en Zoología. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas.
- SALEN-PICARD C. 1983. Schémas d'évolution d'une biocénose macrobenthique de substrat meuble. Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Série III. Sciences de la Vie.
- SOUTHERN CALIFORNIA ASSOCIATION OF MARINE INVERTEBRATE TAXONOMISTS. 2013. A Taxonomic Listing of Soft Bottom Macro- and Megainvertebrates from Infaunal and Epibenthic Monitoring Programs in the Southern California Bight. Edition 3, San Pedro, CA. 167 pp.
- TARAZONA J. 1974a. Lista de poliquetos sedentarios hallados en el Perú. Rev. Peru. Biol. 1 (2): 164-167.
- TARAZONA J. 1974b. Poliquetos errantes de la zona litoral del Departamento de Lima, Trabajo de Grado de Bachiller, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 107 pp.
- TARAZONA J, GUTIÉRREZ D, PAREDES C, INDACOCHEA A. 2003. Overview and challenges of marine biodiversity research in Peru. Gayana. 67(2): 206-231.
- VALENÇA A P, SANTOS P J. 2012. Macrobenthic community for assessment of estuarine health in tropical areas (Northeast, Brazil): review of macrofauna classification in ecological groups and application of AZTI Marine Biotic Index. Mar Poll Bull. 64(9): 1809-20.
- WARDIATNO Y, QONITA Y, ZULMI R, EFFENDI H, KRISANTI M, MASHAR A, HARIYADI S, HAKIM A A, SAHIDIN A, WIDIGDO B, NURSIYAMAH S. 2017. Determining ecological status of two coastal waters in western Java using macrozoobenthic community: a comparison between north part and south part. IOP Publishing. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 54, No. 1, p. 012071.

NOTA CIENTÍFICA / SCIENTIFIC NOTE

Lonchopisthus sinuscalifornicus* (Perciformes: Opistognathidae) BOCÓN COLA LARGA, NUEVO REGISTRO PARA LA ICTIOFAUNA DEL PERÚ**Lonchopisthus sinuscalifornicus* (Perciformes: Opistognathidae) LONGTAIL JAWFISH, A NEW RECORD FOR THE PERUVIAN ICHTHYOFAUNA**Carlos Luque Sánchez¹Solange Alemán Mejía¹

RESUMEN

LUQUE C, ALEMÁN S. 2019. *Lonchopisthus sinuscalifornicus* (Perciformes: Opistognathidae) bocón cola larga, nuevo registro para la ictiofauna del Perú. *Bol Inst Mar Perú*. 34(1): 306-311.- Se reporta a *Lonchopisthus sinuscalifornicus* Castro-Aguirre & Villavicencio-Garayzar, 1988 (Perciformes: Opistognathidae) como nuevo registro de la fauna ictiológica del Perú. Este nuevo registro se sustenta en la recolección de dos ejemplares adultos en las localidades de Grau y Playa Hermosa, del departamento de Tumbes, extremo norte del dominio marítimo peruano, siendo el primer registro documentado de esta especie en nuestro país. Esta identificación en aguas peruanas amplía el límite sur de su distribución hasta Tumbes, Perú. Los ejemplares de 264 mm y 330 mm de LT (184 mm y 219 mm de LS) fueron identificados conforme a la última revisión del género de Smith-Vaniz & Walsh en el 2017.

PALABRAS CLAVE: nuevo registro, biodiversidad marina, ictiofauna, *Lonchopisthus*, Tumbes, Perú

ABSTRACT

LUQUE C, ALEMÁN S. 2019. *Lonchopisthus sinuscalifornicus* (Perciformes: Opistognathidae) longtail jawfish, a new record for the Peruvian ichthyofauna. *Bol Inst Mar Peru*. 34(1): 306-311.- *Lonchopisthus sinuscalifornicus* Castro-Aguirre & Villavicencio-Garayzar, 1988 (Perciformes: Opistognathidae) is reported as a new record of the Peruvian ichthyological fauna. This new record is based on the collection of two adult specimens in the localities of Grau and Playa Hermosa, in the Tumbes Region, far north of the Peruvian maritime domain, being the first documented record of this species in our country. This identification in Peruvian waters extends the southern limit of its distribution to Tumbes, Peru. The specimens of 264 mm and 330 mm TL (184 mm and 219 mm SL) were identified according to the last revision of the genus by Smith-Vaniz & Walsh in 2017.

