



Máster Interuniversitario en Biología Marina



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**ESTUDIO DEL EFECTO DE LA EXPLOTACIÓN COMERCIAL  
SOBRE DOS BANCOS DE ERIZO *PARACENTROTUS LIVIDUS* EN  
LA COSTA DA MORTE**

**ESTUDO DO EFECTO DA EXPLOTACIÓN COMERCIAL SOBRE  
DOUS BANCOS DE OURIZO *PARACENTROTUS LIVIDUS* NA  
COSTA DA MORTE**

**STUDY OF THE EFFECTS OF COMMERCIAL EXPLOITATION ON  
TWO BANKS OF SEA URCHIN *PARACENTROTUS LIVIDUS* IN  
COSTA DA MORTE**

**Alicia Trigo Viéitez**

**Junio 2023**



ESTUDIO DEL EFECTO DE LA EXPLOTACIÓN COMERCIAL SOBRE  
DOS BANCOS DE ERIZO *PARACENTROTUS LIVIDUS* EN LA COSTA  
DA MORTE

ESTUDO DO EFECTO DA EXPLOTACIÓN COMERCIAL SOBRE DOUS  
BANCOS DE OURIZO *PARACENTROTUS LIVIDUS* NA COSTA DA  
MORTE

STUDY OF THE EFFECTS OF COMMERCIAL EXPLOITATION ON  
TWO BANKS OF SEA URCHIN *PARACENTROTUS LIVIDUS* IN COSTA  
DA MORTE

Facultad de Ciencias - Universidade da Coruña

Xefatura Territorial da Coruña (Consellería do Mar)

Autora: Alicia Trigo Viéitez

Tutora externa: Susana Fandiño Silva (Consellería do Mar)

Tutor académico: Luís Fernández Rodríguez (Universidade da Coruña)

Autorización (VºBº)

Firmado por SUSANA FANDIÑO  
SILVA - \*\*\*9990\*\* el día  
30/06/2023 con un  
certificado emitido por AC  
CAMERFIRMA FOR NATURAL  
PERSONS - 2016

Susana Fandiño Silva

En A Coruña, a 30 de Junio de 2023

# ÍNDICE

<b>Resumen .....</b>	<b>2</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>4</b>
1.1. Biología.....	4
1.2. Pesquería.....	7
1.3. Objetivo del proyecto e hipótesis planteada.....	10
<b>2. Material y Métodos .....</b>	<b>11</b>
2.1. Área de estudio .....	11
2.2. Estrategia y protocolo de muestreo .....	15
2.3. Tratamiento de los datos.....	18
<b>3. Resultados y discusión .....</b>	<b>20</b>
3.1. Densidad .....	20
3.2. Estructura de tallas y análisis estadístico .....	26
<b>4. Conclusiones .....</b>	<b>30</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>30</b>

## Resumen

El erizo de mar *Paracentrotus lividus* es una especie de gran importancia no sólo por tratarse de un recurso de marisqueo ampliamente explotado, sino porque juega un papel fundamental en la organización de las comunidades bentónicas. El objetivo de este trabajo es realizar un estudio de dos bancos gallegos de erizo del intermareal con diferentes niveles de explotación: el banco de Carreiro, que nunca ha sido explotado comercialmente de forma oficial y el banco de Lagos, que ha iniciado su explotación en una campaña previa al periodo de estudio. Se evalúan dos parámetros poblacionales: abundancia y talla de los erizos, para determinar el efecto de la explotación comercial sobre el estado del recurso. Para ello se realizaron muestreos en dos campañas, otoño y primavera, en las que se recogieron los datos relativos a los parámetros estudiados. Se plantea como hipótesis del trabajo que existen diferencias significativas entre ambos bancos para los dos parámetros estudiados debido al efecto de la explotación sobre uno de ellos, y se espera que los resultados obtenidos sean más desfavorables en el banco que ha sufrido una campaña extractiva. Debido al corto periodo de explotación comercial sufrido por el banco de Lagos y a distintos factores que afectaron al trabajo de campo, no se puede concluir con rotundidad que los resultados obtenidos se deban al efecto de la explotación.

**Palabras clave:** *Paracentrotus lividus*, bancos de intermareal, explotación comercial, dinámica poblacional, Costa da Morte.

## Abstract

The sea urchin *Paracentrotus lividus* is a species of great importance not only because it is a widely exploited resource, but also because it plays a fundamental role in the organization of benthic communities. The aim of this project is to carry out a study of two Galician intertidal urchin banks with different levels of exploitation: the Carreiro bank, which has never been officially commercially exploited, and the Lagos bank, which has started its exploitation in a campaign prior to the study period. Two population parameters were evaluated: abundance and size of the urchins, to determine the effect of commercial exploitation on the state of the resource. For this purpose, sampling was carried out in two seasons, autumn and spring, in which data on the parameters studied were collected. The hypothesis is that there are significant differences between these two banks for the two

parameters studied due to the effect of exploitation on one of them, and it is expected that the results obtained are more unfavourable in the bank that has suffered an extractive campaign. Due to the short period of commercial exploitation suffered by the Lagos bank and various factors that affected the field work, it cannot be concluded with certainty that the results obtained are due to the effect of exploitation.

**Key words:** *Paracentrotus lividus*, intertidal banks, commercial exploitation, population dynamics, Costa da Morte.

## 1. Introducción

*Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) es un invertebrado bentónico sedentario perteneciente al filo Echinodermata, clase Echinoidea, orden Echinoida y familia Parechinidae. Es una especie de gran importancia, no sólo desde el punto de vista de la explotación y comercialización, sino también a nivel ecológico por su función determinante en la organización de las comunidades bentónicas, ya que condiciona la abundancia y distribución de praderas marinas, y por constituir una fuente de alimento para diversas especies de peces, estrellas de mar, moluscos y crustáceos (Palacín *et al.*, 1998; Barnes *et al.*, 2002; Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015; Boudouresque & Verlaque, 2020).

Desgraciadamente, esta especie se está viendo negativamente afectada por la actividad humana que reduce sus stocks debido a la sobreexplotación de este recurso, o los aumenta drásticamente debido a la sobrepesca de sus depredadores (Prince & Hilborn, 1998; Fernández-Boán, 2015; Boudouresque & Verlaque, 2020). El cambio climático también afecta a las poblaciones de erizo, debido a la expansión del área de distribución de depredadores y la propagación de especies invasoras que compiten por los recursos alimentarios (Boudouresque & Verlaque, 2020), así como al efecto potencial que tiene la acidificación sobre la disponibilidad de carbonato cálcico necesario para la fabricación de sus caparazones (Kroeker *et al.*, 2013; Díaz-Castañeda, 2022). Todo esto puede alterar de forma significativa el papel de *P. lividus* en los ecosistemas

A continuación, se recoge información relativa a la biología de la especie y su pesquería, con el objetivo de aportar una visión más amplia que permita entender mejor el efecto de la explotación comercial sobre esta especie en base a las principales características de su biología.

### 1.1. Biología

El erizo de mar *P. lividus* tiene forma globosa (midiendo la altura la mitad de su diámetro, aproximadamente) y simetría pentámera, que se manifiesta claramente en las gónadas. Su tamaño es bastante elevado entre los equinoideos, pudiendo llegar a tener un diámetro horizontal sin espinas de 8 cm. Poseen un caparazón protegido por espinas móviles cuyos tamaños son muy variables, y pueden presentar una coloración muy diversa entre unos individuos y otros. Esta variación en el color no guarda ninguna relación con la profundidad,

tamaño o diferenciación genética (Hyman, 1955; Fernández-Boán, 2015; Boudouresque & Verlaque, 2020). Su edad máxima estimada se encuentra entre 7 y 15 años, aunque en los bancos del submareal gallego se ha estimado una longevidad de 10 años, aproximadamente (Ouréns *et al.*, 2013; Fernández-Boán, 2015).

Se distribuye geográficamente por los mares Mediterráneo y Adriático, y por las costas orientales del océano Atlántico, desde Escocia e Irlanda hasta las Islas Canarias y el sur de Marruecos, incluyendo las islas de Madeira y Azores. Se encuentra comúnmente en zonas donde la temperatura del agua se encuentra entre 10 °C y 15 °C en invierno, y entre 18 °C y 25 °C en verano (Allain, 1972; Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015; Boudouresque & Verlaque, 2020). Estos erizos habitan generalmente sobre sustratos rocosos de baja inclinación y en praderas de fanerógamas marinas como *Posidonia oceánica* (Linnaeus) Delile, 1813 y *Zostera marina* Linnaeus, 1753. Los fondos arenosos, junto a los detríticos, constituyen un sustrato muy poco habitual para esta especie debido a la dificultad que suponen para su locomoción y la ausencia de refugios que los protejan de la depredación. Cuando se encuentran en estos fondos, los individuos suelen agruparse sobre estructuras sólidas que en ellos se encuentren, como conchas de gran tamaño, piedras aisladas o desechos marinos (Bulleri *et al.*, 1999; Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015; Boudouresque & Verlaque, 2020).

Se trata de una especie que habitualmente se encuentra en el submareal, pudiendo encontrarla sobre todo desde la línea media de bajamar, con un límite superior marcado por la desecación, hasta una profundidad de 10 a 20 metros, aunque se ha registrado su presencia a profundidades de 80 e incluso 150 metros en la costa de Galicia (Besteiro & Urgorri, 1988; Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015; Boudouresque & Verlaque, 2020). También se pueden encontrar en pozas intermareales, en las cuales los individuos son de menor tamaño que en el submareal. Esto puede deberse a diferentes causas: condiciones más adversas que en el submareal, migraciones de los individuos más grandes hacia zonas más profundas, o predación selectiva por especies presentes en la zona (Haya de la Sierra, 1990; Lustres, 2001; Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015; Boudouresque & Verlaque, 2020). Como estas pozas del intermareal quedan aisladas cuando desciende la marea, se trata de un ambiente con condiciones más duras y fuerte hidrodinamismo, y los erizos son capaces de sobrevivir debido a una serie de características: poseen pies ambulacrales con gran capacidad adhesiva, presentan comportamiento gregario, se refugian del oleaje y los depredadores en grietas y cavidades en la roca excavadas por los propios erizos conocidas como “ouriceiras” y cubren

su superficie aboral con distintos objetos (conchas vacías, plásticos, pequeños guijarros u hojas de *P. oceanica*, entre otros) para protegerse de la luz y las partículas en suspensión (Hyman, 1955; Tuya *et al.*, 2007; Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015; Boudouresque & Verlaque, 2020).

