

# IMPACTO DE EL NIÑO COSTERO 2017 SOBRE EL AMBIENTE MARINO Y EN RECURSOS PESQUEROS DE MAYOR IMPORTANCIA EN LAMBAYEQUE (LISA, CACHEMA Y CABALLA)

## IMPACT OF THE 2017 COASTAL EL NIÑO ON THE MARINE ENVIRONMENT AND THE MOST IMPORTANT FISHERIES RESOURCES IN LAMBAYEQUE

David Correa<sup>1</sup> Javier Castañeda Javier Castro Paquita Ramírez  
Jaime De La Cruz Sergio Bances David Torres

<https://doi.org/10.53554/boletin.v36i2.350>

### RESUMEN

CORREA D, CASTAÑEDA J, CASTRO J, RAMÍREZ P, DE LA CRUZ J, BANCES S, TORRES D. 2021. *Impacto de El Niño Costero 2017 sobre el ambiente marino y en recursos pesqueros de mayor importancia en Lambayeque (lisa, cachema y caballa)*. Bol Inst Mar Perú. 36(2): 510-523.- El Niño Costero 2017 produjo cambios en las condiciones marino-ambientales al norte y centro del Perú, así como a nivel oceanográfico y meteorológico, que impactaron sobre la pesca artesanal de Lambayeque. El incremento de anomalías de TSM durante el verano, coincidió con mayores capturas y desembarques de lisa (*Mugil cephalus*), y caballa (*Scomber japonicus peruanus*) mientras la cachema (*Cynoscion analis*) disminuyó. También, se produjo varamiento de fauna marina (peces, crustáceos, moluscos); además presencia de aves que habitan en las islas Lobos de Afuera y Lobos de Tierra, que en su mayoría tenían debilidad corporal y desorientación. FAN fueron registradas entre febrero y marzo. En los primeros días de abril se presentaron periodos de vientos fuertes ( $>7,0 \text{ ms}^{-1}$ ) que fueron determinantes en el declive de El Niño Costero 2017.

PALABRAS CLAVE: El Niño Costero 2017, recursos pesqueros, temperatura del mar, vientos

### ABSTRACT

CORREA D, CASTAÑEDA J, CASTRO J, RAMÍREZ P, DE LA CRUZ J, BANCES S, TORRES D. 2021. *Impact of the 2017 coastal El Niño on the marine environment and the most important fisheries resources in Lambayeque*. Bol Inst Mar Peru. 36(2): 510-523.- The 2017 coastal El Niño (2017 CEN) altered the marine-environmental conditions in northern and central Peru, as well as at the oceanographic and meteorological levels, which impacted Lambayeque's artisanal fisheries. In summer, the increase in SSTA coincided with higher catches and landings of flathead mullet (*Mugil cephalus*) and chub mackerel (*Scomber japonicus peruanus*), while Peruvian weakfish (*Cynoscion analis*) decreased. There were also strandings of marine fauna (fish, crustaceans, mollusks), as well as the presence of birds that inhabit Lobos de Afuera and Lobos de Tierra islands, most of which had body weakness and disorientation. Between February and March, HABs were recorded. In early April, strong winds ( $>7.0 \text{ ms}^{-1}$ ) occurred, leading to the waning of 2017 CEN.

KEYWORDS: the 2017 coastal El Niño, fishing resources, sea temperature, winds

## 1. INTRODUCCIÓN

La variabilidad espacio temporal de los recursos pesqueros responden a distintos factores intrínsecos y extrínsecos, reconociéndose cambios como variaciones estacionales e interanuales, de periodo medio y largo (JORDÁN, 1983). Entre los principales factores que producen cambios en la disponibilidad de recursos hidrobiológicos se encuentran; viento, temperatura, salinidad y oxígeno del mar. En general, El Niño (EN) trae como consecuencia la disminución de vientos alisios frente a la costa peruana, provocando el cambio de dirección de vientos. Esto genera el cese del afloramiento costero junto a la disminución de nutrientes hacia la zona fótica. Consecuentemente, EN afecta tanto la distribución como disponibilidad de recursos hidrobiológicos para el litoral peruano (ESPINO, 1999).

## 1. INTRODUCTION

Intrinsic and extrinsic factors determine the spatial and temporal variability of fishery resources, with changes being recognized as seasonal and interannual variations, over medium and long periods (JORDÁN, 1983). Among the main factors producing changes in the availability of hydrobiological resources are wind, temperature, salinity, and oxygen in the sea. El Niño (EN) generally results in a decrease in trade winds off the Peruvian coast, causing a shift in wind direction. Therefore, coastal upwelling ceases along with the decrease of nutrients towards the photic zone, so EN affects both the distribution and availability of hydrobiological resources along the coast of Peru (ESPINO, 1999).

1 IMARPE, Laboratorio Costero de Lambayeque, dcorrea@imarpe.gob.pe

Tanto en el litoral de Lambayeque como en las islas de la zona, existen diferentes bancos naturales de invertebrados, macroalgas, peces demersales y pelágicos, que albergan alta diversidad biológica susceptible a eventos como El Niño/La Niña. Por ejemplo, ALVITRES *et al.* (2005), documentaron la sensibilidad de *Emerita analoga*, frente a los efectos del ciclo “El Niño Oscilación Sur” (ENOS): “La Niña” (marzo 1996 - febrero 1997) en el estudio se asumió condiciones normales, “El Niño” 1997-98 (marzo 1997 - mayo 1998) y “La Niña” 1998-2000 (junio 1998 - diciembre 2000).

Experimentos de simulación numérica de circulación oceánica regional, desarrollados por ECHEVIN *et al.* (2018) estudiaron procesos físicos que podrían haber desencadenado El Niño Costero 2017 (ENC 2017). Analizaron su impacto en la circulación oceánica regional y el balance de calor, destacando el rápido desarrollo del evento y la manifestación de sus máximas anomalías frente al norte del Perú.

Considerando las condiciones especiales a nivel marino, así como los recursos demersales y costeros ocurrido a inicios del 2017, se buscó caracterizar el impacto de ENC 2017 a través de la información de vientos, temperatura, salinidad y oxígeno sobre los desembarques de tres principales recursos de la pesquería artesanal de Lambayeque *Mugil cephalus* “lisa”, *Cynoscion analis* “cachema” y *Scomber japonicus peruanus* “caballa”.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

**Área de estudio.** Comprende la zona marina frente a Lambayeque localizada en el ámbito entre 6°17'36,2"S, 80°47'31,1"W (El Palo) y 7°10'20,4"S, 79°41'25,8"W (Punta Chérrepe), incluyendo los centros de desembarque (San José, Pimentel, Santa Rosa y Puerto Eten) (Fig. 1).

There are several natural banks of invertebrates, macroalgae, demersal, and pelagic fish along the Lambayequean coast and on the islands in the area that harbor high biological diversity and are vulnerable to events such as El Niño/La Niña. For example, ALVITRES *et al.* (2005), documented the sensitivity of *Emerita analoga* to the effects of the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) cycle: “La Niña” (March 1996 - February 1997) normal conditions were assumed in the study, “El Niño” 1997/98 (March 1997 - May 1998), and “La Niña” 1998-2000 (June 1998 - December 2000).

Physical processes that could have triggered 2017 CEN were studied through numerical simulation experiments of regional ocean circulation, developed by ECHEVIN *et al.* (2018). Their impact on the regional ocean circulation and the heat balance was analyzed, with emphasis on the rapid development of the event and the manifestation of its maximum anomalies off northern Peru.

This study aims to characterize the impact of 2017 CEN based on wind, temperature, salinity, and oxygen information on the landings of three main artisanal fisheries resources in Lambayeque: *Mugil cephalus* “flathead mullet”, *Cynoscion analis* “Peruvian weakfish”, and *Scomber japonicus peruanus* “chub mackerel”.

