Bol Inst Mar Perú. Vol. 41 (2): e449, julio-diciembre 2026
ISSN: 0458-7766 / e-ISSN: 2810-868X
Instituto del Mar del Perú
DOI: https://doi.org/10.53554/boletin.v41i2.449

Artículo original

Licencia Creative Commons
Atribución-No-Comercial
Compartir Igual 4.0 Internacional

VARAMIENTO DE ORGANISMOS BENTÓNICOS EN LA COSTA CENTRAL DEL PERÚ DURANTE 2024

BENTHIC ORGANISM STRANDINGS ALONG THE CENTRAL COAST OF PERU IN 2024

Rossana Cabanillas[1,*] *Jesús Ledesma*[1] *Gianella Fabian*[1]
José Santamaría[1] *Sara Clemente*[1] *Flor Paredes*[1]

[1] Instituto del Mar del Perú, Callao, Perú.
*Correspondencia. E-mail: rcabanillas@imarpe.gob.pe
Recibido: 12-11-2025, Aceptado: 29-08-2026, Publicado: 10-09-2026

RESUMEN

El presente estudio documenta y analiza seis eventos de varamiento de organismos bentónicos registrados durante marzo, abril y octubre 2024, en playas de la costa central de Perú (Chorrillos, San Bartolo y Punta Hermosa) durante la fase final del evento El Niño 2023–2024. Se evaluó la composición taxonómica, la abundancia y la biomasa del material varado, así como las condiciones fisicoquímicas asociadas (temperatura superficial del mar, oxígeno disuelto, pH NBS, clorofila-*a* y nutrientes). Se identificaron 52 especies distribuidas en nueve phyla. El varamiento que presentó mayor riqueza taxonómica ocurrió en marzo 2024 en San Bartolo Sur, donde se registraron 33 especies, con dominio de equinodermos en términos de abundancia relativa (>90 %) destacando *Athyonidium chilensis* (Semper, 1868), *Pattalus mollis* Selenka, 1868, *Arbacia nigra* (Molina, 1782) y *Caenocentrotus gibbosus* (L. Agassiz in L. Agassiz & Desor, 1846). Este evento coincidió con temperaturas superficiales inusualmente elevadas, concentraciones excepcionalmente altas de clorofila *-a* y un episodio localizado de anoxia acompañado del descenso de pH. En abril 2024, en Punta Hermosa, predominó el varamiento masivo de mitílidos, principalmente *Semimytilus patagonicus* (Hanley, 1843), con los mayores valores en términos de abundancia y biomasa relativa, posiblemente asociado a previo estrés térmico y procesos de transporte. En octubre, bajo condiciones oceanográficas neutras, los varamientos estuvieron dominados por macroalgas, especialmente *Ulva* spp. y *Gracilariopsis lemaneiformis* (Bory de Saint-Vincent) E.Y.Dawson, Acleto & Foldvik, 1964, sin evidencias de anoxia. Los resultados sugieren que procesos físicos y biogeoquímicos pueden contribuir de manera distinta en la ocurrencia de varamientos de organismos bentónicos en la costa central de Perú.
Palabras clave: invertebrados, peces, macroalgas, floración algal nociva, anoxia, El Niño

ABSTRACT

This study documents and examines six benthic organism stranding events recorded in March, April, and October 2024 on beaches along the central coast of Peru (Chorrillos, San Bartolo, and Punta Hermosa), during the final phase of the 2023/24 El Niño event. The taxonomic composition, abundance, and biomass of stranded material were assessed in relation to associated physicochemical conditions, including sea surface temperature, dissolved oxygen, NBS-scale pH, chlorophyll-*a*, and nutrient concentrations. A total of 52 species belonging to nine phyla were identified. The greatest taxonomic richness was recorded at San Bartolo Sur in March 2024, with 33 species. Echinoderms accounted for more than 90% of the relative abundance, with *Athyonidium chilensis* (Semper, 1868), *Pattalus mollis* Selenka, 1868, *Arbacia nigra* (Molina, 1782), and *Caenocentrotus gibbosus* (L. Agassiz in L. Agassiz & Desor, 1846) among the most prominent species. This stranding coincided with unusually high sea surface temperatures, exceptionally high chlorophyll-*a* concentrations, and a localized anoxic episode accompanied by a decline in pH. In April 2024, Punta Hermosa experienced a mass stranding of mytilids, primarily *Semimytilus patagonicus* (Hanley, 1843), which showed the highest relative abundance and biomass. This event was possibly associated with preceding thermal stress and transport processes. By October, under neutral oceanographic conditions, strandings were dominated by macroalgae, particularly *Ulva* spp. and *Gracilariopsis lemaneiformis* (Bory de Saint-Vincent) E.Y. Dawson, Acleto & Foldvik, 1964, with no evidence of anoxia. Overall, the results suggest that physical and biogeochemical processes may contribute through different mechanisms to benthic organism stranding events along the central coast of Peru.
Keywords: invertebrates, fish, macroalgae, harmful algal blooms, anoxia, El Niño

Como referenciar este artículo (APA 7ed): Cabanillas, R., Ledesma, J., Fabian, G., Santamaría, J., Clemente, S. & Paredes, F. (2026). Varamiento de organismos bentónicos en la costa central del Perú durante 2024. *Bol Inst Mar Perú*, *41*(2), e449. https://doi.org/10.53554/boletin.v41i2.449

1. INTRODUCCIÓN

Los varamientos de organismos bentónicos se refieren a eventos en los que grandes cantidades de invertebrados, algas y peces asociados al fondo marino llegan a la orilla del mar, vivos, moribundos o muertos (Turra *et al.*, 2016; García-de-Lomas *et al.*, 2019). En muchos casos, se relacionan con procesos físicos y biológicos que favorecen el desprendimiento, transporte o mortandad de organismos bentónicos, los cuales pueden ser posteriormente depositados en la zona litoral por efecto del oleaje y las corrientes costeras (Garrabou *et al.*, 2009; García-de-Lomas *et al.*, 2019).

Las causas de estos eventos pueden ser bióticas o abióticas. Dentro de las bióticas se incluyen las floraciones algales nocivas, la aparición de enfermedades y la mortalidad asociada a eventos reproductivos (Dupont *et al.*, 2010; Jürgens *et al.*, 2015). Los factores abióticos comprenden marejadas, disminución del oxígeno disuelto debido a surgencias costeras, variaciones en las corrientes marinas, oleajes intensos, cambios abruptos en la temperatura y salinidad, procesos de eutrofización y contaminación por hidrocarburos (Vaquer-Sunyer & Duarte, 2008; Garrabou *et al.*, 2009). En el Pacífico sudoriental, estos eventos se desarrollan en un contexto oceanográfico influenciado por el sistema de surgencia de Perú–Chile, caracterizado por la presencia de una intensa zona mínima de oxígeno y por una marcada variabilidad en las condiciones de oxígeno disuelto en la plataforma continental (Paulmier & Ruiz-Pino, 2009; Graco *et al.*, 2017).

En Perú, son escasos los estudios que documentan los varamientos de organismos bentónicos y las condiciones fisicoquímicas asociadas a su ocurrencia. Entre los reportes más antiguos, se cuenta con registro del varamiento de lisa *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758, durante un evento anóxico en la bahía de Paracas provocado por un elevado aporte de materia orgánica (Jacinto *et al.*, 1996) así como las registradas en la bahía de Sechura asociadas a floraciones algales (Imarpe, 2019). Recientemente, se han reportado eventos de mortandad de peces e invertebrados asociados a floraciones algales nocivas en distintas zonas de la costa peruana, como la bahía de Paracas (Sánchez *et al.*, 2021), la playa de Huanchaco (Imarpe, 2024a) y la Reserva Nacional San Fernando (Imarpe, 2024b). En cuanto a los varamientos de

1. INTRODUCTION

Benthic organism strandings occur when large numbers of seafloor-associated invertebrates, algae, and fishes are deposited along the shoreline, alive, moribund, or dead (Turra *et al.*, 2016; García-de-Lomas *et al.*, 2019). These events often involve physical and biological processes that detach, transport, or kill benthic organisms, which wave action and coastal currents may then carry ashore (Garrabou *et al.*, 2009; García-de-Lomas *et al.*, 2019).

The processes responsible for these events may be biotic or abiotic. Biotic drivers include harmful algal blooms, disease outbreaks, and mortality associated with reproductive events (Dupont *et al.*, 2010; Jürgens *et al.*, 2015). Abiotic drivers include storm surges, declines in dissolved oxygen associated with coastal upwelling, shifts in ocean currents, intense wave action, abrupt changes in temperature and salinity, eutrophication, and hydrocarbon pollution (Vaquer-Sunyer & Duarte, 2008; Garrabou *et al.*, 2009). In the southeastern Pacific, these events occur within an oceanographic setting strongly influenced by the Peru–Chile upwelling system, which is characterized by an intense oxygen minimum zone and pronounced variability in dissolved oxygen levels over the continental shelf (Paulmier & Ruiz-Pino, 2009; Graco *et al.*, 2017).

In Peru, benthic organism strandings and the physicochemical conditions associated with their occurrence remain poorly documented. One of the earliest records describes a stranding of *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 during an anoxic event in Paracas Bay caused by high organic matter inputs (Jacinto *et al.*, 1996). Strandings associated with algal blooms have also been recorded in Sechura Bay (Imarpe, 2019). More recently, mortality events involving fishes and invertebrates associated with harmful algal blooms have been reported at several locations along the Peruvian coast, including Paracas Bay (Sánchez *et al.*, 2021), Playa Huanchaco (Imarpe, 2024a), and the San Fernando National Reserve (Imarpe, 2024b). For macroalgae, the only available record corresponds to a mass

macroalgas, se dispone únicamente del reporte del encallamiento masivo de *Lessonia nigrescens (*Bory de Saint-Vincent, 1826), *Lessonia trabeculata (*Villouta & Santelices, 1986) y *Macrocystis pyrifera* (Linnaeus) C.Agardh, 1820) en las playas ubicadas entre Pozo de los Misios y Media Luna, en la provincia de Caravelí (Imarpe, 2021). En conjunto, los eventos de varamiento de organismos bentónicos reportados para la costa peruana entre 2019 y 2024 se sintetizan en el Anexo 1.

Los varamientos de organismos bentónicos pueden proporcionar información relevante sobre cambios ambientales y perturbaciones que afectan los ecosistemas marino-costeros. Dado que las comunidades bentónicas son reconocidas como indicadores del estado ecológico y la calidad ambiental, el estudio de estos eventos constituye una herramienta útil para el monitoreo ambiental y la evaluación de cambios en los ecosistemas marinos (Dauer, 1993; Borja *et al*., 2000; Jayachandran *et al*., 2022). A pesar de la recurrencia de estos eventos, existe una limitada comprensión de los procesos que los desencadenan y de su impacto sobre las comunidades bentónicas. En este contexto, el presente trabajo busca aportar información científica que contribuya a mejorar la interpretación de estos eventos y fortalecer el conocimiento sobre su relación con las condiciones ambientales en sistemas costeros.

El presente estudio tiene como objetivo caracterizar y documentar los varamientos de organismos bentónicos durante 2024 en la costa central de Perú, así como describir las condiciones oceanográficas asociadas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la zona costera al sur de Lima, donde se reportaron eventos de varamiento, evaluándose áreas pedregosas y arenosas de la zona intermareal, correspondientes a las franjas de secado y retención (Salvat, 1964) (Anexo 2). Los muestreos se efectuaron en marzo, abril y octubre 2024, se establecieron seis puntos de muestreo, cuyas características se detallan en la Tabla 1 y se visualizan en la Figura 1. Todas las estaciones fueron incluidas en el análisis fisicoquímico; sin embargo, solo algunas registraron eventos de varamiento.

stranding of *Lessonia nigrescens* (Bory de Saint-Vincent, 1826), *Lessonia trabeculata* (Villouta & Santelices, 1986), and *Macrocystis pyrifera* (Linnaeus) C. Agardh, 1820 along beaches between Pozo de los Misios and Media Luna in Caravelí Province (Imarpe, 2021). Benthic organism stranding events reported along the Peruvian coast between 2019 and 2024 are summarized in Annex 1.

Benthic organism strandings can provide valuable insight into environmental changes and disturbances affecting marine and coastal ecosystems. Because benthic communities are widely recognized as indicators of ecological status and environmental quality, documenting and examining these events can provide a useful basis for environmental monitoring and for assessing changes in marine ecosystems (Dauer, 1993; Borja *et al*., 2000; Jayachandran *et al*., 2022). Despite their recurrent occurrence, the processes that trigger these events and their effects on benthic communities remain insufficiently understood. Accordingly, this study seeks to provide scientific information that will improve the interpretation of benthic organism strandings and contribute to a better understanding of their relationship with environmental conditions in coastal systems.