La distribución espacial de esta especie se ve condicionada por diversos factores limitantes, como la desecación, las grandes bajadas de temperatura en inviernos fríos en las pozas del intermareal o la salinidad, entre otros (Boudouresque & Verlaque, 2020). También existen diferencias en la distribución de los individuos en función de su tamaño: los más pequeños se encuentran de forma permanente en lugares donde pueden protegerse de la depredación (grietas, agujeros, bajo cantos rodados o entre los rizomas y raíces de la *P. oceanica*), mientras que los individuos de mayor tamaño abandonan estos espacios protegidos para cambiar de refugio o buscar alimento (Boudouresque & Verlaque, 2020). Esta actividad suele ser nocturna en las poblaciones de la costa Atlántica, pero es posible que localmente esta especie sea capaz de asociar la depredación con el nivel de luz, y adquieran un patrón de desplazamiento opuesto al de los depredadores (Hereu, 2005; Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015; Boudouresque & Verlaque, 2020). A pesar de su sedentarismo, estos erizos también pueden realizar migraciones a largo plazo de hasta 100 metros, condicionados por la densidad de la población y la abundancia de alimentos en la zona (Boudouresque & Verlaque, 2020).

*P. lividus* es una especie básicamente herbívora, aunque cuando los recursos alimenticios son limitados, son capaces de alimentarse de forma omnívora debido a que son animales generalistas oportunistas, llegando incluso a darse casos de canibalismo (Niell & Pastor, 1973; Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015; Boudouresque & Verlaque, 2020). En el intermareal gallego, el alimento principal de esta especie son las algas *Lithophyllum incrustans* Philippi, 1837, *Osmundea pinnatifida* (Hudson) Stackhouse, 1809 y *Ulva lactuca* Linnaeus, 1753, entre otras (Niell & Pastor, 1973; Ouréns, 2013).

Además de las especies de las que se alimentan, en convivencia con *P. lividus* también se encuentran sus depredadores, siendo las principales especies en Galicia las estrellas de mar *Marthasterias glacialis* (Linnaeus, 1758) y *Asterias Rubens* Linnaeus, 1758, y los crustáceos *Cancer pagurus* Linnaeus, 1758, *Necora puber* (Linnaeus, 1767) y *Maja brachydactyla* Balss, 1922 (Niell & Pastor, 1973; Fernández-Boán, 2015).



A mayores de la depredación existen otras causas de mortalidad en sus poblaciones, como es el caso de la enfermedad de la calvicie, por la que presentan lesiones en su superficie corporal provocadas por bacterias del género *Aeromonas* Stanier, 1943 y *Vibrio* Pacini, 1854, la acción de las olas durante tormentas, periodos de desecación, parásitos del sistema vascular y senescencia, entre otros (Boudouresque & Verlaque, 2020). Por otro lado, los efectos de la contaminación son más complejos y difieren en función de cada contaminante ya que, por ejemplo, los vertidos de petróleo llegan a causar una mortalidad del 100 %, mientras que son capaces de asimilar altos niveles de metales pesados sin que aumente su mortalidad, aunque sí afectan a sus tasas de crecimiento (Boudouresque & Verlaque, 2020).

En cuanto a la reproducción, se trata de una especie dioica (aunque se han observado casos de hermafroditismo) sin dimorfismo sexual que presenta cinco gónadas. La talla de madurez sexual se alcanza aproximadamente a la edad de dos años, y la madurez gonadal se produce entre invierno y primavera. Generalmente presentan un único ciclo gametogénico al año en el que el desove se produce en primavera, como ocurre en Galicia, aunque se han observado individuos que realizan dos desoves al año, en primavera y al final del verano, e incluso algunos cuyas gónadas están maduras todo el año (Haya de la Sierra, 1990; Lustres, 2001; Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015; Boudouresque & Verlaque, 2020).

Cuando llega la época de reproducción, los machos y hembras se juntan para desovar, liberando así los gametos a un mismo tiempo. Las hembras liberan entre 100.000 y 20 millones de óvulos al agua (Lustres, 2001; Ouréns, 2013), donde son fecundados dando lugar a una larva equinopluteus pelágica y nadadora, que se alimenta de fitoplancton hasta que, transcurrido un mes, se transforma y traslada al fondo marino, donde se fija al sustrato y da lugar a un juvenil bentónico. En cuanto se produce la fijación, sufren una metamorfosis que da lugar a erizos jóvenes (Hyman, 1955; Hereu *et al.*, 2004; Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015; Hernández, 2017; Boudouresque & Verlaque, 2020). Una vez experimentada esta metamorfosis, las tasas de crecimiento son muy variables, y están influenciadas por distintos factores como la temperatura del agua, el desarrollo gonadal y la calidad alimenticia (Boudouresque & Verlaque, 2020).

## **1.2. Pesquería**

*P. lividus*, junto con otras especies de erizo de mar, ha sido una especie históricamente explotada a lo largo de su rango geográfico debido al valor culinario de sus gónadas o

“huevas”, consideradas marisco de lujo en muchos países del mundo y, por tanto, la parte de interés comercial (Fernández-Boán *et al.*, 2012; Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015; Boudouresque & Verlaque, 2020). Su consumo se remonta a la antigüedad, y los países que más aprecian este alimento son Japón (principal consumidor), Corea, Polinesia, Nueva Zelanda, Chile y algunos países mediterráneos, como Francia y España, principalmente, y Grecia e Italia en menor medida (Williams, 2002; Ouréns, 2013; Ouréns *et al.*, 2015; Boudouresque & Verlaque, 2020).

El máximo de producción mundial de pesquería del erizo de mar se produjo en 1995, siendo Chile y EEUU los principales países productores de este recurso. A partir de ese año ha ido descendiendo de manera drástica la producción mundial, siendo la causa principal la reducción de las capturas de Chile y EEUU, aunque también se han dado casos de pesquerías colapsadas por sobreexplotación en otras regiones del mundo, como es el caso de Irlanda y Francia (Andrew *et al.*, 2002; Williams, 2002; Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015). A pesar de este pronunciado descenso, la demanda sigue siendo elevada, siendo el mercado japonés el principal consumidor, ya que representa alrededor del 80% de la producción mundial, seguido del francés, neozelandés y filipino, entre otros (Andrew *et al.*, 2002; Fernández-Boán, 2015). A nivel europeo, los principales países productores son Rusia e Islandia, seguidos de forma más modesta por, entre otros, Francia, Irlanda, España, Portugal, Malta, Grecia, Italia, Noruega y Turquía (Fernández-Boán, 2015).

España es actualmente el principal país productor de la Unión Europea, superando a Francia tras el colapso de su pesquería. Aunque oficialmente la pesquería de erizo en España comienza en 1996, siendo la década de los 90 la de mayor apogeo, ya hay constancia de comercialización de erizo en algunas regiones de Galicia en la década de los 60 (Fernández-Boán *et al.*, 2012; Ouréns, 2013). La especie objetivo de la explotación española es *P. lividus*, aunque a mucha menor escala también se comercializan otras especies como *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) y *Sphaerechinus granularis* (Lamarck, 1816; Fernández-Boán *et al.*, 2012; Ouréns, 2013).

El consumo de erizo en España se limita a zonas costeras, siendo Asturias la comunidad autónoma que más destaca, diferenciándose de otras como Galicia, Andalucía, Alicante y Cataluña, donde su consumo es mucho más reducido. A pesar de esto, es Galicia la principal proveedora de erizo de España, además de ser la más antigua, mientras que las capturas realizadas en Asturias, junto con las de Andalucía, Cataluña y Comunidad Valenciana, son

mucho más escasas (Catoira, 2004; Fernández-Boán *et al.*, 2012; Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015; Ouréns *et al.*, 2015).

En Galicia, la única especie explotada comercialmente es *P. lividus*, y se extrae entre los meses de octubre y abril, coincidiendo con el desarrollo de sus gónadas (Fernández-Boán *et al.*, 2012; Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015). Esta producción se destina principalmente al mercado asturiano, seguido en menor medida por el mercado francés y las industrias conserveras gallegas (Ouréns, 2013). Como se mencionó anteriormente, si bien oficialmente la pesquería de erizo en España comenzó en 1996, en Galicia ya se extraía anteriormente. Inicialmente se recogía del intermareal para consumo propio, si bien tradicionalmente no fue un recurso muy apreciado en la propia comunidad y su consumo se limitaba a la Semana Santa. En la década de los 60 se comenzó a comercializar a pequeña escala en la localidad de Camelle, seguida casi 30 años después por Camariñas. A partir de esto, la pesquería de erizo se fue extendiendo a lo largo de la costa de Galicia y desde 2003 la producción se ha mantenido relativamente estable, alrededor de 700 toneladas al año, exceptuando los descensos producidos en 2003, debido a la marea negra provocada por el hundimiento del Prestige, 2009 y 2010 (Catoira, 2004; Fernández-Boán *et al.*, 2012; Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015). A pesar de esta evolución histórica favorable en las capturas, que parece indicar el buen estado del recurso, algunas pesquerías locales registraron cierres locales debido a la disminución de la biomasa explotable (Fernández-Boán *et al.*, 2012; Ouréns, 2013). A su vez, el precio medio de este producto no ha dejado de aumentar progresivamente, lo que ha provocado que el volumen de negocio de este recurso haya llegado a superar al del percebe en algunas lonjas (Fernández-Boán *et al.*, 2012; Ouréns, 2013).

A lo largo de la historia de la pesquería de erizo en Galicia han existido dos modalidades de extracción: en intermareal y en el submareal cercano a la línea de costa, siendo la última la más extendida (Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015; Ouréns *et al.*, 2015). En las zonas de intermareal la extracción se realiza de forma manual, pudiendo utilizarse espátulas o ganchos que faciliten la tarea (Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015). En el caso de las zonas del submareal, las técnicas de extracción han sufrido cambios desde su origen hasta 1986. Tradicionalmente se empleaba el método conocido como “truel de vara” o “varal”, que consistía en un aro de metal con una red unidos a una vara de 4-6 metros, que se utilizaba combinado con un cubo cuyo fondo era de cristal con el que se podía ver el fondo desde la embarcación (Catoira, 1999; Fernández-Boán *et al.*, 2012; Fernández-Boán, 2015).

Actualmente la mayor parte de las capturas se realizan mediante técnicas de buceo semiautónomo, aunque también se produce extracción mediante buceo en apnea. Para la técnica de buceo semiautónomo debe de haber un compresor en la embarcación, al cual se une una larga manguera que proporciona el aire al buceador. Los buceadores utilizan una “saranda”, un aro metálico con un saco de red y dos asas metálicas, para almacenar los erizos que recogen, y pueden ayudarse de un gancho de tres púas para facilitar la extracción. Para cumplir con la normativa de seguridad debe permanecer al menos una persona en la embarcación ocupándose del compresor y la manguera, y asegurando las capturas que llegan a superficie. Por esto, la tripulación de las embarcaciones que salen a trabajar suele consistir de un patrón y uno o dos buceadores (Fernández-Boán *et al.*, 2012; Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015; Ouréns *et al.*, 2015). Este cambio de técnica en el submareal, al empezar a emplear técnicas de buceo, aumentó significativamente la capacidad de captura, y se considera la causa potencial de efectos de sobreexplotación que se apreciaron en muchas pesquerías de erizo gallegas (Catoira, 1999; Fernández-Boán *et al.*, 2012; Fernández-Boán, 2015).

