







REGISTRO DE HERMAFRODITISMO EN SARDINA (*Sardinops sagax*) CAPTURADA EN PISCO, PERÚ

RECORD OF HERMAPHRODITISM IN A *Sardinops sagax* SPECIMEN CAUGHT IN PISCO, PERU

Marilú Bouchon^{1,*}  Jimy Calderón² Sandra Cahuín¹ 
Javier Sánchez¹  Héctor Sarmiento² Angelo Nizama¹ 

¹ Instituto del Mar del Perú, Dirección General de Investigaciones en Recursos Pelágicos, Callao, Perú.

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

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

Recibido: 23-02-2026, Aceptado: 21-05-2026, Publicado: 27-05-2026

RESUMEN

Se reporta el hallazgo de un individuo de sardina *Sardinops sagax* con características hermafroditas, colectado durante el muestreo rutinario del Programa de Seguimiento de la Pesquería Pelágica desarrollado en el Laboratorio Costero de Pisco. El 28 de noviembre de 2025, se capturó un ejemplar frente a Punta Prieta (13°55'50,16"S y 76°19'49,97"W) a 600 m de distancia en la zona costera de Pisco. El ejemplar presentó condición corporal normal; sin embargo, se observó que la gónada estaba conformada por un lóbulo de tejido ovárico y el otro de tejido testicular. El análisis histológico confirmó la condición de hermafroditismo, observándose la existencia de ovocitos vitelogenados en el lóbulo ovárico y reducida presencia de espermatoцитos en el lóbulo testicular. Este constituye el primer registro documentado de hermafroditismo en *Sardinops sagax* en aguas peruanas y plantea interrogantes relevantes sobre la frecuencia y las posibles causas de esta condición en poblaciones naturales.

PALABRAS CLAVE: *Sardinops sagax*, sardina, hermafroditismo, Pisco, Perú

ABSTRACT

A hermaphroditic specimen of *Sardinops sagax* was identified during routine sampling activities conducted as part of the Pelagic Fisheries Monitoring Program at the Pisco Coastal Laboratory. On 28 November 2025, a single individual was collected off Punta Prieta (13°55'50.16"S, 76°19'49.97"W), approximately 600 m from the coastline in the Pisco coastal sector. Although the specimen exhibited normal external morphology and body condition, gonadal examination revealed an unusual bilateral configuration, with one lobe consisting of ovarian tissue and the other of testicular tissue. Histological examination confirmed the hermaphroditic condition, characterized by the presence of vitellogenic oocytes within the ovarian lobe and a sparse distribution of spermatoocytes in the testicular lobe. To our knowledge, this finding represents the first documented case of hermaphroditism in *Sardinops sagax* from Peruvian waters. The occurrence of this condition raises important questions regarding its prevalence, underlying causes, and potential ecological or environmental drivers in natural populations.

KEYWORDS: *Sardinops sagax*, sardine, hermaphroditism, Pisco, Peru

1. INTRODUCCIÓN

La sardina (*Sardinops sagax*) es un pez pelágico nerítico de tamaño mediano, cuya distribución en el océano Pacífico Sur Oriental abarca desde Ecuador hasta Chile (01°39'S - 42°00'S) y longitudinalmente se extiende hasta las 200 millas náuticas de distancia a la costa, incluyendo los alrededores de las islas Galápagos (SERRA & ZULETA, 1982). En el Perú, su distribución comprende todo el litoral con núcleos de concentración importantes frente a Paita, Chimbote, Callao e Ilo (CÁRDENAS-QUINTANA *et al.*, 2015). Entre sus características biológicas, destaca que es una especie gonocórica (de sexo separado) y considerada desovador parcial, es decir, capaz de reproducirse a lo largo del año, presentando dos periodos de mayor intensidad reproductiva, el principal en invierno (julio-septiembre) y el secundario en verano (febrero-marzo) (SANTANDER *et al.*, 1983; TSUKAYAMA, 1983).

Esta especie, tuvo gran importancia socioeconómica para el Perú, alcanzando su auge en la década de los ochenta al constituir una de las principales fuentes de materia prima para el consumo humano directo. En las últimas cuatro décadas, la sardina del litoral peruano ha experimentado cambios significativos en su distribución, niveles de abundancia y desembarques, relacionados principalmente con factores ambientales y con la presión pesquera, lo que ha dado lugar a una disminución de su abundancia, reflejada en la reducción de los desembarques (PATTERSON *et al.*, 1992; CSIRKE & GUMY, 1996). En los últimos diez años, la presencia del recurso en los desembarques ha sido esporádica, con volúmenes que no superan las 70 toneladas, localizadas principalmente en zonas cercanas a la costa y en bahías cerradas (MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN [PRODUCE], 2024).

