CONSELLERIA DE AGRICULTURA, MEDIO AMBIENTE, CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO RURAL. DIRECIÓN GENERAL DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA.

Valencia, 13 de noviembre de 2023

SEGUIMIENTO CIENTÍFICO DE LA RESERVA MARINA DE INTERÉS PESQUERO DE LA SIERRA DE IRTA

2023

Informe del Proyecto presentado por el Instituto de Investigación en Medio Ambiente y Ciencia Marina (IMEDMAR) de la Universidad Católica de Valencia (UCV)

Miembros del equipo

Dr. José Tena Medialdea (IP)
Dr. José Rafael García March
Dr. Javier Torres Gavilá
Dra. María García Sanz
D. Juan Ignacio Balaguer Benavent
D. Samuel Acevedo Quilis

Colaboradores: equipo de apoyo

Víctor Tena Gascó
Alejandro Suay Enguix
Alejandro Molera Arribas
María José Valera Jiménez
Diana López Ferrando
Clara Tellez Martínez
Pilar Sánchez Utrilla

Agradecimientos

Fundación Azul Marino
Cofradía de Pescadores de Peñíscola
Puertos de la Comunitat Valenciana (Peñíscola y Benicarló)

ÍNDICE

Tabla de contenido

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS 4

1.1 INTRODUCCIÓN **4**

1.2 OBJETIVOS **5**

1.3. ASPECTOS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO **6**

1.4. ACTIVIDADES E INCIDENCIAS **8**

2. SEGUIMIENTO DEL EFECTO RESERVA SOBRE ESPECIES DE INTERÉS COMERCIAL 10

2.1. SEGUIMIENTO DE LAS POBLACIONES DE PECES MEDIANTE CENSOS VISUALES EN INMERSIÓN. **10**

2.1.1. Planteamiento y metodología 10

2.1.2. RESULTADOS GENERALES 16

2.1.3 ESTRUCTURA DEL POBLAMIENTO ÍCTICO DE LA RESERVA EN 2023 20

2.2. SEGUIMIENTO DE LAS CAPTURAS DE ESPECIES OBJETIVO **53**

2.2.1. PLANTEAMIENTO Y METODOLOGÍA 53

2.2.2. RESULTADOS DEL SEGUIMIENTO DE CAPTURAS 54

3. SEGUIMIENTO DE COMUNIDADES Y ESPECIES DE INTERÉS PATRIMONIAL O ECOLÓGICO . 61

3.1. PRADERAS DE ANGIOSPERMAS MARINAS **61**

3.1.1. MATERIAL Y MÉTODOS 61

3.1.2. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE LAS PRADERAS DE *Posidonia oceanica.* 66

3.1.3. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE LAS PRADERAS DE *Cymodocea nodosa.* 80

3.2. FORMACIONES ORGANÓGENAS (*Lithophyllum byssoides*, *Dendropoma lebeche*); 'Bosques' De *Cystoseira spp*. E IMPACTOS SOBRE ELLAS. **90**

3.2.1. PLANTEAMIENTO Y METODOLOGÍA 90

3.2.2 ESTADO ECOLÓGICO DE LA RESERVA MARINA DE LA SIERRA DE IRTA 95

3.3. SÍNTESIS DEL ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA COMPARACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN ESTE ESTUDIO CON LOS OBTENIDOS EN 2018 Y ANTERIORES **97**

3.3.1. PRADERAS DE *Posidonia oceanica* 97

3.3.2. PRADERAS DE *Cymodocea nodosa* 100

3.3.3. FORMACIONES ORGANÓGENAS 102

4. SEGUIMIENTO DE INVERTEBRADOS DE INTERÉS 102

4.1. PLANTEAMIENTO Y METODOLOGÍA **102**

4.2. RESULTADOS SOBRE LAS POBLACIONES DE LAPAS **105**

4.3. RESULTADOS SOBRE LAS POBLACIONES DE ERIZOS **109**

4.4. RESULTADOS SOBRE LA POBLACION DE NACRAS (*Pinna spp.*) **113**

4.5. INVERTEBRADOS SENSIBLES AL BUCEO AUTÓNOMO **113**

5. CALENTAMIENTO GLOBAL Y ESPECIES EXÓTICAS 115

5.1. PLANTEAMIENTO Y METODOLOGIA **115**

5.2. REGISTRO EN CONTINUO DE TEMPERATURAS **116**

5.3. BLANQUEAMIENTO Y NECROSIS Y EXPECIES EXÓTICAS **117**

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES 119

BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA 110

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

1.1 INTRODUCCIÓN

La Comunidad Valenciana, en virtud del DECRETO 163/2006, de 20 de octubre del Consell, cuenta con 941 Ha en su Reserva Marina de Interés Pesquero de la Serra d'Irta objeto del seguimiento científico correspondiente a 2022/23 y que se relata en el presente informe.

La Ley 5/2017 de 10 de febrero, de la Generalitat de Pesca Marítima y Acuicultura de la Comunitat Valenciana, establece: En su artículo 35 apartado 1 *"Son zonas protegidas de interés pesquero del litoral marítimo de la Comunidad Valenciana las declaradas administrativamente, dentro de los límites de sus aguas interiores, por su especial interés para la preservación y regeneración de los recursos pesqueros, limitando en ellas las actividades extractivas de la fauna y flora marinas y en general perturbadoras del medio"*.

En su artículo 36 apartado 3 *"Cuando las singulares condiciones del área a proteger y el elevado interés en la regeneración de los recursos pesqueros determinen una mayor protección, de carácter integral, el Decreto por el que se declare la zona de protección podrá calificarla como reserva marina de interés pesquero"*.

En el año 2016, por encargo de la Dirección General de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural, el Departamento de Ciencias del Mar y Biología Aplicada de la Universidad de Alicante desarrolló un primer estudio de seguimiento de la Reserva Marina de Interés pesquero de la Sierra de Irta, que abordó principalmente los efectos de la reserva sobre las especies de interés comercial, el estado de las comunidades y especies de interés patrimonial y ecológico, y la detección de posibles indicadores del efecto del calentamiento global, realizando diferentes muestreos y actividades y analizando y presentando los resultados de dicho año en un informe.

En el año 2017, el Instituto de Investigación en Medio Ambiente y Ciencia Marina (IMEDMAR-UCV) de la Universidad Católica de Valencia, recibió el encargo de continuar con el seguimiento de la Reserva Marina de Interés Pesquero de la Sierra de Irta, siguiendo la misma metodología y criterios técnicos empleados durante el año anterior, para completar un segundo año de seguimiento.

En el año 2018, nuevamente el IMEDMAR-UCV fue seleccionado para el estudio de

seguimiento correspondiente a esta anualidad, completando un tercer año de recopilación y análisis de datos evolutivos sobre el estado de la Reserva Marina, en relación con los objetivos que se especifican en el siguiente apartado.

En el mes de diciembre del pasado año 2022, el Instituto de Investigación en Medio ambiente y Ciencia Marina (IMEDMAR-UCV) de la Universidad Católica de Valencia, obtuvo la licitación para la realización del *Seguimiento científico de las reservas marinas de interés pesquero de la Comunitat Valenciana. lote n.º 1: Sierra de Irta" (expediente: CMAYOR/2021/07Y03/52),* siguiendo las metodologías y criterios técnicos descritos en el pliego de prescripciones técnicas para la realización de los estudios de "Seguimiento científico de las reservas marinas de interés pesquero de la Comunitat Valenciana 2021-2022".

En este contexto legislativo, la Direcció General d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Conselleria d'Agricultura, Desenvolupament Rural, Emergència Climática i Transició Ecològica de la Generalitat Valenciana establece Contrato Administrativo para el "SEGUIMIENTO CIENTÍFICO DE LAS RESERVAS MARINAS DE INTERÉS PESQUERO DE LA COMUNITAT VALENCIANA. L1: SIERRA DE IRTA" en diciembre de 2022.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo general es el seguimiento de la evolución de determinadas poblaciones y comunidades en la Reserva Marina de Interés Pesquero de la Sierra de Irta (RMIPSI) mediante muestreos estandarizados.

Los objetivos específicos son:

1. Seguimiento del efecto reserva sobre las especies de interés comercial

    - Seguimiento de las poblaciones de peces mediante censos visuales en inmersión
    - Seguimiento de las capturas de especies objetivo en el entorno de la RMIPSI

2. Seguimiento de comunidades y especies de interés patrimonial o ecológico Praderas de *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa*, nacras (*Pinna nobilis, Pinna rudis*) Formaciones organógenas (*Lithophyllum byssoides*, *Dendropoma lebeche*); 'bosques' de *Cystoseira spp*., y erizos (*Paracentrotus, Arbacia*).

3. Seguimiento del calentamiento global mediante sensores de temperatura, blanqueamiento (corales) y seguimiento de especies alóctonas.

1.3. ASPECTOS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

El Decreto 163/2006, de 20 de octubre, del Consell, por el que se ordena la reserva marina de interés pesquero de la Sierra de Irta, en su artículo primero, establece el ámbito geográfico de la RIMP, de la siguiente manera:

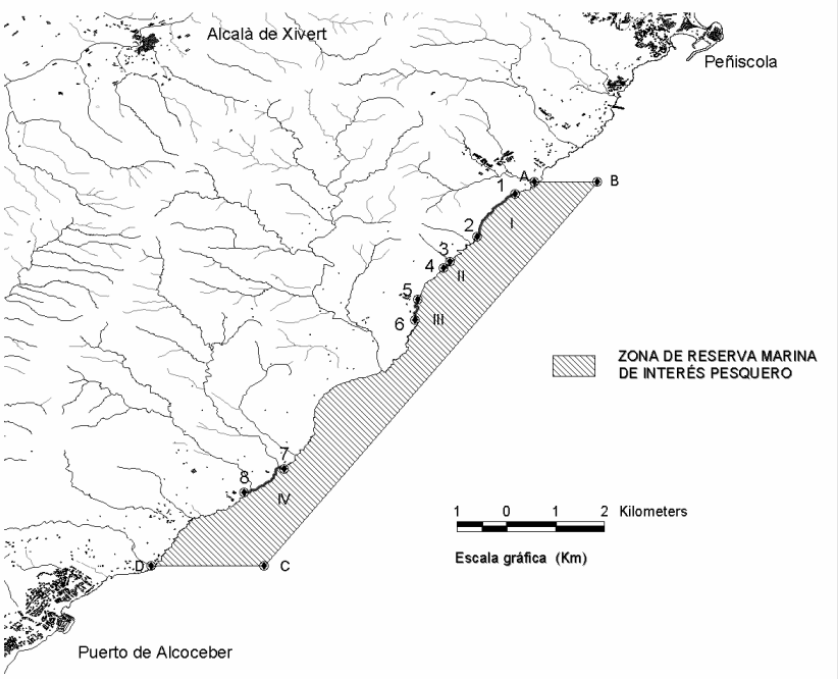

Figura 1.1. *Delimitación RMIP Sierra de Irta (Decreto 163/2006, de 20 de octubre).*

"Se establece la ordenación de la reserva marina de interés pesquero de la Sierra de Irta, limitada al norte por el paralelo 40º 19,93'N (barranco de Volante); al sur por el paralelo 40º 15,69'N (barranco de Malentivet); al este, la línea litoral de costa; y al oeste, la línea de base rectas definida en el Real Decreto 2510/1977, de 5 de agosto."

En la introducción se indica que ocupa una superficie de 941 hectáreas y se describen las características básicas de su entorno destacando los siguientes párrafos literales:

"La zona de frente litoral correspondiente a la reserva marina se caracteriza por presentar un hábitat compuesto por un substrato rocoso organizado normalmente en acantilados de tipo bajo-medio y altos, entre los que se desarrollan formaciones sedimentarias de cantos, guijarros y arenas...

...A la escasa ocupación humana del medio litoral se une un medio marino continuo y relativamente homogéneo, lo que posibilita un excelente estado de conservación de las comunidades biológicas allí asentadas, incluyendo a las poblaciones de especies de interés pesquero y los mecanismos ecológicos que regulan éstas...

*…La zona es utilizada como caladero por la flota artesanal de los puertos de Peñíscola, Benicarló y Vinarós. La flota pesquera artesanal que opera en estas aguas utiliza una serie de artes entre los que se encuentran trasmallos para especies como la sepia (*Sepia officinalis*), el langostino (*Penaeus kerathurus*) y el lenguado (*Solea spp.*), además de otras artes como los cadufos para la captura de pulpo (*Octopus vulgaris*), palangres de fondo para la captura de espáridos y las artes de solta para especies como la mabra (*Lithonathus mormyrus*), sargo (*Diplodus spp.*) y bonito (*Thunnus alalunga*). Las especies pesqueras más representativas son el pulpo (*Octopus vulgaris*), el salmonete (*Mullus barbatus* y *M. surmuletus*), la sepia (*Sepia officinalis*), la dorada (*Sparus aurata*), la mabra o herrera (*Lithonathus mormyrus*) y el langostino (*Penaeus kerathurus*)."*

La información disponible sobre los fondos marinos de la reserva es básicamente la procedente de la Cartografía Bionómica realizada por la Conselleria, y de la Ecocartografía de la costa de Castellón de la Dirección General de Costas. En ambos casos indican que, salvo la franja costera de naturaleza rocosa, los fondos son de naturaleza sedimentaria, dominados por la biocenosis de las Arenas Finas Bien Calibradas, y con una cobertura variable de *Cymodocea nodosa*.

En cuanto a la zona litoral, la información más precisa hasta el momento es la presentada en el informe de resultados del seguimiento del año anterior, que a nivel de cartografía se limita a señalar a grandes rasgos la localización de la Pradera de *Posidonia oceanica*, y de las zonas de *Cymodocea nodosa*.

En el plano de la figura 1.2 se muestra la base geográfica de referencia tomada para la localización de los trabajos, construida sobre la cartografía digital del IGN (ETRS89), incorporando información bionómica de las ecocartografías del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

Figura 1.2. Puntos muestreo seguimiento Reserva Marina de Interés Pesquero 2023.

1.4. ACTIVIDADES E INCIDENCIAS

El presente seguimiento se inició en enero de 2023 con la instalación de sensor de temperaturas y algunas prospecciones previas para poder confirmar la localización de los puntos de muestro adecuados. Las campañas de prospección, siguiendo las prescripciones técnicas del pliego, se concentraron en el periodo estival realizándose una campaña de muestreos intensiva a lo largo del mes de julio de 2023. En esta campaña, el equipo de investigadores y técnicos del IMEDMAR-UCV se desplazó a la zona, estableciendo su base en la población de Peñíscola, al norte de la RMIP de la Sierra de Irta. Para la realización de los muestreos de campos en la campaña estival, se establecieron dos equipos: un equipo de tierra, que realizaría la mayor parte de los trabajos relativos al CARLIT (los accesibles desde la costa) y de muestreo de lapas y erizos, en las zonas supra y mediolitoral. Para estos desplazamientos se utilizó la furgoneta de nuestro instituto.

El equipo de mar realizó el resto de los muestreos mediante inmersión con escafandra autónoma, desde la embarcación propia *Imedmar 1,* de eslora de 8,60 m y propulsada por dos motores fueraborda de 150 HP cada uno.

Una vez finalizada la campaña de verano, se inició el procesamiento y análisis de las muestras y datos obtenidos en las instalaciones del IMEDMAR-UCV, tanto en su sede principal en Valencia como en la estación marina ubicada en Calpe, Alicante. Estos estudios de gabinete incluyen el análisis de las capturas realizadas por pescadores profesionales en el entorno del área de estudio a partir de los datos proporcionados por la Subdirección General de la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural. Posteriormente, la información obtenida se ha volcado en formato digital para su posterior tratamiento estadístico y la generación de gráficos e informes.

Este informe presenta los resultados derivados de los muestreos efectuados durante el año 2023, los cuales han sido minuciosamente analizados y comparados con los resultados de años previos. Se lleva a cabo una exhaustiva discusión en relación con cada aspecto sometido a análisis, culminando con la formulación de conclusiones con respecto a los objetivos específicos del programa de seguimiento.

La estructura del informe se ha organizado de acuerdo con los objetivos definidos previamente. Cada capítulo del informe aborda la metodología y los resultados relacionados con un objetivo específico, aunque la discusión y las conclusiones se presentan de manera integral en un capítulo final.

El soporte magnético incluye tanto una copia digital del informe presentado como los datos brutos obtenidos durante las actividades de campo, así como imágenes y la documentación complementaria relacionada.

Los trabajos de campo se llevaron a cabo sin incidentes notables y pudieron realizarse en las mismas ubicaciones que en el anterior seguimiento. Los temporales registrados los últimos años han afectado y desplazado las praderas de *Cymodocea nodosa* respecto de las localidades donde se detectaron en 2018. Precisamente la naturaleza del sistema de fijación de esta fanerógama le permite descalzarse del fondo y arraigar allá donde la desplazan las corrientes de estos temporales. Así pues, fue necesario realizar prospección en varios puntos de la zona al objeto de detectar la actual presencia de esta planta marina. Afortunadamente los esfuerzos permitieron establecer las nuevas ubicaciones donde actualmente se asienta *Cymodocea nodosa*. Siguiendo el pliego de prescripciones técnicas, dentro de cada localidad se establecieron los sitios concretos de muestreo y las réplicas establecidas.

En términos generales, se observa una tendencia hacia la restauración de las condiciones sedimentarias previas a los eventos excepcionales de 2016, que se detallaron en el informe previo. Cerca de la costa, se ha observado la recuperación de áreas que anteriormente estaban cubiertas de roca y ahora están nuevamente cubiertas de arena.

Además, se ha observado un incremento en la presencia de *Cymodocea nodosa* en fondos menos someros.

2. SEGUIMIENTO DEL EFECTO RESERVA SOBRE ESPECIES DE INTERÉS COMERCIAL

2.1. SEGUIMIENTO DE LAS POBLACIONES DE PECES MEDIANTE CENSOS VISUALES EN INMERSIÓN

2.1.1. Planteamiento y metodología

Las reservas marinas de interés pesquero (RMIP) tienen como objetivo principal proteger y fomentar las poblaciones de peces de interés para la pesca. Para evaluar el efecto de la protección, es necesario identificar y caracterizar las poblaciones de peces que se encuentran en el interior de la reserva, y compararlas con las poblaciones de peces que se encuentran en zonas de similares características, pero sin protección.

El método de muestreo empleado para el **estudio de la ictiofauna** es la realización de censos visuales de peces en inmersión sobre transectos estandarizados que, por ser un método no destructivo, no afecta negativamente a las poblaciones estudiadas, ni al medio en el que viven y, además, no interfiere con los resultados de futuros muestreos (Harmelin-Vivien et al., 1985; Relini et al., 1994). Además, permite obtener datos suficientes para estimar densidades de población, composición específica y por tallas, abundancia y biomasa, así como datos para interpretar las posibles diferencias entre localidades de distinta tipología estructural. Aun así, hay que tener en cuenta que las técnicas de censos visuales no son exactas y las especies crípticas y de comportamiento nocturno están poco representadas (Gladfelter et al., 1980; Sale & Douglas, 1981).

El diseño experimental para evaluar el estado de la ictiofauna en la Reserva Natural Marina de Irta ha sido el mismo aplicado en las campañas anteriores (2016, 2017 y 2018), atendiendo a los tres factores:

- Protección: 2 niveles (Área marina protegida -AMP- y área control), fijo y ortogonal.
- Localidad: 4 niveles, aleatorio de replicación espacial y anidado en el factor Protección.
- Sitio: 2 niveles, aleatorio de replicación espacial a menor escala y anidado en el factor Localidad.

En cada uno de los sitios de muestreo, se realizaron 4 transectos aleatorios (4 réplicas) de 50 por 5 m, obteniéndose un total de 64 muestras.

Según el diseño experimental explicado, el modelo lineal resultante fue el siguiente:

$$X_{ijkn} = \mu + Pi + L(P)_{j(i)} + S(L(P))_{k(i(j))} + Residual_{n(ijk)}$$

donde X_{ijkn} representa el conjunto de valores observados en la réplica n (n = 1, 2, 3, 4); μ representa el valor medio global; P_i indica el efecto del nivel i del factor Protección (i = AMP, control); $L(P)_{j(i)}$ expresa el efecto del nivel j del factor Localidad (j = 1, 2, 3, 4); $S(L(P))_{k(i(j))}$ representa el efecto del nivel k del factor Sitio.

Se empleará el análisis de la varianza (ANOVA) para comprobar diferencias significativas en el número de especies, abundancia y biomasa totales y por especie. Previo a estos análisis, se deberá extraer el posible efecto producido por la influencia de las distintas variables del hábitat sobre la ictiofauna. Los resultados del análisis de la varianza que sean significativos se someterán posteriormente al test de Student-Newman-Keuls (SNK) para determinar la relación entre los diferentes niveles de los factores. Se comprobará previamente la homogeneidad de varianzas de cada una de las variables a analizar con el test de Cochran. También se emplearán técnicas de análisis multivariante para el diagnóstico de los cambios producidos en la estructura de las poblaciones de peces combinando técnicas de escalamiento multidimensional, análisis de conglomerados jerárquicos y el análisis multivariante permutacional semi-paramétrico de la varianza (PERMANOVA).

Siguiendo este diseño experimental, los muestreos se han desarrollado en cuatro *localidades* dentro de la Reserva Marina más cuatro "localidades control", ubicadas a menos de diez millas al sur de la Reserva. Dentro de cada localidad se muestrearon dos zonas cercanas entre sí (*Sitios*), y en cada *Sitio* se realizaron cuatro *Recuentos* (*Censos*) a lo largo de transectos de 50x5 m. En total 64 censos (Réplicas) en transectos de 50 por 5 m, lo que supone 250 m^2 por muestreo y un total de 16.000 m^2.

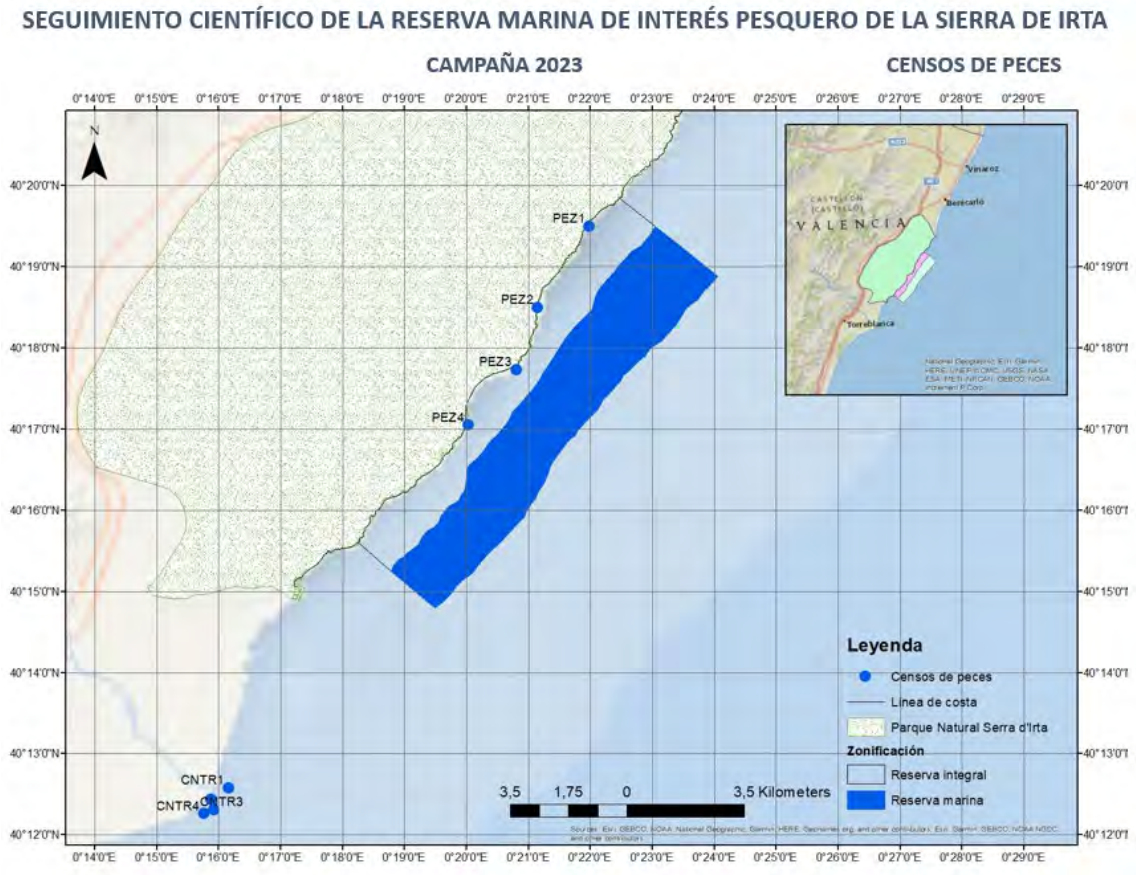

Figura 2.1. *Plano de situación de las localidades para el seguimiento de poblaciones de peces.*

La situación de cada una de las localidades viene reflejada en el plano de la figura 2.1, que coincide con la de seguimientos anteriores para una mejor comparación de resultados.

En cada transecto el muestreo se realiza por un equipo de dos buceadores científicos equipados con tablillas que incorporan una plantilla para escribir debajo del agua y una cinta métrica. Uno de los buceadores extiende el metro, y reconoce y anota las características del medio y del entorno. Mientras, el otro realiza los recuentos de todos los peces que se encuentra hasta 2,5 m de su posición a ambos lados de la cinta métrica.

Para reducir la variabilidad subjetiva en la toma de datos se mantienen los binomios de observadores durante el seguimiento de la ictiofauna.

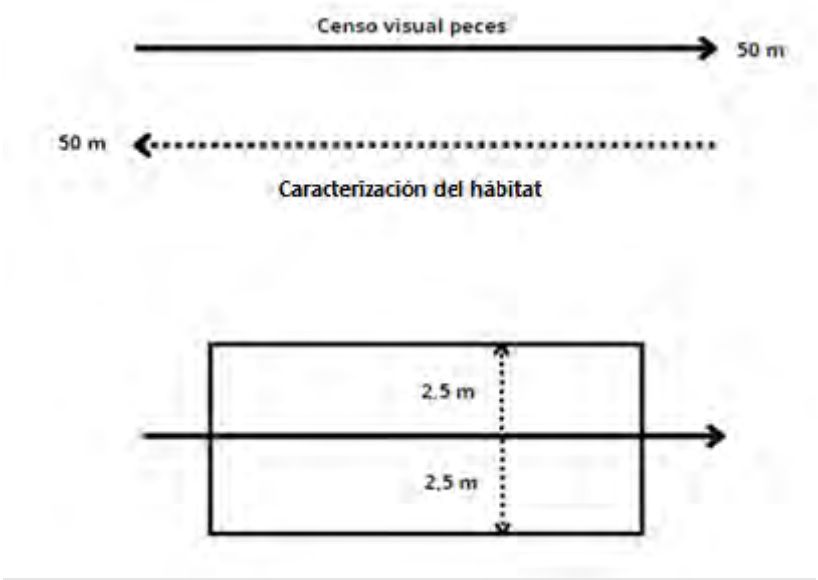

Figura 2.2. *Esquema que muestra la metodología del censo visual: recuento de peces dentro del área determinada por 2,5 m a cada lado del transecto de 50 m de longitud.*

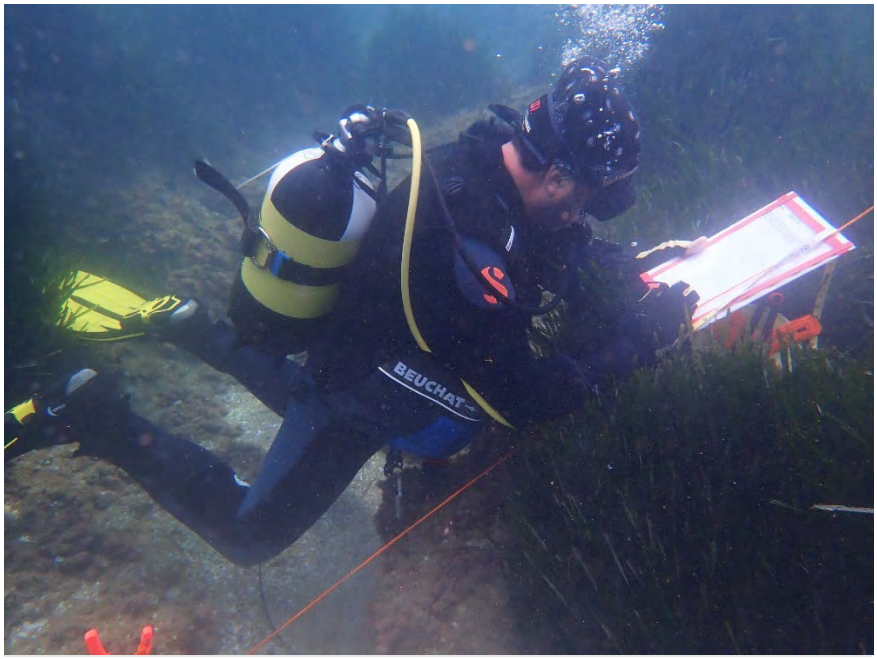

Figura 2.3. *Fotografía de un miembro del equipo de buzos realizando un transecto visual de peces en el momento en que anota alguna observación en la tablilla.*

Los censos se realizaron entre las 10:00 y las 14:00 CET, evitando los periodos de actividad más intensa de los peces (amanecer y atardecer), en condiciones meteorológicas e hidrológicas semejantes, y con visibilidades horizontales en el agua mayores de 5 metros, para minimizar sesgos en los datos debidos a estos factores.

Los censos se realizaron durante el mes de Julio por dos equipos de buceadores, manteniendo las funciones (censadores y medidores) y efectuando los recuentos

simultáneamente en los dos sitos de cada localidad para minimizar la variabilidad debida a la subjetividad de los observadores. Los datos de cada inmersión eran traslados desde la tablilla a un soporte digital durante la misma jornada.

La metodología que se sigue en cuanto a la estimación de la talla y la abundancia de los ejemplares observados de cada especie es la siguiente: En cuanto a la talla se ha estimado por aproximación al centro de clases de 2 cm (1, 3, 5, 7, etc.). La estimación de la abundancia se ha realizado asignando la cantidad a clases predeterminadas de abundancia siguiendo una escala geométrica de base 2: (1, 2, 3-4, 5-8, 9-16, 17-32, 33-64, 65-128, 129-256, 257-508).

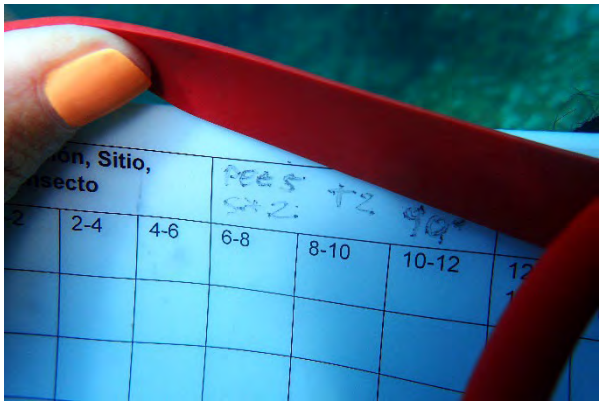

Figura 2.4. *Detalle tablilla utilizada para censo de peces*

El procesado de los datos comprende también la estimación de la biomasa correspondiente a cada anotación, a partir de los datos de talla y abundancia, empleando las relaciones talla-peso de cada especie, recopiladas en la bibliografía científica, para la zona más cercana. En los casos en los que no se dispone de estos datos, se toman los de la especie más próxima o morfológicamente más similar.

Como medida de talla para la estimación se ha tomado la media aritmética de la clase de 2 cm (1, 3, 5, etc.) y para la abundancia la media geométrica de la clase correspondiente, ajustada al entero inferior (1, 2, 3, 6, 12, 24, 47, 94, 188, 377).

El cálculo se ha realizado para cada observación individual, multiplicando la abundancia por la biomasa que corresponde a la clase de talla de cada ejemplar, siendo el total de abundancia y biomasa por transecto la suma de las estimaciones de las observaciones individuales para cada clase de talla.

Los parámetros ‘a’ y ‘b’ de la relación talla peso (W=a*Lb) se han extraído de la base de datos de la organización FishBase (Froese y Pauly, 2004), tomando a ser posible la misma publicación señalada en el informe del 2016 (Valle et al., 2002).

Además de la biomasa y la abundancia para cada clase de talla de cada una de las especies, se han obtenido para cada replica los parámetros de Abundancia y Biomasa totales (del conjunto de especies), la Riqueza específica (como número total de especies en el transecto) y diversidad conforme al índice de Sannon-Wiener H’.

$$H = -\sum_{i=1}^{s} P_i \cdot \log_2 P_i$$

En cuanto a la **caracterización del hábitat**, tras el recuento de peces, el mismo observador retoma el transecto en dirección opuesta y anota los datos de complejidad vertical (estimada como el número y tamaño de bloques rocosos), verticalidad (diferencia entre la profundidad mínima y la máxima), homogeneidad horizontal (cobertura de los distintos sustratos: roca, arena y pradera de *Posidonia oceanica*)

Para el análisis de la estructura del poblamiento íctico de la reserva se ha establecido el listado de especies identificadas, indicando la densidad media con que se ha encontrado, la frecuencia de ocurrencia respecto a su presencia relativa en las localidades y en las réplicas, la biomasa y la abundancia totales con la proporción correspondiente a tres clases de tamaño:

Pequeños: Menores de 6 cm
Medianos: entre 7 y 16 cm
Grandes: Mayores de 16 cm

A cada especie se ha asignado una clasificación en función de la densidad media y la frecuencia de ocurrencia según Viesca-Lobatón et al. 2008, conforme al siguiente esquema:

Clasificación de importancia relativa (Viesca-Lobatón et al 2008):		Densidad media	
		>0,1 ej/m^2	<0,1 ej/m^2
Frecuencia de Ocurrencia en Localidades	>40%	**Típica**	**Frecuente**
	≤40%	**Común**	**Rara**

Los resultados a nivel conjunto se han presentado en gráficas de barras, que permiten visualizar de forma sintética los resultados, e identificar las especies principales y valorar su importancia en conjunto.

Una vez identificadas y caracterizadas las especies principales, se ha estudiado su presencia relativa en las diferentes localidades. Para ello, se han utilizado técnicas de análisis multivariante, como el análisis de clasificación jerárquica (clúster) y el análisis multidimensional no métrico (NMDS). Estas técnicas se basan en una matriz de disimilitud que se calcula aplicando el índice de Bray Curtis a los inventarios de especies de cada localidad, incluyendo datos de abundancia y biomasa.

Se ha creado un epígrafe denominado “Resto de especies” que recoge a todas aquellas especies que están presentes en menos de un 15% de las réplicas, ya que en este tipo de análisis no aportan información que sea de utilidad.

Para evaluar el efecto reserva sobre las poblaciones ícticas se ha realizado un análisis comparativo entre los sitios de cada localidad de la reserva, entre las localidades dentro de la reserva y las localidades de control, según los datos de abundancia, biomasa, riqueza y diversidad, con relación a los factores Protección, Localización y Sitio considerados en el modelo descrito al inicio.

Se han confeccionado gráficas descriptivas para identificar variaciones y tendencias y se ha empleado el análisis de la varianza (ANOVA) para comprobar si hay diferencias estadísticamente significativas con respecto al efecto reserva, y que influencia tienen las posibles variaciones entre localidades y entre sitios. El test de Student-Newman-Keuls (SNK) ha sido el empleado para comparar muestra a muestra los elementos de los niveles que mostraron efectos significativos en el ANOVA del modelo anidado, y determinar que localidades o sitios eran los que provocaban las diferencias en el nivel correspondiente.

Los resultados se han considerado significativos cuando $p<0.05$ (95%). Previamente se ha comprobado la homogeneidad de varianzas de cada una de las variables aplicando el test de Cochran.

Además del análisis realizado para estos cuatro parámetros sobre el conjunto de todas las especies, se han analizado también individualmente la abundancia y la biomasa para las especies principales, con el objeto de determinar la sensibilidad de cada una de ellas al efecto reserva.

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante el programa estadístico GraphPad Prism 8.0.1.

2.1.2. RESULTADOS GENERALES

La tabla 2.1 (más abajo) muestra la síntesis de los resultados totales de los censos visuales de peces realizados para el seguimiento de la reserva marina, ordenados por la abundancia en el último año.

En el conjunto de la zona de estudio, durante la campaña de 2023, se han censado un total de 3.366 ejemplares correspondientes a 28 especies distintas. Dentro de la reserva, se contabilizaron un total de 4.801 de ejemplares lo cual supone un número mayor respecto al último estudio realizado en 2018 (2.604 ejemplares) y 2017 (4.426 ejemplares), e inferior al del primer informe de 2016 (6.470 ejemplares). Los valores de

las zonas de control en este año son excepcionalmente bajas (833 ejemplares), siendo hasta 14 veces menores que los de 2018, y con ello también los valores de biomasa; más bajos que en los años 2018 y 2017. En la misma línea, la diversidad ha disminuido en las zonas de reserva (H'=2,03) y control (H'=1,54), contrariamente al aumento progresivo observado en la reserva en el informe de 2018 (H'=3,49), con lo que también disminuye el promedio de talla de los ejemplares (12,46 g/ej en 2023 *vs* 32,49 g/ej en 2018).

Figura 2.5. *Ejemplares de Mullus surmuletus.*

Dentro de la Reserva Marina se han identificado en esta campaña 28 especies de peces. Al igual que en años anteriores, sólo unas pocas especies acaparan la mayor parte de las observaciones contabilizadas, aunque no siempre coinciden. En este año 2023, *Diplodus vulgaris* (Vidriada) es la más abundante, seguida de *Diplodus sargus* (Sargo común), *Mullus surmuletus* (Salmonete de roca), *Oblada melanura* y *Sarpa salpa* (Salpa).

Coris julis (Doncella), *Diplodus annularis* (Raspallón), *Boops boops* (Boga) y *Thalassoma pavo* (Fredí) destacan por una menor abundancia en zonas de reserva en comparación a los datos de 2018. En contrapartida, *Serranus scriba* (Serrano), *Chromis chromis* (Castañuela) y *Symphodus tinca* (Tordo) presentan una mayor abundancia en las zonas de la reserva respecto a los datos de 2018.

En la zona control, el recuento incluye solo 18 especies, siendo *Epinephelus marginatus, Labrus merula, Pagrus aurita, Parablenius tentacularis, Mugil cephalus, Apogon imberbis, Dicentrarchus labrax, Sciaena umbra, Atherina hepsetus, Sphyraena sphyranea,* las especies presentes en la reserva y no en la zona de control.

De dichas 28 especies contabilizadas en la reserva y en la zona control*, Epinephelus marginatus* (Garopa), *Pagrus auriga* (Sama roquera), *Parablenius tentacularis* (Vieja),

Mugil cephalus (Mújol) y *Sciaena umbra* (Corvina negra) fueron las únicas localizadas solo en este último año 2023. *Coris julis* (Doncella), *Diplodus annularis* (Raspallón), *Chromis chromis* (Castañuela), *Boops boops* (Boga) destacan por una menor abundancia en zonas de reserva en comparación a los datos de 2018. *Diplodus cervinus* (Sargo breado), *Parablenius rouxi* (Blenio blanco), *Symphodus ocellatus*, *Parablenius pilicornis* (Moma), *Parablenius gattorugine* (Cabruza), *Tripterygion delasi* y *Parablenius sanguinolentus* (Lagartina) fueron especies más destacables en los datos de 2018 que no fueron registradas en los transectos realizados en 2023. Al igual que en el informe de 2018, *Mullus barbatus* (Salmonete de fango) tampoco fue identificado este año dentro de la reserva, siendo clasificada en 2017 como frecuente.

Considerando que se han muestreado 8.000 m² dentro de la reserva, la densidad media sería del orden de 0,42 ejemplares/m² y la biomasa media de 5,84 g/m².

***Tabla 2.1**. Tabla resumen de los resultados totales de los censos visuales de peces realizados para el seguimiento*

Abundancia	2023			2018			2017			2016		
Especies	Reserva	Control	Total	Reserva	Control	Total	Reserva	Control	Total	Reserva	Control	Total
Diplodus vulgaris	700	77	777	511	107	618	685	174	859	362	32	394
Diplodus sargus	580	49	629	107	9	116	164	32	196	671	11	682
Mullus surmuletus	504	226	730	86	79	165	658	55	713	107	7	114
Oblada melanura	254	3	257	341	63	404	205	23	228	2106	53	2159
Sarpa salpa	641	27	668	410	59	469	800	37	837	2218	154	2372
Coris julis	136	40	176	354	145	499	60	20	80	99	55	154
Serranus scriba	43	94	137	16	38	54	6	14	20	16	15	31
Diplodus annularis	102	110	212	278	201	479	195	65	260	158	34	192
Diplodus puntazzo	29	30	59	9	1	10	1		1	1	1	2
Chromis chromis	127	29	156	134	408	542	338	44	382	241	34	275
Boops boops	96	30	126	135	695	830				149	72	221
Thalassoma pavo	31	3	34	22	1	23				1		1
Symphonus tinca	8	23	31	1	16	17	5	4	9	2	5	7
Serranus cabrilla	6	12	18	6	3	9	6	5	11	1	1	2
Symphonus sp.	15	26	41									
Symphodus mediterraneus	7	53	60	1		1	37	2	39			
Gobius bucchichi	9	1	10									
Spondyliosoma cantharus	2	1	3	4		4	32	8	40	3	1	4
Epinephelus marginatus	4		4									
Labrus merula	5		5		2	2				1		1
Pagrus aurita	2		2									
Parablenius tentacularis	2		2									
Mugil cephalus	4		4									
Apogon imberis	6		6	3		3			0	3		3
Dicentrarchus labrax	1		1	2		2	7		7	2		2
Sciaena umbra	2		2									
Atherina hepsetus	50			24	24	48		3	3			
Sphyraena sphyranea	50		50			0	36		36			
Diplodus cervinus				5		5	7	1	8	4		4

Parablenius rouxi				54		54	43	4	47			
Symphodus ocellatus				20	7	27	5	2	7	1	3	4
Parablenius pilicornis				15		15	16	1	17			
Parablenius gattorugine				10		10	1		1			
Tripterygion delasi				6		6	3		3			
Parablenius sanguinolentus				4		4	4	1	5			
Serranus hepatus				3		3	1		1			
Bothus podas				2		2	3		3			
Spicara maena				2		2	12		12			
Symphodus cinereus					2	2	5		5	1	1	2
Symphodus rostratus					1	1	1		1			
Aidablennius sphynx				1		1	19		19			
Muraena helena				1		1	2		2		1	1
Pagellus acarne				1	3	4	832	2	834			
Pagellus erythrinus				1	2	3	1		1			
Phycis phycis				1		1						
Pomadasys incisus				1		1				228		228
Scorpaena porcus				1		1						
Symphodus roissali				29		29	2	6	8	1		1
Mugil mugillidae				3		3		15	15	92		92
Blennius ocellaris							8		8			
Mullus barbatus							64		64			
Dentex dentex											1	1
Coryphoblenius galerita							6		6			
Tripterygion tripteronotus							2		2			
Umbrina cirrosa										2		2
Total general	**3.366**	**833**	**4.801**	**2.604**	**1.866**	**4.470**	**4.426**	**518**	**4.944**	**6.470**	**481**	**6.951**
Total especies	28	18	28	38	21	41	38	22	40	25	18	27
Biomasa total	46.782	28.671	75.453	84.621	95.906	.80.527	96.970	5.281	102.251	28.449	2.079	30.528
Diversidad	2,03	1,54	2,22	3,49	2,80	3,47	3,42	3,27	3,49	2,66	3,04	2,66

Figura 2.6. *Cardumen de Sarpa salpa.*

2.1.3 ESTRUCTURA DEL POBLAMIENTO ÍCTICO DE LA RESERVA EN 2023

Para estudiar la estructura de la población de peces de la reserva, se ha elaborado la tabla 2.2, que muestra las diferentes especies observadas en los transectos realizados. La tabla está ordenada por el nivel de presencia relativa de cada especie en el conjunto de todas las muestras de dentro de la reserva.

La tabla muestra para cada especie los datos de densidad, frecuencia de ocurrencia total (Fi), por localidad y por réplicas de los transectos, junto con la abundancia total, la proporción de cada clase de tamaño, pequeño, mediano o grande en términos de abundancia, y la biomasa total. Se incluyen también los balances de abundancia, proporción de tallas y biomasa del conjunto de las zonas control.

En las gráficas de la figura 2.7 se presenta la abundancia y biomasa totales en cada localidad y campaña, mostrando la importancia relativa de las diferentes especies, destacando las principales e incluyendo en único grupo (*Otras*) las que se han presentado en menos del 15% de las réplicas.

Tabla 2.2. Listado de especies de peces en la reserva marina y clasificación ordenados por importancia relativa.

Campaña 2023						Reserva marina					Zona Control				
	Categoría	Ej / m2	Fi	%Loc	%Rep	Abundancia					Abundancia				
Especies						Total	% peq.	% med.	% gran.	Biomasa total	Total	% peq.	% med.	% gran.	Biomasa total
Diplodus vulgaris	Típica	0,8167	20,40	100,00	97,92	980	44,39	52,94	2,67	13596,682	77	33,30	50,00	16,70	1378,49
Diplodus sargus	Frecuente	0,5975	14,93	100,00	95,83	717	30,82	60,39	8,79	9897,045	49	40,00	40,00	20,00	155,453
Mullus surmuletus	Típica	0,6217	15,53	100,00	85,42	746	53,62	46,56	0,00	4510,039	226	80,00	20,00	0,00	359,783
Oblada melanura	Frecuente	0,4233	10,57	100,00	79,17	508	35,04	60,29	4,67	5566,116	3	40,00	60,00	0,00	96,6
Sarpa salpa	Típica	0,6025	15,05	83,33	75,00	723	2,13	90,87	7,00	17217,472	27	60,00	40,00	0,00	127,62
Coris julis	Frecuente	0,2167	5,41	83,33	54,17	260	16,15	69,23	14,62	4786,420	40	53,33	36,67	10,00	496,87
Serranus scrïba	Frecuente	0,0517	1,29	100,00	43,75	62	14,52	79,03	6,45	1402,053	94	11,10	33,30	55,60	450,33
Diplodus annularis	Frecuente	0,1083	2,71	100,00	37,50	130	31,54	68,46	0,00	1616,834	110	42,9	57,14	0,00	104,67
Diplodus puntazzo	Frecuente	0,0300	0,75	66,67	25,00	36	22,22	72,22	5,56	798,221	30	100,00	0,00	0,00	567,943
Chromis chromis	Frecuente	0,1350	3,37	50,00	25,00	162	15,49	84,04	0,47	1644,528	29	100,00	0,00	0,00	82,196
Boops boops	Frecuente	0,0800	2,00	50,00	22,92	96	16,67	80,71	2,62	770,160	30	100,00	0,00	0,00	8,00
Thalassoma pavo	Frecuente	0,0550	1,37	50,00	22,92	66	15,15	54,55	30,30	349,438	3	0,00	0,00	100,00	138,589
Symphodus tinca	Frecuente	0,0083	0,21	50,00	16,67	10	20,00	80,00	0,00	230,533	23	0,00	66,67	33,3	107,056
Serranus cabrilla	Frecuente	0,0075	0,19	50,00	12,50	9	88,89	11,11	0,00	231,091	12	0,00	100,00	0,00	15,341
Symphodus sp.	Rara	0,0142	0,35	33,33	12,50	17	17,65	82,35	0,00	247,084	26	0,00	10,00	0,00	62,89
Symphodus mediterraneus	Rara	0,0067	0,17	33,33	8,33	8	12,65	87,55	0,00	80,980	53	50,00	50,00	0,00	156,79
Gobius bucchichi	Rara	0,0125	0,31	33,33	8,33	15	66,67	33,33	0,00	41,360					
Spondyliosoma cantharus	Rara	0,0025	0,06	33,33	6,25	3	33,33	66,67	0,00	33,170					
Epinephelus marginatus	Rara	0,0033	0,08	33,33	6,25	4	0,00	100,00	0,00	94,392					
Labrus merula	Rara	0,0050	0,12	50,00	6,25	3	33,33	66,67	0,00	33,196					
Pagrus aurita	Rara	0,0017	0,04	16,67	6,25	2	0,00	0,00	100,00	342,995					
Parablenius tentacularis	Rara	0,0025	0,06	33,33	4,17	3	33,33	66,67	0,00	8,771					
Mugil cephalus	Rara	0,0050	0,12	33,33	4,17	6	0,00	0,00	100,00	353,636					
Apogon imberis	Rara	0,0050	0,12	16,67	2,08	6	33,33	66,67	0,00	33,981					
Dicentrarchus labrax	Rara	0,0008	0,02	16,67	2,08	1	0,00	0,00	100,00	57,651					
Sciaena umbra	Rara	0,0017	0,04	16,67	2,08	2	50,00	50,00	0,00	7,267					
Atherina hepsetus	Rara	0,0417	1,04	16,67	2,08	50	0,00	100,00	0,00	166,284					
Sphyraena sphyranea	Rara	0,0417	1,04	16,67	2,08	50	0,00	0,00	100,00	1706,298					

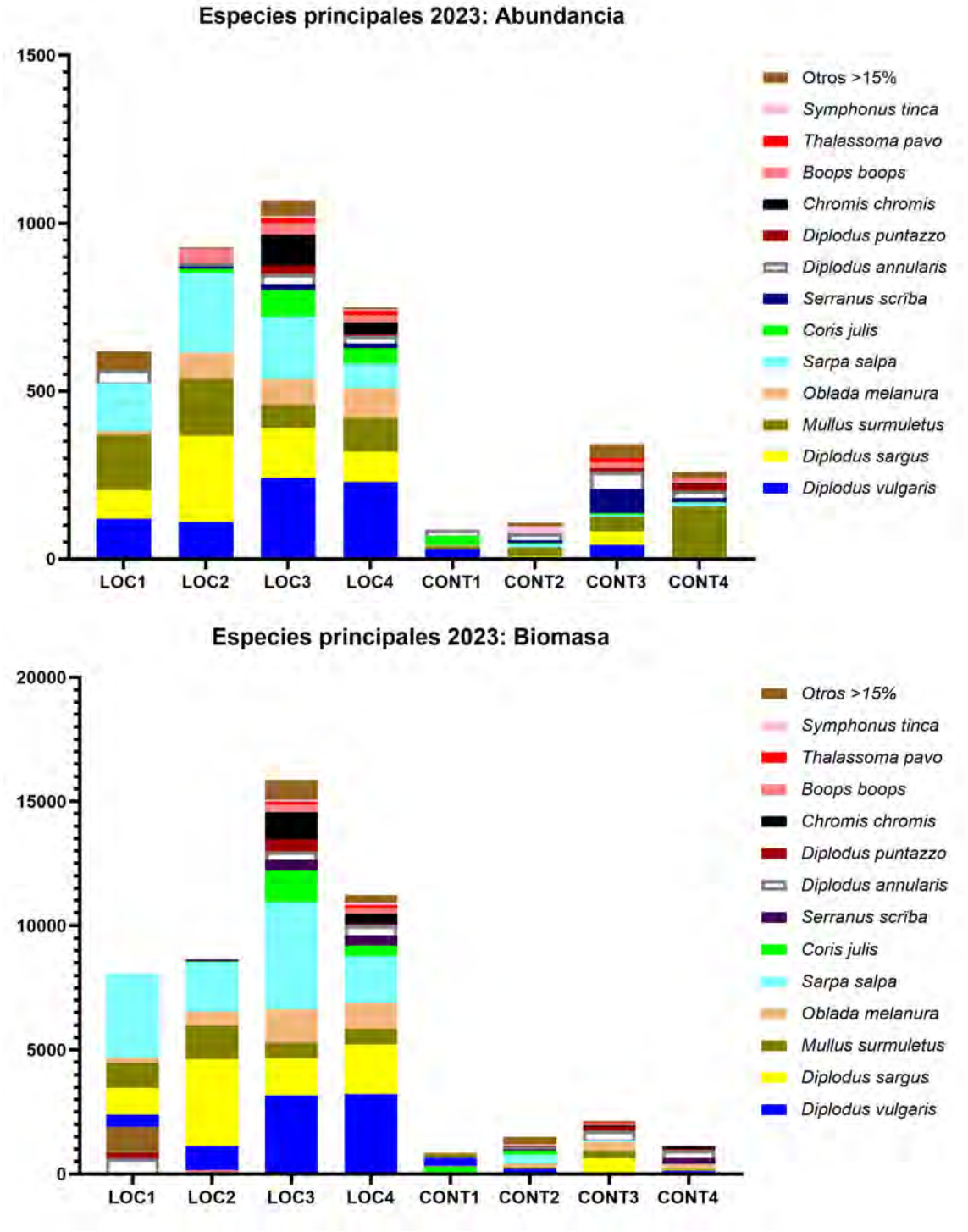

Figura 2.7. *Proporciones relativas de las especies principales en Abundancia y Biomasa acumuladas, en las localidades muestreadas.*

De los datos de este año 2023, sólo *Diplodus vulgaris, Mullus surmulletus* y *Sarpa salpa* son clasificadas como especie *Típica*, conforme a la clasificación de importancia relativa mencionada en la metodología (densidades mayores de 0.1 ej./m² y frecuencia mayor del 40%). 11 especies se clasificarían como *Frecuentes* al presentar densidades bajas en

al menos la mitad de las localidades de muestreo, y las 14 restantes serían catalogadas como Raras al presentarse tan sólo en una o dos localidades. Ninguna especie fue catalogada como *Común*. Comparado con el último informe realizado (2018), tan sólo *Diplodus vulgaris* podría ser clasificada como especie *Típica* siguiendo el mismo criterio.