This study aims to characterize and document benthic organism strandings along the central coast of Peru during 2024 and to describe the oceanographic conditions associated with their occurrence.

2. MATERIALS AND METHODS

Study Area

The study was conducted along the coast south of Lima, where benthic organism strandings had been reported. Surveys covered rocky and sandy intertidal habitats corresponding to the drying and retention zones defined by Salvat (1964) (Annex 2). Sampling was carried out in March, April, and October 2024 at six stations. Station characteristics are summarized in Table 1, and their locations are shown in Figure 1. All stations were included in the physicochemical assessment, although strandings were observed at only some of them.

Tabla 1.- Estaciones evaluadas durante los eventos de varamiento de organismos bentónicos en la costa central de Perú, durante 2024

Table 1. Stations surveyed for benthic organism stranding's along the central coast of Peru in 2024

Estación	Localidad	Playa	Fecha	Latitud/Long	Varamiento	Características Físicas (observación visual)
E-01	Chorrillos	Muelle de Chorrillos	25 mar 30 oct	12°09'55,09"S 77°01'40,68"O	Si	Arena fina
E-02		La Herradura	25 mar	12°10'25,64"S 77°02'02,06"O	No	Pedregosa
E-03	San Bartolo	San Bartolo Sur	25 mar 30 oct	12°23'41,14"S 76°46'39,60"O	Si	Pedregosa
E-04		San Bartolo Norte	25 mar	12°23'07,36"S 76°47'03,83"O	No	Arena gruesa
E-05	La Punta	Playa Caballeros	16 abr	12°19'49,83"S 76°49'57,15"O	Si	Arena gruesa
E-06		Playa Señoritas	16 abr	12°19'30,84"S 76°50'06,32"O	Si	Arena gruesa

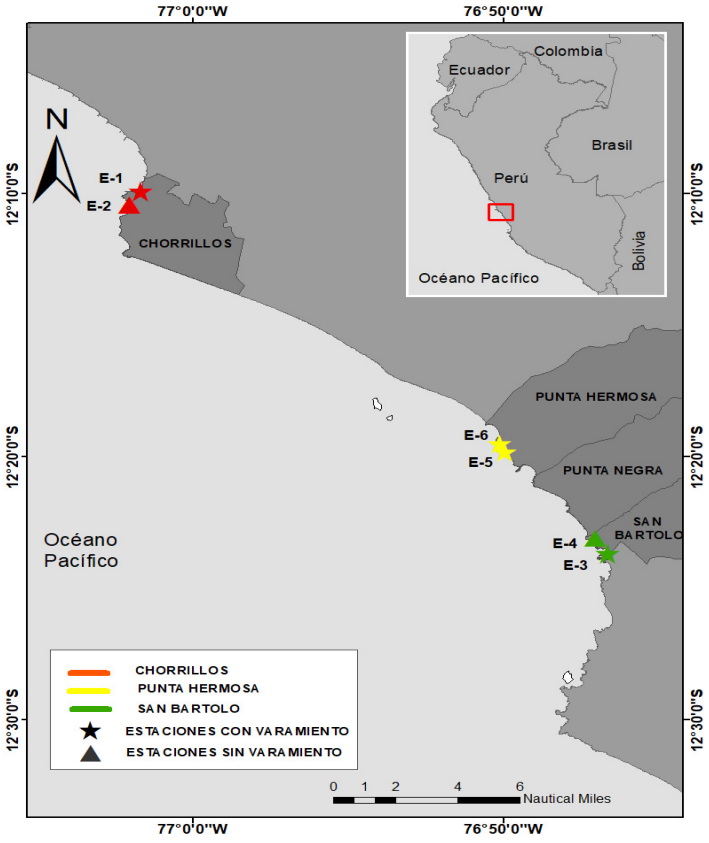


Figura 1.- Zonas de varamiento de organismos bentónicos en la costa central de Perú, durante2024

Figure 1. Benthic organism stranding sites along the central coast of Peru in 2024

Parámetros fisicoquímicos

Las muestras de agua de mar superficial fueron recolectadas mediante balde plástico y transferidas inmediatamente a botellas de polietileno previamente acondicionadas, enjuagadas con agua de mar de la estación para la determinación de oxígeno disuelto, nutrientes inorgánicos disueltos, clorofila-a y pH en escala NBS (*National Bureau of Standards*). El oxígeno disuelto fue fijado in situ y posteriormente determinado mediante el método clásico de Winkler, en su versión modificada por Carritt y Carpenter (1966), basado en titulación yodométrica. Las muestras destinadas al análisis de nutrientes (fosfato, silicato, nitrato y nitrito) fueron conservadas a −20 °C hasta su análisis en el Laboratorio de Hidroquímica Marina, donde se determinaron mediante métodos colorimétricos siguiendo a Strickland y Parsons (1972). La concentración de clorofila-*a* se determinó por fluorometría, previa extracción con acetona al 90 %, utilizando un fluorómetro Turner Designs, de acuerdo con Holm-Hansen *et al.* (1965). El pH fue medido en la escala NBS (*National Bureau of Standards*) mediante un potenciómetro digital Thermo Scientific Orion, equipado con electrodo combinado de vidrio y calibrado con soluciones buffer certificadas (pH 4,01; 7,00 y 10,01) a la temperatura de análisis, conforme a procedimientos electroquímicos estándar (Bates, 1973; Baird *et al*., 2017).

Muestreo biológico

El área de varamiento se estimó mediante mediciones espaciales realizadas en Google Maps (Google, 2026). Para ello, se determinó la longitud total del frente de varamiento desde el punto inicial hasta el punto final del evento, así como la amplitud vertical correspondiente al ancho de la franja varada. El área total se calculó como el producto entre la longitud y la amplitud (m²).

Se realizó una evaluación semicuantitativa del varamiento con el fin de caracterizar la composición de los organismos varados. Para ello, se establecieron transectos longitudinales consecutivos de 10 m de longitud, dispuestos paralelamente a la línea de costa y distribuidos a lo largo de toda la extensión del evento. Las especies de fauna varada se categorizaron según su abundancia en dominantes (>50 individuos/10 m), frecuentes (10–50 individuos/10 m), ocasionales (2-9 individuos/10 m) y raras (observadas una sola vez), siguiendo una adaptación de García-de-Lomas *et al*. (2019) a

Physicochemical Parameters

Surface seawater was collected using a plastic bucket and immediately transferred to preconditioned polyethylene bottles that had been rinsed with seawater from the corresponding station. Samples were collected for the determination of dissolved oxygen, dissolved inorganic nutrients, chlorophyll-*a*, and pH on the NBS (National Bureau of Standards) scale. Dissolved oxygen samples were fixed *in situ* and subsequently analyzed using the classical Winkler method as modified by Carritt and Carpenter (1966), based on iodometric titration. Samples for nutrient analysis (phosphate, silicate, nitrate, and nitrite) were stored at −20 °C until analysis at the Marine Hydrochemistry Laboratory. Nutrient concentrations were determined using colorimetric methods following Strickland and Parsons (1972). Chlorophyll-*a* concentration was determined fluorometrically after extraction with 90% acetone using a Turner Designs fluorometer, following Holm-Hansen *et al*. (1965). The pH was measured on the NBS (National Bureau of Standards) scale using a Thermo Scientific Orion digital pH meter equipped with a combination glass electrode. The instrument was calibrated at the analysis temperature using certified buffer solutions (pH 4.01, 7.00, and 10.01), in accordance with standard electrochemical procedures (Bates, 1973; Baird *et al*., 2017).

Biological Sampling

The area affected by each stranding event was estimated from spatial measurements obtained using Google Maps (Google, 2026). The total length of the stranding front was measured from the beginning to the end of the affected section, together with the vertical width of the stranded band. Total stranding area was then calculated as the product of these two measurements (m²).

A semiquantitative survey was conducted to characterize the taxonomic composition of the stranded material. Consecutive 10-m longitudinal transects were established parallel to the shoreline and distributed across the entire extent of each stranding event. Stranded fauna were classified by abundance as dominant (>50 individuals/10 m), frequent (10–50 individuals/10 m), occasional (2–9 individuals/10 m), or rare (observed only once), following García-de-

las características del presente estudio. En el caso de las macroalgas, se estimó visualmente la cobertura superficial de cada taxón en los transectos y se asignaron las categorías semicuantitativas dominante, frecuente y rara según su representación relativa en la cobertura observada.

Adicionalmente, se realizó una evaluación cuantitativa para estimar la biomasa del material varado por unidad de área (g/m²). Para ello, se utilizó un marco cuadrado de 0,0625 m² (25 × 25 cm), realizando réplicas en marzo (E-01, n = 1; E-03, n = 3), abril (E-05, n = 3; E-06, n = 5) y octubre (E-01, n = 7; E-03, n = 5), distribuidas a lo largo del área del varamiento. En abril, adicionalmente, se contabilizaron y pesaron los individuos de *Semimytilus patagonicus* con valvas articuladas (abiertas o cerradas) presentes en cada marco para estimar su densidad (ind./m²) y biomasa (g/m²), respectivamente.

Cuando el estado de conservación del material lo permitió, los organismos contenidos en cada marco fueron separados por grupos taxonómicos, contabilizados y pesados para determinar su contribución relativa a la abundancia y biomasa, respectivamente. En las estaciones E-01 y E-03 durante marzo 2024 no fue posible realizar esta separación debido al avanzado estado de descomposición; sin embargo, se obtuvo la biomasa por unidad de área. Adicionalmente, para la caracterización de las tallas de *Semimytilus patagonicus*, se seleccionaron 60 individuos del material varado y se registró la longitud total (mm). Los resultados se expresaron como intervalo de tallas y media ± error estándar.

3. RESULTADOS

Variables fisicoquímicas

Las condiciones oceanográficas registradas durante 2024 mostraron un incremento de la temperatura superficial del mar (TSM) en marzo, seguido de una disminución en abril y condiciones más homogéneas en octubre (Tabla 2). En marzo, las estaciones evaluadas presentaron temperaturas superiores a 24 °C, con valores máximos de hasta 27,4 °C. Asimismo, se registraron altas concentraciones de clorofila-*a* en varias estaciones, destacando San Bartolo Norte (E-04) con el valor máximo (206,6 μg L^{-1}). En el mismo periodo, en San Bartolo Sur (E-03) se registraron condiciones de anoxia superficial (0,0 mL L^{-1}) y valores de pH inferiores

Lomas *et al*. (2019), with modifications to account for the characteristics of the present study. For macroalgae, the surface cover of each taxon within each transect was visually estimated and classified as dominant, frequent, or rare according to its relative contribution to the observed cover.

A quantitative assessment was also conducted to estimate stranded biomass per unit area (g/m²). A 0.0625-m² quadrat (25 × 25 cm) was used, with replicate samples distributed throughout the stranding area. Replicates were collected in March (E-01, n = 1; E-03, n = 3), April (E-05, n = 3; E-06, n = 5), and October (E-01, n = 7; E-03, n = 5). During the April surveys, *Semimytilus patagonicus* individuals with articulated valves, either open or closed, were additionally counted and weighed within each quadrat to estimate density (ind./m²) and biomass (g/m²), respectively.

Whenever the condition of the stranded material permitted, organisms collected within each quadrat were separated by taxonomic group, counted, and weighed to determine their respective relative contributions to total abundance and biomass. At stations E-01 and E-03 in March 2024, taxonomic separation was not possible because the material was in an advanced state of decomposition; however, biomass per unit area was still determined. To characterize the size distribution of *S. patagonicus*, 60 individuals were selected from the stranded material and their total length (mm) was measured. Results were reported as the size range and mean ± standard error.

3. RESULTS

Physicochemical Variables

Oceanographic conditions varied markedly among the 2024 sampling periods, with higher sea surface temperatures (SST) in March, a decline in April, and more uniform conditions in October (Table 2). In March, SST at the surveyed stations exceeded 24 °C, reaching a maximum of 27.4 °C. Elevated chlorophyll-*a* concentrations were also recorded at several stations, with the highest concentration observed at San Bartolo Norte (E-04; 206.6 μg L^{-1}). During the same period, surface waters at San Bartolo Sur (E-03) were anoxic (0.0 mL L^{-1}) and had a lower pH

en comparación con las demás estaciones (pH 7,3). En contraste, otras estaciones presentaron valores más elevados de oxígeno disuelto y pH NBS. En abril, las estaciones evaluadas en Punta Hermosa mostraron una disminución de la temperatura respecto a marzo. Las concentraciones de clorofila-*a* fueron menores y no se registraron condiciones de anoxia. En octubre, durante el remuestreo de las estaciones E-01 y E-03, las condiciones fueron más homogéneas, con temperaturas más bajas, concentraciones reducidas de clorofila-*a* y valores de oxígeno disuelto dentro de rangos moderados, sin registros de anoxia (Fig. 2).