El hermafroditismo en peces pelágicos corresponde a la presencia simultánea de tejido gonadal masculino y femenino en un mismo individuo y constituye una de las estrategias reproductivas más diversas entre los vertebrados. En peces teleosteos se reconocen distintos patrones de hermafroditismo, incluyendo el hermafroditismo simultáneo, donde ambos sexos son funcionales al mismo tiempo, y el secuencial, que implica un cambio de sexo durante el ciclo de vida. Este último comprende la protandria (de macho a hembra), la protoginia (de hembra a

1. INTRODUCTION

Sardinops sagax is a medium-sized neritic pelagic fish distributed throughout the southeastern Pacific Ocean, ranging from Ecuador to Chile (01°39'S–42°00'S) and extending offshore to approximately 200 nautical miles, including waters surrounding the Galápagos Islands (SERRA & ZULETA, 1982). In Peru, its distribution encompasses the entire coastline, with major concentrations historically reported off Paita, Chimbote, Callao, and Ilo (CÁRDENAS-QUINTANA *et al.*, 2015). Biologically, the species is gonochoristic, with separate sexes, and is classified as a batch spawner capable of reproducing year-round, exhibiting two major reproductive peaks: a primary spawning period during winter (July–September) and a secondary peak during summer (February–March) (SANTANDER *et al.*, 1983; TSUKAYAMA, 1983).

Historically, *Sardinops sagax* represented one of the most socioeconomically important fishery resources in Peru, reaching peak exploitation during the 1980s as a major source for direct human consumption. Over the past four decades, however, the species has undergone pronounced fluctuations in distribution, abundance, and landings, largely associated with environmental variability and fishing pressure. These changes resulted in a substantial decline in stock abundance, reflected in the marked reduction of annual landings (PATTERSON *et al.*, 1992; CSIRKE & GUMY, 1996). Over the last decade, landings in Peru have become sporadic, with annual catches generally remaining below 70 t and concentrated primarily in nearshore waters and semi-enclosed bays (MINISTER OF PRODUCTION [PRODUCE], 2024).

Hermaphroditism in pelagic fishes involves the simultaneous occurrence of male and female gonadal tissues within the same individual and represents one of the most diverse reproductive strategies among vertebrates. In teleost fishes, several forms of hermaphroditism have been described, including simultaneous hermaphroditism, in which both sexes are functional at the same time, and sequential hermaphroditism, characterized by sex reversal during the life cycle. Sequential patterns include protandry (male-to-female transition), protogyny (female-to-male transition), and bidirectional sex change, all of which are widely documented in reef-associated and benthic species. These re-

macho) y el cambio sexual bidireccional, patrones ampliamente descritos en especies arrecifales y bentónicas. Estos patrones están regulados por mecanismos endocrinos, genéticos y factores ambientales o sociales, como tamaño corporal, jerarquía y disponibilidad de pareja (KUWAMURA *et al.*, 2020; PLA *et al.*, 2021).

La aparición de hermafroditismo o intersexualidad en especies típicamente gonocóricas suele estar asociada a alteraciones en los procesos normales de diferenciación sexual. Entre las principales causas destacan la exposición a disruptores endocrinos, como pesticidas, estrógenos sintéticos y contaminantes industriales, capaces de alterar la regulación hormonal del desarrollo gonadal (JOBILING *et al.*, 1998; BERGMAN *et al.*, 2013). Asimismo, factores ambientales como temperatura, hipoxia, estrés y contaminación pueden modificar la expresión de genes relacionados con la diferenciación sexual, favoreciendo la presencia simultánea de tejido ovárico y testicular (DEVLIN & NAGAHAMA, 2002; YU *et al.*, 2023). Aunque existen casos naturales aislados, la mayoría de evidencias sugieren un origen asociado a perturbaciones ambientales (PLA *et al.*, 2021).

Durante el muestreo rutinario del Programa de Seguimiento de la Pesquería Pelágica, realizado en el Laboratorio Costero de Pisco, se registró un caso inusual de hermafroditismo en sardina. Hasta la fecha, no existen reportes previos de esta condición en el Perú. La presente nota describe este hallazgo y discute sus posibles implicancias para la biología reproductiva de la especie.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El 28 de noviembre de 2025, en la embarcación artesanal Santa Fé II fue capturado un ejemplar de sardina (*Sardinops sagax*) frente a Punta Prieta (13°55'50,16"S y 76°19'49,97"W) en Pisco a 600 m de distancia en la zona costera (Fig. 1).

En esa fecha, en el Desembarcadero Pesquero Artesanal (DPA) de Lagunillas, en Pisco, la captura total de la embarcación artesanal Santa Fé (matrícula PS-54625-BM, de 12 toneladas de capacidad de bodega) fue de 2 450 kilos, de los cuales la sardina representó 2 230 kilos (91 % del total), el resto de la captura estuvo conformado por machete (4 %), lorna (3 %), caballa (2 %) y la presencia ocasional de un ejemplar de cojinoba (Fig. 2).

productive strategies are regulated by complex endocrine and genetic mechanisms, as well as environmental and social factors such as body size, dominance hierarchy, and mate availability (KUWAMURA *et al.*, 2020; PLA *et al.*, 2021).