Tal y como se refleja en el informe de 2018, son pocas las especies que tienen un mayor impacto en los datos de biomasa y determinan diferencias entre localidades. En las gráficas es apreciable que *Diplodus vulgaris, Sarpa salpa, Diplodus sargus* y *Mullus surmuletus* son quiénes tienen mayor influencia sobre las localidades dentro de la reserva en conjunto. Por otro lado, *Diplodus vulgaris, Diplodus sargus, Sarpa salpa* y *Coris julis* (LOC2 únicamente) tienen mayor impacto en la biomasa.

Figura 2.8. *Ejemplar de Diplodus vulgaris.*

Puede observarse de manera patente que el efecto reserva favorece la presencia de ciertas especies, pero las gráficas no aportan suficiente información para alcanzar unas conclusiones definitivas, por lo que es necesario aplicar análisis estadísticos más sensibles para profundizar en la estructura de la comunidad íctica.

ANÁLISIS MULTIDIMENSIONAL

El gráfico de la figura 2.9 muestra el resultado del análisis multidimensional realizado sobre los datos de abundancia de las especies por cada sitio de muestreo en las diferentes localidades de la reserva y control. El análisis busca la representación de las menores diferencias entre las variables consideradas, de forma que cuando varias series son semejantes se muestran agrupadas en el plano de representación elegido.

En los datos de 2023, los presentados en el presente informe, la gráfica muestra gran dispersión de los datos, propia de las comunidades de especies móviles. Del conjunto total, únicamente destaca la posición de cuatro especies siendo *Parablennius tentacularis*, en la parte inferior izquierda del gráfico, seguido de *Dicentrachus labrax* y *Sphyraena sphyraena* en la zona central izquierda, y *Symphodus mediterraneus* y *Spondyliosoma cantarus* en zona central derecha.

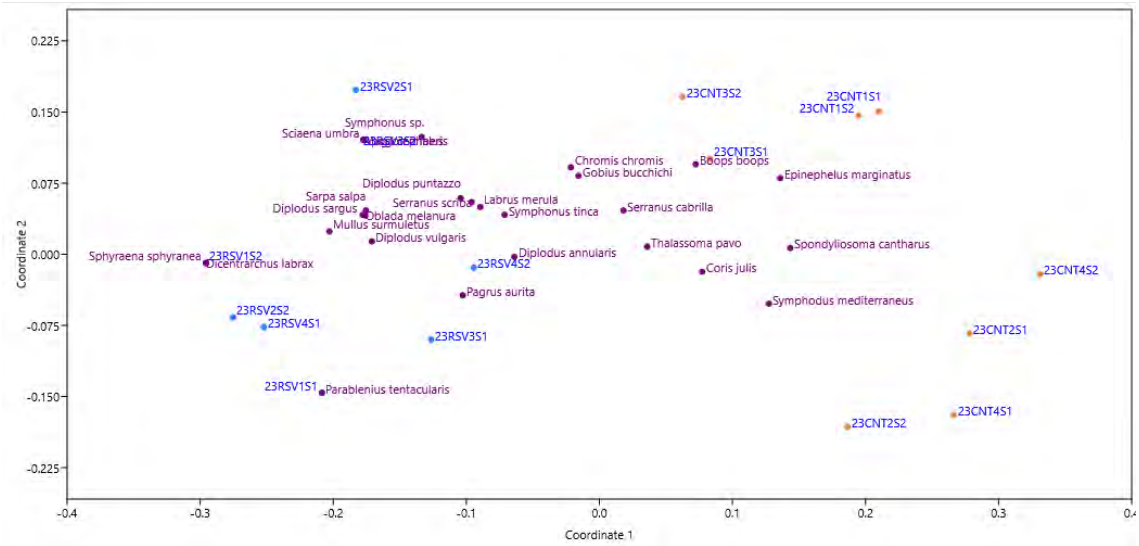

Figura 2.9. *Resultado del análisis multidimensional NMDS realizado a partir de los datos de abundancia de las especies principales, para el conjunto de las tres campañas, aplicando el índice de Bray Curtis.*

CLASIFICACION JERÁRQUICA – AGRUPACIÓN CLÚSTER

La figura 2.10 muestra los resultados de dos análisis de agrupación realizados sobre los datos de la campaña de 2023:

El primer análisis se realizó sobre la matriz de datos de especies respecto a los sitios de muestreo de las localidades. El segundo análisis se realizó sobre los datos de biomasa, teniendo en cuenta las localidades.

Los dendrogramas muestran la semejanza entre las localidades, según las especies principales, y entre especies según donde se presentan. La similitud se ha calculado utilizando el índice de Bray Curtis y el criterio de agrupamiento por valores medios (UPGMA).

En el primer dendrograma (Figura 2.10), se comparan los sitios muestreados a partir de los datos de abundancia, agrupando las localidades control a la izquierda. Los sitios de la zona de reserva que se sitúan a la izquierda constituyen el sitio S1 de la L3. Las localidades 1 y 4 se agrupan entre ellas (incluyendo los S1 y S2) y el sitio 1 y 2 de la localidad 2 y el sitio 2 de la localidad 3 se asemejan bastante, situándose más a la derecha del dendrograma.

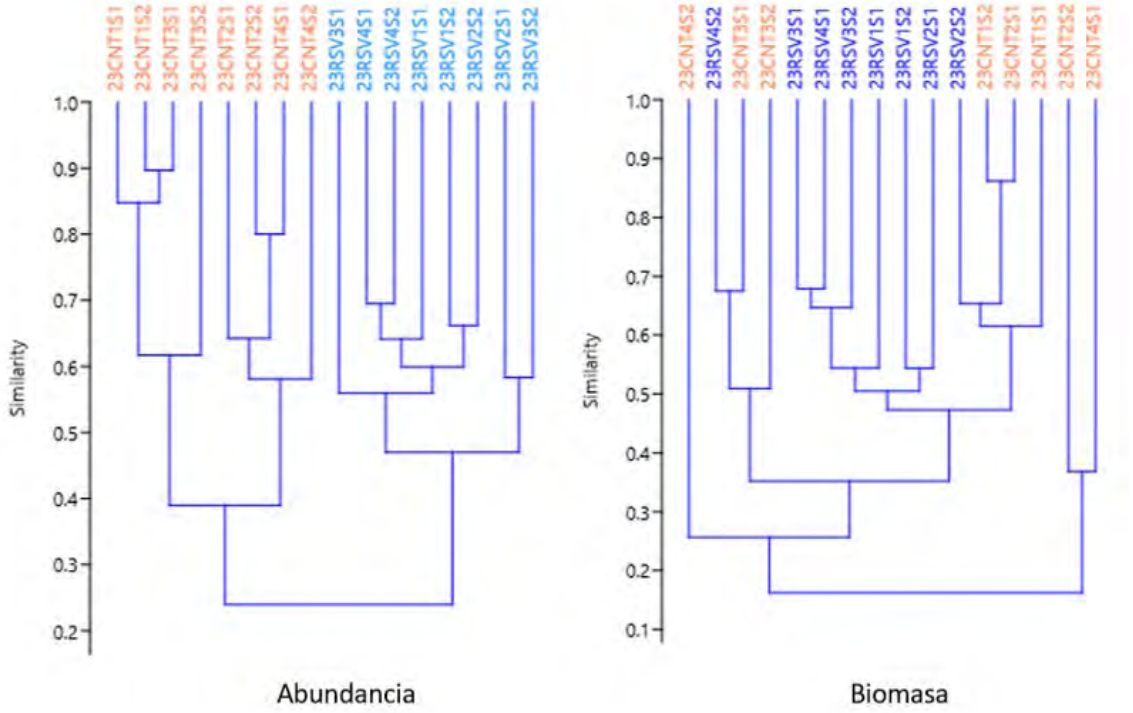

Figura 2.10. *Dendrogramas de agrupación jerárquica de sitios a partir de la comparación de la comparación de inventarios mediante el índice Bray Curtis y criterio de agrupación UPGMA con los datos de 2023.*

El dendrograma de la derecha (Figura 2.10), a nivel de biomasa, presenta una estructura claramente diferente. Se diferencian tres grandes grupos, los cuales incluyen tanto sitios de la zona control como de la Reserva. El sitio 2 del punto control 4 es clasificado como entidad aparte. El sitio 2 de la localidad 4 es similares a los sitios (S1 y S2) del punto control 3. El resto de las localidades y sitios de la reserva se agrupan en la zona central del gráfico, frente a los puntos de control restantes que se separan más a la derecha.

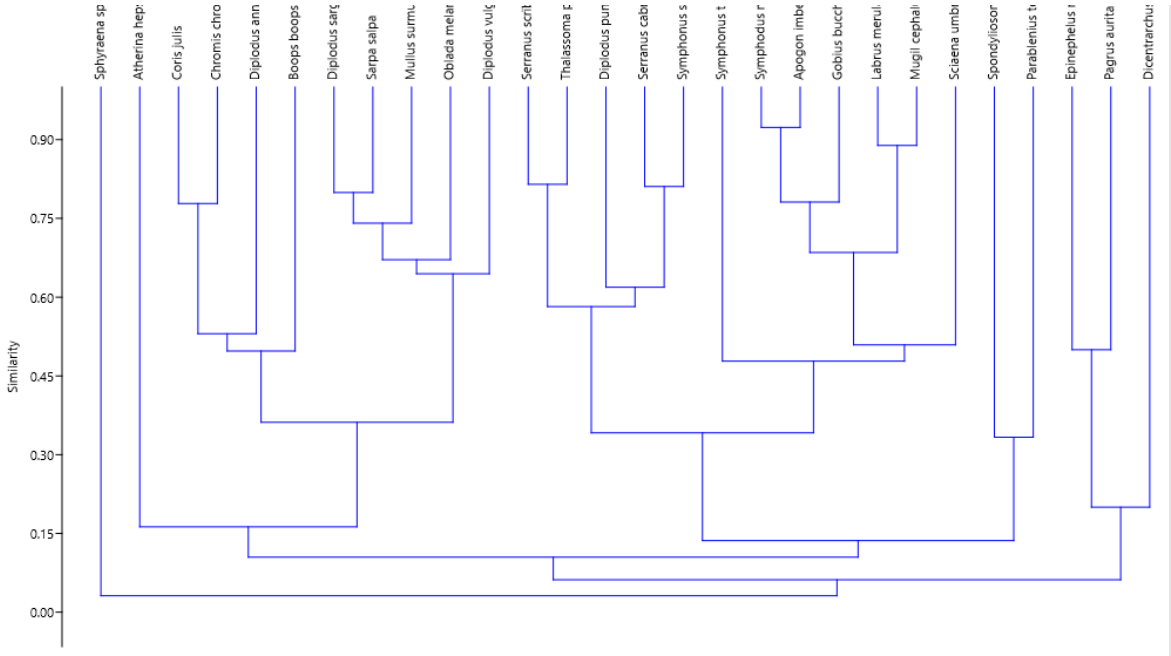

Figura 2.11. *Dendrogramas de agrupación jerárquica de especies, con variable de abundancia, a partir de la comparación de la comparación de inventarios mediante el índice Bray Curtis y criterio de agrupación UPGMA con los datos de 2023.*

A continuación, la figura 2.11 muestra las semejanzas entre las especies observadas en la campaña 2023. *Diplodus vulgaris, Diplodus sargus, Mullus surmulletus, Oblada melanura* y *Salpa Salpa* se agrupan claramente a nivel de abundancia. *Chromis chromis* y *Coris julis* también se agrupan entre sí respecto a la abundancia, al igual que *Serranus scriba* y *Thalassoma pavo*. Destaca *Sphyraena sphyranea* que se encuentra como única entidad aparte.

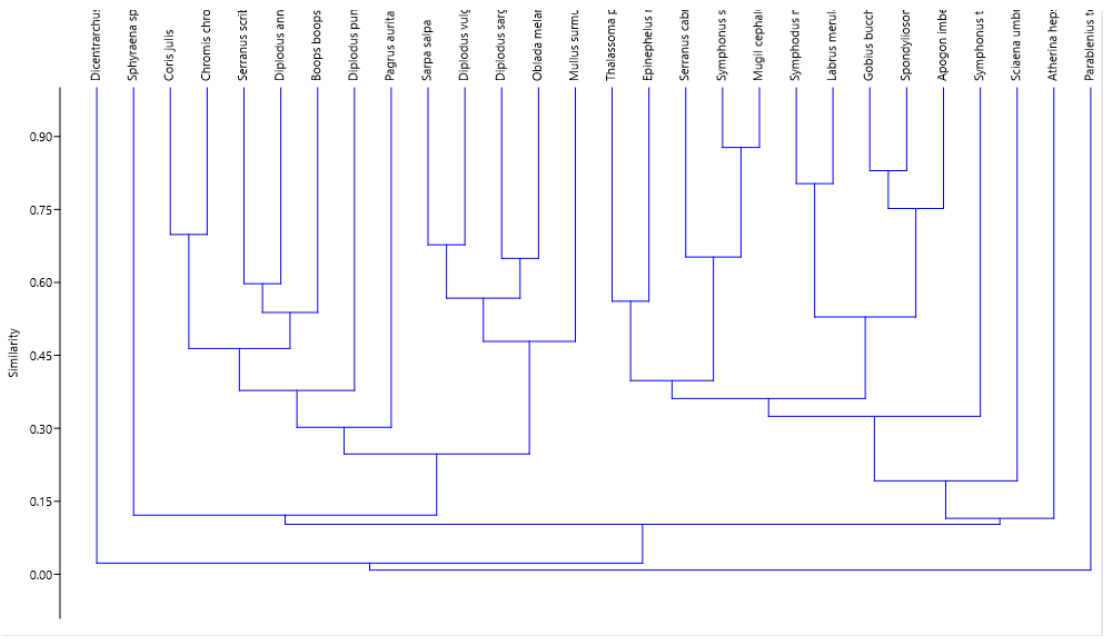

Figura 2.12. *Dendrogramas de agrupación jerárquica de especies, con variable de biomasa, a partir de la comparación de la comparación de inventarios mediante el índice Bray Curtis y criterio de agrupación UPGMA con los datos de 2023.*

La figura 2.12 muestra las semejanzas en este caso, para los datos de biomasa. *Diplodus vulgaris*, *Diplodus sargus*, *Mullus surmulletus*, *Oblada melanura* y *Salpa Salpa* siguen agrupándose a nivel de biomasa, al igual que a nivel de abundancia. *Chromis chromis* y *Coris julis* siguen agrupándose entre sí, al igual que *Serranus scriba*, *Diplodus annularis* y Boops boops, o *Thalassoma pavo* y *Epinephelus marginatus*. *Parablenius tentacularis* y *Dicentrarchus labrax* destacan al encontrarse como entidades aparte.

CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL FONDO

Respecto de las características fisiográficas de los sitios muestreados que se exponen en la tabla de la tabla 2.3, aunque la relación con los resultados que se vio en la campaña anterior vuelve a ser diferente este año y sigue sin resultar tan evidente. pueden establecerse las siguientes características

La localidad 1 (LOC1) se ubica en los acantilados de Torre Badum, en un fondo que destaca por la presencia de grandes bloques, piedras y arena, con baja heterogeneidad horizontal pero alta complejidad estructural. Presentan escasa similitud entre campañas, siendo en este año 2023, una mayor presencia de rocas con algas fotófilas en comparación con el informe anterior (2018). Los resultados de los dos sitios de muestreo presentan una mayor abundancia y biomasa para el segundo sitio de muestreo de esta localidad.

La Localidad 2 (LOC2) se encuentra localizada en los acantilados bajos del sur del Pebreret, con fondos de roca y arena de baja heterogeneidad horizontal, y complejidad estructural media y verticalidad media. Los resultados muestran ciertas diferencias en la composición específica en los dos sitios en 2023, con una mayor abundancia y biomasa en el segundo sitio de muestro, y cierta similitud con la campaña de 2018.

En la Localidad 3 (LOC3), cerca del Cabo de Irta, el sitio 1 se sitúa la pradera de *Posidonia* sobre roca, otorgando una heterogeneidad horizontal alta, con complejidad estructural (piedras y matas) y verticalidad moderadas. El sitio 2 en la base del frente rocoso del Cabo de Irta, se observa una mayor complejidad estructural y menor heterogeneidad horizontal. Los resultados de la campaña realizada de este año difieren de los presentados en 2018. Entre campañas hay diferencias notables a nivel de localidad entre 2023 y 2018 para los datos de abundancia y biomasa, presentando este año unos niveles de observación de peces muy superiores (1.187 individuos) frente a 2018 (524 individuos). La pradera de *Posidonia* muestra también diferencias a la inversa, siendo en este año extremadamente ausente, detectando sólo una mancha de pradera en el sitio 2.

La localidad 4 (LOC4), situada en la zona meridional de la reserva, en las proximidades de Cala Argilaga, presenta dos sitios de estructura similar, dominados por bloques grandes, con poca heterogeneidad horizontal y moderada complejidad estructural, y verticalidades muy dispares en las distintas réplicas. Aquí se dan los resultados más parecidos entre sitios en 2018 para biomasa, pero no son tan similares con los datos de abundancia. En las tres campañas, son semejantes los datos de biomasa, aunque no los de abundancia. Cabe destacar la detección de *Caulerpa cylindracea*, alga invasora, en el sitio 2 de muestreo.

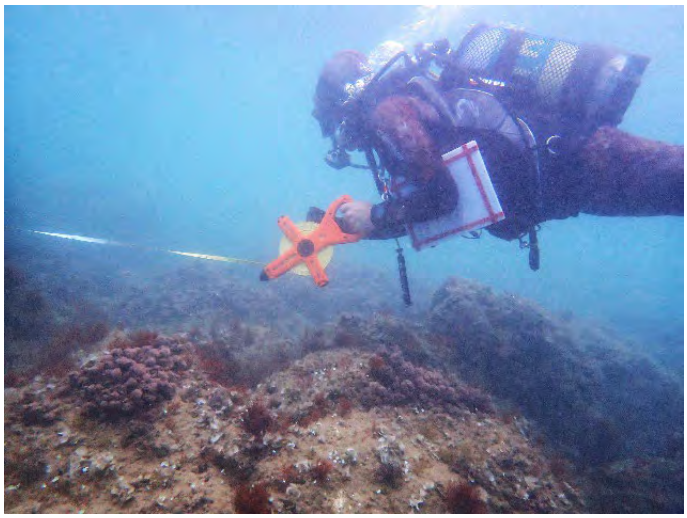

Fig. 2.13. *Muestreo características estructurales fondos*

Fuera de la Reserva, las localidades control 1 y 2 (CONT1 y CONT2), corresponden a zonas con pradera de Posidonia bastante uniforme, con claros de arena y ciertas zonas de roca, con heterogeneidad horizontal y escasa complejidad estructural y verticalidad moderada. Los resultados de los dos sitios son muy parecidos entre sí. En campañas sucesivas se dan parecidos y disparidades aleatorias entre las dos localidades.

La localidad control 3 (CONT3), se trata de un fondo rocoso con bloques grandes y pradera de Posidonia, con heterogeneidad horizontal alta y complejidad estructural y verticalidad moderadas. Los resultados del censo son también muy dispares entre sitios y entre campañas.

La localidad control 4 (CONT4) corresponde a un fondo mixto con roca, pradera de *Posidonia oceanica* y canales sedimentarios, grandes bloques y canales de arena; estructuralmente complejo, poco heterogéneo, y con más de 2 m. de verticalidad. Presenta resultados muy dispares con el resto de las anteriores campañas.

Tabla 2.3. *Resultados de la caracterización estructural de los de los censos visuales de peces. Min, profundidad mínima. Max, profundidad máxima. Promedio, promedio de la profundidad*

Localidad	Sitio	Réplica	Arena	Roca	Roca con alga fotófila	Algas fotófilas	P. oceacnica	C. nodosa	Grandes bloques	Bloques	Piedras	Mín (m)	Máx (m)	Promedio (m)
1	1	1	22,00%	0,00%	78,00%	0,00%	0,00%	0,00%	29,41%	44,12%	26,47%	1,4	2,7	2,05
1	1	2	0,00%	26,00%	74,00%	0,00%	0,00%	0,00%	13,51%	43,24%	43,24%	1,4	2,2	1,8
1	1	3	8,00%	0,00%	80,00%	2,00%	0,00%	0,00%	36,11%	33,33%	30,56%	2,2	2,8	2,5
1	1	4	16,00%	6,00%	76,00%	2,00%	0,00%	0,00%	32,56%	34,88%	32,56%	2,4	2,7	2,55
1	2	1	78,00%	0,00%	22,00%	0,00%	0,00%	0,00%	39,62%	26,41%	33,96%	2,2	3	2,6
1	2	2	56,00%	44,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	25,00%	43,75%	31,25%	1,3	2	1,65
1	2	3	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	22,44%	30,61%	46,94%	1,7	3,5	2,6
1	2	4	52,00%	48,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	10,41%	58,33%	31,25%	1,1	1,4	1,25
2	1	1	48,20%	51,80%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	60,00%	40,00%	0,00%	1,8	2,1	1,95
2	1	2	64,60%	17,20%	18,20%	0,00%	0,00%	0,00%	47,62%	33,33%	19,05%	1,3	2,6	1,95
2	1	3	52,80%	47,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	1,3	2	1,65
2	1	4	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,5	1,7	1,6
2	2	1	40,20%	45,40%	14,40%	0,00%	0,00%	0,00%	20,64%	56,51%	22,85%	1,6	2	1,8
2	2	2	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,2	1,5	1,35
2	2	3	36,00%	26,80%	37,20%	0,00%	0,00%	0,00%	24,67%	75,33%	0%	2	2,3	2,15
2	2	4	60,70%	30,30%	9,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	53,20%	46,80%	1,5	1,9	1,7
3	1	1	16,00%	8,00%	76,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	2,9	5,2	4,05
3	1	2	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,6	3,3	2,95
3	1	3	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,10%	61,64%	34,24%	1,3	3	2,15
3	1	4	12,00%	0,00%	88,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	2,2	2,4	2,3
3	2	1	22,00%	10,00%	68,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,89%	3,77%	94,34%	1,7	4	2,85
3	2	2	76,00%	0,00%	0,00%	24,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,7	4	2,85
3	2	3	0,00%	90,00%	0,00%	0,00%	2,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2	3	2,5
3	2	4	0,00%	36,00%	0,00%	14,00%	50,00%	0,00%	31,37%	15,69%	52,94%	1,1	4	2,55
4	1	1	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	2,2	4	3,1
4	1	2	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	20,00%	0,00%	80,00%	0,9	1,2	1,05
4	1	3	42,00%	0,00%	58,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	60,00%	40,00%	1,2	2,4	1,8
4	1	4	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	33,33%	66,67%	0,00%	1,3	2,8	2,05
4	2	1	30,00%	70,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	2	5	3,5
4	2	2	0,00%	68%	0,00%	32,00%	8,00%	0,00%	13,60%	31,20%	55,20%	0,5	3	1,75
4	2	3	50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	3	3	3
4	2	4	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	2	3	2,5
CONT1	1	1	12,20%	0,00%	11,00%	0,00%	76,80%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	5	7,5	6,25
CONT1	1	2	28,00%	0,00%	12,00%	4,00%	53,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	3	6	4,5
CONT1	1	3	38,00%	27,00%	10,00%	0,00%	25,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	4	6,4	5,2
CONT1	1	4	12,20%	0,00%	11,00%	0,00%	76,80%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	5	7,5	6,25
CONT1	2	1	28,00%	0,00%	12,00%	4,00%	53,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	3	6	4,5
CONT1	2	2	38,00%	27,00%	10,00%	0,00%	25,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	4	6,4	5,2
CONT1	2	3	20,00%	0,00%	38,00%	0,00%	43,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	3	6	4,5
CONT1	2	4	12,00%	0,00%	56,00%	0,00%	32,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	3,2	5	4,1

CONT2	1	1	60,00%	0,00%	0,00%	0,00%	40,040%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4	5,7	4,85
CONT2	1	2	20,00%	0,00%	30,00%	12,00%	38,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	3	6	4,5
CONT2	1	3	20,00%	9,00%	42,00%	0,00%	29,00%	0,00%	60,00%	40,00%	0,00%	4	5,6	4,8
CONT2	1	4	10,00%	7,40%	22,60%	60,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	3,5	6	5,2
CONT2	2	1	7,90%	46,66%	0,00%	45,44%	0,00%	0,00%	30,00%	70,00%	0,00%	4	5	4,5
CONT2	2	2	53,00%	4,00%	0,00%	37,70%	5,30%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	3	6	4,5
CONT2	2	3	0,00%	36,00%	0,00%	14,00%	50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	6	6,5	6,2
CONT2	2	4	12,00%	0,00%	31,20%	46,80%	10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	4	6	5,2
CONT3	1	1	30,77%	0,00%	69,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	1,7	4	2,85
CONT3	1	2	23,08%	0,00%	46,15%	30,77%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	2	3	2,5
CONT3	1	3	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	2,3	4	3,2
CONT3	1	4	12,70%	25,65%	16,56%	45,09%	0,00%	0,00%	60,00%	40,00%	0,00%	3,5	6	5,2
CONT3	2	1	0,00%	36,00%	0,00%	14,00%	50,00%	0,00%	30,00%	50,00%	20,00%	2,6	3,3	2,95
CONT3	2	2	7,69%	46,15%	0,00%	46,15%	0,00%	0,00%	0,00%	23,08%	76,92%	4	7	5,7
CONT3	2	3	0,00%	0,00%	0,00%	84,61%	15,38%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	3	6	3
CONT3	2	4	7,69%	76,92%	0,00%	5,00%	10,38%	0,00%	0,00%	10,00%	90,00%	3,5	6,5	4,5
CONT4	1	1	0,00%	20,00%	30,00%	12,00%	38,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	4	6	5,2
CONT4	1	2	12,00%	0,00%	56,00%	0,00%	32,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	2,6	5,5	4,1
CONT4	1	3	23,08%	0,00%	36,15%	30,77%	10,00%	0,00%	0,00%	56,89%	43,11%	4	5	4,5
CONT4	1	4	7,69%	30,77%	0,00%	0,00%	61,54%	0,00%	0,00%	23,08%	76,92%	6	8	6,7
CONT4	2	1	7,69%	5,00%	0,00%	25,77%%	61,54%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	6	7	6,8
CONT4	2	2	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	3,5	6	4,8
CONT4	2	3	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	4	5	4,5
CONT4	2	4	7,69%	30,77%	0,00%	0,00%	61,54%	0,00%	0,00%	23,08%	76,92%	4	6,4	5,2

EVALUACIÓN DEL EFECTO RESERVA

En el seguimiento de 2023, y en comparación con las anteriores campañas de seguimiento (2018, 2017 y 2016), en líneas generales puede intuirse que hay mayor número de peces en las zonas de reserva que en la zona control. Se presentan grandes diferencias frente a los seguimientos anteriores en ciertas localidades, y, por lo tanto, es especialmente necesario analizar estadísticamente los resultados. Esta observación podrá ser constatada con los muestreos planificados para la siguiente anualidad 2024.

Como se ha explicado, el muestreo está prediseñado para poder aplicar a los datos obtenidos de número de especies, abundancia y biomasa, un análisis de la varianza (ANOVA) que permita analizar estadísticamente las diferencias entre los resultados de los censos dentro y fuera de la reserva, teniendo en cuenta el efecto de la ubicación relativa en el entorno de la reserva (Localidades) y de las posibles variaciones espaciales dentro de cada localidad (Sitios), a partir de varias réplicas que minimicen la aleatoriedad propia del método de muestreo. La tabla 2.4 muestra la media y el error típico de los parámetros analizados para cada una de las localidades muestreadas en

esta campaña, junto con las del año anterior en el que se realizó el mismo estudio (2018).

Tabla 2.4. *Medias y error típico de los parámetros analizados en las localidades muestreadas.*

2023	Localidad	Abundancia	Biomasa	Riqueza	Diversidad
Reserva	L1	56.18± 8.74	834.8±296.9	5.625± 0.42	1.79 ± 0.34
	L2	92.80± 0.74	884.8±364.0	5.625± 0.71	1.78 ± 0.33
	L3	48.55± 14.12	689.4± 25.3	10.88± 2.26	2.36 ± 0.43
	L4	46.81± 4.94	701.7±226.9	8.375± 1.15	2.14 ± 0.39
Control	CONT1	4.5± 1.72	134.2± 48.04	5.12± 2.32	0.823± 0.47
	CONT2	3.86± 1.34	50.99± 20.0	4.00± 2.0	1.530± 0.63
	CONT3	12.21± 3.57	292.8± 118.3	3.88± 1.32	1.262± 0.601
	CONT4	9.2± 5.32	84.28± 45.4	6.25± 1.3	0.822± 0.47
Conjunto	Reserva	58.37± 17.71	573.02±270.9	7.668± 0,98	2.03 ± 0.34
	Control	11.45 ± 3.78	105.2 ± 40.3	5.26± 0.97	1.53 ± 0.45
	Campaña 2023	51.49± 6.38	495.3 ± 239.1	7.62± 0.94	2.37 ± 0.47

2018	Localidad	Abundancia	Biomasa	Riqueza	Diversidad
Reserva	L1	72.38±14.56	1919.7±1137	6.25± 0.726	1.929±0.176
	L2	97.38±19.41	1214.2±326.1	11.38±1.772	2.676±0.207
	L3	69.12±16.36	24001± 601.1	8 ± 0.707	2.243± .129
	L4	86.62±13.43	5043± 1077.3	6.88 ± 0.639	2.164± .148
Control	CONT1	37.00±14.14	652.4± 57.67	4.5 ± 0.567	1.511±0.211
	CONT2	129.00±54.41	9979± 5483.2	6.75 ± 0.881	1.501±0.208
	CONT3	34.00 ± 12.40	1024.5±438.5	4.62 ± 0.653	1.363±0.279
	CONT4	33.25 ± 8.54	332,1±227.39	4.5 ± 1.018	1.423±0.338
Conjunto	Reserva	81.40 ± 7.92	2644 ± 482.2	8.12 ± 0.62	2.25±0.0935
	Control	58.30 ± 15.65	2997± 1497.0	5.09 ± 0.417	1.45 ± 0.126
	Campaña 2018	69.80 ± 8.82	281 ± 780	6.61 ± 0.417	1.85 ± 0.093

En los siguientes apartados se analiza con detalle los valores de cada parámetro en la actual campaña 2023 y su comparación con la campaña realizada en 2018, combinando las gráficas y los resultados del Análisis de Varianza (ANOVA) correspondiente en cada caso. Las gráficas de caja y bigotes (*boxplot*) muestran la distribución de los datos (media, cuartiles y valores extremos).

ABUNDANCIA

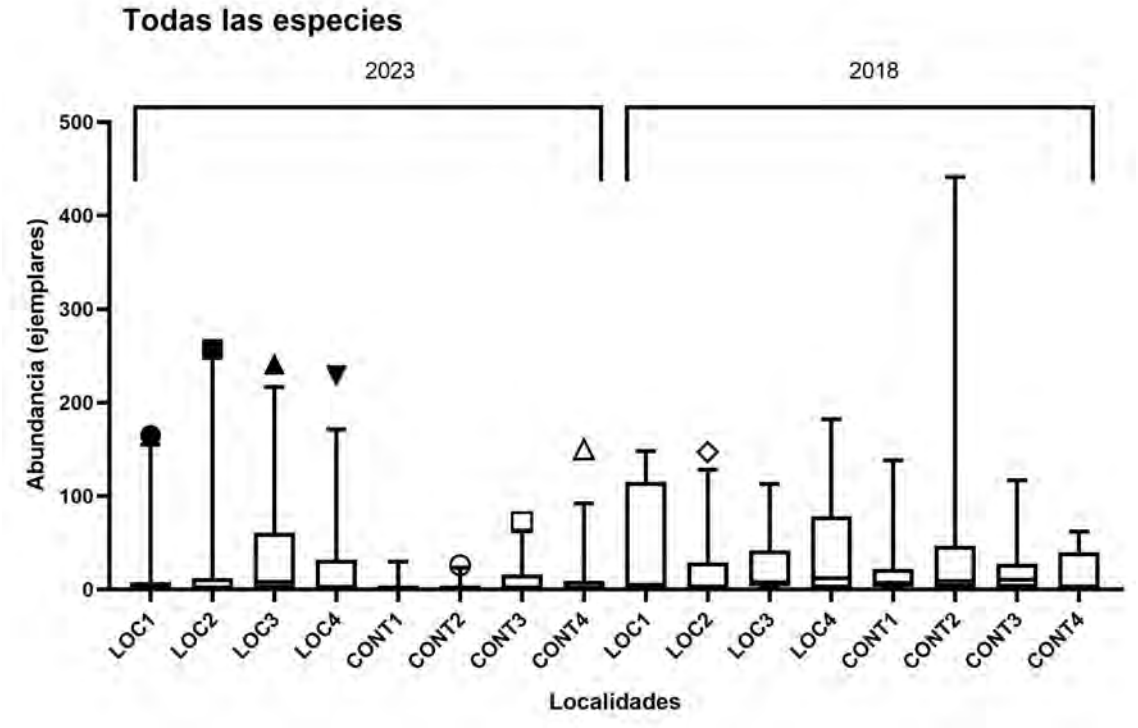

Figura 2.14. *Distribución de datos de Abundancia de las campañas de 2023 y 2018.*

Tabla 2.5. *Resultados ANOVA realizados sobre los datos de Abundancia de la campaña de 2023 y 2018.*

	Abundancia				
2023	SS*	DF**	MS***	F (DFn, DFd)	P-value
Reserva	169298	27	6270	4,964	P<0,0001
Reserva:Control	34070	7	4867	3,853	P=0,0006
Residual	238730	189	1263		
Interanual	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Reserva	343585	47	7310	8,076	P<0,0001
Reserva:Control	29996	15	2000	2,209	P=0,0052
Residual	638194	705	905,2		

**SS: Suma de cuadrados **DF: Grados de libertad ***MS: Media de la suma de cuadrados*

El efecto reserva es significativo sobre los datos de Abundancia del 2023, mostrando diferencias significativas en las localidades L2 (p-valor 0,0042), L3 (p-valor 0,0005), L4 (p-valor 0,0413) dentro de la reserva respecto a control. Así mismo, puede mantenerse esta afirmación pues no hay diferencias significativas entre campañas (Interanual). No se observan diferencias significativas entre los diferentes localidades y sitios de muestreo dentro de la reserva, al igual que en el informe de 2018.

BIOMASA

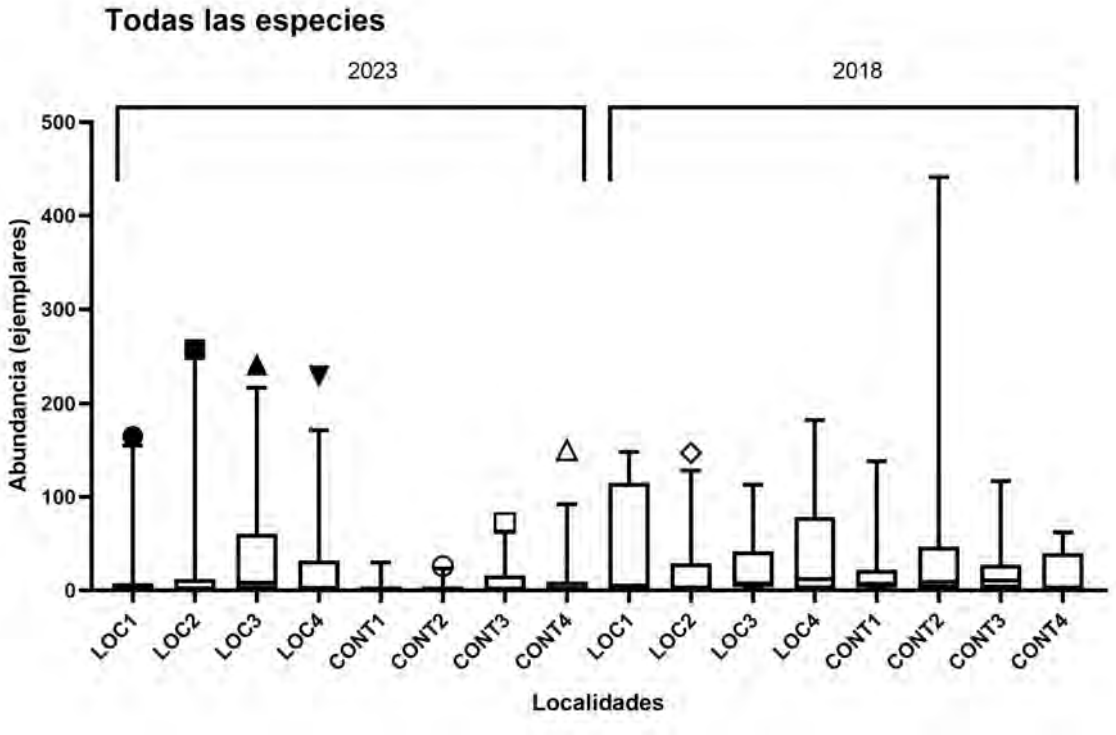

Figura 2.15. *Distribución de datos de Biomasa de las campañas de 2023 y 2018.*

Tabla 2.6. *Resultados ANOVA realizados sobre los datos de Biomasa de las campañas de 2023 y 2018.*

	Biomasa				
2023	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Reserva	34655479	27	1283536	5,346	P<0,0001
Reserva:Control	8730301	7	1247186	5,195	P<0,0001
Residual	45377558	189	240093		
Interanual	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Reserva	39094910	47	831807	6,518	P<0,0001
Reserva:Control	6603912	15	440261	3,450	P<0,0001
Residual	89965068	705	127610		

En el caso de la biomasa, se sigue apreciando el efecto reserva, mostrando diferencias significativas en las localidades L1 (p-valor 0,0467), L3 (p-valor 0,0004) y L4 (p-valor 0,0349) dentro de la reserva respecto a las localidades control 1, y 3. A diferencia que la abundancia, se observaron diferencias significativas comparando los datos de 2018 (Interanual). En la misma línea que la abundancia, no se observan diferencias significativas entre los diferentes sitios y localidades de muestreo.

RIQUEZA

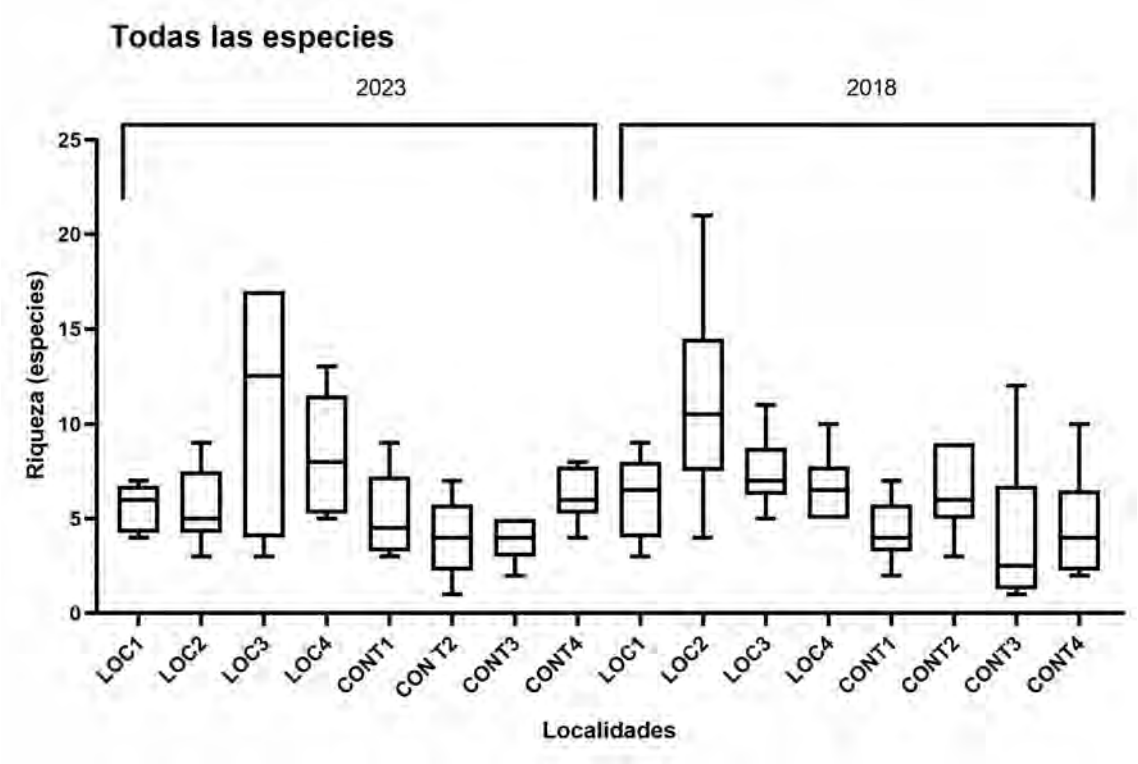

Figura 2.16. *Distribución de datos de Riqueza de las campañas de 2023 y 2018.*

Tabla 2.7. *Resultados ANOVA realizados sobre los datos de Riqueza de las campañas de 2023 y 2018.*

	Riqueza				
2023	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Reserva	76,19	7	10,88	1,309	P=0,2663
Reserva:Control	309,2	7	44,17	5,310	P=0,0001
Residual	407,6	49	8,318		
Interanual	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Reserva	47,88	7	6,839	0,7845	P=0,6017
Reserva:Control	604,3	15	40,28	4,621	P<0,0001
Residual	915,4	105	8,718		

Analizando la Riqueza de la campaña de 2023, ésta no muestra tantas diferencias significativas entre las localidades de muestreo dentro de la reserva, y no puede confirmarse que existan diferencias entre la reserva y la zona de control (salvo en L3). No obstante, comparando con los datos de 2018, si se observan diferencias significativas entre localidades dentro de la reserva, apreciando un mayor efecto reserva.

DIVERSIDAD

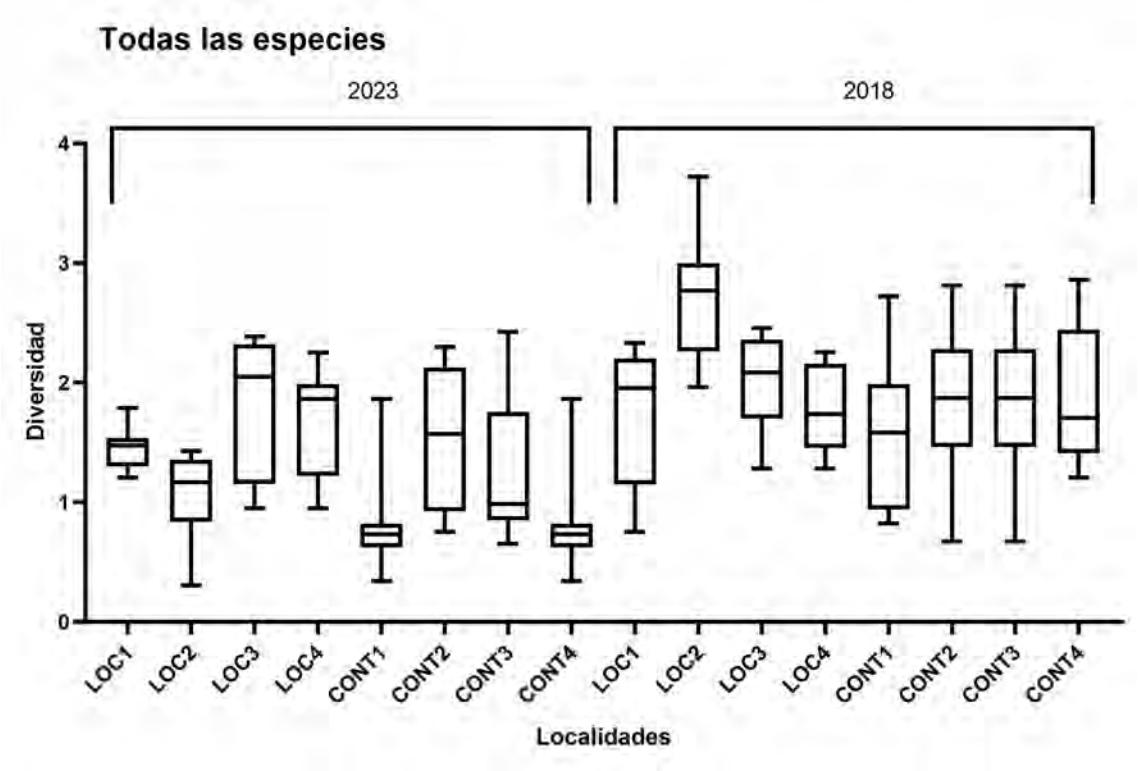

Figura 2.17. *Distribución de datos de Diversidad de las campañas de 2023 y 2018.*

Tabla 2.8. *Resultados ANOVA realizados sobre los datos de Diversidad de las campañas de 2023 y 2018.*

	Riqueza				
2023	**SS**	**DF**	**MS**	**F (DFn, DFd)**	**P-value**
Reserva	3,305	7	0,4722	2,608	P=0,0250
Reserva:Control	7,867	6	1,311	7,241	P<0,0001
Residual	7,605	42	0,1811		
Interanual	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Reserva	2,342	7	0,3346	1,217	P=0,3000
Reserva:Control	27,17	15	1,811	6,587	P<0,0001
Residual	28,87	105	0,2750		

Aplicando a los datos de diversidad, el efecto reserva es significativo en los datos de 2023, sin diferencias significativas entre localidades o sitios de muestreo dentro de la reserva, pero sí apreciables frente a la zona control. También lo es si se comparan entre los periodos 2018 y 2023, donde, igualmente, no aparecen diferencias significativas.