(7.3) than those at the other stations. In contrast, higher dissolved oxygen concentrations and NBS-scale pH values were recorded elsewhere. In April, SST at the stations surveyed in Punta Hermosa had decreased relative to March, chlorophyll-*a* concentrations were lower, and no anoxic conditions were observed. By October, resampling at E-01 and E-03 showed more uniform oceanographic conditions, characterized by lower temperatures, reduced chlorophyll-*a* concentrations, and moderate dissolved oxygen levels, with no evidence of anoxia (Fig. 2).

Tabla 2.- Variables fisicoquímicas del agua de mar de las estaciones evaluadas en la costa central de Perú, durante los varamientos de 2024. Est = Estación; TSM = Temperatura superficial del mar; OD = Oxígeno disuelto superficial

Table 2. Physicochemical variables of seawater at stations surveyed during the 2024 benthic organism stranding events along the central coast of Peru. Est.= station; SST= sea Surface temperature; DO= Surface dissolved oxygen

Fecha	Est.	TSM (°C)	Salinidad	OD (mL L^{-1})	pH	Clorofila-*a* (µg L^{-1})	Fosfatos (µmol L^{-1})	Silicatos (µmol L^{-1})	Nitratos (µmol L^{-1})	Color del agua
25/03/2024	E-01	24	-	3,35	7,62	33,92	**5,13**	**41,96**	**24,05**	Pardo
	E-02	22,5	-	5,21	**7,96**	6,19	2,23	20,62	10,89	Pardo
	E-03	**27,4**	-	**0,00**	**7,30**	**57,20**	-	25,95	2,36	Pardo
	E-04	**25,1**	-	6,11	**8,43**	**206,64**	**4,51**	19,37	**0,66**	Pardo
16/04/2024	E-05	20,2	-	5,48	7,74	3,4	2,35	11,09	7,74	Verdoso
	E-06	20,3	-	5,35	7,79	0,84	2,13	9,71	7,79	Verdoso
30/10/2024	E-01	16,4	33,199	3,8	7,62	5,16	2,22	43,82	21,2	Verdoso
	E-03	18	34,831	5,5	7,78	1,09	1,85	22,72	11,43	Verdoso

En negrita, valores fuera de su patrón habitual.

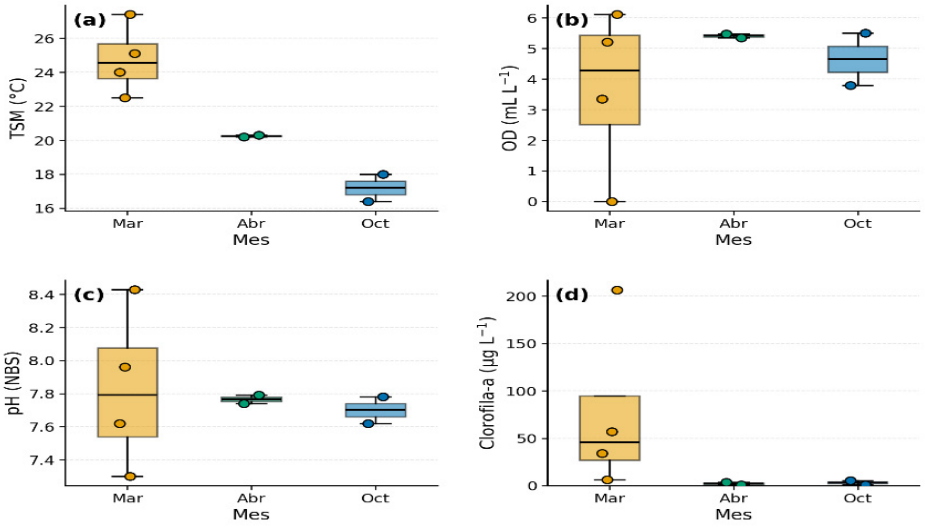


Figura 2.- Diagrama de caja de las condiciones ambientales en la costa central de Perú, playas del sur de Lima, 2024

Figure 2. Boxplot of environmental conditions at beaches south of Lima along the central coast of Peru in 2024

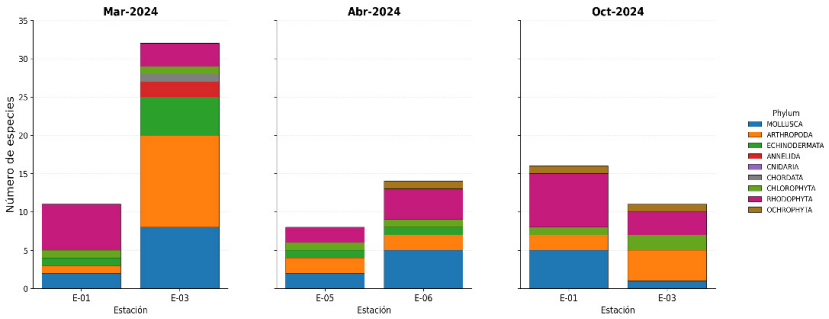


Figura 3.- Riqueza de especies bentónicas varadas por Phylum en la costa central del Perú, 2024

Figure 3. Species richness of stranded benthic organisms by phylum along the central coast of Peru in 2024

Variables biológicas

La composición de organismos bentónicos varados estuvo conformada por 52 especies, distribuidas en nueve phyla: Chordata (1), Annelida (2), Arthropoda (16), Mollusca (10), Cnidaria (1), Echinodermata (5), Chlorophyta (3), Rhodophyta (13) y Ochrophyta (1) (Fig. 3). En marzo 2024, la estación E-03 presentó el mayor número de especies (33), seguida de E-01 (12). En abril, E-06 (12) registró el mayor número, seguido de E-05 (8), mientras que, en octubre, la estación E-01 (15) presentó el mayor número de especies, seguido de E-03 (6). Al considerar exclusivamente los invertebrados bentónicos, la mayor riqueza de especies ocurrió durante marzo, particularmente en E-03, identificándose 29 especies. En contraste, durante el evento de octubre, en esta misma estación no se registró presencia de invertebrados, observándose únicamente macroalgas (Fig. 3). Asimismo, se identificaron 24 especies clasificadas como raras. En marzo 2024 se registraron 16 en San Bartolo (E-03), una en Chorrillos (E-01) y una en Punta Hermosa (E-06); mientras que, en octubre, se registraron cuatro en Chorrillos (E-01) y dos en San Bartolo (E-03).

En marzo 2024, en Chorrillos (E-01), más del 80 % del área evaluada (380 m^2) estuvo cubierta por organismos bentónicos varados, registrándose una biomasa húmeda de 5970 g/m^2. En términos de cobertura superficial, las macroalgas *Gracilariopsis lemaneiformis* (Bory) E.Y. Dawson, Acleto & Foldvik, 1964, *Chondracanthus chamissoi* (C.Agardh) Kützing, 1843 y *Ulva* sp. representaron en conjunto cerca del 80 % de la cobertura macroalgal observada. Asimismo, se registró presencia de invertebrados como *Semimytilus patagonicus* (Hanley, 1843), *Stramonita delessertiana*

Biological Variables

A total of 52 species of stranded benthic organisms were identified, representing nine phyla: Chordata (1), Annelida (2), Arthropoda (16), Mollusca (10), Cnidaria (1), Echinodermata (5), Chlorophyta (3), Rhodophyta (13), and Ochrophyta (1) (Fig. 3). In March 2024, species richness was highest at E-03, with 33 species, followed by E-01 with 12. In April, the highest richness was recorded at E-06 (12 species), followed by E-05 (8), whereas in October, E-01 had the highest richness (15 species), followed by E-03 (6). When only benthic invertebrates were considered, the highest species richness occurred in March, particularly at E-03, where 29 species were identified. In contrast, no invertebrates were recorded at this station during the October event, when the stranded material consisted exclusively of macroalgae (Fig. 3). Overall, 24 species were classified as rare. In March 2024, 16 rare species were recorded at San Bartolo (E-03), one at Chorrillos (E-01), and one at Punta Hermosa (E-06). In October, four rare species were recorded at Chorrillos (E-01) and two at San Bartolo (E-03).

In March 2024, stranded benthic organisms covered more than 80% of the surveyed area (380 m^2) at Chorrillos (E-01), with a wet biomass of 5,970 g/m^2. *Gracilariopsis lemaneiformis* (Bory) E.Y. Dawson, Acleto & Foldvik, 1964, *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing, 1843, and *Ulva* sp. collectively accounted for approximately 80% of the observed macroalgal cover. Other organisms recorded included *Semimytilus patagonicus* (Hanley, 1843), *Stramonita delessertiana* (A. d'Orbigny,

(A. d'Orbigny, 1841), *Arbacia nigra* (Molina, 1782) y *Hepatus chiliensis* H. Milne Edwards, 1837.

En San Bartolo (E-03), de las 33 especies reportadas, el mayor número de especies correspondió a los phyla Arthropoda (12), Mollusca (8) y Echinodermata (5) (Fig. 4). En términos de abundancia relativa, los equinodermos representaron más del 90 % de los organismos registrados en el área evaluada (900 m²). Las especies más abundantes fueron los pepinos de mar *Athyonidium chilensis* (Semper, 1868) y *Pattalus mollis* Selenka, 1868 (56 %) seguido por *A. nigra* (Molina, 1782) y *Caenocentrotus gibbosus* (L. Agassiz in L. Agassiz & Desor, 1846) (cerca del 40 %). Otras especies abundantes fueron el pez *Scartichthys gigas* (Steindachner, 1876) (4 %) y el poliqueto *Trophoniella* sp. (2 %) (Fig. 4). Cabe resaltar que, a lo largo del recorrido, se contabilizaron 7 individuos completos de pulpo *Octopus mimus* A. A. Gould, 1852 (Fig. 7F). Es importante destacar que la gran mayoría de los especímenes recolectados se encontraban en avanzado estado de descomposición.

En abril 2024, en Punta Hermosa, la estación E-06 presentó una cobertura del material varado cercana al 60 % del área evaluada (3150 m²) y una biomasa húmeda de 6279,55 ± 1224,63 g/m². En la estación E-05, la cobertura de organismos alcanzó el 70 % del área evaluada (6840 m²), con una biomasa húmeda de 3849,28 ± 1279,37 g/m². En términos de abundancia relativa, los organismos bentónicos varados de E-06 estuvieron dominados por *S. patagonicus* (Hanley, 1843), que representó el 64 % de la abundancia relativa, acompañado por los bivalvos *Perumytilus purpuratus* (Lamarck, 1819) y *Petricola olssoni* F. R. Bernard, 1983, ambos con 7 %, así como por el gasterópo-

1841), *Arbacia nigra* (Molina, 1782), and *Hepatus chiliensis* H. Milne Edwards, 1837.

At San Bartolo (E-03), Arthropoda (12 species), Mollusca (8), and Echinodermata (5) accounted for most of the 33 species recorded (Fig. 4). Echinoderms represented more than 90% of the relative abundance within the surveyed area (900 m²). *Athyonidium chilensis* (Semper, 1868) and *Pattalus mollis* Selenka, 1868 were the most abundant, together accounting for 56 % of the organisms recorded, followed by *A. nigra* (Molina, 1782) and *Caenocentrotus gibbosus* (L. Agassiz in L. Agassiz & Desor, 1846), which together accounted for nearly 40 %. *Scartichthys gigas* (Steindachner, 1876) and *Trophoniella* sp. accounted for an additional 4 % and 2 %, respectively (Fig. 4). Seven complete specimens of *Octopus mimus* A. A. Gould, 1852 were also counted along the surveyed area (Fig. 7F). Most specimens collected were in an advanced state of decomposition.