## 2. MATERIAL AND METHODS

**Study area.** It covers the marine area off Lambayeque located between 6°17'36.2 "S, 80°47'31.1 "W (El Palo) and 7°10'20.4 "S, 79°41'25.8 "W (Punta Chérrepe), including the landing sites (San José, Pimentel, Santa Rosa, and Puerto Eten) (Fig. 1).

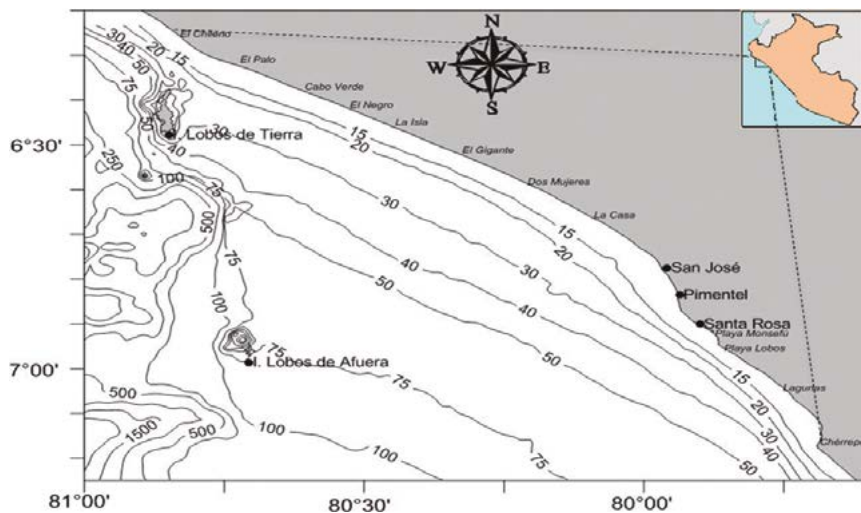


Figura 1.- Área de estudio con isobatas de batimetría frente al litoral de Lambayeque

Figure 1. Study area with bathymetry isobaths off the Lambayequean coast

**Temperatura Superficial del Mar (TSM).** Corresponde al promedio diario de los registros de temperatura tomados en el punto fijo de monitoreo en la playa de la caleta San José, en horarios de 08:00, 13:00 y 17:00 horas, desde 1991 a la actualidad. La información analizada comprende entre enero 2016 y diciembre 2017.

**Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar (ATSM).** Corresponde a la anomalía estandarizada mensual de TSM, en el mismo periodo. Las anomalías se calcularon de la siguiente forma:

$$ATSM = (TSM_{\text{prom\_mes } (i)} - TSM) / DS$$

Dónde:  $TSM_{\text{prom\_mes } (i)}$  = TSM promedio del mes  $i$ ,  $TSM$  = TSM promedio diario,  $DS$  = Desviación estándar.

**Salinidad Superficial del Mar (SSM).** Se considera el registro interdiario de salinidad tomado en el punto fijo de monitoreo en la playa de la caleta San José, desde 1994. La información que se analizó comprende entre enero 2016 y diciembre 2017.

**Velocidad del Viento (VV).** Información diaria del viento sobre el mar, obtenidos mediante el satélite MetOp, a través del dispersómetro ASCAT, con resolución espacial de 25 km y promediados sobre el área entre la caleta San José y playa Lobos (de 6°45' a 7°S), dentro de 100 km. Para mayores detalles de metodología y algoritmos del cálculo del viento satelital, se consultó BENTAMY *et al.* (2002) y BENTAMY *et al.* (2012). De enero 2016 a diciembre 2017 la información se obtuvo del *Centre de Recherche et d'Exploitation Satellitaire* (CERSAT), en *L'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer* (IFREMER de Francia), mediante el link <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer>.

Eventos de vientos, se definen en dos tipos: (i) vientos débiles, que se encuentren por lo menos tres días continuos debajo del primer rango inter cuartil histórico (25% de datos de viento), y (ii) vientos fuertes, permanecen al menos tres días continuos sobre el tercer rango inter cuartil histórico (75% de datos de viento). Los rangos de viento frente a Lambayeque, se definieron de marzo 2007 a marzo 2019, siguiendo la metodología descrita en CORREA *et al.* (2020) (Fig. 2).

**Sección San José – islas Lobos de Afuera.** Se contó con información de temperatura, salinidad y oxígeno bimestral entre noviembre 2016 - abril 2017, tomada en siete puntos de evaluación hasta aproximadamente 50 millas náuticas (2, 10, 20, 30, 40, 45 y 50 mn) y a profundidades estándar de hasta 100 metros.

**Desembarques.** Se obtuvo información de desembarques de recursos costeros, demersales y pelági-

**Sea Surface Temperature (SST).** It is the daily mean temperature recordings taken at the fixed monitoring point (San José cove) at 08:00, 13:00, and 17:00 hours, from 1991 to the present. We analyzed the period from January 2016 to December 2017.

**Sea Surface Temperature Anomaly (SSTA).** It is the standard monthly SST anomaly for the same period. The anomalies were calculated as follows:

$$SSTA = (SST_{\text{month\_mean } (i)} - SST) / SD$$

Where:  $SST_{\text{month\_mean } (i)}$  = mean SST of month  $i$ ,  $SST$  = Mean daily SST,  $SD$  = Standard deviation.

**Sea Surface Salinity (SSS).** Since 1994, it is the inter-daily salinity recording taken at the fixed monitoring point (San José cove). The information analyzed covers from January 2016 to December 2017.

**Wind Velocity (WV).** Daily wind information, obtained from the MetOp satellite, through the ASCAT scatterometer, with a spatial resolution of 25 km and averaged over the area between San José cove and Lobos beach (from 6°45' to 7°S), within 100 km offshore. For further details of methodology and algorithms of the satellite wind estimate, BENTAMY *et al.* (2002) and BENTAMY *et al.* (2012) were consulted. January 2016 to December 2017, the information was obtained from the *Centre de Recherche et d'Exploitation Satellitaire* (CERSAT), at *L'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer* (IFREMER, France), via the link <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer>.

There are two types of wind events: (i) weak winds, which are at least three continuous days below the first historical inter-quartile range (25% of wind data), and (ii) strong winds, which remain at least three continuous days above the third historical inter-quartile range (75% of wind data). The wind ranges off Lambayeque were defined from March 2007 to March 2019, following the methodology described in CORREA *et al.* (2020) (Fig. 2).

**San José - Lobos de Afuera Islands Section.** Bimonthly temperature, salinity, and oxygen data were available between November 2016 - April 2017, taken at seven assessment points up to approximately 50 nautical miles (2, 10, 20, 30, 40, 45, and 50 nm) and at standard depths up to 100 meters.

**Landings.** We collected information on landings of coastal, demersal, and pelagic resources (flathead mullet, Peruvian weakfish, and chub mackerel)

cos (lisa, cachema y caballa) registrados en San José, Pimentel, Santa Rosa y Puerto Eten, de enero 2015 a diciembre 2017. Para el procesamiento de la información, se utilizó el formulario “Captura y esfuerzo artesanal” de IMARPE, calculándose abundancia y/o disponibilidad mensual de los recursos en función de los volúmenes de desembarques (t). Para los cálculos biométricos y biológicos de las especies lisa, cachema y caballa, se aplicó la metodología estandarizada (ESPINO *et al.*, 1995). Con los datos obtenidos se determinó la talla media de captura por mes, la cual se relacionó con los desembarques mensuales.

Además, se contabilizó la ocurrencia de varamientos de peces, crustáceos, moluscos, mamíferos y aves, entre enero y marzo 2017, así como la ocurrencia de eventos de floraciones algales no tóxicas en el litoral de Lambayeque.