Respecto a la gestión del recurso, ha experimentado muchas modificaciones desde sus orígenes pero, en la actualidad, la gestión se realiza en conjunto mediante la administración pública y las cofradías (organizaciones locales de pescadores), que también deben colaborar entre ellas en caso de compartir algún territorio asignado. Las cofradías, con sus asistencias técnicas, deben diseñar los planes de gestión para cada recurso, que incluyen un seguimiento de la campaña de explotación anterior, una evaluación del estado del recurso y un plan financiero, de comercialización y explotación para la campaña siguiente que incluya información sobre las artes de pesca, días de trabajo, cupos, zonas de venta... Estos planes se modifican en función de los resultados obtenidos durante las campañas, y son revisados y aprobados por los técnicos de la administración pública (Molares & Freire, 2003; Fernández-Boán *et al.*, 2012; Ouréns, 2013; Fernández-Boán, 2015; Ouréns *et al.*, 2015).

### **1.3. Objetivo del proyecto e hipótesis planteada**

El objetivo de este proyecto es realizar una comparativa entre dos bancos intermareales de extracción de erizo situados en la costa gallega conocida como “Costa da Morte”. El banco situado en Muxía nunca antes ha sido explotado comercialmente y el otro, situado en Malpica, no había sido explotado antes de la primera temporada de muestreo realizada pero

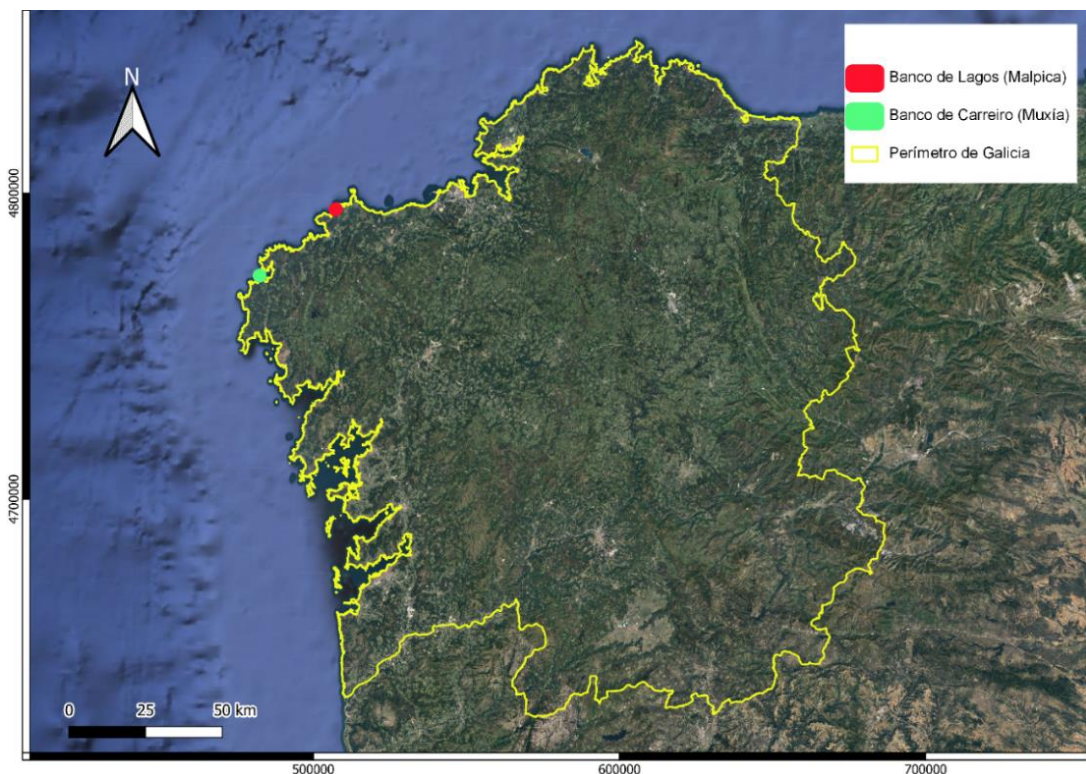
sí en la segunda. Con este estudio se pretende evaluar las diferencias de dos parámetros poblacionales, abundancia y talla, entre ambos bancos y determinar los efectos de la explotación sobre el estado del recurso.

Se plantea como hipótesis del trabajo que existen diferencias significativas entre ambos bancos para los dos parámetros estudiados por haber sido el de Malpica explotado comercialmente durante una campaña extractiva, y se espera que en este banco los resultados obtenidos sean más desfavorables debido al efecto de dicha explotación.

## 2. Material y Métodos

### 2.1. Área de estudio

Para este proyecto se muestrearon dos bancos de intermareal situados en las localidades costeras de Muxía y Malpica (Figura 1), localizadas en la provincia de A Coruña, en la Comunidad Autónoma de Galicia (noroeste de la Península Ibérica).

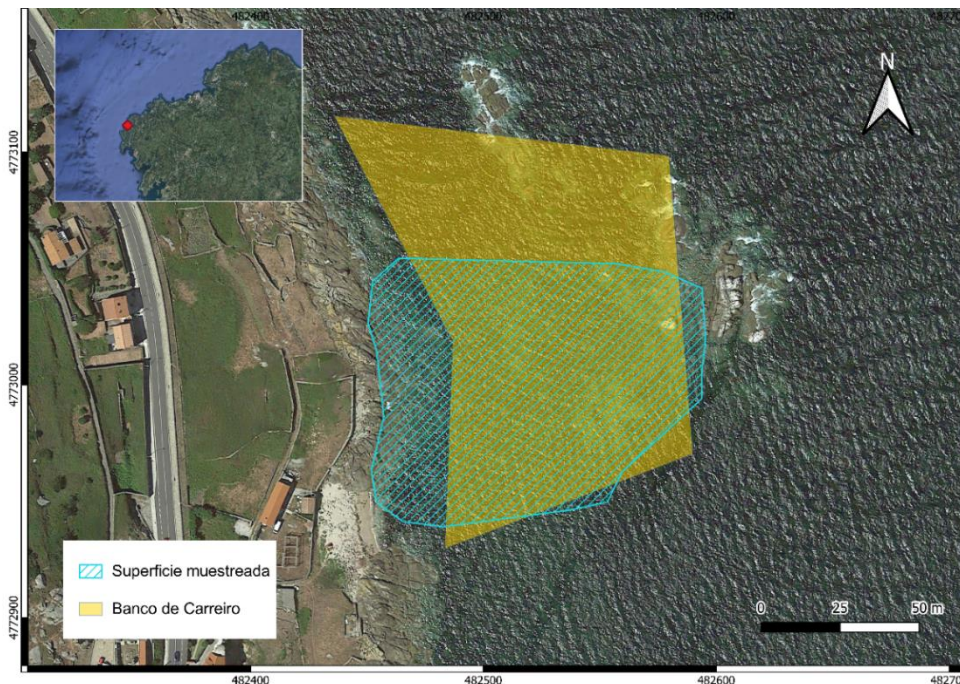


**Figura 1.** Localización de los dos bancos de erizo *P. lividus* estudiados.

## Muxía

Muxía es un pueblo marinero situado en la costa de la provincia de A Coruña, más concretamente en la comarca de Finisterre, en la Costa da Morte. Se trata de una zona muy transitada tanto por mar como por tierra, debido a que es parte del recorrido de la Ruta de los Faros de Galicia y del Camino Xacobeo o Camino de Santiago (del Río, 2013; del Amo, 2018). Fue la “zona cero” y, por tanto, una de las más afectadas por la marea negra producida por el hundimiento del buque petrolero Prestige en el 2002. En consecuencia, los recursos de marisqueo y pesca explotados en la localidad, cuya extracción y comercialización supone una de las principales actividades laborales, también se vieron perjudicados, poniendo en peligro la supervivencia socioeconómica de este municipio (Doldán García, 2003; Vázquez *et al.*, 2004; del Río, 2013).

El banco muestreado, conocido como banco de Carreiro, se localiza frente al pueblo, próximo a la Cofradía de Pescadores. En la Figura 2, se puede observar en color amarillo la extensión real del banco de marisqueo (0,018 Km<sup>2</sup>, aproximadamente). Esta área tuvo que modificarse para el desarrollo de los muestreos debido a distintos factores que afectaron a los mismos (condiciones meteorológicas adversas, profundidad del agua, fuerte oleaje, rápida subida de la marea, esfuerzo y tiempo de muestreo limitado...), y la extensión final muestreada, de aproximadamente 0,014 Km<sup>2</sup>, se representa en líneas azules en la Figura 2.



**Figura 2.** Mapa del banco de Carreiro, en el que se representan el banco original (amarillo) y la superficie muestreada (azul), así como un pequeño mapa de situación del banco en la esquina superior izquierda.

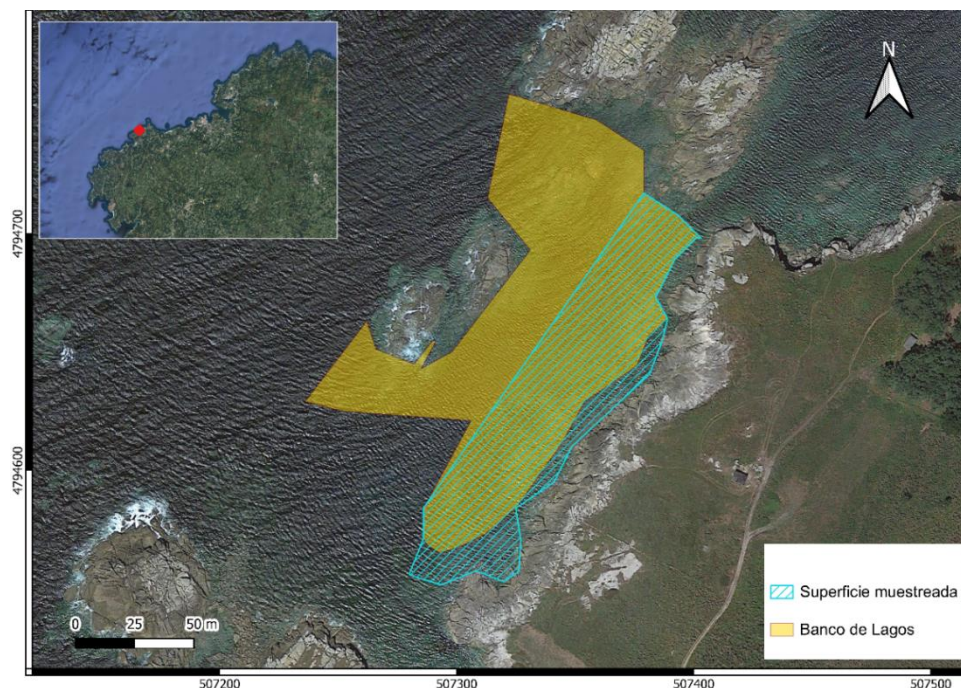
El principal sustrato observado es rocoso o de cantos rodados. A mayores, también se observa sustrato arenoso en un área formada por un canal que atraviesa el banco.