The occurrence of hermaphroditism or intersexuality in species that are typically gonochoristic is generally associated with disruptions in normal sexual differentiation processes. Among the principal causes are exposure to endocrine-disrupting compounds, including pesticides, synthetic estrogens, and industrial pollutants capable of altering the hormonal regulation of gonadal development (JOBILING *et al.*, 1998; BERGMAN *et al.*, 2013). Environmental stressors such as temperature anomalies, hypoxia, chronic stress, and pollution may also influence the expression of genes involved in sex differentiation, promoting the simultaneous development of ovarian and testicular tissues (DEVLIN & NAGAHAMA, 2002; YU *et al.*, 2023). Although isolated natural cases have been documented, most evidence suggests that these conditions are commonly associated with environmental disturbances (PLA *et al.*, 2021).

During routine sampling conducted as part of the Pelagic Fishery Monitoring Program at the Pisco Coastal Laboratory, an unusual case of hermaphroditism was recorded in *Sardinops sagax*. To date, no previous records of this condition have been documented in Peruvian waters. This note describes the findings and discusses their potential implications for the species' reproductive biology.

2. MATERIALS AND METHODS

On 28 November 2025, a specimen of *Sardinops sagax* was captured by the artisanal fishing vessel Santa Fé II off Punta Prieta, Pisco (13°55'50.16"S, 76°19'49.97"W), approximately 600 m from the shoreline within the coastal zone (Fig. 1).

On the same date, total landings recorded at the Lagunillas Artisanal Fishing Landing Site from the artisanal vessel Santa Fé (registration PS-54625-BM; hold capacity: 12 t) reached 2,450 kg. Of this total, *Sardinops sagax* represented 2,230 kg (91%). The remainder of the catch was composed of *Ethmidium maculatum* (4 %), *Sciaena deliciosa* (3 %), *Scomber japonicus* (2 %), and the incidental capture of a single specimen of *Seriotelella violacea* (Fig. 2).

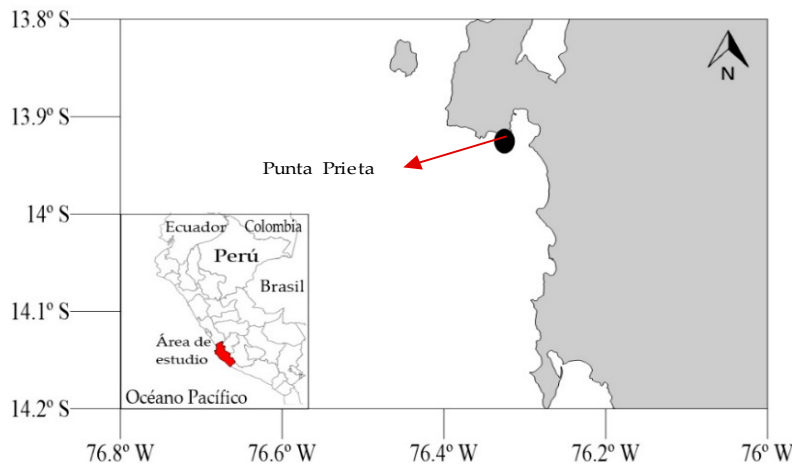


Figura 1.- Zona de captura del ejemplar de sardina *Sardinops sagax* en Pisco con características de hermafroditismo. Colectado frente a Punta Prieta, Pisco a bordo de la embarcación artesanal Santa Fé II

Figure 1. Collection site of a hermaphroditic specimen of *Sardinops sagax* collected off Punta Prieta, Pisco, on board the artisanal vessel Santa Fé II

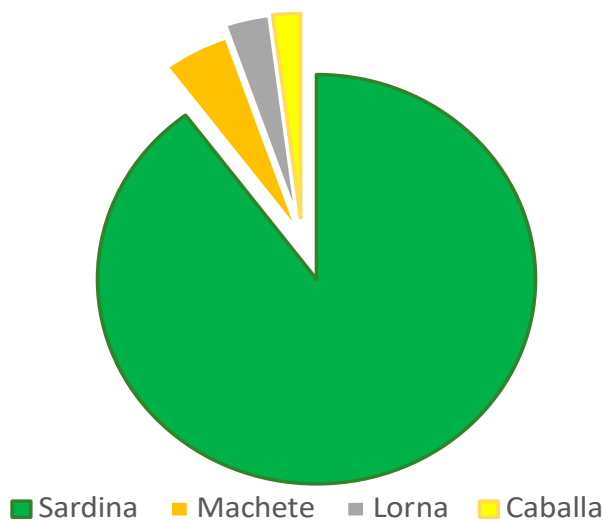


Figura 2.- Composición por especies de la captura de la embarcación artesanal Santa Fé II, en la que se capturó el ejemplar de sardina *Sardinops sagax* hermafrodita