### 3. RESULTADOS

#### Vientos costeros y condiciones oceanográficas

La velocidad del viento frente al litoral costero de Lambayeque, presentó un comportamiento atípico desde octubre 2016 hasta octubre 2017, identificando tres periodos (Tabla 1, Fig. 2).

recorded in San José, Pimentel, Santa Rosa, and Puerto Eten, from January 2015 to December 2017. The IMARPE’s “Catch and artisanal effort” form was used to process the information, estimating monthly abundance and/or availability of the resources based on landing volumes (t). The standardized methodology (ESPINO *et al.*, 1995) was applied for the biometric and biological measurements of the three species. The mean catch size per month was determined and related to the monthly landings.

Likewise, the occurrence of strandings of fish, crustaceans, mollusks, mammals, and birds were recorded between January and March 2017, as well as the occurrence of non-toxic algal blooms in the Lambayequean coast.

### 3. RESULTS

#### Coastal winds and oceanographic conditions

Between October 2016 and October 2017, the wind velocity off the Lambayequean coast was atypical and three periods were identified (Table 1, Fig. 2).

Tabla 1.- Número de días y velocidad promedio de eventos de vientos entre octubre del 2016 y abril 2017

Table 1.- Number of days and mean speed of wind events between October 2016 and April 2017

Eventos de viento Wind events	2016			2017			
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Débiles Weak	12 días 2,5 ms <sup>-1</sup>		13 días 1,3 ms <sup>-1</sup>	20 días 1,3 ms <sup>-1</sup>		3 días 1,6 ms <sup>-1</sup>	9 días 3,1 ms <sup>-1</sup>
Normales Normal		8 días 3,8 ms <sup>-1</sup>	11 días 3,1 ms <sup>-1</sup>	6 días 2,7 ms <sup>-1</sup>	3 días 2,9 ms <sup>-1</sup>	3 días 3,5 ms <sup>-1</sup>	11 días 4,4 ms <sup>-1</sup>
Intensos Intense					4 días 5,9 ms <sup>-1</sup>	9 días 5,4 ms <sup>-1</sup>	4 días 6,9 ms <sup>-1</sup>

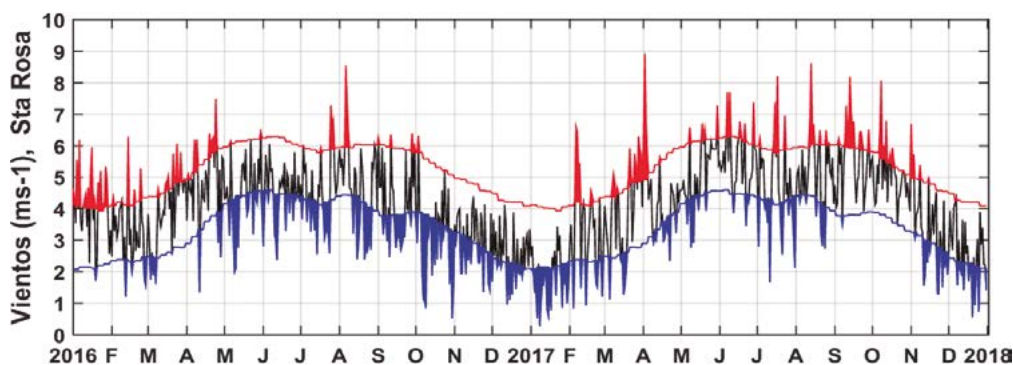


Figura 2.- Eventos de viento débiles (azul) y fuertes (rojo) registrados antes, durante y después de El Niño Costero 2017, frente a Lambayeque

Figure 2. Weak (blue) and strong (red) wind events recorded before, during, and after 2017 CEN off Lambayeque

El primer período fue de octubre 2016 a enero 2017, con vientos débiles. El segundo periodo ocurrió de fines de enero a la quincena de marzo 2017, con alternancia de vientos normales, fuertes y débiles, así como la ocurrencia de vientos en dirección Norte, sobre todo en la primera semana de febrero y de segunda a tercera semana de marzo. El tercero correspondió de mayo a octubre 2017, cuando el viento frente a las costas de Lambayeque, presentó un comportamiento estable con velocidades dentro del rango normal (Fig. 2).

La TSM presentó un comportamiento variable, diferenciando tres periodos de variación: en el primero (setiembre - diciembre 2016) se registraron temperaturas de 19 °C con ATSM negativas de hasta -0,6 °C, mientras la SSM varió alrededor de 35,0 ups. Estos valores son considerados normales para la época del año, asociados a la presencia de las aguas del afloramiento costero (aguas costeras frías) y aguas de mezcla (Fig. 3).

En el segundo periodo (quincena de enero a fines de marzo 2017), la TSM varió superando los 29 °C y alcanzando anomalías de hasta +7 °C, mientras la SSM se redujo hasta valores menores de 34,0 ups. Se mantuvo con valores cercanos a 34,0 ups hasta fines de marzo 2017, a consecuencia del ingreso de aguas de río (por incremento de las precipitaciones) y acercamiento de Aguas Ecuatoriales Superficiales, asociado a la ocurrencia prolongada de eventos de vientos débiles, ocurrido entre enero y marzo 2017.

En el tercero, a partir de abril 2017, la TSM y SSM se estabilizaron con ATSM menores a +1 °C, registrando condiciones normales, con temperaturas entre 17,5 - 19,0 °C y salinidad de 35,0 ups, asociado al predominio de aguas costeras frías y/o aguas de mezcla (Fig. 3).

La sección vertical de San José e isla Lobos de Tierra, muestra la variación espacio temporal de la fase previa y post ENC 2017. Durante la primera (noviembre 2016) las anomalías térmicas fluctuaron entre -1,0 y +0,5 °C, a excepción de la estación a 45 mn de la costa (cercana a las islas Lobos de Afuera), donde se registraron anomalías superiores a +1,0 °C sobre 10 metros profundidad. Las condiciones de salinidad fueron neutras. Las anomalías de oxígeno fueron positivas de +0,5 a +1,0 mL.L<sup>-1</sup> sobre 10 metros de profundidad desde 10 mn hasta 30 mn de la costa. Debajo de 20 m se encontraron anomalías negativas variando de -1,0 a -0,5 mL.L<sup>-1</sup>. Cerca de la costa (< 10 mn) se registraron anomalías de -0,5 mL.L<sup>-1</sup> desde la superficie, coincidiendo con anomalías térmicas de -0,5 a -1,0 °C, estas son condiciones típicas del afloramiento costero.

During the first period, from October 2016 to January 2017, there were weak winds. The second period occurred from late January to mid-March 2017, with alternating normal, strong, and weak winds, as well as the occurrence of northerly winds, especially in early February and from the second to the third week of March. From May to October 2017, the wind off the Lambayequean coast was stable, with speeds within the normal range (Fig. 2).

SST was variable, with three periods: in the first one (September - December 2016), temperatures of 19 °C were recorded with negative SSTA of up to -0.6 °C, while SSS varied around 35.0 PSU, which are within the normal range. These values were associated with the presence of the coastal upwelling waters (cold coastal waters) and mixing waters (Fig. 3).

In the second period (mid-January to late March 2017), the SST varied above 29 °C and reached anomalies of up to +7 °C, while the SSS decreased to values below 34.0 PSU, remaining close to that value until late March 2017, as a result of the river inputs (due to increased rainfall) and the approach of Equatorial Surface Water, associated with the extended occurrence of weak wind events, between January and March 2017.

In the third, from April 2017 onwards, SST and SSS stabilized with SSTA less than +1 °C, recording normal conditions, with temperatures between 17.5 - 19.0 °C and salinity of 35.0 PSU, associated with the predominance of CCW and/or mixing waters (Fig. 3).

The San José and Lobos de Tierra Island vertical section shows the space-time variation of the pre and post 2017 CEN phases. During the former (November 2016) thermal anomalies fluctuated between -1.0 and +0.5 °C, except for the station located 45 nm offshore (near Lobos de Afuera islands), where anomalies above +1.0 °C were recorded over a depth of 10 m. Salinity conditions were neutral. Oxygen anomalies were positive from +0.5 to +1.0 mL.L<sup>-1</sup> over 10 m and from 10 nm to 30 nm offshore. Below 20 m, negative anomalies were found ranging from -1.0 to -0.5 mL.L<sup>-1</sup>. Nearshore (< 10 nm) anomalies of -0.5 mL.L<sup>-1</sup> were recorded from the surface, coinciding with thermal anomalies of -0.5 to -1.0 °C, which are typical coastal upwelling conditions.