KEYWORDS: new record, marine biodiversity, ichthyofauna, *Lonchopisthus*, Tumbes, Peru

La diversidad ictiológica del Perú ha sido estudiada desde hace mucho tiempo, los primeros trabajos nacionales son los de CHIRICHIGNO (1962, 1963a, 1963b, 1969, 1973, 1978, 1987), CHIRICHIGNO e IWAMOTO (1977), CHIRICHIGNO y McEACHRAN (1979), CHIRICHIGNO y VÉLEZ (1998); CHIRICHIGNO y CORNEJO (2001), HOOKER (1990, 1993, 2000), Japan Deep Sea Trawlers Association & IMARPE (2009), VILDOSO *et al.* (1999), entre otros. Estos trabajos sistematizan la fauna ictiológica marina del Perú, incluyendo los registros obtenidos de pesquerías artesanales y en cruceros de investigación del Instituto del Mar del Perú-IMARPE, así como el aporte personal de algunos investigadores de otras instituciones académicas o de investigación. El total de especies para el mar peruano, ha de variar en el tiempo, en respuesta tanto a la adición de especies nuevas para la ciencia y de nuevos registros para aguas peruanas de especies conocidas, así como a la revisión sistemática de grupos en particular.

The great Peruvian ichthyological diversity has been studied for a long time, being the first national works those of CHIRICHIGNO (1962, 1963a, 1963b, 1969, 1973, 1978, 1987), CHIRICHIGNO & IWAMOTO (1977), CHIRICHIGNO & McEACHRAN (1979), CHIRICHIGNO & VELEZ (1998); CHIRICHIGNO y CORNEJO (2001), HOOKER (1990, 1993, 2000), Japan Deep Sea Trawlers Association & IMARPE (2009), VILDOSO *et al.* (1999), among others. These papers systematize Peru's marine ichthyological fauna, including records obtained from artisanal fisheries along our entire coast and on research cruises of the Instituto del Mar del Perú-IMARPE (Alternative: Peruvian Marine Research Institute), as well as the personal contribution of some researchers from other academic or research institutions. The total number of species for the Peruvian sea will vary over time, in response both to the addition of new species for science and new records for Peruvian waters of known species, as well as to the systematic review of particular groups.

¹ IMARPE, Laboratorio Costero de Tumbes, Calle José Olaya S/N, C.P. Nueva Esperanza, Zorritos, Contralmirante Villar, Tumbes, cluque@imarpe.gob.pe

El presente trabajo expone la adición de la especie *Lonchopisthus sinuscalifornicus* Castro-Aguirre & Villavicencio-Garayzar, 1988 (Perciformes: Opistognathidae) a la fauna ictiológica peruana, ampliando su distribución hasta Tumbes, Perú, y creando un registro documentado de su presencia en el extremo norte de nuestro dominio marítimo.

Se analizaron dos especímenes recolectados en las capturas comerciales de pescadores artesanales en las localidades de Grau y Zorritos. Los especímenes fueron atrapados mediante la pesca con cortina de fondo. Posteriormente, fueron conservados en hielo en hojuelas y trasladados al Laboratorio Costero de Tumbes del IMARPE, donde fueron fotografiados en fresco, y se realizaron los análisis merísticos y morfométricos para su identificación. Las muestras fueron fijadas en formol al 10% y preservadas en alcohol etílico al 70%.

Para la revisión taxonómica se siguió a SMITH-VANIZ & WALSH (2017). Para la clasificación se siguió a NELSON (1994). Las medidas obtenidas se presentan en milímetros y las abreviaturas de las partes anatómicas se dan según CHIRICHIGNO y VÉLEZ (1998). Los especímenes recolectados se encuentran depositados en la Colección Biológica del Laboratorio Costero de Tumbes IMARPE y en la colección del Instituto del Mar del Perú de la sede central en Lima. El nombre común que se menciona se ha tomado de la bibliografía consultada ya que esta especie no es conocida por los pescadores locales.

