Estudio y seguimiento espaciotemporal de poblaciones faunísticas de gestión prioritaria (ictiofauna y la especie invasora *Callinectes sapidus*): Situación actual en zonas someras e intermareales del Mar Menor.

INFORME - Parcial

Abril 2025

UNIVERSIDAD DE MURCIA

TORRALVA FORERO MARIA MAR - 22950654N

Firmado digitalmente por TORRALVA FORERO MARIA MAR - 22950654N
Fecha: 2025.04.30 12:33:44 +02'00'

UNIVERSIDAD DE MURCIA (UMU)

Departamento de Zoología y Antropología Física
Grupo de Investigación E0A0-04
Zoología básica y aplicada a la gestión y conservación.

UNIVERSIDAD DE MURCIA (UMU)
Departamento de Zoología y Antropología Física
Grupo de Investigación E0A0-04
Zoología básica y aplicada a la gestión y conservación.

Dirección y coordinación:
Dra. Mar Torralva Forero (torralva@um.es)
Dr. Francisco J. Oliva Paterna (fjoliva@um.es)

Realización:
Dra. Mar Torralva Forero
Dr. Francisco J. Oliva Paterna
Antonio Zamora López
Adrián Guerrero Gómez
Victor M. Álvarez Navarro
Antonio Andrés Herrero Reyes
Dr. José Manuel Zamora Marín

Recomendación para citar el documento:
Torralva M., Zamora-López A, Guerrero-Gómez A, Álvarez-Navarro V., Herrero-Reyes A, Zamora-Marín JM & Oliva-Paterna FJ. 2025. *Estudio y seguimiento espaciotemporal de poblaciones faunísticas de gestión prioritaria (ictiofauna y la especie invasora Callinectes sapidus): situación actual en zonas someras e intermareales del Mar Menor.* Informe – Parcial. Abril 2025. Universidad de Murcia.

Estudio y seguimiento espaciotemporal de poblaciones faunísticas de gestión prioritaria (ictiofauna y la especie invasora *Callinectes sapidus*): Situación actual en zonas someras e intermareales del Mar Menor

INFORME – Parcial Abril 2025

I. Estado actual de ejecución del proyecto y consecución de objetivos. 5

1. Resumen de antecedentes y objetivos. 8

1.1. Antecedentes y justificación específica del proyecto. 8

1.2. Descripción del objeto del proyecto.....15

2. Equipo de trabajo. 19

3. Selección de red de monitoreo y diseño de seguimiento. 20

3.1. Marco de seguimiento de comunidades ictiológicas de áreas someras. 20

3.1.1. Periodicidad de muestreo. 22
3.1.2. Localidades de muestreo: tareas de campo.....23
3.1.3.Evaluación de la comunidad de peces de pequeña talla.....23
3.1.4. Evaluación de variables abióticas y bióticas: Tipificación de hábitat. 26
3.1.5. Metodología de laboratorio y análisis de datos. 28
3.1.6. Metodología de evaluación de cambios en la comunidad de peces. 30
3.1.7. Análisis estadístico 39

3.2. Marco de seguimiento de *Callinectes sapidus* Rathbun (1896) en Las Encañizas del Mar Menor.....39

3.2.1. Periodicidad de muestreo. 40
3.2.2. Localidades de muestreo: Tareas de campo. 41
3.2.3. Evaluación de la población de *Callinectes sapidus* en la Encañizada del Mar Menor: Métodos de captura. 41
3.2.4. Evaluación de variables abióticas y bióticas: Tipificación de hábitat. 44
3.2.5. Procesado de material y obtención de datos. 45

4. Resultados del proyecto. 46

4.1. Ejecución de las campañas de muestreo de ictiofauna en el marco del proyecto. 46

4.2. Evolución temporal de parámetros o métricas descriptoras de la comunidad ictícola de las áreas someras. 48

4.3. Evolución temporal de *Callinectes sapidus* en el humedal de las Encañizadas.....58

5. Conclusiones. 60

6. Bibliografía. 62

I. Estado actual de ejecución del proyecto y consecución de objetivos.

En el presente apartado se exponen los objetivos alcanzados hasta la fecha en el marco del proyecto, cuyo propósito principal es el análisis y seguimiento espacio-temporal de las comunidades faunísticas de interés prioritario en las zonas someras e intermareales del Mar Menor, consideradas hábitats críticos de alto valor ecológico. En este contexto, se han seleccionado como objetos de estudio la ictiofauna con relevancia para la conservación y la actividad pesquera, así como la especie exótica invasora *Callinectes sapidus* (cangrejo azul o jaiba), debido a su creciente presencia e impacto potencial en el ecosistema. A continuación, se describe el grado de avance respecto a los objetivos específicos establecidos en el proyecto:

- *Evaluar la respuesta de las comunidades de peces de las áreas someras ante la situación actual de la laguna. Evaluación de la dinámica poblacional de taxones de interés pesquero y de conservación.*

Para la consecución de dicho objetivo específico se han desarrollado en el marco del presente proyecto las campañas de muestreo de ictiofauna en áreas someras correspondientes a las estaciones de invierno y primavera de 2025. En el presente documento se incorporan y analizan los datos obtenidos en la campaña de invierno, quedando pendientes de análisis en laboratorio los datos relativos a la reciente campaña de primavera. Cabe destacar la incorporación de datos previos obtenidos en otros proyectos para estudiar dinámicas temporales. Se muestra una actualización de la información relativa a los parámetros o métricas descriptoras de la comunidad ictícola de las áreas someras (ver apartado 4.2).

De forma posterior a la entrega de este informe intermedio, y hasta la fecha de finalización del proyecto en curso, los datos de ictiofauna serán completados con la información recabada en la campaña de primavera y próximas campañas de muestreo, que se desarrollarán en julio y octubre de 2025. Estos datos nos permitirán concluir el seguimiento anual de la estructura y composición de la comunidad, discutiendo a su vez aspectos relativos a la dinámica de las especies de interés de conservación e interés pesquero.

- *Estudiar el papel como hábitats críticos y de refugio de las áreas someras del Mar Menor, teniendo en cuenta la heterogeneidad ambiental que estos albergan.*

  La realización de la campaña de muestreo de ictiofauna correspondiente a las estaciones de invierno y primavera, junto con la incorporación a la serie temporal de datos preexistente de los datos obtenidos en invierno, ha permitido ampliar y consolidar la información disponible para el análisis de la evolución de los parámetros estructurales de la comunidad de peces, así como indagar en su respuesta ante potenciales alteraciones ambientales. En el informe final del proyecto se contempla la integración de variables descriptoras del hábitat, lo que permitirá una caracterización más precisa de la heterogeneidad ambiental de las zonas someras e intermareales y una mejor comprensión de su papel como hábitats críticos dentro del ecosistema del Mar Menor.

- *Generar información base relativa a la dinámica poblacional y biología reproductiva del cangrejo azul* (Callinectes sapidus) *en un hábitat intermareal del Mar Menor (Las Encañizadas, P.R. Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar).*

  Con el fin de alcanzar este objetivo, desde noviembre de 2024 hasta abril de 2025 se han desarrollado muestreos mensuales de *Callinectes sapidus* en dos áreas diferenciadas del entorno natural de Las Encañizadas, caracterizadas por distintos grados de influencia mediterránea. Estas campañas de muestreo han permitido cerrar un ciclo anual de seguimiento intensivo de las poblaciones de *Callinectes* en dicha zona intermareal, el cual se inició en mayo de 2024 en el marco de proyectos previos. Los ejemplares capturados han sido analizados en laboratorio, hasta la campaña de muestreo de febrero, siendo estos datos incorporados en los correspondientes análisis de dinámica poblacional y estructura demográfica. Una vez incorporada en el informe final el conjunto de datos recabados durante el desarrollo del proyecto, los resultados ayudarán a la formulación de recomendaciones de gestión encaminadas al control y mitigación del impacto de esta especie invasora en la laguna.

Para la consecución de los objetivos específicos anteriormente citados es necesario el desarrollo de tareas de campo, laboratorio y análisis, las cuales se listan y especifican en la Tabla I.1. Además, se incorpora el cronograma del proyecto con las tareas ejecutadas hasta la fecha y aquellas previstas de desarrollo antes de la finalización del presente proyecto (Tabla I.2).

Tabla I.1. Definición de las tareas del proyecto incluidas en el pliego de cláusulas administrativas, técnicas y económicas.

Tareas desarrolladas en el proyecto	
T1	Revisión bibliográfica, preparación y actualización de bases de datos.
T2	Diseño de muestreo del seguimiento.
T3	Muestreo de campo a escala de red de monitoreo.
T4	Trabajo de laboratorio y gabinete. Evaluación y análisis de datos.
T5	Elaboración de informes

Tabla I.2. Cronograma de tareas desarrolladas y previstas durante el periodo de ejecución del proyecto. En **verde** se indican las tareas completadas hasta la fecha de entrega del presente informe. En **amarillo** se hace referencia al resto de tareas pendientes de ejecutar.