In April 2017 (post CEN phase), the information recorded showed positive thermal anomalies in the water column from the surface to the bottom,

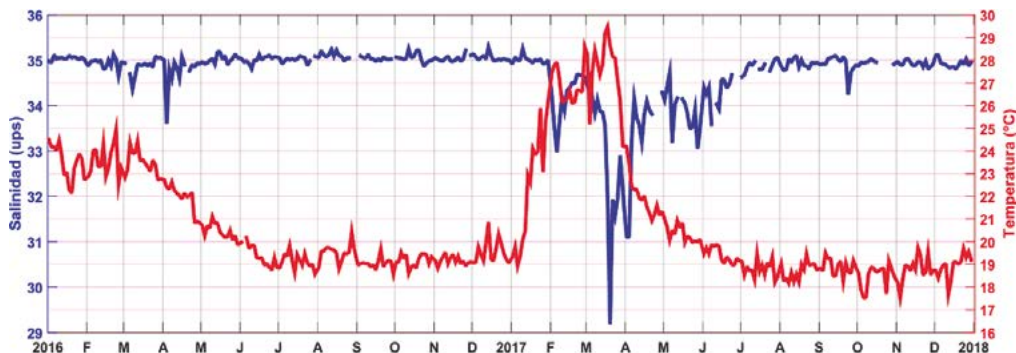


Figura 3.- TSM y SSM diarias registradas en el punto fijo de monitoreo en la playa de la caleta San José, Lambayeque, antes, durante y después de El Niño Costero 2017. Lab. Costero Santa Rosa – IMARPE

Figure 3. Daily SST and SSS recorded at the fixed monitoring point (San José cove) in Lambayeque before, during, and after 2017 CEN. IMARPE Coastal Lab. of Santa Rosa

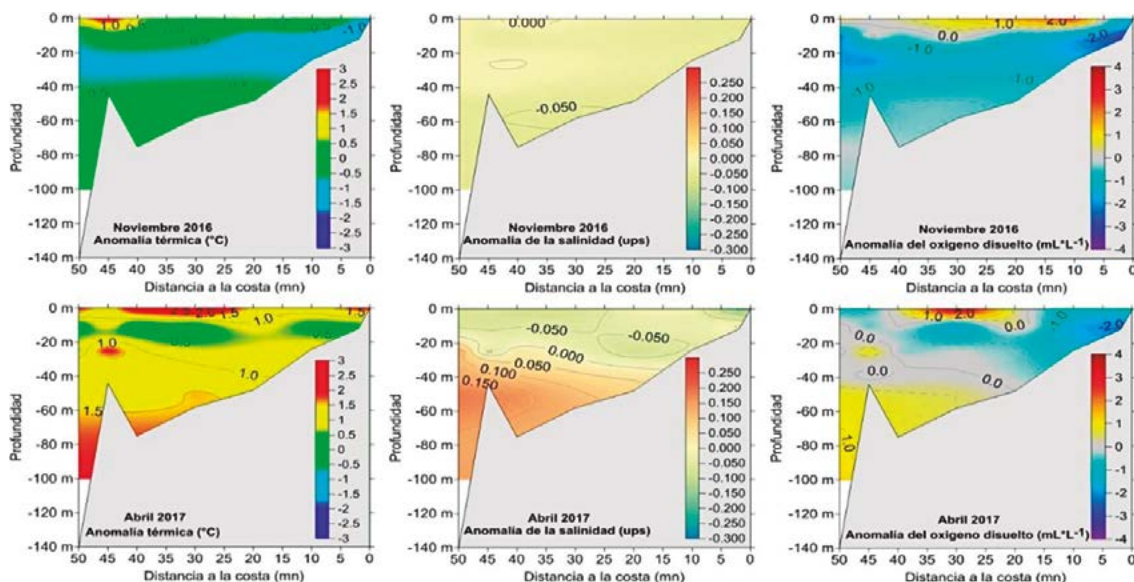


Figura 4.- Anomalías de temperatura, salinidad y oxígeno registrado antes (noviembre 2016) y después (abril 2017) de El Niño Costero 2017, en el perfil oceanográfico de San José e Islas Lobos de Afuera

Figure 4. Temperature, salinity, and oxygen anomalies recorded before (November 2016) and after (April 2017) 2017 CEN in the oceanographic profile of San José and Lobos de Afuera Islands

La información registrada en abril 2017 (fase post El Niño Costero), presentó anomalías térmicas positivas en la columna de agua desde la superficie hasta el fondo, de +1,0 a 2,5 °C sobre la capa superficial (10 m de profundidad), de +1,0 a +2,0 °C entre 30 y 100 m de profundidad. La salinidad presentó anomalías negativas alrededor de -0,05 a -0,1 ups sobre 30 m de profundidad, por debajo de 30 metros se presentaron anomalías positivas de salinidad superiores a +0,05 ups.

El oxígeno disuelto presentó anomalías variables dentro de 15 mn. Desde la superficie hasta el fondo se localizó anomalías negativas alrededor de -1,5 mL.L<sup>-1</sup>, posiblemente asociadas al alto consumo de oxígeno como consecuencia del aporte de materia orgánica a través de ríos como parte de las precipitaciones plu-

from +1.0 to 2.5 °C above the surface layer (10 m deep), from +1.0 to +2.0 °C at depths between 30 and 100 m. Salinity showed negative anomalies around -0.05 to -0.1 PSU above 30 m, while below this depth, there were positive salinity anomalies higher than +0.05 PSU.

Dissolved oxygen had variable anomalies within 15 nm. From the surface to the bottom, negative anomalies were located around -1.5 mL.L<sup>-1</sup>, which were possibly associated with high oxygen consumption resulting from the input of organic matter through rivers as part of the heavy rainfall that occurred in February and March 2017. Anomalies higher than +0.5 mL.L<sup>-1</sup> were found within 20 to 40 nm above the 10 m surface layer, due to the approach of warm waters to the coast,

viométricas ocurridas en febrero y marzo 2017. En tanto, dentro de 20 a 40 mn sobre la capa superficial de 10 m, se hallaron anomalías superiores a  $+0,5 \text{ mL.L}^{-1}$ , por el acercamiento a la costa de aguas cálidas y con mayor concentración de oxígeno. Por debajo de 40 metros de profundidad se encontraron anomalías superiores a  $+0,5 \text{ mL.L}^{-1}$ , coincidiendo con anomalías térmicas y salinas positivas, propias de la intrusión en toda la columna vertical de las AES (Fig. 4).

### Impactos biológico-pesqueros

La pesquería y biología de los principales recursos que sustentan la pesquería artesanal en el litoral de Lambayeque sufrieron alteraciones por efecto de ENC 2017. Para un análisis comparativo, se revisaron valores estacionales del 2017 y promedios estacionales del periodo 2000 – 2016 de desembarques, estructura de tallas e Índice Gonadosomático (IGS). Para ello se consideró una especie costera como la lisa (*Mugil cephalus*), otra demersal costera: cachema (*Cynoscion analis*) y pelágica: caballa (*Scomber japonicus peruanus*).

*Mugil cephalus* “lisa”, es una especie catádro y eurihalina, ampliamente distribuida en el litoral peruano, asociada a desembocaduras de ríos. Presenta las mayores concentraciones en el área norte del Perú, expresada en abundancia de los desembarques (ESPINO *et al.*, 1989), con talla media de madurez en 29 cm y desove principal en primavera – verano (GÓMEZ *et al.*, 1995).