La clasificación taxonómica completa es la siguiente:

Filo: Chordata
 Subfilo: Vertebrata
 Superclase: Gnathostomata
 Clase: Actinopterygii
 Orden : Perciformes
 Suborden: Percoidei
 Familia: Opistognathidae
 Género: *Lonchopisthus* Gill, 1862

This paper presents the addition of the species *Lonchopisthus sinuscalifornicus* Castro-Aguirre & Villavicencio-Garayzar, 1988 (Perciformes: Opistognathidae) to the Peruvian ichthyological fauna, extending its distribution to Tumbes, Peru, and creating a documented record of its presence at the northern end of our maritime domain.

Two specimens collected in the commercial catches of artisanal fishermen in the towns of Grau and Zorritos were analyzed. The specimens were caught by bottom-longline fishing. Subsequently, they were preserved on flake ice and transferred to IMARPE's Coastal Laboratory of Tumbes, where they were photographed fresh, and meristic and morphometric analyses were carried out for their identification. The samples were fixed in 10% formaldehyde and preserved in 70% ethyl alcohol.

For the taxonomic review, SMITH-VANIZ & WALSH (2017) was followed. For the classification, NELSON (1994) was followed. The measurements obtained are presented in millimeters and the abbreviations of the anatomical parts are given according to CHIRICHIGNO & VÉLEZ (1998). The collected specimens are deposited in the Biological Collection of the IMARPE's Coastal Laboratory of Tumbes and in the collection of the Instituto del Mar del Perú's headquarters in Lima. The common name mentioned is taken from the bibliography consulted since this species is not known by local fishermen.

The complete taxonomic classification is as follows:

Phylum: Chordata
 Subphylum: Vertebrata
 Superclass: Gnathostomata
 Class: Actinopterygii
 Order: Perciformes
 Suborder: Percoidei
 Family: Opistognathidae
 Genus: *Lonchopisthus* Gill, 1862

Lonchopisthus sinuscalifornicus Castro-Aguirre & Villavicencio-Garayzar, 1988. Bocón cola larga

Lonchopisthus sinuscalifornicus Castro-Aguirre & Villavicencio-Garayzar, 1988. Longtail jawfish

Material examinado: un espécimen de 264 mm de LT, 184 mm de LS y 101 g, recolectado el 20 de octubre de 2016 por pescadores artesanales mediante el uso de cortina de fondo, frente a la caleta Grau, Tumbes (03°37'34"S, 80°39'02"W), a 13 m de profundidad y sobre fondo fango-arenoso. Este ejemplar se conserva en la colección del Laboratorio Costero de Tumbes IMARPE (IMARPE LCT0934) (Fig. 1). El segundo espécimen de 330 mm de LT, 219 mm de LS, recolectado por pescadores artesanales el 13 de setiembre de 2012, mediante el uso de cortina de fondo frente a Playa Hermosa, Tumbes (03°31'10"S, 80°34'56"W) a una profundidad de 20 m y sobre fondo fango-arenoso. Este ejemplar se conserva en la colección del IMARPE sede central en Lima (IMARPE s/n) (Fig. 2). Los caracteres merísticos específicos y diferenciales de cada individuo se presentan en la Tabla 1.

Examined material: a specimen of 264 mm TL, 184 mm SL, and 101 g, collected on 20 October 2016 by artisanal fishermen using a bottom curtain net, off Grau cove, Tumbes (03°37'34"S, 80°39'02"W), at a depth of 13 m and on a muddy-sandy bottom. This specimen is preserved in the collection of the IMARPE's Coastal Laboratory of Tumbes (IMARPE LCT0934) (Fig. 1). The second specimen of 330 mm TL, 219 mm SL, collected by artisanal fishermen on 13 September 2012, by means of a bottom-curtain net off Playa Hermosa, Tumbes (03°31'10"S, 80°34'56"W) at a depth of 20 m and on a muddy-sandy bottom. This specimen is preserved in the collection of IMARPE's headquarters in Lima (IMARPE s/n) (Fig. 2). The specific and differential meristic characteristics of each individual are presented in Table 1.