	2024		2025									
Tareas	**NOV**	**DIC**	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**
T1												
T2												
T3												
T4												
T5												

1. Resumen de antecedentes y objetivos.

1.1. Antecedentes y justificación específica del proyecto.

- En el estudio **FAUNA DEL MAR MENOR Y DIRECTRICES PARA SU MANEJO Y CONSERVACIÓN (Contrato II-123/02) adjudicado** en 2002 y finalizado en 2004, por la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia al Departamento de Zoología y Antropología de la Universidad de Murcia, se caracterizó la comunidad de peces presente en las áreas someras y humedales del entorno de la laguna. Además, se estableció el estado de conservación de estas áreas en función de dicha comunidad.

- Las zonas someras de la laguna se mostraron muy importantes como áreas de reclutamiento y de refugio para estados juveniles de diversas especies. La comunidad de peces detectada en las zonas litorales del Mar Menor mostró una alta diversidad con presencia de 45 especies (19 familias). Más del 50% de estas especies eran consideradas objetivo de las pesquerías o se encontraban legalmente protegidas. Por tanto, quedó señalado el importante papel de las áreas someras como lugares de cría y engorde, mostrando una relación significativa en el mantenimiento de sus poblaciones. Además, **estas áreas litorales proporcionan hábitats esenciales para especies gravemente amenazadas.**

- Estas características hacen que las **áreas someras sean consideradas como hábitats críticos en la laguna**. Es decir, pueden definirse como *áreas específicas esenciales para mantener y conservar favorablemente la comunidad de peces y que requieren, a veces por su ubicación o uso, de una gestión particular*. Resulta básico buscar soluciones poco impactantes que puedan ser compatibles con los múltiples usos y actividades humanas (ej. desarrollo de herramientas que ayuden en la toma de decisiones y que permitan protocolizar la respuesta de la Administración a las actividades desarrolladas sobre áreas someras).

- Durante el periodo 2015-2017 en el marco del convenio de colaboración que mantuvo el Dpto. de Zoología y Antropología Física de la Universidad de Murcia con la empresa TECOMA, Ingeniería y Ambiente, S.L. (ASESORIA Y APOYO TÉCNICO EN PROGRAMAS DE SEGUIMIENTO Y GESTIÓN DE FAUNA) se realizó un seguimiento de las áreas someras. Estos trabajos al centrarse en la utilización de un indicador específico

basado en una fracción de la comunidad de peces **resultaron escasos para evaluar cambios en el estado de conservación de las áreas someras y de las comunidades ictiofaunísitcas asociadas.**

- En el proyecto **ESTUDIO DEL ESTADO DE LA ICTIOFAUNA INDICADORA DE ZONAS SOMERAS, MEJORA DE LA INFORMACIÓN Y APLICACIÓN EN LA REDACCIÓN DE PROYECTOS EN ZONA SUMERGIDA DEL MAR MENOR** desarrollado durante 2018 y 2019 por el Dpto. de Zoología y Antropología Física de la Universidad de Murcia en el marco del contrato de investigación con la empresa TECNOLOGÍAS Y SERVICIOS AGRARIOS, S.A. (TRAGSATEC), se desarrolló un seguimiento y actualización del estado de conservación de las comunidades ictícolas de las áreas someras del Mar Menor. Los cambios detectados en la estructura y composición de estas comunidades, así como la observación de tendencias taxonómicas dispares, mostraron que es **indispensable el seguimiento continuado a través de estudios con estos fines u objetivos paralelos.**

- Entre noviembre de 2019 y abril de 2020 el Dpto. de Zoología y Antropología Física de la Universidad de Murcia, realizó el proyecto **EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LA COMUNIDAD DE PECES EN ZONAS SOMERAS TRAS EL FENÓMENO METEOROLÓGICO DANA,** que tuvo como objetivo estudiar la resistencia y resiliencia inicial de las comunidades ícticas de las zonas someras ante la elevada entrada de agua derivada de dicho fenómeno meteorológico. Los resultados mostraron una notable afección en las comunidades de peces de las áreas someras más afectadas por los episodios de anoxia y mortandad, recalcando su efecto negativo sobre las poblaciones de especies residentes de la laguna. El impacto negativo de este episodio en la funcionalidad de la comunidad ictícola y en la calidad ecológica de las áreas someras, así como la ausencia de signos inmediatos de recuperación, hizo **indispensable la evaluación de la respuesta a largo plazo para esclarecer la resiliencia del sistema.**

- Durante el proyecto **EVALUACIÓN DE LA RECOLONIZACIÓN DE LA ICTIOFAUNA DE LAS ZONAS SOMERAS SOMETIDAS A MORTANDADES POR FENÓMENOS DE ANOXIA**, desarrollado entre los meses de mayo y noviembre de 2020, se apreció cierta recuperación y **similitud entre las comunidades de las localidades afectadas por el fenómeno de mortandad masiva derivado de la anoxia y las no**

afectadas por el mismo. No obstante, la calidad ecológica del conjunto perimetral se vio mermada, fruto de un notable decremento de la abundancia de las especies residentes. Este hecho indica, una vez más, la **necesidad de continuar con el seguimiento para cuantificar la capacidad de recuperación, principalmente de aquellas especies que cierran su ciclo de vida en la laguna,** ya que las presiones de origen antrópico de las últimas décadas podrían haber reducido la resiliencia de la comunidad de peces.

- Entre los meses de febrero y julio de 2021 se llevó a cabo el proyecto **VALORACIÓN DE LA FAUNA PISCÍCOLA DE LAS ÁREAS SOMERAS DEL MAR MENOR. REVISIÓN DE ANTECEDENTES DE LA ESPECIE INVASORA *CALLINECTES SAPIDUS***, que reflejó la mejora de la calidad ecológica de las áreas someras durante las estaciones de invierno y primavera de dicho año respecto a los valores obtenidos durante el ciclo anual posterior a la mortandad acontecida en octubre de 2019. Sin embargo, quedó **constancia de la afección y dificultad de respuesta poblacional de algunos taxones de interés, como es el caso de singnátidos, cuyas poblaciones se vieron drásticamente mermadas**. Los datos analizados relativos a la especie de cangrejo invasora, *Callinectes sapidus,* reflejaron su extendida distribución en las áreas someras de la laguna, así como su aparente preferencia por los hábitats vegetados.

- En la primera fase del proyecto **ESTUDIO Y SEGUIMIENTO ESPACIOTEMPORAL DE LAS POBLACIONES FAUNÍSTICAS DE GESTIÓN PRIORITARIA (ictiofauna y la especies invasora *Callinectes sapidus*): SITUACIÓN ACTUAL EN ZONAS SOMERAS E INTERMAREALES DEL MAR MENOR**, desarrollado entre agosto de 2021 y septiembre de 2022, se concluyó el efecto negativo de las mortandades sobre la calidad ecológica de las áreas someras, disminuyendo ésta durante el periodo 2020-2022, con respecto a la serie temporal previa. Así mismo, se detectaron diferencias espaciales y temporales en el impacto de las dos principales mortandades biológicas (otoño de 2019 y verano de 2021). Además, se observaron ciertas variaciones en la estructura y composición de las comunidades de peces que podrían tener repercusiones sobre el correcto funcionamiento y/o capacidad de respuesta del ecosistema.

- Paralelamente, en el marco de los proyectos anteriormente mencionados, el Departamento de Zoología y Antropología Física ha constatado la presencia del crustáceo invasor *Callinectes sapidus* en algunos hábitats críticos del Mar Menor, así como un notable incremento de su densidad a partir de 2018. Tras la presentación en abril de 2019 del asunto **ANÁLISIS PARA LA ERRADICACIÓN DEL CANGREJO AZUL AMERICANO (*Callinectes sapidus***), ante el Grupo de trabajo "Ecología lagunar" del Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, se consideró oportuno estudiar aspectos relativos a su estatus poblacional y selección de hábitats en la zona intermareal de Las Encañizadas. A su vez, se propuso evaluar la efectividad de diferentes técnicas de captura, generando información base para el desarrollo de posibles planes de control de la especie invasora.

- En la segunda fase del proyecto **ESTUDIO Y SEGUIMIENTO ESPACIOTEMPORAL DE LAS POBLACIONES FAUNÍSTICAS DE GESTIÓN PRIORITARIA (ictiofauna y la especies invasora *Callinectes sapidus*): SITUACIÓN ACTUAL EN ZONAS SOMERAS E INTERMAREALES DEL MAR MENOR**, ejecutada entre noviembre de 2022 y septiembre de 2023, **se ratificó la persistencia del impacto de las mortandades de fauna marina en la calidad ecológica de las áreas someras del Mar Menor, manteniéndose las anomalías en la estructura y composición de las comunidades de peces.** Entre los taxones de interés de conservación, los signátidos se destacaron como el grupo de especies principalmente afectado. Por su lado, los resultados relativos al seguimiento de la especie invasora *Callinectes sapidus* en Las Encañizadas del Mar Menor mostraron un incremento significativo de la densidad de la especie respecto a la detectada en la primera fase del proyecto. Además, se generó información relativa a la selección de hábitat de la especie en dicho espacio protegido y datos sobre la eficacia de captura de las diferentes trampas empleadas.