El análisis de desembarques mensuales para el 2000-2016, permitió establecer un patrón estacional, presentando en verano mayor volumen, con promedio de 209,3 t. En el verano 2017, cuando se registró ENC, se desembarcaron 642,4 t, indicando mayor disponibilidad del recurso a la flota pesquera artesanal (Fig. 5A).

Las tallas de captura oscilaron entre 12 y 46 cm LT, pero durante ENC 2017, se registró mayor disponibilidad de adultos, incrementando la media. La moda alcanzó 38 cm LT, con 9,7% de incidencia de juveniles, inusual ante la situación pesquera del recurso (Fig. 5B).

En cuanto al proceso reproductivo, durante el verano del 2017 disminuyó el IGS, al parecer el incremento de la temperatura del mar, entre otras variables, alteró negativamente el patrón reproductivo (Fig. 5C).

*Cynoscion analis* “cachema”, se distribuye desde Santa Elena (Ecuador) hasta Coquimbo (Chile) (CHIRICHIGNO, 1974), habita en fondos arenosos y fangosos (IMARPE, 2017e), alcanzando la talla media de madurez a 20,2 cm y el desove ocurre en primavera – verano (SAMAMÉ, 1971).

with higher oxygen concentration. Below 40 m, anomalies higher than  $+0.5 \text{ mL.L}^{-1}$  were found, coinciding with positive thermal and saline anomalies, typical of the intrusion of ESW in the entire vertical column (Fig. 4).

### Biological-fisheries impacts

2017 CEN altered the fishery and biology of the main resources of the Lambayequean coast. We reviewed seasonal values for 2017 and seasonal averages for the period 2000-2016 of landings, size structure, and Gonadosomatic Index (GSI) to perform a comparative analysis. Therefore, the following species were considered: flathead mullet (*Mugil cephalus*), Peruvian weakfish (*Cynoscion analis*), and chub mackerel (*Scomber japonicus peruanus*).

*Mugil cephalus* “flathead mullet” is a catadromous and euryhaline species, which is widely distributed along the Peruvian coast, associated with river mouths. It presents the highest concentrations in northern Peru, expressed in the abundance of landings (ESPINO *et al.*, 1989), with a mean size of 29 cm at maturity and main spawning in spring and summer (GÓMEZ *et al.*, 1995).

The analysis of monthly landings for 2000-2016, allowed to establish a seasonal pattern, there was a higher volume, with a mean of 209.3 tons. In summer 2017, when CEN was recorded, 642.4 t were landed, thus reflecting greater availability of the resource for the artisanal fishing fleet (Fig. 5A).

Catch sizes ranged between 12 and 46 cm TL, but during 2017 CEN, there was greater availability of adults, which increased the mean. The mode reached 38 cm TL, with a 9.7% incidence of juveniles, which is unusual given the fishing situation of the resource. (Fig. 5B).

Regarding the reproductive process, the GSI decreased in summer 2017. It appears that the increase in sea temperature, among other variables, negatively altered the reproductive pattern (Fig. 5C).

*Cynoscion analis* “Peruvian weakfish” is distributed from Santa Elena (Ecuador) to Coquimbo (Chile) (CHIRICHIGNO, 1974), inhabiting sandy and muddy bottoms (IMARPE, 2017e). It reaches the mean size at maturity (20.2 cm) and spawning occurs in spring-summer (SAMAMÉ, 1971).

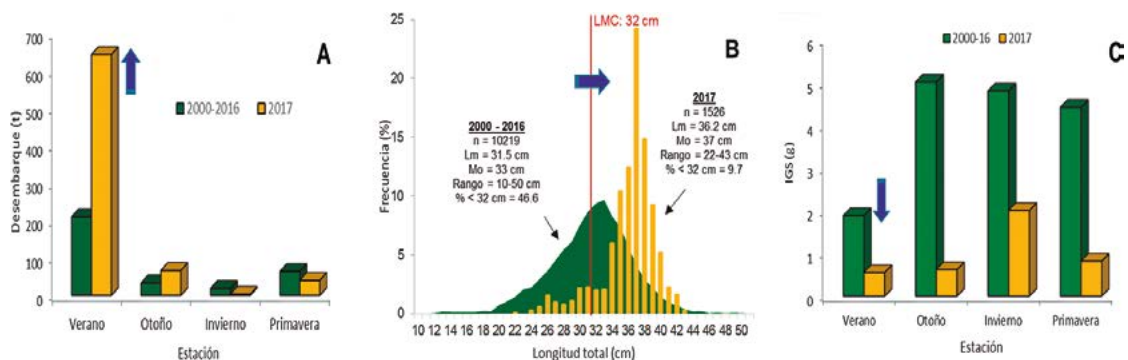


Figura 5.- Desembarque promedio (A), estructura de tallas (B), índice gonadosomático (C) estacional de *Mugil cephalus*. Periodo 2000-2016 en relación al 2017. Lambayeque

Figure 5. Mean landings (A), size structure (B), seasonal Gonadosomatic Index (C) of *Mugil cephalus* between 2000-2016 compared to 2017. Lambayeque

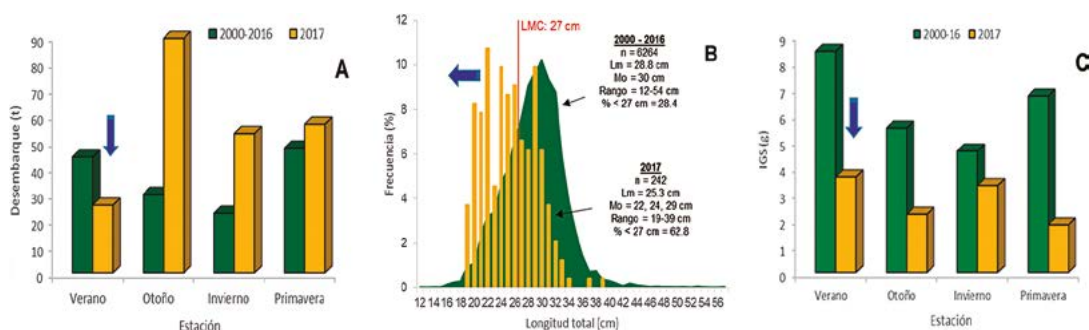


Figura 6.- Desembarque promedio (A), estructura de tallas (B), índice gonadosomático (C) estacional de *Cynoscion analis* durante el periodo 2000-2016 en relación al 2017. Lambayeque

Figure 6. Mean landings (A), size structure (B), and seasonal Gonadosomatic Index (C) of *Cynoscion analis* between 2000-2016 compared to 2017. Lambayeque

Hasta el 2016, los desembarques promedio por estación fueron menores a 50 t, pero durante ENC 2017, disminuyeron alcanzando las 30 t promedio, pero en otoño fue mayor en relación al patrón estacional (Fig. 6A). Del 2000 al 2016, el rango de tallas variaba entre 12 y 54 cm LT. En el verano 2017, ingresaron ejemplares juveniles, incrementando su incidencia en las capturas a 62,8% (Fig. 6B). La cachema desova, principalmente en verano y primavera, durante el verano 2017, decreció el valor del IGS muy por debajo del patrón reproductivo. Esto debido a las condiciones ambientales producto de ENC 2017, que afectó negativamente a su reproducción, la situación se mantuvo en el periodo post Niño Costero (Fig. 6C).

*Scomber japonicus peruanus* "caballa", recurso pelágico transzonal que se distribuye desde Manta e islas Galápagos (Ecuador) hasta el sur de bahía Darwin 45° (Chile). En el Perú está presente a lo largo del litoral, incluso más allá de las 160 millas náuticas de la costa. Presenta una talla media de madurez en 29 cm LH, siendo el desove principalmente durante el verano y al norte de 7°10'S (DIOSES, 1995).

Until 2016, mean seasonal landings were less than 50 t, but during 2017 CEN, they decreased reaching 30 t on average, but in autumn it was higher compared to the seasonal pattern (Fig. 6A).