Registros adicionales: no se conocen registros ni ocurrencias adicionales en ninguna caleta del departamento de Tumbes.

Additional records: there are no known additional records or occurrences in any cove in the Tumbes Region.

Descripción de los ejemplares: cuerpo alargado, comprimido y ahusado; cabeza bulbosa y grande; ojo grande y arriba a los costados de la cabeza; boca grande terminal, se extiende hasta atrás del ojo; extremo posterior del maxilar cóncavo, muescado abajo; radios dorsales XI, 18 (ocasionalmente 17 o 19); radios anales III, 17 (raramente 18) radios pectorales 16-20; aleta caudal lanceolada, mucho más larga que la longitud de la cabeza; línea lateral alta e incompleta, solo en la mitad frontal del cuerpo; escamas en la serie longitudinal 67-74.

Description of the specimens: elongated, compressed and tapered body; bulbous and large head; large eye and above at the side of the head; large terminal mouth, which extends to the back of the eye; posterior end of the concave jaw, notched down; dorsal radii XI, 18 (occasionally 17 or 19); anal radii III, 17 (rarely 18) pectoral radii 16-20; caudal fin lanceolate, much longer than the length of the head; high and incomplete lateral line, only in the front half of the body; scales in the longitudinal series 67-74.

Tabla 1.- Caracteres merísticos de dos ejemplares de *Lonchopisthus sinuscalifornicus* bocón cola larga, capturados en Tumbes

Table 1. Meristic characteristics of two specimens of *Lonchopisthus sinuscalifornicus* longtail jawfish, caught in Tumbes

Carácter de diagnóstico Diagnostic character	Ejemplar 1 / Specimen 1 (Grau, Oct.-2016)	Ejemplar 2 / Specimen 2 (Playa Hermosa, Sep.-2012)
D XI,18 (17-19)	D XI,18	D XI,18
A III,17-18	A III,17	A III,17
P 16-20	P 19	P 19
Escamas longitudinales (67-74)/ Longitudinal scales (67-74)	72	70

Coloración: cabeza y cuerpo de color pardo a pardo grisáceo; cuerpo con barras delgadas claras blanco azuladas al frente, y pequeñas manchas blanco azuladas dispersas en la parte posterior; un ocelo grande violeta azulado intenso en el opérculo; aletas dorsal y anal con una fila medial de puntos blanco azulados claros, bases color crema y extremo distal azul violeta oscuro.

Observaciones: es una especie rara en las costas de Tumbes. Tiene hábitos costeros, asociada a fondos arenosos o areno-fangosos; está muy relacionada con *Lonchopisthus higmani* del Atlántico occidental. En la actualidad se considera como una especie desconocida en la pesquería artesanal de Tumbes, careciendo de nombre común local y de valor comercial.

Coloring: brown to brown-greyish head and body; body with thin blueish-white front bars and small blueish-white spots scattered on the back; a large blueish-violet ocellus on the operculum; dorsal and anal fins with a medial row of light blueish-white dots, cream-colored bases and a dark violet-blue distal end.

Observations: it is a rare species off the coast of Tumbes. It has coastal habits, associated with sandy or sandy-muddy bottoms; it is closely related to *Lonchopisthus higmani* of the Western Atlantic. It is currently considered an unknown species in the Tumbes artisanal fisheries, with no local common name and no commercial value.