- Por último, en la tercera fase del proyecto **ESTUDIO Y SEGUIMIENTO ESPACIOTEMPORAL DE POBLACIONES FAUNÍSTICAS DE GESTIÓN PRIORITARIA (ictiofauna y la especie invasora *Callinectes sapidus*): SITUACIÓN ACTUAL EN ZONAS SOMERAS E INTERMAREALES DEL MAR MENOR**, ejecutado entre noviembre de 2023 y octubre de 2024, se constató que la calidad ecológica de las áreas someras del Mar Menor, medida mediante el indicador EMFI, no había recuperado aún los valores previos a los episodios de mortandad, a pesar del incremento en la abundancia de peces respecto a años anteriores. La estructura y

composición de la comunidad íctica permanecen alteradas. La baja frecuencia de aparición de especies migradoras, la escasa biomasa registrada y la continuidad de patrones de dominancia asociados a situaciones de perturbación indican que, aunque existen indicios de recuperación, no se considera un fenómeno generalizado ni afianzado temporalmente. Además, se mantuvo la tendencia negativa del fartet (*Apricaphanius iberus*), especialmente en la cubeta oeste, lo que refuerza la necesidad de conservar sus hábitats fuente en los criptohumedales. Por otro lado, los cambios observados en la estructura del hábitat —como el incremento del limo y la expansión de vegetación sumergida— parecen reflejar procesos derivados de la eutrofización y cambios en la gestión costera. Finalmente, el seguimiento intensivo de *Callinectes sapidus* en Las Encañizadas permitió afinar en el conocimiento sobre su ecología estacional y selección de hábitat, consolidando una base para estrategias de control futuras.

JUSTIFICACIÓN

El Mar Menor constituye la mayor laguna litoral de la costa española y presenta un conjunto de características ecológicas, hidromorfológicas y geoquímicas que le confieren un elevado valor natural y singularidad. Como resultado de dichos valores, este sistema está sujeto a seis figuras de protección: Lugar de Importancia Comunitaria (LIC), Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA), Zona Especialmente Protegida de Importancia para el Mediterráneo (ZEPIM), Humedal de Importancia Internacional (RAMSAR), Paisaje Protegido y Área de Protección de la Fauna Silvestre. Esta confluencia de protecciones impone a la Administración Regional la responsabilidad de asegurar el mantenimiento o la recuperación del estado de conservación favorable de los hábitats y especies características de la laguna, lo cual implica garantizar la persistencia de sus estructuras y funciones ecológicas a largo plazo.

No obstante, a pesar de su relevancia ecológica, el Mar Menor ha experimentado durante las últimas cuatro décadas una degradación progresiva de su estado ecológico como consecuencia de la creciente presión antrópica ejercida sobre la laguna y su cuenca vertiente. Esta presión ha derivado en una pérdida significativa de funcionalidad ecosistémica y en alteraciones profundas en sus comunidades biológicas. El punto de inflexión más relevante se produjo en 2016, cuando la laguna sufrió un colapso ambiental inducido por un proceso eutrófico extremo que desencadenó una grave alteración en la calidad del agua y en la composición y estructura de sus comunidades acuáticas.

Adicionalmente, ciertos episodios puntuales, como las lluvias torrenciales asociadas a depresiones aisladas en niveles altos (DANA), han actuado como detonantes de eventos críticos. Un ejemplo significativo fue el evento registrado los días 12 y 13 de septiembre de 2019, que supuso la entrada de aproximadamente 90 hm^3 de agua dulce cargada de sedimentos, materia orgánica y nutrientes. Este aporte masivo provocó la estratificación de la columna de agua en dos capas: una superior, de baja salinidad, y otra inferior más salina y densa. Parte del material en suspensión se depositó en el fondo como consecuencia de procesos de floculación y corrientes verticales descendentes. Las condiciones anóxicas resultantes propiciaron episodios de mortandad masiva de peces y crustáceos, particularmente en la cubeta norte. Posteriormente, el temporal GLORIA en enero de 2020 produjo un nuevo aporte de agua dulce de unos 60 hm^3, agravando las condiciones en la laguna.
En agosto de 2021 se produjo un nuevo episodio de hipoxia, intensificado por las condiciones eutróficas de base y las elevadas temperaturas estivales. Esta situación desencadenó varias jornadas consecutivas de mortandad de fauna

acuática, con un impacto espacial más generalizado que el observado en 2019, afectando de forma significativa a las zonas someras de las cubetas sur y este. A pesar del cese de la mortandad visible, la persistencia de altas densidades de peces en las zonas someras en busca de refugio se prolongó durante semanas, lo que indicaba un estado de vulnerabilidad latente en el ecosistema lagunar.

Durante el periodo comprendido entre 2022 y noviembre de 2023, los parámetros ambientales de la laguna se mantuvieron dentro de rangos relativamente estables, sin manifestar síntomas de un nuevo colapso ecológico o episodios de mortandad masiva. Por el contrario, permanecían patentes los cambios detectados en la estructura de la comunidad íctica, así como el descenso de poblaciones de especies de elevado interés para la conservación, como los signátidos. Durante 2024, y de forma previa al inicio de este proyecto, algunas especies residentes mostraron síntomas de una ligera recuperación. **La fragilidad del sistema y la intensidad de cambio observada en la estructura y composición de las comunidades de peces de las áreas someras del Mar Menor destaca la necesidad de mantener un seguimiento continuad de sus poblaciones. La ictiofauna representa no solo un componente esencial para el equilibrio trófico de la laguna, sino también un recurso de alto valor socioeconómico para el sector pesquero, por lo que su monitorización constituye una herramienta clave para el diseño de estrategias de conservación y restauración del ecosistema.**

Por otro lado, las especies exóticas invasoras (EEI) suponen una amenaza creciente para los ecosistemas acuáticos, constituyendo actualmente uno de los principales factores de presión en las aguas de transición del Mediterráneo. Sus vías de introducción están directamente vinculadas a actividades humanas, como la acuicultura, el transporte marítimo (lastre, bioincrustaciones), la liberación con fines recreativos o comerciales, y el comercio de especies ornamentales. Diversos entornos como el delta del Ebro o la Albufera de Valencia han evidenciado el impacto ecológico y económico que estas especies pueden generar, situación extrapolable al Mar Menor.

En este sentido, la alteración de las barreras naturales, principalmente por la conexión artificial entre la laguna y el mar abierto, junto con una elevada presión turística y náutica, ha facilitado la entrada y asentamiento de especies invasoras, como el cangrejo azul (*Callinectes sapidus*), con importantes repercusiones sobre la biodiversidad y las actividades económicas locales. Su proliferación representa un claro ejemplo del proceso de deterioro del Sistema Socio-Ecológico del Mar Menor (SSEMM), tal como recoge la Estrategia de Gestión Integrada de Zonas Costeras (EAE201760020, 2019).

En este contexto, se hace imprescindible el desarrollo e implementación de una estrategia integral para la gestión y control de EEI en el Mar Menor, que contemple tanto el seguimiento e investigación de estas especies como la propuesta de medidas concretas de mitigación y erradicación. Los trabajos realizados por el Departamento de Zoología y Antropología Física de la Universidad de Murcia sobre *Callinectes sapidus* en el espacio natural de Las Encañizadas constituyen un ejemplo de generación de conocimiento aplicado, esencial para comprender la dinámica invasora y orientar la toma de decisiones en materia de gestión adaptativa.

1.2. Descripción del objeto del proyecto.

El presente informe técnico se elabora en el marco del PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DESARROLLADO POR LA UNIVERSIDAD DE MURCIA A PETICIÓN DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE MAR MENOR de la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente de la Región de Murcia para dar cumplimiento a la indicado en la ORDEN DE CONCESIÓN DE SUBVENCION NOMINATIVA A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD DE MURCIA PARA EL PROYECTO “ICTIOFAUNA – INVASORAS”.

Definición de tareas y cronograma de trabajos realizados

Según lo descrito en el documento de la Subvención Nominativa antes referida, las tareas necesarias para el *Estudio y seguimiento espaciotemporal de poblaciones faunísticas de gestión prioritaria (ictiofauna y la especie invasora Callinectes sapidus): Situación actual en zonas someras e intermareales del Mar Menor,* quedan descritas en la tabla 1.1. No obstante, este trabajo se fundamenta en el desarrollo, por parte de personal especializado, de las labores de campo y laboratorio, así como el posterior análisis estadístico de los datos, destinados a la consecución de una evaluación detallada del estado actual de los taxones presentes en las áreas someras del Mar Menor, ayudando de esta forma a comprender la resistencia y resiliencia de las comunidades ictiológicas ante las diversas presiones e impactos asociados a la laguna.

Entre las prioridades iniciales del trabajo, se enumeran:

• Identificar y evaluar, a diferentes escalas, la situación de la comunidad de peces alevines y juveniles de las zonas someras en el contexto actual de la laguna, prestando especial atención a taxones de interés pesquero y conservacionista.

• Analizar el estatus y capacidad de recuperación de la ictiofauna de las áreas someras tras los sucesivos episodios de estrés ambiental acontecidos.

• Evaluar el estatus poblacional del cangrejo azul (*Callinectes sapidus*) en la Encañizada del Mar Menor y estudiar aspectos asociados a su biología.

A continuación, se especifica el listado de tareas enmarcadas en el proyecto (Tabla 1.1) y el cronograma de ejecución de estas (Tabla 1.2).

Tabla 1.1. Definición de las tareas del proyecto incluidas en el pliego de cláusulas administrativas, técnicas y económicas.

Tareas desarrolladas en el proyecto	
T1	Revisión bibliográfica, preparación y actualización de bases de datos.
T2	Diseño de muestreo del seguimiento.
T3	Muestreo de campo a escala de red de monitoreo.
T4	Trabajo de laboratorio y gabinete. Evaluación y análisis de datos.
T5	Elaboración de informes

Tabla 1.2. Cronograma de tareas previstas durante el periodo de ejecución del proyecto.