In April 2024, stranded material at Punta Hermosa covered approximately 60 % of the surveyed area (3,150 m²) at E-06, where wet biomass was 6,279.55 ± 1,224.63 g/m². At E-05, stranded organisms covered 70 % of the surveyed area (6,840 m²), with a wet biomass of 3,849.28 ± 1,279.37 g/m². At E-06, *S. patagonicus* (Hanley, 1843) dominated the stranded benthic assemblage, accounting for 64 % of relative abundance. *Perumytilus purpuratus* (Lamarck, 1819) and *Petricola olssoni* F. R. Bernard, 1983 each accounted for 7 %, followed by *Stramonita delessertiana* (A. d'Orbigny, 1841) (3 %) and *A. nigra* (Molina, 1782) (0.4 %). At E-05, *S. patagonicus* likewise dominated relative

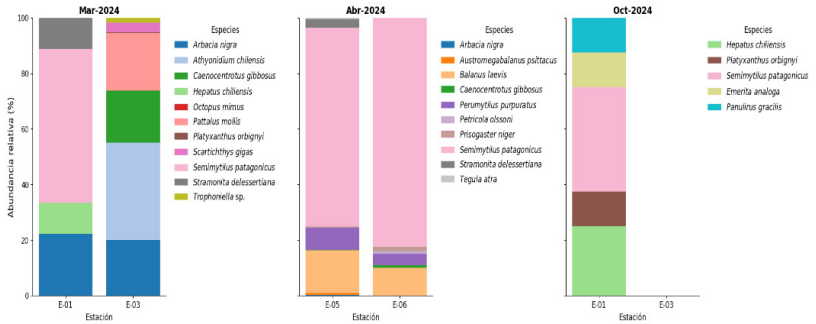


Figura 4.- Abundancia relativa de especies de invertebrados varados, registrada mediante marco cuadrado 0,0625 m² en la costa central del Perú, 2024

Figure 4. Relative abundance of stranded invertebrate species determined using a 0.0625-m² quadrat along the central coast of Peru in 2024

do *Stramonita delessertiana* (A. d'Orbigny, 1841) (3 %) y el equinoideo *A. nigra* (Molina, 1782) (0,4 %). Asimismo, en E-05 predominó *S. patagonicus* en términos de abundancia relativa, representando el 85 %, seguido por el cirrípedo *Balanus laevis* Bruguière, 1789, que representó el 10 %. En ambas estaciones, la biomasa relativa de los moluscos superó el 90 % (Figs. 4, 5).

En cuanto a la densidad y biomasa del material varado de *S. patagonicus*, en Playa Señoritas (E-06) se registraron 2099,20 ± 499,07 ind./m² y 4858,02 ± 995,47 g/m², respectivamente. En Playa Caballeros (E-05), los valores fueron de 640,00 ± 524,60 ind./m² y 3631,52 ± 1100,64 g/m², respectivamente. La longitud total de los individuos osciló entre 11,8 y 46,6 mm, con una longitud promedio de 29,55 ± 1,13 mm (n = 60).

En octubre 2024, en Chorrillos (E-01) el 70 % del área evaluada (1120 m²) estuvo cubierta, con una biomasa húmeda de 4229,49 ± 2114,74 g/m², mientras que en San Bartolo (E-03), la cobertura alcanzó cerca del 80 % del área evaluada (2000 m²), registrando una biomasa húmeda de 9408,0 ± 4704,0 g/m². En términos de la composición de invertebrados, Chorrillos (E-01) presentó un aporte de *S. patagonicus* (Hanley, 1843), *Platyxanthus orbignyi* (H. Milne Edwards & Lucas, 1843), *H. chiliensis* (H. Milne Edwards, 1837) y *Panulirus gracilis (*Streets, 1871). En contraste, en San Bartolo (E-03) no se registró varamiento de invertebrados. Asimismo, cabe resaltar que, en términos de abundance (85 %), followed by *Balanus laevis* Bruguière, 1789 (10 %). At both stations, Mollusca accounted for more than 90 % of relative biomass (Figs. 4, 5).

For stranded *S. patagonicus*, a density of 2,099.20 ± 499.07 ind./m² and a biomass of 4,858.02 ± 995.47 g/m² were recorded at Playa Señoritas (E-06). At Playa Caballeros (E-05), density and biomass were 640.00 ± 524.60 ind./m² and 3,631.52 ± 1,100.64 g/m², respectively. Total length ranged from 11.8 to 46.6 mm, with a mean of 29.55 ± 1.13 mm (n = 60).

In October 2024, stranded material covered 70% of the surveyed area (1,120 m²) at Chorrillos (E-01), where wet biomass was 4,229.49 ± 2,114.74 g/m². At San Bartolo (E-03), approximately 80 % of the surveyed area (2,000 m²) was covered by stranded material, with a wet biomass of 9,408.0 ± 4,704.0 g/m². At Chorrillos (E-01), the stranded invertebrate assemblage included *S. patagonicus* (Hanley, 1843), *Platyxanthus orbignyi* (H. Milne Edwards & Lucas, 1843), *H. chiliensis* (H. Milne Edwards, 1837), and *Panulirus gracilis* (Streets, 1871). No stranded invertebrates were recorded at San Bartolo (E-03). In terms of relative biomass, Rhodophyta dominated at Chorrillos (62.14 %), with *G. lemaneiformis* as the most prominent taxon, whereas Chlorophyta dominated at San Bartolo (81.86 %), with *Ulva* spp. being particularly prominent (Figs. 6, 7 in Annex).

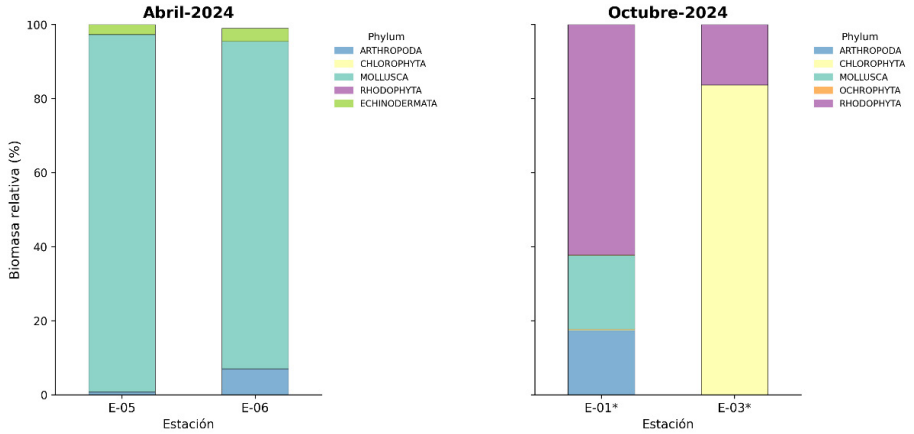


Figura 5.- Biomasa relativa por phyla de invertebrados y algas varadas, determinada mediante un marco cuadrado 0.0625 m² en la costa central de Perú durante 2024

Figure 5. Relative biomass by phylum of stranded invertebrates and algae determined using a 0.0625-m² quadrat along the central coast of Peru in 2024

biomasa relativa, en Chorrillos dominó el phylum Rhodophyta (62,14 %) destacando el alga roja *G. lemaneiformis* mientras que en San Bartolo dominó el phylum Chlorophyta (81,86 %) destacando *Ulva* spp. (Figs. 6, 7 en Anexo).

El análisis semicuantitativo de la abundancia (Tabla 3 en anexos) mostró diferencias en las categorías asignadas a las especies entre estaciones y periodos de muestreo. En marzo, San Bartolo Sur (E-03) presentó el mayor número de especies clasificadas como raras; en abril, *S. patagonicus* alcanzó las categorías de mayor abundancia; mientras que, en octubre, estas correspondieron principalmente a macroalgas.

4. DISCUSIÓN

Los eventos de varamiento registrados en la costa central del Perú durante 2024 mostraron diferencias en la composición taxonómica de los organismos afectados, su magnitud y las condiciones oceanográficas observadas durante cada evento. Estos eventos también han sido documentados en otros sistemas costeros, asociados a diferentes condiciones ambientales y procesos físicos (García-de-lomas *et al*., 2019; Vázquez-Delfín *et al*., 2024; Resgalla *et al*., 2025). Considerando las variables biológicas y ambientales evaluadas en este estudio, fue posible reconocer tres escenarios con características contrastantes: i) un evento multiespecífico registrado en marzo, coincidente con condiciones de anoxia y una floración algal nociva durante la fase final de El Niño Costero 2023–2024 (Enfen, 2024a); ii) un varamiento predominantemente de *S. patagonicu*s en abril, ocurrido durante la transición hacia condiciones no activas de El Niño (Enfen, 2024b); y iii) acumulaciones dominadas por macroalgas en octubre, bajo condiciones oceánicas neutras (Enfen, 2024c; Dihidronav, 2024a).

El evento registrado en marzo de 2024 en San Bartolo Sur presentó el escenario más contrastante del estudio, caracterizado por elevadas temperaturas superficiales del mar, altas concentraciones de clorofila-*a*, ausencia de oxígeno disuelto y valores relativamente menores de pH y el registro de una floración algal nociva de *Akashiwo sanguinea* (K. Hirasaka) G. Hansen & Ø. Moestrup, 2000 en diferentes zonas (Sánchez *et al*., 2024; Imarpe, 2024a, b, c). En conjunto, estas condiciones son

The semiquantitative abundance assessment (Table 3 in Annex) revealed differences in the abundance categories assigned to species among stations and sampling periods. In March, San Bartolo Sur (E-03) had the highest number of species classified as rare. In April, *S. patagonicus* occurred in the highest abundance categories, whereas in October, the highest abundance categories were represented primarily by macroalgae.

4. DISCUSSION

The benthic organism strandings recorded along the central coast of Peru in 2024 differed in the taxonomic composition of the affected organisms, the magnitude of the events, and the oceanographic conditions under which they occurred. Comparable strandings have been documented in other coastal systems and linked to a range of environmental conditions and physical processes (García-de-lomas *et al*., 2019; Vázquez-Delfín *et al*., 2024; Resgalla *et al*., 2025). Based on the biological and environmental variables examined in this study, three contrasting scenarios were distinguished: (i) a multispecies stranding in March that coincided with anoxic conditions and a harmful algal bloom during the final phase of the 2023–2024 Coastal El Niño (Enfen, 2024a); (ii) a stranding dominated by *S. patagonicus* in April, during the transition toward inactive El Niño conditions (Enfen, 2024b); and (iii) macroalgal accumulations in October under neutral oceanic conditions (Enfen, 2024c; Dihidronav, 2024a).

The March 2024 stranding at San Bartolo Sur represented the most pronounced of the contrasting scenarios identified in this study. The event coincided with elevated sea surface temperatures, high chlorophyll-*a* concentrations, an absence of dissolved oxygen, relatively low pH values, and a harmful algal bloom of *Akashiwo sanguinea* (K. Hirasaka) G. Hansen & Ø. Moestrup, 2000, recorded at several locations (Sánchez *et al*., 2024; Imarpe, 2024a, b, c). Taken together, these conditions are consistent with the biogeochemical sequence described in coastal ecosystems, whereby the development of

consistentes con la secuencia biogeoquímica descrita para ecosistemas costeros, donde el desarrollo de una floración fitoplanctónica es seguido por la acumulación y remineralización de biomasa, incrementando la demanda bioquímica de oxígeno y favoreciendo procesos de desoxigenación (Diaz & Rosenberg, 2008; Pitcher & Jacinto, 2019; Pitcher *et al*., 2021). En este escenario, el evento registró el mayor número de taxones y un marcado predominio de equinodermos, además de moluscos, crustáceos, peces y otros invertebrados. Este patrón es consistente con lo descrito para comunidades bentónicas expuestas a procesos de desoxigenación (Cabello *et al*., 2002; Kahru *et al*., 2004) y otros eventos ambientales extremos, en los que pueden producirse afectaciones simultáneas de múltiples grupos taxonómicos (Garrabou *et al*., 2009).

El marcado predominio de equinodermos, que representaron más del 90 % de la abundancia relativa durante el evento de marzo 2024, podría estar relacionado con la susceptibilidad de este grupo frente a episodios de desoxigenación. Su estrecha asociación con el sustrato bentónico y su limitada capacidad de desplazamiento reducen la posibilidad de escapar de zonas afectadas por hipoxia o anoxia, incrementando su exposición a perturbaciones de rápida aparición (Vaquer-Sunyer & Duarte, 2008; Levin *et al*., 2009). En este sentido, se han registrado eventos de afectación de equinodermos relacionados con floraciones algales nocivas en otras regiones, como el norte-centro de California (Jürgens *et al*., 2015) evidenciando la vulnerabilidad de este grupo frente a episodios de desoxigenación asociados a perturbaciones ambientales. Aunque este tipo de eventos ha sido escasamente documentado en la costa peruana, existen antecedentes de afectación de organismos bentónicos asociados a condiciones ambientales extremas de hipoxia, como los descritos para *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) especie para la cual se han documentado episodios de mortalidad asociados a la reducción del oxígeno disuelto (Aguirre-Velarde *et al*., 2019; Cabello *et al*., 2002; Kahru *et al*., 2004).