Figura 1.- *Lonchopisthus sinuscalifornicus*, bocón cola larga, caleta Grau, Tumbes. Octubre 2016

Figure 1. *Lonchopisthus sinuscalifornicus*, longtail jawfish, Grau cove, Tumbes. October 2016



Figura 2.- *Lonchopisthus sinuscalifornicus*, bocón cola larga, Playa Hermosa, Tumbes. Setiembre 2012

Figure 2. *Lonchopisthus sinuscalifornicus*, longtail jawfish, Playa Hermosa, Tumbes. September 2012

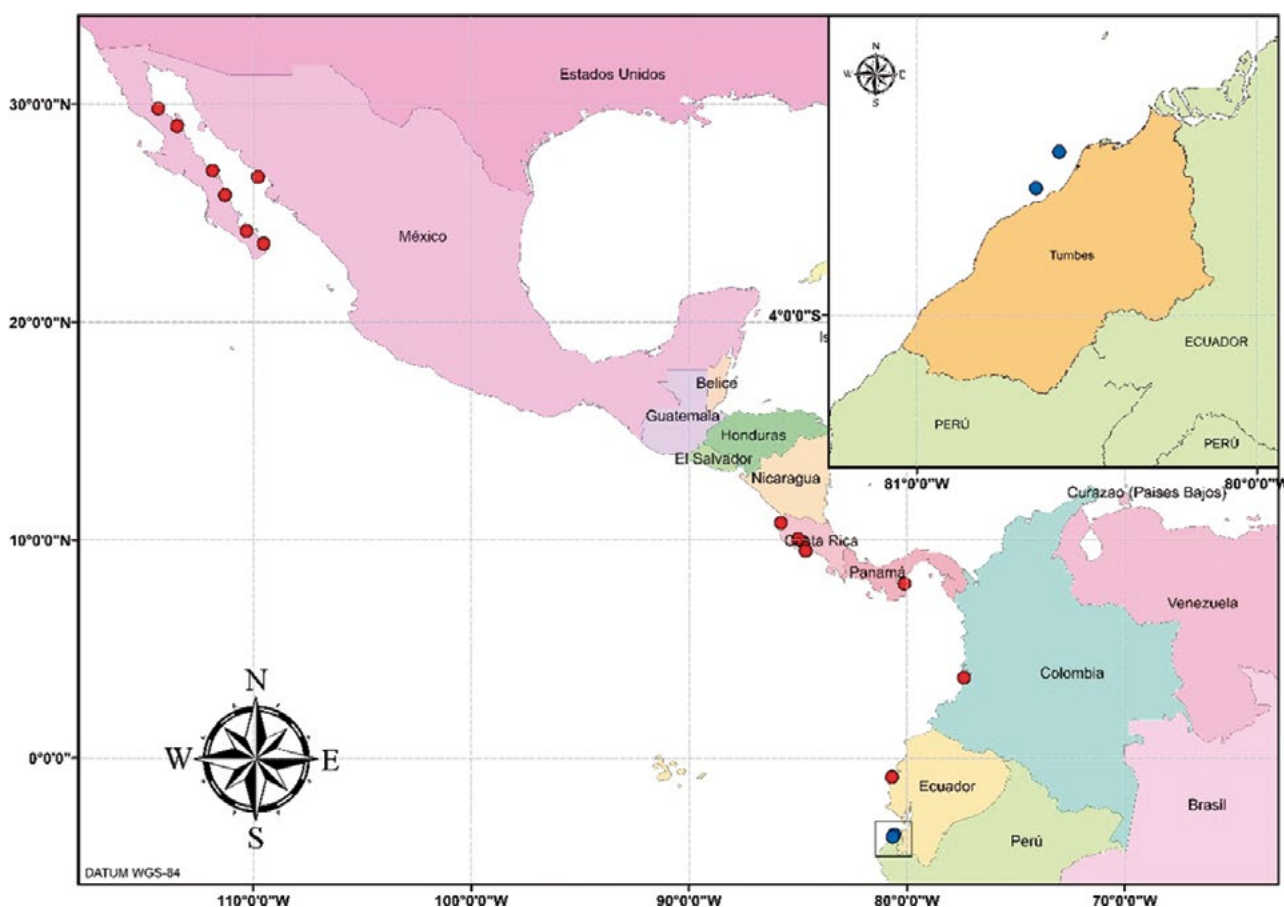


Figura 3.- Distribución geográfica de *Lonchopisthus sinuscalifornicus*, bocón cola larga
 Figure 3. Geographical distribution of *Lonchopisthus sinuscalifornicus*, longtail jawfish