Sobre los datos y resultados observados, puede decirse que el efecto reserva para el total de especies es manifiesto para las cuatro variables, abundancia, biomasa, riqueza y diversidad. En esta última campaña del 2023, las diferencias entre reserva y zona control son significativas para las cuatro variables, en contraste a la campaña de 2018, donde sólo lo fueron para abundancia y diversidad. Los resultados de la reserva son uniformes a nivel intra e inter-localidad, tal y como sucedía en años anteriores. A su vez

no se detectaron diferencias significativas entre datos dentro de la reserva frente a los de la campaña de 2018. Sin embargo, contrariamente a lo observado en 2018, ninguna localidad presentaba diferencias para dichas cuatro variables. Al igual que en 2018, las diferencias en la diversidad no fueron significativas por los mismos motivos, ya que la nula dominancia de alguna especie concreta no puntúa negativo en el índice de Shannon-Wiener. La uniformidad de los resultados de 2023 permite que se muestre el efecto reserva también sobre este parámetro.

En cuanto a la zona de control, por el contrario, la localidad situada fuera de los límites de la reserva, según los datos muestreados en este año 2023, presenta unas poblaciones de peces menos abundantes y de menor tamaño en comparación a las localidades control de 2018, y en nada comparables a las del interior de la reserva.

Aunque los resultados indican que en el conjunto de especies hay un efecto reserva, al igual que en 2018, sigue sin ser lo suficientemente estable e importante, siendo opacado por la presencia de cardúmenes de especies grandes y comunes, de escaso valor ecológico y pesquero como *Salpa salpa*. De hecho, aunque en este año los valores medios a nivel del conjunto de la reserva son varias veces superiores a los de la zona control, son valores mucho más inferiores tanto en biomasa como en abundancia desde 2017.

POR ESPECIES

Al igual que en 2018, con el fin de determinar qué especies se ven más beneficiadas por la protección de la reserva, es necesario el estudio de los datos de cada una de las especies principales. Por ello, se ha realizado el mismo modelo de ANOVA empleado los datos generales de todas las especies, en abundancia y biomasa, mostrando los resultados en las figuras 2.19.*a*-*o*.

A simple vista, las gráficas individuales por especies invitan a pensar que en general, casi todas son más fáciles de encontrar dentro de la reserva, pero el análisis estadístico revela que sólo algunas muestran un “efecto reserva” significativo y no todas ellas en todos los años.

Diplodus vulgaris, *Diplodus sargus*, *Mullus surmuletus*, *Oblada melanura* y *Sarpa salpa* muestran un significativo efecto reserva en el año 2023. *Diplodus sargus*, *Mullus surmuletus* y *Oblada melanura* presentan mayores diferencias significativas comparadas con los datos de 2018, con un gran efecto reserva a nivel de abundancia y biomasa, en gran medida por la elevada presencia de juveniles observados de estas especies. *Parablennius gattorugine*, *Parablennius pilicornis*, y *Parablennius rouxi*, siendo especies esperables en la reserva, no han sido observadas y siendo en este año sustituidas por

especies beneficiadas por el efecto reserva como *Serranus scriba*, *Diplodus puntazzo* y *Serranus cabrilla*.

El resto de las especies importantes, *Diplodus annularis*, *Coris julis*, *Chromis chromis*, *Boops boops*, *Symphodus tinca* y *Thalassoma pavo* muestran un efecto reserva, destacando que aun así su presencia y valores de biomasa fueron mayores en el último informe de 2018. Las catalogadas como "Resto de especies" no muestran por si solas diferencias significativas en relación con el efecto reserva, destacando que la presencia de los pequeños blénidos *Parablennius gattorugine*, *Parablennius pilicornis* y *Parablennius rouxi* si fue significativamente mayor el año anterior, y *Epinephelus marginatus*, *Pagrus auriga*, *Parablenius tentacularis*, *Mugil cephalus* y *Sciaena umbra* sólo observables en este último año 2023.

Figura 2.18 *Embarcación desde la que se han realizado los diferentes muestreos* ***en el mar***

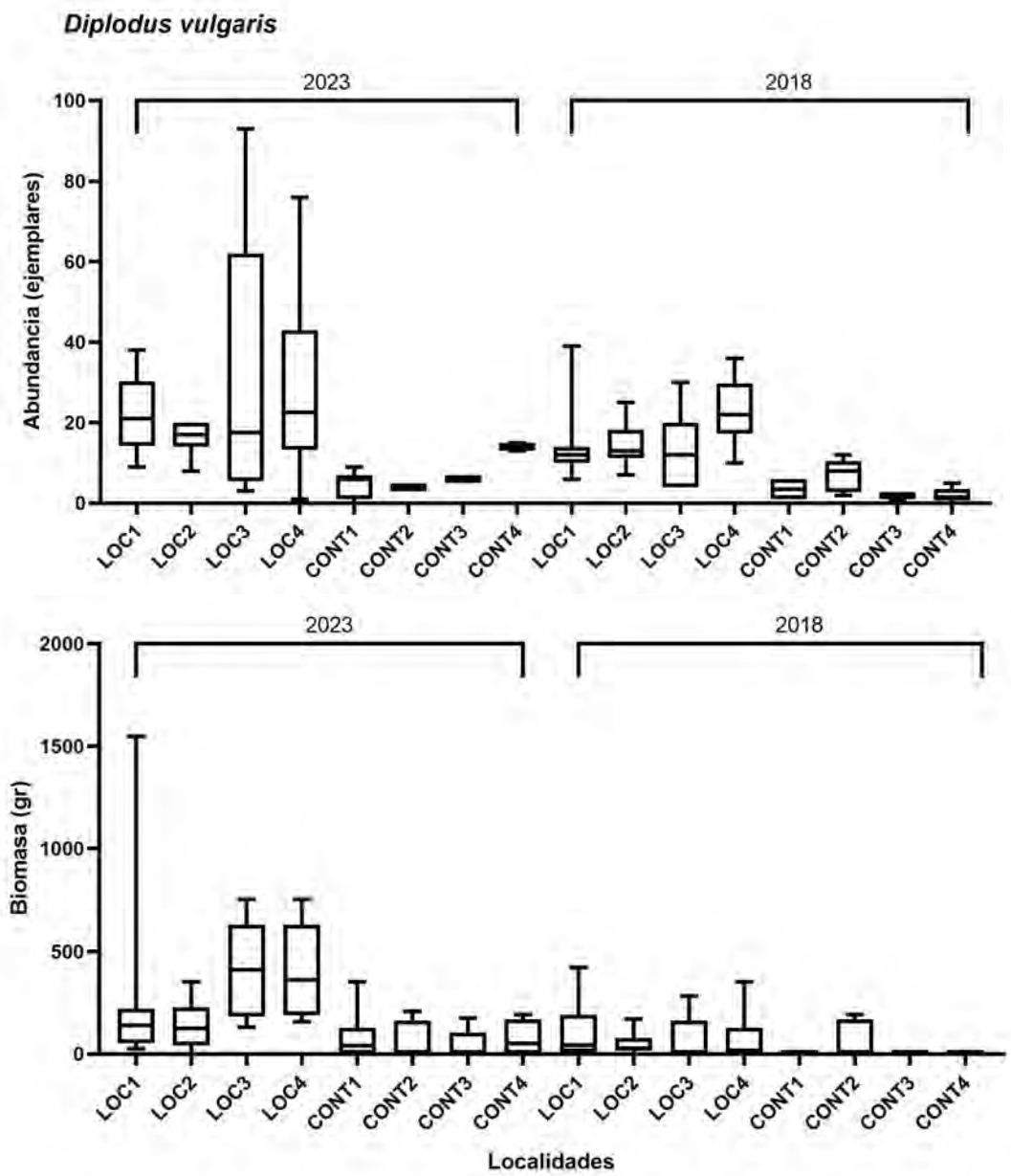

Figura 2.19.a. *Gráficas de los datos de Abundancia y Biomasa para Diplodus vulgaris.*

Tabla 2.9.a. *Resultados ANOVA sobre los datos de Abundancia y Biomasa para Diplodus vulgaris.*

2023	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value
Reserva	1410	7	201,4	0,8088	P=0,5842	648121	7	92589	1,985	P=0,0762
Reserva:Control	8826	7	1261	5,062	P=0,0002	1371421	7	195917	4,200	P=0,0011
Residual	12204	49	249,1			2285505	49	46643		
Interanual	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value
Reserva	720,4	7	102,9	0,7023	P=0,6700	464149	7	66307	2,413	P=0,0249
Reserva:Control	12606	15	840,4	5,735	P<0,0001	2123233	15	141549	5,151	P<0,0001
Residual	15386	105	146,5			2885473	105	27481		

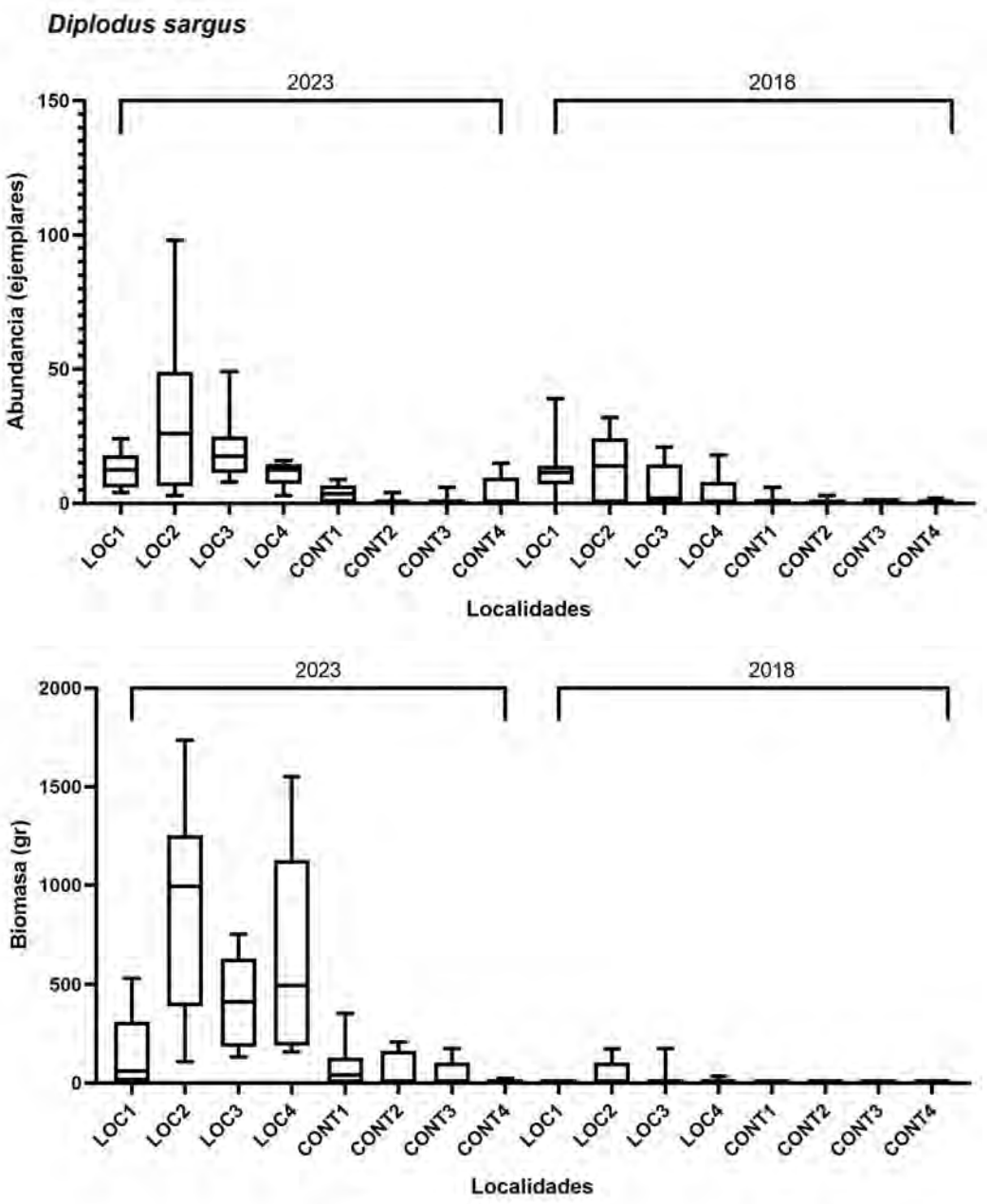

Figura 2.19.b. *Gráficas de los datos de Abundancia y Biomasa para Diplodus sargus.*

Tabla 2.9.b. *Resultados ANOVA sobre los datos de Abundancia y Biomasa para Diplodus sargus.*

2023	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value
Reserva	1302	7	185,9	1,164	P=0,3407	1467014	7	209573	3,104	P=0,0086
Reserva:Control	6887	7	983,8	6,156	P<0,0001	6175158	7	882165	13,06	P<0,0001
Residual	7831	49	159,8			3308590	49	67522		

Interanual	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value
Reserva	598,1	7	85,45	0,7805	P=0,6050	854331	7	122047	3,217	P=0,0040
Reserva:Control	9651	15	643,4	5,877	P<0,0001	8652974	15	576865	15,21	P<0,0001
Residual	11495	105	109,5			3983250	105	37936		

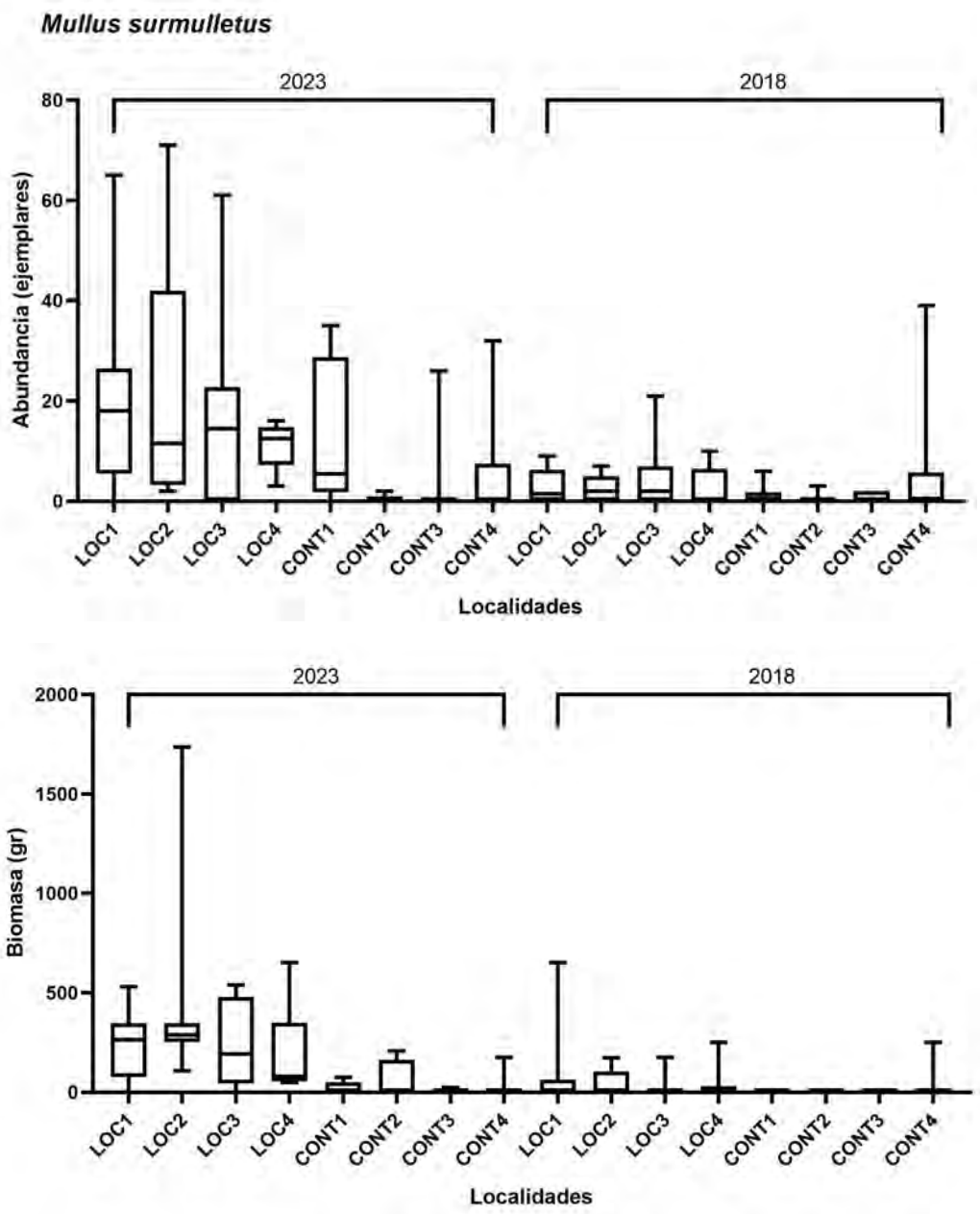

Figura 2.19.c. *Gráficas de los datos de Abundancia y Biomasa para Mullus surmuletus.*

Tabla 2.19.c. *Resultados ANOVA sobre los datos de Abundancia y Biomasa para Mullus surmulletus.*

2023	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value
Reserva	1496	7	213,7	0,8809	P=0,5285	438707	7	62672	1,250	P=0,2945
Reserva:Control	3430	7	489,9	2,019	P=0,0714	1366571	7	19522	3,894	P=0,0019
Residual	11889	49	242,6			2456556	49	50134		

Interanual	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value
Reserva	1062	7	151,8	1,117	P=0,3579	487766	7	69681	2,491	P=0,0209
Reserva:Control	6067	15	404,5	2,978	P=0,0006	1928294	15	128553	4,595	P<0,0001
Residual	14262	105	135,8			2937524	105	27976		

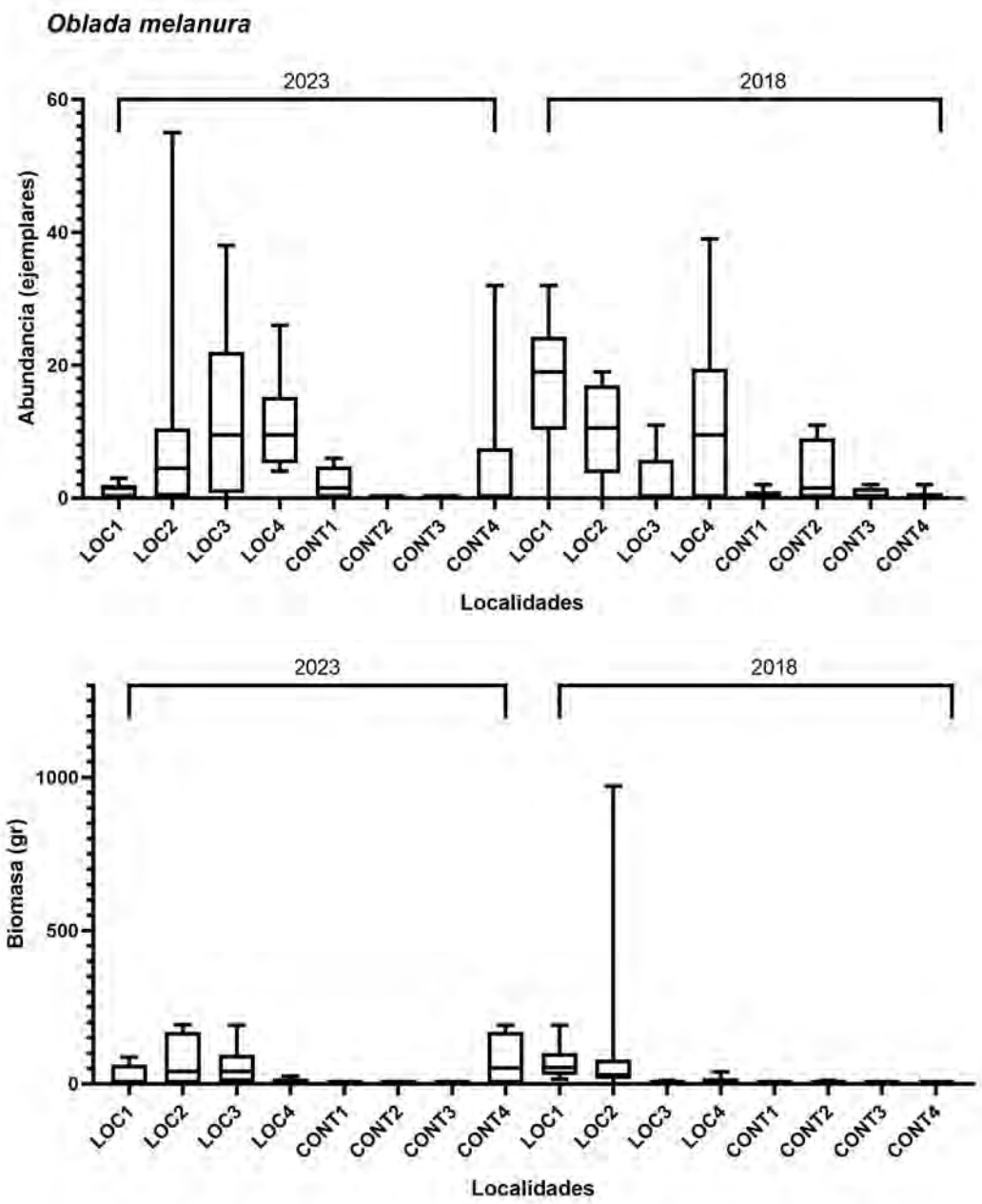

Figura 2.19.d. *Gráficas de los datos de Abundancia y Biomasa para Oblada melanura.*

Tabla 2.9.d. *Resultados ANOVA sobre los datos de Abundancia y Biomasa para Oblada melanura.*

2023	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value
Reserva	862,2	7	123,2	1,469	P=0,2002	20455	7	2922	1,226	P=0,3069
Reserva:Control	1547	7	221,0	2,637	P=0,0215	59690	7	8527	3,578	P=0,0035
Residual	4107	49	83,82			116792	49	2384		

Interanual	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value
Reserva	1420	7	202,9	3,470	P=0,0022	81699	7	11671	1,433	P=0,1998
Reserva:Control	3872	15	258,1	4,415	P<0,0001	225370	15	15025	1,845	P=0,0376
Residual	6140	105	58,47			854985	105	8143		

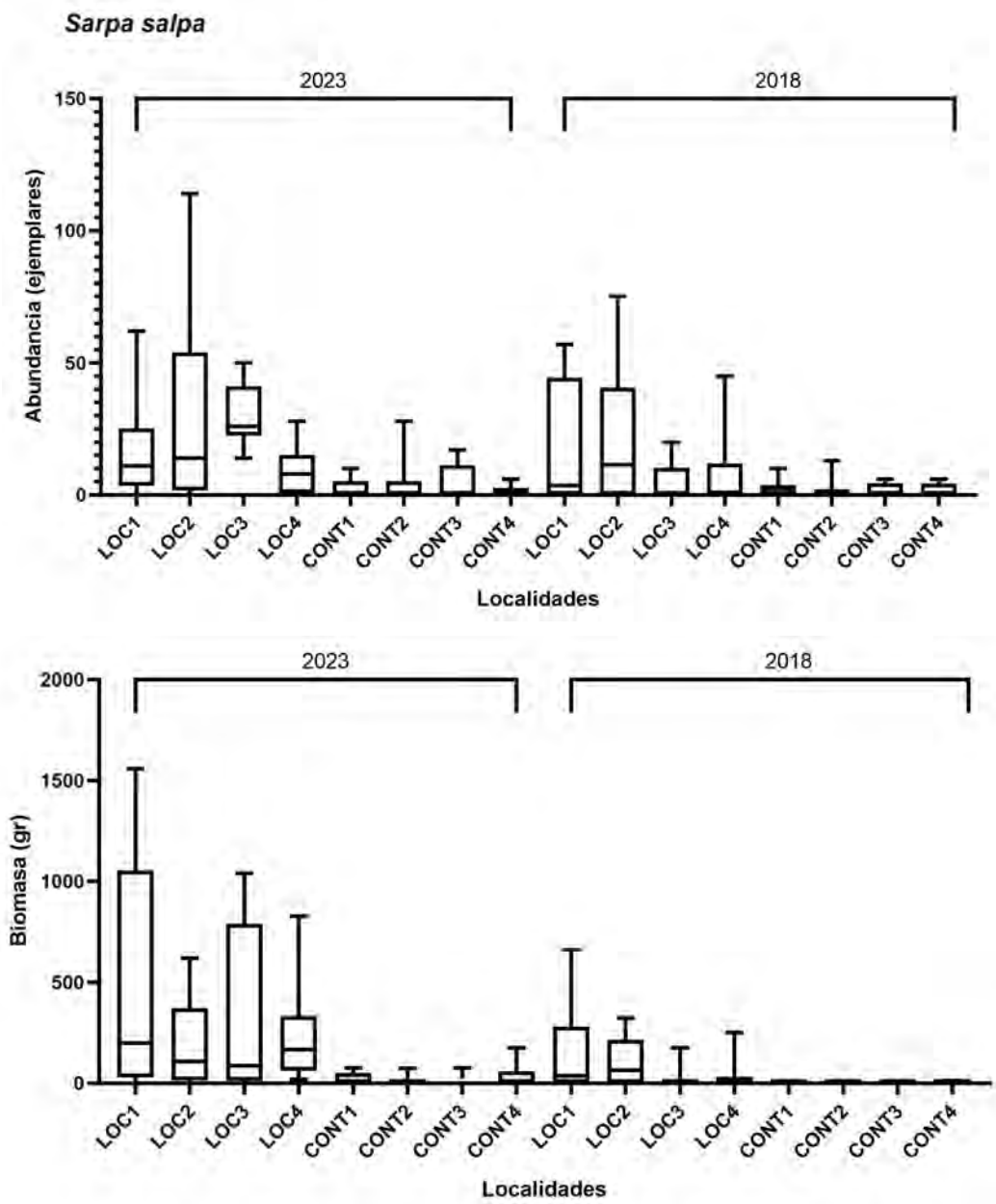

Figura 2.19.e. *Gráficas de los datos de Abundancia y Biomasa para Sarpa salpa.*

Tabla 2.9.e. *Resultados ANOVA sobre los datos de Abundancia y Biomasa para Sarpa salpa.*

2023	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value
Reserva	2233	7	319,0	1,080	P=0,3902	504492	7	72070	0,8238	P=0,5724
Reserva:Control	7835	7	1119	3,791	P=0,0023	1885607	7	269372	3,079	P=0,0091
Residual	14467	49	295,2			4286765	49	87485		

Interanual	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value
Reserva	4143	7	591,9	2,550	P=0,0182	370762	7	52966	1,112	P=0,3610
Reserva:Control	11937	15	795,8	3,429	P<0,0001	2593332	15	172889	3,630	P<0,0001
Residual	24370	105	232,1			5000261	105	47622		

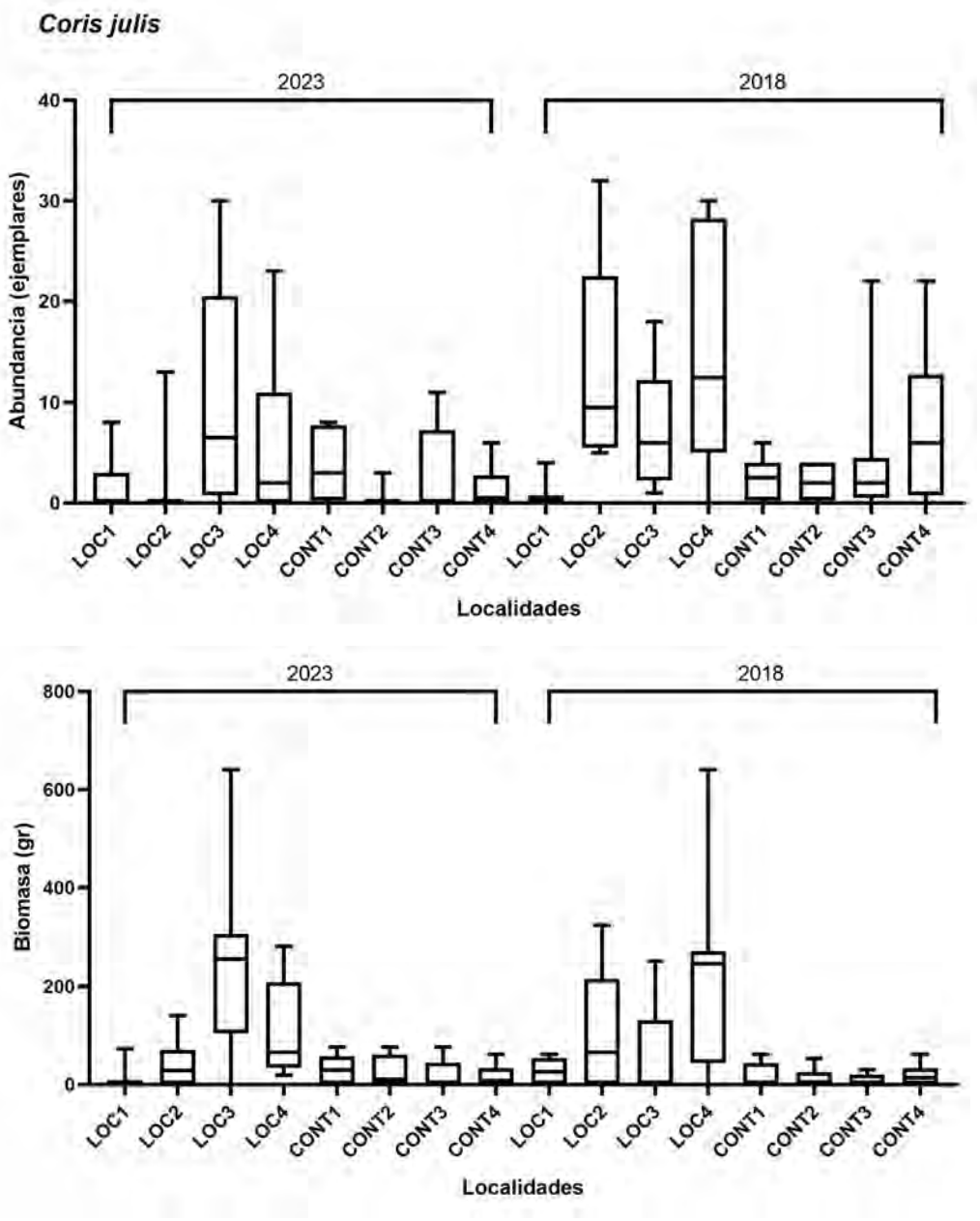

Figura 2.19.f. *Gráficas de los datos de Abundancia y Biomasa para Coris julis.*

Tabla 3.9.f. *Resultados ANOVA sobre los datos de Abundancia y Biomasa para Coris julis.*

2023	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Reserva	316,5	7	45,21	1,423	P=0,2176	53572	7	7653	1,173	P=0,3356
Reserva:Control	542,5	7	77,50	2,439	P=0,0316	389295	7	55614	8,522	P<0,0001
Residual	1557	49	31,77			319777	49	6526		

Interanual	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Reserva	627,8	7	89,69	2,331	P=0,0299	104001	7	14857	2,075	P=0,0526
Reserva:Control	2482	15	165,5	4,301	P<0,0001	715145	15	47676	6,659	P<0,0001
Residual	4040	105	38,48			751771	105	7160		

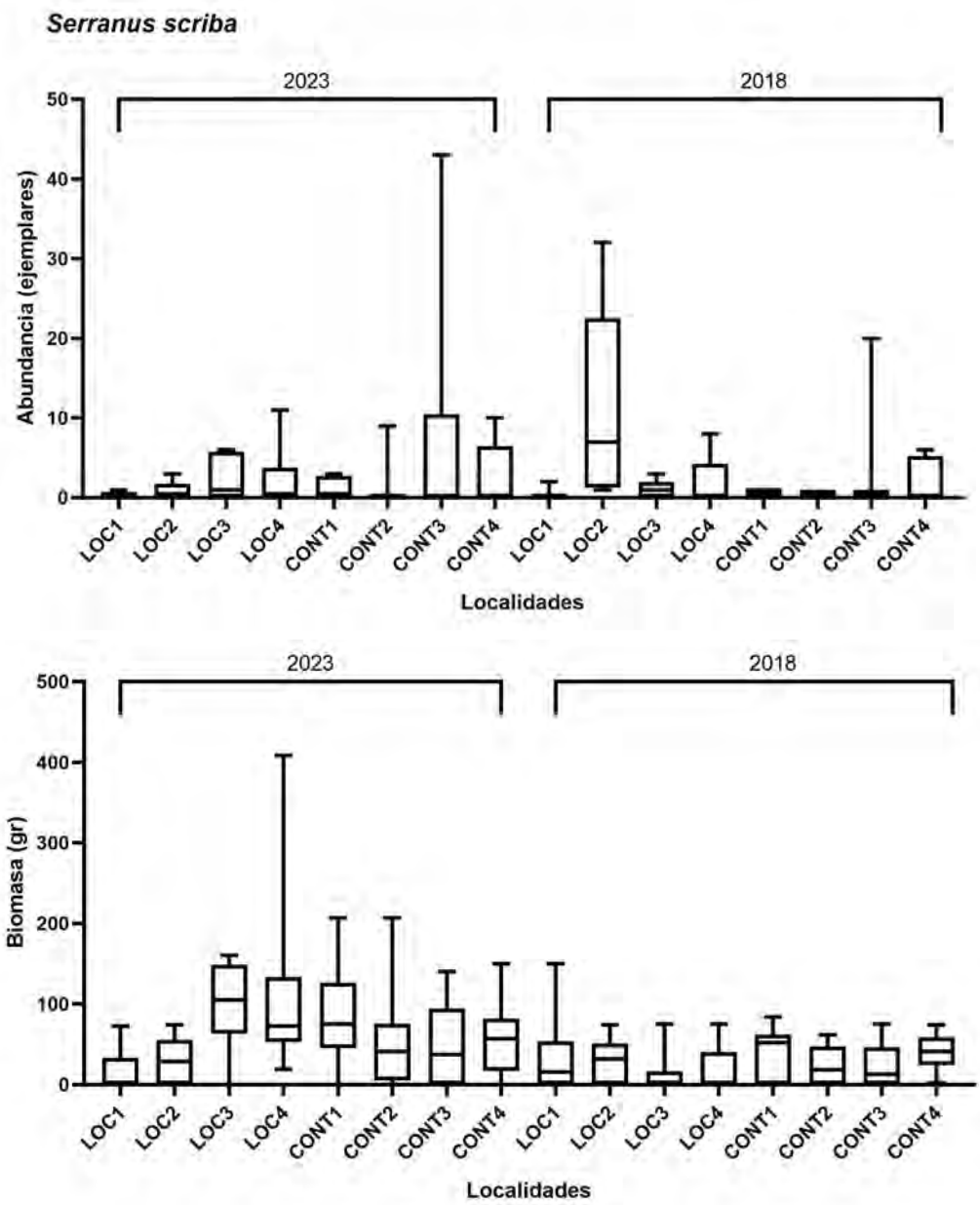

Figura 2.9.g. *Gráficas de los datos de Abundancia y Biomasa para Serranus scriba.*

Tabla 2.9.g. *Resultados ANOVA sobre los datos de Abundancia y Biomasa para Serranus scriba.*

2023	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value
Reserva	504,3	7	72,04	2,353	P=0,0373	43329	7	6190	1,579	P=0,1641
Reserva:Control	259,8	7	37,11	1,212	P=0,3141	65585	7	9369	2,390	P=0,0348
Residual	1500	49	30,61			192111	49	3921		

Interanual	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value
Reserva	661,4	7	94,48	3,554	P=0,0018	39057	7	5580	2,315	P=0,0309
Reserva:Control	1038	15	69,19	2,602	P=0,0023	113818	15	7588	3,149	P=0,0003
Residual	2792	105	26,59			253027	105	2410		

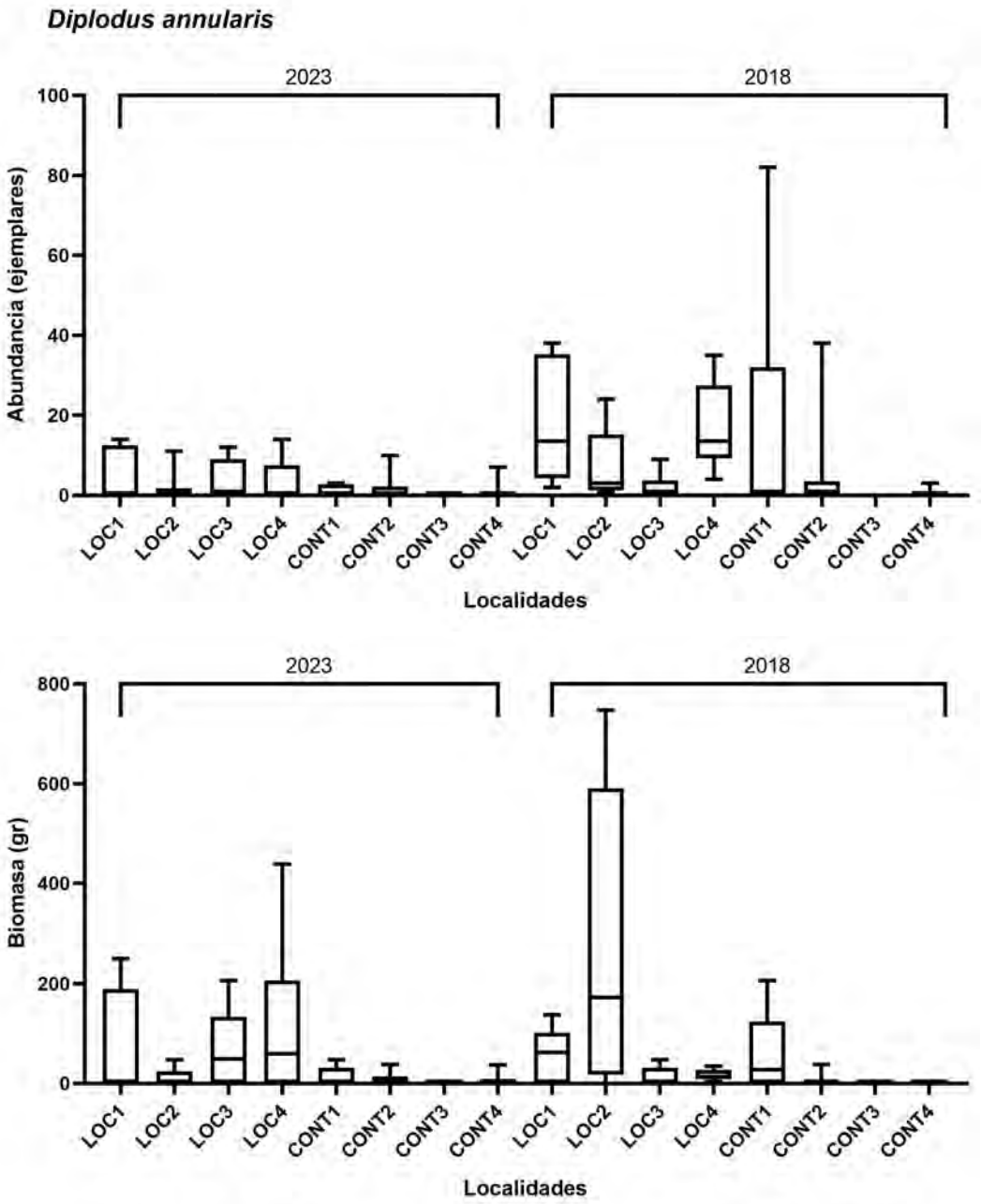

Figura 2.19.h. *Gráficas de los datos de Abundancia y Biomasa para Diplodus annularis.*

Tabla 2.19.h. *Resultados ANOVA sobre los datos de Abundancia y Biomasa para Diplodus annularis.*

2023	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value
Reserva	440,7	7	62,96	6,423	P<0,0001	96708	7	13815	3,207	P=0,0071
Reserva:Control	145,4	7	20,78	2,120	P=0,0588	112399	7	16057	3,727	P=0,0026
Residual	480,3	49	9,802			211106	49	4308		

Interanual	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value
Reserva	1230	7	175,7	1,871	P=0,0817	220122	7	31446	4,385	P=0,0003
Reserva:Control	4811	15	320,7	3,415	P=0,0001	614789	15	40986	5,715	P<0,0001
Residual	9860	105	93,91			753015	105	7172		

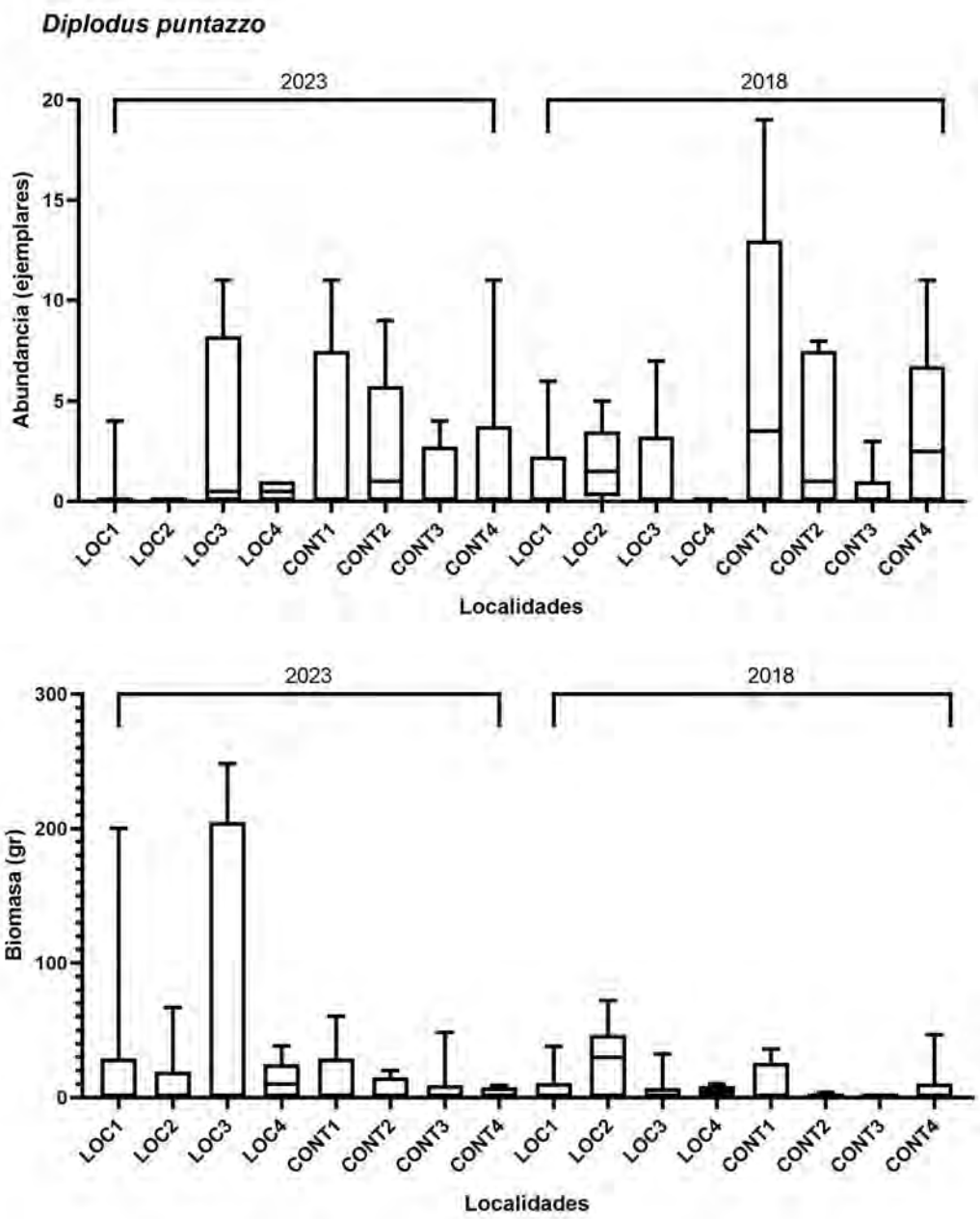

Figura 2.19.i. *Gráficas de los datos de Abundancia y Biomasa para Diplodus puntazzo.*

Tabla 2.9.i. *Resultados ANOVA sobre los datos de Abundancia y Biomasa para Diplodus puntazzo.*

2023	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Reserva	188,0	7	26,85	3,604	P=0,0033	41611	7	5944	3,092	P=0,0088
Reserva:Control	80,48	7	11,50	1,543	P=0,1752	37738	7	5391	2,804	P=0,0155
Residual	365,1	49	7,452			94215	49	1923		

Interanual	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Reserva	197,9	7	28,28	2,757	P=0,0114	30586	7	4369	3,953	P=0,0007
Reserva:Control	296,6	15	19,77	1,928	P=0,0281	47618	15	3175	2,872	P=0,0008
Residual	1077	105	10,25			116055	105	1105		

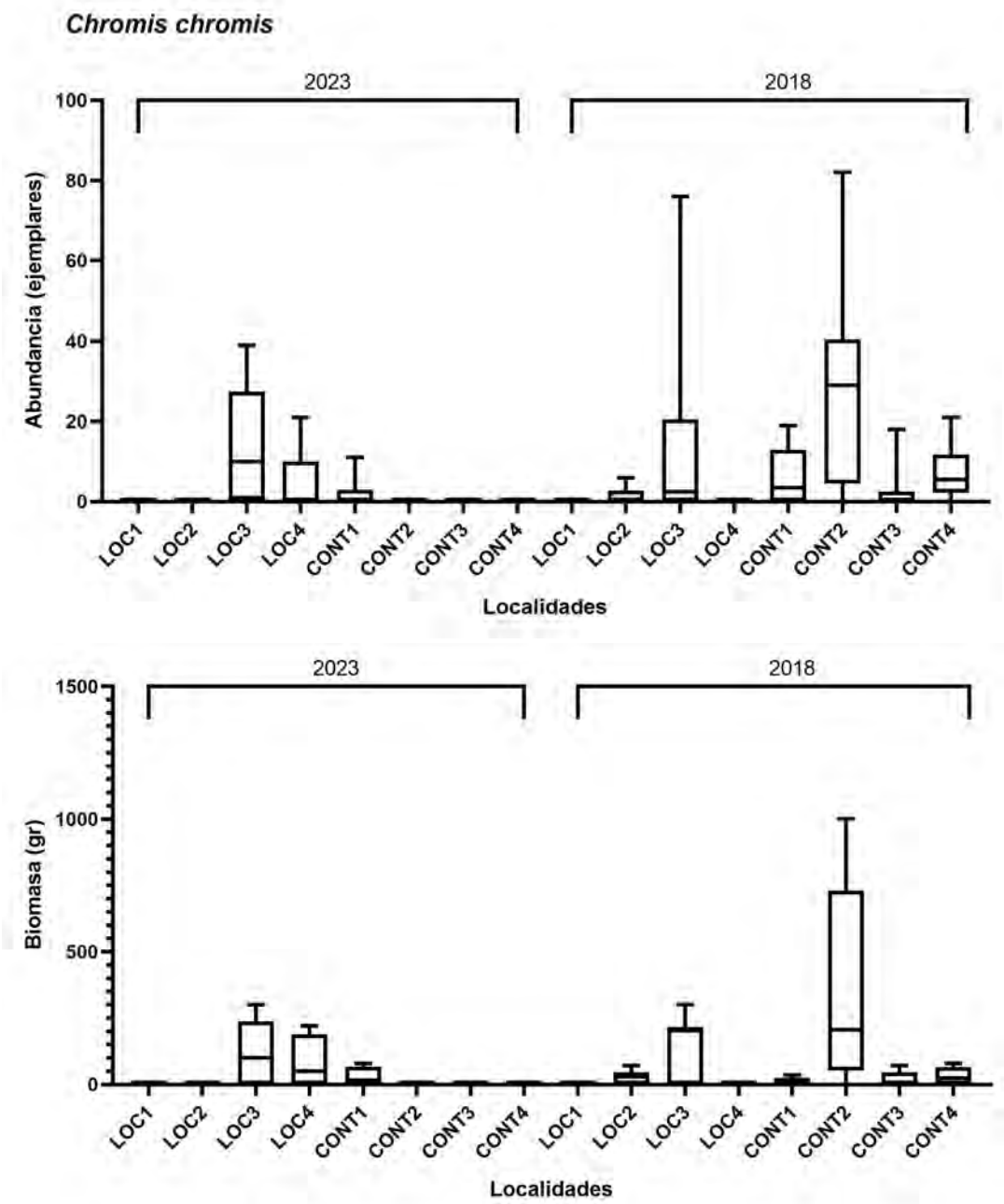

Figura 2.19.j. *Gráficas de los datos de Abundancia y Biomasa para Chromis chromis.*

Tabla 2.9.j. *Resultados ANOVA sobre los datos de Abundancia y Biomasa para Chromis chromis.*

