

PRIMER REGISTRO HISTOLÓGICO DE OVOTESTIS EN *Loxechinus albus* (Molina, 1782) EN EL LITORAL DE MARCONA, PERÚ

FIRST HISTOLOGICAL RECORD OF OVOTESTIS IN *Loxechinus albus* (Molina, 1782) FROM THE MARCONA COAST, PERU

Carmen Yauri^{1,*}  Susan Donayre-Salazar²  Stevens Lucero¹ 
Jorge del Aguila-Rivera¹  Sarita Campos-León¹ 

¹Instituto del Mar del Perú, Laboratorio Costero de Camaná, Arequipa, Perú.

²Instituto del Mar del Perú, Laboratorio Costero de Pisco, Ica, Perú.

*Correspondencia. E-mail: cyaury@imarpe.gob.pe

Recibido: 10-07-2026, Aceptado: 23-09-2026, Publicado: 02-10-2026

RESUMEN

Se documentó la ocurrencia de estructuras gonadales tipo ovotestis en el erizo verde *Loxechinus albus* en el litoral de Marcona, Perú. Se recolectaron 925 ejemplares entre noviembre de 2023 y agosto de 2024, de los cuales 893 presentaron un diagnóstico histológico interpretable. Entre estos, se identificaron cuatro individuos (0,45 %) con coexistencia de componentes ováricos y testiculares en las gónadas analizadas. Las muestras presentaron ovocitos en diferentes estadios de desarrollo asociados con espermatozoides y fueron registrados en diciembre 2023 y enero 2024. Estos resultados constituyen el primer registro histológico de ovotestis en la especie *Loxechinus albus* detectado en el litoral sur del Perú y proporcionan una línea de base para el reconocimiento y seguimiento de esta condición. Estudios posteriores que incorporen series temporales más amplias y diferentes condiciones ambientales permitirán evaluar los factores potencialmente relacionados con su ocurrencia.

PALABRAS CLAVE: intersexualidad gonadal, equinoideos, reproducción, histología gonadal, Pacífico suroriental

ABSTRACT

The occurrence of ovotestis-like gonadal structures was documented in *Loxechinus albus* from the coast of Marcona, Peru. A total of 925 individuals were collected between November 2023 and August 2024, of which 893 had interpretable histological diagnoses. Four individuals (0.45 %) exhibited both ovarian and testicular components within the examined gonads. Histological samples from these individuals contained oocytes at different stages of development together with spermatozoa, with cases recorded in December 2023 and January 2024. These findings constitute the first histological record of ovotestis in *Loxechinus albus* from the southern Peruvian coast and establish a baseline for the identification and monitoring of this condition. Further studies spanning longer time series and different environmental conditions will be needed to assess factors potentially associated with its occurrence.

KEYWORDS: gonadal intersexuality, echinoids, reproduction, gonadal histology, southeastern Pacific

1. INTRODUCCIÓN

El erizo verde *Loxechinus albus* (Molina, 1782) constituye uno de los equinoideos más representativos del sistema de afloramiento de la corriente de Humboldt y un recurso bentónico de importancia ecológica y pesquera en las costas de Perú y Chile. La especie desempeña un rol relevante en la estructuración de comunidades submareales mediante su interacción con macroalgas y otros organismos bentónicos, además de sustentar pesquerías artesanales debido al alto valor comercial de sus gónadas (VÁSQUEZ, 2007; FILBEE-DEXTER & SCHEIBLING, 2014).

1. INTRODUCTION

Loxechinus albus (Molina, 1782) is a representative echinoid of the Humboldt Current upwelling system and an ecologically and commercially important benthic resource along the coasts of Peru and Chile. Through its interactions with macroalgae and other benthic organisms, the species contributes to the structuring of subtidal communities and also supports artisanal fisheries because of the high commercial value of its gonads (VÁSQUEZ, 2007; FILBEE-DEXTER & SCHEIBLING, 2014).

COMO REFERENCIAR ESTE ARTÍCULO (APA 7ed): Yauri, C., Donayre-Salazar, S., Lucero, S., del Aguila-Rivera, J. & Campos-León, S. (2026). Primer registro histológico de ovotestis en *Loxechinus albus* (Molina, 1782) en el litoral de Marcona, Perú. *Bol Inst Mar Perú*, 41(2), e483. <https://doi.org/10.53554/boletin.v41i2.483>

Desde el punto de vista reproductivo, *L. albus* es una especie predominantemente gonocórica, con fecundación externa y sin evidente dimorfismo sexual externo. Su ciclo gonadal comprende fases de desarrollo, maduración, liberación de gametos y recuperación, cuya temporalidad puede variar entre poblaciones y estar influenciada por distintos factores ambientales (PÉREZ *et al.*, 2010; MERCIER & HAMEL, 2009; WALKER *et al.*, 2007; PEARSE & CAMERON, 1991). En el canal Beagle, PÉREZ *et al.* (2010) describieron un ciclo reproductivo estacional y señalaron la posible participación de diferentes factores ambientales en su regulación. En el litoral de Arequipa, INCIO PÉREZ *et al.* (2020) registraron individuos madurantes principalmente en mayo y julio, un predominio de ejemplares maduros entre julio y octubre y mayor presencia de desovantes y expulsantes durante septiembre y octubre, identificando la primavera como el principal periodo reproductivo. En Punta Coles, Ilo, BENDITA MAYTA (2016) registró una mayor maduración durante invierno y primavera, con incremento de la actividad reproductiva desde julio y mayores valores en septiembre y octubre. Asimismo, MOLINET *et al.* (2012) documentaron diferencias en la temporalidad reproductiva entre localidades y profundidades. En conjunto, estos antecedentes muestran que el momento y la duración de las distintas fases del ciclo reproductivo de *L. albus* pueden variar entre poblaciones.

Aunque el gonocorismo es predominante en los equinoideos, se han documentado casos poco frecuentes de hermafroditismo y ovotestis en distintas especies y regiones geográficas (BOOLOOTIAN & MOORE, 1956; DELAVAUULT, 1975). GONOR (1973) registró individuos funcionalmente hermafroditas en *Strongylocentrotus purpuratus*, mientras que, otros registros han sido documentados en *Lytechinus variegatus* (MOORE *et al.*, 1963), *Tripneustes gratilla* (KIDRON *et al.*, 1972), *Toxopneustes roseus* (DÍAZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2022) y *Pseudechinus magellanicus* (PFOH *et al.*, 2025). Estas condiciones comprenden diferentes expresiones de coexistencia de componentes reproductivos masculinos y femeninos y presentan frecuencias variables entre especies y poblaciones.

En *L. albus*, OLIVARES y AVILA-POVEDA (2019) documentaron un caso aislado de ovotestis en la costa de Antofagasta, Chile, caracterizado histológicamente por la coexistencia de componentes

L. albus is predominantly gonochoric, reproduces through external fertilization, and exhibits no evident external sexual dimorphism. Its gonadal cycle comprises development, maturation, gamete release, and recovery phases, whose timing may vary among populations and in response to different environmental factors (PÉREZ *et al.*, 2010; MERCIER & HAMEL, 2009; WALKER *et al.*, 2007; PEARSE & CAMERON, 1991). In the Beagle Channel, PÉREZ *et al.* (2010) described a seasonal reproductive cycle and suggested that several environmental factors may regulate it. Along the Arequipa coast, INCIO PÉREZ *et al.* (2020) recorded maturing individuals primarily in May and July, mature individuals predominantly from July to October, and a higher occurrence of spawning and spent individuals during September and October, identifying spring as the main reproductive period. At Punta Coles, Ilo, BENDITA MAYTA (2016) reported greater maturation during winter and spring, with reproductive activity increasing from July and reaching higher levels in September and October. MOLINET *et al.* (2012) also documented differences in reproductive timing among locations and depths. Taken together, these findings indicate that the timing and duration of the different phases of the reproductive cycle of *L. albus* may vary among populations.