Figure 2. Species composition of the catch from the artisanal vessel Santa Fé II, in which the hermaphroditic specimen of *Sardinops sagax* was caught

Durante el muestreo rutinario del Programa de Seguimiento de la Pesquería Pelágica en el Laboratorio Costero de Pisco, se detectó un ejemplar de sardina que fue identificado como hermafrodita por la diferente coloración de los lóbulos, así como observarse presencia de ovocitos en uno de los lóbulos. Dada la relevancia de este hallazgo poco frecuente, el ejemplar fue fotografiado en fresco (Fig. 3), además, se registraron las medidas biométricas del ejemplar y se extrajeron estructuras internas como estómago, gónadas y otolitos lo que se conservó en hielo y se trasladó a la sede central del IMARPE en el Callao.

During routine biological sampling conducted under the Pelagic Fishery Monitoring Program at the Pisco Coastal Laboratory, one specimen of *Sardinops sagax* was identified as hermaphroditic based on the marked asymmetry in gonadal coloration between lobes and the visible presence of oocytes within one of the gonadal lobes. Owing to the rarity and biological significance of this finding, the specimen was photographed fresh immediately after collection (Fig. 3). Morphometric measurements were subsequently recorded, and internal organs, including the stomach, gonads, and otoliths, were dissected, preserved on ice, and transported to IMARPE’s headquarters in Callao for detailed examination.



Figura 3.- Ejemplar de sardina (*Sardinops sagax*) con características de hermafroditismo. Colectada en Pisco a bordo de la embarcación artesanal Santa Fé II
 Figure 3. Specimen of *Sardinops sagax* exhibiting hermaphroditic characteristics, collected in Pisco aboard the artisanal vessel Santa Fé II

La gónada hermafrodita se derivó al Laboratorio de Biología Reproductiva donde se registró el peso de cada lóbulo gonadal en una balanza analítica KERN ABS 220-4N de 0,0001 g de precisión. La gónada fue fijada en formol bufferado al 10 %. El procesamiento histológico se realizó mediante la técnica de congelamiento, utilizando un criostato portátil LEICA CM1100 siguiendo a PEREA DE LA MATA y BUITRÓN DIAZ (2004) y BUITRÓN *et al.* (2011). Los cortes se realizaron con seis micras de grosor, a una temperatura dentro del criostato de -26°C . Las fotografías de las estructuras celulares se realizaron empleando un microscopio Leica S9i con analizador de imágenes (programa LAS v4.13).

La condición reproductiva de la gónada de sardina, fue determinada mediante la observación de los cortes histológicos, identificando el tipo y distribución de las células sexuales, hembra y macho, en el parénquima gonadal, de acuerdo con la clasificación propuesta por COTERO-ALTAMIRANO *et al.* (2015).

3. RESULTADOS

En noviembre 2025, en el Desembarcadero Pesquero Artesanal (DPA) de Lagunillas, en Pisco, durante el desembarque de la embarcación artesanal Santa Fé II, se recolectó una muestra de sardina capturada en la latitud $13^{\circ}55'50,16''\text{S}$ y longitud $76^{\circ}19'49,97''\text{W}$, de la que se obtuvo un

The hermaphroditic gonad was processed at the Reproductive Biology Laboratory, where each gonadal lobe was individually weighed using a KERN ABS 220-4N analytical balance with a precision of 0.0001 g. Gonadal tissue was fixed in 10% buffered formalin, and histological processing was performed using cryosectioning techniques with a portable LEICA CM1100 cryostat, following the methodology described by PEREA DE LA MATA and BUITRÓN DIAZ (2004) and BUITRÓN *et al.* (2011). Tissue sections were cut at a thickness of $6\ \mu\text{m}$ at an internal cryostat temperature of -26°C . Microscopic images of cellular structures were obtained using a Leica S9i microscope equipped with an image analysis system (LAS v4.13 software).

The reproductive condition of the gonad was determined through histological examination, based on the identification and spatial distribution of male and female germ cells within the gonadal parenchyma, following the classification criteria proposed by COTERO-ALTAMIRANO *et al.* (2015).

3. RESULTS

In November 2025, during routine sampling operations conducted at the Lagunillas Artisanal Fishing Landing Site, a specimen of *Sardinops sagax* exhibiting atypical reproductive morphology was identified among the catch landed by the artisanal vessel Santa Fé II. The sampled fish had been captured at $13^{\circ}55'50.16''\text{S}$, $76^{\circ}19'49.97''\text{W}$, within the coastal waters off Pisco. Gross examination re-

ejemplar con características reproductivas inusuales, correspondiente a un individuo hermafrodita, al presentar la gónada con dos lóbulos al parecer uno hembra (lóbulo color naranja) y el otro macho (color rosa claro) (Fig. 4). El individuo presentó condición corporal normal, y no se evidenció signos de parasitismo.