2023	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value
Reserva	321,9	7	45,98	1,229	P=0,3052	48614	7	6945	2,340	P=0,0383
Reserva:Control	1271	7	181,6	4,856	P=0,0003	122665	7	17524	5,903	P<0,0001
Residual	1833	49	37,40			145452	49	2968		

Interanual	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Reserva	1374	7	196,2	1,786	P=0,0978	168340	7	24049	2,110	P=0,0487
Reserva:Control	7743	15	516,2	4,697	P<0,0001	968084	15	64539	5,662	P<0,0001
Residual	11539	105	109,9			1196959	105	11400		

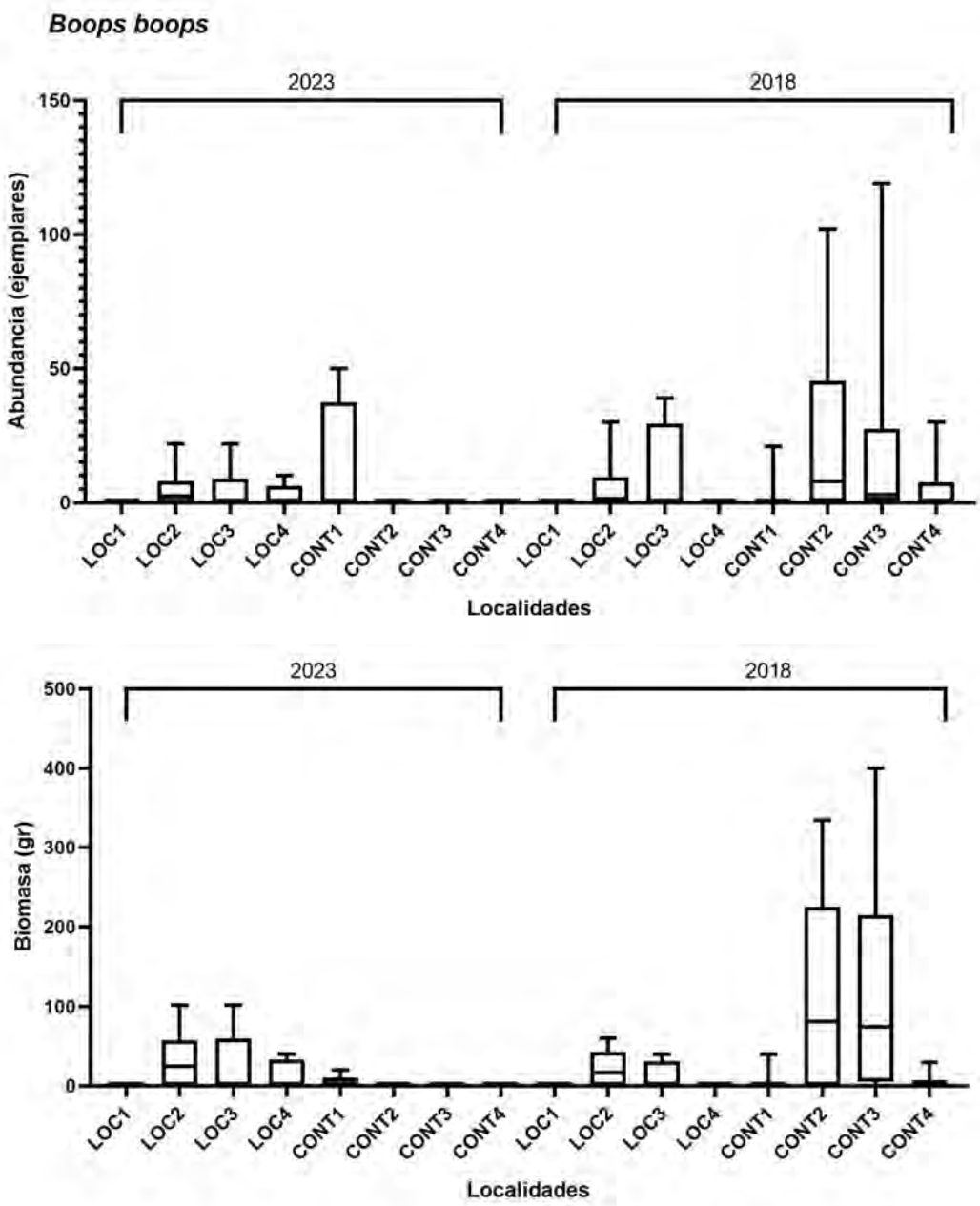

Figura 2.19.k. *Gráficas de los datos de Abundancia y Biomasa para Boops boops.*

Tabla 2.9.k. *Resultados ANOVA sobre los datos de Abundancia y Biomasa para Boops boops.*

2023	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value
Reserva	1349	7	192,7	2,778	P=0,0163	7949	7	1136	3,120	P=0,0084
Reserva:Control	1060	7	151,4	2,182	P=0,0521	8902	7	1272	3,494	P=0,0041
Residual	3399	49	69,37			17835	49	364,0		

Interanual	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Reserva	5149	7	735,6	3,201	P=0,0041	23804	7	3401	1,353	P=0,2330
Reserva:Control	7291	15	486,0	2,115	P=0,0144	186485	15	12432	4,947	P<0,0001
Residual	24125	105	229,8			263853	105	2513		

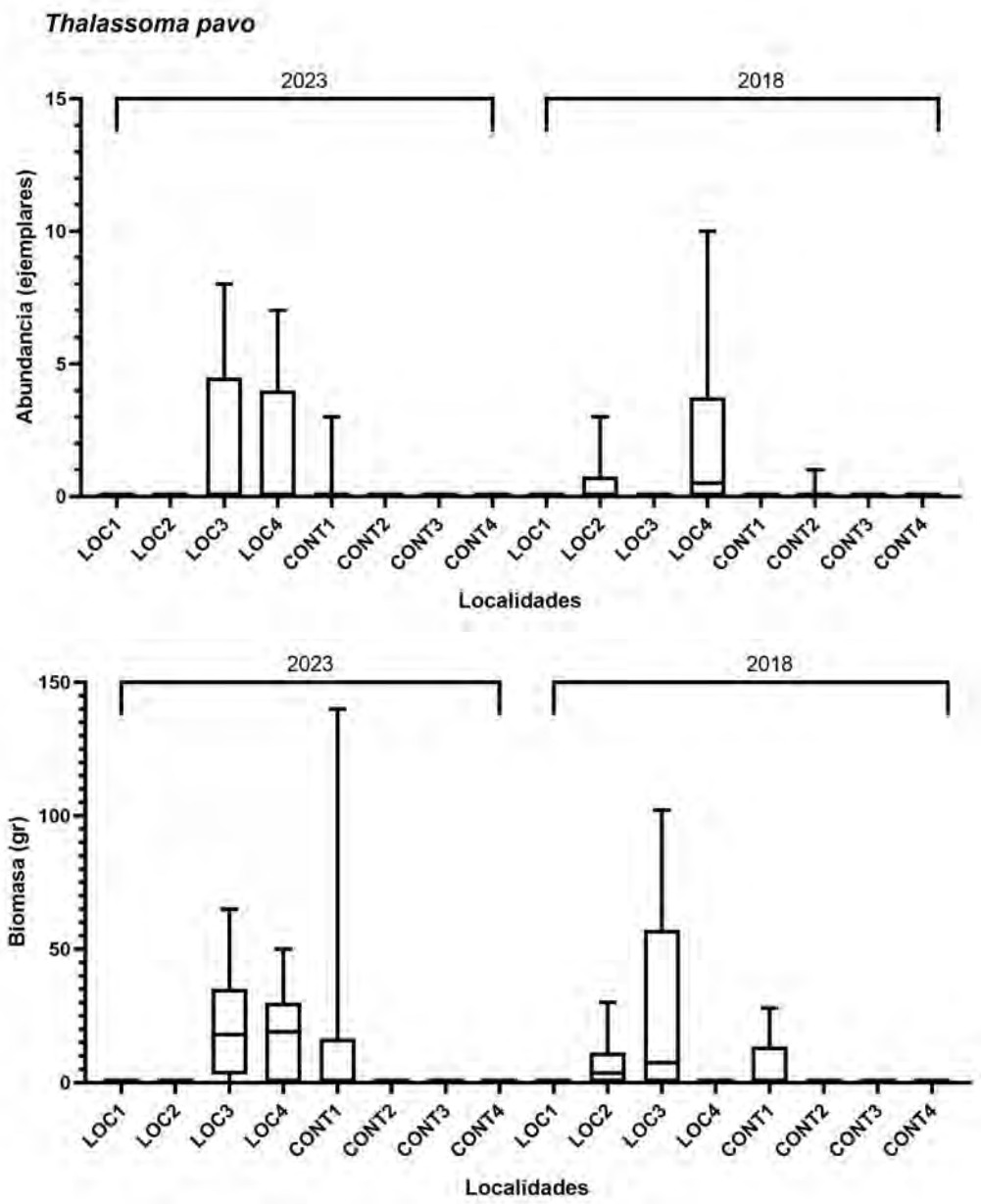

Figura 2.9.l. *Gráficas de los datos de Abundancia y Biomasa para Thalassoma pavo.*

Tabla 2.9.l. *Resultados ANOVA sobre los datos de Abundancia y Biomasa para Thalassoma pavo.*

2023	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value
Reserva	34,19	7	4,884	2,585	P=0,0237	3658	7	522,6	1,401	P=0,2265
Reserva:Control	43,19	7	6,170	3,266	P=0,0063	6284	7	897,7	2,406	P=0,0337
Residual	92,56	49	1,889			18281	49	373,1		

Interanual	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Reserva	28,93	7	4,133	2,258	P=0,0352	5019	7	717,0	2,618	P=0,0157
Reserva:Control	78,49	15	5,233	2,859	P=0,0009	11847	15	789,8	2,883	P=0,0008
Residual	192,2	105	1,830			28762	105	273,9		

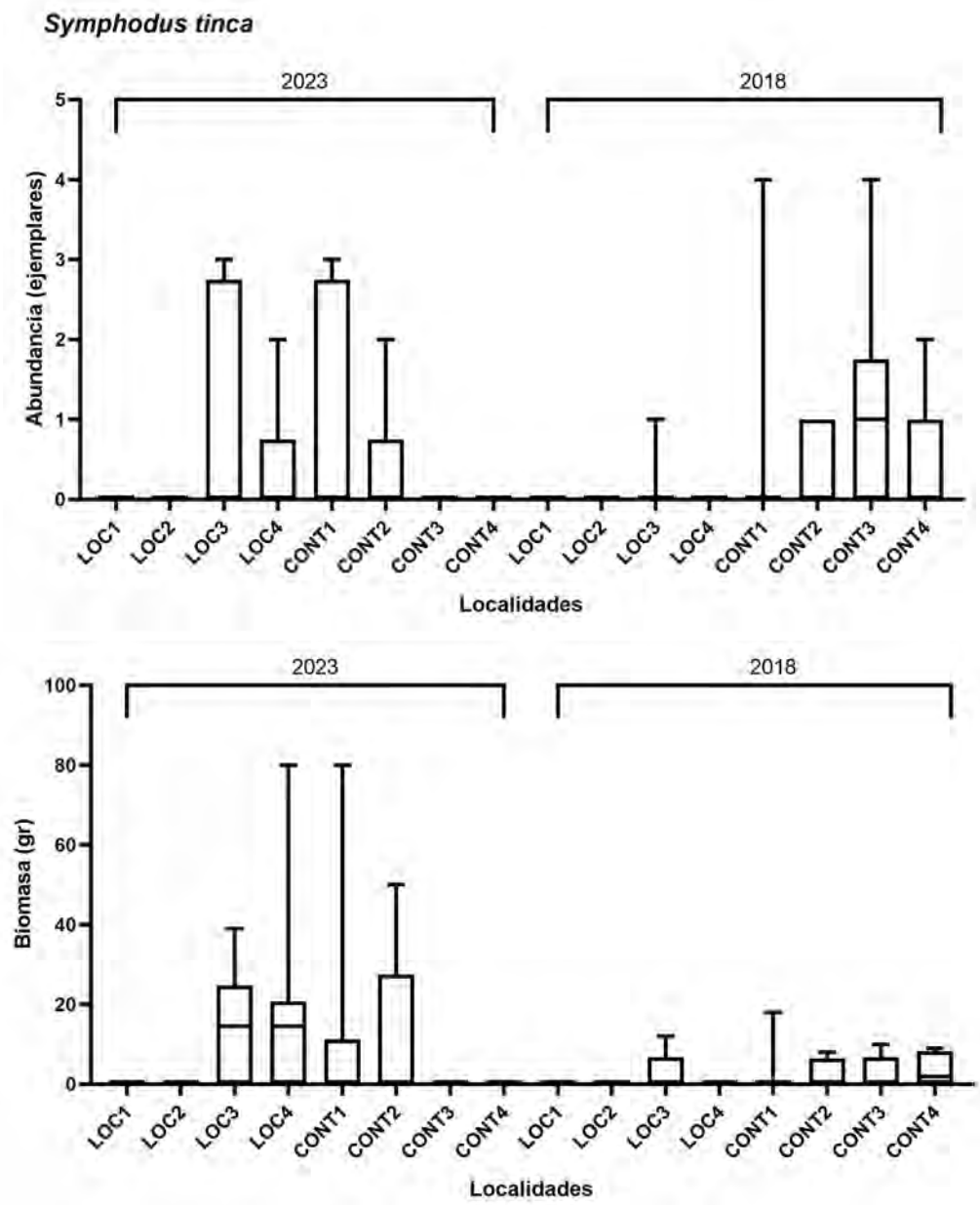

Figura 2.19.m. *Gráficas de los datos de Abundancia y Biomasa para Symphodus tinca.*

Tabla 2.9.m. *Resultados ANOVA sobre los datos de Abundancia y Biomasa para Symphodus tinca.*

2023	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn, DFd	P-value	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value
Reserva	13,19	7	1,884	4,091	P=0,0013	2827	7	403,8	1,740	P=0,1215
Reserva:Control	10,69	7	1,527	3,316	P=0,0057	3627	7	518,1	2,233	P=0,0472
Residual	22,56	49	0,4605			11371	49	232,1		

Interanual	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Reserva	18,49	7	2,642	5,451	P<0,0001	2308	7	329,8	2,734	P=0,0120
Reserva:Control	19,18	15	1,279	2,639	P=0,0020	4748	15	316,6	2,624	P=0,0021
Residual	50,88	105	0,484			12665	105	120,6		

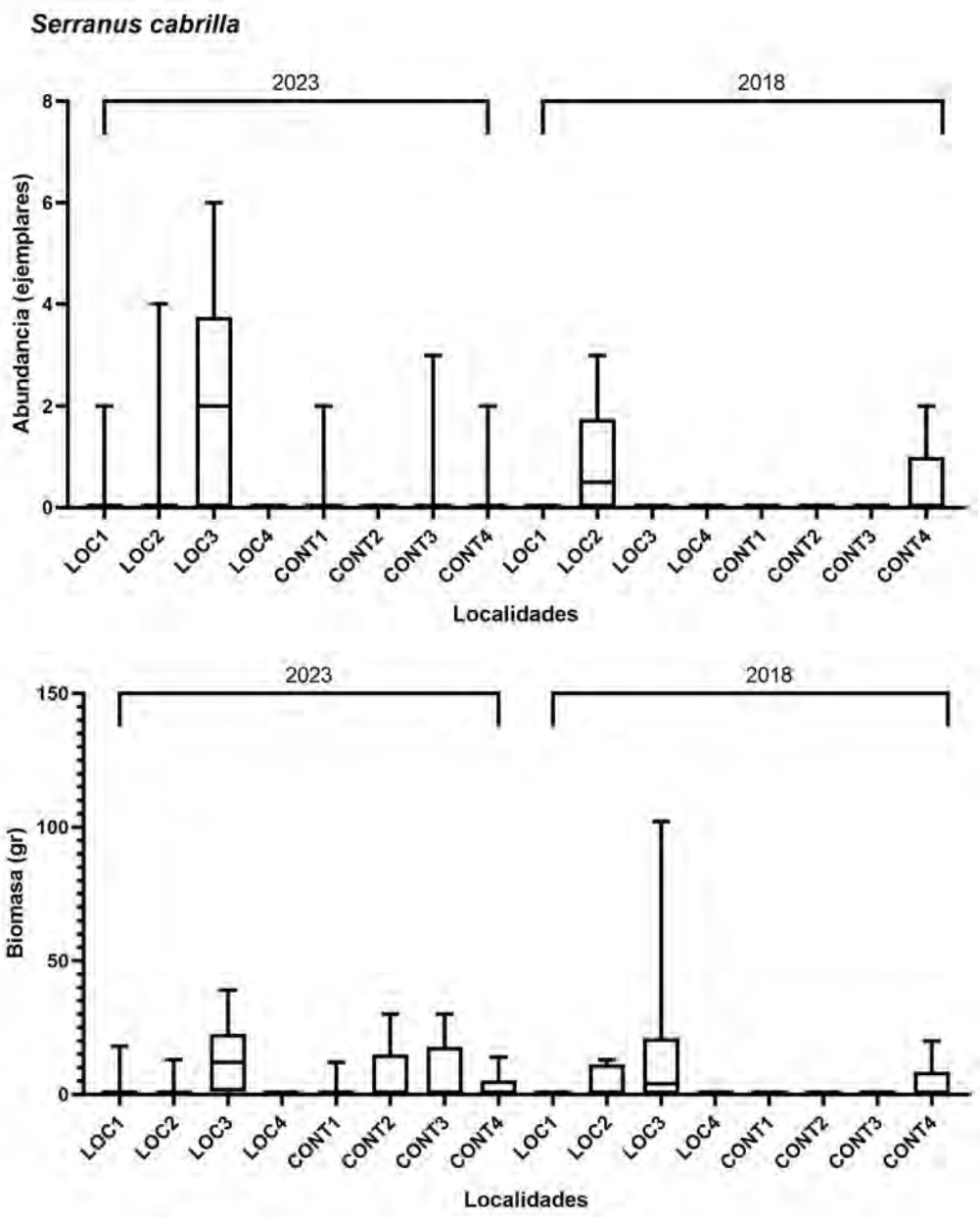

Figura 2.19.n. *Gráficas de los datos de Abundancia y Biomasa para Serranus cabrilla.*

Tabla 2.9.n. *Resultados ANOVA sobre los datos de Abundancia y Biomasa para Serranus cabrilla.*

2023	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn, DFd	P-value
Reserva	22,19	7	3,170	3,607	P=0,0033	1085	7	155,1	2,662	P=0,0204
Reserva:Control	26,69	7	3,813	4,338	P=0,0008	1100	7	157,1	2,698	P=0,0191
Residual	43,06	49	0,8788			2854	49	58,25		

Interanual	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value
Reserva	16,55	7	2,365	4,033	P=0,0006	2498	7	356,8	3,522	P=0,0020
Reserva:Control	35,74	15	2,383	4,064	P<0,0001	3319	15	221,3	2,184	P=0,0112
Residual	61,57	105	0,5864			10638	105	101,3		

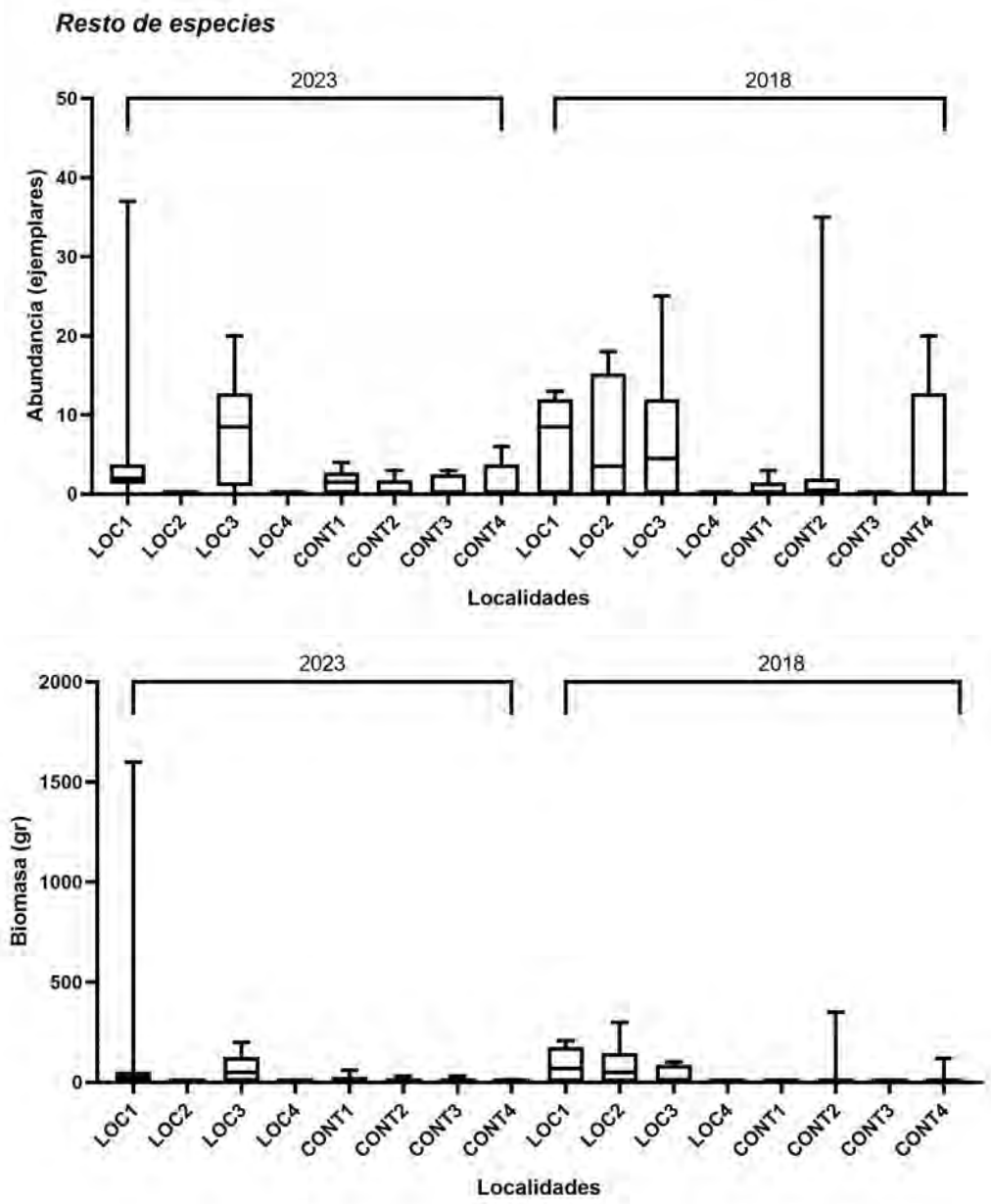

Figura 2.19.o. *Gráficas de los datos de Abundancia y Biomasa para el resto de las especies.*

Tabla 2.9.o. *Resultados ANOVA sobre los datos de Abundancia y Biomasa para el resto de las especies.*

2023	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value
Reserva	234,7	7	33,53	1,297	P=0,2717	341135	7	48734	1,275	P=0,2825
Reserva:Control	544,0	7	77,71	3,006	P=0,0105	332118	7	47445	1,241	P=0,2992
Residual	1267	49	25,85			1873631	49	38237		

Interanual	**Abundancia**					**Biomasa**				
	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value
Reserva	768,5	7	109,8	3,334	P=0,0030	296304	7	42329	2,035	P=0,0574
Reserva:Control	1205	15	80,36	2,441	P=0,0043	402179	15	26812	1,289	P=0,2223
Residual	3457	105	32,93			2184240	105	20802		

2.2. SEGUIMIENTO DE LAS CAPTURAS DE ESPECIES OBJETIVO

2.2.1. PLANTEAMIENTO Y METODOLOGÍA

Este seguimiento se ha realizado según especifica el pliego de prescripciones técnicas, cuya metodología se basa en el análisis de los datos del registro de capturas diarias subastadas, en este caso, en el puerto de Peñíscola (Castellón), el más cercano a la reserva. Los datos se comparan con los del conjunto de la Comunitat Valenciana. Además, se analizan las tendencias de las capturas globales y de 5 especies objetivo de la flota artesanal del puerto de Peñíscola.

En este informe se analizan las tendencias de las capturas de cinco especies principales en los desembarcos pesqueros del puerto de Peñíscola: pulpo (*Octopus vulgaris*), sepia (*Sepia officinalis*), pagel (*Pagellus erythrinus*), mabra o herrera (*Lithognathus mormyrus*) y gamba (*Penaeus kerathurus*). Los datos se han tomado sólo de la flota artesanal, tanto a nivel local como global.

El análisis incluye los datos de los últimos cinco años completos, desde 2018 hasta 2022, además de los del último informe 2018 presentado. Se han confeccionado las mismas gráficas que en el informe anterior. Se presentan a continuación los resultados obtenidos.

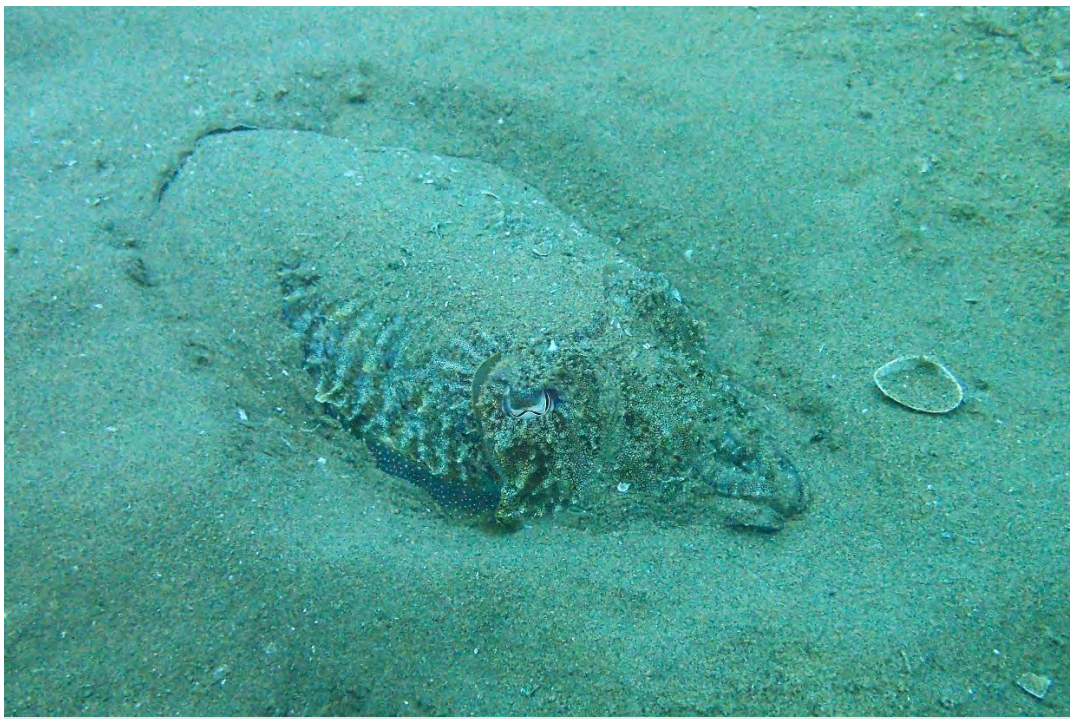

Figura 2.20. *Ejemplar* de *Sepia officnalis en el entorno de una pradera de Cymodocea nodosa.*

2.2.2. RESULTADOS DEL SEGUIMIENTO DE CAPTURAS

Según indican los datos recogidos en la Figura 2.21, las capturas del conjunto de la flota de artes menores de la Comunitat Valenciana en el periodo 2019-2022, son del orden de las 1.670 toneladas anuales. En 2022 superan las 1.217 toneladas, cifra inferior a la media indicada. La captura de la flota de artes menores de Peñíscola en los últimos 5 años está por encima de las 180 toneladas anuales, lo cual supone el 10,9% del total de la Comunidad.

Los datos indican un descenso en las capturas del conjunto de la Comunidad Valenciana, en términos de biomasa, en la anterior serie analizada 2011-2017, el orden de capturas se situaba en 2.000 toneladas-. En Peñíscola se aprecia también ese descenso durante el periodo 2018-2022.

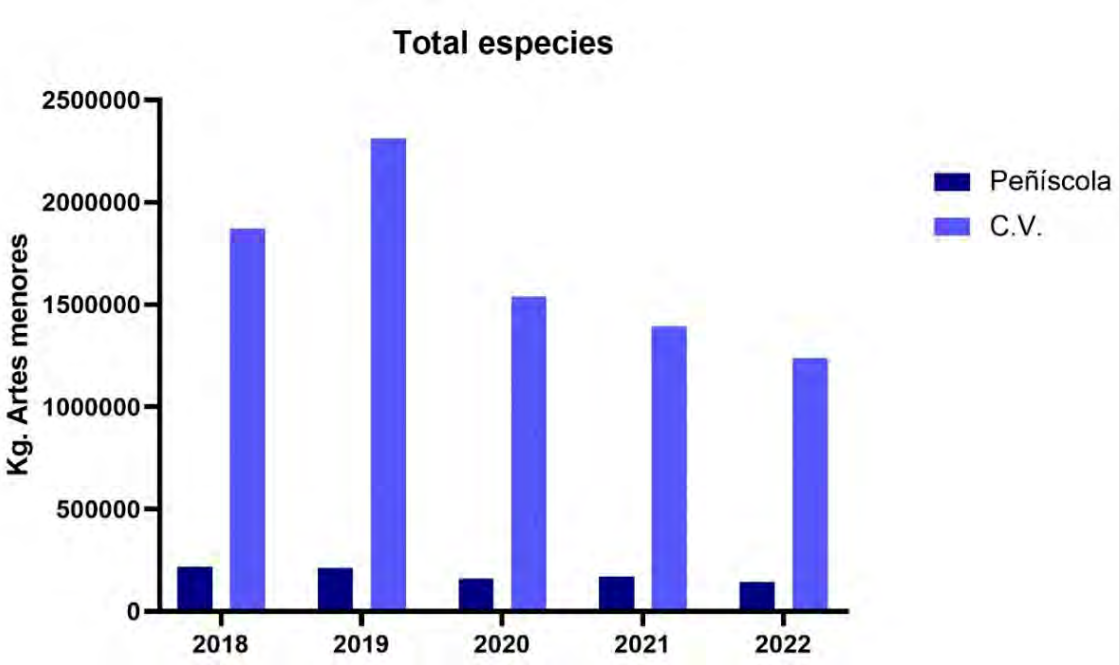

Figura 2.21. *Capturas totales de la flota de artes menores de Peñíscola y del conjunto de la Comunitat Valenciana.*

Tabla 2.10. *Datos de capturas de la flota de artes menores y del conjunto de la Comunitat Valenciana.*

	2018	2019	2020	2021	2022
Total Peñíscola	217.635,84	212.088,38	159.844,8	170.718,58	142.563,48
Total C.V.	1.871.480,11	2.312.901,92	1.537.869,87	1.392.003,78	1.237.991,34
% Peñíscola	11,63	9,17	10,40	12,26	11,52

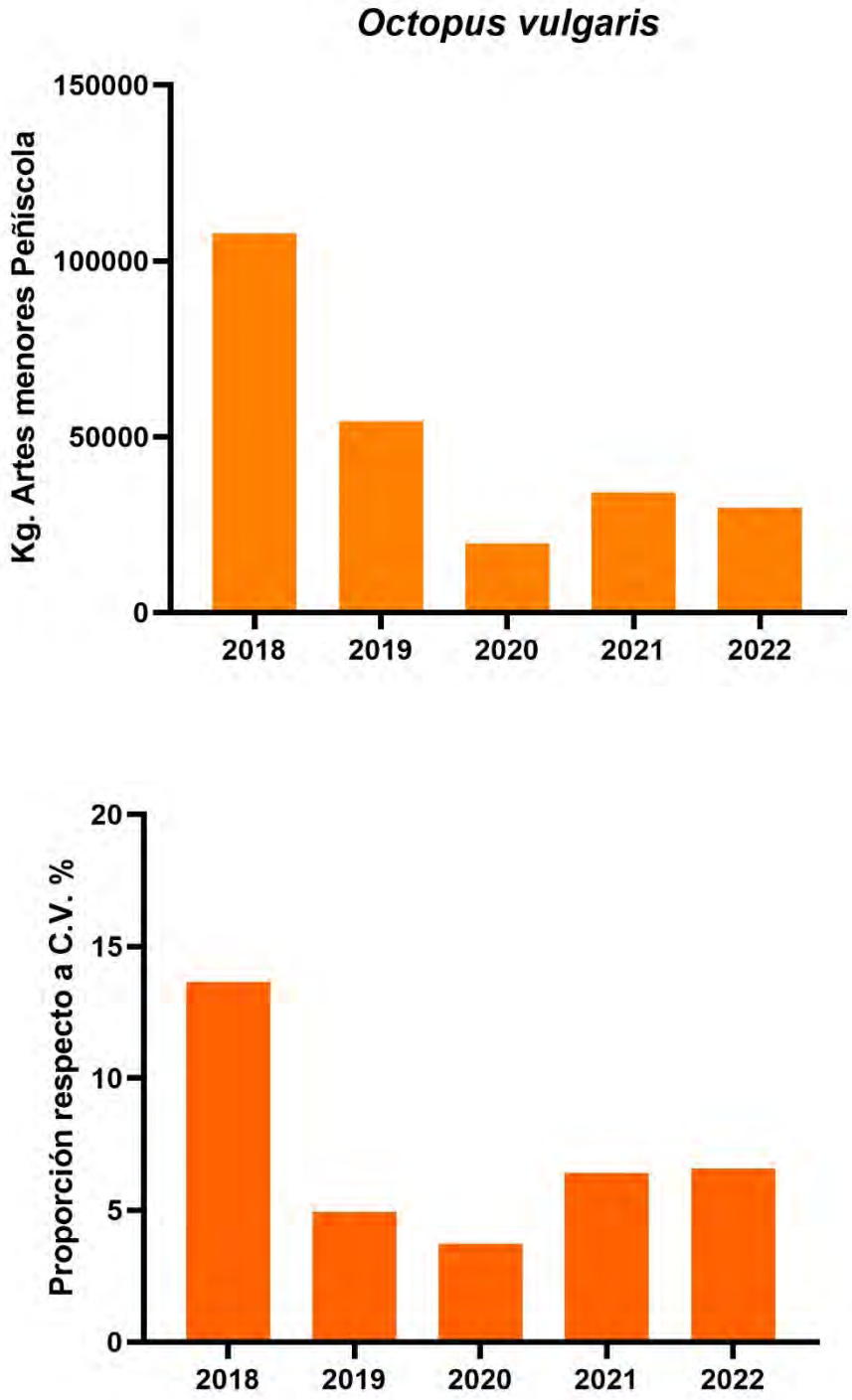

Figura 2.22. *Evolución de las capturas de pulpo (Octopus vulgaris) por parte de la flota de artes menores de Peñíscola, e importancia relativa en el conjunto de capturas de la Comunitat Valenciana.*

Las capturas de pulpo en Peñíscola en 2018 representaron un incremento notorio en los últimos años con un 14% respecto al total autonómico, pero presentando una tendencia decreciente hasta el 2020. Las capturas de 2021 y 2022 presentan un incremento, ascendiendo en el conjunto a un 5%.

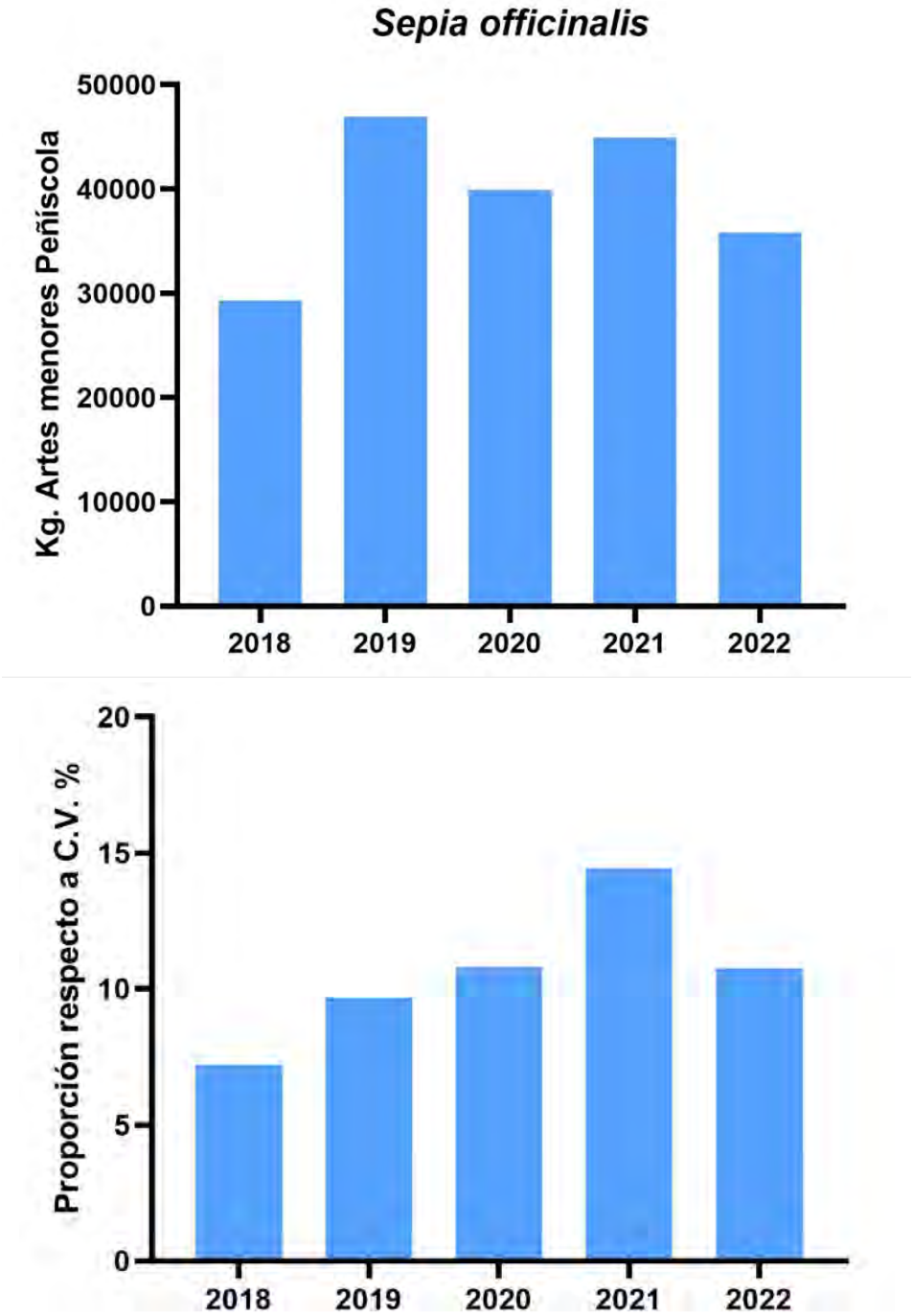

Figura 2.23. *Evolución de las capturas de sepia (Sepia officinalis) por parte de la flota de artes menores de Peñíscola, e importancia relativa en el conjunto de capturas de la Comunitat Valenciana.*

En caso de la sepia, las capturas han ido en aumento con el paso de los años hasta 2021, donde posteriormente en 2022 se reporta un descenso más notorio, de más del 4%. En conjunto, las capturas siguen respondiendo a un porcentaje importante, representando un 10% del total autonómico.

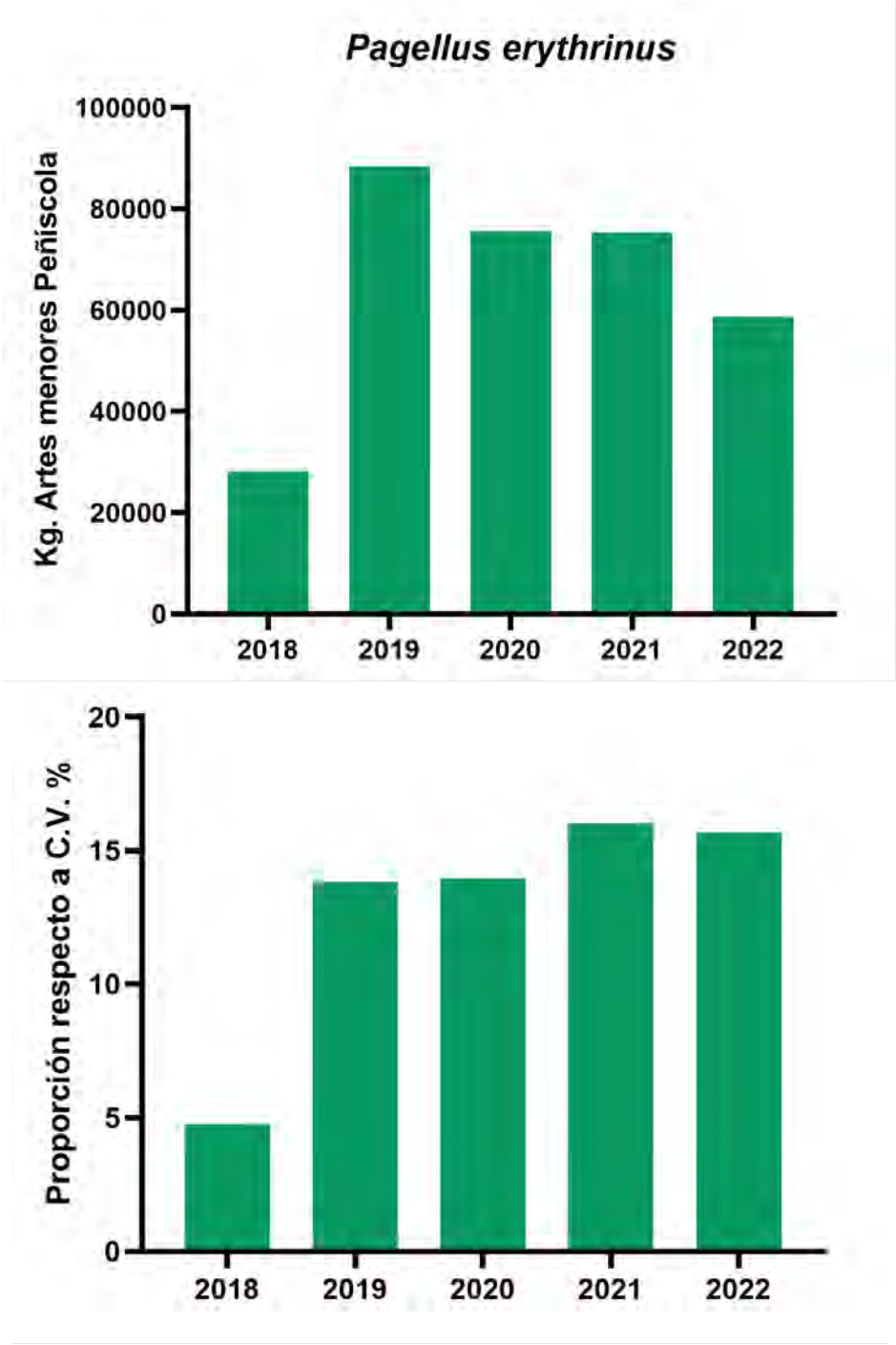

Figura 2.24. *Evolución de las capturas de pagel (Pagellus erythrinus) por parte de la flota de artes menores de Peñíscola, e importancia relativa en el conjunto de capturas de la Comunitat Valenciana.*

Para el caso de la breca o pagel, las capturas de Peñíscola muestran una tendencia en aumento, aunque ha habido un ligero descenso en el último año. En conjunto, las capturas siguen respondiendo a un porcentaje importante, representando un 12% respecto del total autonómico.

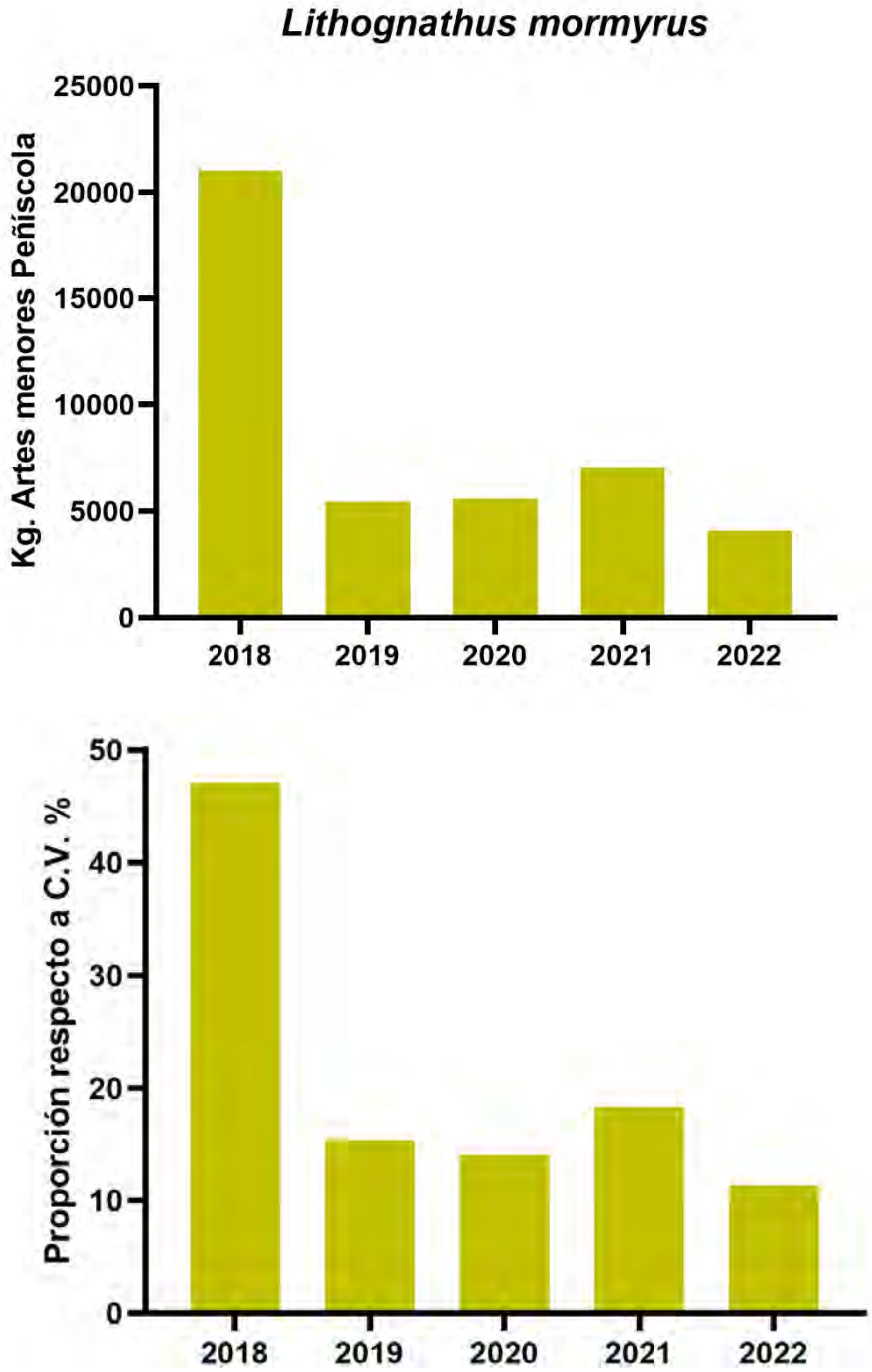

Figura 2.25. *Evolución de las capturas de mabra o herrera (Lithognathus mormyrus) por parte de la flota de artes menores de Peñíscola, e importancia relativa en el conjunto de capturas de la Comunitat Valenciana.*

Las capturas de mabra o herrera presentaron un incremento sustancial en el año 2018, con una proporción importante respecto el nivel autonómico, un 47%. En los años posteriores, se observa un decrecimiento notable en Peñíscola, un 16%.