Although gonochorism is the predominant reproductive condition among echinoids, uncommon cases of hermaphroditism and ovotestis have been reported across different species and geographic regions (BOOLOOTIAN & MOORE, 1956; DELAVAUULT, 1975). GONOR (1973) documented functionally hermaphroditic individuals of *Strongylocentrotus purpuratus*, and additional cases have been reported in *Lytechinus variegatus* (MOORE *et al.*, 1963), *Tripneustes gratilla* (KIDRON *et al.*, 1972), *Toxopneustes roseus* (DÍAZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2022), and *Pseudechinus magellanicus* (PFOH *et al.*, 2025). These conditions encompass different patterns of coexistence between male and female reproductive components and occur at varying frequencies among species and populations.

For *L. albus*, OLIVARES and AVILA-POVEDA (2019) documented an isolated case of ovotestis from the coast of Antofagasta, Chile, histologically

ováricos y testiculares en una misma gónada. Sin embargo, hasta donde se tiene conocimiento, no se han documentado previamente casos histológicos de ovotestis en poblaciones de *L. albus* del litoral peruano. Por ello, su identificación amplía el conocimiento sobre la expresión sexual y la biología reproductiva de la especie.

Diversos factores ambientales pueden intervenir en los procesos reproductivos de los equinodermos, entre ellos la temperatura, la disponibilidad de alimento y otras condiciones del hábitat que influyen sobre la gametogénesis y el desove (MERCIER & HAMEL, 2009). Asimismo, algunos estudios han discutido una posible influencia de condiciones ambientales inusuales sobre la expresión sexual de ciertos equinoideos; sin embargo, los mecanismos involucrados y las relaciones causales aún no están claramente establecidos (GONOR, 1973; PFOH *et al.*, 2025). En este contexto, los eventos El Niño producen cambios importantes en las condiciones oceanográficas del Pacífico oriental, particularmente en la temperatura del mar y en la dinámica de los ecosistemas costeros (BARBER & CHAVEZ, 1983).

El presente estudio documenta y caracteriza histológicamente la ocurrencia de ovotestis en *L. albus* del litoral de Marcona, Perú, y se mencionan las condiciones oceanográficas registradas durante el periodo de estudio.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y obtención de muestras

Los ejemplares de *Loxechinus albus* fueron recolectados entre noviembre de 2023 y agosto de 2024 en el litoral de Marcona, región Ica, Perú. Las zonas de muestreo comprendieron San Fernando, Marcona, Cerro Colorado, Tres Hermanas y Almejal, ubicadas dentro del sistema costero del sur peruano (Fig. 1).

Los ejemplares analizados procedieron, principalmente, de las actividades de seguimiento mensual del recurso realizadas durante el periodo de estudio. En julio de 2024, las muestras correspondieron a una evaluación poblacional de los bancos naturales de *L. albus*, por lo que su procedimiento de obtención fue diferente al empleado durante los meses de seguimiento.

characterized by both ovarian and testicular components within the same gonad. However, to the best of our knowledge, no histologically documented cases of ovotestis have previously been reported in *L. albus* populations from the Peruvian coast. Documenting this condition therefore expands current knowledge of sexual expression and reproductive biology in the species.

Reproductive processes in echinoderms may be influenced by several environmental factors, including temperature, food availability, and other habitat conditions that affect gametogenesis and spawning (MERCIER & HAMEL, 2009). Previous studies have also discussed the potential influence of unusual environmental conditions on sexual expression in certain echinoids, although the mechanisms involved and any causal relationships remain unclear (GONOR, 1973; PFOH *et al.*, 2025). In this context, El Niño events produce substantial changes in the oceanographic conditions of the eastern Pacific, particularly in sea temperature and coastal ecosystem dynamics (BARBER & CHAVEZ, 1983).

This study documents and histologically characterizes the occurrence of ovotestis in *L. albus* from the coast of Marcona, Peru, and reports the oceanographic conditions recorded during the study period.

2. MATERIALS AND METHODS

Study Area and Sample Collection

Specimens of *Loxechinus albus* were collected between November 2023 and August 2024 along the coast of Marcona, Ica Region, Peru. Sampling was conducted at San Fernando, Marcona, Cerro Colorado, Tres Hermanas, and Almejal, within the coastal system of southern Peru (Fig. 1).

Most specimens were obtained through monthly monitoring of *L. albus* during the study period. In July 2024, however, samples were collected as part of a population assessment of natural *L. albus* beds and therefore followed a different sampling procedure from that used during the monthly monitoring activities.

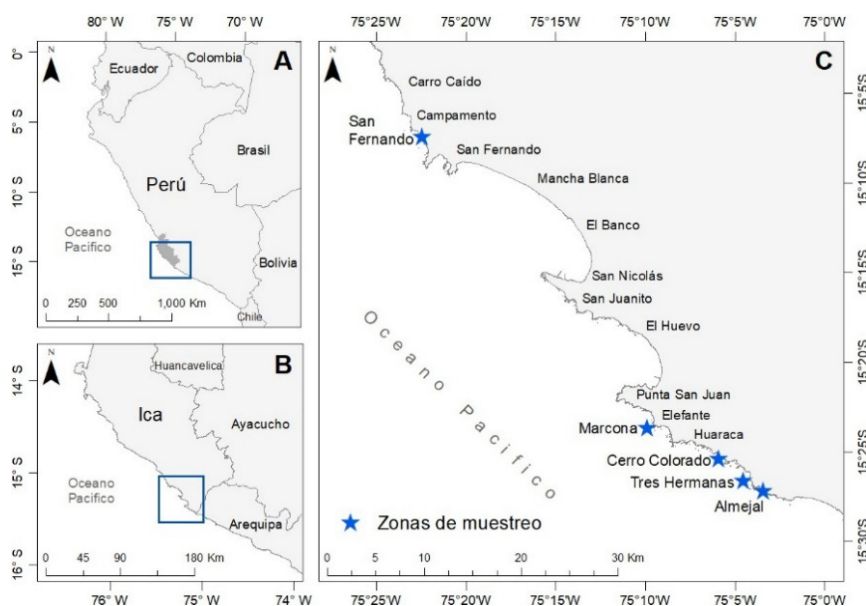


Figura 1.- Ubicación geográfica del área de estudio y zonas de muestreo de *Loxechinus albus* en el litoral de Marcona, Ica, Perú. A: ubicación del área de estudio en el territorio peruano; B: ubicación del área de estudio en la región Ica; C: zonas de muestreo en el litoral de Marcona. Las estrellas indican las zonas donde se realizaron los muestreos

Figure 1. Geographic location of the study area and *Loxechinus albus* sampling sites along the coast of Marcona, Ica, Peru. A: Location of the study area within Peru; B: Location of the study area within the Ica Region; C: Sampling sites along the Marcona coast. Stars indicate the areas where sampling was conducted

Durante la evaluación poblacional de *L. albus* efectuado en julio 2024, se establecieron transectos perpendiculares a la línea de costa, separados aproximadamente 500 m entre sí, en el hábitat rocoso del recurso. En cada transecto, se distribuyeron Unidades Básicas de Muestreo (UBM) de 40 m² en cuatro estratos de profundidad. La recolección se realizó mediante buceo semiautónomo desde una embarcación en profundidades mayores a 5 m y, mediante buceo en apnea desde la orilla en zonas someras, menores de 2,5 m de profundidad. En cada UBM se recolectaron manualmente los ejemplares encontrados, sin establecer un rango de talla como criterio de selección.

En los demás meses comprendidos entre noviembre de 2023 y agosto de 2024, los ejemplares procedieron de las actividades de seguimiento mensual del recurso en los bancos naturales. Durante esas actividades, los organismos fueron recolectados mediante buceo desde la orilla y trasladados para su procesamiento biológico.

Los ejemplares obtenidos fueron trasladados al Laboratorio Costero de Ica del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), donde se registraron sus ca-

During the July 2024 population assessment, transects were established perpendicular to the shoreline, approximately 500 m apart, within the rocky habitat of *L. albus*. Along each transect, 40-m² Basic Sampling Units (BSUs) were distributed across four depth strata. At depths greater than 5 m, specimens were collected by surface-supplied diving from a vessel, whereas in shallow areas less than 2.5 m deep, they were collected by breath-hold diving from shore. Within each BSU, specimens encountered during sampling were collected manually, with no size range established as a selection criterion.