En concordancia con este escenario, el registro, aunque reducido, de *Octopus mimus* A. A. Gould, 1852 resulta igualmente relevante por tratarse de una especie bentónica de importancia ecológica y pesquera. En los octópodos, el transporte de oxía phytoplankton bloom is followed by biomass accumulation and remineralization, leading to increased biochemical oxygen demand and promoting deoxygenation (Diaz & Rosenberg, 2008; Pitcher & Jacinto, 2019; Pitcher *et al*., 2021). This event also had the highest taxonomic richness and was characterized by a strong predominance of echinoderms, together with mollusks, crustaceans, fishes, and other invertebrates. Such a pattern is consistent with those reported for benthic communities exposed to deoxygenation (Cabello *et al*., 2002; Kahru *et al*., 2004) and other extreme environmental events, in which multiple taxonomic groups may be affected simultaneously (Garrabou *et al*., 2009).

Echinoderms accounted for more than 90% of relative abundance during the March 2024 event, a pronounced dominance that may reflect the susceptibility of this group to deoxygenation. Their close association with benthic substrates and limited mobility constrain their ability to move away from areas affected by hypoxia or anoxia, thereby increasing their exposure to rapidly developing disturbances (Vaquer-Sunyer & Duarte, 2008; Levin *et al*., 2009). Adverse effects on echinoderms associated with harmful algal blooms have been documented elsewhere, including north-central California (Jürgens *et al*., 2015), further indicating the vulnerability of this group to deoxygenation associated with environmental disturbances. Although such events have been only sparsely documented along the Peruvian coast, there are previous records of benthic organisms affected by extreme hypoxic conditions. In particular, mortality events associated with reduced dissolved oxygen have been documented for *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) (Aguirre-Velarde *et al*., 2019; Cabello *et al*., 2002; Kahru *et al*., 2004).

Within this context, the occurrence of *Octopus mimus* A. A. Gould, 1852, although in low numbers, is also noteworthy given its ecological and fishery importance. Oxygen transport in octopods depends on hemocyanin, whose oxygen affinity decreases as CO_2 partial pressure increases and the surrounding medium

geno depende de la hemocianina, cuya afinidad disminuye conforme aumenta la presión parcial de CO_2 y se incrementa la acidificación del medio (Lenfant & Johansen, 1965). Si bien *O. mimus* presenta una mayor tolerancia a la hipoxia que otros cefalópodos de hábitos más activos debido a su menor demanda metabólica (Seibel, 2016) esta capacidad puede verse superada durante episodios severos de desoxigenación, ocasionando alteraciones fisiológicas e incluso mortalidad (Cerezo Valverde & García García, 2005). En este contexto, la presencia de *O. mimus* entre los organismos varados aporta evidencia complementaria compatible con las condiciones de desoxigenación registradas durante el evento de marzo.

A diferencia del evento de marzo, el varamiento registrado en abril en las playas Caballeros y Señoritas estuvo dominado por *S. patagonicus*, especie estructuradora desde el intermareal hasta el submareal somero y reconocida por su papel como bioingeniera ecosistémica (Tokeshi & Romero, 1995; Brante *et al.*, 2019). Se observó una alta presencia de valvas vacías de *S. patagonicus*, lo que sugiere que una proporción importante de los organismos habría muerto o perdido su tejido antes de su depósito en la playa. El evento ocurrió durante la transición hacia condiciones no activas de El Niño Costero 2023–2024 y coincidió con un periodo de oleaje ligero del suroeste (Dihidronav, 2024b). En ausencia de evidencias de desoxigenación durante el muestreo, este patrón sugiere que el varamiento estuvo asociado al transporte y acumulación de material previamente desprendido, posiblemente favorecidos por el estrés térmico acumulado durante los meses previos. Procesos similares han sido descritos para mitílidos durante eventos cálidos, con disminuciones poblacionales seguidas por procesos de recolonización (Tarazona *et al*., 1985; Díaz & Ortlieb, 1993).

Los eventos de varamiento de macroalgas mostraron patrones contrastantes entre localidades y representan un tercer tipo de evento, distinto a los varamientos de invertebrados observadas en marzo y abril. Esta variabilidad espacial y temporal en la composición de las macroalgas varadas también ha sido documentada en otros sistemas costeros (Vázquez-Delfín *et al.*, 2024). En Chorrillos predominó la biomasa de Rhodophyta, particularmente

becomes more acidic (Lenfant & Johansen, 1965). Although *O. mimus* is more tolerant of hypoxia than more active cephalopods because of its lower metabolic demand (Seibel, 2016), this tolerance may be exceeded under severe deoxygenation, resulting in physiological impairment and potentially mortality (Cerezo Valverde & García García, 2005). Thus, the occurrence of *O. mimus* among the stranded organisms provides additional evidence consistent with the deoxygenated conditions recorded during the March event.

In contrast, the April stranding at Playa Caballeros and Playa Señoritas was dominated by *S. patagonicus*, a habitat-forming species distributed from the intertidal to the shallow subtidal zone and recognized for its role as an ecosystem engineer (Tokeshi & Romero, 1995; Brante *et al.*, 2019). Numerous empty articulated valves of *S. patagonicus* were observed, suggesting that a substantial proportion of the organisms had died or lost their soft tissues before being deposited on the beach. The event occurred during the transition toward inactive conditions of the 2023/24 coastal El Niño and coincided with a period of light southwesterly wave activity (Dihidronav, 2024b). In the absence of evidence of deoxygenation at the time of sampling, these observations suggest that the stranding was associated with the transport and accumulation of previously detached material, possibly facilitated by thermal stress accumulated over the preceding months. Similar responses have been described for mytilids during warm events, with population declines followed by recolonization processes (Tarazona *et al*., 1985; Díaz & Ortlieb, 1993).

Macroalgal strandings exhibited contrasting patterns among localities and represented a third type of event, distinct from the invertebrate strandings recorded in March and April. Comparable spatial and temporal variability in the composition of stranded macroalgae has been documented in other coastal systems (Vázquez-Delfín *et al.*, 2024). At Chorrillos, Rhodophyta dominated the stranded biomass, particularly *Gracilariopsis lemaneiformis* (Bory de Saint-Vincent) E.Y.

*Gracilariopsis lemaneiformis (*Bory de Saint-Vincent) E.Y.Dawson, Acleto & Foldvik, 1964, tanto durante marzo, en un contexto de floración algal nociva y de la fase final del evento El Niño 2023–2024, como durante octubre, bajo condiciones oceánicas neutras, aunque con pulsos locales de calentamiento (Dihidronav, 2024a). La recurrencia de *G. lemaneiformis* resulta relevante por el interés económico de esta especie y por su sensibilidad a cambios de temperatura, acidificación y disponibilidad de nutrientes (Yang *et al*., 2021; Jiang *et al*., 2022) lo que resalta la necesidad de fortalecer su monitoreo en la localidad de Chorrillos.

Por su parte, el predominio de *Ulva* spp. en San Bartolo Sur durante octubre es consistente con el comportamiento oportunista de este género, cuya proliferación y acumulación masiva ha sido documentada también en la costa peruana (Aldón *et al*., 2011), sin registrarse anoxia ni un varamiento importante de invertebrados, lo que sugiere un evento compatible con procesos de acumulación de biomasa macroalgal. Si bien *Ulva* spp. tiene la capacidad de colonizar rápidamente sustratos disponibles y formar acumulaciones masivas cuando coinciden una elevada disponibilidad de nutrientes, temperatura favorable y condiciones hidrodinámicas que facilitan su desprendimiento y transporte (Fernández *et al*., 2002; Naldi & Viaroli, 2002; Yabe *et al*., 2009; Song *et al*., 2022; Sun *et al*., 2025), en este estudio no se dispone de información suficiente para discriminar la influencia relativa de los pulsos locales de calentamiento, los aportes de nutrientes, la variabilidad oceanográfica y los procesos físicos de transporte.

La presencia de especies bentónicas con ampliación latitudinal de su distribución durante El Niño resulta particularmente relevante. Este patrón también se reflejó en la presencia de especies de afinidad cálida, como *Cronius edwardsii* (Lockington, 1877) (reasignada de *C. ruber* (Lamarck, 1818) en el Pacífico oriental por Mantelatto *et al*., 2009), *Arenaeus mexicanus* (Gerstaecker, 1856) y *Panulirus gracilis* Streets, 1871, cuyos registros coinciden con expansiones temporales hacia el sur descritas durante eventos cálidos previos (Cornejo, 1998; Espino, 1999; Moscoso, 2012). Sin embargo, su ocurrencia en los varamientos no necesariamente implica el establecimiento de poblaciones permanentes. Al igual que en even-

Dawson, Acleto & Foldvik, 1964. This pattern was observed both in March, during a harmful algal bloom and the final phase of the 2023–2024 El Niño event, and in October, under neutral oceanic conditions but with localized warming pulses (Dihidronav, 2024a). The recurrent presence of *G. lemaneiformis* is particularly relevant given its economic importance and sensitivity to changes in temperature, acidification, and nutrient availability (Yang *et al*., 2021; Jiang *et al*., 2022), emphasizing the need for strengthened monitoring of this species at Chorrillos.

At San Bartolo Sur, the predominance of *Ulva* spp. in October is consistent with the opportunistic nature of this genus, whose proliferation and mass accumulation have also been documented along the Peruvian coast (Aldón *et al*., 2011). Neither anoxia nor substantial invertebrate strandings were recorded during this event, suggesting that it was consistent with the accumulation of macroalgal biomass. *Ulva* spp. can rapidly colonize available substrates and form extensive accumulations when high nutrient availability and favorable temperatures coincide with hydrodynamic conditions that promote detachment and transport (Fernández *et al*., 2002; Naldi & Viaroli, 2002; Yabe *et al*., 2009; Song *et al*., 2022; Sun *et al*., 2025). However, the information available from this study is insufficient to determine the relative contributions of localized warming pulses, nutrient inputs, oceanographic variability, and physical transport processes.

The occurrence of benthic species undergoing latitudinal range expansions during El Niño is also particularly relevant. This pattern was reflected in the occurrence of warm-affinity species such as *Cronius edwardsii* (Lockington, 1877) (reassigned from *C. ruber* (Lamarck, 1818) in the eastern Pacific by Mantelatto *et al*., 2009), *Arenaeus mexicanus* (Gerstaecker, 1856), and *Panulirus gracilis* Streets, 1871. Their occurrence is consistent with temporary southward range expansions documented during previous warm events (Cornejo, 1998; Espino, 1999; Moscoso, 2012). Nevertheless, their presence among the

tos El Niño anteriores, es posible que estos registros correspondan a desplazamientos transitorios favorecidos por el calentamiento superficial, mientras que factores ambientales locales, incluyendo episodios de desoxigenación, podrían actuar como uno de varios factores que limitan su establecimiento y persistencia en la zona (Tarazona *et al.*, 1985; Arntz & Tarazona, 1988).

Es importante considerar que las estimaciones de abundancia y biomasa obtenidas en este estudio subestiman la magnitud real del evento de varamiento. Diversos estudios han demostrado que los organismos varados constituyen un recurso efímero que puede ser consumido rápidamente por comunidades de carroñeros, llegando a desaparecer en gran medida durante las primeras 24 h posteriores al varamiento (Schlacher *et al.*, 2013a, 2013b; Huijbers *et al.*, 2013). Asimismo, se ha señalado que la importancia ecológica de la carroña marina (en este caso, organismos varados) probablemente está subestimada debido a su rápida remoción por carroñeros altamente móviles (Hyndes *et al.*, 2022). En nuestro caso, además, transcurrieron varios días entre las notificaciones iniciales y las evaluaciones de campo, período durante el cual la acción del oleaje y las mareas pudo haber removido parte de los organismos varados. Asimismo, durante ese intervalo se observó la recolección selectiva de ejemplares por parte de pescadores locales, un factor que también ha sido reconocido como una limitación para cuantificar de manera fiable eventos de varamiento masivo (García-de-Lomas *et al.*, 2019). En conjunto, estos factores condujeron a una subestimación de la abundancia y biomasa registradas. Nuestras observaciones sugieren que este sesgo habría afectado principalmente a peces y otros organismos de cuerpo blando, mientras que los taxones con conchas u otras estructuras duras habrían permanecido detectables durante más tiempo en la playa.

5. CONCLUSIONES

Este estudio muestra que los eventos de varamiento bentónico registrados en la costa central del Perú durante 2024 presentaron características biológicas y oceanográficas diferenciadas, lo que sugiere la naturaleza multicausal de estos eventos. La integración de la composición taxonómica de los organismos varados con las condiciones

stranded organisms does not necessarily indicate the establishment of permanent populations. As observed during previous El Niño events, these records may represent transient range shifts facilitated by surface warming, whereas local environmental factors, including deoxygenation events, may constitute one of several constraints on their establishment and persistence in the area (Tarazona *et al.*, 1985; Arntz & Tarazona, 1988).