En este banco no está permitida la explotación de erizo, ni lo ha estado durante el tiempo de ejecución de este proyecto o en un pasado cercano.

### Malpica

Malpica de Bergantiños es un pueblo marinero también situado en la Costa da Morte, en la comarca de Bergantiños, en la provincia de A Coruña. Es una zona muy transitada debido a que, al igual que Muxía, forma parte de la Ruta de los Faros de Galicia (Doldán García, 2003; del Amo, 2018). Se trata de una localidad con gran tradición marisquera y pesquera, siendo este sector esencial para la supervivencia socioeconómica de la zona debido a que las tareas relacionadas con él constituyen la principal actividad laboral del municipio. Al igual que Muxía, esta localidad también se vio fuertemente afectada por el desastre del Prestige (Doldán García, 2003).

El banco muestreado, conocido como banco de Lagos, se localiza fuera del pueblo de Malpica, cercano a la Playa de Niñóns, en el concello de Ponteceso. Más concretamente, se encuentra en el límite entre el concello de Ponteceso y el concello de Malpica, pero pertenece al ámbito territorial de la Cofradía de Pescadores de Malpica. En la Figura 3, se puede observar en color amarillo la extensión real del banco (0,012 Km<sup>2</sup>, aproximadamente). Al igual que en el banco de Carreiro, esta área tuvo que modificarse para el desarrollo de los muestreos debido a distintos factores que afectaron a los mismos (condiciones meteorológicas adversas, profundidad del agua elevada, fuerte oleaje, rápida subida de la marea, esfuerzo y tiempo de muestreo limitado...), y la extensión final muestreada, de aproximadamente 0,007 Km<sup>2</sup>, se representa en líneas azules en la Figura 3.



**Figura 3.** Mapa del banco de Lagos, en el que se representan el banco original (amarillo) y la superficie muestreada (azul), así como un pequeño mapa de situación del banco en la esquina superior izquierda.

El principal sustrato observado es rocoso con charcos que quedan aislados al bajar la marea. En grandes áreas la roca está prácticamente cubierta por algas, entre las que destacan el alga parda *Bifurcaria bifurcata* R. Ross, 1958.

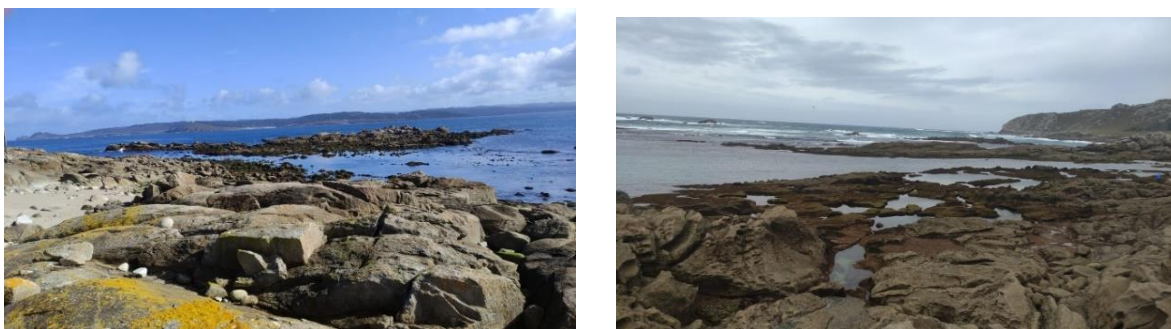
Este banco no había sido explotado antes o durante la primera campaña de muestreo, pero sí que se permitió la explotación por primera vez durante la segunda. Concretamente, este banco está dentro del plan de explotación de erizo de la Cofradía de Malpica para 2022-2024, aprobado por la Orden del 22 de diciembre de 2021 por la que se aprueban los planes de gestión para recursos específicos y algas en Galicia para el trienio 2022-2024 (DOG, 2021). En esta campaña extractiva, cuya duración según el plan de explotación está autorizada entre diciembre de 2022 y marzo del 2023, se extrajeron 156,25 Kg en dos días en el mes de diciembre. El tamaño mínimo comercial permitido de acuerdo con el plan fue de 60 mm de diámetro.

### Condiciones oceanográficas, geomorfológicas y climáticas

Ambos bancos, situados en la Costa da Morte, presentan las características climáticas y paisajísticas propias de este tramo de costa. Se trata de una costa de aspecto sinuoso y



escarpado, con numerosos accidentes geográficos, tales como acantilados o salientes rocosas. Las condiciones climáticas son de tipo oceánico húmedo, estando la zona muy expuesta a temporales atlánticos, con una elevada persistencia de lluvias, así como fuerte oleaje y viento permanente con potentes ráfagas (Balsa-Barreiro & Landsperger, 2015; Hierro & Pascual, 2021). Por esto, se han elegido bancos resguardados por la presencia de rocas situadas frente a ellos, las cuales obstaculizan la entrada del mar (Figura 4). Esto permite cierta reducción en el oleaje que llega a los bancos, gracias a lo cual se obtuvo una mayor seguridad para hacer los muestreos, así como una mejor visibilidad del erizo estudiado.



**Figura 4.** Bancos de Carreiro (izquierda) y de Lagos (derecha).

## **2.2. Estrategia y protocolo de muestreo**

Los datos empleados en este proyecto se obtuvieron mediante trabajo de campo en los bancos de Carreiro y Lagos. Se muestreó cada banco en dos campañas de muestreo: una en otoño y otra en primavera (Tabla 1).

Utilizando el programa QGIS se elaboró una cuadrícula de 40 m x 40 m que se superpuso con la imagen de los bancos en formato Google Earth. Se realizó una primera selección de puntos que se consideraron susceptibles de muestreo, en función principalmente de las referencias visuales proporcionadas por las imágenes satélite de Google Earth (presencia de rocas emergidas, coloración más oscura de los fondos de roca en comparación con los de arena, línea de marea alta, etc.). Posteriormente, a medida que se realizaba el trabajo en el campo, hubo que descartar algunos puntos y seleccionar otros nuevos debido a distintos factores que afectaron al muestreo, como las condiciones adversas que impidieron el trabajo en algunos puntos (viento, fuerte oleaje, subidas rápidas de marea...), la difícil accesibilidad a algunas zonas debido a rocas o a la profundidad del agua, o el tiempo limitado del que se disponía para trabajar (tanto el trabajo diario condicionado por la subida de la marea como

los días disponibles por campaña que dependían de la altura de la bajamar). Se estableció definitivamente una selección de 9 puntos en el banco de Lagos y 10-11 puntos en el banco de Carreiro en la campaña de otoño y la de primavera, respectivamente (Tabla 1).

Una vez seleccionados los puntos se trasladaron sus coordenadas geográficas a un dispositivo GPS tipo Garmin que, junto con la ayuda de los mapas impresos, sirvió para localizar los puntos de muestreo en el campo. Tras esto, se elaboró un calendario con los posibles días de trabajo, para lo cual se seleccionaron aquellos días con una bajamar de altura inferior a 0,7 m (Tabla 1) siguiendo las tablas de mareas de MeteoGalicia. Inicialmente se seleccionaron más días que los recogidos en la Tabla 1, pero fueron anulados debido a las condiciones meteorológicas adversas que aumentaban la peligrosidad del trabajo. Por este motivo, en la campaña de otoño los muestreos se extendieron hasta el invierno. Para optimizar el tiempo empleado, se intentó en la medida de lo posible que el tiempo de muestreo se extendiera desde al menos una hora antes de la bajamar hasta una hora después, o hasta donde la subida de la marea lo permitiera, en su defecto.

**Tabla 1.** Tabla resumen que recoge el número de días, fechas, alturas de bajamar y número de puntos al día y totales de las jornadas de muestreo realizadas en los bancos de Lagos y Carreiro en las campañas de otoño y primavera

	Banco	Nº días	Fechas	Bajamar (m)	Nº Puntos / día	Nº puntos totales
<b>Otoño</b>	<b>Lagos</b>	3	09/11/2022	0,6	6	9
			25/11/2022	0,5	2	
			23/12/2022	0,6	1	
	<b>Carreiro</b>	1	27/12/2022	0,6	10	10
<b>Primavera</b>	<b>Lagos</b>	2	09/03/2023	0,6	4	9
			22/03/2023	0,2	5	
	<b>Carreiro</b>	2	20/03/2023	0,5	4	11
			21/03/2023	0,3	7	

En cada uno de los puntos seleccionados se marcó un transecto paralelo a la línea de costa con ayuda de un cabo de 5 metros de longitud que se señaló a cada metro con un cordel de color llamativo. Para el recuento de erizos se usó una calicata de 0,5 x 0,5 metros de lado, que se situó a la altura de cada uno de los cinco cordeles, siempre hacia el lado derecho del cabo (Figura 5), de tal forma que entre calicatas se dejó un espacio lineal de 0,5 m sin muestrear. Es decir, se establecieron 5 calicatas por transecto muestreado, y se contaron todos los individuos que se encontraron en su interior. Este conteo se vio dificultado por el

movimiento del agua provocado por el viento, la lluvia y las olas, o por la presencia de algas o grietas que ocultaban los erizos.



**Figura 5.** Transecto marcado con el cabo y la calicata señalando el punto de muestreo.

Además de recontar erizos, se recogieron muestras para obtener las tallas. La extracción de los erizos se realizó con la ayuda de una navaja sin punta y, una vez recogidos, se midieron utilizando un calibre de marca Mitutoyo con precisión de 0,01 mm (Figura 6). Estos erizos también se pesaron, pero finalmente se descartaron estos datos al tratarse de peso húmedo, un parámetro poco robusto debido a las diferencias en el contenido interno de agua o el estado gonadal en que se encuentren los distintos individuos.