Distribución: es endémica del Pacífico Oriental Tropical y se encuentra presente en las Provincias geográficas de Cortés, Mexicana y Panámica. Su distribución geográfica abarca desde el golfo de California en México (GALVAN-MAGAÑA *et al.* 2000) donde se ha dado la mayor frecuencia de capturas, hasta Ecuador (BEAREZ 1996). También se ha reportado en Costa Rica (THOMSON *et al.* 2000), Panamá (ROBERTSON & ALLEN 2015) y Colombia (ALLEN & ROBERTSON 1994). Con el presente reporte se amplía hasta Tumbes, Perú (Fig. 3).

Agradecimientos

Deseamos agradecer al Ing. Pesq. Rafael Infante Valladares, observador de campo del Laboratorio Costero de Tumbes IMARPE en la caleta Grau, por la colección de uno de los ejemplares y al Sr. Jorge Marchan Ramírez por la colección del ejemplar de Playa Hermosa.

Distribution: it is endemic to the Eastern Tropical Pacific and is present in the geographic provinces of Cortés, Mexicana, and Panámica. Its geographic distribution ranges from the Gulf of California in Mexico (GALVAN-MAGAÑA *et al.* 2000), where the highest frequency of catches has occurred, to Ecuador (BEAREZ 1996). It has also been reported in Costa Rica (THOMSON *et al.* 2000), Panama (ROBERTSON & ALLEN 2015), and Colombia (ALLEN & ROBERTSON 1994). This report extends its distribution to Tumbes, Peru (Fig. 3).

Acknowledgments

We wish to thank Fishing Engr. Rafael Infante Valladares, field observer of the IMARPE's Coastal Laboratory of Tumbes in the Grau cove, for the collection of one of the specimens and Mr. Jorge Marchan Ramírez for the collection of the specimen from Playa Hermosa.