	2024		**2025**									
Tareas	**NOV**	**DIC**	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**
T1												
T2												
T3												
T4												
T5												

(T1) Búsqueda y actualización de bases de datos y documentos bibliográficos.

- Actualización y estandarización de bases de datos de proyectos ictiológicos desarrollados previamente en las áreas someras del Mar Menor.
- Actualización de bases de datos bibliográficas, focalizando en el análisis comparado a diferentes escalas (laguna completa y/o escalas espaciales inferiores), sobre las comunidades ictiológicas de diferentes mesohábitats en ecosistemas de transición.
- Actualización de bases de datos bibliográficas relativa a invasiones biológicas de *Callinectes sapidus* en ecosistemas de transición.

(T2) Establecimiento de una red de monitoreo óptima.

- Realización de prospecciones con evaluación rápida de localidades de muestreo con la intención de hacer una selección de la red de monitoreo adecuada.
- Selección de la red de monitoreo definitiva para el desarrollo de las campañas estacionales de muestreo e inicio inmediato de la toma de datos.

(T3) Muestreo de campo a escala de red de monitoreo

- Ejecución de cuatro campañas de muestreo estacionales en la totalidad de localidades que comprenden la red de monitoreo establecida, orientadas al seguimiento de las comunidades ictícolas en las áreas someras.
- Ejecución de campañas de muestreo mensuales de *Callinectes sapidus* en Las Encañizadas del Mar Menor, desde el mes de noviembre de 2024 hasta abril de 2025, cerrando así un ciclo anual completo de seguimiento intensificado de sus poblaciones, el cual se inició en el antecesor proyecto.
- Procesado y análisis de los datos obtenidos en campo.

(T4). Trabajo de laboratorio y gabinete. Evaluación y análisis de datos.

Los datos recabados en campo y procesados en laboratorio son registrados e incorporados en las bases de datos diseñadas para sendos seguimientos. En el caso de la ictiofauna de las áreas someras del perímetro lagunar, los datos son contrastados y analizados con la información recabada en los últimos años. Se estudia la evolución y respuesta de las comunidades de peces ante la situación actual del Mar Menor o fenómenos extremos (DANAs, episodios de eutrofia, mortandad, etc.), así como las tendencias en la laguna de aquellos taxones de interés de conservación e interés pesquero.

Los datos referentes al monitoreo de las poblaciones de *Callinectes sapidus* en Las Encañizadas permiten conocer la fase de invasión de la especie en este hábitat crítico, así como registrar parámetros biológicos y ecológicos de la especie en un ambiente intermareal. La información resultante deberá ser considerada en el establecimiento de futuras estrategias de gestión y control de la especie en la laguna o en sus humedales perimetrales.

(T5) Elaboración de informes

- **Informe parcial del proyecto (abril de 2025).** Resultados preliminares e información relativa a las campañas de muestreos realizadas hasta la fecha.

- **Informe final del proyecto (octubre de 2025).** Resultados y conclusiones obtenidas tras la ejecución de los seguimientos enmarcados en el proyecto. Se detallará toda la información obtenida relativa a la ictiofauna detectada en las áreas someras del Mar Menor y a la biología y situación actual del cangrejo azul en Las Encañizadas,

2. Equipo de trabajo.

El **equipo responsable** de la ejecución (Laboratorio de *Biología y Conservación de Vertebrados Acuáticos*) está dirigido y conformado por doctores especialistas en biología, gestión y conservación de fauna adscritos al Departamento de Zoología y Antropología Física de la Universidad de Murcia (Personal UMU). Las tareas involucradas en el trabajo de campo en zonas someras requieren de un equipo de trabajo mínimo conformado por 3 miembros del personal.

Los doctores responsables están homologados en la formación con animales utilizados para la experimentación con fines científicos como personal de categorías B y C (Dirección General de Ganadería y Pesca, CARM). Además, la experiencia del equipo de investigación en el análisis y estudio de EEIs y fauna acuática de la laguna del Mar Menor está consolidada desde hace más de 20 años. Esto asegura la optimización en los procedimientos de diseño de muestreos, la manipulación de individuos o la minimización de alteraciones sobre el hábitat, así como la utilización de métodos alternativos para el trabajo con la comunidad objeto de seguimiento.

El Laboratorio de *Biología y Conservación de Vertebrados Acuáticos* del Departamento de Zoología y Antropología Física (UMU) cuenta con las instalaciones y gran parte del material instrumental necesario para la realización de las campañas de muestreo, trabajo de laboratorio y análisis de datos.

3. Selección de red de monitoreo y diseño de seguimiento.

3.1. Marco de seguimiento de comunidades ictiológicas de áreas someras.

En el presente apartado se describe la red de monitoreo establecida para evaluar el estado actual de la comunidad de peces de las áreas someras del Mar Menor.

Con el fin de establecer una correcta red de monitoreo que asegurase cumplir los objetivos marcados en el presente proyecto, se ha mantenido la distribución espacial de las localidades contempladas en proyectos previos, permitiendo de esta forma el análisis temporal y la comparativa de resultados. De esta forma, la red de monitoreo comprendió un total de 18 sectores de muestreo distribuidos a lo largo del perímetro lagunar (Tabla 3.1), establecidos inicialmente en función de variables de macrohábitats integradoras, principalmente la estructura de orilla en base al grado de influencia antrópica. De forma generalizada, y siempre y cuando la superficie del sector lo ha permitido, en cada uno de los sectores establecidos se seleccionaron dos localidades de muestreo, siendo estas prospectadas de forma alterna a lo largo de las estaciones del ciclo anual (Fig. 3.1). Esta distribución de las zonas de muestreo permite evaluar la respuesta de las comunidades de peces de las áreas someras a escala local y, su respuesta conjunta a nivel lagunar. A continuación, se detalla la sectorización realizada:

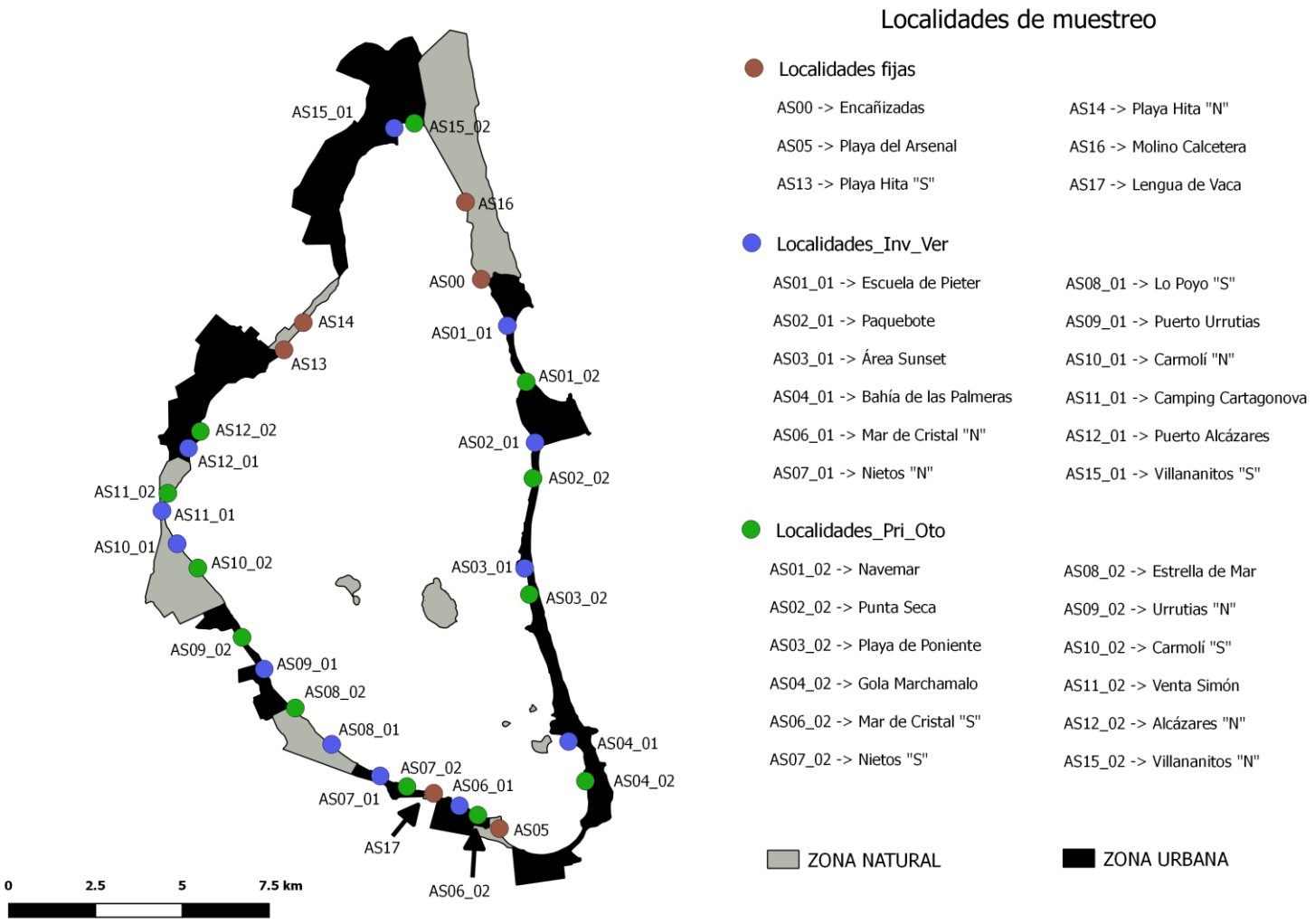


Figura 3.1. Sectorización y periodicidad de muestreo de las áreas someras objeto de seguimiento en el presente proyecto.