From 2000 to 2016, the size range varied between 12 and 54 cm TL. In summer 2017, juvenile specimens were more abundant, thus their bycatch increased to 62.8% (Fig. 6B).

The Peruvian weakfish spawns, mainly in summer and spring. However, in summer 2017, the GSI value decreased significantly below the reproductive pattern. This was due to the environmental conditions resulting from 2017 CEN, which negatively affected their reproduction. This situation was maintained in the post-ENC period (Fig. 6C).

*Scomber japonicus peruanus* "chub mackerel" is a straddling pelagic resource distributed from Manta and the Galapagos Islands (Ecuador) to the south of Darwin Bay 45° (Chile). In Peru, it is present along the coast, even beyond 160 nm offshore. Its mean size at maturity is 29 cm FL, and spawning occurs mainly in summer and north of 7°10'S (DIOSES, 1995).



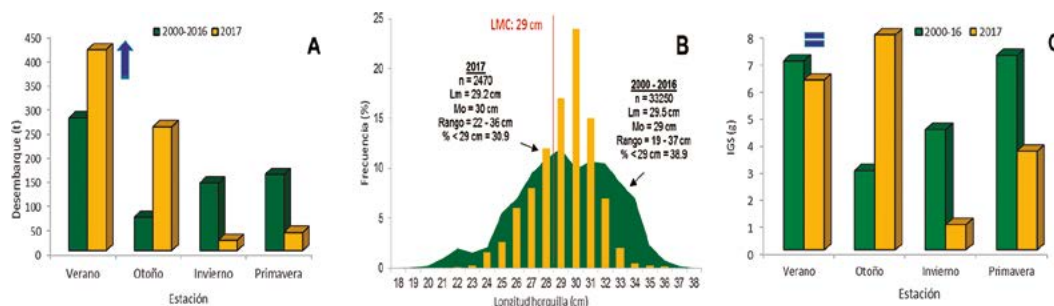


Figura 7.- Desembarque promedio (A), estructura de tallas (B), índice gonadosomático (C) estacional de *Scomber japonicus peruanus* durante el periodo 2000-2016 en relación al 2017, Lambayeque

Figure 7. Mean landings (A), size structure (B), seasonal Gonadosomatic Index (C) of *Scomber japonicus peruanus* between 2000-2016 compared to 2017, Lambayeque

En la zona de Santa Rosa, los desembarques de caballa presentan una estacionalidad marcada, siendo mayor en el verano, seguida de la primavera, (Fig. 7A). Durante el verano 2017, fueron superiores al patrón (periodo 2000-2016) en 40%, situación que continuó en otoño con incremento de 375% en relación al patrón estacional, pues el recurso se mantuvo disponible durante post Niño Costero (Fig. 7B).

Entre el 2000-2016, las tallas fluctuaron entre 19 y 37 cm LH, mientras en el verano 2017 los desembarques fueron entre 22 y 36 cm LH. Al parecer las condiciones anómalas presentadas durante ENC no afectaron la distribución del recurso, como se confirmaría con las pequeñas diferencias entre la talla media de captura y modas obtenidas para ambos periodos.

Esta especie se reproduce en verano, pero durante ENC se observó un ligero impacto en el desove, alcanzando un pico inusual en el otoño 2017, alterando el patrón reductivo de la especie (Fig. 7C).

**Otros impactos ecológicos**

**Varamiento de fauna marina.** Entre el 21 y 24 de febrero 2017, en la playa de Pimentel (desembarcadero de caballitos de totora), hubo varamiento de peces (*Scartichthys gigas* chalacos), crustáceos (cangrejo violáceo y langostas), moluscos (pulpo, *Octopus mimus*) y choritos (*Semimytilus algosus*), que habría ocurrido por incremento de temperatura del mar, e ingreso de altos volúmenes de aguas de río (IMARPE, 2017a). Varamientos similares ocurrieron el 10 de marzo entre caleta Santa Rosa y Pimentel, en ese caso los chalacos, tenían fango en las branquias, que habría afectado su respiración (IMARPE, 2017 b). Se estimó un volumen de 800 kg (Fig. 8), algunos pobladores recolectaron ejemplares frescos para consumo. También se encontraron crustáceos como: *Romaleon setosum*, *Hepatus chiliensis*, *Platyxanthus orbigny*, *Emerita analoga*, además de *S. algosus* y *O. mimus*.

In Santa Rosa, chub mackerel landings have a noticeable seasonality, being higher in the summer, followed by the spring (Fig. 7A). During summer 2017, landings were higher than the pattern (2000-2016 period) by 40%, a situation that continued in autumn with an increase of 375% compared to the seasonal pattern, as the resource remained available during post-CEN (Fig. 7B).

Between 2000-2016, sizes ranged between 19 and 37 cm FL, while in summer 2017 sizes were between 22 and 36 cm FL. It appears that the anomalous conditions presented during CEN did not affect its distribution, as would be confirmed by the small differences between the mean catch size and modes obtained for both periods.

This species breeds in summer, but during CEN, a slight impact on spawning was observed, reaching an unusual peak in autumn 2017, thus altering the species reductive pattern (Fig. 7C).

**Other ecological impacts**

**Marine wildlife stranding.** Between February 21 and 24, 2017, there were strandings of fish (*Scartichthys gigas* giant blenny), crustaceans (purple stone crab and lobsters), mollusks (octopus, *Octopus mimus*), and mussels (*Semimytilus algosus*) on the Pimentel beach. Such events were caused by an increase in sea temperature and the large volumes of freshwater input (IMARPE, 2017a). Similar strandings occurred on March 10 between Santa Rosa cove and Pimentel. In this case, *S. gigas* had mud in their gills, which would have affected their respiration (IMARPE, 2017 b). A volume of 800 kg was estimated (Fig. 8), some locals collected fresh specimens for consumption. Crustaceans such as *Romaleon setosum*, *Hepatus chiliensis*, *Platyxanthus orbigny*, *Emerita analoga*, as well as *S. algosus* and *O. mimus* were also found.

En cuanto a las aves marinas, el 14 de marzo 2017, durante el recorrido entre la desembocadura del Río Zaña y caleta San José, se registraron 45 ejemplares de guanay. La mayoría de ellos estaban débiles y nueve ejemplares muertos. El guanay es una especie poco usual en el litoral de Lambayeque, suelen habitar en las islas Lobos de Afuera y Lobos de Tierra, pero ante los cambios oceanográficos que alejaron la anchoveta de sus habituales zonas de distribución, se vieron forzados a emigrar hacia la costa (Fig. 9). También se observaron pelícanos, así como otras aves marinas (gaviotas, gaviota de franklin, ostreros, chorlitos), las mismas que no presentaban indicios de inanición (IMARPE, 2017 c).

Regarding seabirds, on March 14, 2017, during a survey between the mouth of the Zaña River and San José cove, 45 specimens of guanay cormorant were recorded. Most of them were weak and nine specimens were dead. The guanay cormorant is an unusual species along the Lambayequean coast. They usually inhabit the Lobos de Afuera and Lobos de Tierra islands, but due to oceanographic changes that pushed the anchoveta away from their usual distribution areas, they were forced to migrate towards the coast (Fig. 9). Pelicans were also observed, as well as other seabirds (gulls, Franklin’s gull, among others), which showed no signs of starvation (IMARPE, 2017 c).