The abundance and biomass estimates obtained in this study should be considered conservative because they likely underestimate the actual magnitude of the stranding events. Stranded organisms constitute an ephemeral resource that can be rapidly consumed by scavenger communities, with much of the material potentially disappearing within the first 24 h after stranding (Schlacher *et al.*, 2013a, 2013b; Huijbers *et al.*, 2013). Similarly, the ecological importance of marine carrion—in this case, stranded organisms—is likely underestimated because of its rapid removal by highly mobile scavengers (Hyndes *et al.*, 2022). In the present study, several days elapsed between the initial notifications and the field surveys, during which wave and tidal action may have removed part of the stranded material. Selective collection of specimens by local fishers was also observed during this interval, a factor that has likewise been identified as a limitation to the reliable quantification of mass-stranding events (García-de-Lomas *et al.*, 2019). Together, these processes resulted in underestimation of the recorded abundance and biomass. Our observations suggest that this bias was greatest for fishes and other soft-bodied organisms, whereas taxa with shells or other hard structures likely remained detectable on the beach for longer periods.

5. CONCLUSIONS

The benthic organism strandings recorded along the central coast of Peru in 2024 exhibited distinct biological and oceanographic characteristics, indicating that these events may arise from multiple underlying processes. Integrating the taxonomic composition

oceanográficas permitió diferenciar eventos compatibles con procesos de desoxigenación coincidentes con una floración algal nociva de aquellos dominados por procesos físicos de transporte y acumulación. Estos resultados resaltan el valor de los varamientos bentónicos como indicadores de alteraciones ambientales de corto plazo en ecosistemas costeros y evidencian la utilidad de enfoques integrados para comprender los procesos asociados a su ocurrencia. En este contexto, se recomienda fortalecer los programas de monitoreo mediante mecanismos de coordinación entre instituciones científicas y autoridades competentes, con el fin de asegurar una respuesta oportuna frente a estos eventos. Asimismo, la incorporación de estrategias de ciencia ciudadana, a través del reporte temprano de varamientos por pescadores, usuarios de playas y comunidades costeras, podría contribuir a mejorar su detección y documentación, fortaleciendo el conocimiento de estos eventos y apoyando la gestión de los ecosistemas marinos frente a escenarios de variabilidad climática.

El evento de marzo 2024 en San Bartolo Sur presentó la mayor riqueza taxonómica y estuvo caracterizado por el predominio de equinodermos, mientras que en abril 2024 los varamientos de Punta Hermosa estuvieron dominados por *Semimytilus patagonicus* y, en octubre 2024, las acumulaciones estuvieron constituidas principalmente por macroalgas. Estas diferencias evidencian que los eventos de varamiento no afectan de manera uniforme a los distintos componentes bentónicos y que su composición responde a escenarios ambientales y mecanismos de transporte diferenciados.

of stranded organisms with concurrent oceanographic conditions allowed events consistent with deoxygenation coinciding with a harmful algal bloom to be distinguished from those dominated by physical transport and accumulation processes. These findings underscore the potential value of benthic organism strandings as indicators of short-term environmental disturbances in coastal ecosystems and highlight the usefulness of integrated approaches for understanding the processes associated with their occurrence. In this context, monitoring programs should be strengthened through coordinated mechanisms involving scientific institutions and the relevant authorities to ensure timely responses to these events. Citizen science strategies, particularly the early reporting of strandings by fishers, beach users, and coastal communities, could further improve their detection and documentation, expand knowledge of these events, and support the management of marine ecosystems under conditions of climate variability.

The March 2024 event at San Bartolo Sur had the highest taxonomic richness and was characterized by a predominance of echinoderms. In April 2024, strandings at Punta Hermosa were dominated by *Semimytilus patagonicus*, whereas the October 2024 accumulations consisted primarily of macroalgae. These contrasting patterns indicate that stranding events do not affect all benthic components uniformly and that their composition varies according to the environmental conditions and transport mechanisms associated with each event.

6. REFERENCIAS

Aguirre Velarde, A., Thouzeau, G., Jean, F., Mendo, J., Cueto Vega, R., Kawazo Delgado, M., Vásquez Spencer, J., Herrera Sánchez, D., Vega Espinoza, A. & Flye Sainte Marie, J. (2019). Chronic and severe hypoxic conditions in Paracas Bay, Pisco, Peru: Consequences on scallop growth, reproduction, and survival. *Aquaculture, 512*, 734259. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734259

Aldón, D., Gil-Kodaka, P. & Juscamaita, J. (2011). Estabilización de la "marea verde" causada por *Ulva lactuca* (Ulvophyceae, Chlorophyta) a través del ensilaje. *Anales Científicos, 72*(1), 13-18. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6171209.pdf

Arntz, W. & Tarazona, J. (1988). Una retrospectiva a El Niño 1982-1983: ¿Que hemos aprendido? En H. Salzwedel & A. Landa (Eds.), *Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano* (Boletín Volumen extraordinario, pp. 353-364). Instituto del Mar del Perú, Universidad Nacional Agraria la Molina, Asociación Latinoamericana de Investigadores en Ciencias del Mar, Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit GmbH. https://hdl.handle.net/20.500.12958/1146

Baird, R. B., Eaton, A. D. & Rice, E. W. (Eds.). (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF).

Bates, R. G. (1973). *Determination of pH: Theory and Practice (*2ª ed). Wiley-Interscience.

Brante, A., Riera, R. & Cartes, V. (2019). Post-settlement movement as response to interspecific competition between the bioengineer mussels *Semimytilus algosus* and *Perumytilus purpuratus*. *Journal of Sea Research*, *154*, 101809. https://doi.org/10.1016/j.seares.2019.101809

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. *Marine Pollution Bulletin, 40*(12), 1100–1114. https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00061-8

Cabello, R., Tam, J. & Jacinto, M. E. (2002). Procesos naturales y antropogénicos asociados al evento de mortalidad de conchas de abanico ocurrido en la bahía de Paracas (Pisco, Perú) en junio del 2000. *Revista peruana de biología*, *9*(2), 94–110. https://doi.org/10.15381/rpb.v9i2.2528

Carritt, D. E. & Carpenter, J. H. (1966). Comparison and evaluation of currently employed modification of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea water; A NASCO report. *Journal of Marine Research*, *24*(3), 286-318. https://elischolar.library.yale.edu/journal_of_marine_research/1077

Cerezo Valverde, J. & García García, B. (2005). Suitable dissolved oxygen levels for common octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) at different weights and temperatures: Analysis of respiratory behaviour. *Aquaculture, 244*(1–4), 303–314. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.09.036

Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" [ENFEN]. (2024a). *Estado del sistema de alerta: Alerta de El Niño costero* (Comunicado oficial ENFEN N°05-2024). https://hdl.handle.net/20.500.12958/8828

Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" [ENFEN]. (2024b). *Estado del sistema de alerta: No activo* (Comunicado oficial ENFEN N°06-2024). https://hdl.handle.net/20.500.12958/8886

Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" [ENFEN]. (2024c). *Estado del sistema de alerta: No activo* (Comunicado oficial ENFEN N°13-2024). https://hdl.handle.net/20.500.12958/9389

Cornejo, O. (1998). Características de una proliferación de *Arenaeus mexicanus* (Gerstaecker) (Brachyura, Portunidae) en fondos someros de Ancón. *Rev. peru. biol*., *5*(1), 69-79. https://doi.org/10.15381/rpb.v5i1.8322

Dauer, D. M. (1993). Biological criteria, environmental health and estuarine macrobenthic community structure. *Marine Pollution Bulletin*, *26*(5), 249–257. https://doi.org/10.1016/0025-326X(93)90063-P

Diaz, R. J. & Rosenberg, R. (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science, 321*, 926–929. https://doi.org/10.1126/science.1156401

Díaz, A. & Ortlieb, L. (1993). El fenómeno "El Niño" y los moluscos de la costa peruana. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, *22*(1), 159-177. https://acortar.link/0HI7vs

Dirección de Hidrografía y Navegación [Dihidronav]. (2024a, 30 de octubre). *Boletín diario de condiciones oceanográficas* [Boletín]. https://acortar.link/L8Sajv

Dirección de Hidrografía y Navegación [Dihidronav]. (2024b, 11 de abril). *La Marina de Guerra del Perú a través de la Dirección de Hidrografía y Navegación, informa a la opinión pública que actualmente en todo el litoral se presenta condiciones normales; sin embargo, se espera la ocurrencia de oleaje ligero del suroeste desde el domingo 14 abril* (Aviso especial de oleaje N.°16). https://www.dhn.mil.pe/portal/avisos-especiales

Dupont, J. M., Hallock, P. & Jaap, W. C. (2010). Ecological impacts of the 2005 red tide on artificial reef epibenthic macroinvertebrate and fish communities in the eastern Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress Series, 415*, 189–200. https://doi.org/10.3354/meps08739

Espino, M. (1999). El Niño 1997-98: su efecto sobre el ambiente y los recursos pesqueros en el Perú. *Revista peruana de biología*, *6*(3), 97-109. https://doi.org/10.15381/rpb.v6i3.8435

Fernández, E., Gil-Kodaka, P. & Mendo, J. (2002). Recuperación post Niño de la comunidad de macroalgas de Mendieta, Reserva Nacional de Paracas. En J. Mendo & M. Wolff (Eds.), *Memoria I Jornada Científica: Bases ecológicas para el manejo de los recursos vivos de la Reserva Nacional de Paracas* (pp. 145–153). Instituto del Mar del Perú. https://acortar.link/g5hIrI

García-de-Lomas, J., Payo, A., Cuesta, J. A. & Macías, D. (2019). Morphodynamic study of a 2018 mass-stranding event at Punta Umbría Beach (Spain): Effect of Atlantic Storm Emma on benthic marine organisms. *Journal of Marine Science and Engineering, 7*, 344. https://doi.org/10.3390/jmse7100344

Garrabou, J., Coma, R., Bensoussan, N., Bally, M., Chevaldonné, P., Cigliano, M., Díaz, D., Harmelin, J. G., Gambis, M. C., Kersting, D. K., Ledoux, J. B., Lejeusne, C., Linares, C., Marschal, C., Pérez, T., Ribes, M., Romano, J. C., Serrano, E., Teixidó, N., Torrents, O., Zabala, M., Zuberer, F. & Cerrano, C. (2009). Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global Change Biology, 15*, 1090–1103. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01823.x

Graco, M. I., Purca, S., Dewitte, B., Castro, C. G., Morón, O., Ledesma, J., Flores, G. & Gutiérrez, D. (2017). The OMZ and nutrients features as a signature of interannual and low-frequency variability in the Peruvian upwelling system. *Biogeosciences*, *14*, 4601-4617. https://doi.org/10.5194/bg-14-4601-2017

Google. (2026). *Google Maps* [Software]. https://www.google.com/maps

Holm-Hansen, O., Lorenzen, C. J., Holmes, R. W. & Strickland, J. D. H. (1965). Fluorometric determination of chlorophyll. *Journal du Conseil, 30*(1), 3–15. https://doi.org/10.1093/icesjms/30.1.3

Huijbers, C. M., Schlacher, T. A., Schoeman, D. S., Weston, M. A. & Connolly, R. M. (2013). Urbanisation alters processing of marine carrion on sandy beaches. *Landscape and Urban Planning*, *119*, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.06.004

Hyndes, G. A., Berdan, E. L., Duarte, C., Dugan, J. E., Emery, K. A., Hambäck, P. A., Henderson, C. J., Hubbard, D. M., Lastra, M., Mateo, M. A., Olds, A. & Schlacher, T. A. (2022). The role of inputs of marine wrack and carrion in sandy-beach ecosystems: A global review. *Biological Reviews, 97*, 2127-2161. https://doi.org/10.1111/brv.12886

Jayachandran, P. R., Bijoy Nandan, S., Jima, M., Philomina, J. & Vishnudattan, N. K. (2022). Benthic organisms as an ecological tool for monitoring coastal and marine ecosystem health. En P. S. Godson, S. G. Thanga Vincent & S. Krishnakumar (Eds.). *Ecology and Biodiversity of Benthos* (pp. 337-362). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821161-8.00004-0

Instituto del Mar del Perú [Imarpe]. (2024a). *Reporte técnico floración algal nociva (FAN) N° 07 - 2024*. https://acortar.link/I77Snk

Instituto del Mar del Perú [Imarpe]. (2024b). *Reporte técnico floración algal nociva (FAN) N° 09 - 2024*. https://acortar.link/lSHPaX