Tabla 3.1. Sectorización de muestreo de las áreas someras de la laguna del Mar Menor.

SECTOR	Extensión
Encañizada (AS00)	Encañizada (Orilla Mar Menor)
La Manga (AS01)	Navemar – Escuela de Pieter
La Manga (AS02)	Paquebote – Punta Seca
La Manga (AS03)	Área Sunset – Restaurante el Molino
La Manga (AS04)	Bahía de las Palmeras (Isla del Ciervo) – Gola Marchamalo
Playas Sur (AS05)	Playa del Arsenal
Mar de Cristal (AS06)	Mar de Cristal "N" – Mar de Cristal "S"
Los Nietos (AS07)	Los Nietos "N" - Los Nietos "S"
Lo Poyo (AS08)	Lo Poyo "S" – Estrella de Mar
Los Urrutias (AS09)	Puerto Los Urrutias – Los Urrutias "N"
El Carmolí (AS10)	Carmolí "N" – Carmolí "S"
Albujón-Carrizal Alcázares (AS11)	Camping Cartagonova – Venta Simón
Los Alcázares (AS12)	Puerto Los Alcázares – Los Alcázares "N"
Carrizal de la Hita	Playa de la Hita "S"
Playa de la Hita (AS14)	Playa de la Hita "N"
San Pedro del Pinatar (AS15)	Villananitos "S" – Villananitos "N"
Salinas San Pedro Exterior (AS16)	Molino La Calcetera (Mar Menor)
Punta Lengua de Vaca (AS17)	Punta Lengua de Vaca (Orilla Mar Menor)

3.1.1. Periodicidad de muestreo.

Durante la ejecución del presente proyecto se establecieron muestreos estacionales. Hasta la fecha, **han sido ejecutadas con éxito las campañas de muestreo correspondientes a invierno y primavera de 2024** (ver apartado 4.1). **En el presente informe se encuentran recogidos y analizados los datos correspondientes a la campaña de invierno, quedando excluidos los datos de la campaña de primavera, dada la reciente finalización de los muestreos de campo y estando pendiente el análisis en laboratorio de los datos obtenidos.** Estos muestreos constituyen dos réplicas estacionales de las 18 localidades que componen la red de monitoreo establecida. Durante los próximos meses en los que el proyecto seguirá su desarrollo (mayo-octubre) se realizarán las campañas de muestreo de ictiofauna correspondientes a las estaciones de verano y otoño.

3.1.2. Localidades de muestreo: tareas de campo.

La metodología de muestreo se centra en obtener, de forma sistemática, información referente a las comunidades de peces que habitan en las áreas someras de la laguna, permitiendo su estandarización, análisis y comparativa con la información ya existente recabada en estudios previos.

La unidad de muestreo definida en las áreas someras es la **localidad**, entendiendo cada una de éstas por la **extensión comprendida por 200 – 300 metros de longitud de orilla y los primeros 15 – 20 metros de zona sumergida**.

Las tareas de campo que se han realizado en cada una de las localidades de muestreo, quedan englobadas en:

(1) Evaluación (Inventario) de la Comunidad de peces de pequeña talla: Realización de muestreos cuantitativos (estandarizados según esfuerzo por superficie) + muestreo cualitativo.

(2) Evaluación de Hábitat (Tipificación físico-química y biótica): Tipificación integral de la comunidad en su conjunto + Tipificación específica a nivel de unidades de muestreo.

3.1.3. Evaluación de la comunidad de peces de pequeña talla.

Debemos entender la evaluación o inventario como la totalidad de actividades encaminadas a evaluar la cantidad y distribución geográfica de la comunidad objeto de estudio. Con esta finalidad, la valoración de la comunidad ictiológica en cada una de las localidades de muestreo ha sido obtenida mediante muestreos cuantitativos (estandarizados según esfuerzo por superficie) y cualitativos.

La estandarización en la toma de muestras es un requisito clave para la correcta interpretación y evaluación del estatus de las poblaciones. Los muestreos diseñados, con un esfuerzo preestablecido y estandarizado (Tabla 3.2), han permitido recabar información a nivel de localidad, pudiendo analizar relaciones espaciotemporales.

Tabla 3.2. Diseño y esfuerzo de muestreo por localidad.

ESFUERZO DE MUESTREO POR LOCALIDAD
3 Muestreos cuantitativos + 1 Muestreo cualitativo
Muestreo cuantitativo: **Metodología:** Red de arrastre manual (10 x 1,5 m; sin copo), 5 mm Luz de malla. (Arrastres paralelos y oblicuos a la orilla). **Esfuerzo de Muestreo:** Arrastre de 160 m^2 (20x8 m) x 3 = 480 m^2 de arrastre / Localidad **Resultados:** Capturas por Unidad de Esfuerzo (CPUEs) y Biomasa por Unidad de Esfuerzo (BPUEs): CPUEs = nº individuos / 160 m^2 (= nº individuos / Arrastre) BPUEs = g de individuos / 160 m^2 (= g de individuos / Arrastre)
Muestreo cualitativo: **Metodología:** Red de arrastre manual (10 x 1,5 m; sin copo), 5 mm Luz de malla. Salabres o Cedazos. Minnow-Traps (Trampas tipo Minnow). **Esfuerzo de Muestreo:** Variable según la metodología, pero fijo en tiempo total. **Resultados:** nº de especies (Riqueza específica, S)

Método de captura: red de arrastre manual.

Esta técnica de muestreo no selectiva permite la captura de especies de pequeño tamaño y juveniles de otras especies de mayor talla. En este sentido, la red de arrastre manual se plantea como una técnica de muestreo óptima para el estudio y conocimiento de las comunidades de peces de las áreas someras (Franco *et al.* 2012). El arrastre manual consiste en el barrido mediante una red de 10m de longitud y 1,5m de altura de una superficie predefinida, cercando la red en la fase final del muestreo contra la línea de orilla. La superficie de muestreo abarcada en cada una de las réplicas es de 160m^2, correspondiendo ésta a 20m longitudinales y 8 metros de anchura, teniendo en cuenta que la oposición del agua ejercida durante el arrastre ocasiona una curvatura en la red y la pérdida de 2m efectivos, aproximadamente. Además, la base de la red se encuentra ligeramente plomada, permitiendo la captura de especies estrictamente bentónicas y evitando a su vez la alteración del sustrato y cobertura vegetal.

En cada una de las 18 localidades de muestreo establecidas se ha desarrollado un total de tres arrastres cuantitativos, siendo las zonas concretas de arrastre seleccionadas en base al criterio de representatividad (Fig. 3.2). Cabe destacar, que uno de estos arrastres se realiza de forma oblicua a la orilla, con el fin de recabar también posibles especies asociadas a ambientes de mayor profundidad, aunque en cualquier caso ésta siempre será inferior a 1.5m. Además, en aquellas localidades en las que se ha observado de forma puntual microhábitats que aportan cierta heterogeneidad, se ha realizado un arrastre cualitativo con el objetivo de poder detectar otras especies que puedan aparecer asociadas a estos hábitats diferentes.

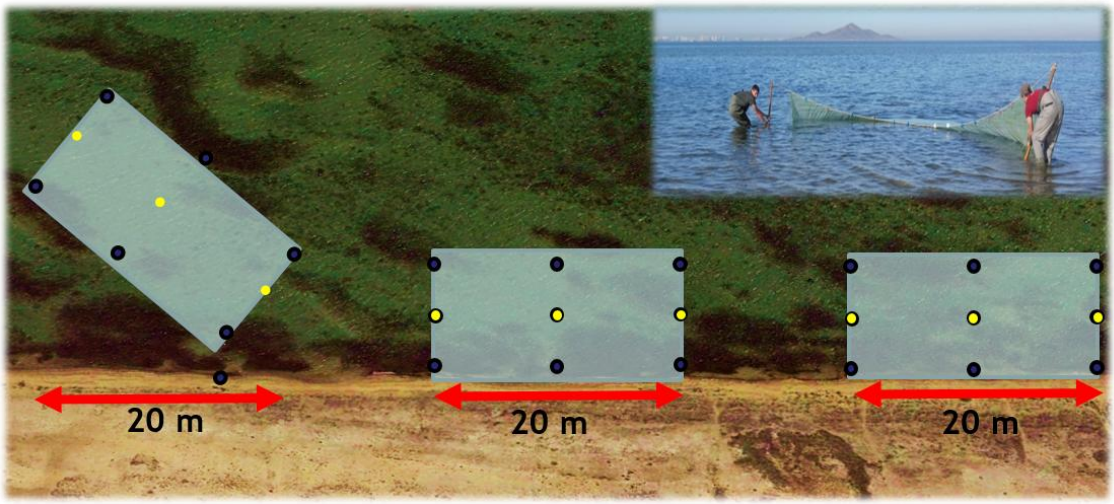


Figura 3.2. Diseño y ubicación de arrastres en una hipotética localidad de muestreo. Los puntos amarillos indican las zonas de medida de parámetros físico-químicos. El conjunto de puntos azules y amarillos reflejan las medidas de profundidad.