During the other months between November 2023 and August 2024, specimens were obtained through monthly monitoring of natural *L. albus* beds. Specimens were collected by diving from shore and transported for biological processing.

All specimens were transported to the Ica Coastal Laboratory of the *Instituto del Mar del Perú* (IMARPE), where their biometric and biological characteristics were recorded. The five gonads of each specimen were

racterísticas biométricas y biológicas. Posteriormente, se extrajeron las cinco gónadas de cada ejemplar, las cuales fueron pesadas en conjunto y evaluadas macroscópicamente en fresco mediante observación directa, considerando principalmente su coloración y apariencia general. Para el análisis histológico se seleccionó una gónada de cada ejemplar, que fue fijada en formol al 10 % durante al menos siete días y posteriormente la muestra fue enviada al Laboratorio de Biología Reproductiva de la Sede del IMARPE en Camaná, para su procesamiento histológico.

Evaluación histológica

Para el procesamiento histológico inicial, se realizó un corte transversal de la gónada mediante el método de congelación descrito por PEREA DE LA MATTA y BUITRÓN DÍAZ (2004), utilizando un criostato Leica CM1860. Los cortes histológicos se obtuvieron con un espesor de 4,5 μm , fueron teñidos con hematoxilina-eosina, montados con Entellan y examinados mediante microscopía óptica.

Los ejemplares en los que el análisis histológico inicial reveló estructuras gonadales atípicas, caracterizadas por presencia simultánea de componentes ováricos y testiculares, fueron seleccionados para un segundo procesamiento mediante inclusión en parafina, con el propósito de obtener una mejor preservación de la arquitectura tisular y confirmar las observaciones realizadas en los cortes por congelación. De los cuatro ejemplares identificados, tres pudieron ser reprocesados mediante esta técnica. El primer ejemplar fue evaluado únicamente mediante cortes por congelación, debido a que no se dispuso de tejido gonadal remanente en condiciones adecuadas para su posterior procesamiento en parafina.

Las muestras seleccionadas fueron procesadas individualmente mediante un procesador automático de tejidos Leica TP1020, siguiendo el procedimiento de inclusión en parafina descrito por HUMASON (1979). Los bloques obtenidos fueron seccionados a 4,5 μm de espesor utilizando un micrótopo Leica RM2245. Los cortes fueron extendidos en baño de flotación, colocados sobre láminas portaobjetos y teñidos con hematoxilina-eosina mediante el tinte de marca Leica Autostainer XL. Posteriormente, las preparaciones fueron montadas con Entellan.

subsequently removed, weighed together, and examined macroscopically while fresh by direct observation, with particular attention to coloration and overall appearance. One gonad from each specimen was selected for histological analysis, fixed in 10 % formalin for at least seven days, and subsequently sent to the Reproductive Biology Laboratory at the IMARPE facility in Camaná for histological processing.

Histological Evaluation

For the initial histological assessment, a transverse section of the gonad was prepared using the freezing method described by PEREA DE LA MATTA and BUITRÓN DÍAZ (2004) with a Leica CM1860 cryostat. Sections were cut at a thickness of 4.5 μm , stained with hematoxylin and eosin, mounted with Entellan, and examined by light microscopy.

Specimens in which the initial histological assessment revealed atypical gonadal structures characterized by the simultaneous presence of ovarian and testicular components were selected for additional processing by paraffin embedding. This procedure was used to improve preservation of tissue architecture and confirm the observations obtained from the frozen sections. Of the four specimens identified, three were available for reprocessing using this technique. The first specimen was examined exclusively using frozen sections because no remaining gonadal tissue was available in suitable condition for subsequent paraffin processing.

The selected samples were processed individually in a Leica TP1020 automated tissue processor following the paraffin-embedding procedure described by HUMASON (1979). The resulting paraffin blocks were sectioned at 4.5 μm using a Leica RM2245 microtome. Sections were floated in a water bath, transferred onto microscope slides, and stained with hematoxylin and eosin using a Leica Autostainer XL. The preparations were then mounted with Entellan.

For each of the three specimens reprocessed by paraffin embedding, three microscope slides

Para cada uno de los tres ejemplares reprocesados mediante inclusión en parafina, se prepararon tres láminas portaobjetos a partir del bloque correspondiente, cada una con varios cortes del tejido gonadal. Las preparaciones mostraron consistentemente la coexistencia de componentes ováricos y testiculares, permitiendo confirmar la persistencia de esta condición en cortes sucesivos.

Las preparaciones histológicas fueron examinadas en un microscopio trinocular Leica DMIL LED equipado con una cámara digital Leica DFC450 C, utilizada para la obtención de las microfotografías. La identificación de estructuras gonadales tipo ovotestis se estableció mediante la coexistencia histológica de componentes ováricos y testiculares en la gónada analizada.

Contexto oceanográfico durante el periodo de estudio

Se utilizaron registros mensuales de temperatura superficial del mar (TSM), anomalías de la TSM y del *Oceanic Niño Index* (ONI) para describir el contexto oceanográfico correspondiente al periodo de muestreo.

La TSM fue obtenida del producto satelital NOAA *Optimum Interpolation Sea Surface Temperature* versión 2 (OISST v2), con resolución espacial de 0,25° y frecuencia diaria (REYNOLDS *et al.*, 2007). Los valores mensuales del ONI fueron obtenidos del *Climate Prediction Center de la National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA).

Estas variables fueron utilizadas exclusivamente para caracterizar las condiciones oceanográficas durante el periodo de estudio y los meses en los que se registraron los ejemplares con ovotestis. Debido a que el muestreo comprendió un único ciclo anual y no incluyó periodos comparativos bajo diferentes condiciones oceanográficas, estos datos no fueron utilizados para evaluar asociaciones estadísticas ni establecer relaciones causales entre las condiciones ambientales y la ocurrencia de ovotestis.

3. RESULTADOS

Casos de ovotestis

De los 925 ejemplares registrados durante el periodo de estudio, 32 no contaron con un diagnóstico

were prepared from the corresponding block, with each slide containing multiple sections of gonadal tissue. Ovarian and testicular components were consistently observed together in these preparations, confirming that the condition persisted across successive sections.

Histological preparations were examined using a Leica DMIL LED trinocular microscope equipped with a Leica DFC450 C digital camera for microphotography. Ovotestis-like gonadal structures were identified based on the histological presence of both ovarian and testicular components within the examined gonad.

Oceanographic Context During the Study Period

Monthly sea surface temperature (SST), SST anomaly, and Oceanic Niño Index (ONI) records were used to characterize the oceanographic conditions during the sampling period.

SST data were obtained from the NOAA Optimum Interpolation Sea Surface Temperature version 2 (OISST v2) satellite product, which has a spatial resolution of 0.25° and daily temporal resolution (REYNOLDS *et al.*, 2007). Monthly ONI values were obtained from the Climate Prediction Center of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

These variables were used exclusively to characterize oceanographic conditions during the study period and in the months when specimens with ovotestis were recorded. Because sampling covered only a single annual cycle and did not include comparative periods representing different oceanographic conditions, these data were not used to test statistical associations or establish causal relationships between environmental conditions and the occurrence of ovotestis.

3. RESULTS

Ovotestis Cases

Of the 925 specimens recorded during the study period, 32 could not be assigned an interpretable

histológico interpretable debido a la ausencia de tejido gonadal adecuado o a deficiencias en su conservación. En consecuencia, se obtuvo un diagnóstico histológico válido en 893 ejemplares. Entre estos se identificaron cuatro individuos con estructuras gonadales tipo ovotestis, lo que representó una frecuencia de 0,45 %. Los casos fueron registrados en diciembre de 2023 ($n = 1$) y enero de 2024 ($n = 3$).