Figura 8.- Varamiento de fauna marina en la caleta Santa Rosa y Pimentel, durante El Niño Costero 2017

Figure 8. Marine wildlife stranding in Santa Rosa and Pimentel coves, during 2017 CEN



Figura 9.- Aves de islas en las costas de Lambayeque durante El Niño Costero 2017

Figure 9. Island birds on the Lambayequean coast during 2017 CEN

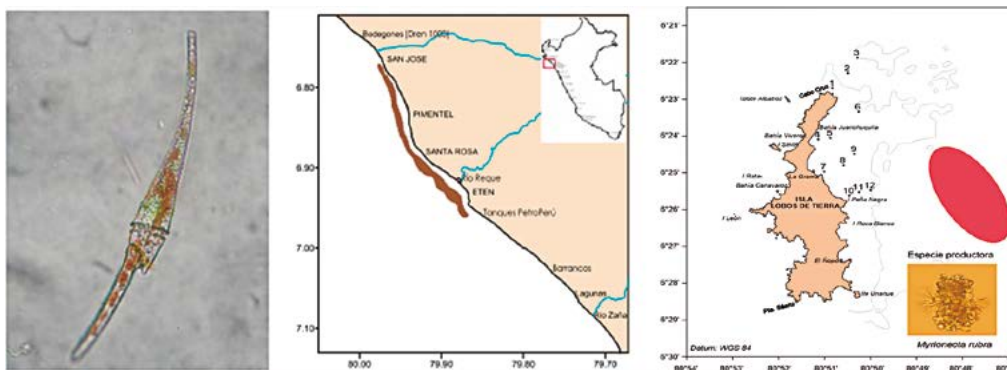


Figura 10.- Localización de especie productora de marea roja en las costas de Lambayeque en enero 2017 y floraciones algales cerca de la isla Lobos de Tierra, abril 2017

Figure 10. Location of red tide producing species off the coast of Lambayeque in January 2017 and algal blooms near Lobos de Tierra Island, April 2017

La presencia de vientos débiles en enero y abril 2017, generaron una relativa estabilidad en la columna de agua; al mismo tiempo, las intensas lluvias acarrearón nutrientes como fosfatos silicatos y nitratos hacia la zona costera. Estos dos factores son considerados principales causas de aparición de eventos algales (BARANGE & PERRY, 2009).

Durante el desarrollo de ENC 2017, se registró ocurrencia de dos floraciones microalgales, una fue producida por el dinoflagelado *Ceratium fusus* var. *fuscus*, cuyo evento se observó en una franja paralela a la costa color marrón oscuro, registrado también por SÁNCHEZ *et al.* (2021). El segundo lo produjo el ciliado *Myrionecta rubra*, dispuesto en parches cercanos a islas Lobos de Tierra (Fig. 10), ambas especies son catalogadas como no tóxicas; ambos eventos estuvieron relacionados con la estabilidad de la columna de agua y el ingreso de aguas de río (IMARPE, 2017d).

#### 4. DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación muestran que, frente a Lambayeque, las manifestaciones de ENC 2017 fueron precedidas por eventos de debilitamiento de vientos desde octubre 2016. Su prolongada presencia, favoreció la intromisión de AES desde el norte, así como el avance hacia la costa de aguas cálidas. La disminución de intensidad del viento, como elemento precursor de condiciones cálidas frente a Perú y Ecuador fueron analizadas en GARREAUD (2018).

Las anomalías de TSM alcanzaron +7 °C en el pico del evento. En la segunda semana de marzo 2017, la variabilidad de condiciones marinas a nivel vertical frente a las costas de Lambayeque no se registró durante el desarrollo de ENC 2017. Ello limita la evaluación del impacto a nivel sub superficial y fondo.

Between January and April 2017, the presence of weak winds generated relative stability in the water column. Simultaneously, the heavy rains brought nutrients such as phosphates, silicates, and nitrates to the coast. These two factors are considered the main causes of algal events (BARANGE & PERRY, 2009).

During 2017 CEN, two microalgal blooms were recorded. One was produced by the dinoflagellate *Ceratium fusus* var. *fuscus*, whose event was observed in a dark brown strip parallel to the coast, which was also recorded by SÁNCHEZ *et al.* (2021). The second was produced by the ciliate *Myrionecta rubra*, arranged in patches near Lobos de Tierra islands (Fig. 10), both species are classified as non-toxic. The two events were related to the stability of the water column and the freshwater inputs (IMARPE, 2017d).

#### 4. DISCUSSION

Our results show that, off Lambayeque, 2017 CEN was preceded by weakening wind events since October 2016. Their prolonged presence favored the intrusion of ESW from the north, as well as the advance towards the coast of warm waters. The decrease in wind intensity as a precursor of warm conditions off Peru and Ecuador was analyzed in GARREAUD (2018).

SSTA reached +7 °C at the peak of the event. In the second week of March 2017, the variability of marine conditions at the vertical level off the Lambayeque's coast was not recorded during 2017 CEN. This limits the evaluation of the impact at the sub-surface and bottom levels.

A partir de la tercera semana de marzo se registraron vientos fuertes que coincidieron con el descenso de TSM, siendo determinantes para la declinación del calentamiento superficial asociado a ENC 2017. Eventos de intensificación de vientos en la franja costera peruana durante febrero coinciden con intensificación de vientos generados en periodos cálidos, que estarían relacionados a formación de un gradiente térmico latitudinal (CHAMORRO, 2018).

ENC 2017 produjo impactos sobre la pesca artesanal frente a Lambayeque, provocando mayor disponibilidad de lisa con incremento en su desembarque, que registró hasta 865 t en marzo 2017, valor superior al promedio de verano, registrado entre 2000 - 2016, de 209,3 t. Se observó disminución en los desembarques de cachema (39%) y caballa (0,5%), en comparación con los años 2000 a 2016.

El inusual incremento de la temperatura del mar durante ENC 2017, alteró el proceso reproductivo, retrasando y reduciendo el desove de lisa; similar situación se dio con la cachema, pero en menor medida. El desove de caballa fue similar al patrón estacional de verano, pero mayor en el otoño-invierno.

El aumento del caudal de los ríos, produjo mayor aporte de material sedimentario en suspensión hacia el mar, generando alteración en el ecosistema marino costero, afectando principalmente a las especies que habitan cerca del litoral. Ello provocó varamientos de peces, crustáceos y moluscos tanto en febrero como en marzo 2017.

Por otro lado, la menor disponibilidad de anchoveta (*Engraulis ringens*), principal alimento del guanay y otras aves guaneras, por incremento de la temperatura, provocó migraciones y muerte por inanición de esos organismos. Se llegó a encontrar aves marinas varadas a lo largo del litoral costero, particularmente en los centros de desembarque.

## 5. CONCLUSIONES

La ocurrencia de El Niño Costero 2017 fue precedido por eventos de debilitamiento del viento, ocurridos desde octubre 2016 hasta febrero 2017. Estas condiciones provocaron el acercamiento de aguas cálidas hacia la zona costera, registrando anomalías de TSM de hasta +7 °C en la segunda semana de marzo 2017.

Vientos fuertes, a partir de la tercera semana de marzo, coincidieron con el descenso de ATSM, siendo determinantes para la declinación del calentamiento superficial asociado a ENC 2017.

From the third week of March onwards, strong winds were recorded, which coincided with the decrease in SST, being determinant for the decline in surface warming associated with 2017 CEN. Wind intensification events in the Peruvian coastal strip during February coincide with the intensification of winds generated during warm periods, which would be related to the formation of a latitudinal thermal gradient (CHAMORRO, 2018).

2017 CEN impacted artisanal fisheries off Lambayeque, producing greater availability of flathead mullet with an increase in its landings, which amounted to 865 t in March 2017, a value higher than the average (209.3 t) for the summer, recorded between 2000-2016. A decrease in landings of Peruvian weakfish (39%) and chub mackerel (0.5%) was observed, compared to the period between 2000 and 2016.

The unusual increase in sea temperature during 2017 CEN, altered the reproductive process, delaying and reducing flathead mullet spawning. A similar situation occurred with the Peruvian weakfish but to a lesser extent. Chub mackerel spawning was similar to the summer seasonal pattern but higher in autumn-winter.

The increase in river flow produced a greater contribution of suspended sediments towards the sea, which altered the coastal marine ecosystem, mainly affecting the species inhabiting nearshore areas. This caused the stranding of fish, crustaceans, and mollusks in February and March 2017.