3.1.4. Evaluación de variables abióticas y bióticas: Tipificación de hábitat.

La valoración del hábitat en cada una de las localidades de muestreo se ha realizado mediante dos tipificaciones relacionadas entre sí (Tabla 3.3):

- Tipificación conjunta = Valoración conjunta de la localidad.
- Tipificación específica = Valoración del hábitat en cada uno de los muestreos cuantitativos realizados por localidad.

Esta doble tipificación del hábitat en cada localidad nos permite afrontar el análisis de las relaciones, Hábitat-Comunidades Ictiológicas, en varias escalas de muestreo dentro de cada localidad: Nivel Localidad y Nivel Arrastre.

Tabla 3.3. Variables de hábitat evaluadas en los muestreos.

	Unidad de medida	**Metodología de medida**
Variables fisicoquímicas		
Profundidad (inicio, intermedia, final)	cm	Profundímetro / 9 estimas /Arrastre
Sustrato inorgánico (tipo)	Ø cm	Valoración Ordinal / 1 estima /Arrastre
Oxígeno disuelto	mg/l	Multiparámetros / 3 estimas /Arrastre
Saturación oxígeno	%	Multiparámetros / 3 estimas /Arrastre
Temperatura	ºC	Multiparámetros / 9 estimas /Arrastre
Ph		Multiparámetros / 9 estimas /Arrastre
Conductividad	µS-mS/cm^2	Multiparámetros / 9 estimas /Arrastre
Salinidad	‰	Multiparámetros / 9 estimas /Arrastre
Transparencia	Escala ordinal (1-3)	Valoración ordinal / 1 estima /Arrastre
Granulometría Sustrato	Escala ordinal (1-4) 1= Limos 2= Arenas 3= Gravas/Conchas 4= Cantos/Guijarros (Modificado de: Bain, 1999)	Valoración porcentual media / Arrastre
Heterogeneidad Sustrato	Desviación estándar de la Granulometría (Bain y Stevenson, 1999)	Valoración / Punto de muestreo
Variables bióticas		
Vegetación acuática. (Recubrimiento)	% / m^2	Valoración porcentual media /Arrastre
Volumen/densidad	Escala ordinal (1-5)	Valoración ordinal / 1 estima /Arrastre

3.1.5. Metodología de laboratorio y análisis de datos.

Material de estudio

Los ejemplares capturados en cada una de las localidades de muestreo han sido procesados *in situ* bajo protocolos preestablecidos (Oliva-Paterna et al., 2017) para reducir al máximo la mortalidad durante el proceso. Los peces fueron recolectados y depositados en bateas con agua para facilitar su manejo (Fig. 3.3). El total de los individuos que conforman la muestra fueron anestesiados e identificados en el campo utilizando bibliografía específica (Arias & Drake, 1990). No obstante, en el caso de especies cuya identificación en tallas juveniles precisa de un análisis en profundidad, se seleccionó una submuestra aleatoria y se trasladó al laboratorio en formaldehído al 10%. Los ejemplares fueron fotografiados *in situ,* sobre una superficie escalada, calculando las longitudes totales LTs (± 0.1 cm), posteriormente, con la ayuda de un procesador de imagen (Image-J) (Schneider et al., 2012). Los ejemplares de aquellas especies de fácil reconocimiento *in situ* pudieron ser contabilizados y devueltos al medio con bajas tasas de mortalidad (< 1 %). Entre estas últimas especies se encuentran aquellas amenazadas y/o emblemáticas de la laguna.



Figura 3.3. Izq.: Playa de la marina de *El Carmolí* (AS10), una de las localidades de muestreo incluidas en la red de monitoreo del proyecto. **Dcha.**: Parte del equipo de trabajo durante el desarrollo de uno de los arrastres.

El material de análisis para la descripción de la comunidad de peces objeto de seguimiento es el conformado por individuos alevines y juveniles [= *Young-of-the-Year*, individuos capturados en el año de su producción *sensu* Thiel et al. (2003)], junto con adultos de especies de pequeña talla (Longitudes totales (LTs) < 100 mm). No se incorporan estados larvarios, es decir, individuos con la presencia de vitelo.

Los taxones, además, han sido clasificados y tratados según los grupos funcionales, en cuanto al uso de estuarios y zonas de transición, según el modo de alimentación y en base a su estrategia reproductiva (Franco et al. 2008).

De esta manera, en la tabla 3.4 se describen las variables evaluadas para el presente proyecto a distintos niveles.

Tabla 3.4. Descripción de las variables a analizar correspondientes a la comunidad ictiológica.

Nivel de Análisis = Comunidad		
Variables	*Metodología*	*Resultados de Análisis*
Determinación de especies Nº total de individuos Peso total de individuos	Claves de determinación de especies ícticas Extrapolación de pesos a partir de rectas de crecimiento a nivel de especie	Riqueza específica (*S*) Índice de Diversidad (*H'*) Abundancia total Biomasa total EMFI
Nivel de Análisis = Especie-Individuo		
Variables	*Metodología*	*Resultados de Análisis*
Nº de individuos / Especie Peso de individuos / Especie Longitud Furcal media poblacional Longitud Estándar media poblacional	Ictiómetro (± 1 mm) Extrapolación de pesos a partir de rectas de crecimiento a nivel de especie	Abundancia especie Biomasa especie Parámetros poblacionales EMFI

Claves de identificación ictiológica de mayor frecuencia de uso:

- Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.L., Hureau, J.C., J. Nielsen y E. Tortonese. 1984. **Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. Volume I, II y III. UNESCO, París. 1443 pp.**
- Arias, A.M. y P. Drake. 1990. **Estados juveniles de la Ictiofauna de los caños de las Salinas de la Bahía de Cádiz. Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 163 pp.**
- Bauchot, M.L. y A. Pras. 1993. **Guía de los Peces de Mar de España y de Europa. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 432 pp.**
- Corbera, J., A. Sabatés y A. García Rubies. 1996. **Peces de Mar de la Península Ibérica. Editorial Planeta, S.A. Barcelona. 312 pp.**
- Fernández-Delgado, C., Drake, P. Arias, A.M. y D. García. 2000. **Peces de Doñana y su entorno. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 272 pp.**

3.1.6. Metodología de evaluación de cambios en la comunidad de peces.

Parámetros descriptores de la comunidad:

Con la finalidad de establecer la dinámica temporal y espacial de las comunidades objeto de estudio se ha incluido un análisis temporal y espacial descriptivo, basado en la *Diversidad* (Índice de Diversidad de Shannon-Weaver) y la *Riqueza específica* (S).

El ***Índice de Diversidad de Shannon-Weaver*** **(H')** se ha ponderado en función de la abundancia relativa (CPUEs) de las especies:

$$H' = - \sum pi \log_2 pi$$

pi es la proporción en abundancia de la especie i (desde i = 1 hasta i = S que es el número de especies presentes). Esta expresión de la *Diversidad* es, probablemente, la más usada y la que mejores resultados ofrece al estudiar individuos estructurados en clases que interactúan en un sistema ecológico.

La ***Riqueza específica*** **(S)** para cada unidad muestral (básicamente espacial o temporal) es evaluada en función del número de especies descritas en la misma.

La Diversidad y Riqueza específica de alevines, juveniles y pequeñas tallas (LTs < 100 mm) es caracterizada en cada muestreo mediante los valores totales y promedios por ambiente y sector de muestreo.

La **Abundancia y Biomasa relativa** de las especies detectadas, es evaluada en función de estimas de densidad definidas por *Capturas/Biomasa por Unidad de Esfuerzo* (CPUEs y BPUEs, respectivamente):

Áreas someras perimetrales (AS)

- CPUEs = nº individuos / 160 m^2 (= nº individuos / Arrastre perimetral)
- BPUEs = peso capturas (g.) / 160 m^2 (= peso capturas (g.) / Arrastre perimetral)

Indicador del estado de conservación de las áreas someras mediante las comunidades de peces. Adaptación *Estuarine Multi-metrics Fish Index* (EMFI)

Numerosos autores han desarrollado y aplicado índices que permiten integrar las comunidades biológicas en el seguimiento y control de los ecosistemas. En este sentido, el papel bioindicador de las comunidades de peces para el estudio y evaluación de la calidad de los ambientes acuáticos ha sido ampliamente respaldado desde el ámbito científico.

La información recabada en campo, y posteriormente en laboratorio, respecto a las poblaciones de peces de las áreas someras permite la aplicación de índices complejos que integran multitud de métricas poblacionales. Este hecho resulta de vital importancia, puesto que el análisis simplificado centrado en el número o abundancia de especies podría sesgar o dificultar la correcta interpretación de la realidad.

Para evaluar el estado actual de las áreas someras afectadas por las mortandades, se ha estudiado la evolución del estado ecológico de los ambientes en relación a diversas métricas de la comunidad de peces, mediante la adaptación del ***"Estuarine Multi-metric Fish Index"* (EMFI)** (Harrison & Kelly 2013). Las 14 métricas que engloba este índice (Tabla 3.5) fueron seleccionadas de una amplia bibliografía referente al desarrollo y aplicación de índices de la comunidad de peces en ambientes estuáricos (e.j. Miller et al., 1988; Deegan et al., 1997; USEPA, 2000; Hughes et al., 2002; Whitfield and Elliott, 2002; Harrison & Whitfield, 2006; Jordan et al., 2010; Hallett et al., 2012).