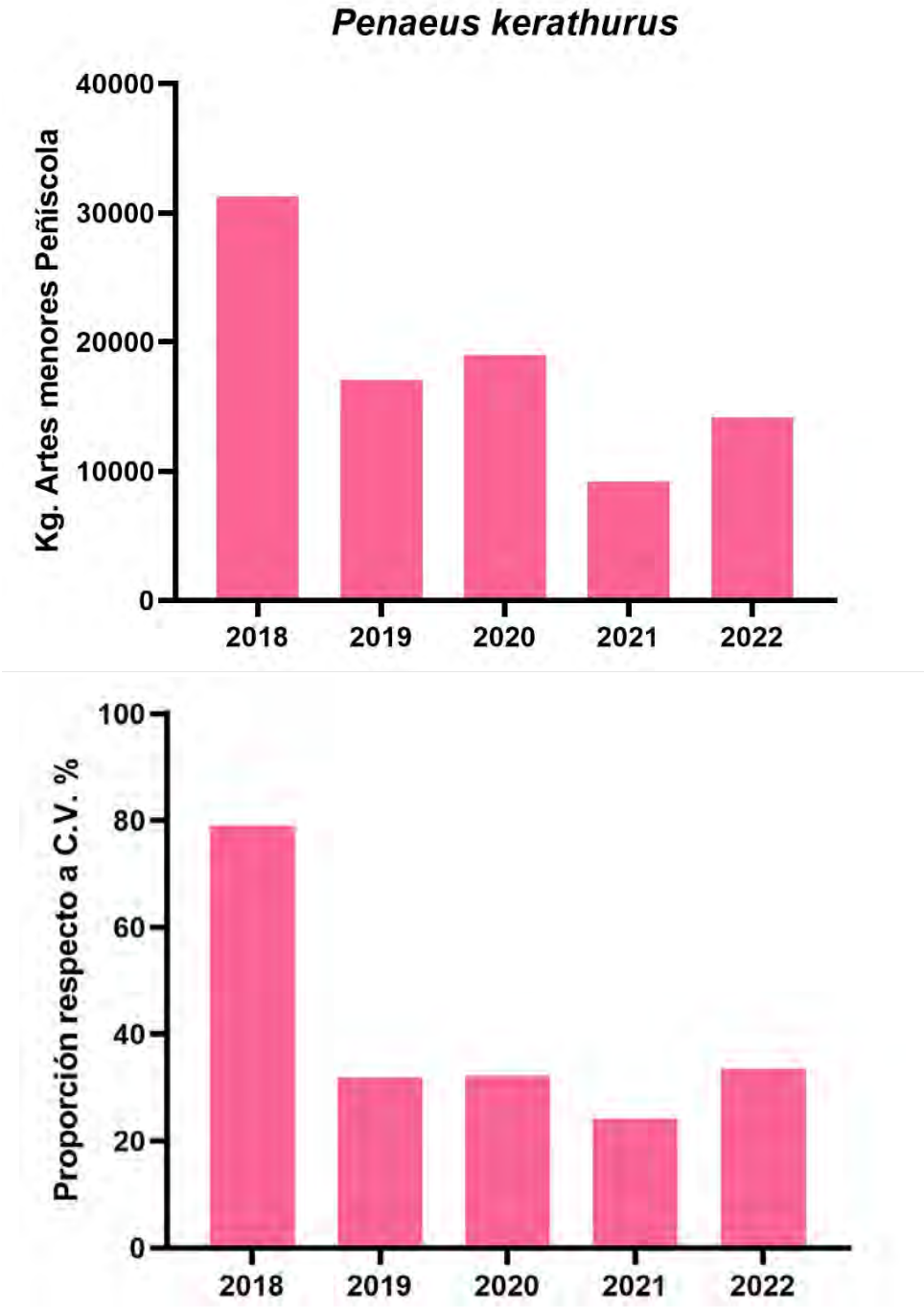

Figura 2.26. *Evolución de las capturas de langostino (Paneus kerathurus) por parte de la flota de artes menores de Peñíscola, e importancia relativa en el conjunto de capturas de la Comunitat Valenciana.*

En el caso de las capturas de langostino, al contrario de las otras especies analizadas, se han incrementado sustancialmente en 2018 llegando a un 79% respecto el total autonómico. El resto de los años posteriores siguen presentando un porcentaje elevado, representando en promedio cerca del 40% del total autonómico.

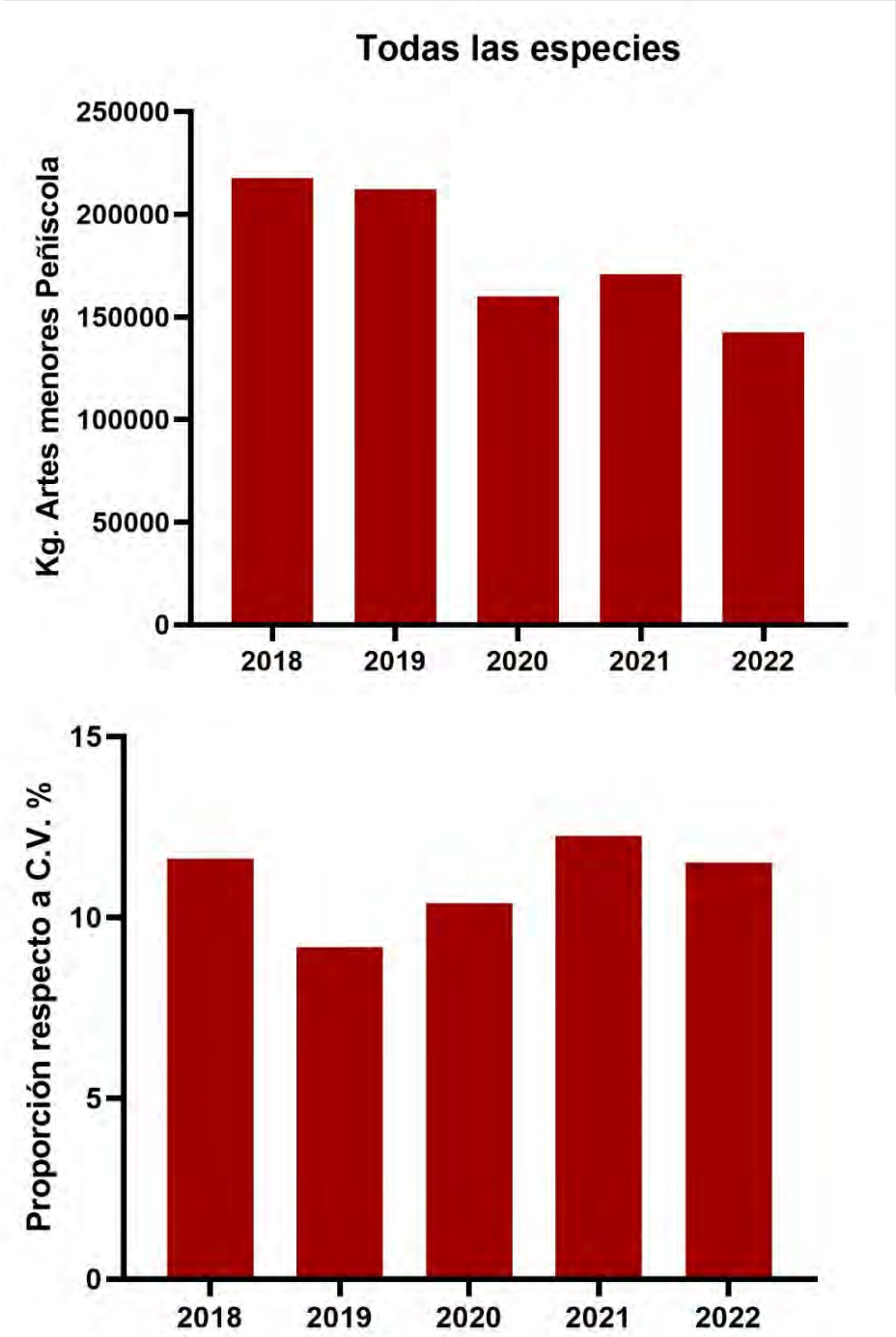

Figura 2.27. *Evolución de las capturas totales de la flota de artes menores de Peñíscola, e importancia relativa en el conjunto de la Comunitat Valenciana.*

En general, las capturas de todas las especies han disminuido en relación con el pasado año, aunque el descenso no ha sido tan acusado en el puerto de Peñíscola como en el conjunto de la Comunitat Valenciana.

Este descenso podría explicarse por el buen año que ha sido para la captura del langostino. Esta especie tiene un alto valor comercial, por lo que la flota dedica más esfuerzo a su captura que al resto de especies. Como el langostino es una especie

pequeña, su biomasa representa una proporción menor del total de las capturas, pero su importancia económica es mayor.

Sin embargo, exceptuando el langostino, la importancia relativa de las demás especies en el puerto de Peñíscola ha disminuido en relación con el conjunto de la Comunitat Valenciana. Se aprecia una tendencia al decrecimiento. Esto es contrario a lo que se podría esperar si se diera un efecto reserva, que favorecería las capturas próximas al entorno protegido.

3. SEGUIMIENTO DE COMUNIDADES Y ESPECIES DE INTERÉS PATRIMONIAL O ECOLÓGICO

3.1. PRADERAS DE ANGIOSPERMAS MARINAS

3.1.1. MATERIAL Y MÉTODOS

En la Reserva Marina de la Sierra de Irta se encuentran dos especies de angiospermas marinas: *Cymodocea nodosa*, distribuida por la reserva, entre 5 y 15 m. de profundidad, y *Posidonia oceanica* con una distribución mucho más limitada y somera (1-7 m.).

Para estimar el estado de conservación de dichas praderas de angiospermas, y atendiendo al pliego de prescripciones técnicas, se han muestreado 9 localidades, las establecidas previamente en la campaña de seguimiento científico de la RMIP del 2016. Estas localidades se encuentran distribuidas por toda la reserva y se muestrearon durante el mes de julio de 2023 mediante buceo con escafandra autónoma. De las 9 localidades de muestreo, 7 de ellas se sitúan en pradera de *Cymodocea nodosa* y 2 de ellas en pradera de *Posidonia oceanica* (Tabla 3.1, figura 3.1).

Tabla 3.1. *Localidades (estaciones) de las dos especies de fanerógamas marinas presentes en la RMIP Sierra de Irta. Coordenadas y profundidad.*

Localidad	Fanerógama	Latitud	Longitud	Profundidad (m)
CYMO 1	*Cymodocea nodosa*	N 40º18'50.0''	E000º22'43.7''	12
CYMO 2	*Cymodocea nodosa*	N 40º19'21.1''	E000º22'03.6''	5
CYMO 3	*Cymodocea nodosa*	N 40º18'24.5''	E000º22'01.3''	10
CYMO 4	*Cymodocea nodosa*	N 40º17'15.3''	E000º20'29.0''	7,5
CYMO 5	*Cymodocea nodosa*	N 40º16'13.2''	E000º19'19.0''	6,5
CYMO 6	*Cymodocea nodosa*	N 40º15'32.1''	E000º19'43.5''	13,5
CYMO 7	*Cymodocea nodosa*	N40º15'10.3"	E000º19'18.9"	14
Localidad 8	*Posidonia oceanica*	N 40º17'42.0''	E000º20'47.8''	4
Localidad 9	*Posidonia oceanica*	N 40º17'39.0''	E000º20'32.5''	3

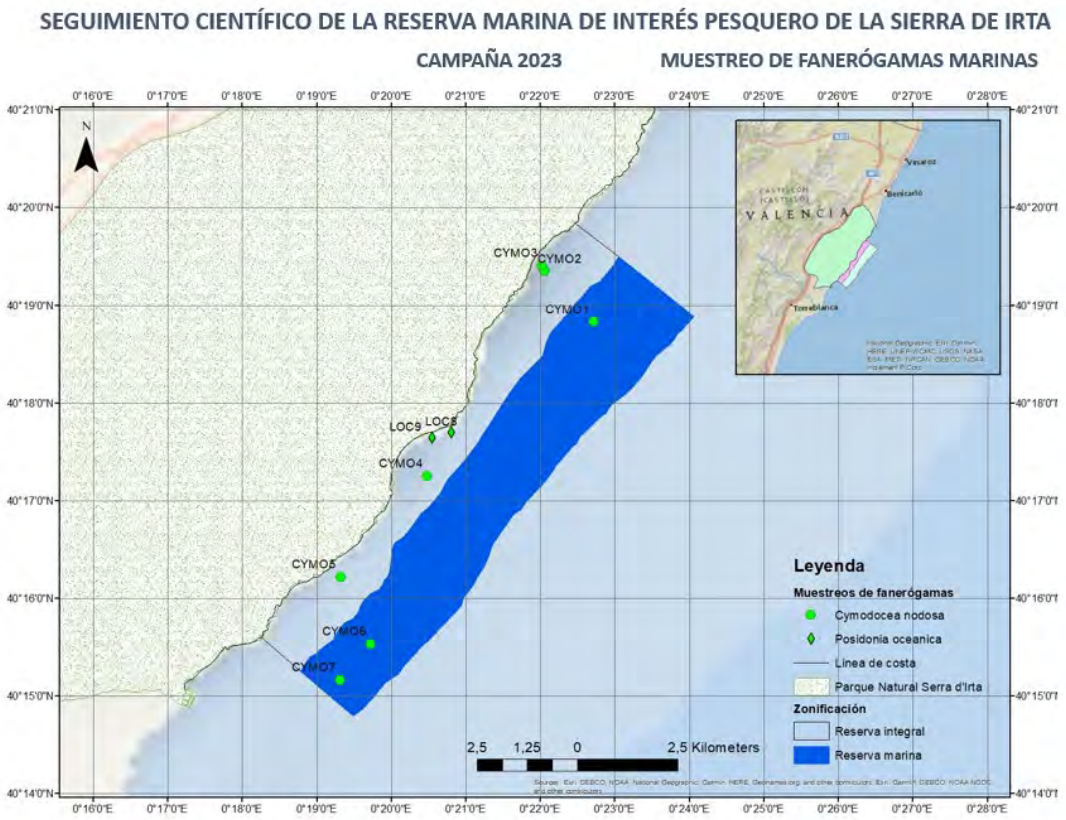

Figura 3.1. *Situación de las localidades muestreadas en la Reserva de Sierra de Irta durante julio de 2023.*

Caracterización del estado de la pradera de *Posidonia oceanica*

Para estimar el estado de conservación de las praderas de *Posidonia oceanica* se han utilizado descriptores relacionados tanto con la estructura de las praderas, empleando el método que se aplica en la Comunidad Valenciana para la clasificación de las praderas de *Posidonia oceanica* en la Directiva Marco del Agua (Fernández-Torquemada et al., 2008) pero a una profundidad menor (3 – 7 m.), ya que en la reserva no existen praderas de esta especie a mayores profundidades.

Atendiendo al pliego de prescripciones técnicas, en las dos localidades de muestreo con *Posidonia oceanica* (Localidad 8 y Localidad 9) se seleccionaron tres sitios de muestreo separados entre ellos 50 metros donde se tomaron datos de los siguientes descriptores:

Densidad: número de haces por metro cuadrado de pradera (Romero, 1985). Se empleó un cuadrado de 25 x 25 cm arrojado de forma aleatoria sobre las manchas de *Posidonia*. Se tomaron 9 réplicas en cada uno de los sitios, donde se contó el número de haces existentes dentro de cada cuadrado, extrapolándose hasta una unidad de 1 m^2 de superficie.

Cobertura: se empleará el método desarrollado por Romero (1985) y Sánchez Lizaso (1993). La longitud de los transectos empleados es de 25 m, en los que se registra la extensión de la cinta ocupada por pradera de *Posidonia,* mata muerta, sustrato arenoso, rocoso, presencia de otras especies presentes (*Caulerpa*, etc.). Los valores obtenidos se expresarán en porcentajes de recubrimiento.

Grado de descalzamiento o enterramiento de los haces: Se determinó midiendo la distancia existente entre la lígula de las hojas adultas y el sedimento para diez rizomas ortótropos en cada uno de los sitios.

Tipo de crecimiento del rizoma: Para estimar este descriptor se empleó un cuadrado de 50 x 50 cm2, arrojado de forma aleatoria sobre las manchas de *P. oceanica*, donde se determinó la proporción de rizomas plagiótropos (crecimiento horizontal), frente a la de ortótropos (crecimiento vertical). En cada uno de los sitios se tomaron tres replicas y se calculó el porcentaje de haces plagiótropos existentes por sitio de muestreo.

Morfología de los haces: Consiste en la obtención y comparación de parámetros biométricos de las hojas de *P. oceanica*, ya que estos descriptores pueden presentar variaciones significativas en función de múltiples impactos o presiones antrópicas (Delgado et al*.,* 1999; Ruiz, 2000). Para ello se trabajó en el laboratorio con cinco haces ortótropos recogidos de forma aleatoria en cada uno de los sitios (Romero, 1985). Se tomaron las siguientes medidas y acciones:

a) Número de hojas presentes en cada haz.
b) Longitud total: longitud del limbo foliar desde el meristemo basal hasta su ápice.
c) Anchura: se mide en la parte media de las hojas para que sea lo más representativa posible.

d) Superficie foliar: valor que se obtiene al multiplicar la longitud por la anchura media de todas las hojas de un haz.
e) Estado del ápice: puede aparecer entero, roto o mordido por algún herbívoro.
f) Manchas de necrosis: superficie de la hoja en la que aparece tejido necrosado que suele ser indicativo de que la planta está sometida a algún tipo de estrés.
g) Biomasa foliar: las hojas desepifitadas se dejaron secar en una estufa a 70º C durante 48 h y se procedió al pesado de las mismas.
h) Biomasa de epífitos: los epífitos se separan de las hojas empleando una cuchilla y se secan en una estufa a 70º C durante un mínimo de 48 horas, ya que es cuando se alcanza el peso constante. Tras el secado se pesan para establecer la biomasa de epífitos por haz.
i) Carga de epífitos: con los valores de peso seco de epífitos se estimó la carga de epífitos por unidad de superficie, usando los datos de superficie foliar total del haz calculados con las medidas de longitud y anchura foliar.

Caracterización del estado de las praderas de *Cymodocea nodosa*

Para la estimación del estado de conservación de las praderas de *Cymodocea nodosa* se ha empleado una metodología similar a la anterior, siguiendo lo indicado en el pliego de prescripciones técnicas de este seguimiento, como se describe a continuación.

Las 7 localidades muestreadas se encuentran en un rango de profundidades de entre 5 y 15 m. Para el seguimiento en curso, como se ha indicado anteriormente, estaba previsto volver a las estaciones (localidades) en las que se había realizado el muestreo durante el seguimiento que dio origen al informe de 2018. Visitadas esas estaciones, se comprobó, mediante la realización de inmersiones de reconocimiento, que no había presencia de pradera de *C. nodosa*. Hubo que acometer varias salidas para poder encontrar el nuevo asentamiento de esta fanerógama, mediante la utilización de cámaras remolcadas y reconocimientos mediante inmersión de equipos en parejas. La búsqueda dio sus frutos y se comprobó cierto desplazamiento de *C. nodosa* dentro de las mismas estaciones. La causa probable de esta traslocación es la sucesión de temporales de levante que ha habido desde el último muestreo y que ha desplazado estas praderas a ubicaciones que, por la orografía y dinámica de los fondos arenosos, han resultado más favorables para el reasentamiento de esta especie.

Según lo prescrito, los muestreos en cada localidad se realizaron en tres sitios, con una separación entre ellos de 50 metros (3 sitios por localidad) donde se tomaron datos de los siguientes descriptores:

Densidad: se empleó un cuadrado de 25 x 25 cm arrojado de forma aleatoria sobre las manchas de *C. nodosa*. En cada uno de los sitios se realizaron 3 réplicas, contando el número de haces existentes dentro de cada cuadrado, extrapolándose hasta una unidad de 1 m^2 de superficie.

Cobertura: porcentaje de la superficie del substrato cubierta por *C. nodosa*. Se estimó empleando una cinta métrica de 20 metros, también con 3 réplicas, en las que se registró la longitud cubierta por la pradera, así como la presencia de otros substratos (roca, arena, etc.). Posteriormente los valores obtenidos fueron expresados como porcentajes de recubrimiento.

Morfología de los haces: Consiste en la obtención y comparación de parámetros biométricos de las hojas de *C. nodosa*, mediante la toma de las siguientes medidas:

a) Número de hojas presentes en cada haz.
b) Longitud total: longitud del limbo foliar desde el meristemo basal hasta su ápice.
c) Anchura: que se mide en la parte media de las hojas para que sea lo más representativa posible.
d) Superficie foliar: valor que se obtiene al multiplicar la longitud por la anchura media de todas las hojas de un haz.
e) Manchas de necrosis: superficie de la hoja en la que aparece tejido necrosado que suele ser indicativo de que la planta está sometida a algún tipo de estrés.
f) Biomasa foliar: las hojas desepifitadas se dejaron secar en una estufa a 70º C durante 48 h. Posteriormente se procedió a su pesado.
g) Biomasa de epífitos: los epífitos se separan de las hojas empleando una cuchilla y se secan en una estufa a 70º C durante un mínimo de 48 horas, ya que es cuando se alcanza el peso constante. Tras el secado se pesan para establecer la biomasa de epífitos por haz.
h) Carga de epífitos: con los valores de peso seco de epífitos se estimó la carga de epífitos por unidad de superficie, usando los datos de superficie foliar total del haz calculados con las medidas de longitud y anchura foliar.

Análisis de datos

Se realizó el análisis estadístico de los descriptores establecidos para las distintas localidades mediante el análisis de la varianza. Para estos análisis se empleó un ANOVA anidado de dos factores, con la localidad como factor principal y fijo, y con el factor sitio

aleatorio y anidado en el anterior. Los cálculos fueron realizados con el programa estadístico GraphPad Prism 8.0.1., empleando un nivel de significación mínimo de $p < 0,05$.

Los valores inherentes a los descriptores examinados fueron sometidos a un análisis de componentes principales (PCA) con el propósito de establecer el índice de calidad ambiental para cada uno de los sitios objeto de estudio. Los componentes principales I y II fueron utilizados, delineando un plano que posibilita la representación de la mayor proporción de la variabilidad en el conjunto de datos.

Los objetos proyectados en este plano reflejan las distancias euclidianas en el espacio definido por los descriptores. Los resultados derivados del PCA revelan la existencia de un conjunto de variables agrupadas (clúster) a lo largo del primer componente (CI), identificado como la fuente preponderante de variabilidad.

En términos generales, las métricas que indican un óptimo estado ecológico exhiben correlación con el CI en dirección a la posición de la estación que representa las condiciones de referencia, mientras que aquellas que denotan un estado ecológico deficiente manifiestan una correlación con el CI en dirección a la estación representativa de condiciones degradadas. Tanto las estaciones de referencia como los sitios degradados fueron representados en este análisis, definiendo el índice de calidad ambiental como la puntuación sobre el CI del PCA.

3.1.2. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE LAS PRADERAS DE *Posidonia oceanica.*

Posidonia oceanica se localiza en la parte central de la reserva, y se ubicada a una corta distancia de la línea costera. Estas praderas, de aguas someras, presentan parches variables de *P. oceanica* sobre un lecho marino heterogéneo conformado por rocas y arena. No se encuentran a una profundidad más allá de los 4 metros.

Figura 3.2. *Muestreo de densidad haces P. oceanica.*

Se exponen, a continuación, los resultados correspondientes a cada uno de los descriptores sometidos a evaluación.

Densidad

Hay diferencias significativas en la densidad de haces de *P. oceanica* entre la Localidad 9 y la Localidad 8 (Tabla 3.2). Los valores de densidad en la Localidad 9 fueron más elevados (Fig. 3.2), coincidiendo con los resultados obtenidos en el informe de seguimiento del 2018, 2017 y 2016. En esta localidad, los sitios de muestreo se sitúan a menor profundidad (1,5 - 3 m) que en la Localidad 8 (3 - 3,5 m).

Si bien las diferencias de profundidad a las que se sitúan las praderas no son significativas entre sí, podrían ser suficientes como para dar explicación a las diferencias significativas observadas en los valores de densidad de haces entre las distintas localidades, así como la mayor variabilidad espacial (más somera) y de densidad de haces en la Localidad 9 en comparación con las dos restantes.

Tabla 3.2. *Resumen del análisis univariante ANOVA para los valores de densidad (haces/m^2) de Posidonia oceanica obtenidos en los tres sitios de muestreo de las dos localidades de estudio.*

	Densidad				
2023	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	267691	2	133845	0,6406	P=0,0541
Localidad:Sitio	1609769	1	1609769	7,704	P=0,0094
Residual	6268564	30	208952		

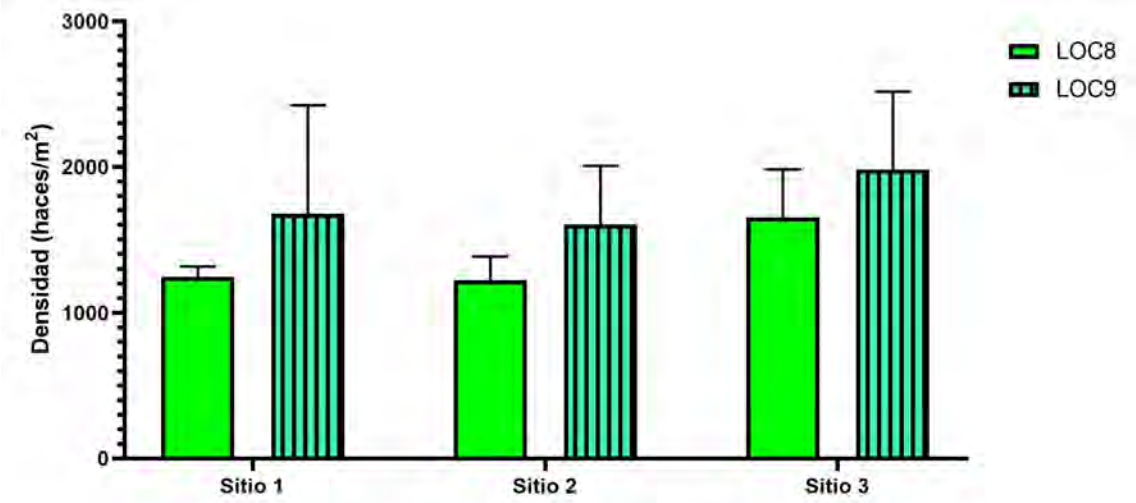

Figura 3.3. *Valores medios de densidad (haces/m²) de Posidonia oceanica obtenida en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

En general, los valores medios de densidad fueron más elevados en este año 2023 respecto a los años anteriores (Fig. 3.5). Se observaron en el sitio 1 de la Localidad 9, localizado a 2,1 metros de profundidad (1841,8 haces/m^2). Los valores medios más bajos fueron registrados en los sitios 2 de la Localidad 8 (567,1 haces/m^2). A diferencia de los estudios anteriores, se observan diferencias en las densidades de las localidades, siendo muy similares entre ellas en las obtenidas en los estudios del 2018 y 2017.

Las diferencias más notables son observables en los sitios 1 de las Localidades 8 y 9, donde la pradera de *Posidonia* ha aumentado en un 50,6% y 44,17% respectivamente.

Figura 3.4. *Rizomas de la pradera de Posidonia oceanica.*

Por el contrario, los sitios 2 de las Localidades 8 y 9 presentan disminuciones de pradera del 25,3% y 28,5% respectivamente (Tabla 3.3). Las diferencias observadas entre las praderas, probablemente se deban a la variabilidad espacial comentada con anterioridad. En cualquier caso, los datos siguen correspondiendo a praderas en equilibrio o bien conservadas según la clasificación de Pergent *et al* (1995).

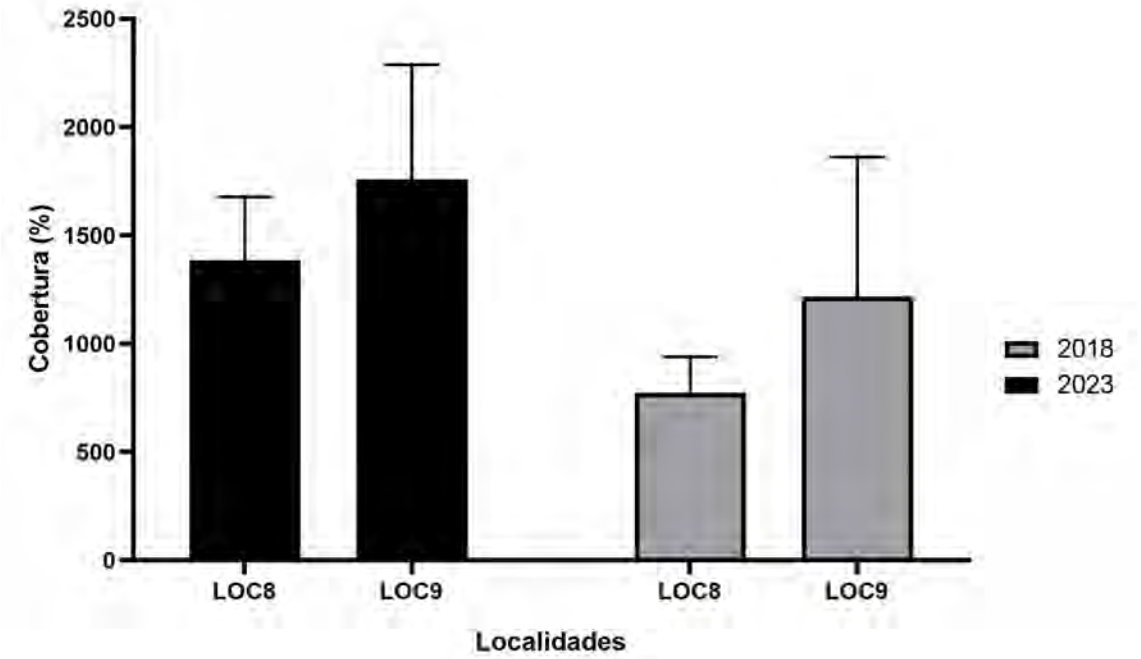

Figura 3.5. *Comparación gráfica de los valores medios de densidad (haces/m²) de Posidonia oceanica obtenidos en los estudios de seguimiento de la RMIP de 2023 y 2018.*

Tabla 3.3. *Comparación de los valores medios de densidad (haces/m²) de Posidonia oceanica obtenidos en los estudios de seguimiento de la RMIP realizados en julio de 2023, 2018 y 2017.*

Localidad	Sitio	Densidad 2023 (haces/m²)	Densidad 2018 (haces/m²)	Densidad 2017 (haces/m²)
L8	Sitio 1	1502,2	757,3	858,7
	Sitio 2	567,1	757,3	837,3
	Sitio 3	105,7	810,7	693,3
L9	Sitio 1	1841,8	1034,7	1189,3
	Sitio 2	1365,3	1882,7	1578,7
	Sitio 3	1472,9	736,0	2053,3

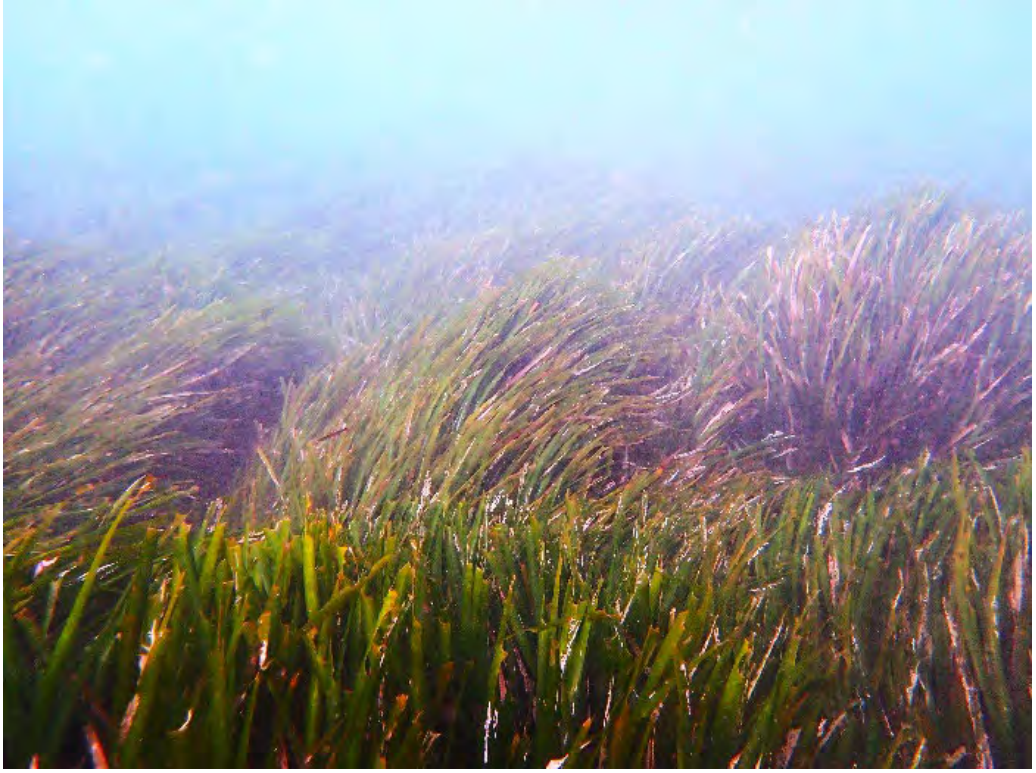

Figura 3.6. *Pradera de* Posidonia oceanica.

Cobertura

Las distintas localidades, en lo referente a la cobertura, no presentan diferencias significativas entre los valores de cobertura de las praderas (tabla 3.4, figura 3.7). Los valores de cobertura de *Posidonia* son de un 40 - 55% de recubrimiento general para la Localidad 8 y un 25 - 50% para la Localidad 9. En ambas localidades, los fondos son bastante heterogéneos, alternando zonas de pradera con arena, roca o pequeñas zonas de mata muerta. Cabe destacar la Localidad 8 como aquella que presenta mayores diferencias respecto al fondo con un mayor porcentaje de rocas (54%) respecto al resto de localidades de muestreo. Pese a ello, no se observaron diferencias significativas entre localidades.

Tabla 3.4. *Resumen del análisis univariante ANOVA para los valores de cobertura (%) de Posidonia oceanica obtenidos en los tres sitios de muestreo de las dos localidades de estudio.*

	Cobertura				
2023	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	1408	1	1408	11,64	P=0,0092
Localidad:Sitio	320,3	1	320,3	2,647	P=0,1424
Residual	968,0	8	121,0		

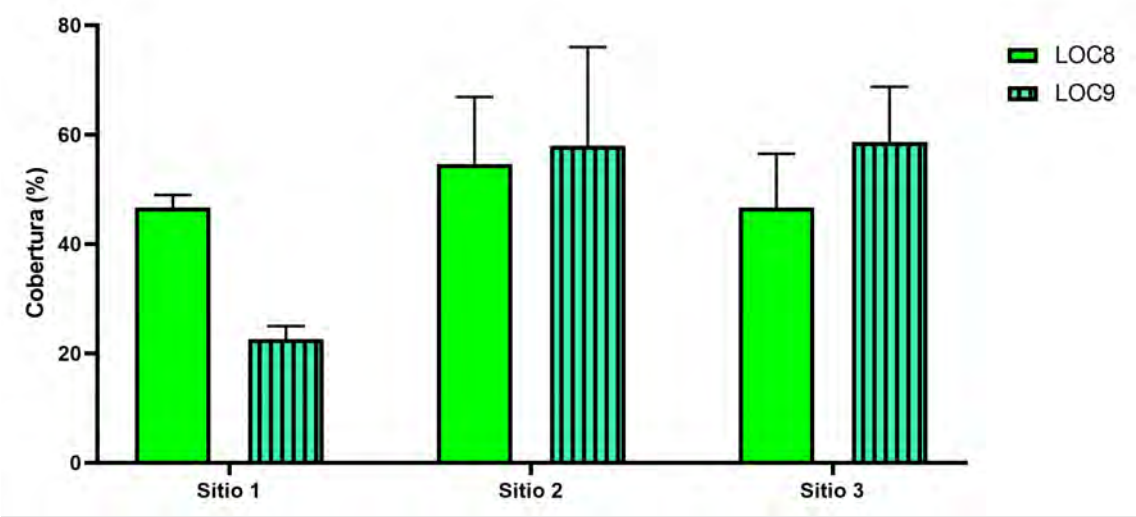

Figura 3.7. *Valores medios de cobertura (%) de Posidonia oceanica obtenida en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

Los valores de cobertura de este año 2023 fueron similares para los obtenidos en el último estudio de 2018, siendo un 37 - 52% de cobertura para la Localidad 8 y de un 32 - 51 % para la Localidad 9; y a su vez, menores que los datos de cobertura obtenidos en los estudios de seguimiento de 2016 y 2017. Pero pese ello, el estudio de este año muestra una disminución de la cobertura de pradera de *Posidonia* en comparación con los datos de 2018 y 2017, debido posiblemente a que los últimos temporales hayan empeorado las condiciones ambientales necesarias para el sostenimiento de la pradera.

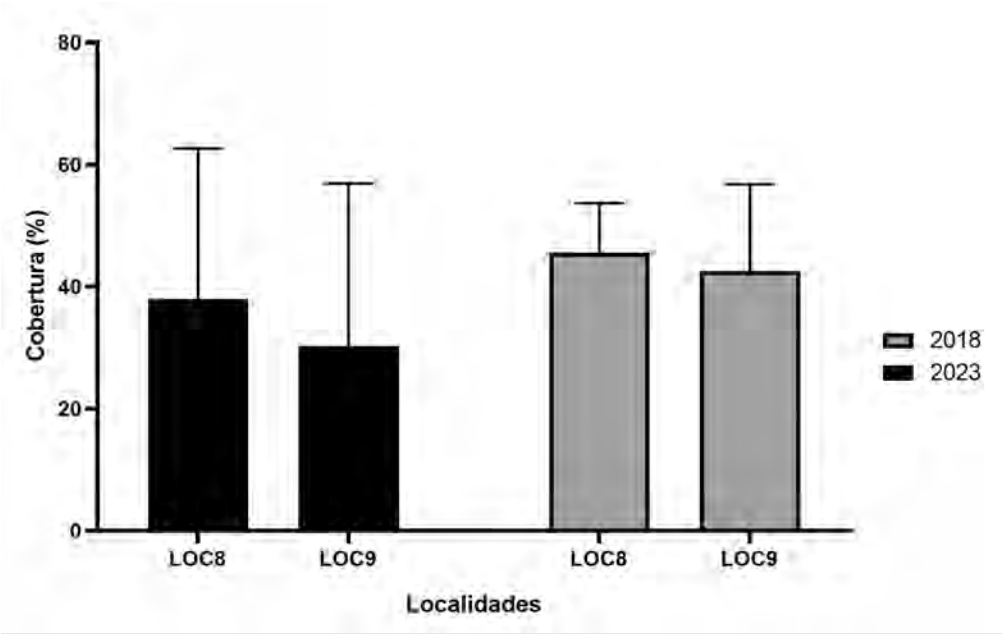

Figura 3.8. *Comparación gráfica de los valores medios de cobertura (%) de Posidonia oceanica obtenidos en los estudios de seguimiento de la RMIP de 2023 y 2018.*

Tabla 3.5. *Comparación de los valores medios de cobertura (%) de Posidonia oceanica obtenidos en los estudios de seguimiento de la RMIP realizados en julio de 2023, 2018 y 2017.*

Localidad	Sitio	Cobertura 2023 (%)	Cobertura 2018 (%)	Cobertura 2017 (%)
L8	Sitio 1	46,6	51,7	40,0
	Sitio 2	54,6	36,7	76,7
	Sitio 3	48,9	48,3	68,3
L9	Sitio 1	22,7	51,0	61,7
	Sitio 2	58,0	31,7	41,7
	Sitio 3	40,0	45,0	35,0

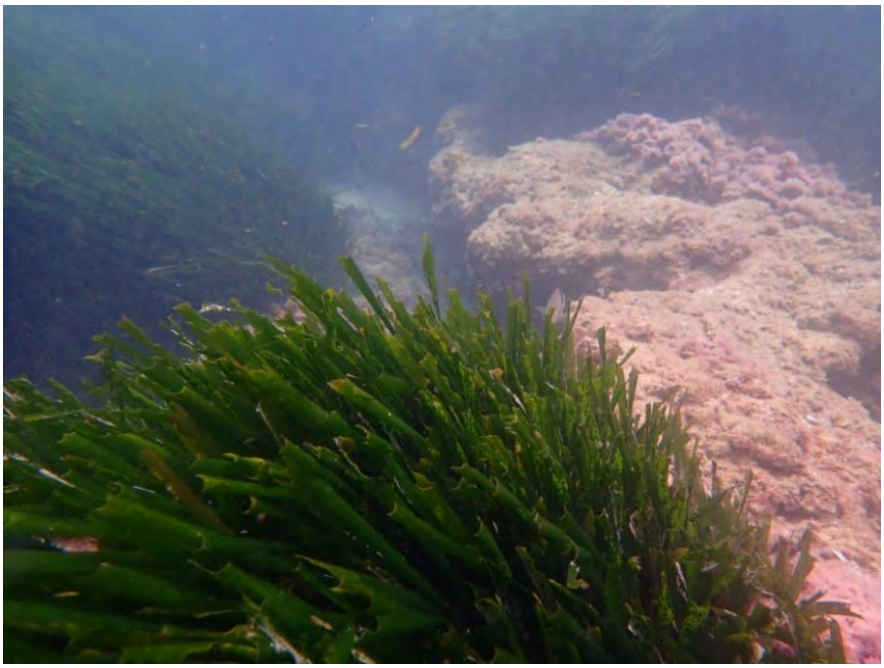

Figura 3.9. *Fotografía realizada sobre la pradera de Posidonia oceanica de la RMIP de la Sierra de Irta.*

Tipo de crecimiento del rizoma

Se considera como un buen indicador de la estabilidad o retroceso de la pradera de *Posidonia* el tipo de crecimiento del rizoma (Boudouresque et al., 2006). El rizoma puede presentar crecimiento plagiótropo u ortótropo. Los rizomas plagiótropos presentan un crecimiento horizontal y, por lo tanto, suelen relacionarse con la expansión de las praderas, frente a los ortótropos que son de crecimiento vertical. En praderas densas y estables dominan los rizomas ortótropos, mientras que en algunas zonas alteradas se ha observado mayor abundancia de rizomas plagiótropos (Francour et al., 1999).

En las praderas estudiadas en el informe del año 2023 se encuentran en proporciones similares (tabla 3.6) y muy bajas de rizomas plagiótropos (figura 3.10). Por lo tanto, pese a que los muestreos se realizaron sobre praderas someras de manchas de *Posidonia* de tamaño variable sobre un fondo heterogéneo con rocas y arena, estas manchas parecen

encontrarse en equilibrio. Esta tendencia se vio reflejada tanto en el informe realizado en el 2018 como en el 2017.

Tabla 3.6. *Resumen del análisis univariante ANOVA para los valores de haces plagiótropos (%) de* Posidonia oceanica *obtenidos en los tres sitios de muestreo de las dos localidades de estudio.*

	Haces plagiótropos (%)				
2023	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	9,840	2	4,920	0,2653	P=0,7714
Localidad:Sitio	76,30	1	76,30	4,114	P=0,0653
Residual	222,5	12	18,54		

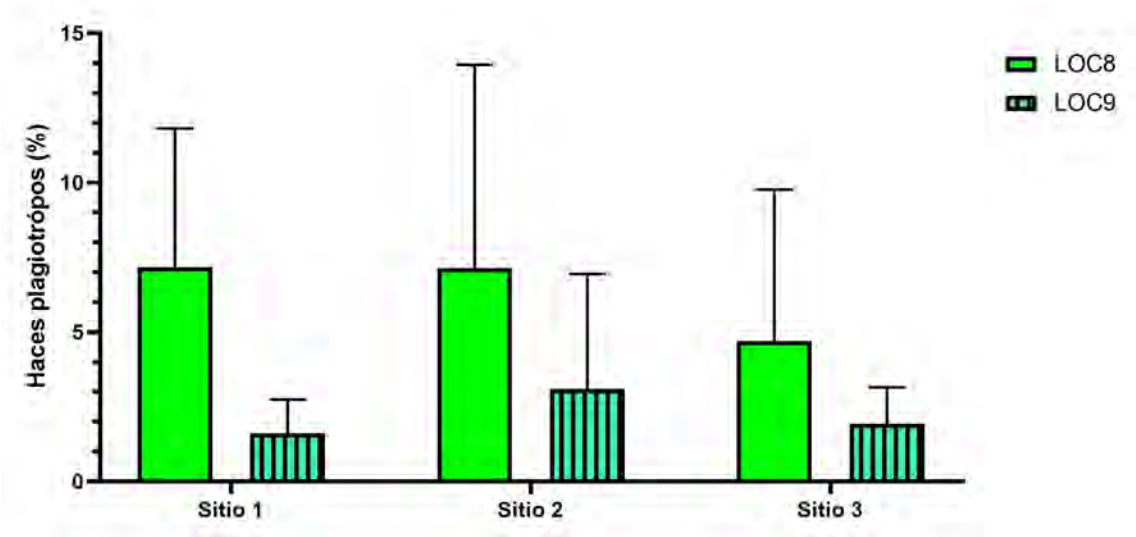

Figura 3.10. *Valores medios de haces plagiótropos (%) de Posidonia oceanica obtenida en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

Grado de descalzamiento (o enterramiento) de los haces

El grado de descalzamiento proporciona información sobre la condición de los rizomas de *Posidonia oceanica* en relación con el sedimento. Esto puede dar lugar a dos escenarios distintos; por un lado, los rizomas pueden experimentar hipersedimentación, con su meristemo de crecimiento enterrado, o, por el contrario, el rizoma puede sobresalir excesivamente del sedimento, volviéndose más susceptible a alteraciones mecánicas debido a dicho "descalzamiento". (Marbà y Duarte, 1997).

En el presente muestreo se detectaron diferencias significativas para este descriptor entre las dos localidades muestreadas (tabla 3.7). El grado de descalzamiento fue mayor en la Localidad 8 que en la Localidad 9 (figura 3.11). Para ambos casos el grado de descalzamiento fue bajo, ya que las plantas sobresalen entre 0,2 y 6,4 cm sobre el sedimento. Estos valores no implican una elevada sedimentación en la zona, ni una pérdida de sedimento. Pero el incremento en valores de descalzamiento puede deberse a la acción de temporales que han removido sedimento, elevando los rizomas. Sin

embargo, siguen siendo unos valores que se mantienen similares a los registrados en los informes anteriores. Los valores máximos de descalzamiento encontrados en ambas localidades fueron 14,1 cm en Localidad 8 y 6,9 cm en Localidad 9.

Tabla 3.7. *Resumen del análisis univariante ANOVA para los valores del grado de enterramiento (cm) de* Posidonia oceanica *obtenidos en los tres sitios de muestreo de las dos localidades de estudio.*

	Descalzamiento				
2023	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	0,6400	2	0,3200	0,3394	P=0,7188
Localidad:Sitio	8,681	1	8,681	9,207	P=0,0104
Residual	11,31	12	0,9428		

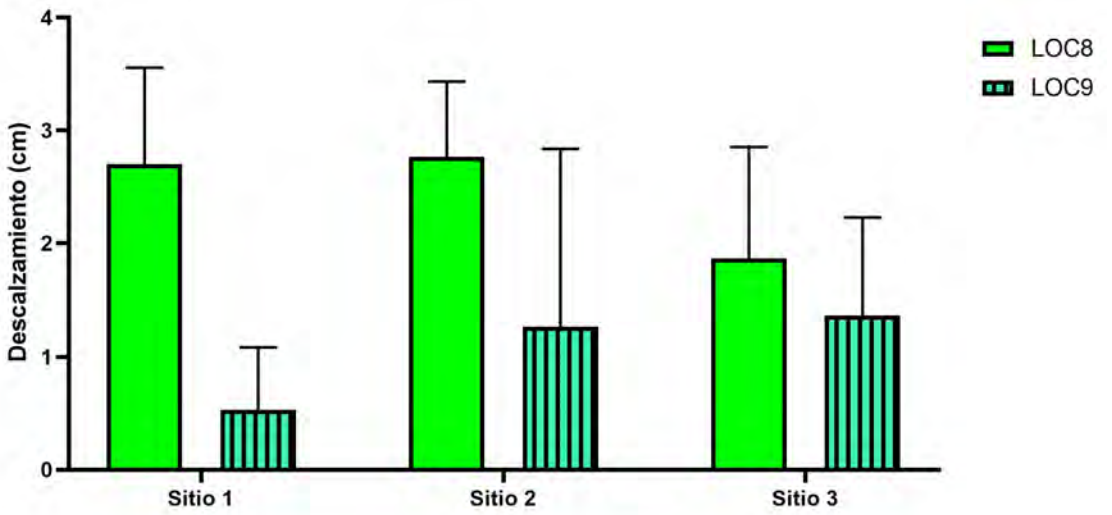

Figura 3.10. *Valores medios de grado de descalzamiento (cm) de Posidonia oceanica obtenida en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

Morfología de los haces

Al realizar la caracterización de los haces de *Posidonia oceanica* provenientes de ambas localidades, se observaron diferencias significativas en los descriptores de la anchura de las hojas, la carga de epífitos y el grado de herbivorismo (tabla 3.8).

En relación con el número de hojas por haz recolectadas durante el muestreo, al analizar de manera individual cada uno de los descriptores, no se observaron diferencias significativas entre ambas localidades. En esta estación del año, los haces presentan un promedio de 6 hojas por haz, concordando con los resultados obtenidos en 2018. El mayor número de hojas por haz registrado fue en el sitio 3 de la Localidad 9, con 11 hojas por haz. El valor mínimo de este parámetro fue de 4 hojas por haz, observado en el sitio 2 de la Localidad 8 y en el sitio 1 de la Localidad 9 (figura 3.11).

Respecto a la longitud máxima foliar tampoco se detectaron diferencias significativas (tabla 3.8). Los valores promedio de este parámetro fueron entrono 20 - 28 cm (figura

3.12), valores más bajos que los registrados en 2018. Los valores más bajos en el sitio 1 de la Localidad 8 (18,7 cm) y los más elevados en el sitio 3 de la localidad 9 (38,2 cm).

Los valores de anchura máxima foliar mostraron diferencias significativas entre las localidades (figura 3.13, tabla 3.8), siendo ligeramente más anchas las hojas de la Localidad 9 que las de la Localidad 8. Los valores registrados en ambas localidades oscilaron entre 0,6 y 1 cm.

En cuanto a las estimaciones de superficie foliar (figura 3.14) no se encontraron diferencias significativas (tabla 3.8). El sitio 1 de la Localidad 9 presentó los haces con mayor superficie foliar (212,7 cm^2/haz) y el sitio 3 de la Localidad 8, los haces con menor superficie (101,3 cm^2/haz).