Los cuatro ejemplares presentaron diámetros entre 67 y 89 mm, pesos totales entre 112,76 y 289,11 g y pesos gonadales entre 6,98 y 33,30 g (Tabla 1). En comparación con los demás ejemplares con información biométrica disponible, estos valores se encontraron dentro de las distribuciones observadas para las tres variables y ninguno fue identificado como un valor biométrico extremo. El ejemplar de menor tamaño presentó comparativamente los menores valores de diámetro, peso total y peso gonadal entre los cuatro casos.

histological diagnosis because suitable gonadal tissue was unavailable or inadequately preserved. Thus, valid histological diagnoses were obtained for 893 specimens. Ovotestis-like gonadal structures were identified in four individuals, corresponding to a frequency of 0.45 %. One case was recorded in December 2023 and three in January 2024.

The four specimens ranged from 67 to 89 mm in diameter, 112.76 to 289.11 g in total weight, and 6.98 to 33.30 g in gonadal weight (Table 1). Relative to the other specimens with available biometric data, these measurements were within the observed distributions for all three variables, with none of the four cases representing a biometric extreme. Among the four cases, the smallest specimen also had the lowest diameter, total weight, and gonadal weight.

Tabla 1.- Características biométricas y principales hallazgos histológicos de los ejemplares de "erizo verde" *Loxechinus albus* con ovotestis registrados en Marcona durante diciembre de 2023 y enero de 2024

Table 1. Biometric characteristics and main histological findings of *Loxechinus albus* specimens with ovotestis recorded in Marcona in December 2023 and January 2024

Mes	Diámetro (mm)	Peso total (g)	Peso gonadal (g)	Hallazgo histológico
Dic-23	67	112,76	6,98	Ovocitos inmaduros y abundantes espermatozoides
Ene-24	79	186,90	25,40	Ovocitos maduros, ovocitos atrésicos y espermatozoides
Ene-24	84	231,68	28,73	Ovocitos maduros y abundantes espermatozoides
Ene-24	89	289,11	33,30	Ovocitos maduros, ovocitos atrésicos y espermatozoides

El **primer caso** fue identificado mediante cortes histológicos obtenidos por criostato. En la gónada analizada se observó la coexistencia de componentes ováricos y testiculares, caracterizados por la presencia de ovocitos inmaduros, ovocitos en maduración y ovocitos maduros, asociados a abundantes espermatozoides (Fig. 2). Ambos componentes se observaron en diferentes regiones del tejido gonadal y, en algunas áreas, estrechamente asociadas. Debido a la fragmentación tisular observada en los cortes obtenidos por criostato, no fue posible delimitar inequívocamente los límites acinares en todas las regiones.

The **first case** was identified in cryostat-prepared histological sections. The examined gonad contained both ovarian and testicular components, with immature, maturing, and mature oocytes occurring in association with abundant spermatozoa (Fig. 2). The two components were observed in different regions of the gonadal tissue and were closely associated in some areas. Because the cryostat sections exhibited tissue fragmentation, acinar boundaries could not be unequivocally delineated throughout the tissue.

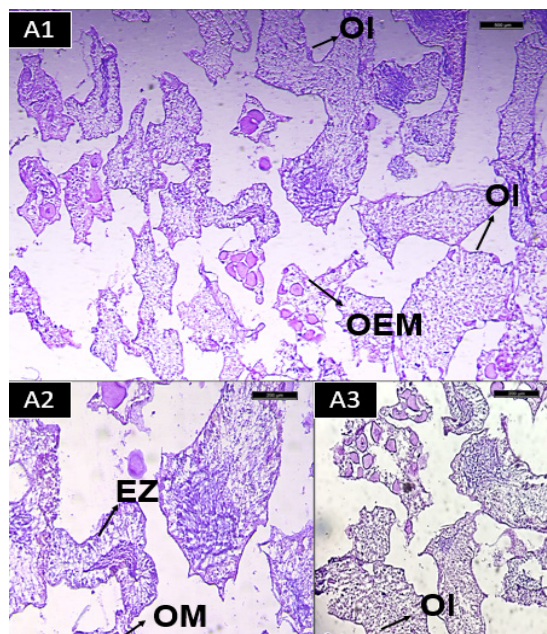


Figura 2.- Cortes histológicos obtenidos mediante criostato de un ejemplar de *Loxechinus albus*, de Marcona, diciembre 2023. A1–A3: coexistencia de componentes ováricos y testiculares en la gónada analizada, evidenciada por la presencia de ovocitos inmaduros (OI), ovocitos en maduración (OEM), ovocitos maduros (OM) y espermatozoides (EZ)

Figure 2. Cryostat-prepared histological sections of a *Loxechinus albus* specimen from Marcona, December 2023. A1–A3: Ovarian and testicular components within the examined gonad, evidenced by immature oocytes (OI), maturing oocytes (OEM), mature oocytes (OM), and spermatozoa (EZ)

El **segundo caso**, procesado mediante inclusión en parafina, presentó coexistencia de componentes ováricos y testiculares en la gónada analizada. Histológicamente, se observaron ovocitos maduros, ovocitos atrésicos y abundantes espermatozoides en diferentes regiones del tejido gonadal (Fig. 3).

In the **second case**, which was processed by paraffin embedding, both ovarian and testicular components were present within the examined gonad. Mature oocytes, atretic oocytes, and abundant spermatozoa were observed in different regions of the gonadal tissue (Fig. 3).

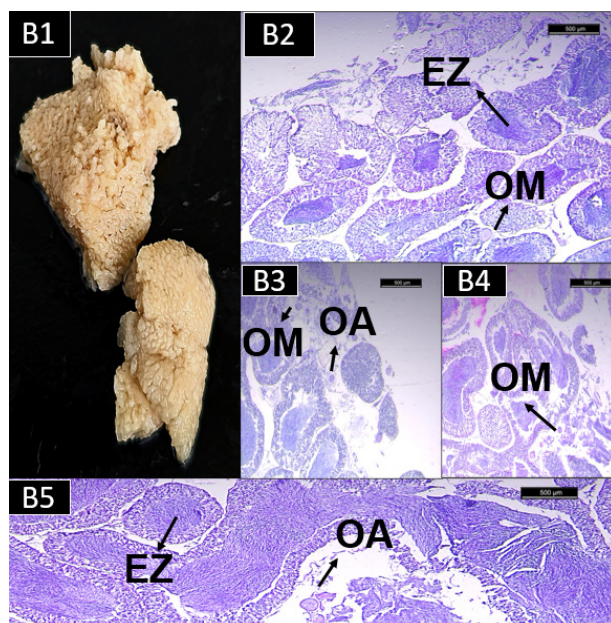


Figura 3.- Vista macroscópica y cortes histológicos obtenidos mediante inclusión en parafina de un ejemplar de *Loxechinus albus*, Marcona, enero 2024.

B1: aspecto macroscópico de la gónada. B2–B5: cortes histológicos en los que se observa la coexistencia de componentes ováricos y testiculares, caracterizados por la presencia de ovocitos maduros (OM), ovocitos atrésicos (OA) y espermatozoides (EZ)

Figure 3. Macroscopic view and paraffin-embedded histological sections of a *Loxechinus albus* specimen from Marcona, January 2024. B1: Macroscopic appearance of the gonad. B2–B5: Histological sections showing ovarian and testicular components, characterized by mature oocytes (OM), atretic oocytes (OA), and spermatozoa (EZ)

En el **tercer caso**, se observó coexistencia de componentes ováricos y testiculares en la gónada analizada. Se observaron perfiles acinares con abundantes espermatozoides en el lumen y otros con presencia de ovocitos maduros. Ambos componentes se encontraron estrechamente próximos en algunas regiones del tejido gonadal (Fig. 4).

The **third case** also showed both ovarian and testicular components within the examined gonad. Some acinar profiles contained abundant spermatozoa in the lumen, whereas others contained mature oocytes. In some regions, acinar profiles containing the two components were located in close proximity (Fig. 4).