REFERENCIAS / REFERENCES

- ALLEN G, ROBERTSON R. 1994. Fishes of the tropical eastern Pacific. University of Hawaii Press, Honolulu. 332 p.
- BEAREZ P. 1996. Lista de los peces marinos del Ecuador continental. Rev. Biol. Trop. 44(2): 731 - 741.
- CHIRICHIGNO N. 1962. Algunos peces nuevos y poco conocidos de la fauna marina del Perú. Serv. Pesq. Peru. 1 - 29.
- CHIRICHIGNO N. 1963a. Nuevas especies de "rayas" para la fauna del Perú. Serv. Pesq. Perú. 1 - 13.
- CHIRICHIGNO N. 1963b. Estudio de la fauna ictiológica de los esteros y partes bajas de los ríos del Departamento de Tumbes (Perú). Ministerio de Agricultura. Sector Pesquería.
- CHIRICHIGNO N. 1969. *Ctenosciaena peruviana* nov. sp. Una nueva especie de Sciaenidae de la costa del Perú. Inst. Mar. Lima Ser. Inv. Esp. 18.
- CHIRICHIGNO N. 1973. Nuevas especies de peces de los géneros *Mustelus* (Fam. Triakidae), *Raja* (Fam. Rajidae) y *Schedophilus* (Fam. Centrolophidae). Informes Inst. Mar del Peru. 1 - 40.
- CHIRICHIGNO N. 1978. Nuevas adiciones a la ictiofauna marina del Perú. Inf Inst Mar Perú. 46: 109.
- CHIRICHIGNO N. 1987. *Medialuna ancietae* nov. sp. Un pez nuevo del mar peruano. Biología Lima. 89-95.
- CHIRICHIGNO N, IWAMOTO T. 1977. *Coryphaenoides delsolari* a new species of macrourid fish from the Pacific coast of South America. Proc. Biol. Soc. Wash. 519 - 528.
- CHIRICHIGNO N, MCEACHRAN J D. 1979. *Urolophus tumbesensis*, a new stingray from the coast of Peru (Batoidea: Urolophidae). Copeia. 709 - 713.
- CHIRICHIGNO N, VÉLEZ J. 1998. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Instituto del Mar del Perú. Publicación Especial. 500 p.
- CHIRICHIGNO N, CORNEJO R M. 2001. Catálogo comentado de los peces marinos del Perú. Inst Mar Perú. Publicación especial. 314 p.
- GALVÁN-MAGAÑA F, GUTIÉRREZ-SÁNCHEZ F, ABITIA-CÁRDENAS L A, RODRÍGUEZ-ROMERO J. 2000. The distribution and affinities of the shore fishes of the Baja California Sur lagoons. In Aquatic Ecosystems of Mexico: Status and Scope. Eds. M. Manuwar, S.G. Lawrence, I.F. Manuwar & D.F. Malley. Ecovision World Monograph Series. Backhuys Publishers. 383 - 398.
- HOOKEER Y. 1990. Primer registro de *Johnrandallia nigrirostris* Gill, 1862 en el Perú. Boletín de Lima. 68: 69 - 71.
- HOOKEER Y. 1993. Zonación de los peces del litoral rocoso en el área comprendida entre las localidades de Cabo Blanco y Los Órganos. Tesis para obtener el Grado de Bachiller en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo.
- HOOKEER Y. 2000. *Microspathodon dorsalis* (Pisces: Pomacentridae) y *Prionurus laticlavus* (Pisces: Acanthuridae) dos nuevos registros para el mar peruano. Inf Prog Inst Mar Perú. N° 117.
- JAPAN DEEP SEA TRAWLERS ASSOCIATION & INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ. 2009. Libro de peces de aguas profundas del Perú. Japan Deep Sea Trawlers Association, Tokio. 355 p.
- NELSON J. 1994. Fishes of the world. 3ra. Edi. John Wiley & Sons, Inc., New York. 600 p.
- ROBERTSON D R, ALLEN G R. 2015. Shorefishes of the Tropical Eastern Pacific: online information system. Version 2.0. Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Panamá. Electronic version accessed 4 December 2017 at <http://biogeodb.stri.si.edu/sftep/en/pages>
- SMITH-VANIZ WF, JOHNSON GD. 2016. Hidden diversity in deep-water bandfishes: review of *Owstonia* with descriptions of twenty-one new species (Teleostei: Cepolidae: Owstoniinae). Zootaxa. 4187: 1 - 103. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4187.1.1>.
- THOMSON D A, FINDLEY L T, KERSTITCH A N. 2000. Reef fishes of the Sea of Cortez. University of Texas Press (Revised Ed.). 353 pp.
- VILDOSO A, VÉLEZ J, CHIRICHIGNO N, CHIRINOS DE VILDOSO A. 1999. Diversidad de peces marinos del Perú. Bol Inst Mar Perú. 18(1-2): 49 - 76.

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/kairos/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: marce@imarpe.gob.pe, vvaldivieso@imarpe.gob.pe, 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)

BOLETÍN IMARPE (Bol Inst Mar Perú, ISSN 0458-7766)								
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	1, 2
1980	-----	-----	1998	XVII	1-2	2019	XXXIV	1
1981	V, VI+ 1 extrad.	-----	1999	XVIII	1-2			
1982	VII	-----	2000	XIX	1-2			
1983	VIII	1	2001	XX	1-2			

INFORME IMARPE (Inf Inst Mar Perú, ISSN 0378-7702)											
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)	1,2,3,4	(4)
1979	(12)	52-73	(22)	1999	(29)	143-150	(8)	2019	(46)	1,2	
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)				

INFORME PROGRESIVO IMARPE								
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	-----	

ANUARIO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO IMARPE (ISSN 1813-2103)		
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	2019 Vol. 18 Enero-diciembre 2018
2008 Vol. 7 Enero-diciembre 2007	2014 Vol. 13 Enero-diciembre 2013	
2009 Vol. 8 Enero-diciembre 2008	2015 Vol. 14 Enero-diciembre 2014	