Respecto a la biomasa foliar (figura 3.15, tabla 3.8) presenta una tendencia similar los parámetros anteriores. Los valores más elevados se observaron en el sitio 3 de la Localidad 9 (0,98 g Ps haz^{-1}), mientras que los valores menores de biomasa foliar pertenecían al sitio 3 de esa Localidad 8 (0,65 g Ps haz^{-1}).

En cuanto a la carga de epífitos (figura 3.16), se detectaron diferencias significativas en entre las localidades de muestreo (tabla 3.8). Las cargas más bajas se encontraron en las plantas de la Localidad 9 (0,72 – 0,93 mg Ps cm^{-2}) y las más elevadas en la localidad 8 (1,3 – 1,52 mg Ps cm^{-2}), al igual que en el informe de 2018.

La tasa de herbivorismo (figura 3.17) presentó diferencias significativas entre las localidades de muestreo (tabla 3.8). Los resultados obtenidos indican una mayor presión sobre la Localidad 9 (45,3 – 57,0%) frente a la Localidad 8 (30 - 43,5%), lo que podría dar explicación a la menor carga de epífitos de la Localidad 9.

Tabla 3.8. *Resumen del análisis univariante ANOVA para los valores morfológicos de Posidonia oceanica obtenidos en los tres sitios de muestreo de las dos localidades de estudio.*

Número de hojas					
Fuente de variabilidad	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	8,333	2	4,167	0,7143	P=0,5092
Localidad: Sitio	10,89	1	10,89	1,867	P=0,1969
Residual	70,00	12	5,833		

Longitud máxima foliar					
Fuente de variabilidad	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	16,93	2	8,464	0,1558	P=0,8574
Localidad:Sitio	60,02	1	60,02	1,105	P=0,3139
Residual	651,9	12	54,32		

Anchura máxima foliar					
Fuente de variabilidad	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	0,01293	2	0,006467	1,599	P=0,2423
Localidad:Sitio	5,000e-005	1	5,000e-005	0,01236	P=0,9133
Residual	0,04853	12	0,004044		

Superficie foliar					
Fuente de variabilidad	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	1524	2	761,9	5,865	P=0,0167
Localidad:Sitio	2667	1	2667	20,53	P=0,0007
Residual	1559	12	129,9		

Biomasa foliar					
Fuente de variabilidad	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	0,004622	2	0,002311	0,2314	P=0,7948
Localidad:Sitio	0,06674	1	0,06674	6,683	P=0,0148
Residual	0,2996	30	0,009986		

Carga de epífitos					
Fuente de variabilidad	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	0,1643	2	0,08214	0,2105	P=0,8113
Localidad:Sitio	4,054	1	4,054	10,39	P=0,0031
Residual	11,71	30	0,3902		

Tasa de herbivorismo					
Fuente de variabilidad	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	246,3	2	123,2	1,019	P=0,3730
Localidad:Sitio	1297	1	1297	10,74	P=0,0027
Residual	3624	30	120,8		

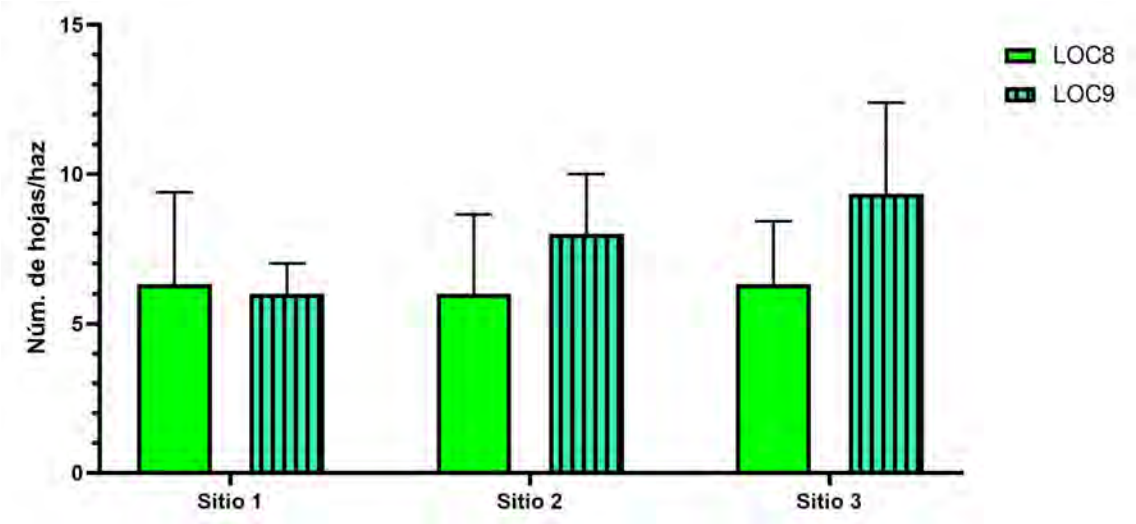

Figura 3.11. *Valores medios del número de hojas / haz de Posidonia oceanica obtenida en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

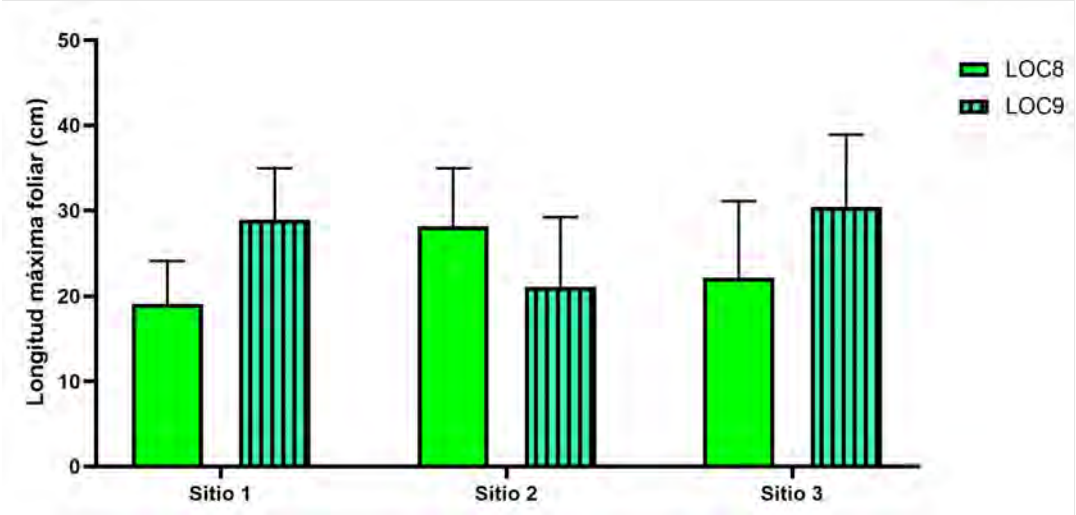

Figura 3.12. *Valores medios de la longitud máxima foliar (cm) de Posidonia oceanica obtenida en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

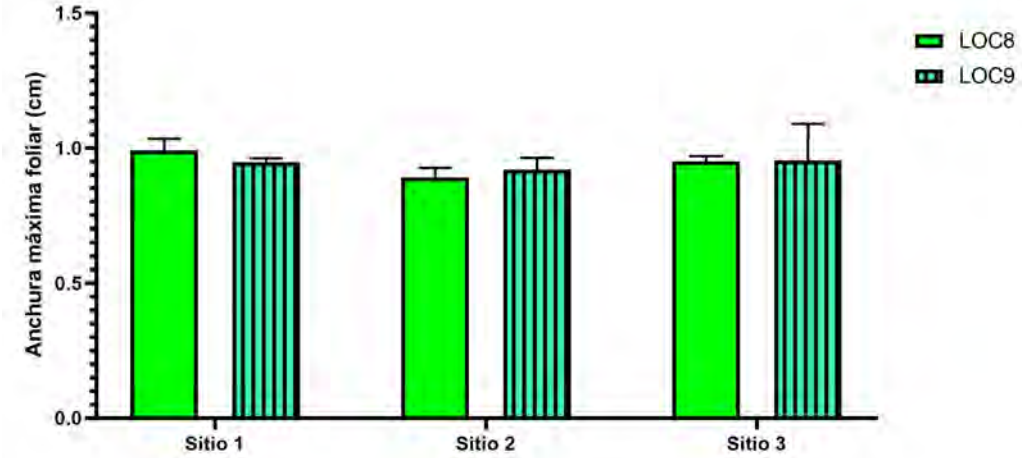

Figura 3.13. *Valores medios de la anchura máxima foliar (cm) de Posidonia oceanica obtenida en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

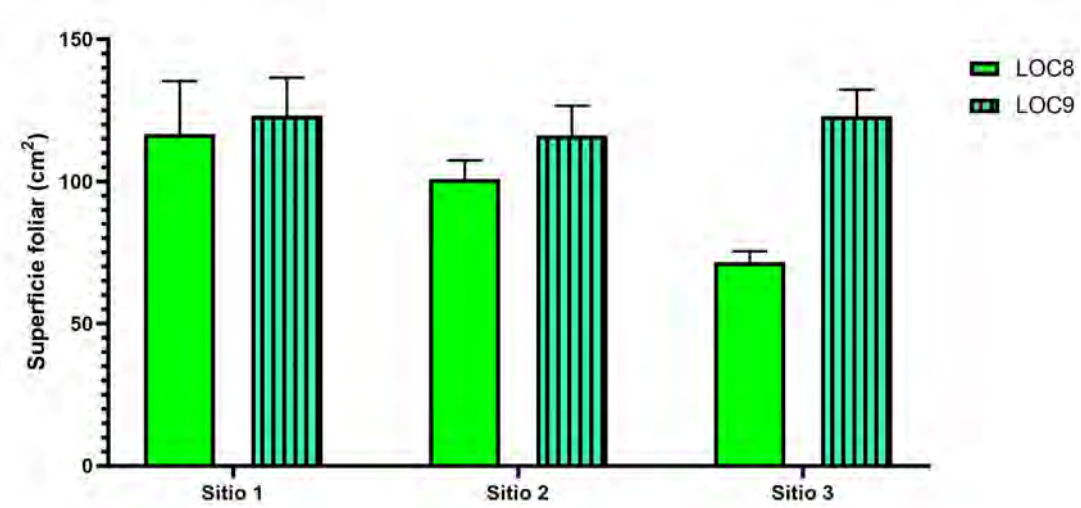

Figura 3.14. *Valores medios de la superficie foliar (cm^2) de Posidonia oceanica obtenida en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

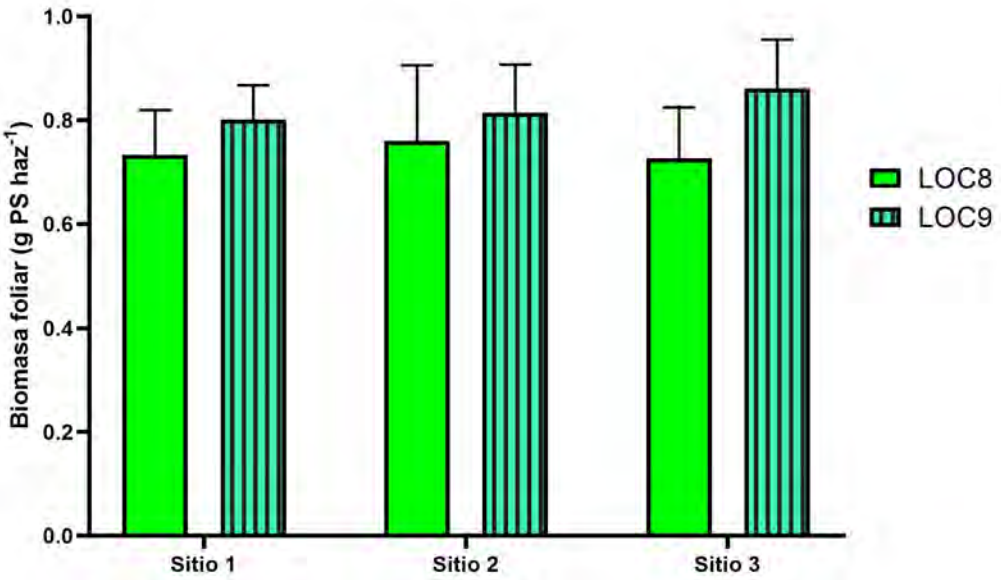

Figura 3.15. *Valores medios de la biomasa foliar (g PS haz^{-1}) de Posidonia oceanica obtenida en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

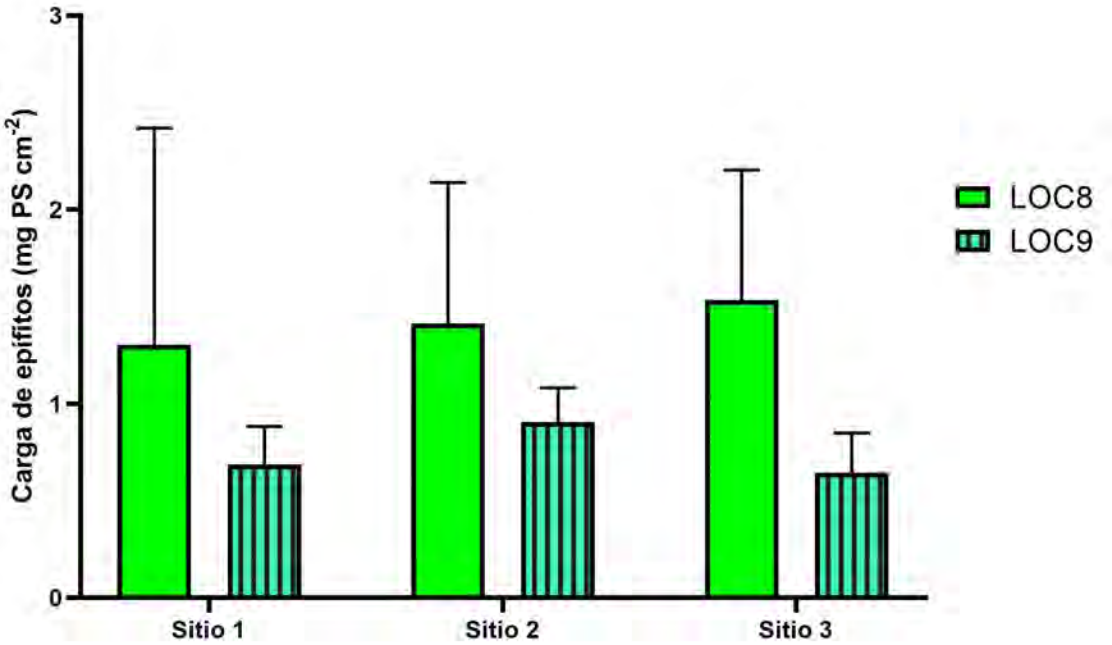

Figura 3.16. *Valores medios de carga de epífitos (mg PS cm^{-2}) de Posidonia oceanica obtenida en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

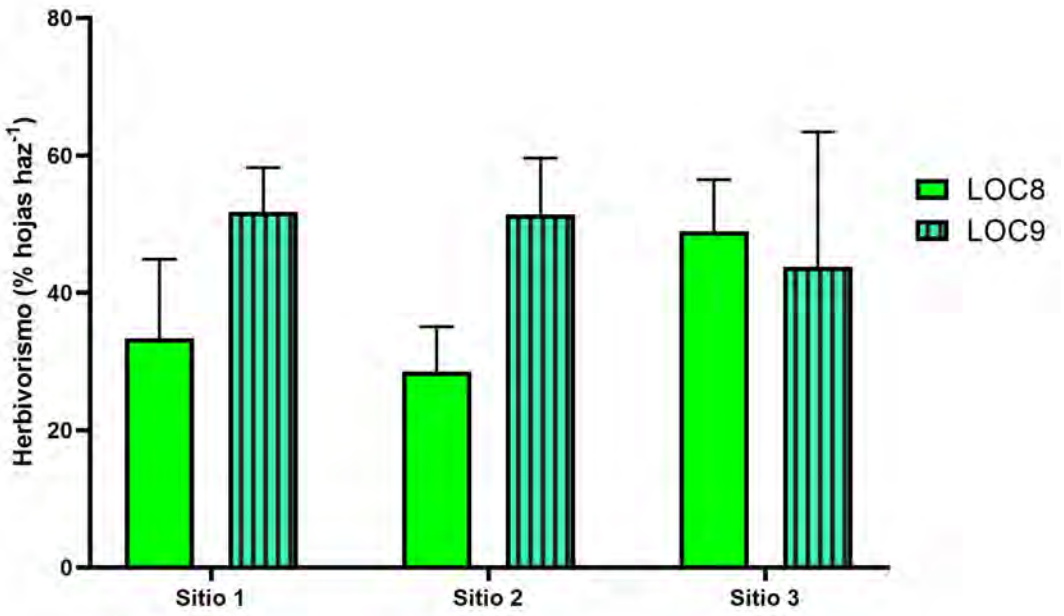

Figura 3.17. *Valores medios de tasa de herbivorismo (% hojas haz^{-1}) de Posidonia oceanica obtenida en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

Análisis multivariante de las praderas de *Posidonia oceanica*

Los resultados del análisis de componentes principales (PCA) con los descriptores de *Posidonia oceanica* previamente seleccionados muestran la distribución de los sitios de muestreo a lo largo del primer componente (Figura 3.18). Dicho componente representa el 82,5% del total de la variabilidad de los datos. En comparación con el estudio de 2018, siguiendo el pliego de prescripciones técnicas, se han utilizado menos descriptores en este estudio, ya que solo se han evaluado el número de haces, la densidad y la cobertura. Los parámetros indicativos de la calidad ambiental son buenos. Respecto a la representación de los sitios de las tres localidades de muestreo en el gráfico resultante del análisis de componentes principales, se observa su distribución a lo largo del eje del Componente 1. Los valores mayores se acercan más a las condiciones de referencia y los menores a las estaciones con condiciones ambientales degradadas.

En el presente estudio de 2023, gran parte de los sitios de las localidades de muestreo presentan un estado ecológico bueno (LOC8S1, LOC9S2) presentando valores para los descriptores cercanos a la estación de referencia (Figura 3.18 y tabla 3.9). LOC8S3 y LOC8S2 se posiciona con valores de EQR muy bueno, destacado sobre el resto. Dos sitios restantes pertenecientes a la localidad 9 muestra un EQR deficiente (LOC9S1 y LOC9S3), y siendo uno de los sitios de la Localidad 9 (LOC9S1), el posicionado más cercano del valor EQR malo.

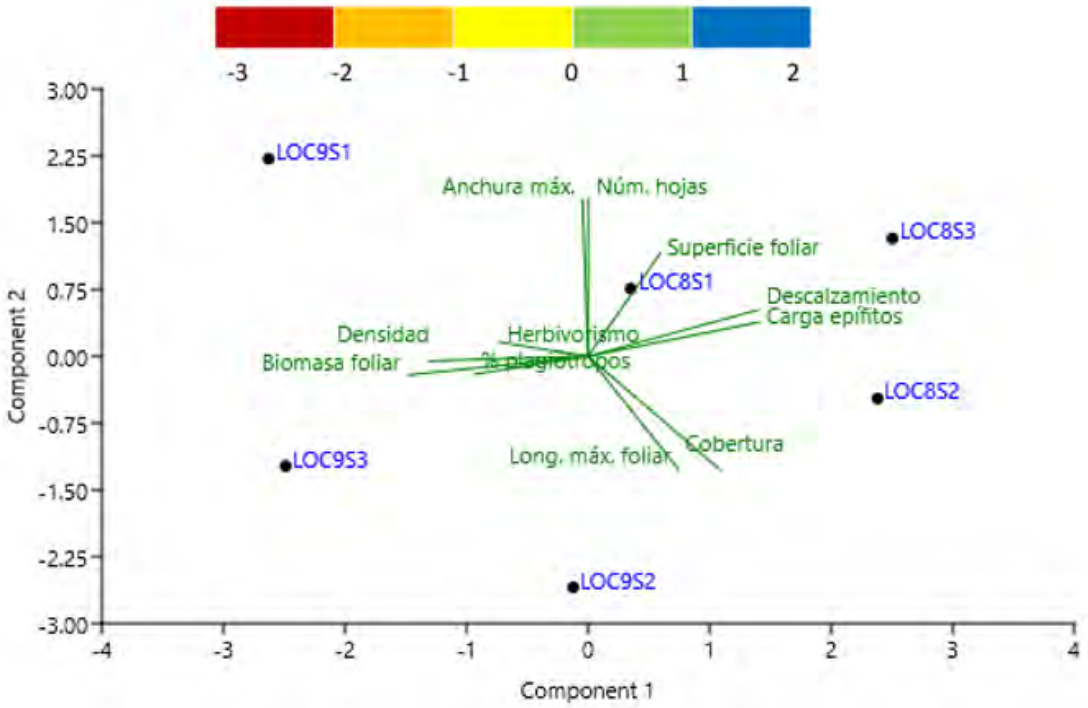

Figura 3.18. *Resultado del análisis del PCA de las localidades de Posidonia oceanica estudiadas (incluyendo las localidades de referencia) y donde también se representan los descriptores y ejes implicados en la formación de los componentes principales.*

Tabla 3.9. *Valores de los umbrales de EQR para establecer los estados ecológicos basándonos en Posidonia oceanica.*

EQR	Estado ecológico
>0,775-1,00	Muy bueno
>0,550- 0,774	Bueno
>0,325- 0,0549	Moderado
>0,11- 0,324	Deficiente
0, 0-0,1	Malo

3.1.3. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE LAS PRADERAS DE *Cymodocea nodosa.*

En las campañas realizadas para la elaboración del presente estudio, como se ha indicado anteriormente, tras la búsqueda del nuevo asentamiento de las praderas en las localidades de muestreo, se encontró finalmente pradera de *Cymodocea nodosa* en todas ellas. En el estudio de seguimiento en el año 2018, no se encontró pradera en las Localidades 2 y 5, al igual que en el estudio de 2017 tampoco en la Localidad 4. Estas localidades presentaban pradera en el estudio de 2016. Los resultados del 2017 apuntaban a que estas praderas pudieron desaparecer fruto de los intensos temporales de otoño e invierno que se sucedieron en 2016 y que alteraron los fondos sedimentarios de las zonas por debajo de los 10 metros. Al igual que en 2017, los datos observados de *Cymodocea* este año apuntan en la misma tendencia, mostrando praderas en zonas más

alejadas de la costa, a más de 10 m. de profundidad. Los temporales sucedidos años atrás podrían ser la causa de la nueva ubicación de las praderas, más a refugio de los efectos negativos.

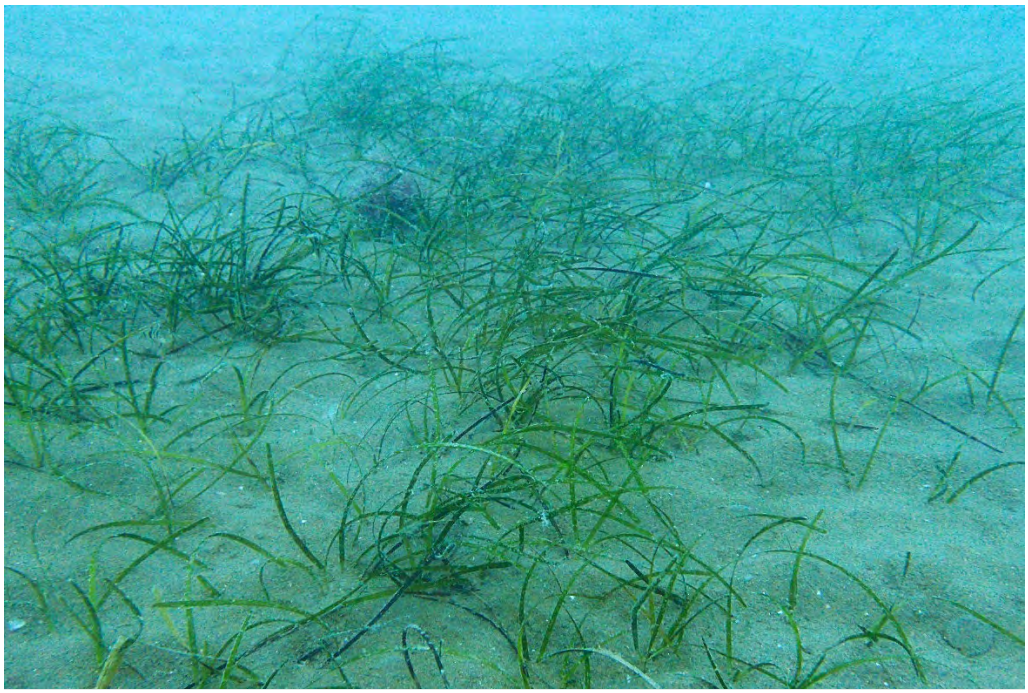

Figura 3.19. *Pradera de Cymodocea nodosa en RMIP Sierra de Irta.*

En concordancia con los requisitos estipulados en el pliego de prescripciones técnicas, a continuación, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación de los descriptores. De manera análoga al desarrollo aplicado en el estudio de las praderas de *Posidonia oceanica*, se inicia con la presentación de los resultados de los análisis univariantes realizados sobre cada uno de los descriptores evaluados. Posteriormente, se presentan estos mismos datos de manera agrupada y sometidos a un análisis multivariante.

Densidad

En todas las localidades muestreadas se detectaron praderas de Cymodocea *nodosa*. No hay diferencias significativas de la densidad entre localidades (tabla 3.10, figura 3.21).

Figura 3.20. *Contando haces de C. nodosa.*

Los valores de densidad más elevados se observaron en la Localidad 6 (295,6 haces/m^2), al igual que en el año 2018 pero con valores menor (485,3 haces/m^2). En la Localidad 3, es en la cual se registraron los valores de densidades más bajas (114,4 haces/m^2). En comparación con los datos obtenidos en 2018, se observa en su conjunto una menor densidad y empeoramiento de las

praderas de *Cymodocea nodosa*, pues en las localidades 4 y 6 han empeorado los valores de densidad, las localidades de la 1 a 3 no pudieron ser localizadas en los mismos puntos de muestreo, y se fondearon a mayor profundidad donde fueron detectadas praderas de cierta densidad, mayores en su conjunto a los datos de 2018.

La variabilidad de estos valores puede deberse a la distinta profundidad de las praderas, la irradiancia recibida, al tipo de sedimento presente, así como la retirada de las praderas a zonas de mayor profundidad a causa de temporales de invierno y comenzar su recuperación.

Tabla 3.10. *Resumen del análisis univariante ANOVA para los valores de densidad (haces/m2) de* Cymodocea nodosa *obtenidos en los tres sitios de muestreo de las dos localidades de estudio.*

	Densidad				
2023	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	146180	4	36545	3,424	P=0,0238
Localidad:Sitio	148781	6	24797	2,324	P=0,0654
Residual	256126	24	10672		

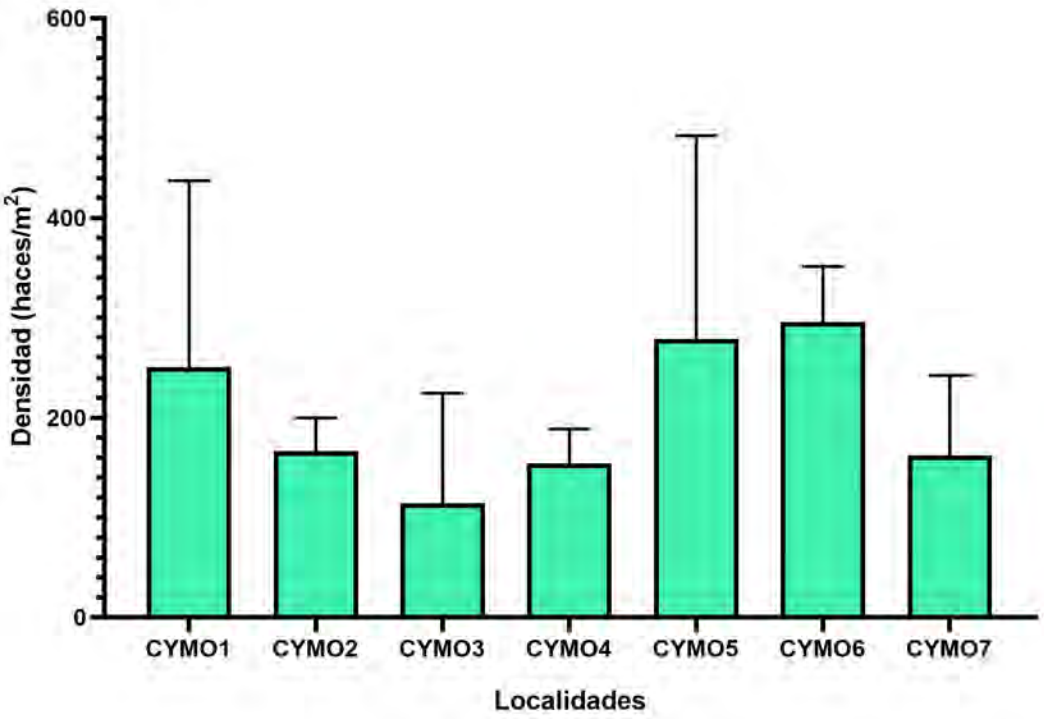

Figura 3.21. *Valores medios de densidad (haces/m^2) de Cymodocea nodosa obtenidos en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

Cobertura

Se han encontrado diferencias significativas de la cobertura entre las distintas localidades (tabla 3.11, figura 3.22). La localidad que presenta mayores valores de cobertura de *Cymodocea nodosa* es la Localidad 4 (17,5 %), frente a la Localidad 5 que

presenta los valores más bajos (4,3 %). En comparación con los datos obtenidos en 2018, todas las localidades con *C. nodosa* han empeorado sustancialmente los valores de cobertura. Comparando valores, los mejores datos de porcentaje de cobertura en el estudio de 2018 fueron 73,9% (Localidad 1) frente a un 17,5 (Localidad 4) de este año 2023.

Las menores coberturas detectadas en estas praderas (en concreto en las Localidades 2, 3 y 4) puede ser debido a factores ambientales intrínsecos o ajenos más que a un empeoramiento del estado de conservación de las praderas, como se ha mencionado anteriormente.

Tabla 3.11. *Resumen del análisis univariante ANOVA para los valores de cobertura (%) de Cymodocea nodosa obtenidos en los tres sitios de muestreo de las dos localidades de estudio.*

	Cobertura				
2023	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	1054	4	263,5	7,034	P=0,0007
Localidad:Sitio	663,1	6	110,5	2,950	P=0,0266
Residual	899,2	24	37,47		

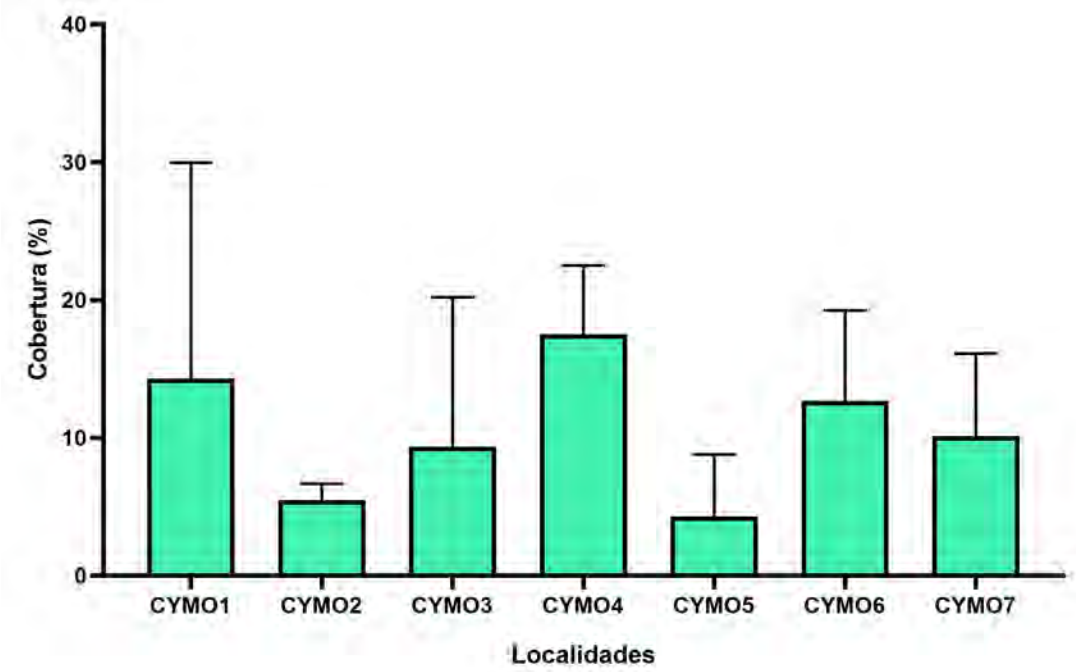

Figura 3.22. *Valores medios de cobertura (%) de Cymodocea nodosa obtenida en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

Morfología de los haces

Al realizar la caracterización de los haces de *Cymodocea nodosa* muestreados en las diversas localidades, no se identificaron diferencias significativas para los descriptores analizados (tabla 3.12). Se analiza de manera individual cada uno de estos descriptores.

Respecto al número de hojas por haz. Se observa que no existen diferencias significativas (tabla 3.12). El menor número de hojas se observó en la localidad 6 (2,7 hojas/haz) y el mayor número de hojas se observó en la localidad 6 (8,5 hojas/haz) (figura 3.23).

De igual modo no se observan diferencias significativas para la longitud máxima foliar (figura 3.24, tabla 3.12). Los valores más elevados se observan en la Localidad 6 (19.3 cm) y los más bajos en la Localidad 5 (8.7 cm). La longitud foliar en todas las localidades presenta por desgracia unos valores generalmente más bajos a los observados en el estudio de seguimiento de la RMIP del año 2018.

Respecto a los valores de anchura máxima foliar (figura 3.25), no presentaron diferencias significativas entre las diferentes localidades (tabla 3.12). Los haces de mayor anchura pertenecieron a la Localidades 6 (0.25 cm), mientras que los valores más bajos se observaron en la localidad 3 (0.12 cm). El resto de las localidades presentaron valores similares entre sí (0,18 - 0,2 cm).

En cuanto a los valores de superficie foliar (figura 3.26) tampoco se encontraron diferencias significativas entre las localidades (tabla 3.12). Se reportaron los valores más bajos en la Localidad 3, con 10,5 cm^2/haz y los más altos en la Localidad 6, con 20,3 cm^2/haz.

Sobre la biomasa foliar (figura 3.27, tabla 3.12) se observaron los valores más elevados de en la Localidad 2 (0.071 g PS haz^{-1}). Mientras que los valores menor biomasa foliar en la Localidad 3 (0.022g PS haz^{-1}). Estas localidades presentaban unos valores promedio de 0,042 - 0,056 g PS haz^{-1}.

En cuanto a la carga de epífitos (figura 3.28, tabla 3.12) no se observaron diferencias significativas entre localidades de estudio. Las cargas más bajas se encontraron en las plantas de dos localidades, tanto la 3 como la 5 (0,003 – 0,0034 mg PS cm^{-2}). Las cargas de epífitos más elevadas fueron registradas en la Localidad 2 (0.066 mg PS cm^{-2}).

Tabla 3.12. *Resumen del análisis univariante ANOVA para los valores morfológicos de Cymodocea nodosa obtenidos en los tres sitios de muestreo de las dos localidades de estudio.*

Número de hojas					
Fuente de variabilidad	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	57,89	4	14,47	1,858	P=0,1507
Localidad:Sitio	169,9	6	28,32	3,637	P=0,0104
Residual	186,9	24	7,788		

Longitud máxima foliar					
Fuente de variabilidad	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	83,03	4	20,76	0,6033	P=0,6640
Localidad:Sitio	337,4	6	56,23	1,634	P=0,1811
Residual	825,8	24	34,41		

Anchura máxima foliar					
Fuente de variabilidad	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	0,004954	4	0,001239	0,3850	P=0,8172
Localidad:Sitio	0,03359	6	0,005599	1,741	P=0,1547
Residual	0,07721	24	0,003217		

Superficie foliar					
Fuente de variabilidad	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	46,40	4	11,60	0,3578	P=0,8360
Localidad:Sitio	398,3	6	66,38	2,048	P=0,0982
Residual	778,0	24	32,42		

Biomasa foliar					
Fuente de variabilidad	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	0,001269	4	0,0003171	1,033	P=0,4108
Localidad:Sitio	0,01011	6	0,001686	5,488	P=0,0011
Residual	0,007371	24	0,0003071		

Carga de epífitos					
Fuente de variabilidad	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value
Localidad	5,789e-005	4	1,447e-005	1,454	P=0,2472
Localidad:Sitio	0,0001039	6	1,732e-005	1,740	P=0,1548
Residual	0,0002389	24	9,955e-006		

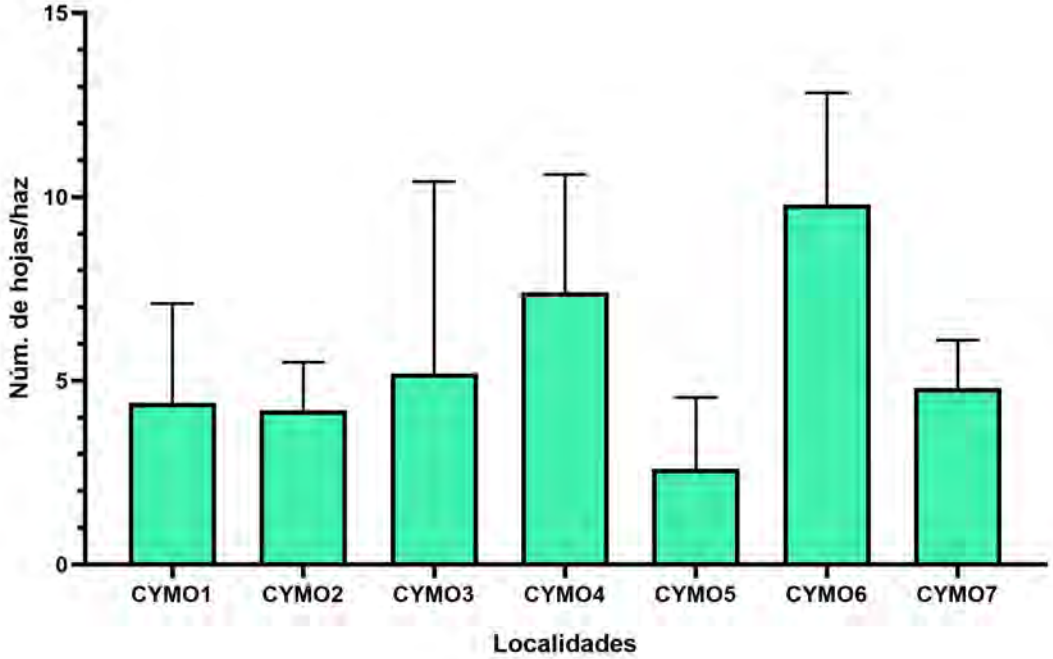

Figura 3.23. *Valores medios del número de hojas / haz Cymodocea nodosa obtenidos en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

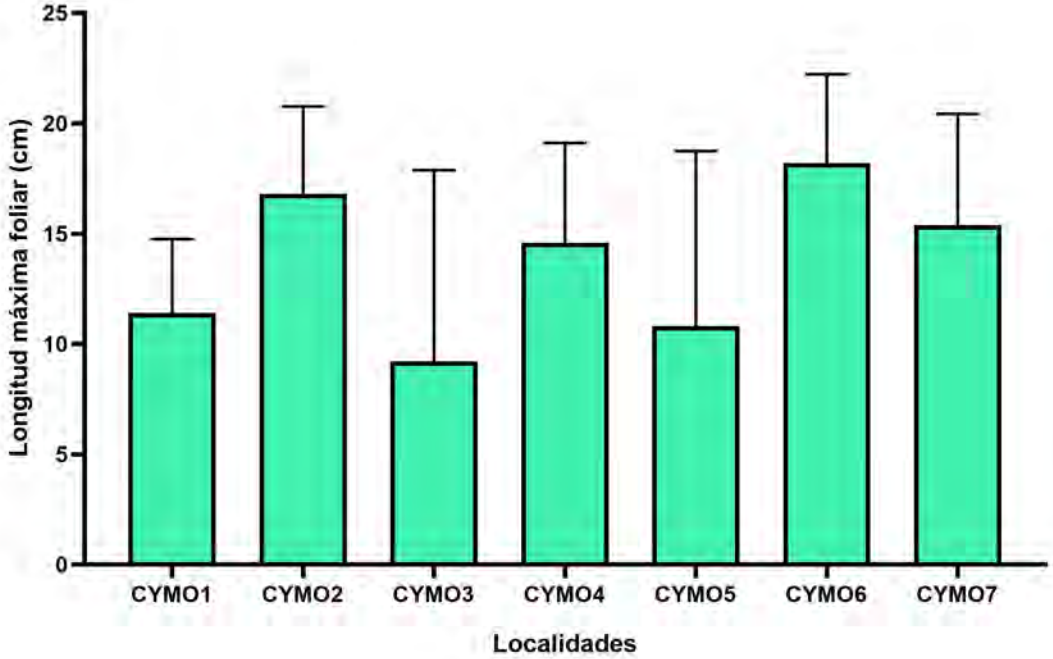

Figura 3.24. *Valores medios de la longitud máxima foliar (cm) Cymodocea nodosa obtenidos en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

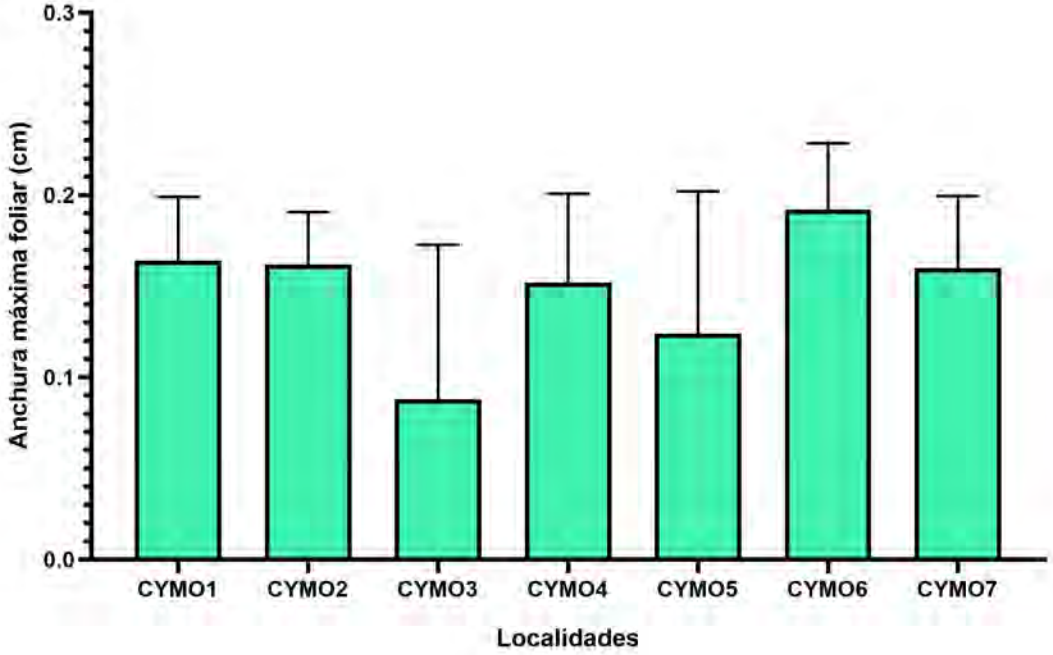

Figura 3.25. *Valores medios de la anchura máxima foliar (cm) Cymodocea nodosa obtenidos en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

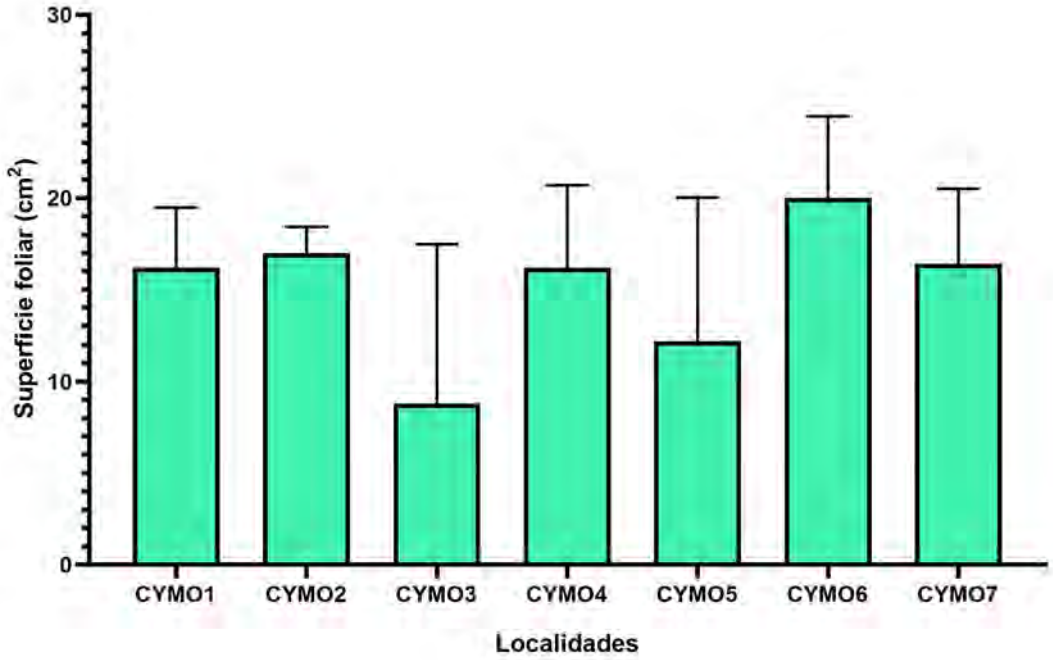

Figura 3.26. *Valores medios de la superficie foliar (cm^2) Cymodocea nodosa obtenidos en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

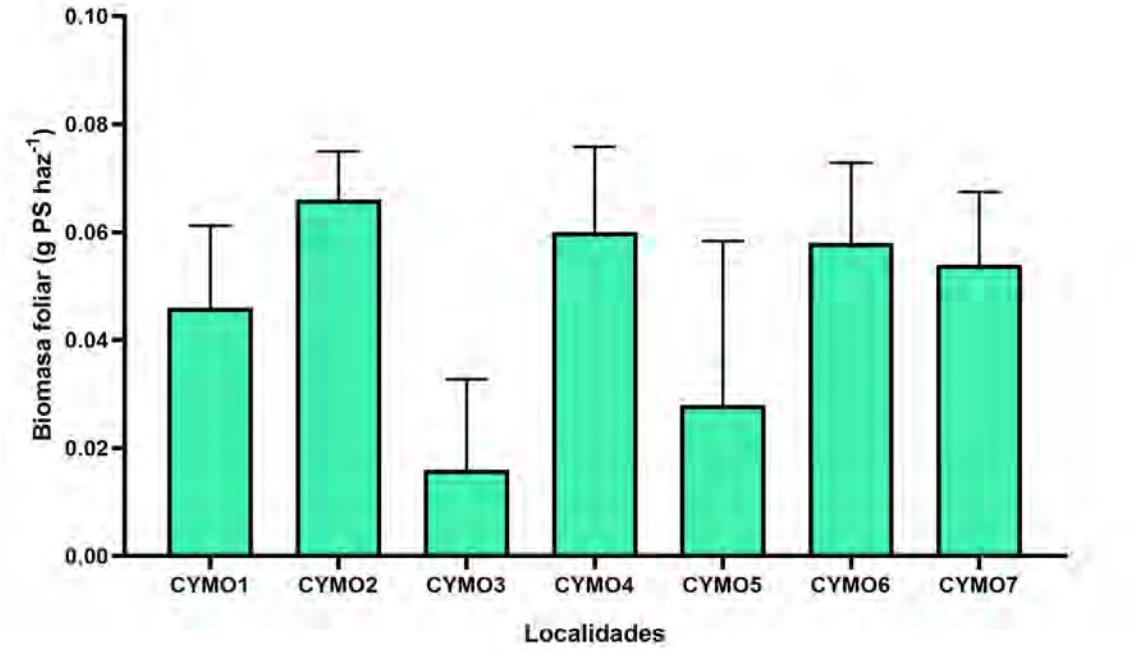

Figura 3.27. *Valores medios de la biomasa foliar (g PS haz^{-1}) Cymodocea nodosa obtenidos en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

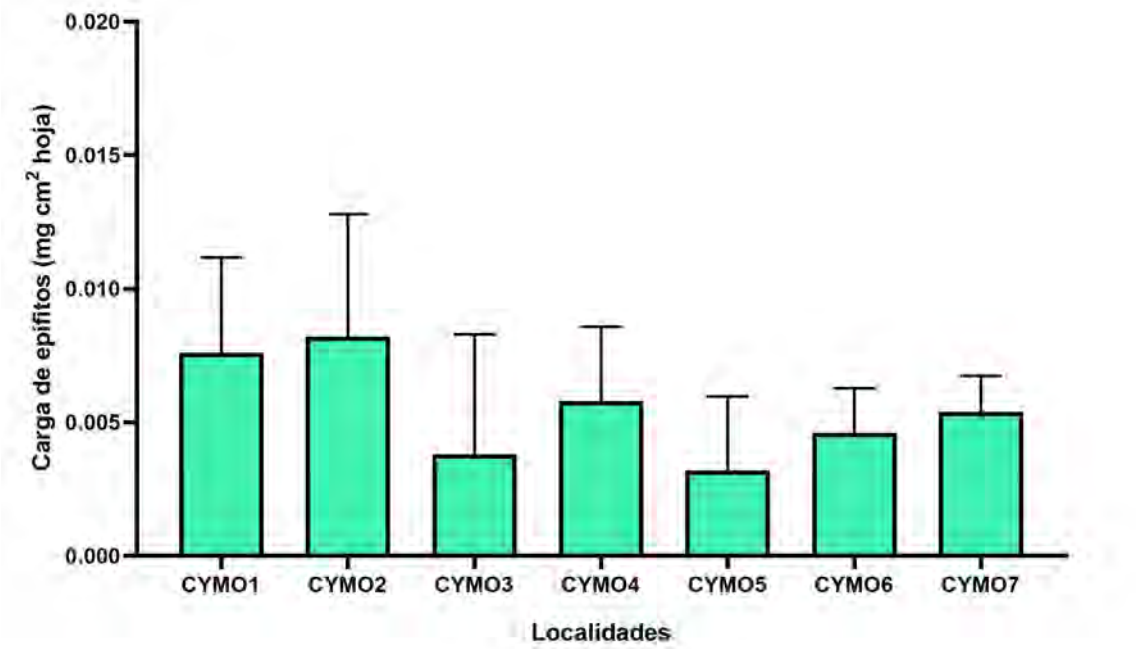

Figura 3.28. *Valores medios de la carga de epífitos (mg cm^2 hoja) Cymodocea nodosa obtenidos en las localidades de estudio. Las barras representan el error típico.*

Análisis multivariante de las praderas de *Cymodocea nodosa*

Al igual que se hizo para las praderas de *Posidonia oceanica,* se ha aplicado el análisis de componentes principales (PCA) para los descriptores de *Cymodocea nodosa* previamente seleccionados, según pliego de prescripciones técnicas. Los resultados

obtenidos muestran la distribución de las 7 localidades estudiadas a lo largo del primer componente (Fig. 3.29). Este componente explica el 83% del total de la variabilidad de los datos, y al igual que en el análisis de *Posidonia oceanica*, indicaría una fuente principal de variación común para los descriptores. Los parámetros indicativos son de buena calidad ambiental.