Tabla 3.5. Métricas utilizadas para el desarrollo de la adaptación del EMFI a las áreas someras del Mar Menor.

Métrica		Descripción
Diversidad y composición de especies		
1	Riqueza específica	Proporción del nº de especies detectadas respecto a las esperadas.
2	Estatus de conservación de la comunidad	Nº de especies incluidas en catálogos o listas de conservación (categorías de amenaza a nivel autonómico, nacional, UE/mundial).
3	Composición de especies	% de similitud (presencia/ausencia) respecto a la comunidad de referencia.
Abundancia		
4	Abundancia de especies	% de similitud de la abundancia respecto a la comunidad de referencia.
5	Dominancia	Nº de taxones que conforman el 90 % de la abundancia total.
Uso de las áreas someras		
6	Nº especies diádromas	Nº de especies anádromas o catádromas detectadas.
7	Riqueza de especies residentes	Proporción del nº de especies residentes detectadas respecto a las esperadas.
8	Riqueza de especies migradoras	Proporción del nº de especies migradoras detectadas respecto a las esperadas.
9	Abundancia de especies residentes	Abundancia relativa de especies residentes del área de estudio respecto al total.
10	Abundancia de especies migradoras	Abundancia relativa de especies migradoras respecto al total.
Integridad trófica		
11	Riqueza de especies zoobentívoras	Proporción del nº de especies zoobentívoras detectadas respecto a esperadas.
12	Riqueza de especies piscívoras	Proporción del nº de especies piscívoras detectadas respecto a esperadas.
13	Abundancia de especies zoobentívoras	Abundancia relativa de especies zoobentívoras respecto a la abundancia total.
14	Abundancia de especies piscívoras	Abundancia relativa de especies piscívoras respecto a la abundancia total.

Las métricas que integran la adaptación del EMFI recogen las principales características que definen la correcta estructuración y el grado de complejidad de las comunidades de peces. Las condiciones de referencia utilizadas para la aplicación de este índice se han elaborado a partir de la integración de datos históricos, información sobre biología y ecología de las especies y el conocimiento científico. En este sentido, se elaboró un **listado de referencia** de las especies que habitan en las áreas someras del Mar Menor (Tabla 3.6) (Oliva-Paterna *et al.* 2003 y 2006, Verdiell-Cubedo *et al.* 2007, 2013). Los rasgos funcionales de las especies fueron extraídos de bibliografía específica del Mar Mediterráneo (Whitfield & Elliott 2002, Franco *et al.* 2008) y del área de estudio (Oliva-Paterna *et al.* 2003 y 2006).

Tabla 3.6. Listado de referencia de la comunidad de peces asociada a las áreas someras del Mar Menor: Categoría de abundancia teórica establecida a nivel estacional.

Especies	**Categorización de abundancias teóricas**			
	Invierno	**Primavera**	**Verano**	**Otoño**
Anguilla anguilla	Muy escaso	Muy escaso	Muy escaso	Muy escaso
Aphanius iberus	Escaso	Escaso	Moderado	Moderado
Atherina boyeri	Abundante	Abundante	Muy abundante	Abundante
Belone belone	Muy escaso	Muy escaso	Muy escaso	Ausente
Callionymus pusillus	Ausente	Ausente	Muy escaso	Muy escaso
Chelon labrossus	Ausente	Muy escaso	Muy escaso	Ausente
Dicentrarchus labrax	Ausente	Escaso	Ausente	Ausente
Diplodus puntazzo	Escaso	Escaso	Ausente	Escaso
Diplodus sargus	Ausente	Escaso	Escaso	Ausente
Diplodus vulgaris	Muy escaso	Muy escaso	Ausente	Ausente
Engraulis encrasicolus	Muy escaso	Muy escaso	Escaso	Escaso
Gobius cobitis	Muy escaso	Muy escaso	Escaso	Escaso
Gobius niger	Muy escaso	Muy escaso	Muy escaso	Escaso
Gobius paganellus	Muy escaso	Muy escaso	Muy escaso	Muy escaso

Especies	Categorización de abundancias teóricas			
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Hippocampus guttulatus	Ausente	Ausente	Muy escaso	Muy escaso
Lipophrys dalmatinus	Muy escaso	Muy escaso	Muy escaso	Muy escaso
Chelon auratus	Muy abundante	Muy abundante	Moderado	Moderado
Chelon ramada	Abundante	Escaso	Muy escaso	Muy escaso
Chelon saliens	Muy abundante	Abundante	Muy abundante	Muy abundante
Mugil cephalus	Moderado	Escaso	Muy escaso	Abundante
Mullus barbatus	Muy escaso	Muy escaso	Muy escaso	Muy escaso
Pomatomus saltatrix	Ausente	Ausente	Ausente	Muy escaso
Pomatoschistus marmoratus	Muy abundante	Muy abundante	Muy abundante	Muy abundante
Salaria pavo	Muy escaso	Muy escaso	Moderado	Escaso
Sardina pilchardus	Muy escaso	Muy escaso	Ausente	Ausente
Sardinella aurita	Ausente	Ausente	Ausente	Muy escaso
Sarpa salpa	Ausente	Moderado	Muy escaso	Ausente
Solea senegalensis	Ausente	Muy escaso	Muy escaso	Ausente
Solea solea	Ausente	Muy escaso	Muy escaso	Ausente
Sparus aurata	Muy abundante	Abundante	Ausente	Ausente
Symphodus cinereus	Muy escaso	Muy escaso	Muy escaso	Escaso
Syngnathus abaster	Moderado	Abundante	Muy abundante	Muy abundante
Syngnathus acus	Muy escaso	Muy escaso	Muy escaso	Muy escaso
Syngnathus typhle	Muy escaso	Muy escaso	Muy escaso	Muy escaso
Tylosurus acus	Muy escaso	Ausente	Muy escaso	Muy escaso

Las abundancias han sido categorizadas con el objetivo de facilitar su implementación en el índice EMFI (Tabla 3.7). Por su parte, el *"Estatus de conservación de la comunidad de peces"* (métrica 3), fue entendido como el número de especies incluidas en Catálogos de protección y/o Listas Rojas internacionales, nacionales y regionales, que fueron registradas en cada una de las unidades de muestreo (Tabla 3.8).

Tabla 3.7. Categorías y puntuaciones establecidas para los diferentes rangos de abundancias.

Categoría	Rango	Puntuación
Muy abundante	>500	5
Numeroso	150 - 500	4
Moderado	50 – 150	3
Escaso	10 – 50	2
Muy escaso	1 – 10	1
Ausente	0	0

Tabla 3.8. Listado de especies incluidas en catálogos de conservación. **DD:** datos insuficientes; **LC:** preocupación menor; **NT:** casi amenazada; **VU:** Vulnerable; **EN:** en peligro; **CR:** en peligro crítico

Especie	UICN	D. hábitat Anexo II	C. Berna Anexo III	C. Barcelona Anexo II	Libro Rojo Nacional	Libro rojo R. Murcia
Anguilla anguilla	CR				VU	NT
Atherina boyeri	LC				VU	VU
Aphanius iberus	EN	X	X	X	EN	EN
Hippocampus guttulatus	DD		X	X		CR
Pomatoschistus marmoratus	LC					VU
Syngnathus abaster	LC		X		LT	NT
Syngnathus acus	LC					DD
Solea solea	DD					VU
Syngnathus typhle	LC					DD

Para el cálculo de las métricas 1 (riqueza de especies), 7 (riqueza de especies residentes), 8 (riqueza de especies migradoras marinas), 11 (riqueza de especies zoobentívoras) y 12 (riqueza de especies piscívoras) se procedió a la elaboración de **curvas de acumulación** que reflejan el número máximo de especies detectadas (total de especies, residentes, migrantes, zoobentívoras y piscívoras), en relación a la superficie de muestreo. Las ecuaciones resultantes permiten obtener los valores máximos teóricos del número de especies, según sea la métrica, para cada superficie de muestreo.

De esta forma, el cálculo de cada una de las métricas en las diferentes unidades de muestreo se realizó como la proporción de especies, obtenida en cada localidad y periodo, respecto a la riqueza teórica reflejada para una superficie de 480 m^2. La métrica 5 (dominancia), debido a sus particularidades no alberga relación proporcional con curvas de acumulación y/o diferentes unidades espaciales, por lo que se utilizó el valor más alto obtenido en una localidad durante toda la serie temporal para cada estación de muestreo.

Las diferentes métricas se calcularon de forma individual para cada una de las localidades de estudio en las diferentes réplicas temporales. Los valores obtenidos para cada métrica se han ponderado atendiendo a los criterios y umbrales de puntuación expuestos en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9. Adaptación del índice EMFI. Rangos de valores de las métricas y criterios de puntuación.