Características de la sardina colectada

El ejemplar de sardina presentó longitud total (LT) de 23,0 cm y peso total (PT) de 140,8 g. Durante el examen de la gónada, conformada por dos lóbulos, se observó un caso de hermafroditismo. El lóbulo ovárico, de color naranja, tenía una apariencia tubular, una consistencia poco turgente y se observaba macroscópicamente la presencia de ovocitos. El lóbulo testicular, de color rosa claro con zonas blancas y cremosas, presentó una apariencia laminada, de consistencia poco densa y textura pastosa. El lóbulo ovárico pesó 0,87 g y el lóbulo testicular 0,83 g. De acuerdo con la escala macroscópica de madurez sexual de JOHANSEN (1924) utilizada para sardina y otros pelágicos (BOUCHON *et al.*, 2001) el lóbulo ovárico correspondía al estadio IV (madurante) y el lóbulo testicular al estadio III (madurante inicial).

La observación histológica confirmó lo observado de manera macroscópica, y evidenció que el lóbulo ovárico presentaba ovocitos en fase de vitelogenénesis, que indica una condición reproductiva correspondiente al proceso de maduración (Fig. 5); mientras que, en el lóbulo testicular se observó presencia reducida de espermatoцитos, que sugiere un estado inicial de maduración (Fig. 6).

vealed a hermaphroditic gonad composed of two clearly differentiated lobes: one orange-colored lobe consistent with ovarian tissue and a second pale pink lobe corresponding to testicular tissue (Fig. 4). The specimen displayed normal body condition, with no visible signs of parasitism.

Morphological characteristics of the collected *Sardinops sagax*

The specimen measured 23.0 cm in total length (TL) and weighed 140.8 g total body weight (TW). Macroscopic examination of the gonad confirmed the presence of both ovarian and testicular tissues within the same individual. The ovarian lobe exhibited an orange coloration, tubular morphology, low turgidity, and macroscopically visible oocytes. In contrast, the testicular lobe was pale pink with whitish creamy areas, displaying a laminar structure, low tissue compactness, and a soft, pasty texture. The ovarian and testicular lobes weighed 0.87 g and 0.83 g, respectively. Based on the macroscopic maturity scale proposed by JOHANSEN (1924) and later adapted for *S. sagax* and other pelagic fishes by BOUCHON *et al.* (2001), the ovarian lobe was classified as stage IV (advanced maturation), whereas the testicular lobe corresponded to stage III (early maturation).

Histological analysis corroborated the macroscopic observations. The ovarian lobe contained vitellogenic oocytes, indicating active gonadal maturation (Fig. 5). Conversely, the testicular lobe showed a sparse distribution of spermatocytes, consistent with an incipient stage of testicular development (Fig. 6).



Figura 4.- Gónada de sardina *Sardinops sagax* hermafrodita mostrando sus dos lóbulos: ovárico (naranja) y testicular (rosado pálido)

Figure 4. Gonad of the hermaphroditic *Sardinops sagax* showing its two lobes: ovarian (orange) and testicular (pale pink)

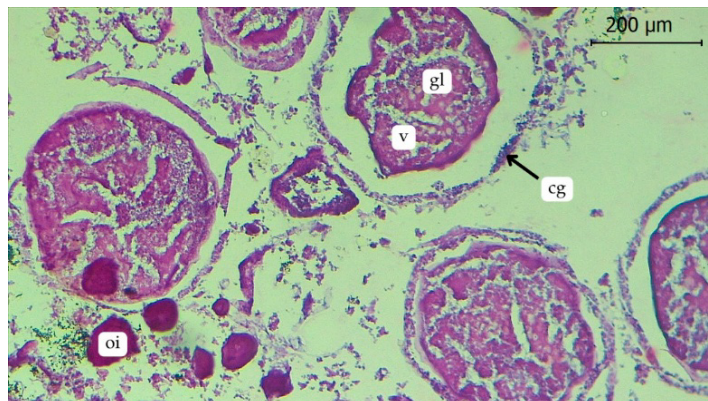


Figura 5.- Microfotografía del lóbulo ovárico de sardina *Sardinops sagax* hermafrodita. v: vitelo, gl: gota lipídica, cg: capa granulosa, oi: ovocito inmaduro

Figure 5. Micrograph of the ovarian lobe of the hermaphroditic *Sardinops sagax*. v: yolk, gl: lipid droplet, cg: granular layer, oi: immature oocyte