El **cuarto caso** presentó coexistencia de componentes ováricos y testiculares en la gónada analizada, caracterizados por la presencia de ovocitos

In the **fourth case**, the examined gonad contained both ovarian and testicular components, represented by mature oocytes, atretic oocytes, and

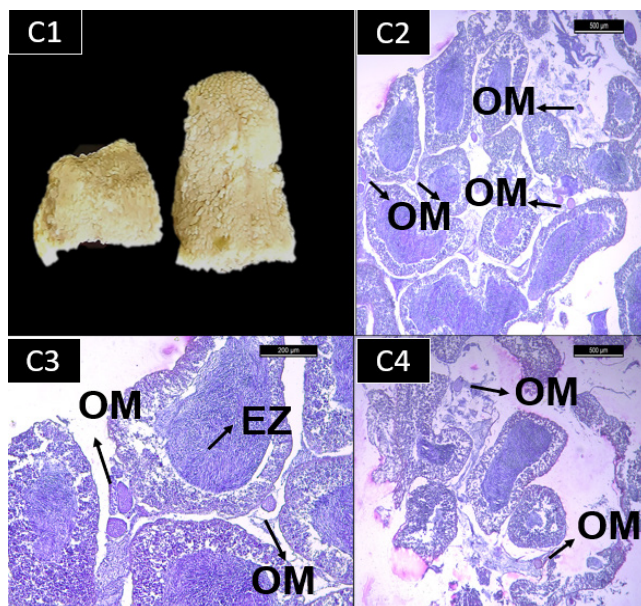


Figura 4.- Vista macroscópica y cortes histológicos obtenidos mediante inclusión en parafina de un ejemplar de *Loxechinus albus*, Marcona, enero 2024.

C1: aspecto macroscópico de la gónada. C2-C4: cortes histológicos que muestran la coexistencia de componentes ováricos y testiculares, con presencia de ovocitos maduros (OM) y espermatozoides (EZ). En C3 se observa la estrecha proximidad entre perfiles acinares con diferente composición sexual.

Figure 4. Macroscopic view and paraffin-embedded histological sections of a *Loxechinus albus* specimen from Marcona, January 2024. C1: Macroscopic appearance of the gonad. C2-C4: Histological sections showing ovarian and testicular components, with mature oocytes (OM) and spermatozoa (EZ). C3 shows the close proximity of acinar profiles with different sexual compositions

maduros, ovocitos atresicos y abundantes espermatozoides. Ambos componentes se observaron estrechamente asociados en diferentes regiones del tejido gonadal; sin embargo, los límites acinares no permitieron establecer inequívocamente si correspondían a acinos mixtos o a acinos adyacentes de diferente composición sexual (Fig. 5).

abundant spermatozoa. The two components occurred in close association in different regions of the gonadal tissue. However, the acinar boundaries could not be delineated clearly enough to determine unequivocally whether the components occurred within mixed acini or in adjacent acini of different sexual composition (Fig. 5).

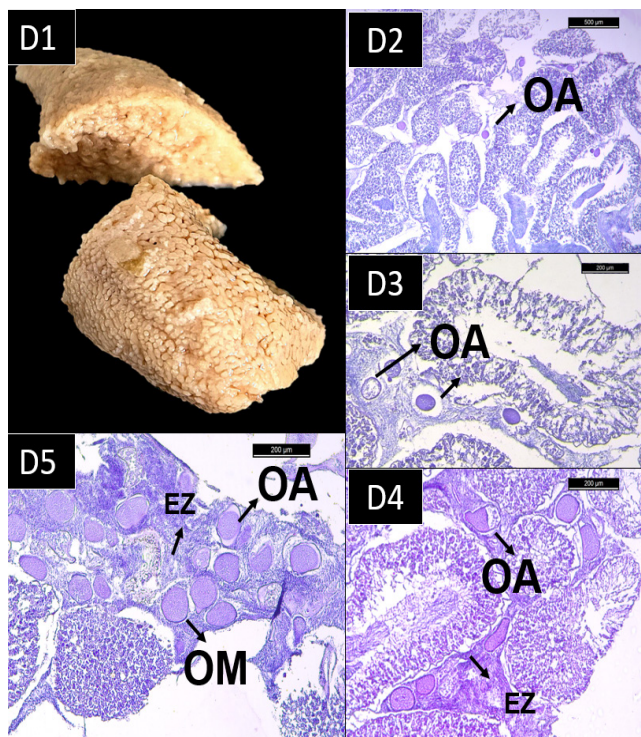


Figura 5.- Vista macroscópica y cortes histológicos obtenidos mediante inclusión en parafina de un ejemplar de *Loxechinus albus*, Marcona, enero 2024.

D1: aspecto macroscópico de la gónada. D2-D5: cortes histológicos que muestran la coexistencia de componentes ováricos y testiculares, caracterizados por la presencia de ovocitos maduros (OM), ovocitos atresicos (OA) y espermatozoides (EZ). En D4 y D5 se observa la estrecha proximidad entre ambos componentes

Figure 5. Macroscopic view and paraffin-embedded histological sections of a *Loxechinus albus* specimen from Marcona, January 2024. D1: Macroscopic appearance of the gonad. D2-D5: Histological sections showing ovarian and testicular components, characterized by mature oocytes (OM), atretic oocytes (OA), and spermatozoa (EZ). D4 and D5 show the close proximity of the two components

En conjunto, los cuatro ejemplares presentaron coexistencia de componentes ováricos y testiculares en la gónada analizada, con ovocitos en diferentes estadios de desarrollo y espermatozoides. La distribución y organización de ambos componentes fue variable entre los ejemplares y, debido a que los límites acinares no pudieron delimitarse inequívocamente en todas las preparaciones, no fue posible establecer de manera concluyente si correspondían a acinos mixtos o a acinos adyacentes de diferente composición sexual.

Durante el periodo de estudio se registraron variaciones en la temperatura superficial del mar, en sus anomalías y en el *Oceanic Niño Index* (ONI). Los cuatro casos de ovotestis fueron registrados en diciembre de 2023 y enero de 2024 (Fig. 6). Estas variables se presentan únicamente como contexto oceanográfico del periodo de muestreo.

Taken together, the four specimens showed ovarian and testicular components within the examined gonad, with oocytes at different developmental stages and spermatozoa. The spatial distribution and organization of these components varied among specimens. Because acinar boundaries could not be unequivocally delineated in all histological preparations, it was not possible to conclusively determine whether the ovarian and testicular components occurred within mixed acini or in adjacent acini of different sexual composition.

Sea surface temperature (SST), SST anomalies, and the Oceanic Niño Index (ONI) varied over the study period. The four ovotestis cases were recorded in December 2023 and January 2024 (Fig. 6). These variables are presented solely to characterize the oceanographic context of the sampling period.

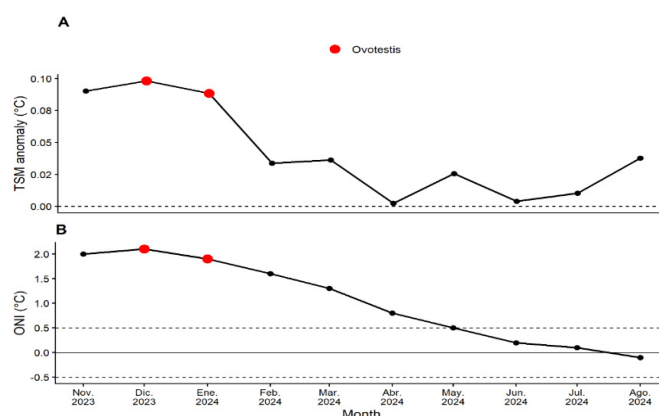


Figura 6.- Variación temporal de la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) (A) y del *Oceanic Niño Index* (ONI) (B) entre noviembre 2023 y agosto 2024 en el litoral de Marcona.

Los puntos rojos indican los meses en los que se registraron los casos de ovotestis en *Loxechinus albus*

Figure 6. Temporal variation in sea surface temperature (SST) anomaly (A) and the Oceanic Niño Index (ONI) (B) from November 2023 through August 2024 along the coast of Marcona.