On the other hand, the reduced availability of anchoveta (*Engraulis ringens*), which is the main food of guanay cormorant and other guano birds, due to the increase in temperature, caused migrations and starvation of these organisms. Stranded seabirds were found along the coast, particularly in the landing sites.

## 5. CONCLUSIONS

2017 CEN was preceded by wind weakening events, which occurred from October 2016 to February 2017. Therefore, warm waters approached the coastal zone, recording SSTAs of up to +7 °C in the second week of March 2017.

From the third week of March onwards, strong winds coincided with the decrease in SSTA and were significant for the decline in the surface warming associated with 2017 CEN.

ENC 2017 produjo impactos sobre recursos que sustentan la pesca artesanal frente a Lambayeque, ya que alteró los patrones de desembarque, estructura de tallas, así como la reproducción de lisa (*Mugil cephalus*), caballa (*Scomber japonicus peruanus*) y cachema (*Cynoscion analis*).

Varamiento de peces (chalacos, *Scartichthys gigas*), crustáceos (*Romaleon setosum*, *Hepatus chiliensis*, *Platyxanthus orbigny* y *Emerita analoga*), moluscos (pulpo, *Octopus mimus* y choritos, *Semimytilus algosus*); presencia de aves marinas (guanay) que habitan en las islas Lobos de Afuera, fueron reportadas en las playas de Lambayeque.

FAN producidas por el dinoflagelado *Ceratium fusus* var. *fusus* y el ciliado *Myrionecta rubra*, se registraron durante la fase madura de ENC 2017.

### Agradecimientos

Al personal que recolecta y analiza las muestras de la temperatura, salinidad superficial del mar, así como a quienes registran la información hidrobiológica (lisa, cachema y caballa), que forman parte del seguimiento de la pesquería artesanal y desembarques pesqueros en el Laboratorio Costeros de Santa Rosa, Lambayeque.

2017 CEN impacted the resources supporting artisanal fisheries off Lambayeque, as it altered the landing patterns, size structure, and reproduction of flathead mullet (*Mugil cephalus*), chub mackerel (*Scomber japonicus peruanus*), and Peruvian weakfish (*Cynoscion analis*).

Strandings of fish (giant blenny, *Scartichthys gigas*), crustaceans (*Romaleon setosum*, *Hepatus chiliensis*, *Platyxanthus orbigny*, and *Emerita analoga*), mollusks (octopus, *Octopus mimus* and mussels, *Semimytilus algosus*). Also, the presence of seabirds (guanay) inhabiting the Lobos de Afuera islands, were reported on the beaches of Lambayeque.

HABs produced by the dinoflagellate *Ceratium fusus* var. *fusus* and the ciliate *Myrionecta rubra* were recorded during the mature phase of the 2017 coastal El Niño.

### Acknowledgments

We would like to thank the staff that collects and analyzes samples of sea temperature and surface salinity, as well as those who record hydrobiological information (flathead mullet, Peruvian weakfish, and chub mackerel), which are part of the monitoring of the artisanal fisheries and landings at the Coastal Laboratory of Santa Rosa, Lambayeque.

## REFERENCIAS / REFERENCES

- ALVITRES V, FUPUY J, CHANAMÉ J, CHAMBERGO A. 2005. Aspectos biológicos de *Emerita analoga* en relación al ciclo "El Niño Oscilación Sur" 1996 - 2000, Lambayeque - Perú. Revista Flume. 1(1): 52-60.
- BARANGE M, PERRY R I. 2009. Physical and ecological impacts of climate change relevant to marine and inland capture fisheries and aquaculture (FAO ed.) Roma. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper.
- BENTAMY A, CROIZÉ-FILLON D C. 2012. Gridded surface wind fields from Metop/ASCAT measurements. International journal of remote sensing. 33(6): 1729-1754.
- BENTAMY A, KATSAROS K, DRENNAN W M, FORDE E B. 2002. Daily surface wind fields produced by merged satellite data. American Geophysical, Union Geophysical Monograph Series. 127 : 343-349.
- CHAMORRO A. 2018. Dynamique des vents côtiers dans le système d'upwelling du Pérou dans des conditions de réchauffement : impacts d'El Niño et du changement climatique régional. Informe de tesis para optar el grado de doctor, Sorbonne Université, Paris, Francia.
- CHIRICHIGNO N. 1974. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Inf Inst Mar Perú. 44: 387.
- CORREA D, CHAMORRO A, TAM J. 2020. Clasificación pentadal de vientos frente a la costa peruana. Revista de Investigación de Física. 23(3).
- DIOSES T. 1995. Análisis de la distribución y abundancia de los recursos jurel y caballa frente a la costa peruana. Inf Prog Inst Mar Perú. 3: 55.
- ECHEVIN V, COLAS F, ESPINOZA-MORRIBERÓN D, VÁSQUEZ L, ANCULLE T, GUTIÉRREZ D. 2018. Forcings and Evolution of the 2017 Coastal El Niño Off Northern Peru and Ecuador. Frontiers in Marine Science. doi:10.3389/fmars.2018.00367
- ESPINO M. 1999. El Niño 1997-98: su efecto sobre el ambiente y los recursos pesqueros en el Perú. Rev. peruana Biol. Extraordinario: 97-109.
- ESPINO M, VELIZ M, VALDIVIA E. 1989. Algunos Aspectos sobre la biología y Pesquería de los Recursos que sustentan la Actividad Artesanal en el Perú. Revista de la Comisión Permanente del Pacífico Sur. 18: 49-68.
- ESPINO M, YAMASHIRO C, FERNÁNDEZ F, CÁRDENAS G. 1995. Aspectos metodológicos relacionados con el análisis de las pesquerías y sus recursos. Inf Inst Mar Perú. 111, 112, 113, 114: 34.
- GARREAU R D. 2018. A plausible atmospheric trigger for the 2017 coastal El Niño. Inter. J. Climatology. doi: 10.1002/joc.5426
- GÓMEZ E, PAREDES F, CHIPOLLINI A. 1995. Aspectos biológico-pesqueros de la lisa *Mugil cephalus* L. en el litoral peruano. Instituto del Mar del Perú. Callao-Perú, 108, 24.
- IMARPE. 2017a. Monitoreo de varamiento de fauna marina, febrero 2017 (21-24/02/2017). Informe interno, IMARPE, Lab. Costero de Santa Rosa.
- IMARPE. 2017b. Fauna marina varada entre desembocadura río Reque y caleta San José, 10 de marzo 2017. Informe interno, IMARPE, Laboratorio Costero de Santa Rosa.

- IMARPE. 2017c. Fauna marina varada entre desembocadura río Zaña a caleta San José, 14 de marzo 2017. Informe interno, IMARPE, Laboratorio Costero de Santa Rosa.
- IMARPE. 2017d. Floraciones algales cerca a la Islas Lobos de Tierra, abril 2017. Reporte interno.
- IMARPE. 2017e. Catálogo de especies: Ayanque, Cachema, Cachema sechurana (*Cynoscion analis*). Recuperado: 19 enero 2021, de [http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/pag\\_fichas\\_detalle.php?id\\_especie=000016](http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/pag_fichas_detalle.php?id_especie=000016)
- JORDÁN R. 1983. Variabilidad de los recursos pelágicos en el Pacífico Sudeste. FAO Fisheries Report. 2(291): 113-129.
- SAMAMÉ M. 1971. Observaciones de la madurez sexual y desove de la cachema *Cynoscion analis* (Jenyns) de Paita. Informes especiales, Inst Mar Perú. 81: 1-44.
- SÁNCHEZ S, DELGADO E, BERNALES A, JACOBO N, FRANCO A, CORREA D. 2021. Floraciones algales nocivas en la costa peruana durante 2017 y su relación con El Niño Costero. Bol Inst Mar Perú. 36(2): 446-456.