Inicialmente el objetivo era recoger 10 individuos por transecto, pero debido a la dificultad de extracción debida a la posición de los erizos en grietas y “ouriceiras”, las condiciones meteorológicas y el bajo número de individuos encontrados en algunos transectos, se decidió reducir el número de erizos recogidos a un mínimo de 30 por banco y por temporada de muestreo.



**Figura 6.** Medida de los erizos recogidos utilizando un calibre.

Los datos recogidos se anotaron en el programa Excel 16.0 para su posterior procesamiento y análisis estadístico.

### **2.3. Tratamiento de los datos**

En función del tipo de datos estudiados, se realizaron distintos análisis:

-*Número de erizos*: los datos obtenidos del número de erizos contados en cada una de las 5 calicatas por transecto se agruparon en una tabla por banco y por campaña de muestreo (cuatro tablas en total). A partir de las abundancias encontradas en cada calicata se calculó la densidad media de cada transecto calculando primero los individuos por superficie de calicata ( $\text{ind./}0.25 \text{ m}^2$ ) y, a partir de este dato, se estimó la densidad media por metro cuadrado ( $\text{ind./m}^2$ ). Con los datos de  $\text{ind./m}^2$  de cada transecto, se elaboró un mapa de densidad para cada banco y cada campaña de muestreo utilizando el programa cartográfico QGIS Hannover 3.16.16. Lo que este programa hace es, a partir de los datos de densidad introducidos en cada punto de muestreo, estimar la distribución de estas densidades en la superficie del banco mediante interpolación y representarlo en el mapa. A partir de estos mapas de densidad, utilizando la tabla de atributos del programa QGIS, se obtuvo el área del banco que corresponde a cada intervalo de densidad, con lo que se calculó el porcentaje del banco ocupado por los mismos. Con estos datos de superficie se elaboraron gráficas comparativas para otoño y primavera en las que se representan las proporciones calculadas para cada intervalo, con la finalidad de mostrar de forma más visual las diferencias estimadas entre ambos bancos.

Para estos datos no se realizaron posteriores análisis estadísticos debido a que la matriz de datos obtenida era muy escasa.

*-Tallas:* a partir de la matriz de datos obtenida al medir las tallas por banco y campaña de muestreo, se obtuvo la estructura de tallas clasificándolos en intervalos de 3 milímetros. Una vez clasificados los datos se calcularon las frecuencias absoluta y relativa para cada clase de talla, y se utilizaron los datos de frecuencias relativas para elaborar las gráficas que representan las estructuras, ya que de esta forma la veracidad de los resultados no se ve afectada por las diferencias en el tamaño muestral.

Posteriormente se compararon, mediante un test T de Students para muestras independientes, los datos obtenidos de tallas de los dos bancos en otoño y primavera, para determinar si existen diferencias significativas entre los dos bancos en cada temporada de muestreo. Para esto, primero se aplicó la prueba de Shapiro-Wilks a los datos de tallas de cada banco por separado, utilizando el programa estadístico R Studio R 4.1.1. El objetivo de este test estadístico es determinar si los datos siguen una distribución normal, aunque en el caso de este proyecto el hecho de obtener una distribución no normal no impidió realizar posteriormente el test de T de Students debido a que el tamaño muestral es elevado. A continuación del test de normalidad, utilizando el programa Excel 16.0, se aplicó la prueba F de Fisher a los datos de esta variable para ambos bancos, esta vez de forma conjunta debido a que el objetivo de esta prueba es estimar si existen diferencias significativas entre las varianzas de ambos conjuntos de datos, para así decidir qué test T de Students se llevará a cabo. Dado que se obtuvo que las varianzas de ambos bancos eran heterogéneas, se seleccionó en Excel el test T de Students para muestras independientes suponiendo varianzas desiguales.

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Densidad

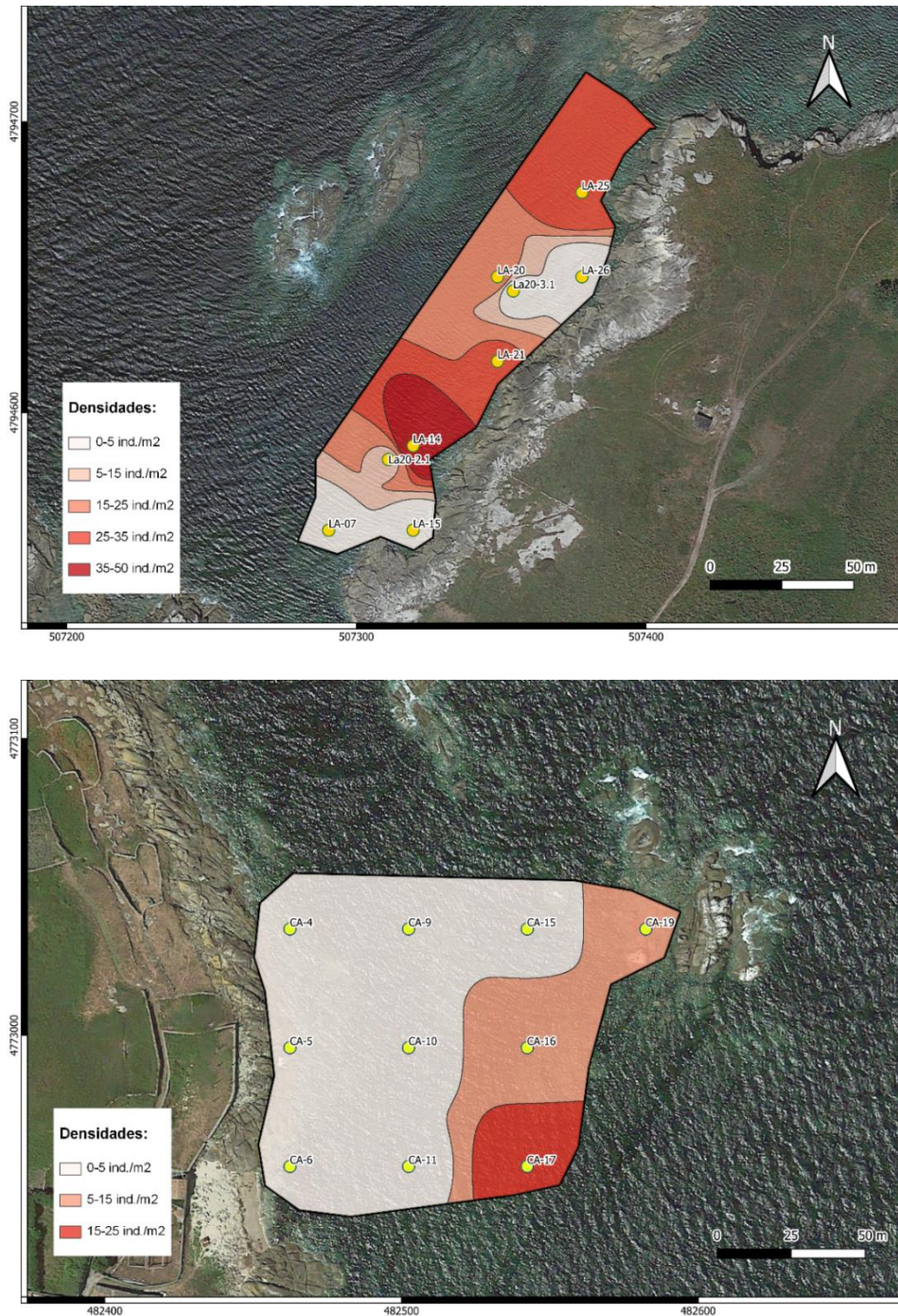
##### Otoño

En la campaña de muestreos de otoño se recontaron en total 180 erizos en el banco de Lagos y 57 erizos en el banco de Carreiro (Tabla 2).

**Tabla 2.** Tabla resumen que recoge el número total de individuos recontados por banco en la campaña de otoño, así como las densidades mínima, máxima, media y la desviación estándar, calculadas a partir de las densidades calculadas para cada transecto muestreado.

	Banco	Nº total individuos	Densidad (ind./m <sup>2</sup> )			
			Mínima	Máxima	Media	Desv. Est.
Otoño	Lagos	180	0	48,8	16	17,6
	Carreiro	57	0	20	4,6	6,7

La densidad mínima encontrada en ambos bancos fue de 0 ind./m<sup>2</sup>. La densidad máxima encontrada en el banco de Lagos fue de 48,8 ind./m<sup>2</sup>, muy superior a la máxima encontrada en Carreiro, de 20 ind./m<sup>2</sup>. La densidad media calculada en Lagos, de 16 ind./m<sup>2</sup>, también fue superior a la calculada en Carreiro, 4,6 ind./m<sup>2</sup>. Las desviaciones estándar de ambos bancos son elevadas, lo cual muestra que en este caso la densidad media no es un reflejo del estado general de los bancos debido a la variabilidad entre las densidades calculadas para cada transecto muestreado (Tabla 2).



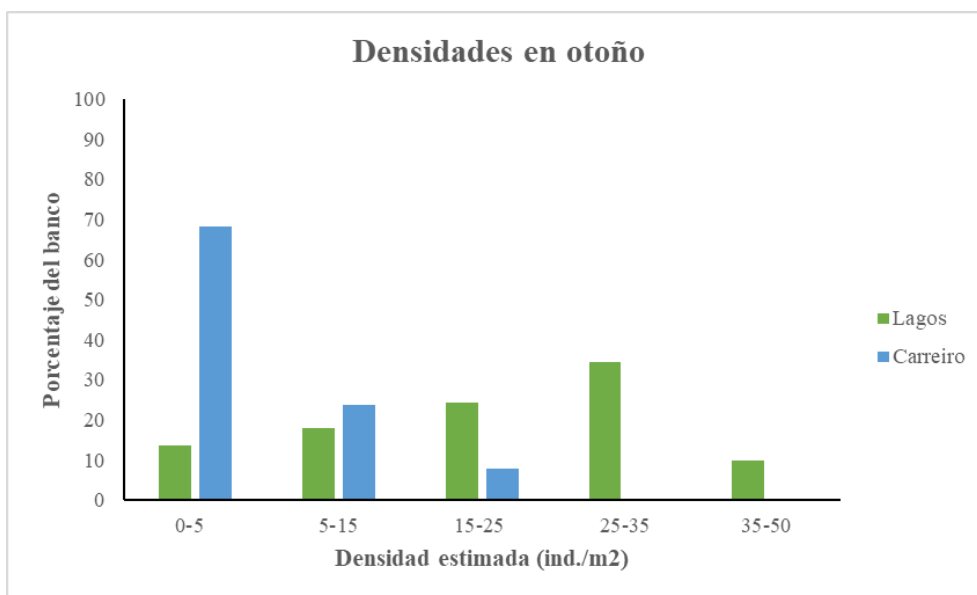
**Figura 7.** Mapas de densidades que representa la estimación de la superficie ocupada por los distintos intervalos de densidades en los bancos de Lagos (arriba) y de Carreiro (abajo) en la temporada de muestreo de otoño, mostrando los transectos muestreados en color amarillo.