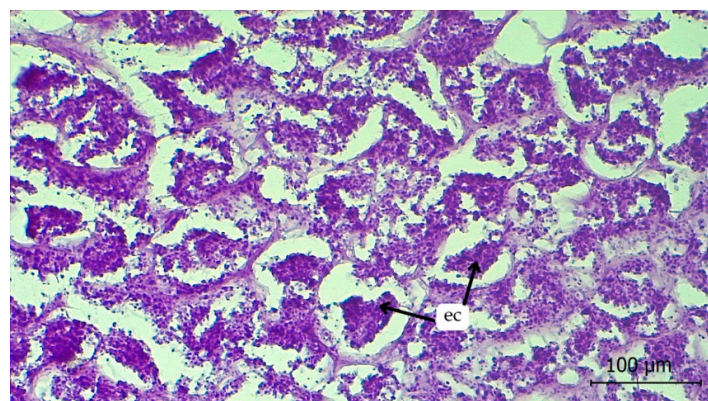


Figura 6.- Microfotografía de lóbulo testicular de sardina *Sardinops sagax* hermafrodita. ec: Espermatocitos

Figure 6. Microphotograph of the testicular lobe from a hermaphroditic specimen of *Sardinops sagax*. ec: Spermatocytes

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El hallazgo de casos de hermafroditismos en la sardina *Sardinops sagax*, no ha sido previamente reportado en el Perú. Acontecimientos de hermafroditismo en sardina *Sardinops sagax*, han sido documentados en Chile en dos ocasiones: la primera en 1984 en Coquimbo por ARANIS y TORRES (1987) y la segunda en 1991 en el norte de Chile (HERRERA *et al.*, 1991). Así mismo, en 2022 se reportaron casos en *Sardinella maderensis* en Siria (ALSHIKIH RASHEED *et al.*, 2022) que fueron relacionados a contaminación por metales pesados, atribuido a la fuga de hidrocarburos (mancha de petróleo) desde los depósitos de una central térmica, lo que sugiere una posible relación entre perturbaciones ambientales y alteraciones en la diferenciación gonadal.

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

To date, hermaphroditism in *S. sagax* has not been reported in Peruvian waters. Previous records of this condition in the species are scarce and restricted to Chilean populations, including a specimen documented off Coquimbo by ARANIS and TORRES (1987), and another case reported from northern Chile by HERRERA *et al.* (1991). Similar findings have also been described in *Sardinella maderensis* from Syrian coastal waters by ALSHIKIH RASHEED *et al.* (2022), where the occurrence of hermaphroditism was associated with heavy-metal contamination linked to hydrocarbon spills from thermoelectric facilities. Such observations support the hypothesis that environmental disturbances may play a role in disrupting normal gonadal differentiation.

En peces teleósteos, la aparición de hermafroditismo o intersexualidad en especies típicamente gonocóricas suele considerarse una anomalía biológica más que una estrategia reproductiva funcional. Diversos estudios señalan que la exposición a disruptores endocrinos, como estrógenos sintéticos, pesticidas, compuestos industriales y residuos farmacéuticos, puede modificar el funcionamiento del eje hipotálamo - hipófisis - gónada, induciendo el desarrollo simultáneo de tejido ovárico y testicular (JOBILING *et al.*, 1998; BERGMAN *et al.*, 2013). Asimismo, factores ambientales como cambios de temperatura, hipoxia, contaminación y estrés fisiológico pueden modificar la expresión de genes relacionados con la diferenciación gonadal, favoreciendo anomalías sexuales en peces gonocóricos (DEVLIN & NAGAHAMA, 2002; YU *et al.*, 2023). En este contexto, no puede descartarse que factores ambientales locales hayan contribuido al desarrollo de esta condición en el ejemplar analizado.

Si bien *S. sagax* presenta diversas estrategias reproductivas adaptativas, como desove parcial, alta fecundidad, maduración temprana y plasticidad reproductiva frente a cambios ambientales y oceanográficos (SANTANDER *et al.*, 1983; CSIRKE & GUMY, 1996), el hermafroditismo no ha sido descrito como parte de su estrategia reproductiva natural. Por el contrario, la sardina es reconocida como una especie gonocórica, por lo que la presencia de individuos intersexuales debe interpretarse como un evento excepcional y probablemente asociado a alteraciones en los procesos normales de diferenciación gonadal.

También, se han documentado casos en que algunas especies de peces desarrollan estrategias reproductivas como respuesta adaptativa a su entorno. Un ejemplo es el pez de profundidad *Bathypterois mediterraneus* en el mar Mediterráneo, el cual presenta adaptaciones a condiciones oligotróficas y en el que se han registrado casos de hermafroditismo (PORCU *et al.*, 2010).