Red points indicate the months in which ovotestis cases were recorded in *Loxechinus albus*

4. DISCUSIÓN

La presencia de estructuras gonadales tipo ovotestis observada en el erizo verde *Loxechinus albus* constituye un hallazgo poco frecuente entre los equinoideos predominantemente gonocóricos. Históricamente, los registros de hermafroditismo y ovotestis en erizos de mar han sido escasos y se han documentado con frecuencias variables en poblaciones naturales (BOOLOOTIAN & MOORE, 1956). En el presente estudio, cuatro de los 893 ejemplares con diagnóstico histológico interpre-

4. DISCUSSION

The occurrence of ovotestis-like gonadal structures in *Loxechinus albus* is an uncommon finding among predominantly gonochoric echinoids. Historically, hermaphroditism and ovotestis have rarely been reported in echinoids, and their frequencies in natural populations have varied considerably (BOOLOOTIAN & MOORE, 1956). In the present study, this condition was identified in four of the 893 specimens with interpretable histological

table presentaron esta condición, lo que representó una frecuencia de 0,45 %. Este resultado documenta la ocurrencia de ovotestis en individuos de la población de *L. albus* de Marcona y constituye el primer registro histológico de esta condición para la especie en el litoral peruano.

OLIVARES y AVILA-POVEDA (2019) documentaron previamente un caso aislado de ovotestis en *L. albus* en Antofagasta, Chile. De 950 ejemplares examinados, identificaron un individuo que presentó la coexistencia de componentes germinales masculinos y femeninos, lo que correspondió al 0,10 % de la muestra. Los autores interpretaron el hallazgo como un evento aislado y señalaron que su ocurrencia no permitía concluir que el hermafroditismo constituyera un modo de sexualidad de la especie a escala poblacional. De manera similar, los cuatro casos registrados en Marcona deben interpretarse con cautela. Aunque se confirmó histológicamente la coexistencia de componentes ováricos y testiculares en las gónadas analizadas, no se evaluaron la viabilidad de los gametos ni la capacidad reproductiva de los ejemplares. Por lo tanto, estos resultados permiten documentar la presencia de ovotestis, pero no demostrar hermafroditismo funcional.

La organización histológica de los componentes ováricos y testiculares presentó variaciones entre los cuatro ejemplares. Se observaron ovocitos en diferentes estadios de desarrollo y espermatozoides, encontrándose ambos componentes estrechamente asociados en algunas regiones del tejido gonadal. Sin embargo, debido a que los límites acinares no pudieron delimitarse inequívocamente en todas las preparaciones, no fue posible establecer de manera concluyente si correspondían a acinos mixtos o a acinos adyacentes de diferente composición sexual. Esta distinción resulta relevante debido a que los casos de hermafroditismo descritos en equinoideos pueden presentar diferentes configuraciones gonadales. PFOH *et al.* (2025), por ejemplo, distinguieron individuos con células germinales masculinas y femeninas distribuidas en un mismo acino de aquellos en los que ambos componentes se encontraban en acinos diferentes. Por ello, en el presente estudio se utiliza el término ovotestis para describir la coexistencia histológica de componentes ováricos y testiculares en la gónada analizada, sin atribuir una configuración acinar específica cuando esta no pudo determinarse inequívocamente.

diagnoses, corresponding to a frequency of 0.45 %. These findings document ovotestis in individuals from the Marcona population of *L. albus* and represent the first histological record of this condition in the species from the Peruvian coast.

OLIVARES and AVILA-POVEDA (2019) previously documented an isolated case of ovotestis in *L. albus* from Antofagasta, Chile. Of 950 specimens examined, one individual exhibited both male and female germinal components, corresponding to 0.10 % of the sample. The authors interpreted this finding as an isolated event and noted that a single occurrence was insufficient to establish hermaphroditism as a mode of sexuality in the species at the population level. The four cases recorded in Marcona should likewise be interpreted cautiously. Although histological examination confirmed the presence of both ovarian and testicular components in the gonads analyzed, gamete viability and the reproductive capacity of these individuals were not assessed. Thus, the present findings demonstrate the occurrence of ovotestis but do not provide evidence of functional hermaphroditism.

The histological arrangement of the ovarian and testicular components differed among the four specimens. Oocytes at different developmental stages and spermatozoa were observed, with both components occurring in close association in some regions of the gonadal tissue. However, acinar boundaries could not be unequivocally delineated in all preparations, preventing a conclusive determination of whether the components occurred within mixed acini or in adjacent acini of different sexual composition. This distinction is important because hermaphroditism in echinoids may involve different gonadal configurations. For example, PFOH *et al.* (2025) distinguished individuals in which male and female germ cells occurred within the same acinus from those in which the two components were located in separate acini. Accordingly, the term ovotestis is used here to describe the histological presence of both ovarian and testicular components within the examined gonad, without assigning a specific acinar configuration when this could not be unequivocally determined.

Tabla 2.- Registros de ovotestis y otras condiciones de hermafroditismo documentadas en equinoideos, con sus respectivas frecuencias de ocurrencia

Table 2. Records of ovotestis and other hermaphroditic conditions documented in echinoids, with their respective frequencies of occurrence

Especie	Condición reportada	N evaluado	N casos	Frecuencia (%)	Referencia
<i>Loxechinus albus</i>	Ovotestis	893	4	0,45	Presente estudio
<i>Loxechinus albus</i>	Ovotestis	950	1	0,10	OLIVARES & AVILA-POVEDA (2019)
<i>Lytechinus variegatus</i>	Hermafroditismo protándrico	1 735	131	7,60	MOORE <i>et al.</i> (1963)
<i>Strongylocentrotus purpuratus</i>	Hermafroditismo funcional	1 354	2	0,15	GONOR (1973)
<i>Tripneustes gratilla</i>	Hermafroditismo funcional	551	1	0,18	KIDRON <i>et al.</i> (1972)
<i>Toxopneustes roseus</i>	Hermafroditismo / trioecia	224	32	14,29	DÍAZ-MARTÍNEZ <i>et al.</i> (2022)
<i>Pseudechinus magellanicus</i>	Hermafroditismo	90	6	6,67	PFOH <i>et al.</i> (2025)

Nota: las condiciones reportadas corresponden a la terminología e interpretación de cada estudio y no representan necesariamente expresiones gonadales equivalentes

La frecuencia observada en Marcona se encuentra dentro de la amplia variación registrada para condiciones de hermafroditismo y ovotestis en otros equinoideos (Tabla 2). GONOR (1973) identificó dos individuos funcionalmente hermafroditas entre 1 354 ejemplares de *Strongylocentrotus purpuratus* (0,15 %), mientras que KIDRON *et al.* (1972) describieron un individuo funcionalmente hermafrodita de *Tripneustes gratilla* dentro de una población en la que este tipo de condición fue excepcional. En contraste, MOORE *et al.* (1963) registraron 131 individuos hermafroditas entre 1 735 ejemplares de *Lytechinus variegatus* (7,60 %), y DÍAZ-MARTÍNEZ *et al.* (2022) registraron 32 individuos hermafroditas entre 224 ejemplares de *Toxopneustes roseus* (14,29 %), población caracterizada por los autores como trioica. Más recientemente, PFOH *et al.* (2025) identificaron seis individuos hermafroditas entre 90 ejemplares de *Pseudechinus magellanicus* (6,67 %), de los cuales dos correspondieron específicamente a ovotestis. Estas diferencias muestran que la frecuencia y la expresión histológica de estas condiciones pueden variar ampliamente entre especies y poblaciones y que las categorías utilizadas por los distintos autores no representan necesariamente condiciones gonadales equivalentes.

Los factores asociados con la aparición de ovotestis y otras expresiones de hermafroditismo en equinoideos aún no se encuentran completamente esclarecidos. Los procesos reproductivos de los equinodermos pueden estar influenciados por diferentes factores ambientales, entre ellos la

The frequency recorded in Marcona lies within the broad range reported for ovotestis and other hermaphroditic conditions in echinoids (Table 2). GONOR (1973) identified two functionally hermaphroditic individuals among 1,354 specimens of *Strongylocentrotus purpuratus* (0.15 %), whereas KIDRON *et al.* (1972) described a single functionally hermaphroditic *Tripneustes gratilla* in a population in which this condition was exceptional. By contrast, MOORE *et al.* (1963) recorded 131 hermaphroditic individuals among 1,735 specimens of *Lytechinus variegatus* (7.60 %), while DÍAZ-MARTÍNEZ *et al.* (2022) recorded 32 hermaphroditic individuals among 224 specimens of *Toxopneustes roseus* (14.29 %), a population the authors characterized as trioecious. More recently, PFOH *et al.* (2025) identified six hermaphroditic individuals among 90 specimens of *Pseudechinus magellanicus* (6.67 %), two of which were specifically identified as ovotestis. These differences indicate that both the frequency and histological expression of these conditions may vary widely among species and populations. They also underscore that the categories adopted by different authors do not necessarily describe equivalent gonadal conditions.