Al representar las siete localidades en el gráfico obtenido mediante el análisis PCA, se distribuyen en relación con el eje del componente I. Los valores mayores se acercan más a las condiciones de referencia y los menores a las condiciones que presenta la estación de ambientes degradados.

En este estudio, la amplia mayoría de localidades de muestreo se sitúan en el estado ecológico de referencia. Las Localidades 1, 2, 4 y 7 (CYMO1, CYMO2, CYMO4 y CYMO7) presentaron un estado ecológico bueno. La Localidad 6 (CYMO6) es la única que se encuentra dentro del estado ecológico muy bueno (figura 3.29 y tabla 3.13). Las dos localidades restantes (CYMO3, CYMO5) resultaron resultados peores, ambas con un valor EQR malo.

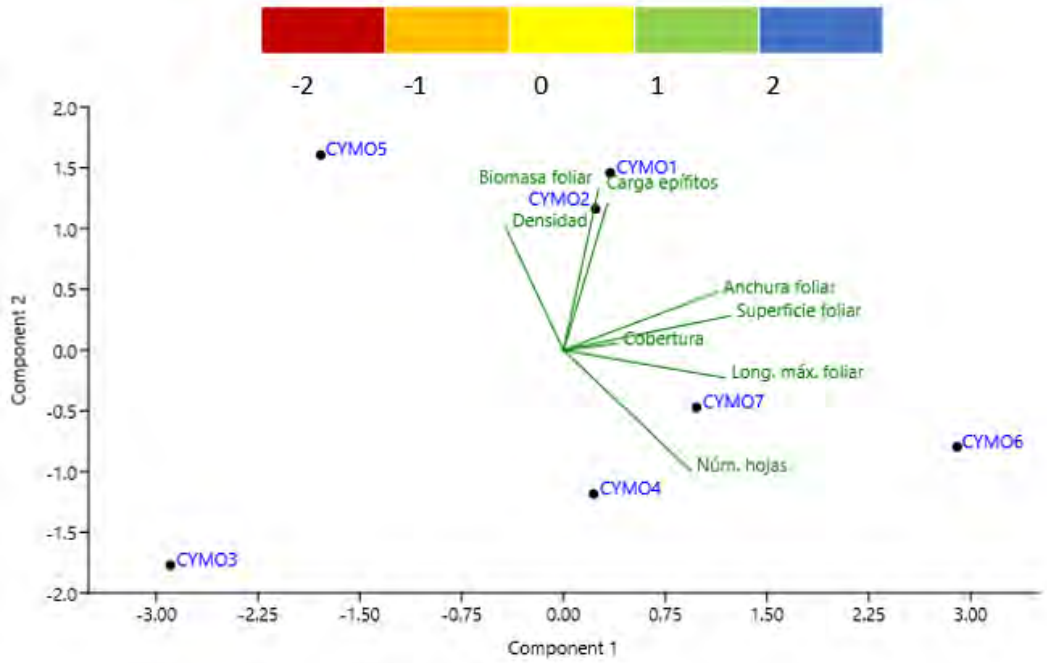

Figura 3.29. *Resultado del análisis del PCA de las localidades de Cymodocea nodosa estudiadas (incluyendo las localidades de referencia) y donde también se representan los descriptores y ejes implicados en la formación de los componentes principales.*

Tabla 3.13. *Valores de los umbrales de EQR para establecer los estados ecológicos basándonos en Cymodocea nodosa.*

EQR	Estado ecológico
>0,775-1,00	Muy bueno
>0,550- 0,774	Bueno
>0,325- 0,0549	Moderado
>0,11- 0,324	Deficiente
0, 0-0,1	Malo

Figura 3.30. *Pradera de Cymodocea nodosa en regeneración.*

3.2. FORMACIONES ORGANÓGENAS (*Lithophyllum byssoides*, *Dendropoma lebeche*); 'BOSQUES' DE *Cystoseira spp*. E IMPACTOS SOBRE ELLAS.

3.2.1. PLANTEAMIENTO Y METODOLOGÍA

Se ha utilizado la metodología CARLIT (Cartografía Litoral), basada en la cartografía de comunidades bentónicas litorales que se desarrollan en el sustrato rocoso (Ballesteros et al., 2007) para la determinación del pisoteo y del estado ecológico del litoral de la RMIP de la Sierra de Irta. Esta metodología nos ha permitido, siguiendo el pliego de prescripciones técnicas, el estudio del estado de la cobertura de *Lithophyllum byssoides* y de *Dendropoma lebeche*.

En la metodología CARLIT se utilizan las macroalgas de la zona mediolitoral inferior e infralitoral superior como elemento clave para evaluar el estado ecológico de las aguas costeras. Está caracterizada por ser un método no destructivo, que no requiere de trabajo en el laboratorio, sino del tratamiento de datos con un sistema de información

geográfica (SIG). Además, es una herramienta de monitoreo cartográfico que permite calcular el índice de calidad ecológica (EQR: Ecological Quality Ratio) y, por lo tanto, conocer la evolución del estado ecológico de las zonas costeras a lo largo del tiempo. Actualmente, es el método que se utiliza en la aplicación de la Directiva Marco del Agua Europea (DMA) en la Comunidad Valenciana.

Equipos de costa en binomios muestrearon toda la costa rocosa de la RMIP, realizando recorridos litorales a pie. Cuando fue necesario, se utilizó la embarcación del IMEDMAR-UCV de escaso calado para aproximarse tan cerca de la costa como fuera posible, incluso mediante el lanzamiento de buzos hasta las zonas inaccesibles desde tierra (Figura 3.31), para detectar visualmente la comunidad de macroalgas dominante a lo largo del litoral. Dichos muestreos se llevaron a cabo en julio de 2023. Se ha realizado también un registro del tipo de costa (costa alta, costa baja, bloques de menos de un metro de diámetro) y de la artificialidad del sustrato (natural o artificial) ya que ambos parámetros son los más determinantes en la presencia o ausencia de las comunidades bentónicas y en el estado que presentan.

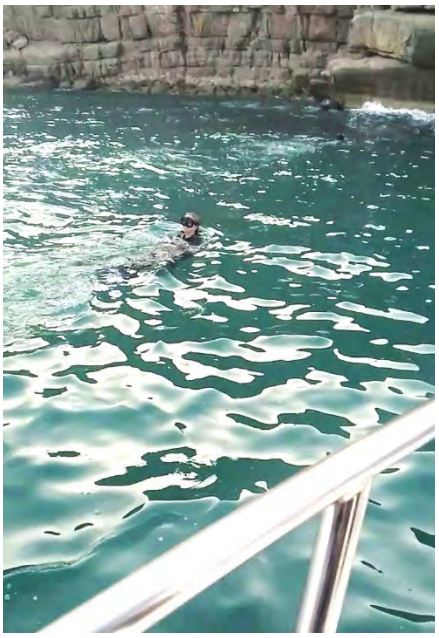

Figura 3.31. *Aproximación a zonas no accesibles desde tierra.*

Se continuó con la división de la zona de estudio en 177 tramos de aproximadamente 50 m cada uno. En cada uno de estos tramos de costa se realizó la prospección visual, consistente en diferenciar las comunidades bentónicas dominantes y la extensión de éstas sobre mapas a escala de 1:5000. Mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) se trataron los datos obtenidos a partir de la información recogida, para poner de manifiesto la especie dominante en cada comunidad bentónica litoral.

Especies / asociaciones

Mediante la metodología CARLIT se clasifica la diversidad de especies presentes a lo largo de la costa en un número reducido de categorías, a las que se les asigna un valor de sensibilidad. Las especies y/o asociaciones principales que se han tenido en cuenta para evaluar el estado ecológico de cada tramo de costa han sido:

a) C*ystoseira amentacea / C. mediterranea:* Esta especie es indicadora de un excelente estado de calidad. Además de su presencia, se establecen 5 categorías en función de su abundancia:

i. *Cystoseira* 5: El horizonte de *C. amentacea* es continuo, denso y muy bien constituido.
ii. *Cystoseira* 4: El horizonte de *C. amentacea* es continuo, pero solamente en los lugares más favorables para el desarrollo de esta comunidad.
iii. *Cystoseira* 3: El horizonte de *C. amentacea* es discontinuo. Aunque puede aparecer continuo en lugares más favorables, existen tramos más o menos amplios de litoral donde está ausente, o solamente aparecen individuos dispersos.
iv. *Cystoseira* 2: *C. amentacea* no constituye poblaciones densas. Por tanto, no se puede hablar de un horizonte de esta especie, si no es en puntos muy favorables. Los individuos aislados son muy comunes y también abundantes.
v. *Cystoseira* 1: Se observan individuos aislados de *C. amentacea* implantados sobre otras comunidades. En ningún caso podemos hablar de horizonte. Con esta categoría, se constata solamente la presencia de la especie.

b) *Posidonia oceanica*: Esta especie de angiosperma formando arrecife es indicadora de aguas de muy buena calidad.
c) *Dendropoma*: Esta categoría engloba al gasterópodo *Dendropoma lebeche*, indicador de aguas de altísima calidad.
d) *"Trottoir"*: La presencia de esta formación biogénica compuesta por el alga *Lithophyllum byssoides* indica aguas de muy buena calidad. La existencia de un "trottoir" en la zona mediolitoral inferior dificulta o imposibilita el desarrollo de un horizonte de *Cystoseira* spp. o de otras algas fotófilas a nivel litoral estricto.
e) *Cystoseira compressa*: Esta especie, más resistente, puede sustituir a *C. amentacea* en aquellos lugares que por razones hidrodinámicas (más calmados) o antrópicas no permiten su desarrollo.
f) *Ellisolandia* (o *Corallina) elongata*: Esta especie está presente en una buena parte de las comunidades (alteradas o no), por lo que no sería *a priori* una buena indicadora. No obstante, su relativa abundancia en lugares donde deberían estar presentes otras especies indicadoras de un buen estado (*Cystoseira* spp., *Laurencia* spp.) puede definir una categoría de calidad moderada/buena.
g) *Laurencia* spp.: Las especies del género Laurencia pueden tener un grado de desarrollo elevado, llegando incluso a ser la especie dominante dentro de la comunidad. En algunos casos, se encuentran en lugares en los que la presencia de *Cystoseira amentacea* y *C. compressa* es muy esporádica o nula. Las especies a considerar son *L. obtusa* y *L. papillosa*.
h) *Hypnea* spp.: El horizonte está formado por especies del género *Hypnea*, principalmente, *Hypnea musciformis* que indica un grado de alteración de ligera a moderada.

i) Mytilidae spp.**:** Esta categoría agrupa aquellos lugares en los que las especies más abundantes son los bivalvos de las especies *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilaster minimus* (siempre y cuando no haya también *Cystoseira*). Su presencia suele indicar un aumento de materia orgánica en el agua y puede aparecer acompañado de *Ellisolancia elongata*.

j) Ulvaceae spp.**:** Categoría caracterizada por la ausencia de *Cystoseira* spp. y la dominacia de ulváceas (*Ulva* spp., *Enteromorpha* spp.), acompañadas de otras clorofíceas (*Cladophora, Chaetomorpha, Bryopsis*) y/o *Ellisolandia elongata*. Esta categoría suele indicar, al igual que la anterior, contaminación por materia orgánica.

k) Cianofíceas**:** Categoría de sitios altamente contaminados donde la población dominante la constituyen cianofíceas epífitas que crean una película mucilaginosa sobre el substrato. Pueden estar acompañadas de macroalgas muy resistentes a la contaminación orgánica (*Derbesia*, Ulváceas).

l) Playas de sustrato blando: zonas de playas o sustrato blando, no analizadas por esta metodología.

Tratamiento de datos

La información obtenida mediante las prospecciones visuales se trasladó con la máxima fidelidad a un sistema de información geográfico (SIG) mediante el programa ArcGis versión 10.5. La información introducida en el SIG fue la siguiente: a) la distribución de las comunidades que se encuentran en el mediolitoral inferior e infralitoral superior de la costa de la RMIP de la Sierra de Irta, B) la tipología de la costa y c) el índice de calidad ambiental EQR asociado a cada tramo de costa.

Para el cálculo del EQR (*Ecological Quality Ratio*) se comparan los valores obtenidos en el área estudiada con los de zonas de referencia. Previamente se ha de asignar la calidad ecológica de las comunidades establecidas en una zona costera (EQ) que se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$EQssi = \frac{\Sigma(lixSli)}{\Sigma li}$$

donde *EQssi* es la calidad ambiental de un tramo particular de costa, *li* es la longitud de costa ocupada por la comunidad *i*, y *SLi* es el nivel de sensibilidad de la comunidad *i.* Los valores de sensibilidad de cada comunidad se presentan en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14. *Comunidad (especies/asociaciones) agrupadas por categorías y niveles de sensibilidad de las especies analizadas por el método CARLIT en el litoral de la RMIP de la Sierra de Irta.*

Comunidad	Categoría	Nivel de sensibilidad
Cystoseira amentacea predomina	C5	20
Posidonia oceanica	Po	20
Dendropoma	Dn	20
Trottoir	T	20
Cystoseira amentacea muy común	C4	19
Cystoseira amentacea común	C3	15
Cystoseira amentacea poco común	C2	12
Cystoseira compressa	Cc	12
Cystoseira amentacea escasa	C1	10
Ellisolandia elongata	Eo	8
Laurencia spp.	L	6
Hypnea spp.	H	6
Mitylus spp.	Myt	6
Ulvaceas	U	3
Cianoficeas	Cy	3
Playas de sustrato blando	SC	SC

El valor EQR de cada tramo de costa se calcula como el cociente entre el EQ obtenido en el sitio de estudio y el EQ obtenido en las estaciones de referencia que corresponden a la misma situación geomorfológica que la zona muestreada. De esta manera, el EQR del índice CARLIT se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{EQR} = \frac{\text{EQ para la zona estudiada (EQssi)}}{\text{EQ para la zona de referencia (EQrsi)}}$$

Donde *i*: es la situación; *EQssi*: calidad ambiental en el sitio de estudio para la situación *i*; *EQrsi*: calidad ambiental en las estaciones de referencia para la situación *i*. Los valores de *EQrsi* de las zonas de referencia se presentan en la tabla 3.15 en función de las diferentes morfologías costeras y tipos de sustrato.

Tabla 3.15. *Calidad ecológica de las zonas de referencia para las diferentes morfologías costera y tipos de sustrato.*

Morfología costera	Naturaleza del sustrato	EQ_{rsi}
Bloques decimétricos	Artificial	12,1
Costa baja	Artificial	11,9
Costa alta	Artificial	8.0
Bloques decimétricos	Natural	12,2
Costa baja	Natural	16,6
Costa alta	Natural	15,3

3.2.2 ESTADO ECOLÓGICO DE LA RESERVA MARINA DE LA SIERRA DE IRTA

La aplicación del CARLIT para la valoración del estado ecológico de la Sierra de Irta ha arrojado resultados muy similares a los obtenidos en las evaluaciones realizadas en 2016 y 2017. Al igual que en los estudios anteriores, se han identificado dos sectores en el litoral de la RMIP de la Sierra de Irta.

Sector Norte: (entre "Cala del Volant" y "Platja del Russo"), en el que dominan costas escarpadas y acantilados de gran altura. En la franja litoral, *Ellisolandia* (o *Corallina*) *elongata* es la especie dominante, junto con otras especies oportunistas. Este predominio se debe al aporte de nutrientes procedente de las surgencias de agua dulce y limitados por la naturaleza acantilada de la costa. Las rocas calizas duras, además de una escasa o nula plataforma de abrasión, caracterizan este sector. (Figura 3.32.a).

Sector central: (entre "Platja del Russo" y "Cala Argilaga"), está dominado por la presencia de varias especies del género *Laurencia*. También se encuentran manchas de *Ellisolandia* (o *Corallina*) *elongata* y cinturones de *Dendropoma lebeche*, en su mayoría muertos con manchas de ejemplares vivos. Este sector concentra la mayoría de las playas de sustrato blando de la Reserva, así como ciertas secciones de conglomerados. (Figura 3.32.b)

Sector sur: (entre "Cala Argilaga" y "Faro de Irta"), se caracteriza por la abundancia de varias especies del género *Laurencia*, en combinación de frondes de *Cystoseira* spp. e *Hypnea* spp. en las extensas plataformas litorales expuestas al batido del oleaje. También se encuentran cinturones de *Dendropoma lebeche* vivos, lo que indica una buena calidad de las aguas. Este sector está compuesto principalmente por areniscas y conglomerados, y presenta plataformas de abrasión anchas. (Figura 3.32.c)

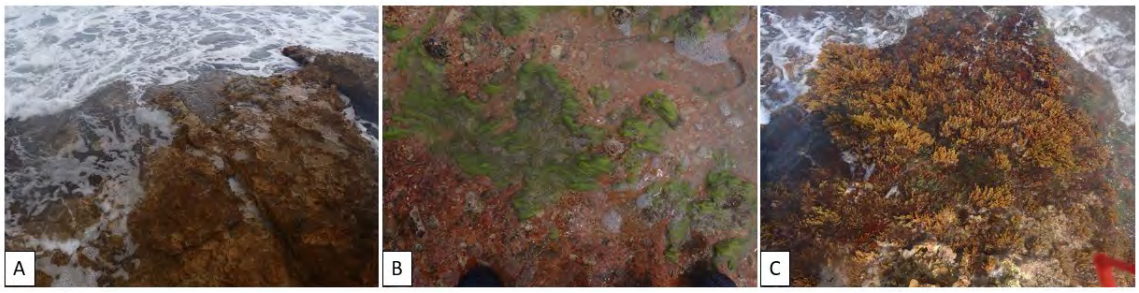

Figura 3.32. *Sectores de la costa de la RMIP de la Sierra de Irta. A) costas escarpadas de sector norte con presencia de Ellisolandia elongata con Laurencia spp.; B) costa rocosa baja del sector central con presencia elevada de ulváceas; C) costa rocosa baja con dominancia de Laurencia spp. y presencia de Ellisolandia elongata, Hypnea spp. y Dendropoma lebeche.*

'Ecological Quality Ratio' (EQR)

Los valores de EQR oscilan entre 0 y 1, siendo los más cercanos a 1 indicativos de un buen estado ecológico, mientras que los cercanos a 0 indican un mal estado ecológico. Dividiendo este rango entre 5 se obtienen los valores de EQR que limitan los cinco estados ecológicos propuestos por la Directiva Marco del Agua (DMA).

El valor EQR que corresponde a la zona de la RMIP de la Sierra de Irta, una vez aplicada la metodología CARLIT, es de 0,8806, cifra indicativa de un estado de calidad "Muy bueno" (Tabla 3.16).

La distribución de los valores de EQR en los tramos de la RMIP se muestra en la Figura 3.33. La metodología CARLIT permitió evaluar el 89 % de la costa de la reserva, mientras que el 11 % restante no fue evaluado debido a la presencia de playas arenosas. De los 117 tramos evaluados, el estado ecológico es el siguiente: Los resultados de la evaluación indican que el 72,5 % de los tramos evaluados se encuentra en un estado ecológico muy bueno, el 26,9 % en un estado moderado y el 0,6 % en un estado deficiente (Figura 3.33).

Al igual que ocurrió en el estudio de 2018, *Lithophyllum byssoides*, no se registró en ninguno de los tramos estudiados, al contrario que *Dendropoma lebeche, que* está presente en el 40,3% de los tramos muestreados. La mayor parte de los organismos muestreados se encontraban en buen estado de conservación. Sin embargo, un pequeño porcentaje (12,8 %) presentó signos de deterioro evidentes, tales como la muerte de los cinturones de *Dendropoma lebeche* en gran parte de los tramos evaluados y la presencia de ulváceas en uno de ellos.

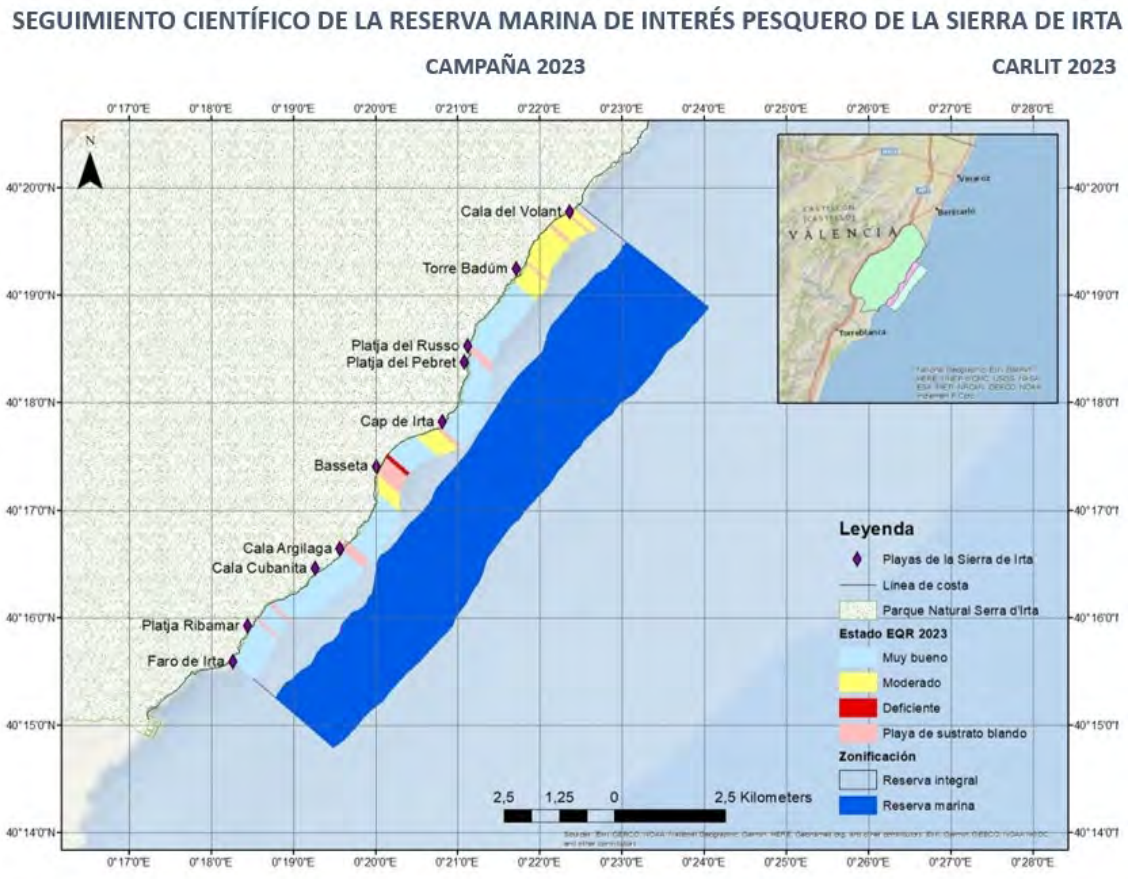

Figura 3.33. *Valor de EQR en los 177 tramos estudiados en la RMIP de Sierra de Irta. Año 2023.*

Tabla 3.16. *Valores de los umbrales de EQR para establecer los estados ecológicos del CARLIT.*

EQR	Nivel de alteración	Estado ecológico
>0,75-1,00	Inexistente o inapreciable	Muy bueno
>0,60- 0,75	Ligera	Bueno
>0,40- 0,60	Moderada	Moderado
>0,25- 0,40	Grande	Deficiente
0,0- 0,25	Aguda	Malo

3.3. SÍNTESIS DEL ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA COMPARACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN ESTE ESTUDIO CON LOS OBTENIDOS EN 2018 Y ANTERIORES

3.3.1. PRADERAS DE *Posidonia oceanica*

Densidad

Las localidades de muestreo presentaron valores de densidad buenos, especialmente en los sitios de muestreo 1 (S1), siendo estos los puntos más someros. La Localidad 9 continúa exhibiendo los valores más altos de densidad, coincidiendo con los resultados obtenidos en los informes de seguimiento del 2018, 2017 y 2016. Los datos de la Localidad 10 presenta datos similares a las otras dos localidades de datos de estudios

anteriores. Estos valores de densidad corresponden a praderas en equilibrio o bien conservadas según la clasificación de Pergent *et al* (1995).

Cobertura

En los años 2016 y 2017 se registraron valores de cobertura significativamente diferentes entre las localidades de estudio, siendo mayor la cobertura en la Localidad 8. En el informe de 2018 no se evidenciaron tales diferencias en cobertura entre localidades, pero sí una disminución de los valores registrados, especialmente en la Localidad 8. En la presente campaña de 2023 los valores de cobertura se mantienen similares a los de 2018, siendo la Localidad 8 la que sufrió un aumento en el porcentaje de cobertura, y la Localidad 9 una ligera disminución, especialmente en el Sitio 1. Estas disminuciones podrían deberse a la alta variabilidad espacial existente entre las praderas estudiadas, al ser praderas muy fragmentadas, por lo que la localización del sitio de muestreo puede influir de forma muy significativa en los resultados. **Proponemos, al igual que se hizo en el informe de 2018, para posteriores estudios, el establecimiento de parcelas fijas para poder realizar el seguimiento de la cobertura con mayor precisión y descartar que la disminución de cobertura registrada tenga que ver con un incremento de los impactos antrópicos. También se podría monitorear, gracias a estas parcelas fijas, parámetros poblacionales como la tasa de natalidad y mortalidad de haces por año.**

Tipo de crecimiento del rizoma

En las praderas de *Posidonia oceanica* de la RMIP de Sierra de Irta se han encontrado proporciones similares y muy bajas de rizomas plagiótropos durante los años de seguimiento (2016, 2017, 2018 y 2023). No ha superado en ningún caso el 10% de rizomas plagiótropos. Por lo tanto, pese a ser praderas someras de manchas de *Posidonia oceanica* de tamaño variable sobre un fondo heterogéneo con rocas y arena, estas manchas parecen mantenerse en equilibrio.

Grado de descalzamiento (o enterramiento) de los haces

Los resultados obtenidos durante los años de estudio (2016, 2017, 2018 y 2023) indican que la pradera no se encuentra sometida a impactos relacionados con altas tasas de sedimentación, ni con pérdida de sedimento que implique problemas de descalzamiento. En todos los años de estudio el grado de descalzamiento ha presentado unos valores bajos, similares entre ellos, y oscilando entre valores mínimos de 0,03 cm y máximos de 5,12 cm. En ninguno de los sitios de estudio se encontraron valores que indicasen impacto por enterramiento en las praderas.

Morfología de los haces

Respecto al número de hojas no se observaron diferencias significativas entre localidades de muestreo en los diferentes años de estudio. El número de hojas promedio se mantiene similar en los años de recogida de datos (6 - 7 hojas/haz).

Tampoco se detectaron diferencias significativas para la longitud máxima foliar en ninguno de los años de estudio. Las longitudes encontradas en los años 2016, 2017 y 2018 fueron muy similares entre ellas (24 - 28 cm). Si bien, los valores resgistrados en 2018 fueron algo mayores (30-35 cm), los registrados en el presente año se asemejan más a los observados en los anteriores estudios de 2016 y 2017 (20 - 28 cm).

Los valores de anchura máxima foliar continuaron mostrando diferencias significativas entre las localidades estudiadas. A diferencia de años anteriores (2016, 2017 y 2018), las hojas de la Localidad 8 presentaban valores de anchura foliar a los de la Localidad 9. Los valores registrados durante los años de estudio oscilan entre 0,58 - 1,2 cm.

En cuanto a los valores registrados de superficie foliar y biomasa foliar, no se encontraron diferencias significativas entre las localidades de muestreo. Los valores obtenidos siguen en la misma tendencia que los obtenidos en los estudios de años anteriores, con valores máximos de 212,7 cm^2 haz^{-1} y 1,20 g Ps haz^{-1} y mínimos de 74,9 cm^2 haz^{-1} y 0,4 g Ps haz^{-1}.

Sobre a la carga de epífitos, al igual que en el informe anterior, se detectaron diferencias significativas entre las localidades de muestreo. La Localidad 8 continúa presentando unas mayores cargas de epífitos comparada con la Localidad 9. La carga de epífitos osciló entre 1,3 - 1,52 mg Ps cm^{-2}, con valores cercanos a 1 mg Ps cm^{-2} como aquellos habituales. Estos valores indican una baja carga de epífitos, por ello, factores como la eutrofización de las aguas, etc. parece no ser un factor de riesgo para las praderas.

Finalmente, la tasa de herbivorismo no presentó diferencias significativas entre localidades de muestreo. Los valores registrados se sitúan entre el 20 y el 60% durante los diferentes años de estudio.

Análisis multivariante de las praderas de *Posidonia oceanica*

Los resultados obtenidos en los años de seguimiento de la RMIP de Sierra de Irta muestran la presencia de praderas estables, con un estado de conservación en su mayoría bueno, y con algunas estaciones con estado moderado, aunque siempre cercano a bueno. En los tres años de estudio, las estaciones LOC9S1 y LOC9S3 han sido de las peor valoradas por lo que, y por ello, se recomienda que en los próximos años de

seguimiento se preste especial atención a los impactos que puedan estar afectando a dichas localidades de muestreo.

3.3.2. PRADERAS DE *CYMODOCEA NODOSA*

En los últimos años desde el último seguimiento de 2018, las praderas de *Cymodocea nodosa* no han permanecido estables debido a los intensos temporales de otoño e invierno, que provocaron la alteración de los fondos sedimentarios de las zonas por debajo de los 10 metros. En el presente muestreo de 2023 se encontraron que las praderas de las localidades 1, 2, y 3 habían desaparecido de zonas por debajo de los 10 m., reubicándose en zonas más profundas. En los puntos de muestreo de los años anteriores, la pradera aún no se había recuperado. Sin embargo, las Localidades 4, 5 y 6 presentaban valores de densidad y cobertura notables. En próximos muestreos podremos ver la evolución de las estaciones más someras y comprobar el potencial colonizador de esta angiosperma. El estado de evolución es favorable pues la pradera se encontraba en estado de expansión, destacando la presencia de numerosos ejemplares de caballito de mar común, de hocico corto (*Hippocampus hippocampus*) en las localidades 1, 2 y 3, si bien la estima real de las poblaciones de esta especie deberían ser objeto de muestreos 'ad hoc'.

Figura 3.34. *Imágenes de Hippocampus hippocampus obtenidas en la pradera de Cymodocea nodosa. Ambos ejemplares son machos. Por el aspecto abultado de sus marsupia, podrían llevar crías en su interior.*

Densidad

Los valores de densidad más elevados se observaron en las Localidades 5 y 6, al igual que en los resultados obtenidos en los informes de seguimiento del 2018, 2017 y 2016. Los valores más bajos de densidad se observaron en la Localidad 3.

Cobertura

Al igual que en los informes de los años 2018, 2017 y 2016, los valores de cobertura fueron significativamente diferentes entre distintas localidades de estudio, siendo

mayor la cobertura en las Localidades 1 y 4. Las localidades de menor cobertura fueron las localidades 2 y 5. Las localidades, en general, disminuyeron su densidad del 2016 al 2017, aumentaron posteriormente del 2017 al 2018, y actualmente se mantienen estables del 2018 al 2023.

Morfología de los haces

Respecto al número de hojas no se observaron diferencias significativas entre localidades en ninguno de los años de seguimiento. El número de hojas promedio registrado en las praderas de *Cymodocea nodosa* se ha mantenido muy similar en los años de recogida de datos (2,6 - 4,8 hojas/haz).

No se detectaron tampoco diferencias significativas para la longitud máxima foliar. Las longitudes encontradas en los años 2016, 2017, 2018 y 2023 se mantienen similares entre ellas (15,6 - 21 cm de longitud foliar promedio), si bien se destaca que este año han sido más bajas respecto a su año predecesor.

Respecto a los valores de anchura máxima foliar no mostraron diferencias significativas entre las localidades estudiadas, a diferencia del estudio del año 2018. Los valores promedio oscilaron entre 0,17 - 0,24 cm.

En cuanto a los valores registrados de superficie foliar y biomasa foliar, no se encontraron diferencias significativas entre las dos localidades. Los valores máximos (20,3 cm^2 haz-1 y 0,066 g Ps haz^{-1}) y mínimos (10,5 cm^2 haz^{-1} y 0,03 g Ps haz^{-1}) de dichos parámetros se mantienen similares entre los años de estudio.

Por último, no se detectaron diferencias significativas en la carga de epífitos entre las localidades estudiadas, a diferencia del estudio realizado en el año 2018. La carga de epífitos osciló entre 0,003 - 0,06 mg Ps cm^{-2} siendo valores más habituales.

Análisis multivariante de las praderas de *Cymodocea nodosa*

Los resultados de los sucesivos seguimientos de la RMIP de Sierra de Irta muestran que, en general, las praderas de *Cymodocea nodosa* presentan un buen estado de conservación, salvo algunas estaciones con un estado ecológico moderado. Sin embargo, el estado general de las praderas puede variar en función de los años, ya que las praderas de *Cymodocea nodosa* son ecosistemas dinámicos que cambian rápidamente. Por ello, el seguimiento de las estaciones a lo largo del tiempo es la forma más adecuada de establecer el grado de estabilidad y conservación de estas praderas en la reserva marina.

3.3.3. FORMACIONES ORGANÓGENAS

Los resultados obtenidos mediante la metodología CARLIT para evaluar la calidad de las aguas y de las comunidades de macroalgas del supralitoral muestran valores muy similares en la secuencia de años de estudio, lo que indica un estado ecológico muy bueno. Sin embargo, es importante seguir monitorizando la evolución de *Dendropoma lebeche* en las zonas con estado ecológico moderado con presencia de esta especie, para evaluar si las zonas muertas se recuperan o, por el contrario, aumentan con el tiempo. Es conveniente, del mismo modo, seguir monitorizando el tramo con presencia de Ulváceas, indicativas de mal estado ecológico, detectado en el presente estudio.

4. SEGUIMIENTO DE INVERTEBRADOS DE INTERÉS

4.1. PLANTEAMIENTO Y METODOLOGÍA

El seguimiento de invertebrados de interés ecológico y patrimonial tiene dos objetivos principales:

- Cuantificar las poblaciones de especies comunes, que generalmente tienen una amplia distribución y son fáciles de medir de forma sistemática. Esto permite evaluar la abundancia y distribución de estas especies, así como detectar posibles cambios en sus poblaciones.
- Identificar y localizar especies raras, poco frecuentes o de especial interés ecológico o conservacionista. Estas especies son importantes para el ecosistema y pueden ser vulnerables a las perturbaciones ambientales. El seguimiento de estas especies permite evaluar su estado de conservación y tomar medidas para su protección.

Para cuantificar las poblaciones de especies comunes, se han tomado como referencia las siguientes:

Lapas, en la zona mesolitoral.
Erizos, en la zona infralitoral.
Nacras (especialmente *Pinna nobilis*), en la zona infralitoral fundamentalmente en pradera de *Posidonia oceanica*.

Los tres grupos se cuantifican mediante técnicas estandarizadas de recuentos sobre el terreno. Estas técnicas consisten en contar el número de individuos de cada especie en un área determinada, utilizando métodos como la cuadrícula de conteo o el muestreo por transectos.

El segundo aspecto del seguimiento de invertebrados de interés ecológico y patrimonial consiste en la identificación y localización de especies raras, poco frecuentes o de especial interés ecológico o conservacionista. Esta actividad se realiza de forma implícita en todos los trabajos de campo, ya que los investigadores deben estar atentos a la presencia de cualquier especie que destaque sobre el entorno.

Los invertebrados a muestrear en este ámbito son los siguientes: gorgonias, corales, grandes briozoos, macroinvertebrados. Además de estos grupos, cualquier especie singular o que destaque sobre el entorno, anotando su localización, dimensiones y estado de conservación y desarrollo.

El seguimiento de las poblaciones de lapas y erizos se ha realizado mediante un diseño experimental, con muestreos repetitivos en localidades sometidas a diferentes grados de presión antrópica. El objetivo de este diseño es identificar si existen efectos negativos debidos a la presencia de visitantes sobre el estado de conservación de las poblaciones.

Muestreo de lapas: Atendiendo a lo indicado en el pliego de prescripciones técnicas, los muestreos se realizaron mediante seguimiento de las poblaciones litorales de lapas e infralitorales (*Patella* spp.), en la franja mediolitoral de la franja prospectada en el apartado del hábitat de arrecifes. En estas zonas, se establecieron 4 estaciones de muestreo, 2 en zonas de alta frecuentación de bañistas, y 2 en zonas con menor grado de afluencia de bañistas. En cada estación se anotó la densidad de especímenes, midiendo en cuadrados de 40 x 40 cm, y reflejando su diámetro máximo longitudinal por medio de un calibrador (precisión 0,1 mm). En cada zona se establecieron 3 sitios de muestreo con 10 réplicas por sitio.

En el caso del estudio de las poblaciones de erizos (*Paracentrotus lividus*, y *Arbacia lixula*) se realizó mediante recuentos en 10 transectos lineales de 50 metros, anotando la abundancia, especie, y tamaño (estimando este por medio del diámetro del disco, empleando un calibre de precisión de décima de milímetro). Estos recuentos se realizaron en 4 localidades de muestreo, con 3 sitios por localidad y 3 réplicas por zonas más un transecto extra en cada localidad para alcanzar los 10 establecidos en el pliego de prescripciones técnicas y según lo acordado en reunión con la Subdirección General de Pesca y el Instituto de Ecología Litoral en fecha 4 de mayo de 2023. Al igual que en el caso de las lapas, se seleccionaron 2 en zonas de mayor afluencia de bañistas, y 2 en zonas menos frecuentadas. La biocenosis a prospectar fue la comunidad de la roca infralitoral fotófila en modo calmo, preferentemente cercana a praderas de *P. oceanica* y a profundidades someras (2 a 6 m.). En total se realizaron 40 réplicas: 4 zonas x 3 sitios / zona x 3 réplicas+1 / sitio = 40 réplicas.

Además de estos muestreos, sistematizados en todas las inmersiones, se ha prestado especial atención a la presencia de madreporarios, gorgonias y en general otros macroinvertebrados poco comunes o de singular interés.

Las localidades de muestreo de lapas y erizos vienen señaladas en el mapa de la figura 4.1, como LAP1 - LAP4 para los puntos de muestreo costeros de lapas; y ERZ1 – ERZ4 para los puntos de muestreo de erizos en aguas someras. Las localidades LAP2 y LAP3 situadas en la punta del Pebreret y en el cabo de Irta respectivamente responden a una presión antrópica alta, por estar en ubicaciones frecuentadas por visitantes, mientras las localidades LAP1 y LAP4, ubicadas en zonas rocosas más alejadas del camino representan localidades de baja presión antrópica, poco frecuentadas.

***Figura 4.1**. Localidades muestreadas para el seguimiento de las poblaciones de invertebrados de interés en la RMIP de la Sierra de Irta.*

En los dos casos los datos obtenidos han sido digitalizados en una base de datos informatizada y procesados para obtener el número total de ejemplares por cuadro (densidad) y la talla media. Estos parámetros han sido representados en gráficas y analizados estadísticamente para elaborar los resultados.

Para la evaluación del efecto reserva sobre las poblaciones de invertebrados se ha realizado un análisis comparativo entre los sitios de cada localidad de la reserva, entre localidades costeras.

Se ha empleado el análisis de la varianza (ANOVA) para comprobar si hay diferencias estadísticamente significativas y las posibles variaciones entre localidades y entre sitios, así como gráficas descriptivas para identificar variaciones y tendencias.

Los resultados del análisis de la varianza que sean significativos se someterán posteriormente al test de Student-Newman-Keuls (SNK) para determinar la relación entre los diferentes niveles de los factores. Se comprobará previamente la homogeneidad de varianzas de cada una de las variables a analizar con el test de Cochran. También se emplearán técnicas de análisis multivariante para el diagnóstico de los cambios producidos en la estructura de las poblaciones de peces combinando

técnicas de escalamiento multidimensional, análisis de conglomerados jerárquicos y el análisis multivariante permutacional semi-paramétrico de la varianza (PERMANOVA).

Los resultados se han considerado significativos cuando $p<0.05$ (95%). Previamente se ha comprobado la homogeneidad de varianzas de cada una de las variables aplicando el test de Cochran.

4.2. RESULTADOS SOBRE LAS POBLACIONES DE LAPAS

Situación actual

Las tres especies más comunes de lapas en la franja litoral del Mediterráneo occidental son *Patella rustica, P. caerulea* y *P. ulyssiponensis*. Se identificaron con regularidad en todos los sitios muestreados, sin embargo, no fue posible establecer un patrón determinado sobre su distribución y abundancias relativas, debido a la irregularidad y escasa pendiente del litoral muestreado, que provoca una mezcla de las poblaciones de las tres especies.

Figura 4.2. *Franja mesolitoral objeto del seguimiento de poblaciones de lapas de la RMIP de la Sierra de Irta.*

Las gráficas de la figura 4.4 (más abajo) presentan la variación de los dos parámetros estudiados en el presente trabajo, densidad y talla media, en función del sitio y la localidad. Los datos se obtuvieron de la campaña de muestreo de 2023. En ellas los

diagramas de caja y bigotes que indican mediana, cuartiles y valores extremos, se combinan con puntos e intervalos que corresponden a las medias y el error estándar. Las gráficas van acompañadas de los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para comprobar si hay diferencias significativas entre los factores de Localidades y Sitios, que puedan ser relacionadas.

Figura 4.3. *Muestreo de lapas*

Las diferencias de densidad que muestra el ANOVA junto a las gráficas, a nivel de localidades muestran que la Localidad 1 (LAP1) muestra diferencias significativas a nivel de Densidad frente al resto de localidades de muestreo (LAP2, LAP3 y LAP4). En las gráficas se aprecia la diferencia de LAP1 respecto al resto. Pese a ello, sólo el Sitio 1 presentan una mayor densidad y diferencias significativas respecto los Sitios 2 y 3 de la localidad LAP1 (p-valor 0,0236 y <0,0001, respectivamente). El resto de las localidades y sitios no muestran diferencias significativas en términos de densidad.

A nivel del factor de Talla media, no se observaron diferencias significativas tanto entre las diferentes localidades de muestreo, como en los diferentes sitios. Pese a ello, las gráficas muestran que la localidad 3 (LAP3) es aquella que presenta mayores variaciones en los datos de tallas medias. Aun así, los resultados de ANOVA reflejan que no hay diferencias significativas.

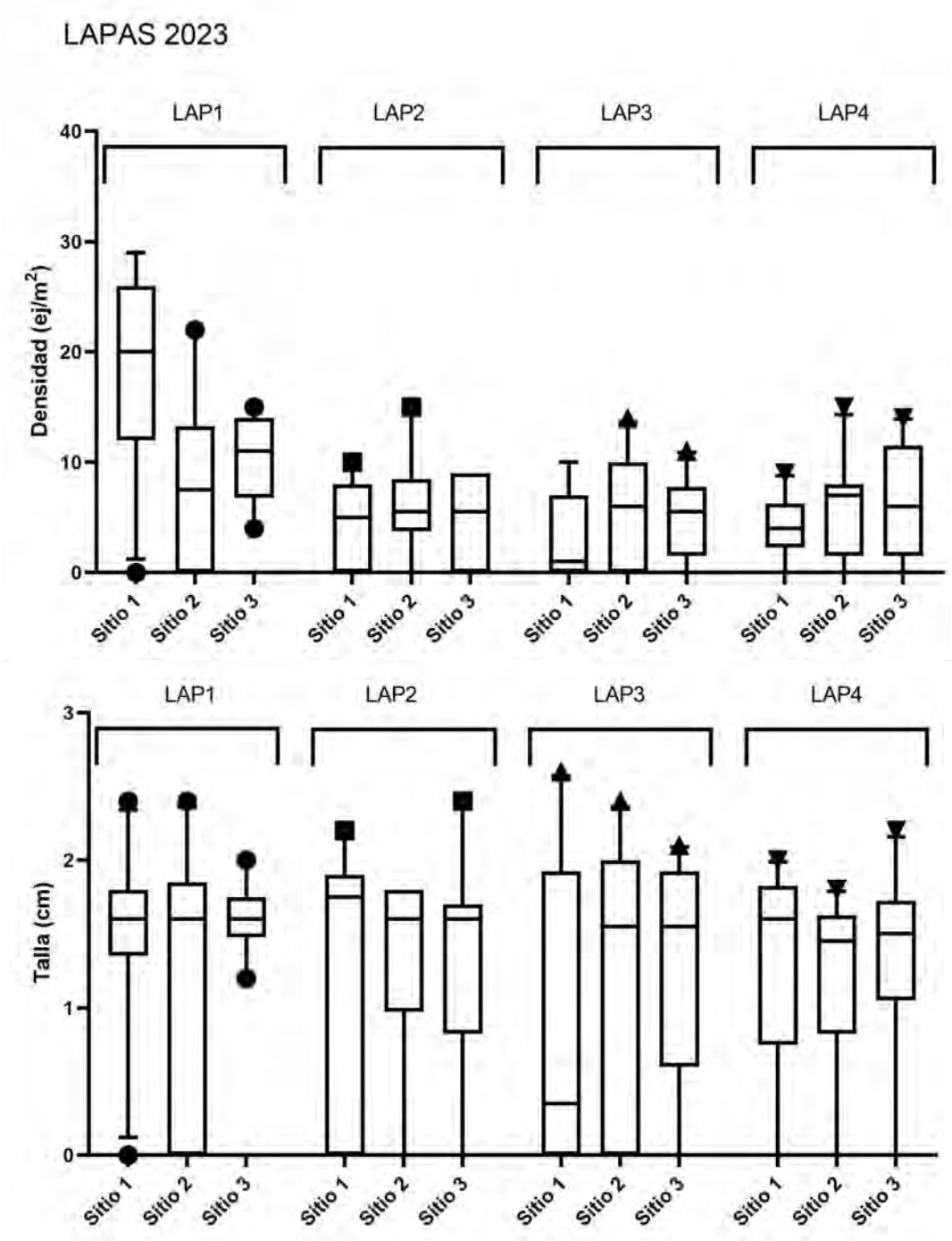

Figura 4.4. *Datos de densidad y tallas de los datos de lapas de 2023.*

Tabla 4.1. *Resultados ANOVA realizado sobre los datos de densidad y talla en los datos de lapas de 2023.*

2023	**Densidad**					**Talla media**				
	SS	DF	MS	F (DFn, DFd	P-value	SS	DF	MS	F (DFn, DFd	P-value
Localidad	28,82	2	14,41	0,5351	P=0,5871	0,452	2	0,2261	0,3696	P=0,6919
Localidad:Sitio	1158	3	386,1	14,34	P<0,0001	1,298	3	0,4327	0,7074	P=0,5497
Residual	2908	108	26,93			66,06	108	0,6117		

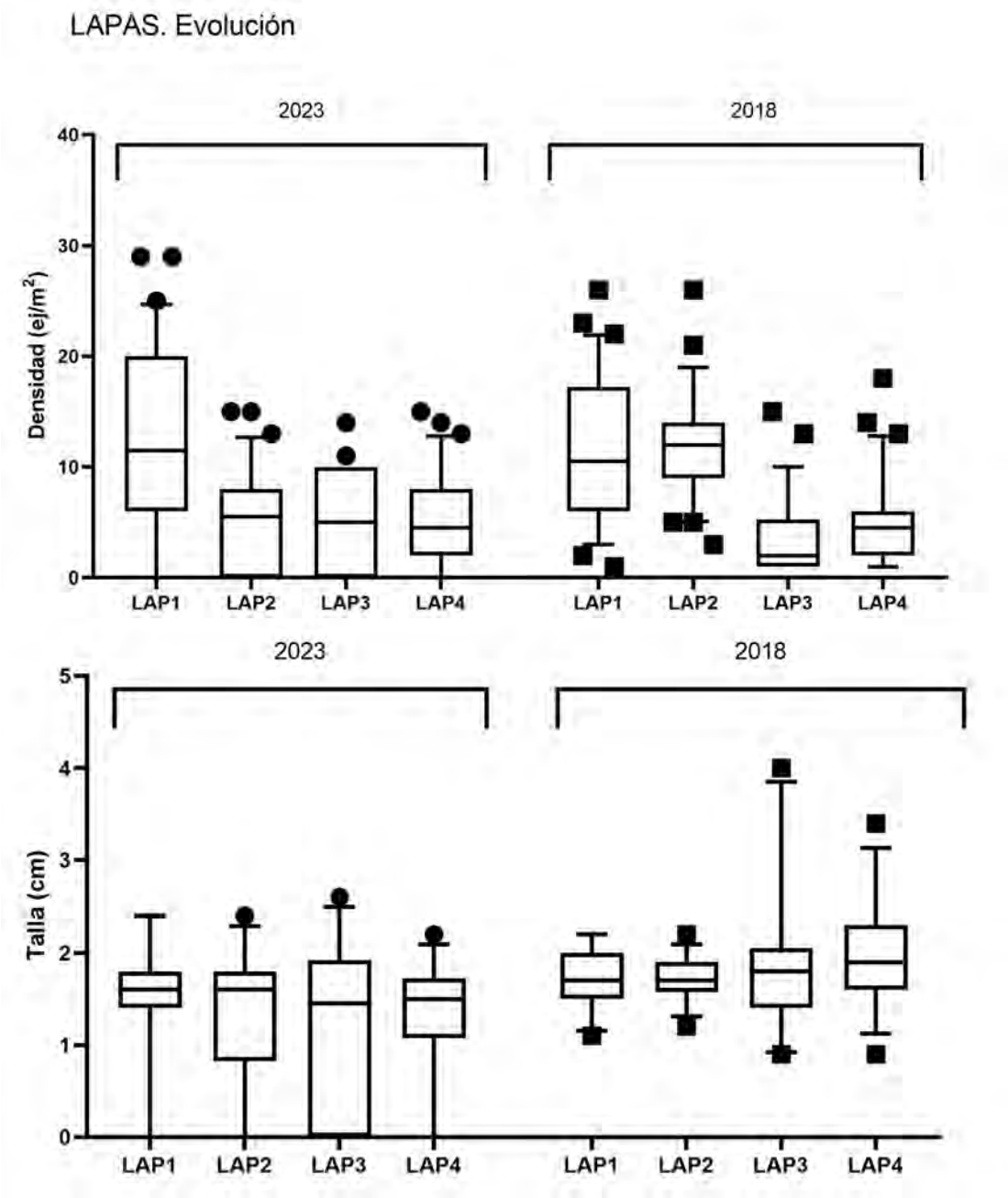

Figura 4.5. *Comparativa de datos de densidad y tallas de los datos de lapas de 2023 y 2018.*

Tabla 4.2. *Resultados ANOVA realizado sobre los datos de densidad y talla en los datos de lapas de 2023 y 2018.*

Interanual	**Densidad**					**Talla media**				
	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn,DFd)	P-value
Localidad	2205	3	734,8	25,45	P<0,0001	0,5496	3	0,1832	0,4642	P=0,7076
Localidad:Sitio	92,50	1	92,50	3,203	P=0,0748	14,59	1	14,59	36,97	P<0,0001
Residual	6700	232	28,88			87,23	221	0,3947		

Variación interanual

La figura 4.5 muestra la distribución de los datos de las campañas de 2023 y 2018, a nivel de Localidades, junto con los resultados del ANOVA, para estudiar las posibles

diferencias temporales en este caso Localidad y Campaña. Según los resultados, en ambas campañas la localidad 1 sigue siendo la que muestra diferencias significativas en cuanto a densidad y talla con respecto a las otras localidades, entre las cuales no se aprecian diferencias significativas. Solo se observaron diferencias significativas entre las campañas en densidades y tallas medias en 1 localidad de muestreo respectivamente.