Aunque el hermafroditismo es relativamente común en especies bentónicas, su ocurrencia en especies pelágicas como la sardina es excepcional. En este contexto, se recomienda

In teleost fishes, hermaphroditism or intersexuality in species considered strictly gonochoristic is generally interpreted as an abnormal developmental condition rather than a functional reproductive adaptation. Experimental and field studies have shown that endocrine-disrupting compounds—including synthetic estrogens, pesticides, industrial pollutants, and pharmaceutical residues—can interfere with the regulation of the hypothalamic–pituitary–gonadal axis, leading to the concurrent development of ovarian and testicular tissues within a single individual (JOBILING *et al.*, 1998; BERGMAN *et al.*, 2013). Likewise, environmental stressors such as thermal anomalies, hypoxia, pollution, and chronic physiological stress may alter the expression of genes involved in gonadal differentiation, thereby increasing the incidence of sexual abnormalities in gonochoristic fishes (DEVLIN & NAGAHAMA, 2002; YU *et al.*, 2023). Consequently, the influence of local environmental conditions on the development of the hermaphroditic condition observed in the present specimen cannot be ruled out.

Despite the remarkable reproductive plasticity exhibited by *S. sagax*—including batch spawning, high fecundity, early sexual maturation, and adaptive reproductive responses to environmental and oceanographic variability (SANTANDER *et al.*, 1983; CSIRKE & GUMY, 1996)—hermafroditismo has never been recognized as part of the species' normal reproductive strategy. Instead, *S. sagax* is consistently described as a gonochoristic species, suggesting that the occurrence of intersex individuals represents an exceptional and likely anomalous event associated with alterations in normal gonadal development.

Comparable cases have been documented in other fish species in which atypical reproductive traits appear to be linked to environmental adaptation. For instance, the deep-sea species *Bathypterois mediterraneus*, inhabiting oligotrophic regions of the Mediterranean Sea, has occasionally exhibited hermaphroditic individuals, potentially reflecting adaptive responses to extreme environmental conditions (PORCU *et al.*, 2010).

Although hermaphroditism is relatively frequent among certain benthic fishes, its occurrence in pelagic species such as *S. sagax* remains highly unusual. In this regard, long-term monitoring and expanded reproductive assessments are recommended to determine the prevalence of this con-

fortalecer el monitoreo para determinar su incidencia y evaluar posibles impactos en la dinámica poblacional.

El registro de un ejemplar hermafrodita de sardina (*Sardinops sagax*) aporta evidencia sobre la diversidad de estrategias reproductivas en esta especie y abre nuevas líneas de investigación orientadas a comprender los factores ambientales y genéticos que podrían influir en la reproducción de especies pelágicas.

dition and to evaluate its possible implications for population dynamics and reproductive ecology.

The present record of a hermaphroditic individual of *Sardinops sagax* constitutes the first documented case for Peru and contributes new evidence regarding reproductive variability in the species. Furthermore, it highlights the need for future investigations aimed at elucidating the environmental and genetic mechanisms that may influence reproductive development in pelagic fishes.