The factors associated with the occurrence of ovotestis and other expressions of hermaphroditism in echinoids are not yet fully understood. Reproductive processes in echinoderms may be influenced by several

temperatura, el fotoperiodo y la disponibilidad de alimento (PEARSE & CAMERON, 1991; MERCIER & HAMEL, 2009; LAWRENCE, 2013). En *L. albus*, PÉREZ *et al.* (2010) no encontraron una correlación significativa entre el índice gonadal y la temperatura mensual del agua en una población del canal Beagle y señalaron que otros factores, como el fotoperiodo y la disponibilidad de alimento, también pueden intervenir en su dinámica reproductiva. Estos antecedentes indican que la relación entre las condiciones ambientales y los procesos reproductivos puede ser compleja y no depender exclusivamente de la temperatura.

En algunos equinoideos se ha discutido específicamente una posible influencia ambiental sobre la expresión sexual. MOORE *et al.* (1963) registraron una proporción relativamente alta de individuos hermafroditas de *Lytechinus variegatus* después de un invierno inusualmente frío y plantearon una posible asociación con las bajas temperaturas. En contraste, KIDRON *et al.* (1972), ante el registro de un único individuo hermafrodita funcional de *Tripneustes gratilla*, consideraron que el hallazgo representaba un evento biológico raro más que una respuesta fisiológica a condiciones ambientales adversas. Asimismo, GONOR (1973) planteó una posible influencia ambiental sobre la expresión sexual de *Strongylocentrotus purpuratus*, mientras que DÍAZ-MARTÍNEZ *et al.* (2022) discutieron la posible participación de las condiciones ambientales en el mantenimiento de la trioecia observada en *Toxopneustes roseus*. En conjunto, estos antecedentes muestran que los factores ambientales han sido considerados entre las posibles explicaciones de las variaciones en la expresión sexual de algunos equinoideos, aunque la evidencia disponible no permite atribuir estas condiciones exclusivamente a un factor ambiental determinado.

En el presente estudio, los cuatro casos de ovotestis fueron registrados en diciembre 2023 y enero 2024, durante un periodo caracterizado por anomalías térmicas positivas. Esta coincidencia temporal resulta de interés como parte del contexto oceanográfico en el que se produjeron los registros, pero no permite establecer una asociación ni una relación causal entre ambas observaciones. La diferenciación y el desarrollo gonadal anteceden a la condición histológica observada al momento del muestreo y, además, el estudio

environmental factors, including temperature, photoperiod, and food availability (PEARSE & CAMERON, 1991; MERCIER & HAMEL, 2009; LAWRENCE, 2013). In *L. albus*, PÉREZ *et al.* (2010) found no significant correlation between gonadal index and monthly water temperature in a Beagle Channel population and noted that other factors, including photoperiod and food availability, may also influence reproductive dynamics. These findings suggest that relationships between environmental conditions and reproductive processes may be complex and are unlikely to depend exclusively on temperature.

A potential role of environmental conditions in sexual expression has been specifically discussed for some echinoids. MOORE *et al.* (1963) recorded a relatively high proportion of hermaphroditic *Lytechinus variegatus* following an unusually cold winter and proposed a possible association with low temperatures. In contrast, KIDRON *et al.* (1972), after recording a single functionally hermaphroditic *Tripneustes gratilla*, interpreted the finding as a rare biological event rather than a physiological response to adverse environmental conditions. GONOR (1973) also proposed a possible environmental influence on sexual expression in *Strongylocentrotus purpuratus*, whereas DÍAZ-MARTÍNEZ *et al.* (2022) discussed the potential contribution of environmental conditions to the maintenance of trioecy observed in *Toxopneustes roseus*. Taken together, these studies indicate that environmental factors have been considered as possible explanations for variation in sexual expression in some echinoids, although the available evidence does not support attributing these conditions exclusively to any single environmental factor.

In the present study, all four ovotestis cases were recorded in December 2023 and January 2024, during a period of positive thermal anomalies. This temporal coincidence is relevant to the oceanographic context in which the cases occurred, but it does not establish an association or causal relationship between the two observations. Gonadal differentiation and development precede the histological condition observed at the time of sampling, and

comprendió un único periodo anual sin años comparativos bajo condiciones oceanográficas contrastantes. En consecuencia, la TSM, sus anomalías y el ONI se interpretan únicamente como parte del contexto oceanográfico del periodo de estudio. Evaluar una posible influencia ambiental sobre la ocurrencia de ovotestis requerirá series temporales más amplias, la consideración de la historia ambiental previa de los individuos, otras variables potencialmente relevantes y un número suficiente de casos.

El presente estudio constituye el primer registro histológico de ovotestis en *L. albus* del litoral peruano y proporciona una línea de base para el reconocimiento y seguimiento de esta condición en la especie. La incorporación de evaluaciones histológicas sistemáticas en los programas de monitoreo reproductivo permitirá determinar si la frecuencia de ovotestis se mantiene como una ocurrencia poco frecuente o presenta variaciones temporales o espaciales. A partir de series de mayor duración y bajo diferentes condiciones oceanográficas será posible evaluar con mayor fundamento los factores potencialmente asociados con su ocurrencia.

5. CONCLUSIONES

Se registraron cuatro individuos de erizo verde *Loxechinus albus* con estructuras gonadales tipo ovotestis en el litoral de Marcona durante diciembre 2023 y enero 2024. Los ejemplares presentaron coexistencia de componentes ováricos y testiculares en la gónada analizada, incluyendo ovocitos en diferentes estadios de desarrollo y espermatozoides.

El presente estudio constituye el primer registro histológico de ovotestis en *L. albus* del litoral peruano y proporciona una línea de base para el reconocimiento y seguimiento de esta condición. Debido al reducido número de casos y al periodo temporal evaluado, no es posible determinar los factores asociados a su ocurrencia. El seguimiento histológico en series temporales más amplias permitirá establecer si esta condición se mantiene como un evento poco frecuente o si su frecuencia presenta variaciones entre años y bajo diferentes condiciones ambientales.

the study covered only a single annual period, with no comparative years under contrasting oceanographic conditions. Consequently, SST, SST anomalies, and the ONI are considered solely as descriptors of the oceanographic context during the study period. Evaluating a potential environmental influence on the occurrence of ovotestis will require longer time series, consideration of the individuals' prior environmental history, other potentially relevant variables, and a sufficient number of cases.

This study provides the first histological record of ovotestis in *L. albus* from the Peruvian coast and establishes a baseline for recognizing and monitoring this condition in the species. Incorporating systematic histological assessments into reproductive monitoring programs will help determine whether ovotestis remains an infrequent occurrence or whether its frequency varies spatially or temporally. Longer time series encompassing different oceanographic conditions will provide a stronger basis for evaluating factors potentially associated with its occurrence.

5. CONCLUSIONS

Four *Loxechinus albus* individuals with ovotestis-like gonadal structures were recorded along the coast of Marcona in December 2023 and January 2024. The examined gonads contained both ovarian and testicular components, including oocytes at different developmental stages and spermatozoa.

This study provides the first histological record of ovotestis in *L. albus* from the Peruvian coast and establishes a baseline for recognizing and monitoring this condition. Given the small number of cases and the temporal period examined, the factors associated with its occurrence cannot be determined. Histological monitoring over longer time series will help establish whether this condition remains an infrequent occurrence or whether its frequency varies among years and under different environmental conditions.