Respecto a los valores de Densidad, existen diferencias significativas entre localidades 1 (LAP1), claramente visibles en las gráficas (p-valor 0,0239), pero no patentes en lo referido a las tallas medias. En el resto de las localidades se observaron diferencias significativas entre las diferentes campañas de 2023 y 2018; siendo entre las localidades LAP3 y LAP4, no apreciables las diferencias entre campañas en los datos de Densidad. En líneas generales, puede establecerse que en términos de Densidad se mantiene estable dentro de la Reserva.

Para las tallas, realizando las múltiples comparaciones, se ha encontrado diferencias significativas sólo en la Localidad 3 (LAP3) entre 2023 y 2018 (p-valor 0,0208). Las comparaciones con el resto de cada localidad en los distintos años muestran muy poca variabilidad a nivel de tallas de los ejemplares.

4.3. RESULTADOS SOBRE LAS POBLACIONES DE ERIZOS

Las poblaciones de erizos en la Reserva Marina de la Sierra de Irta se caracterizan por su baja abundancia y extensión. Se encuentran representados por ejemplares dispersos o pequeños grupos, en su mayoría de la especie *Paracentrotus lividus*. Se encuentran generalmente encajados en los huecos del microrrelieve de los fondos rocosos litorales. En las praderas de *Posidonia oceanica*, su presencia es muy escasa. Es difícil distinguir entre los rizomas ejemplares aislados de las especies reconocidas *Paracentrotus lividus* (figura 4.6.b) y/o *Arbacia lixula.* (figura 4.6.a).

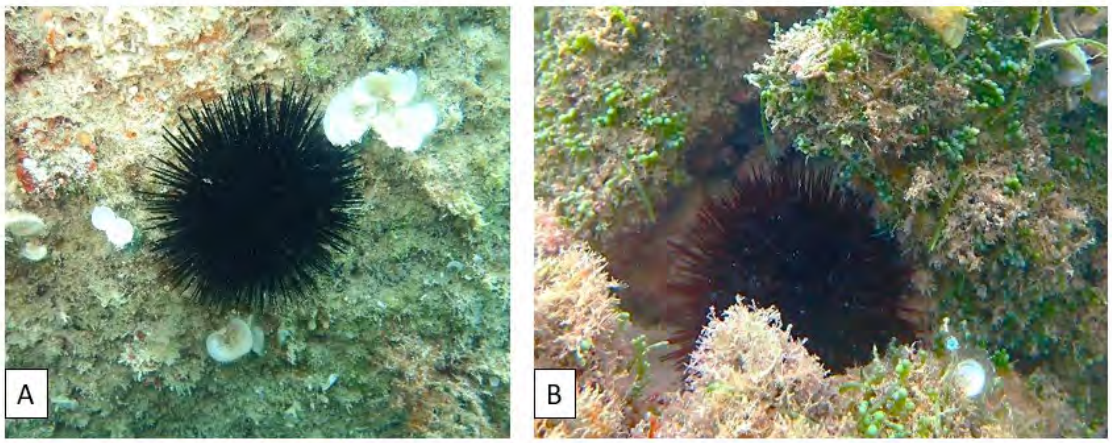

Figura 4.6. *Ejemplares de erizos de la RMIP. A) ejemplar de Arbacia lixula; B) ejemplar de Paracentrotus lividus.*

El muestreo ha debido ser parcialmente dirigido para poder identificar y medir suficientes ejemplares. Los recuentos se han iniciado en sitios donde se ha constatado previamente la presencia de varios ejemplares cercanos. Si el muestreo se hubiera realizado de forma totalmente aleatoria, podrían haberse dado falsos resultados de ausencia total. De hecho, hay numerosos cuadros donde el resultado es cero.

Los resultados respecto a la densidad de ejemplares y la talla se exponen en la Figura 4.7, presentando en gráficas de caja y bigotes la distribución de los datos. La primera figura presenta los resultados de la campaña de 2023 a nivel de localidades y sitios; y la segunda, los resultados de la campaña presente contrastada con la campaña realizada en el año 2018 a nivel de Localidad. En ambos casos, las gráficas vienen acompañadas de los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizado sobre los datos correspondientes.

Situación actual

Aplicando múltiples comparaciones a los resultados de la presente Campaña 2023 entre las diferentes localidades, y sitio a sitio, mediante test Turkey, se encuentra que no hay diferencias significativas para ninguno de los descriptores de densidad y talla media.

Si bien en la observación de los gráficos (figura 4.7) la localidad de muestreo 2 (ERZ2) presenta unos valores de densidad superiores, y para la talla, muy inferiores en la localidad 1 (ERZ1), el análisis ANOVA confirma la similitud de los datos para los descriptores.

Variación interanual

Respecto a la evolución temporal, en la segunda Figura 4.8, se aprecian pocas variaciones importantes a nivel de Densidad. Los resultados del ANOVA solo indican diferencias significativas a nivel de localidades, siendo la localidad 2 (ERZ2) con diferencias significativas (p-valor <0,0001) entre los datos del presente estudio 2023 con 2018 según indican las comparaciones. Para el descriptor de Talla media, sólo se observaron diferencias significativas en la localidad 3 (ERZ3) (p- valor <0,0001).

Por tanto, se puede concluir que las poblaciones de erizos en la reserva son escasas y dispersas, pero no se ven influenciadas por la presión antrópica de los visitantes, ni presentan cambios sustanciales en los tres últimos años.

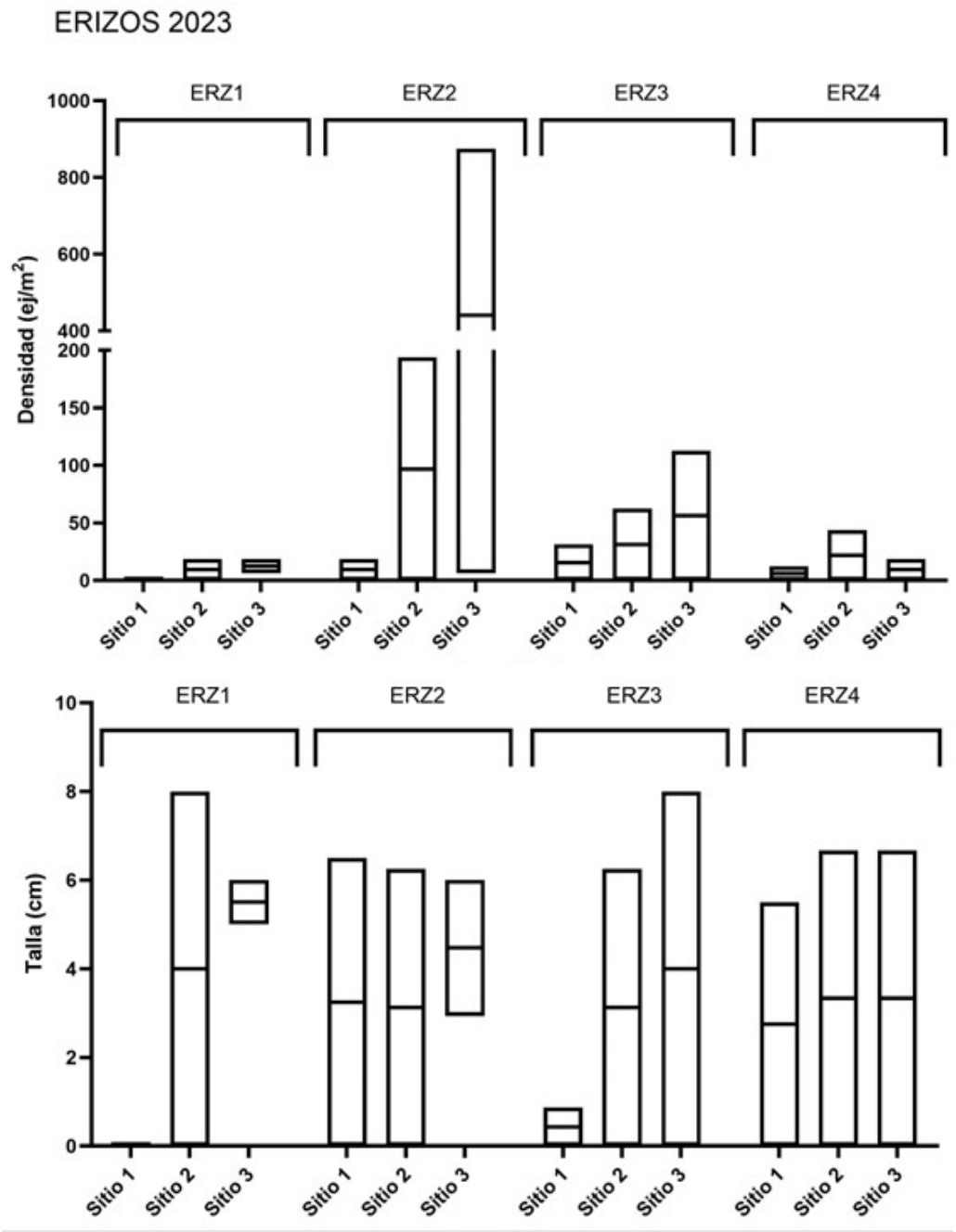

Figura 4.7. *Datos de densidad y tallas de los datos de erizos de 2023.*

Tabla 4.3. *Resultados ANOVA realizado sobre los datos de densidad y talla en los datos de erizos de 2023.*

2023	**Densidad**					**Talla media**				
	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value
Localidad	8965	3	2988	0,2579	P=0,8546	36,92	3	12,31	0,8232	P=0,5000
Localidad:Sitio	89463	3	29821	2,574	P=0,0902	12,03	3	4,010	0,2683	P=0,8473
Residual	185391	16	11587			239,2	16	14,95		

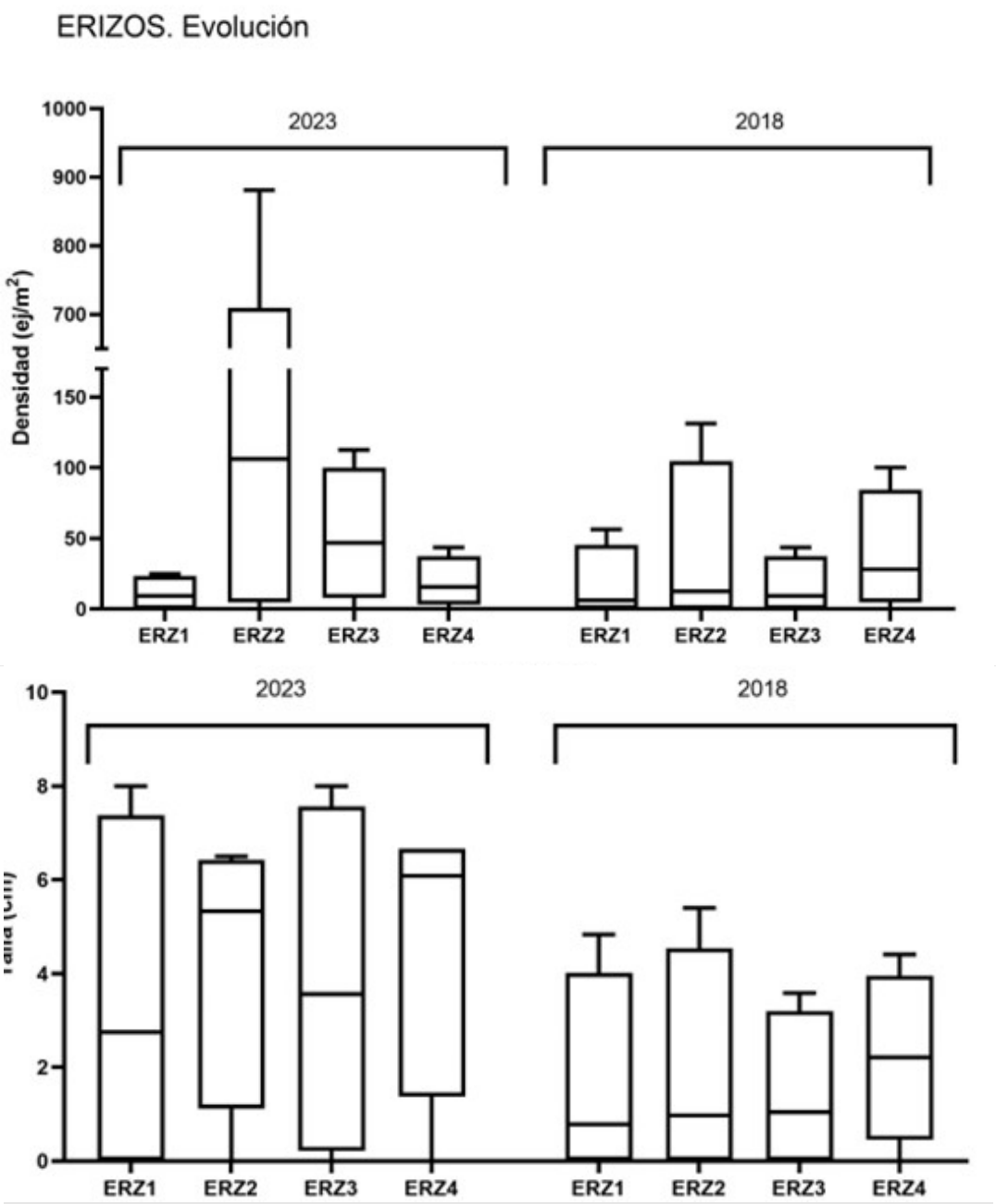

Figura 4.8. *Comparativa de datos de densidad y tallas de los datos de erizos de 2023 y 2018.*

Tabla 4.3. *Resultados ANOVA realizado sobre los datos de densidad y talla en los datos de erizos de 2023 y 2018.*

Interanual	**Densidad**					**Talla media**				
	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value	SS	DF	MS	F(DFn, DFd)	P-value
Localidad	61495	3	20498	9,952	P=0,0002	12,77	3	4,257	0,7445	P=0,5361
Localidad:Sitio	15725	1	15725	7,635	P=0,0108	95,23	1	95,23	16,66	P=0,0004
Residual	49431	24	2060			137,2	24	5,718		

4.4. RESULTADOS SOBRE LA POBLACION DE NACRAS (*Pinna nobilis*)

Las prospecciones de 2023, al igual que en la práctica totalidad de aguas abiertas en el mar Mediterráneo, demostraron la ausencia de *Pinna nobilis*, tanto en los fondos infralitorales en general como en la pradera de *Posidonia oceanica* de la reserva, donde en anteriores campañas se halló algún ejemplar superviviente. En la actual prospección no se hallaron ejemplares vivos ni tampoco valvas de individuos muertos que es muy probable hayan sido destruidas por la erosión. Esta triste situación es común en nuestra cuenca Mediterránea tal y como se refleja en los informes del proyecto europeo LIFE Pinnarca y cuya información se puede encontrar en el siguiente enlace: https://www.lifepinnarca.com/

La ausencia de ejemplares vivos, añadido a los ejemplares muertos registrados en años anteriores, indica probablemente que las poblaciones de la reserva de la Sierra de Irta, tras ser víctimas de la epidemia que afecta actualmente a esta especie en todo el Mediterráneo occidental, no han sido capaces de recuperarse con posibles ejemplares resistentes. No obstante, se ha conseguido el objetivo de disponer de datos cuantificados recogidos de forma sistematizada para poder evaluar su evolución en el tiempo mediante futuros recuentos realizados sobre el mismo esquema metodológico.

Se debe reseñar, sin embargo, un signo de esperanza, ya que en los colectores de larvas situados en la Sierra de Irta, se han recogido cuatro juveniles. Aún no es posible determinar si pertenecen a *Pinna nobilis* o a *P. rudis*.

4.5. INVERTEBRADOS SENSIBLES AL BUCEO AUTÓNOMO

Al igual que lo indicado en informes de seguimiento anteriores, la escasa profundidad de los fondos de sustratos duros de la reserva y la elevada exposición al oleaje determinan que las especies que en otras reservas son susceptibles de ser mecánicamente erosionadas por la actividad de buceadores deportivos, no tengan aquí una elevada presencia.

No obstante, se ha puesto un especial interés en todos los trabajos de campo para identificar y localizar la presencia de otras especies que destaquen en el entorno y pudieran ser negativamente afectadas por la presión antrópica y especialmente por el buceo autónomo.

Como en anteriores seguimientos, en 2023 se ha observado una constancia del desarrollo importante de las colonias del briozoo *Schizobrachiella sanguinea* (figura 4.9), con varios centímetros de desarrollo vertical, y que pueden ser rotas fácilmente por acciones mecánicas. Pese a ello, no puede considerarse que sean sensibles al buceo autónomo.

Figura 4.9. *Colonia de Schizobrachiella sanguinea.*

También fueron encontrados ejemplares de *Flabellina violeta* entre colonias de *Cladocora caespitosa* (figura 4.10). Si bien fueron pocos los ejemplares avistados su presencia es destacable en términos de sensibilidad al buceo, pues es sensible a las prácticas de buceo no profesionales y la pérdida de alimento ante la rotura mecánica de los hidrozoos de los que se alimenta.

Figura 4.10. *Ejemplar de Flabellina violeta.*

También se localizaron algunos ejemplares de *Pinna rudis* (figura 4.11) sobre rocas en las cercanías a la pradera de *Posidonia oceanica*.

Figura 4.11. *Ejemplar de Pinna rudis.*

En conclusión, los resultados de este estudio confirman los de estudios anteriores: la presencia de invertebrados marinos sensibles al submarinismo deportivo es muy escasa en la RMIP de la Sierra de Irta. Por lo tanto, es poco probable que dicha actividad interfiera con los fines de conservación de la reserva.

Referente a madreporarios, se han encontrado colonias tanto de *Cladocora caespitosa* (figura 4.12.a) como de la especie invasora *Oculina patagonica* (figura 4.12.b). Ésta última en mayor proporción.

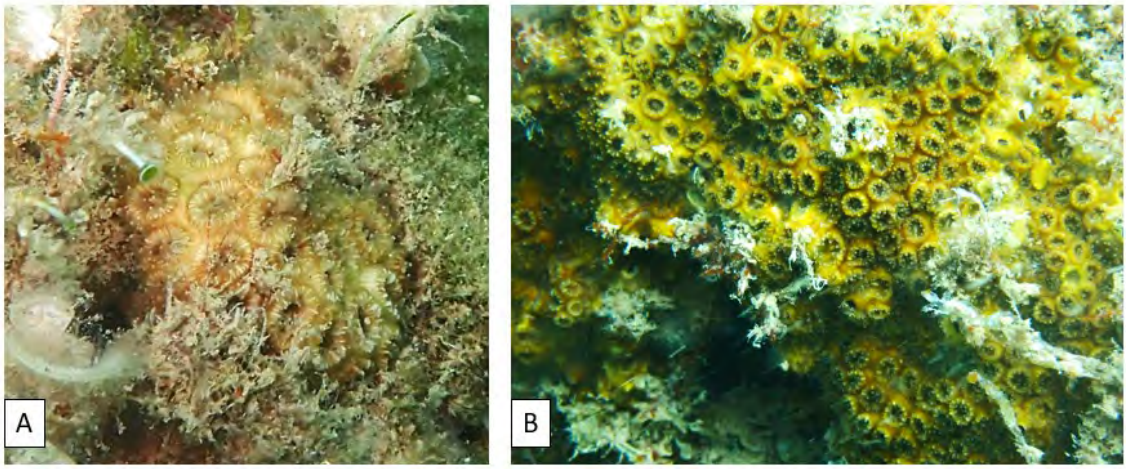

Figura 4.12. *Ejemplares de madreporarios. A) ejemplar de Cladocora caespitosa ; B) ejemplar de Oculina patagónica.*

5. CALENTAMIENTO GLOBAL Y ESPECIES EXÓTICAS

5.1. PLANTEAMIENTO Y METODOLOGIA

El objeto de este apartado es desarrollar un control en relación con la identificación y seguimiento de efectos ambientales derivados del calentamiento global. Puesto que de momento no hay suficientes indicadores biológicos como para desarrollar protocolos sistematizados de muestreo y control, lo que se pretende en este apartado es desarrollar un control continuo de la temperatura del agua en la reserva, e identificar y describir cualquier observación relacionada con este asunto.

El registro de temperaturas se realiza mediante un registrador térmico sumergible con data logger que se programa para recoger y almacenar datos de temperatura medidos en intervalos regulares de tiempo. El equipo tiene una batería interna que le permite funcionar hasta dos años, almacenando datos, tomados en intervalos de media hora.

El primer registrador fue colocado en Julio de 2016 y recogido a final de octubre del mismo año, por el equipo de la Universidad de Alicante. Ese mismo mes este equipo de Alicante dejó instalado un nuevo registrador en la boya del extremo meridional del grupo 2 de trenes de fondeo instalado en el centro de la bahía al sur del cabo de Irta que lamentablemente desapareció.

En octubre de 2017 el equipo del IMEDMAR-UCV instaló un nuevo registrador térmico sumergible con data logger (Hobo UTBI) a 5 m. de profundidad en la base de anclaje de la boya central del mismo grupo de trenes de fondeo (nº2), e intentó recuperar el registrador anterior, pero este había desaparecido, por lo que no se pudo disponer de los datos de temperatura correspondientes al año anterior.

En la campaña realizada en julio de 2018 se recuperó el registrador instalado en octubre del 2017 y se dejó instalado un nuevo equipo en la misma localización programado para recoger datos de temperatura, en intervalos de 30 minutos, con el objeto de ser recogido y sustituido.

Desde julio de 2018 ha habido un lapso en el que no ha habido registro de temperaturas. En enero de 2023 se instaló en la misma localización un registrador programado para ser recogido en la Campaña de seguimiento científico realizada en julio de 2023. Se instaló en la misma localización para ser recogido a futuro en próximas campañas.

En lo que respecta a los indicadores del cambio climático, esta campaña ha otorgado particular énfasis a la identificación y localización de ejemplares de madreporarios para evaluar de manera precisa el grado de blanqueamiento que presentan

5.2. REGISTRO EN CONTINUO DE TEMPERATURAS

En la gráfica siguiente (figura 5.2) se muestran los datos del registro de temperaturas disponibles hasta el momento, mostrando los distintos años superpuestos.

En enero de 2023, tras la adjudicación del seguimiento, el IMEDMAR-UCV instaló un sensor de temperaturas en la Reserva Marina de Interés Pesquero de la Serra de Irta. Debido a que la administración no realizó ningún seguimiento de la reserva en los años 2019-2020-2021 y 2022, al objeto de poder ampliar los registros de temperaturas en la zona se incluyen los del sensor instalado por el IMEDMAR-UCV en la zona LIC de Cabanes Torre Blanca localizada próxima a esta reserva.

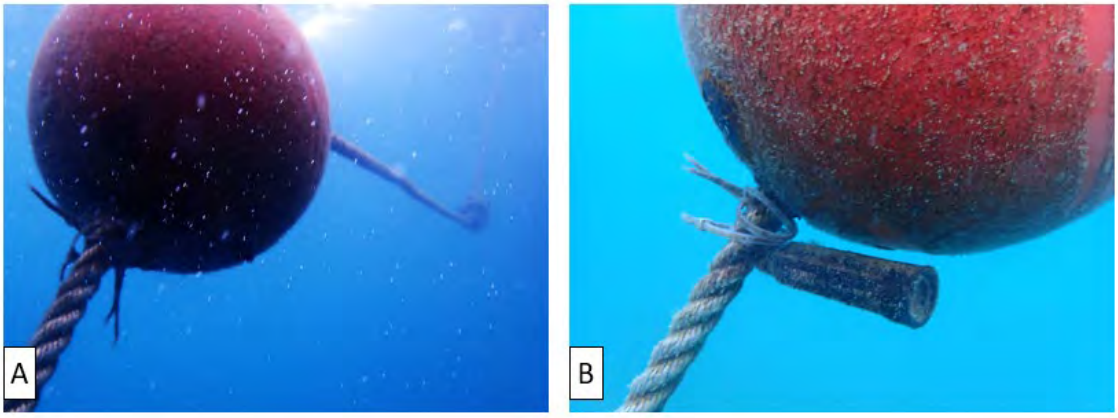

Figura 5.1. *Instalación sensor de temperatura. A) zona de instalación, B) sensor en detalle.*

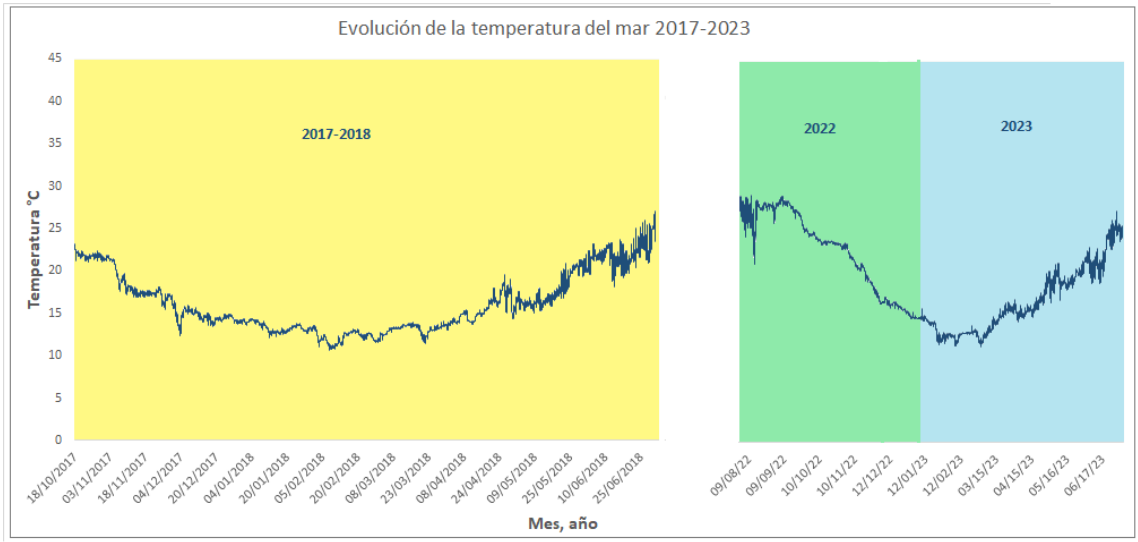

Figura 5.2. *Evolución de las temperaturas anuales medidas a 5 m de profundidad en la Reserva Marina de la Sierras de Irta. Nótese que los datos de 2022 corresponden a un sensor instalado en la zona LIC de Cabanes Torre Blanca, que se han incluido en la gráfica como referencia, pero no se utilizan en las comparaciones.*

En el año 2018, la temperatura mínima registrada fue de 10,56 ºC y se alcanzó el 8 de febrero del 2018, mientras que la temperatura máxima medida es de 24,24 ºC alcanzados el 29 de junio. Comparado con el presente año 2023, la temperatura mínima registrada es de 11,83 ºC el 3 de marzo, y la temperatura máxima registrada es de 26,06 ºC el 21 de junio.

En la actualidad no se disponen de datos suficientes para establecer una evolución temporal de los datos de temperatura en el periodo desde junio de 2018 hasta agosto de 2022, como se ha explicado en el párrafo anterior. Se aprecia que los datos registrados durante este año 2023 son algo más elevados en promedio (0,9-1,3ºC) para las mismas fechas en 2018. Podría interpretarse como una ligera tendencia de aumento de la temperatura en relación con el cambio climático, pero no concluyente.

5.3. BLANQUEAMIENTO Y NECROSIS Y EXPECIES EXÓTICAS

Fueron localizadas varias colonias del madreporario *Cladocora caespitosa*, identificadas en ciertas localidades en las mismas ubicaciones que los transectos de peces, con un aspecto de poco crecimiento, similar a los registrados en anteriores seguimientos (5 - 8 cm, 5 - 10% blanqueado).

Las numerosas colonias de *Oculina patagonica* muestran un variado grado de blanqueamiento. El rango varía desde colonias en perfecto estado hasta otras con un grado de un 90%, como se puede apreciar en la fotografía.

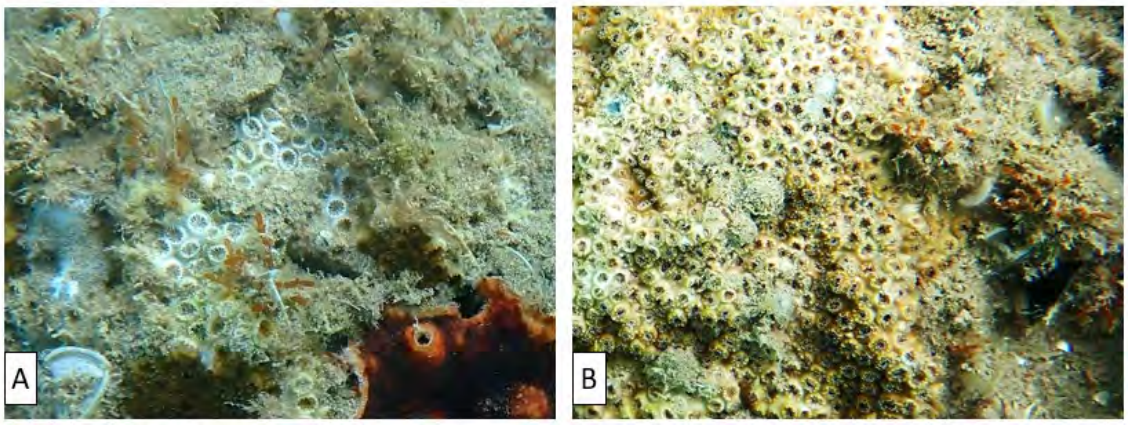

Figura 5.3. *Ejemplares de blanqueamiento de corales. A) blanqueamiento de Cladocora caespitosa, B) blanqueamiento de Oculina patagonica.*

En relación con las especies exóticas, la rodofícea *Laurencia cf. chondroides* sigue siendo parte importante de la cobertura algal de los sustratos rocosos pocos profundos de la reserva, especialmente hacia la zona norte, considerándose como Abundante en la escala de valoración ACFOR.

Así mismo se detectó una colonia pequeña de ejemplares de *Styela spp*., considerada como una especie invasora de sustratos rocosos, sin embargo, los pocos ejemplares avistados de la misma no deberían suponer una alarma hoy en día mediante el seguimiento de la reserva. Se le da una valoración como Rara en la escala ACFOR.

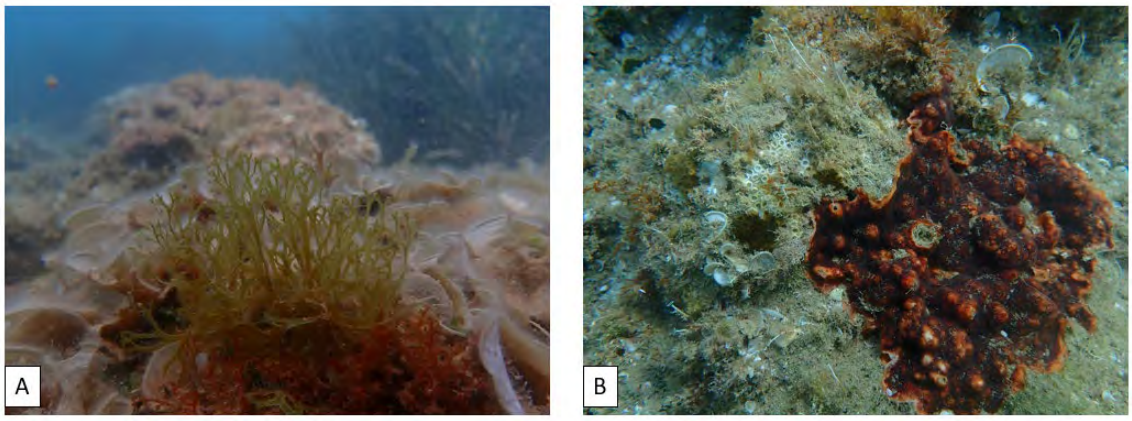

Figura 5.5. *Ejemplares de las especies invasoras Laurencia cf. chondroides (A); y Styela spp. (B).*

La especie invasora *Caulerpa cylindracea* sigue presente a lo largo de la reserva, con una valoración de Común en la escala ACFOR, especialmente compitiendo con agrupaciones cespitosas de *Acetabularia acetabulum*.

Figura 5.6. *Caulerpa cylindracea sobre sustrato rocoso.*

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

En este informe se presentan los resultados y conclusiones de los estudios, trabajos de prospección y muestreos desarrollados por personal del IMEDMAR-UCV en la anualidad 2023 en la Reserva Marina de la Sierra de Irta en relación con el seguimiento científico de la misma, comparando los resultados obtenidos con los registrados en los seguimientos anteriormente realizados en 2016, 2017 y 2018.

En 2023 se han identificado un total de 4.801 ejemplares de peces correspondientes a 28 especies mediante censos visuales en inmersión con escafandra autónoma. Dentro de la Reserva se identificaron 28 especies de peces, incluyendo 5 no presentes en los años anteriores.

Los resultados dentro de la reserva son ligeramente inferiores en biomasa respecto al informe anterior, y mayores en número de ejemplares, con promedios de 0,42 ejemplares/m² y 5,84 g/m², pero con disminuciones en la diversidad y el tamaño de los ejemplares. Fuera de la reserva, en la zona de control, se han hallado abundancias, biomasas y diversidad muy inferiores a los de años anteriores.

Siguen siendo pocas las especies que acaparan la mayor parte de las observaciones, este año *Diplodus vulgaris* (Vidriada) ha sido la más abundante, seguida de *Diplodus sargus* (Sargo común), *Mullus surmuletus* (Salmonete de roca), *Oblada melanura* y *Sarpa salpa* (Salpa). Solamente, *Diplodus vulgaris*, *Mullus surmuletus* y *Sarpa salpa* fueron catalogadas como típicas. *Serranus scriba* (Serrano), *Chromis chromis* (Castañuela) y

Symphodus tinca (Tordo) destacaron por presentar una mayor abundancia respecto a los datos de 2018.

La composición de las poblaciones de peces sigue siendo muy variable entre los diferentes sitios de muestreo, donde las similitudes observables se deben principalmente a la abundancia de las especies comunes, pero se aprecian ciertas relaciones entre especies según el tipo de sustrato, como pequeños blénidos, propios de fondo rocosos muy superficiales, y lábridos, característicos de las praderas de *Posidonia oceanica*.

Los resultados de 2023 muestran que el efecto reserva para el conjunto de las especies es significativo a nivel de Abundancia, Biomasa, Diversidad y Riqueza, a diferencia del año 2018 donde sólo lo fue para Abundancia y Diversidad; para Biomasa y Riqueza considerándose conjuntamente los resultados.

Con los datos de esta campaña, solo 11 especies, a nivel individual, son significativamente más numerosas en la reserva marina que en las zonas de control: *Diplodus vulgaris*, *D. sargus*, *Mullus surmuletus*, *Oblada melanura*, *Sarpa salpa, Diplodus annularis*, *Coris julis*, *Chromis chromis*, *Boops boops*, *Symphodus tinca* y *Thalassoma pavo*. Todas ellas también lo son a nivel de biomasa.

Hasta el momento el efecto reserva podría evidenciarse, pero debemos considerar que afecta a pocas especies individualmente. Este efecto puede ser falsamente magnificado por especies propias de la roca litoral (pequeños blénidos), y fácilmente ensombrecido por la presencia aleatoria de cardúmenes de especies grandes y comunes, de escaso valor ecológico y pesquero, como *Salpa salpa* o *Boops boops*.

Así pues, el efecto reserva en las actuales condiciones no es lo evidente que debiera suponerse en un área protegida como lo es esta, por lo que se hace necesario tomar medidas de protección que disminuyan la presión antrópica en la zona.

En cuanto a pesquerías, 2022 se revela como un año de pesca más baja que en los años anteriores para el conjunto de especies estudiadas, a excepción del pulpo (*Octopus vulgaris*) y langostino (*Penaeus kerathurus*) que han presentado valores similares a años anteriores. Sigue siendo difícil apreciar un efecto reserva en los datos de capturas, pero se observa una tendencia decreciente en las capturas y en el peso relativo en algunas de las especies estudiadas, y un incremento en las dos mencionadas anteriormente.

La pradera de *Posidonia oceanica,* pese a su limitada extensión, sigue correspondiendo, por los parámetros de caracterización, a praderas en equilibrio o bien conservadas según la clasificación de Pergent et al. (1995), lo que resulta especialmente importante

al tratarse de la pradera más septentrional de la Comunitat Valenciana al sur del Delta del Ebro.

Se observó una mayor densidad de haces presente en la localidad más somera (LOC9), y las coberturas eran mayores en una localidad de mayor profundidad (LOC8), lo que obedece seguramente a la propia variabilidad espacial que caracteriza esta pradera. Los resultados obtenidos en los años de seguimiento indican que se trata de una pradera estable, con un estado de conservación en su mayoría bueno, con algunos sitios en estado moderado, cercano a bueno.

Las praderas de *Cymodocea nodosa* presentan un cambio de asentamiento y una reducción de extensión probablemente como consecuencia de los fuertes temporales de los últimos años. Pese a ello se han recuperado en zonas de mayor profundidad respecto a las que se encontraban en 2018, observando pradera en todas las localidades de muestreo. Las coberturas y densidades son muy variables entre localidades, pero presentando en su conjunto una pradera con un estado de conservación en su mayoría bueno, salvo algunas estaciones que varían en función de los años. La presencia de Caballitos de Mar (***Hippocampus hippocampus***) en esta biocenosis es de interés y requeriría de estudios poblacionales sobre la misma en esta área, al objeto de poder evaluar tanto la importancia de esta especie en este sector de costa, como el potencial real de estos fondos como zona de recuperación de la especie.

Los resultados obtenidos aplicando el método CARLIT para evaluar la calidad de las aguas y de las comunidades de macroalgas del supralitoral presentan valores muy similares en los tres años de estudio, correspondientes a un estado ecológico muy bueno, con un valor de 0,8806 en 2023. El 72,5 % de los tramos evaluados se encuentra en un estado ecológico muy bueno, el 26,9 % en un estado moderado y el 0,6% en un estado deficiente. El 11 % de los tramos fueron no evaluables.

La especie *Lithophyllum byssoides*, no se registró en ningún tramo de los estudiados mientras que *Dendropoma lebeche* se encontró en el 40,3%, donde el 12,8% presentaban síntomas de degradación en los tramos muestreados, siendo recomendable prestar atención a su evolución en muestreos futuros.

El grado de frecuentación no afecta a las poblaciones de lapas, y no hay cambios en el conjunto de la población a lo largo de los años de seguimiento. Existen cambios en densidad de ejemplares y en la talla, a nivel de localidades individualmente con patrones diferentes en cada caso.

Las poblaciones de erizos en la reserva siguen siendo escasas y dispersas, pero no se observan afecciones por la frecuentación de visitantes, ni presentan cambios sustanciales en los últimos años de seguimiento de la reserva.

Se constata la ausencia total de la especie *Pinna nobilis* en esta reserva marina. En cualquier caso, se ve preceptivo seguir el control de esta zona, a tenor de las evidencias de reclutas en aguas de la Comunitat Valenciana provenientes de otras poblaciones a través de su dispersión planctónica en las fases larvarias del desarrollo de esta especie.

La presencia de especies de invertebrados sensibles frente al submarinismo deportivo sigue siendo muy escasa en la reserva, de forma natural, por lo que no parece que la actividad interfiera con los fines de conservación de ésta.

El rango de temperaturas medido hasta la fecha en la Reserva Marina de la Sierra de Irta entra dentro de los rangos normales para la zona geográfica. En esta situación, los datos disponibles, pese a observar una tendencia de incremento de temperatura respecto a los datos del último informe, no son suficientes para afirmar definitivamente la existencia de una tendencia asentada de incremento de temperatura en relación con el cambio climático.

La escasa presencia de indicadores de cambio climático y de especies exóticas no ha variado apenas respecto a los años anteriores.

Para poder evaluar convenientemente esta reserva, se aconseja contemplar el cartografiado de detalle la pradera de *Posidonia oceanica* y proseguir con la búsqueda de ejemplares de *Pinna nobilis* y valorar la conveniencia de señalar estaciones fijas de seguimiento mediante marcas permanentes. Es de señalar que el Decreto 64/2022 de 20 de junio del Consell de la Generalitat Valenciana para la conservación de praderas de fanerógamas marinas en la Comunitat Valenciana. [2022/4708] en su art. 9.1 promueve un seguimiento de las zonas que así se indiquen. De hecho, en la RMIP se incluyen dos praderas, una de *P. oceanica* y otra de *C. nodosa* protegidas por este Decreto como praderas de alto valor.

En cuanto a la gestión, considerando que las praderas de *Cymodocea nodosa* y *Posidonia oceanica* son lugares óptimos para reproducción y cría de muchas especies, entre ellas las de peces comerciales y que los resultados del seguimiento indican efectos positivos sobre muy pocas de ellas y en sus formas juveniles, sería altamente conveniente limitar la presión pesquera en estos fondos para aprovechar estas singulares condiciones y ampliar el efecto reserva a más especies y de mayor tamaño, para conseguir el objetivo de la misma en cuanto al aumento de los recursos pesqueros.

BIBLIOGRAFÍA

Calvín J. C. 2003. Fondos marinos de Murcia. Tipos, paisajes, flora y fauna, estado de conservación y mejores inmersiones. Ed. autor, Murcia. 301 pp.

Gladfelter, W.B., Ogden, J.C., Gladfelter, E.H. (1980). Similarity and diversity among coral reef fish communities: a comparison between tropical western Atlantic (Virgin Islands) and tropical central Pacific (Marshall Islands) patch reefs. Ecology 61(5): 1156-1168

Harmelin-Vivien, M.L., J.G. Harmelin, C. Chauvet, C. Duval, R. Galzin, P. Lejeune, G. Barnabe, F. Blanc, R. Chevalier, J. Duclerc & G. Lasserre. 1985. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons: methodes et problemes. Terre Vie, 40: 467-539.

Morales, J. A., Borrego, J., Flor, G. & Gracía, F. J., 2009. 1110 Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda (Bancales Sublitorales). En: VV.AA.,Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 57 p.

Pons, C. 2007. Estudio del estado de conservación de la fanerógama marina Cymodocea nodosa (Ucria) Ascherson en Menorca. Trabajo de fin de Máster. Univ. de Cádiz. 82 pp.

Relini, M., Torchia, G., Relini, G. (1994). Seasonal variation of fish assemblages in the Loano artificial reef (Ligurian Sea Northwestern-Mediterranean). Bulletin of Marine Science 55(2-3): 401-417

Rismondo A, Curiel D, Marzocchi M, Scattolin M, 1997. Seasonal pattern of Cymodocea nodosa biomass and production in the lagoon of Venice. Aq. Bot. 58, 55-64.

Romero, J. 1985. Estudio ecológico de las fanerógamas marinas de la Costa Catalana: producción primaria de Posidonia oceánica. (L.) Delile en las islas Medes. Tesis doctoral. Univ. de Barcelona: 266 pp.

Sánchez Lizaso, J.L., 1993. Estudio de la pradera de Posidonia oceánica. (L.) Delile de la reserva marina de Tabarca (Alicante) fenología y producción primaria. University of Alicante 1–131 (Ph. D. Thesis).

NORMATIVA

Autonómica

DECRETO 219/1997, de 12 de agosto, del Gobierno Valenciano, por el que se declaran zonas protegidas de interés pesquero.

DECRETO 163/2006, de 20 de octubre, del Consell, por el que se ordena la reserva marina de interés pesquero de la Sierra de Irta.

Ley 5/2017, de 10 de febrero, de pesca marítima y acuicultura de la Comunitat Valenciana.

Decreto 64/2022 de 20 de junio del Consell de la Generalitat Valenciana para la conservación de praderas de fanerógamas marinas en la Comunitat Valenciana.

José Tena Medialdea, con DNI 22.695.529-A, como investigador principal de este proyecto, desarrollado en el Instituto de Investigación en Medio Ambiente y Ciencia Marina (IMEDMAR-UCV) de la Universidad Católica de Valencia (UCV), CIF: G-97025787 con dirección en Valencia, C/. Guillem de Castro 94, teléfono 617845340, e-mail: josetena@ucv.es, presenta subsanación del informe:

"Seguimiento científico de la Reserva Marina de Interés Pesquero de la Sierra de Irta"

A este documento se anexa la siguiente información adicional en soporte digital:

- Anexo fotográfico digital. Se entregará el dossier definitivo junto con el informe correspondiente al próximo año.

- Resultados brutos (Excel) de: Censos visuales de peces, lapas, Pinna, erizos, Posidonia, Cymodocea, CARLIT, Registro de Temperaturas y Localización de los puntos de muestreo.

- Mapas de: resultados CARLIT, Localización general muestreos, Localización muestreos Fanerógamas, Localización muestreos Peces, Localización muestreos invertebrados.

Valencia, 3 de diciembre de 2023

JOSE|TENA|MEDIALDEA

Firmado digitalmente por JOSE|TENA|MEDIALDEA
Fecha: 2023.12.03 21:14:22 +01'00'

Fdo.: José Tena Medialdea