Como ya se mencionó, en el banco de Lagos se encontraron densidades superiores al banco de Carreiro en la campaña de otoño. También se observan diferencias en la distribución y superficie ocupada por estas densidades en ambos bancos, ya que en Carreiro parece existir

un gradiente creciente de densidad desde la parte alta del banco, cercana a la línea de costa, hacia la parte más baja, que no se aprecia en el banco de Lagos (Figura 7).

Destaca en el banco de Carreiro (Figura 7) una amplia zona de baja densidad (0-5 ind./m<sup>2</sup>), la cual corresponde con una zona rocosa que se encuentra la mayor parte del tiempo descubierta por la marea y con un canal de mayor profundidad que atraviesa el banco y cuyo sustrato es arenoso. Este tipo de sustrato, como se mencionó anteriormente, no suele albergar a tantos erizos y los que se encontraron estaban situados bajo rocas sueltas. Las áreas de este banco en las que se observaron mayores densidades presentan sustrato rocoso, más favorable para los erizos.

En el banco de Lagos no se aprecia una distribución de las densidades tan marcada (Figura 7), debido a que el sustrato mayoritario de este banco era rocoso con pozas dispersas que quedan aisladas al bajar la marea.



**Figura 8.** Gráfico comparativo que recoge la proporción de espacio que se estima que ocupan en cada banco los distintos intervalos de densidad en la temporada de muestreos de otoño.

Como mostraba el mapa de densidad, en el banco de Lagos la distribución de los erizos es más uniforme que en el banco de Carreiro, además de presentar densidades más elevadas, siendo mayoritarias las que se encuentran en el intervalo de 25-35 ind./m<sup>2</sup> (se estima un 34,52% de la superficie del banco). En Lagos llegan a observarse densidades comprendidas en el intervalo de 35-50 ind./m<sup>2</sup>, aunque en una superficie más reducida que el resto de densidades (Figura 8).



En Carreiro (Figura 8) se observan densidades mucho menores que en Lagos, siendo mayoritarias las que se encuentran en el intervalo de 0-5 ind./m<sup>2</sup> (se estima un 68,37% de la superficie del banco). Las densidades más elevadas calculadas en este banco se encuentran en el intervalo de 15-25 ind./m<sup>2</sup>, aunque ocupan un área muy reducida del banco (se estima un 7,88% de la superficie del banco).

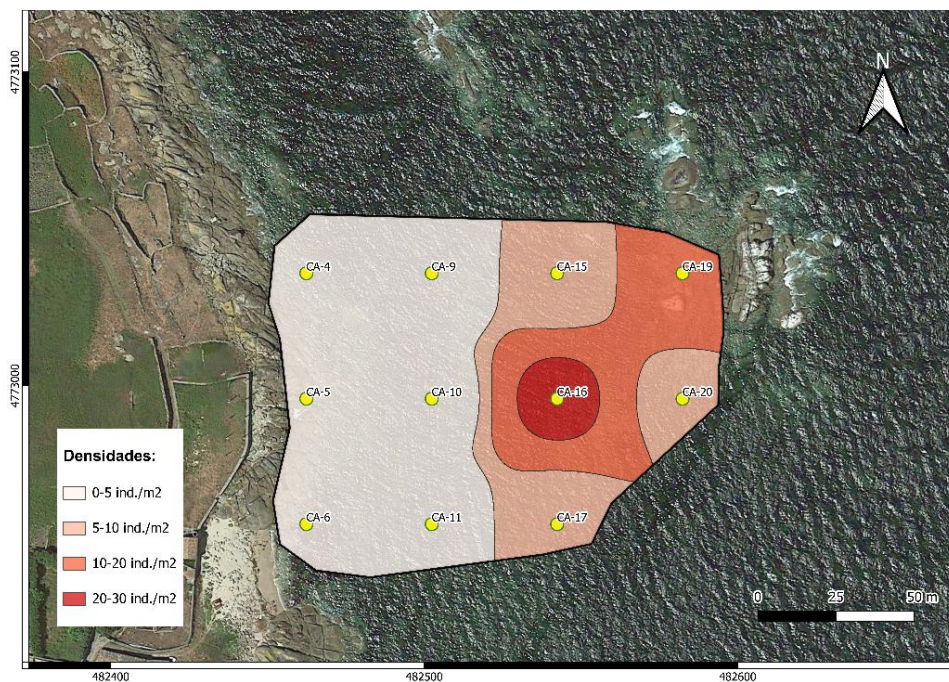
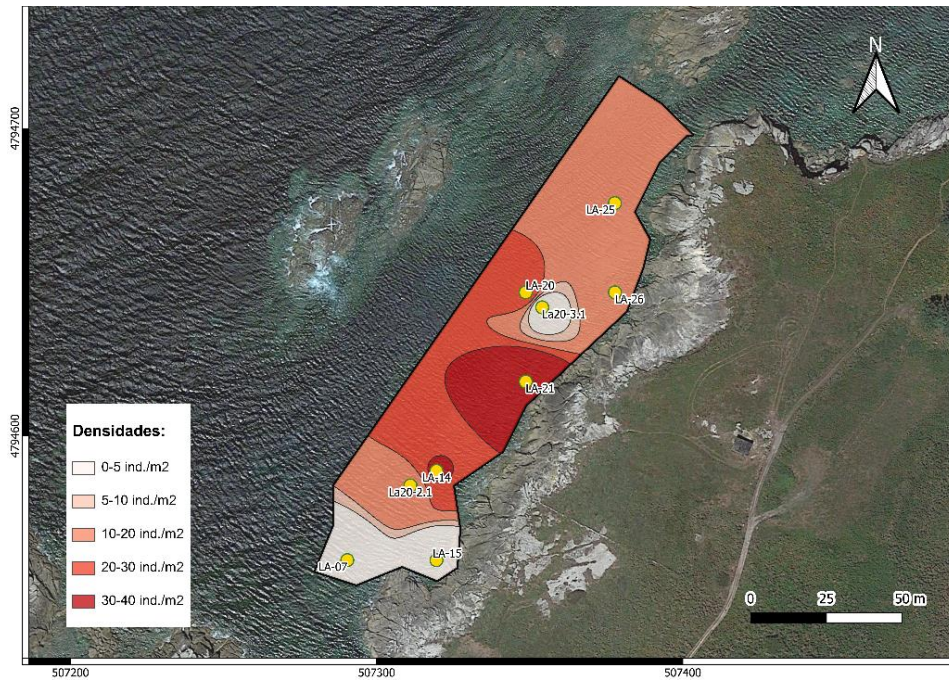
### Primavera

En la campaña de muestreos de primavera se contaron en total 174 erizos en el banco de Lagos y 77 erizos en el banco de Carreiro (Tabla 3).

**Tabla 3.** Tabla resumen que recoge el número total de individuos contados por banco en la campaña de primavera, así como las densidades mínima, máxima, media y la desviación estándar, calculadas a partir de las densidades calculadas para cada transecto muestreado.

	Banco	Nº total individuos	Densidad (ind./m <sup>2</sup> )			
			Mínima	Máxima	Media	Desv. Est.
Primavera	Lagos	174	0	37,6	15	13,6
	Carreiro	77	0	20	5,6	6,7

La densidad mínima encontrada en ambos bancos fue de 0 ind./m<sup>2</sup>. La densidad máxima encontrada en el banco de Lagos fue de 37,6 ind./m<sup>2</sup>, superior a la máxima encontrada en Carreiro, de 20 ind./m<sup>2</sup>. La densidad media calculada en Lagos, de 15 ind./m<sup>2</sup>, también es superior a la calculada en Carreiro, de 5,6 ind./m<sup>2</sup>. Las desviaciones estándar de ambos bancos son elevadas, por lo que la media en este caso tampoco es un reflejo del estado general del banco (Tabla 3).

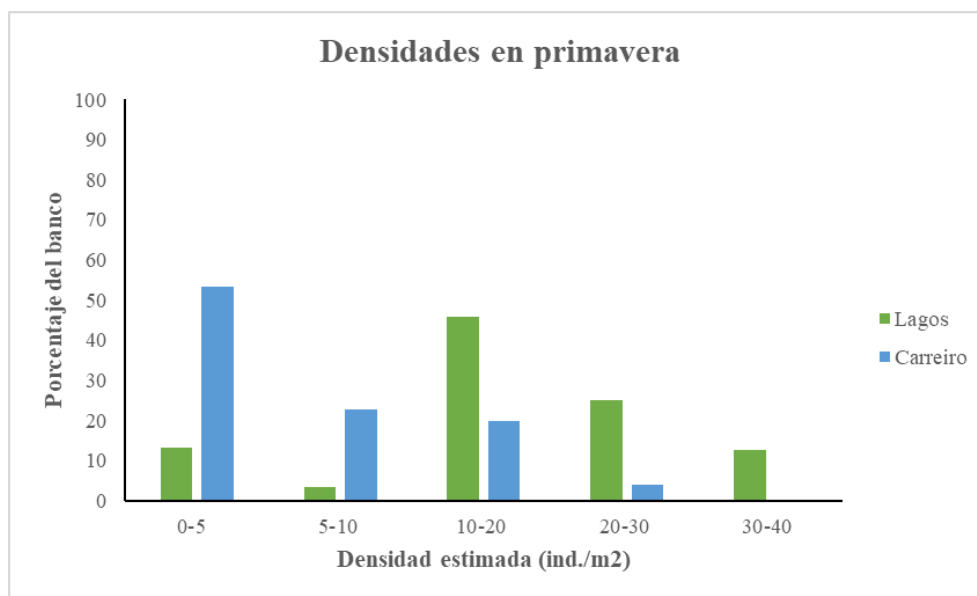


**Figura 9.** Mapas de densidades en los que se representa la estimación de la superficie ocupada por los distintos intervalos de densidades en los bancos de Lagos (arriba) y de Carreiro (abajo) en la temporada de muestreos de primavera, mostrando los transectos muestreados en color amarillo.

Como ya se mencionó, en el banco de Lagos, al igual que ocurrió en la campaña de otoño, se encontraron densidades superiores al banco de Carreiro. En esta campaña también se observan diferencias en la distribución y superficie ocupada por los distintos intervalos de densidad en ambos bancos, ya que en Carreiro aún existe el gradiente creciente de densidad

desde la línea de costa hacia el interior del banco, aunque de forma menos pronunciada que en la campaña de otoño, que en Lagos no se aprecia (Figura 9).