Instituto del Mar del Perú [Imarpe]. (2024c). *Reporte técnico floración algal nociva (FAN) N° 10 - 2024*. IMARPE. https://acortar.link/86FLvD

Instituto del Mar del Perú [Imarpe]. (2021, 01 de diciembre). *Arequipa: IMARPE realiza estudio de varaderos tradicionales de macroalgas en el litoral de Caravelí* [Nota de prensa]. https://acortar.link/rfT1GK

Instituto del Mar del Perú [Imarpe]. (2019, 12 de marzo). *IMARPE registra mortandad de concha de abanico Argopecten purpuratus y varazón de peces en bahía de Sechura* [Nota de prensa]. https://acortar.link/0jBZK8

Jacinto, M. E., Martinez, C., Sánchez, S., Flores, G. & Pizarro, L. (1996). Evaluación de la varazón y contaminación en la Bahía Paracas-Pisco. *Inf Prog Inst Mar Perú*, (29), 3-46. https://hdl.handle.net/20.500.12958/929

Jiang, M., Gao, L., Huang, R., Lin, X. & Gao, G. (2022). Differential responses of bloom-forming *Ulva intestinalis* and economically important *Gracilariopsis lemaneiformis* to marine heatwaves under changing nitrate conditions. *Science of the Total Environment, 840*, 156591. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156591

Jürgens, L. J., Rogers-Bennett, L., Raimondi, P. T., Schiebelhut, L. M., Dawson, M. N., Grosberg, R. K. & Gaylord, B. (2015). Patterns of mass mortality among rocky shore invertebrates across 100 km of northeastern Pacific coastline. *PLOS ONE, 10*(6), e0126280. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126280

Kahru, M., Mitchell, B., Díaz, A. & Miura, M. (2004). MODIS detects a devastating algal bloom in Paracas Bay, Peru. *Eos, Transactions American Geophysical Union, 85*(45), 469–471. https://doi.org/10.1029/2004EO450002

Lenfant, C., & Johansen, K. (1965). Gas transport by hemocyanin-containing blood of the cephalopod *Octopus dofleini*. *American Journal of Physiology*, *209*(5), 991–998. https://doi.org/10.1152/ajplegacy.1965.209.5.991

Levin, L. A., Ekau, W., Gooday, A. J., Jorissen, F., Middelburg, J. J., Naqvi, S. W. A., Neira, C., Rabalais, N. N. & Zhang, J. (2009). *Effects of natural and human-induced hypoxia on coastal benthos*. *Biogeosciences, 6*(10), 2063–2098. https://doi.org/10.5194/bg-6-2063-2009

Mantelatto, F. L., Robles, R., Schubart, C. D. & Felder, D. L. (2009). Molecular phylogeny of the genus *Cronius* Stimpson, 1860, with reassignment of *C. tumidulus* and several American species of *Portunus* to the genus *Achelous* De Haan, 1833 (Brachyura: Portunidae). *Crustacean Issues*, *18*, 567-579. https://acortar.link/WR99bD

Moscoso, V. (2012). Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. *Bol Inst Mar Perú, 27*(1–2), 8–207. https://hdl.handle.net/20.500.12958/2190

Naldi, M. & Viaroli, P. (2002). Nitrate uptake and storage in the seaweed *Ulva rigida* C. Agardh in relation to nitrate availability and thallus nitrate content in a eutrophic coastal lagoon (Sacca di Goro, Po River Delta, Italy). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *269*, 65–83. https://doi.org/10.1016/S0022-0981(01)00387-2

Paulmier, A. & Ruiz-Pino, D. (2009). Oxygen minimum zones (OMZs) in the modern ocean. *Progress in Oceanography*, *80*, 113-128. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.08.001

Pitcher, G. C., Aguirre-Velarde, A., Breitburg, D., Cardich, J., Carstensen, J., Conley, D. J., Dewitte, B., Engel, A., Espinoza-Morriberón, D., Flores, G., Garçon, V., Graco, M., Grégoire, M., Gutiérrez, D., Hernández-Ayón, J. M., Huang, H., Isensee, K., Jacinto, M. E., Levin, L., ... Zhu, Z. Y. (2021). System controls of coastal and open ocean oxygen depletion. *Progress in Oceanography*, *197*, 102613. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2021.102613

Pitcher, G. C. & Jacinto, G. S. (2019). Ocean deoxygenation links to harmful algal blooms. En D. Laffoley & J. M. Baxter (Eds.), *Ocean deoxygenation: Everyone's problem. Causes, impacts, consequences and solutions* (pp. 137–153). International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.13.en

Resgalla, C., Tocci, B. R., Tamanaha, M. S., Pereira Filho, J. & Andrade, M. M. (2025). Accumulation and stranding process of bryozoans and benthic microalgae on a beach in southern Brazil: Eutrophication and secondary succession case study. *Science of the Total Environment, 981*, 179597. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179597

Salvat, B. (1964). Les conditions hydrodynamiques interstitielles des sédiments meubles intertidaux et la répartition verticale de la faune endogée. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, 259*, 1567–1579.

Sánchez, S., Delgado, E., Bernales, A., Jacobo, N., Franco, A. & Correa, D. (2021). Floraciones algales nocivas en la costa peruana durante El Niño Costero 2017 y su relación con las condiciones ambientales. *Bol Inst Mar Perú*, *36*(2), 452-462. https://doi.org/10.53554/boletin.v36i2.347

Sánchez, S., Jacobo, N., Bernales, A. & Paulinot, C. (2024). *Akashiwo sanguinea* blooms and anoxia and mass mortality of fish and invertebrates during the 2023–2024 spring–summer "El Niño" in Peru. *Harmful Algae News, 77*, 4–6. https://acortar.link/Wlm99X

Schlacher, T. A., Strydom, S., Connolly, R. M. & Schoeman, D. S. (2013a). Donor-control of scavenging food webs at the land-ocean interface. *PLoS ONE*, *8*(6), e65297. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068221

Schlacher, T. A., Strydom, S. & Connolly, R. M. (2013b). Multiple scavengers respond rapidly to pulsed carrion resources at the land-ocean interface. *Acta Oecologica, 48*, 7-12. https://doi.org/10.1016/j.actao.2013.01.007

Seibel, B. A. (2016). Cephalopod susceptibility to asphyxiation via ocean incalescence, deoxygenation, and acidification. *Physiology*, *31*(6), 418–429. https://doi.org/10.1152/physiol.00061.2015

Song, M., Kong, F., Li, Y., Zhao, J., Yu, R., Zhou, M., Jiang, P. & Yan, T. (2022). A massive green tide in the Yellow Sea in 2021: Field investigation and analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*, 11753. https://doi.org/10.3390/ijerph191811753

Strickland, J. D. H. & Parsons, T. R. (1972). *A Practical Handbook of Seawater Analysis* (2ª ed., Fisheries Research Board of Canada Bulletin, No. 167). Fisheries Research Board of Canada. http://dx.doi.org/10.25607/OBP-1791

Sun, J., Liu, K., Zhang, H., Fu, J., Shi, X., Yao, Z., Zhao, G., Sha, Z., Cui, H. & Wu, J. (2025). Dissipation of *Ulva prolifera* green tides across various spatial and temporal scales and the short-term effects on marine environments. *Marine Environmental Research*, *207*, 107082. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2025.107082

Tarazona, J., Paredes, C., Romero, L., Blaskovich, V., Guzmán, S. & Sánchez, S. (1985). Características de la vida planctónica y colonización de los organismos bentónicos epilíticos durante el fenómeno *El Niño*. En W. Arntz, A. Landa, & J. Tarazona (Eds.), *"El Niño" Su impacto en la fauna Marina* (Boletín volumen extraordinario, pp. 41–49). Instituto del Mar del Perú, Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit GmbH. https://hdl.handle.net/20.500.12958/1163

Tokeshi, M. & Romero, L. (1995). Filling a gap: dynamics of space occupancy on a mussel-dominated subtropical rocky shore. *Marine Ecology Progress Series*, *119*, 167–176. https://doi.org/10.3354/meps119167

Turra, A., Pombo, M., Petracco, M., Siegle, E., Fonseca, M. & Denadai, M. R. (2016). Frequency, magnitude, and possible causes of stranding and mass-mortality events of the beach clam *Tivela mactroides* (Bivalvia: Veneridae). *PLOS ONE, 11*(1), e0146323. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146323

Vaquer-Sunyer, R. & Duarte, C. M. (2008). Thresholds of hypoxia for marine biodiversity. *PNAS, 105*(40), 15452-15457. https://doi.org/10.1073/pnas.0803833105

Vázquez-Delfín, E., Galindo-De Santiago, C., Paredes-Chi, A., Ríos-Vázquez, A., Benavides-Lahnstein, A., Khatun, K. & Brodie, J. (2024). Marine macrophyte strandings in the Yucatán Peninsula: Citizen science as a potential tool for long-term monitoring. *Aquatic Botany, 190*, 103728. https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2023.103728

Yabe, T., Ishii, Y., Amano, Y., Koga, T., Hayashi, S., Nohara, S., & Tatsumoto, H. (2009). Green tide formed by free-floating *Ulva* spp. at Yatsu tidal flat, Japan. *Limnology, 10*(3), 239–245. https://doi.org/10.1007/s10201-009-0278-4

Yang, Y., Li, W., Li, Y. & Xu, N. (2021). Photophysiological responses of the marine macroalga *Gracilariopsis lemaneiformis* to ocean acidification and warming. *Marine Environmental Research, 163,* 105204. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105204

Agradecimientos

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a los laboratorios de la sede central del IMARPE, en especial al Laboratorio de Biodiversidad y al Laboratorio de Hidroquímica Marina, por el valioso apoyo brindado. Agradecemos de manera particular a la Ingeniero Miriam Montes, por la realización de los análisis fisicoquímicos de las muestras, así como al Biólogo Andrey Moreno y los técnicos Miguel Sarmiento y Edinson Torpoco, por su dedicado trabajo en campo. Finalmente, extendemos nuestro reconocimiento a las municipalidades de San Bartolo, Pucusana y Chorrillos, cuya colaboración resultó fundamental para el desarrollo de la presente actividad.

Rol de los autores

Rossana Cabanillas: Conceptualización, metodología, investigación, trabajo de campo, recolección y procesamiento de datos, análisis formal, redacción del borrador original, revisión y edición. **Jesús Ledesma**: Metodología, investigación, análisis formal, curación de datos, visualización, redacción del borrador original, revisión y edición. **Gianella Fabián:** Investigación, trabajo de campo, recolección y procesamiento de datos, validación, redacción, revisión y edición. **José Santamaría:** Conceptualización, investigación, identificación taxonómica de especies, validación, análisis formal, redacción, revisión y edición. **Sara Clemente:** Investigación, identificación taxonómica de especies, análisis formal, validación, redacción y revisión. **Flor Paredes:** Supervisión, validación, redacción, revisión y edición.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses financieros ni personales que puedan influir en los resultados de esta investigación.

Declaración de uso de Inteligencia Artificial

Durante la preparación de este manuscrito se utilizó ChatGPT (OpenAI) como herramienta de apoyo para la revisión de la gramática, ortografía, coherencia y estilo de redacción, así como para apoyar la organización y presentación del contenido. Todo el contenido científico, los datos, resultados, interpretaciones y referencias fueron revisados y validados por los autores. Los autores aprobaron la versión final del manuscrito y asumen plena responsabilidad por su contenido.

Fuentes de financiamiento

Esta investigación fue financiada por el Instituto del Mar del Perú (Imarpe) y se desarrolló en el marco de las actividades institucionales de investigación de dicha entidad.