5. REFERENCIAS

- ALSHIKH RASHEED, R. H., GALIYA, M. Y., ALMAJID, Z. A. & EDDIN LAIKA, H. (2022). Recording of Hermaphroditism in *Sardinella maderensis* Caught in Lattakia Marine Waters-Syria. *International Journal of Scientific Research in Biological Sciences*, 9(3), 30-33. <https://ijsrbs.isroset.org/index.php/j/article/view/542>
- ARANIS, A. & TORRES, A. (1987). Un caso de hermafroditismo en la sardina (*Sardinops sagax* Jenyns, 1842) (Pisces, Clupeiformes, Clupeidae). *Invest. Pesq.*, 34, 149-153.
- BERGMAN, Á., HEINDEL, J. J., JOBLING, S., KIDD, K. A. & ZOELLER, R. T. (Eds.) (2013). *State of the science of endocrine disrupting chemicals - 2012*. United Nations Environment Programme (UNEP), World Health Organization (WHO). <https://acortar.link/BPJ9xs>
- BOUCHON, M., ÑIQUEÑ, M., MORI, J., ECHEVERRÍA, A. & CAHUÍN, S. (2001). Manual de muestreo de la pesquería pelágica. *Inf. Prog. Inst. Mar Perú*, (157), 3-14. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/907>
- BUITRÓN, B., PEREA, Á., MORI, J., SÁNCHEZ, J. & ROQUE, C. (2011). Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. *Inf Inst Mar Perú*, 38(4), 373-383. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/2172>
- CÁRDENAS-QUINTANA, G., FRANCO-MELÉNDEZ, M., SALCEDO-RODRÍGUEZ, J., ULLOA-ESPEJO, D. & PELLÓN-FARFÁN, J. (2015). The Peruvian sardine, *Sardinops sagax*: Historical analysis of the fishery (1978-2005). *Ciencias marinas*, 41(3), 203-216. <https://doi.org/10.7773/cm.v41i3.2466>
- COTERO-ALTAMIRANO, C. E., VALLES-RÍOS, H. & VENEGAS, B. (2015). Biología reproductiva de la sardina del Pacífico *Sardinops sagax* de la costa occidental de Baja California, México. *Ciencia Pesquera*, 23(2), 25-43. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/PER01000455668>
- CSIRKE, J. & GUMY, A. A. (1996). Análisis bioeconómico de la pesquería pelágica peruana dedicada a la producción de harina y aceite de pescado. *Bol Inst Mar Perú*, 15(2), 27-66. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/1059>
- DEVLIN, R. H. & NAGAHAMA, Y. (2002). Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Aquaculture*, 208, 191-364. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00057-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00057-1)
- HERRERA, G., PADILLA, C., CLARAMUNT, G., PIZARRO, P. & GARLAND, D. (1991). Hermafroditismo sincrónico del tipo intersexo en la sardina española *Sardinops sagax* Jenyns 1842 (Pisces: Clupeiformes). *Rev. Biol. Mar.*, 26(1), 81-89. <https://rbmo.uv.cl/escaneados/261-81.pdf>
- JOBLING, S., NOLAN, M., TYLER, C. R., BRIGHTY, G. & SUMPTER, J. P. (1998). Widespread sexual disruption in wild fish. *Environ. Sci. Technol.*, 32, 2498-2506. <https://doi.org/10.1021/es9710870>
- JOHANSEN, A. C. (1924). On the summer-and autumn-spawning herrings of the North Sea. *Medd Komm Havunderser Ser Fisk*, 7, 5.
- KUWAMURA, T., SUNOBE, T., SAKAI, Y., KADOTA, T. & SAWADA, K. (2020). Hermaphroditism in fishes: an annotated list of species, phylogeny, and mating system. *Ichthyological Research*, 67, 341-360. <https://doi.org/10.1007/s10228-020-00754-6>
- MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN [PRODUCE]. (2024). *Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola 2023*. <https://acortar.link/LdbyX8>
- PATTERSON, K. R., ZUZUNAGA, J. & CÁRDENAS, G. (1992). Size of the South American sardine (*Sardinops sagax*) population in the northern part of the Peru Upwelling Ecosystem after collapse of anchovy (*Engraulis ringens*) stocks. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49, 1762-1769. <https://doi.org/10.1139/f92-195>
- PLA, S., MAYNOU, F. & PIFERRER, F. (2021). Hermaphroditism in fish: incidence, distribution and associations with abiotic environmental factors. *Rev Fish Biol Fisheries*, 31, 935-955. <https://doi.org/10.1007/s11160-021-09681-9>
- 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>
- PORCU, C., FOLLESA, M. C., GRAZIOLI, E., DEIANA A. M. & CAU, A. (2010). Reproductive biology of a bathyal hermaphrodite fish, *Bathypterois mediterraneus* (Osteichthyes: Ipnopidae) from the south-eastern Sardinian Sea (central-western Mediterranean).

Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 90(4), 719–728. <https://doi.org/10.1017/S0025315409991330>

- SANTANDER, H., ALHEIT, J., MACCALL, A. D. & ALAMO, A. (1983). Egg mortality of the Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) caused by cannibalism and predation by sardines (*Sardinops sagax*). En G. D. Sharp & J. Csirke (Eds.), *Proceedings of the Expert Consultation to examine changes in abundance and species of neritic fish resources*. San José, Costa, Rica, 18–29 April 1983 (FAO Fisheries Report No. 291, Vol. 3, pp. 443-453). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://acortar.link/xGzstH>
- SERRA, R. & ZULETA, A. (1982). La pesquería chilena: Antecedentes. En J. C. Castilla (Ed.), *Segundo Seminario Taller. Bases biológicas para el uso y manejo de los recursos naturales renovables: Recursos biológicos marinos* (pp. 19-37).
- TSUKAYAMA, I. (1983). Recursos pelágicos y sus pesquerías en Perú. *Revista de la Comisión Permanente del Pacífico Sur*, (13), 25–63.
- YU, Y., CHEN, M. & SHEN, Z.-G. (2023). Molecular biological, physiological, cytological, and epigenetic mechanisms of environmental sex differentiation in teleosts: A systematic review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 267, 115654. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115654>

Rol de los autores

Marilú Bouchon: conceptualización, investigación, metodología, análisis formal, redacción-revisión y edición, **Jimmy Calderón:** identificación del ejemplar, validación, visualización, redacción-revisión, análisis biológico, **Sandra Cahuín:** conceptualización, investigación, redacción-borrador original y edición, análisis formal, **Javier Sánchez:** metodología, validación, visualización y redacción-borrador original, **Héctor Sarmiento:** redacción-revisión, metodología, validación, **Angelo Nizama:** análisis formal, metodología, validación.

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 esta investigación, se utilizó ChatGPT para verificar la gramática y la ortografía de la redacción. Después de utilizar esta herramienta, como autores editamos, revisamos y aprobamos el resultado final; asumiendo la total responsabilidad por el contenido de la publicación.

Fuentes de financiamiento

Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de ninguna agencia de financiación, sector comercial o sin fines de lucro.