En el banco de Carreiro sigue apreciándose una amplia zona de baja densidad (0-5 ind./m<sup>2</sup>), que se corresponde con la zona rocosa descubierta y el canal de sustrato arenoso que se mencionó anteriormente. En el banco de Lagos, al igual que en la campaña anterior, no se aprecia una distribución de las densidades tan marcada (Figura 9).



**Figura 10.** Gráfico comparativo que recoge la proporción de espacio que se estima que ocupan en cada banco los distintos intervalos de densidad en la temporada de muestreos de primavera.

El banco de Lagos presenta densidades más elevadas que el de Carreiro, siendo mayoritarias las que se encuentran en el intervalo de 10-20 ind./m<sup>2</sup> (se estima un 45,90% de la superficie del banco) y minoritarias las de 5-10 ind./m<sup>2</sup> (se estima un 3,45% de la superficie del banco). Las densidades más elevadas observadas están comprendidas en el intervalo de 30-40 ind./m<sup>2</sup> (Figura 10).

En Carreiro se observan densidades menores que en Lagos, siendo mayoritarias las que se encuentran en el intervalo de 0-5 ind./m<sup>2</sup> (se estima un 53,23% de la superficie del banco). Las densidades más elevadas calculadas en este banco se encuentran en el intervalo de 20-30 ind./m<sup>2</sup>, aunque ocupan un área muy reducida del banco (se estima un 4,09% de la superficie del banco; Figura 10).

Los resultados obtenidos muestran diferencias entre las densidades de ambos bancos, presentando el banco de Lagos siempre densidades superiores. Cabe destacar que esta diferencia se redujo durante la campaña de primavera debida a un aumento en la densidad observada en Carreiro a la par que un descenso en las densidades de Lagos. Este descenso en el banco de Lagos durante los muestreos de primavera podría deberse a que en esas fechas ya se había explotado comercialmente el erizo en la zona (lo cual no había ocurrido cuando se realizaron los muestreos de otoño), pero hay que tener en cuenta que no había transcurrido mucho tiempo desde el comienzo de estas actividades y a que, a pesar de que legalmente no estaba permitida la explotación en ninguno de los bancos, se pudo constatar durante los muestreos la existencia de casos de furtivismo que podrían distorsionar los resultados.

### 3.2. Estructura de tallas y análisis estadístico

#### Otoño

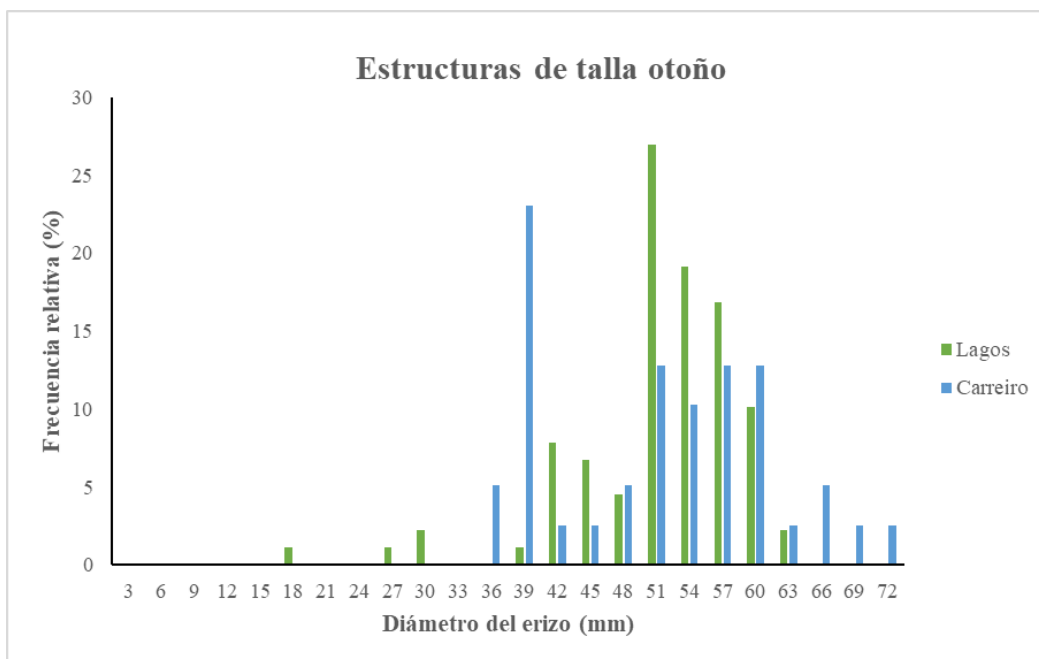
En la campaña de muestreos de otoño se midieron en total 89 erizos en el banco de Lagos y 39 erizos en el banco de Carreiro (Tabla 4).

**Tabla 4.** Tabla resumen que recoge el número total de individuos medidos en cada banco en la campaña de otoño, así como las tallas mínimas, máximas y medias calculadas, junto con la desviación estándar.

	Banco	Nº total individuos	Talla (mm)			
			Mínimo	Máximo	Media	Desv. Est.
Otoño	Lagos	89	16,43	61,31	49,8	7,6
	Carreiro	39	33,01	69,7	49,8	10,1

En el banco de Lagos, tanto la talla mínima (16,43 mm) como la máxima (61,31 mm) fueron menores que las del banco de Carreiro, cuya talla mínima fue de 33,01 mm y la talla máxima de 69,70 mm (Tabla 4). El rango de tallas (diferencia entre la talla mínima y máxima observadas) fue mayor en Lagos (44,88 mm) que en Carreiro (36,69 mm).

La talla media calculada fue de 49,8 mm para ambos bancos, aunque se diferenciaron en sus desviaciones estándar, superior en el banco de Carreiro, al ser la dispersión de los datos mayor (Tabla 4).



**Figura 11.** Gráfico comparativo que recoge las estructuras de talla de cada banco en los muestreos de otoño, donde se representa la frecuencia relativa (%) de cada clase de talla de 3 mm.

En el banco de Lagos las tallas más habituales se encuentran entre las clases 51 y 60, es decir, individuos cuyo diámetro mide entre 48 y 60 mm, siendo la clase más observada la 51 (individuos que miden entre 48 y 51 mm de diámetro; Figura 11). En el banco de Carreiro las clases más observadas también se encuentran concentradas entre la 51 y la 60, es decir, individuos cuyo diámetro mide entre 48 y 60 mm, aunque la clase que presenta la mayor frecuencia es la 39 (individuos que miden entre 36 y 39 mm de diámetro; Figura 11).

La frecuencia de individuos de talla superior a 63 mm de diámetro fue mucho mayor en el banco de Carreiro que en el de Lagos, en el cual no se encontró ningún individuo que superara el 61,31 mm de diámetro (Figura 11).

### Primavera

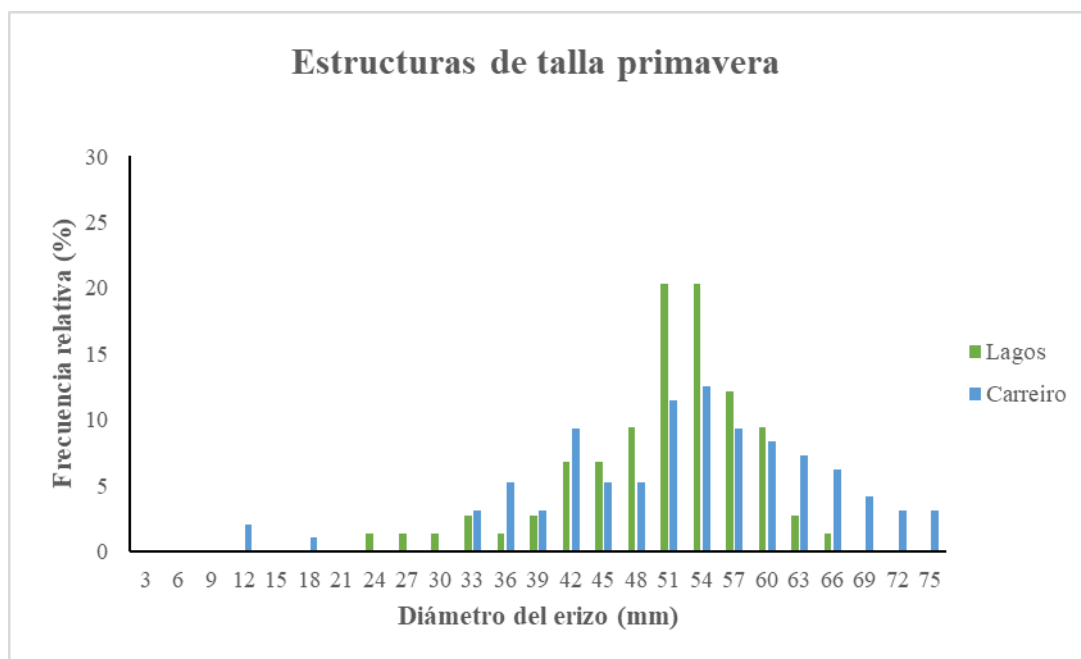
En la campaña de muestreos de primavera se midieron en total 74 erizos en el banco de Lagos y 96 erizos en el banco de Carreiro (Tabla 5).

**Tabla 5.** Tabla resumen que recoge el número total de individuos medidos en cada banco en la campaña de primavera, así como las tallas mínimas, máximas y medias calculadas, junto con la desviación estándar.

	Banco	Nº total individuos	Talla (mm)			
			Mínima	Máxima	Media	Desv. Est.
Primavera	Lagos	74	22,65	64,9	48,9	8,4
	Carreiro	96	9,17	73,71	51,04	12,7

En esta campaña, en el banco de Lagos la talla mínima (22,65 mm) fue muy superior a la observada en el banco de Carreiro (9,17 mm). Al contrario, la talla máxima encontrada en Lagos (64,9 mm) fue inferior a la observada en Carreiro (73,71 mm; Tabla 5). A diferencia de los muestreos de otoño, en esta campaña el rango de tallas fue superior en Carreiro (64,54 mm) que en Lagos (42,25 mm).

La talla media calculada fue inferior en Lagos que en Carreiro (48,9 mm y 51,04 mm, respectivamente), al igual que sus desviaciones estándar, al ser la dispersión de los datos mayor en Carreiro (Tabla 5).



**Figura 12.** Gráfico comparativo que recoge las estructuras de talla de cada banco en los muestreos de primavera, donde se representa la frecuencia relativa (%) de cada clase de talla de 3 mm.