ANEXOS: TABLAS, FIGURAS

Tabla 3.- Composición de especies del varamiento en la costa central de Perú, 2024. Categorías semicuantitativas de abundancia de especies registradas durante la evaluación. ***= Dominante**; o = Frecuente; + = Ocasional y ● = Raro

Table 3. Species composition of stranded organisms along the central coast of Peru in 2024. Semiquantitative abundance categories recorded during the survey. ***= Dominant**; o = Frequent; + = Occasional, and ● = Rare

Phylum	Nombre científico	Marzo		Abril		Octubre	
		E-01	E-03	E-05	E-06	E-01	E-03
Mollusca	*Perumytilus purpuratus* (Lamarck, 1819)		O	o	o		
	Prisogaster niger (W. Wood, 1828)		o		*		
	Semimytilus patagonicus (Hanley, 1843)	*	●	*	*	o	
	Stramonita delessertiana (A. d'Orbigny, 1841)	●			o		
	Crepipatella peruviana (Lamarck, 1822)						
	Petricola olssoni F. R. Bernard, 1983		●		●		
	Octopus mimus A. A. Gould, 1852		+				
	Tagelus dombeii (Lamarck, 1818**)**		●				
	Tegula euryomphalus (Jonas, 1844)		o				
	Trochita trochiformis (Born, 1778)		●				
Arthropoda	*Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1788)			o	o		
	Balanus laevis Bruguière, 1789			o	o		
	Alpheus cf. *chilensis*		●				
	Arenaeus mexicanus (Gerstaecker, 1856)		●				
	Cronius edwardsii (Lockington, 1877)		●				
	Cycloxanthops sexdecimdentatus (H. Milne Edwards & Lucas, 1843)		o				
	Pachygrapsus socius Stimpson, 1871		●				
	Hepatus chiliensis H. Milne Edwards, 1837	o	o			o	
	Microphrys weddelli H. Milne Edwards, 1851		●				
	Pachycheles crinimanus Haig, 1960		o				
	Petrolisthes sp.		o				
	Pilumnoides perlatus (Poeppig, 1836)		o				
	Platyxanthus orbignyi (H. Milne Edwards & Lucas, 1843)		o			●	
	Panulirus gracilis Streets, 1871					●	
	Gaudichaudia gaudichaudii (H. Milne Edwards, 1834)		●				
	Emerita analoga (Stimpson, 1857)					●	
Echinodermata	*Arbacia nigra* (Molina, 1782)	o	*	o			
	Caenocentrotus gibbosus (L. Agassiz in L. Agassiz & Desor, 1846)		*	o	o		
	Heliaster helianthus (Lamarck, 1816)		●				
	Athyonidium chilensis (Semper, 1868)		*				
	Pattalus mollis Selenka, 1868		*				
Annelida	*Lumbrineris annulata* Hartmann-Schröder, 1960		●				
	Trophoniella sp.		o				
Cnidaria	*Phymactis papillosa* (Lesson, 1830)		o				
Chordata	*Scartichthys gigas* (Steindachner, 1876)		o				
Chlorophyta	*Ulva* sp.	*	●	o	o	o	*
	Caulerpa filiformis (Suhr) Hering, 1841					●	
	Cladophora sp.						o

Rhodophyta	*Asterfilopsis furcellata* M.S.Calderon & S.M.Boo, 2016		●		o	o	
	Antithamnion sp.					o	
	Neorubra decipiens (Montagne) M.S.Calderon, G.H.Boo & S.M.Boo, 2014		●		o		
	Gymnogongrus durvillei (Bory) M.S.Calderon & S.M.Boo, 2017			*	o		
	Pterosiphonia sp.					o	o
	Phyllophorella peruviana (E.Y.Dawson, Acleto & Foldvik) M.S.Calderon & S.M. Boo, 2016			o	o		
	Grateloupia sp.					*	
	Gracilariopsis lemaneiformis (Bory de Saint-Vincent) E.Y.Dawson, Acleto & Foldvik, 1964	*				*	
	Chondracanthus chamissoi (C.Agardh) Kützing, 1843	*	●			o	*
	Cryptopleura cryptoneuron (Montagne) W.R.Taylor, 1947	o					
	Symphyocladiella dendroidea (Montagne) D.Bustamante, B.Y.Won, S.C.Lindstrom & T.O.Cho, 2019	o					
	Polysiphonia sp.	o					
	Rhodymenia sp.	o				o	●
Ochrophyta	*Dictyota kunthii* (C.Agardh) Greville, 1830					o	●



Figura 6.- Varamiento de especies registrado en San Bartolo Sur (E-03) durante marzo de 2024. (A) *Arbacia nigra*; (B) varamiento de *Arbacia nigra* y *Caenocentrotus gibbosus*; (C) *Pattalus mollis*; (D) varamiento de *Pattalus mollis* y *Athyonidium chilensis*; (E) *Athyonidium chilensis*; (F) *Heliaster helianthus*; (G) *Alpheus cf. chilensis*; (H) *Platyxanthus orbignyi*.

Figure 6.- Stranded species recorded at San Bartolo Sur (E-03) in March 2024. (A) *Arbacia nigra*; (B) stranded *Arbacia nigra* and *Caenocentrotus gibbosus*; (C) *Pattalus mollis*; (D) stranded *Pattalus mollis* and *Athyonidium chilensis*; (E) *Athyonidium chilensis*; (F) *Heliaster helianthus*; (G) *Alpheus* cf. *chilensis*; (H) *Platyxanthus orbignyi*

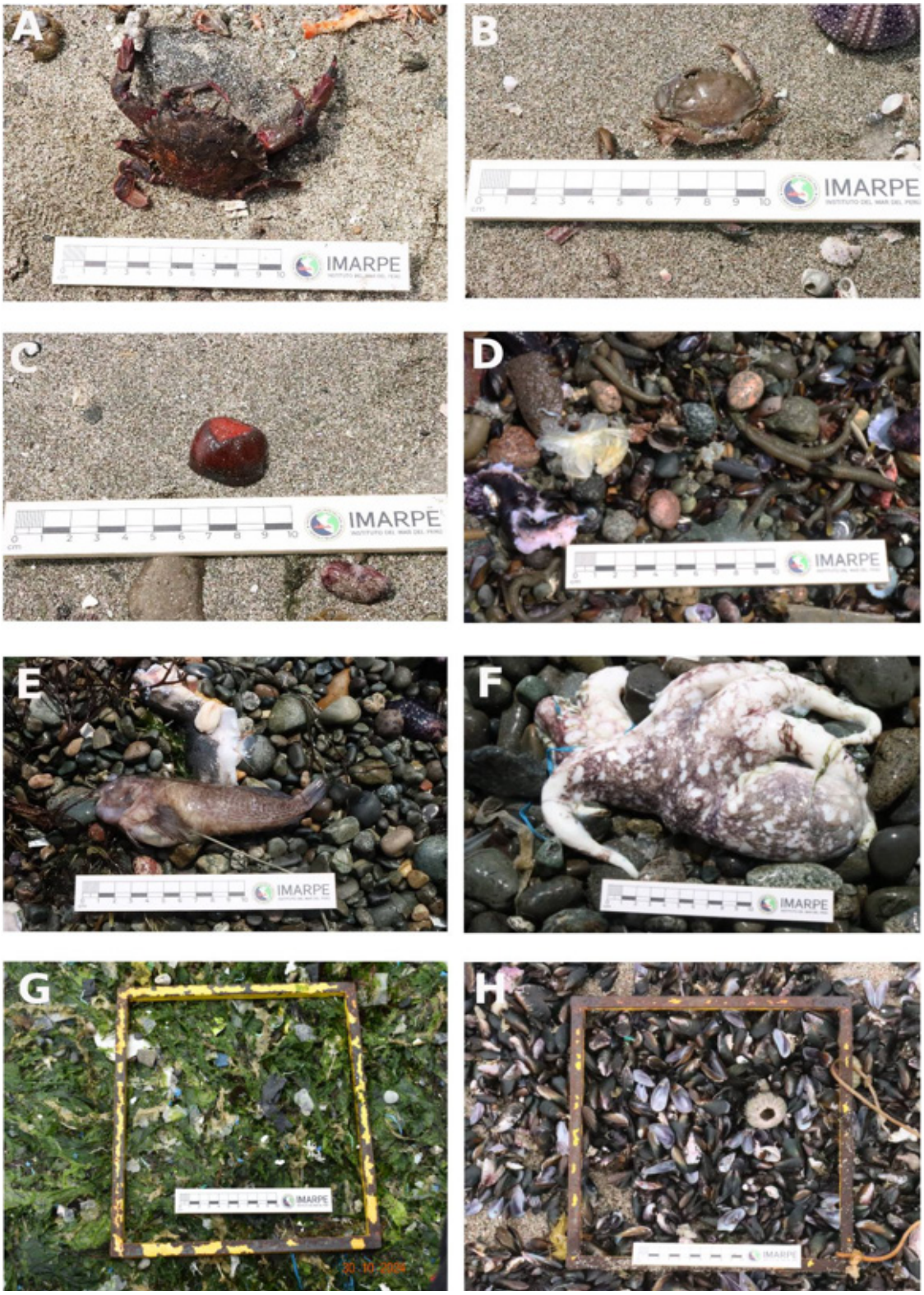


Figura 7.- Evento de marzo de 2024. Especies bentónicas asociadas al varamiento de San Bartolo Sur (E-03): (A) *Cronius edwardsii*; (B) *Cycloxanthops sexdecimdentatus* "cangrejo"; (C) *Phymactis* sp.; (D) *Trophoniella* sp.; (E) *Scartichthys gigas*; (F) *Octopus mimus*. Evento de octubre de 2024: (G) varamiento de macroalgas en San Bartolo Sur. Evento de abril de 2024: (H) varamiento de *Semimytilus patagonicus* en Punta Hermosa.

Figure 7. March 2024 event. Benthic species associated with the stranding at San Bartolo Sur (E-03): (A) *Cronius edwardsii*; (B) *Cycloxanthops sexdecimdentatus*; (C) *Phymactis* sp.; (D) *Trophoniella* sp.; (E) *Scartichthys gigas*; (F) *Octopus mimus*. October 2024 event: (G) macroalgal stranding at San Bartolo Sur. April 2024 event: (H) stranding of *Semimytilus patagonicus* at Punta Hermosa

Anexo 1.- Registros de varamientos de organismos marinos reportados en la costa peruana: 2019 – 2024

Annex 1. Records of marine organism stranding reported along the Peruvian coast, 2019-2024

Especies	Localidad	Fecha	Fuente
Argopecten purpuratus	Bahía Sechura	4/04/2019	https://www.gob.pe/institucion/imarpe/noticias/50959-imarpe-registra-mortandad-de-concha-de-abanico-argopecten-purpuratus-y-varazon-de-peces-en-bahia-de-sechura
Hepatus chiliensis, Platyxanthus orbignyi, Semimytilus algosus	Puerto Morín y Pacasmayo (La Libertad)	*10-11/01/2019*	https://www.gob.pe/institucion/imarpe/noticias/50922-imarpe-registro-varamientos-de-recursos-hidrobiologicos-en-puerto-morin-y-pacasmayo
Lessonia nigrescens, L. trabeculata, Macrocystis pyrifera	Pozo de los Misios hasta Media Luna (Caravelí -Arequipa)	1/12/2021	https://www.gob.pe/institucion/imarpe/noticias/566411-arequipa-imarpe-realiza-estudio-de-varaderos-tradicionales-de-macroalgas-en-el-litoral-de-caraveli
Odontesthes regia, Engraulis ringens, Stellifer minor, Scartichys gigas	Entre Tambo de Mora y Paracas (Ica)	26/07/2022	https://www.gob.pe/institucion/imarpe/noticias/635904-imarpe-reporta-varazon-inusual-de-peces-en-el-litoral-de-la-region-ica
Argopecten purpuratus	Playa El Chaco, Paracas (Pisco, Ica)	04/01/2024	https://www.gob.pe/institucion/imarpe/noticias/893910-imarpe-registra-varamiento-de-concha-de-abanico-en-la-playa-de-el-chaco-paracas-pisco
Argopecten purpuratus	Bahía Paracas	22-03-2024	https://www.gob.pe/institucion/imarpe/noticias/930369-imarpe-monitorea-varazones-a-lo-largo-del-litoral-peruano
Semimytilus patagonicus	Playa Huanchaco (Trujillo)	25/03/2024	https://www.gob.pe/institucion/imarpe/noticias/930369-imarpe-monitorea-varazones-a-lo-largo-del-litoral-peruano
Loxechinus albus, Athyonidium chilensis, Macrocystis pyrifera	La Aguada, Reserva Nacional San Fernando	25/03/2024	https://www.gob.pe/institucion/imarpe/noticias/930369-imarpe-monitorea-varazones-a-lo-largo-del-litoral-peruano

Anexo 2.- Vista general de las estaciones y la biomasa varada de organismos macrobentónicos. Evento marzo 2024. (A)E-01 Muelle de Chorrillos. (B) E-02 La Herradura. (C) E-04 San Bartolo Norte. (D) E-03 San Bartolo Sur. Evento abril 2024 (E) E-05 Playa Caballeros. (F) E-06 Playa Señoritas. Evento octubre 2024 (G) E-03 San Bartolo Sur. (H) E-01 Muelle de Chorrillos

Annex 2.- General view of the sampling stations and stranded macrobenthic biomass. March 2024 event: (A) E-01, Muelle de Chorrillos; (B) E-02, La Herradura; (C) E-04, San Bartolo Norte; (D) E-03, San Bartolo Sur. April 2024 event: (E) E-05, Playa Caballeros; (F) E-06, Playa Señoritas. October 2024 event: (G) E-03, San Bartolo Sur; (H) E-01, Muelle de Chorrillos