6. REFERENCIAS

- BARBER, R. T. & CHAVEZ, F. P. (1983). Biological consequences of El Niño. *Science*, 222(4629), 1203-1210. <https://doi.org/10.1126/science.222.4629.1203>
- BENDITA MAYTA, H. (2016). *Determinación del ciclo reproductivo del "erizo verde" Loxechinus albus, asociados a periodos estacionales en la zona de Punta de Coles-Ilo, 2015* [Tesis de Titulación, Universidad nacional de Moquegua]. Repositorio UNAM. <https://repositorio.unam.edu.pe/handle/UNAM/18>
- BOOLOOTIAN, R. A. & MOORE, A. R. (1956). Hermaphroditism in echinoids. *The Biological Bulletin*, 111(3), 328-335. <https://doi.org/10.2307/1539139>
- DELAVALT, R. (1975). Hermaphroditism in echinoderms. studies on asteroids. En R. Reinboth (ed.), *Intersexuality in the animal kingdom* (pp. 188-200). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-66069-6_19
- DÍAZ-MARTÍNEZ, J. P., MEJÍA-GUTIÉRREZ, L. M., ISLAS-VILLANUEVA, V. & BENÍTEZ-VILLALOBOS, F. (2022). Trioecy is maintained as a time-stable mating system in the pink sea urchin *Toxopneustes roseus* from the Mexican Pacific. *Scientific Reports*, 12, 21408. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26059-4>
- FILBEE-DEXTER, K. & SCHEIBLING, R. E. (2014). Sea urchin barrens as alternative stable states of collapsed kelp ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 495, 1-25. <https://doi.org/10.3354/meps10573>
- GONOR, J. J. (1973). Sex ratio and hermaphroditism in Oregon Intertidal populations of the echinoid *Strongylocentrotus purpuratus*. *Marine Biology* 19, 278-280. <https://doi.org/10.1007/BF00348894>
- HUMASON, G. L. (1979). *Animal tissue techniques* (4ª ed.). W H Freeman & Co.
- INCIO PÉREZ, A., LUCERO PÉREZ, S. & BARRIGA RIVERA, E. (2020). Aspectos reproductivos del erizo verde *Loxechinus albus* (Molina, 1782) de la región Arequipa, 2017-2018. *Bol Inst Mar Perú*, 35(1), 60-68. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3454>
- KIDRON, J., FISHelson, L. & MOAV, B. (1972). Cytology of an unusual case of hermaphroditic gonads in the tropical sea urchin *Triplaneustes gratilla* from Eilat (Red Sea). *Marine Biology*, 14, 260-263. <https://doi.org/10.1007/BF00348289>
- LAWRENCE, J. M. (Ed.). (2013). *Sea urchins: biology and ecology* (Serie Developments in Aquaculture and Fisheries Science, Vol. 38, 3ª ed.). Elsevier.
- MERCIER, A. & HAMEL, J.-F. (2009). *Endogenous and exogenous control of gametogenesis and spawning in echinoderms* (Serie Advances in Marine Biology, Vol. 55). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(09\)55001-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(09)55001-8)
- MOLINET, C., MORENO, C. A., NIKLITSCHKE, E. J., MATAMALA, M., NECULMAN, M., ARÉVALO, A., CODJAMBASSIS, J., DIAZ, P. & DIAZ, M. (2012). Reproduction of the sea urchin *Loxechinus albus* across a bathymetric gradient in the Chilean Inland Sea. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 47(2), 257-272. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572012000200008>
- MOORE, H. B., JUTARE, T., BAUER, J. C. & JONES, J. A. (1963). The biology of *Lytechinus variegatus*. *Bulletin of Marine Science*, 13(1), 23-53. <https://acortar.link/tBqd9T>
- OLIVARES, A. & AVILA-POVEDA, O. H. (2019). An ovotestis event in the gonochoric sea urchin *Loxechinus albus* (Echinodermata: Echinoidea). *Brazilian Journal of Biology*, 79(3), 548-551. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.188534>
- PEARSE, J. S. & CAMERON, R. A. (1991). Echinodermata: Echinoidea. En A. C. Giese, J. S. Pearse & V. B. Pearse (Eds.), *Reproduction of marine invertebrates* (Vol. 6, Cap. 7, pp. 513-662). Boxwood Press. <https://acortar.link/cceGPA>
- PEREA DE LA MATTA, Á. & BUITRÓN DÍAZ, B. (2004). Aplicación del método de congelación de ovarios para estimar la distribución espacial de cardúmenes desovantes de anchoveta. *Inf Inst Mar Perú*, 32(2), 123-126. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/1805>
- PFOH, M., FRAYSSE, C., BAGUR, M., LOVRICH, G., FLORENTÍN, O. & PÉREZ, A. (2025). Hermaphroditism and preliminary reproductive study of the sea-urchin, *Pseudechinus magellanicus*, in the Beagle Channel (Tierra del Fuego, Argentina). *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 27(1), 59-73. <https://doi.org/10.22179/REVMACN.27.875>
- PÉREZ, A. F., BOY, C., MORRICONI, E. & CALVO, J. (2010). Reproductive cycle and reproductive output of the sea urchin *Loxechinus albus* (Echinodermata: Echinoidea) from Beagle Channel, Tierra del Fuego, Argentina. *Polar Biology*, 33(3), 271-280. <https://doi.org/10.1007/s00300-009-0702-6>
- REYNOLDS, R. W., SMITH, T. M., LIU, C., CHELTON, D. B., CASEY, K. S. & SCHLAX, M. G. (2007). Daily high-resolution blended analyses for sea surface temperature. *Journal of Climate*, 20, 5473-5496. <https://doi.org/10.1175/2007JCLI1824.1>
- VÁSQUEZ, J. A. (2007). Ecology of *Loxechinus albus*. En J. M. Lawrence (Ed.), *Edible Sea Urchins: Biology and Ecology* (Serie Developments in Aquaculture and Fisheries Science, Vol. 37, Cap. 12, pp. 227-241). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0167-9309\(07\)80076-7](https://doi.org/10.1016/S0167-9309(07)80076-7)
- WALKER, C. W., UNUMA, T. & LESSER, M. P. (2007). Gametogenesis and reproduction of sea urchins. En J. M. Lawrence (Ed.), *Edible Sea Urchins: Biology and Ecology* (Serie Developments in Aquaculture and Fisheries Science, Vol. 37, Cap. 2, pp. 11-33). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0167-9309\(07\)80066-4](https://doi.org/10.1016/S0167-9309(07)80066-4)

Agradecimientos

Los autores agradecen a *The Nature Conservancy* (TNC), en el marco del convenio de cooperación con el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), por el financiamiento de la contratación del monitor de campo en Marcona. Asimismo, expresan su reconocimiento al Ing. Carlos Vicente por su valiosa colaboración en las actividades de muestreo y en la colecta mensual de gónadas de *Loxechinus albus*, contribuciones fundamentales para la ejecución de este estudio.

Rol de los autores

Carmen Yauri: Conceptualización, investigación, procesamiento histológico de las muestras, análisis formal, metodología, visualización, redacción-borrador original, redacción-revisión y edición. **Susan Donayre Salazar:** Investigación, adquisición de recursos, redacción-revisión y edición. **Stevens Lucero:** Redacción-revisión y edición, validación. **Jorge del Aguila-Rivera:** Validación, análisis formal, redacción-revisión y edición. **Sarita Campos-León:** Validación, redacción-revisión y edición.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses financiero, personal o institucional que pudiera haber influido en el desarrollo de la investigación, el análisis de los resultados o la publicación del presente manuscrito.

Declaración de uso de Inteligencia Artificial

Durante la preparación del manuscrito se emplearon herramientas de inteligencia artificial únicamente como apoyo para mejorar la redacción, la organización del texto y la revisión gramatical. Todas las decisiones relacionadas con el diseño del estudio, el análisis e interpretación de los resultados, así como la elaboración de las conclusiones, fueron realizadas exclusivamente por los autores, quienes asumen la responsabilidad total del contenido científico del artículo.

Fuentes de financiamiento

La presente investigación no recibió financiamiento de agencias públicas, comerciales o entidades sin fines de lucro. El estudio fue desarrollado con recursos e infraestructura del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), incluyendo las actividades de muestreo biológico y el procesamiento histológico de las muestras.