En el banco de Lagos (Figura 12) las tallas más habituales se encuentran entre las clases 42 y 60, es decir, individuos cuyo diámetro mide entre 39 y 60 mm, siendo las clases más

observadas la 51 (individuos que miden entre 48 y 51 mm de diámetro) y la 54 (individuos que miden entre 51 y 54 mm de diámetro).

En el banco de Carreiro (Figura 12) las clases más observadas se encuentran entre la 42 y la 66, es decir, individuos cuyo diámetro mide entre 39 y 66 mm, y la mayor frecuencia se encuentra en la 54 (individuos que miden entre 51 y 54 mm de diámetro).

La frecuencia de individuos de talla superior a 60 mm de diámetro fue mucho mayor en el banco de Carreiro que en el de Lagos, en el cual las frecuencias de individuos de entre 60 y 66 mm de diámetro (clases 63 y 66) fueron muy reducidas, y no se encontró ningún individuo que superara el 64,9 mm de diámetro (Figura 11). Esta ausencia de tallas superiores en el banco de Lagos, tanto en esta campaña como en la de otoño, puede ser un efecto de la explotación en el mismo, ya que los individuos de mayor tamaño son los que se recogen en las campañas extractivas, concretamente los de un diámetro superior a 60 mm (talla mínima comercial en el plan de explotación de la Cofradía de Malpica).

Ambos gráficos (Figuras 11 y 12) muestran que, para ambas campañas de muestreo, las estructuras de tallas fueron relativamente similares entre ambos bancos (a pesar de las diferencias comentadas anteriormente). Esto era lo esperado para la campaña de otoño debido a que ningún banco tenía autorizada la explotación, aunque se esperaban mayores diferencias para la campaña de primavera, con una reducción en los tamaños de los erizos de Lagos, debido a que a esas alturas se había autorizado la explotación en este banco (156,25 Kg extraídos durante la campaña extractiva previa).

Para comprobar si realmente estas diferencias son significativas se realizó un test T de Students para muestras independientes, con el que se compararon los datos de tallas de ambos bancos para cada campaña de muestreo. En ambos casos el resultado obtenido fue que las diferencias no eran significativas ( $T \text{ Students: } P > 0,05$  ( $T \leq t$ ), estadístico  $t < \text{Valor crítico de } t$  (dos colas)), lo cual contradice la hipótesis inicial de este trabajo.

## 4. Conclusiones

-Los resultados obtenidos durante la elaboración de este proyecto muestran diferencias entre ambos bancos, que no son concluyentes para asegurar que la explotación comercial tiene efecto sobre el estado del recurso.

-Las condiciones meteorológicas y oceánicas, así como el furtivismo detectado en ambos bancos afectaron a la confirmación de la hipótesis planteada inicialmente.

-Para medir el efecto de la explotación sobre el estado del recurso es necesario que transcurran más campañas de explotación, ya que una única campaña extractiva no es suficiente para mostrar los resultados esperados.

-En posteriores estudios conviene incluir un mapeo de los distintos tipos de fondo, ya que se vio en el banco de Carreiro que el tipo de sustrato afecta a la abundancia de los erizos e ignorarlo puede llevar a errores en la estimación de este parámetro.

## Bibliografía

Allain, J. Y. (1972). Structure des populations de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata: Echinoidea) soumises à la pêche sur les côtes nord de Bretagne. *Revue des travaux de l'Institut des pêches maritimes*, 39(2), 171-212.

Andrew, N. L., Agatsuma, Y., Ballesteros, E., Bazhin, A. G., Creaser, E. P., Barnes, D. K. A., Botsford, L. W., Bradbury, A., Campbell, A., Dixon, J. D., Einarsson, S., Gerrubg, P. K. (2002). Status and management of world sea urchin fisheries. *Oceanography and Marine Biology*, 40, 343-425.

Balsa-Barreiro, J., & Landsperger, S. (2015). A Costa da Morte (Galicia, España): un modelo demográfico antagónico al español. Análisis de su evolución demográfica en el siglo XXI. *Journal of Iberian and Latin American Research*, 21(1), 63-86.

Barnes, D. K., Verling, E., Crook, A., Davidson, I., & O'Mahoney, M. (2002). Local population disappearance follows (20 yr after) cycle collapse in a pivotal ecological species. *Marine Ecology Progress Series*, 226, 311-313.

Besteiro, C., & Urgorri, V. (1988). Inventario dos equinodermos de Galicia:(Echinodermata). *Edición do Castro*.



- Boudouresque, C. F., & Verlaque, M. (2020). *Paracentrotus lividus*. En Lawrence, J. M. (Ed.) *Sea Urchins: Biology and Ecology* (4<sup>o</sup> ed., Vol. 43, pp. 447-485). Elsevier. Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-819570-3.00026-3>
- Bulleri, F., Benedetti-Cecchi, L., & Cinelli, F. (1999). Grazing by the sea urchins *Arbacia lixula* L. and *Paracentrotus lividus* Lam. in the Northwest Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 241(1), 81-95.
- Catoira, J. L. (1999). Outros recursos e outras economías: ourizos. En: Fernández, J., Rey, M., Cerviño, A. (Eds.) *Cultivando o mar: a acuicultura do milenio*, Santiago de Compostela, pp. 47-60.
- Catoira, J. L. (2004). History and current state of sea urchin *Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816, fisheries in Galicia, NW Spain. En: Lawrence, J.M., Guzmán, O. (Eds.) *Sea urchins: fisheries and ecology. Proceedings of the International Conference on Sea-Urchin Fisheries and Aquaculture*, Puerto Varas, Chile. Lancaster. USA, pp. 64-73.
- del Amo, E. (2018). Galicia, la ruta de los faros. *Viajar: la primera revista española de viajes*, 471, 40-49.
- del Río, J. E. B. (2013). Muxía: evolución histórica da súa preservación. *Nalgures*, 9, 11-60.
- Díaz-Castañeda, V. (2022). Un lado menos conocido del cambio climático: La acidificación del océano un gran reto para la humanidad. *Biología y Sociedad*, 5(10), 31-36.
- DOG – Diario Oficial de Galicia. Consellería do Mar (Xunta de Galicia) (2021). *ORDEN del 22 de diciembre de 2021, por la que se aprueban los planes de gestión para recursos específicos y algas en Galicia para el trienio 2022-2024*. Recuperado de: [https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2021/20211231/AnuncioG0427-221221-0007\\_es.html](https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2021/20211231/AnuncioG0427-221221-0007_es.html)
- Doldán García, X. R. (2003). Impacto económico da maré negra do Prestige. *Especial Prestige*, 52, 143-160.
- Fernández-Boán, M. (2015). Métodos de evaluación directa y dinámica de la pesquería del erizo ("*Paracentrotus lividus*") en Galicia. (Tesis doctoral, Universidade da Coruña). Recuperado de: <http://hdl.handle.net/2183/16483>

- Fernández-Boán, M., Fernández, L., & Freire, J. (2012). History and management strategies of the sea urchin *Paracentrotus lividus* fishery in Galicia (NW Spain). *Ocean & coastal management*, 69, 265-272.
- Haya de la Sierra, D. (1990). Biología y ecología de *Paracentrotus lividus* en la zona intermareal (Tesis doctoral, Universidad de Oviedo).
- Hereu, B. (2005). Movement patterns of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in a marine reserve and an unprotected area in the NW Mediterranean. *Marine Ecology*, 26(1), 54-62.
- Hereu, B., Zabala, M., Linares, C., & Sala, E. (2004). Temporal and spatial variability in settlement of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the NW Mediterranean. *Marine Biology*, 144, 1011-1018.
- Hernández, J. C. (2017). Influencia humana en las fluctuaciones poblacionales de erizos de mar. *Revista De Biología Tropical*, 65(1-1), 23-34.
- Hierro, J., & Pascual, R. (2021). El naufragio del HMS «Serpent» en la Costa da Morte. *Arcimis*. Recuperado de: <https://repositorio.aemet.es/handle/20.500.11765/12837>
- Hyman, L. H. (1955). The invertebrates: Echinodermata. *The coelomate bilateria*, 4, 1-763.
- Kroeker, K. J., Kordas, R. L., Crim, R., Hendriks, I. E., Ramajo, L., Singh, G. S., Duarte, C. M. & Gattuso, J. P. (2013). Impacts of ocean acidification on marine organisms: quantifying sensitivities and interaction with warming. *Global change biology*, 19(6), 1884-1896.
- Lustres, V. (2001) El erizo de mar: *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) en las costas de Galicia. (Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela).
- Molares, J., Freire, J. (2003). Development and perspectives for community-based management of the goose barnacle (*Pollicipes pollicipes*) fisheries in Galicia (NW Spain). *Fisheries Research*, 65, 485-492.
- Niell, F. X., & Pastor, R. (1973). Relaciones tróficas de *Paracentrotus lividus* (Lmk) en la zona litoral. *Investigación Pesquera*, 37, 1-7
- Ouréns, R. (2013). Estrategia vital y dinámica poblacional del erizo *Paracentrotus lividus*. (Tesis doctoral, Universidade da Coruña).

- Ouréns, R., Flores, L., Fernández, L., & Freire, J. (2013). Habitat and density-dependent growth of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in Galicia (NW Spain). *Journal of Sea Research*, 76, 50-60.
- Ouréns, R., Naya, I., & Freire, J. (2015). Mismatch between biological, exploitation, and governance scales and ineffective management of sea urchin (*Paracentrotus lividus*) fisheries in Galicia. *Marine Policy*, 51, 13-20.
- Palacín, C., Giribet, G., Carner, S., Dantart, L., & Turon, X. (1998). Low densities of sea urchins influence the structure of algal assemblages in the western Mediterranean. *Journal of Sea Research*, 39(3-4), 281-290.
- Prince, J.D., y Hilborn, R. (1998). Concentration profiles and invertebrate fisheries management. En: Jamieson, G.S., Campbell, A. (Eds.), *Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management*. Canadian Special Publications in Fisheries and Aquatic Science, 125, 441-59.
- Tuya, F., Cisneros-Aguirre, J., Ortega-Borges, L., & Haroun, R. J. (2007). Bathymetric segregation of sea urchins on reefs of the Canary Archipelago: role of flow-induced forces. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73(3-4), 481-488.
- Vazquez, M. X., Varela, M & Prada, A. (2004). Efectos económicos da catástrofe do Prestige: un avance. En *Economic, social and environmental effects of the " Prestige" oil spill*, 27-41. Consello da Cultura Galega.
- Williams, H. (2002). Sea urchin fisheries of the world: a review of their status, management strategies and biology of the principal species. *Department of Primary Industries, Water and Environment, Tasmania*, pp 27.