Métrica		Puntuación				
		1	**2**	**3**	**4**	**5**
Diversidad y composición de especies						
1	Riqueza específica	<20%	≥20% - <40%	≥40% - <60%	≥60% - <80%	≥80%
2	Estatus de conservación de la comunidad	0	1-2	3-4	5-6	≥7
3	Composición de especies	<20%	≥20% - <40%	≥40% - <60%	≥60% - <80%	≥80%
Abundancia						
4	Abundancia de especies	<10%	≥10% - <20%	≥20% - <30%	≥30% - <40%	≥40%
5	Dominancia	<20%	≥20% - <40%	≥40% - <60%	≥60% - <80%	≥80%
Uso de las áreas someras						
6	Nº especies diádromas	0	1	2-3	4-5	≥6
7	Riqueza de especies residentes	<20%	≥20% - <40%	≥40% - <60%	≥60% - <80%	≥80%
8	Riqueza de especies migradoras	<20%	≥20% - <40%	≥40% - <60%	≥60% - <80%	≥80%
9	Abundancia de especies residentes	<5% o >95%	≥5% - <15% o >85% - ≤95%	≥15% - <25% o >75% - ≤85%	≥25% - <40% o >60% - ≤75%	≥40% - ≤60%
10	Abundancia de especies migradoras	<5% o >95%	≥5% - <15% o >85% - ≤95%	≥15% - <25% o >75% - ≤85%	≥25% - <40% o >60% - ≤75%	≥40% - ≤60%
Integridad trófica						
11	Riqueza de especies zoobentívoras	<20%	≥20% - <40%	≥40% - <60%	≥60% - <80%	≥80%
12	Riqueza de especies piscívoras	<20%	≥20% - <40%	≥40% - <60%	≥60% - <80%	≥80%
13	Abundancia de especies zoobentívoras	<5% o >95%	≥5% - <10% o >90% - ≤95%	≥10% - <25% o >75% - ≤90%	≥25% - <40% o >60% - ≤75%	≥40% - ≤60%
14	Abundancia de especies piscívoras	0%	0% - <1%	≥1% - <5%	≥5% - <10%	≥10%

3.1.7. Análisis estadístico

Para el análisis e interpretación de los datos se utilizó el software R (R Core Team, 2021). Para la visualización de resultados se generaron gráficos de puntos con *ggplot2* (Wickham, 2016), representando los promedios de cada métrica por campaña de muestreo junto al error estándar. Además, también se mostraron estos datos en diagramas de barras, agrupando estaciones y periodos bianuales para cada nivel de confinamiento (**1**: < 250 días de tasa de renovación de agua; **2**: 250-350 días; **3**: > 350 días), con el fin de evaluar también los cambios espaciotemporales. Una vez finalizado el proyecto, y con el cómputo total de datos obtenidos, se realizarán las pertinentes pruebas analíticas para dotar de robustez estadísticas los cambios observados.

3.2. Marco de seguimiento de *Callinectes sapidus* Rathbun (1896) en Las Encañizas del Mar Menor

En el presente apartado se describen las actuaciones realizadas en el marco de la red de monitoreo predefinida para el estudio de las poblaciones de cangrejo azul en Las Encañizadas del Mar Menor. Siguiendo la sectorización espacial del área de estudio definida en proyectos previos, se han establecido dos sectores bien diferenciados: el primero de ellos con elevada influencia del Mar Menor, situado en la proximidad de las salinas de San Pedro del Pinatar (Sector Norte), y un sector con influencia mediterránea situado en la zona sur de Las Encañizadas, colindante con el extremo norte de La Manga (Sector Sur) (Fig.3.4). El hábitat intermareal sobre el que se realizan los muestreos se encuentra representado por praderas monoespecíficas de *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson (1870) y mixtas junto a *Caulerpa prolifera* (Forsskål) J.V. Lamouroux, (1809), siendo la naturaleza del sustrato principalmente fango-arenosa.

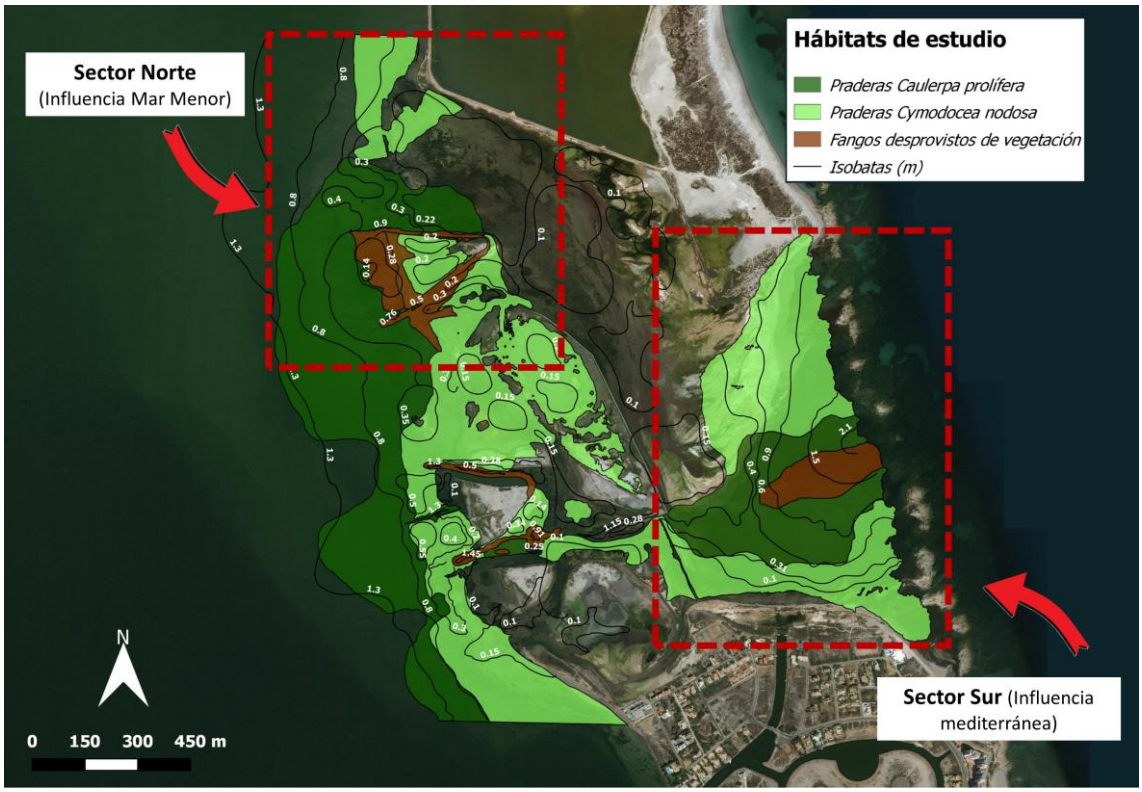


Figura 3.4. Sectorización y distribución de hábitats objetivo de muestreo de *Callinectes sapidus* en la Encañizada del Mar Menor. Fuente: Elaboración propia a partir de revisión y actualización de la cartografía y batimetría de Belando et al. (2014).

3.2.1. Periodicidad de muestreo.

Con el fin de mejorar el conocimiento relativo a la estrategia de vida de la especie, su biología poblacional, así como la tendencia temporal, se planteó la realización de muestreos mensuales en los dos sectores de estudio. De esta forma, se han muestreado los meses de noviembre y diciembre de 2024, y enero, febrero, marzo y abril de 2025, estando procesados en laboratorio los datos de los ejemplares capturados hasta la campaña de febrero, esta última inclusive.

3.2.2. Localidades de muestreo: Tareas de campo.

Las tareas de campo a desarrollar se centraron en el muestreo de la especie objetivo mediante el uso de las técnicas de captura más eficaces (nasas simples y nasas anguileras para el espectro general de tallas, y *minnow-traps* para los ejemplares de menor tamaño) de acuerdo con los datos obtenidos en proyectos previos ejecutados entre los años 2021-2023. Para el desarrollo de cada una de las nuevas campañas de muestreo mensuales se considera necesaria la implicación de dos investigadores, durante 2 días, divididos estos en: Día 1) colocación de trampas; Día 2) revisión y retirada de trampas. Para facilitar la logística del muestreo, estas trampas fueron colocadas en el hábitat de *Cymodocea nodosa* de cada uno de los sectores, ya que es una de las zonas que alberga mayores densidades de la especie.

Las tareas de campo que se realicen en cada una de las localidades de muestreo quedan englobadas en:

(1) Evaluación de la población de *Callinectes sapidus*: Realización de muestreos cuantitativos (estandarizados según tiempo de actividad de las trampas).

(2) Evaluación de hábitat (Tipificación físico-química y biótica)

3.2.3. Evaluación de la población de *Callinectes sapidus* en la Encañizada del Mar Menor: Métodos de captura.

Durante la ejecución del proyecto "*Estudio y seguimiento espaciotemporal de poblaciones faunísticas de gestión prioritaria (ictiofauna y la especie invasora Callinectes sapidus): situación actual en zonas someras e intermareales del Mar Menor*" en 2024, se estudió en detalle la época reproductora y el reclutamiento de la especie, realizando un esfuerzo quincenal durante los meses de mayor actividad (mayo-septiembre), con las tres tipologías de trampa que habían mostrado previamente mayor efectividad (*minnow-traps*, nasas anguileras y nasas simples). En el marco del presente proyecto se han realizado muestreos mensuales, para cerrar el ciclo anual de la especie, teniendo en cuenta los datos obtenidos previamente. En base al rasgo trófico de la especie, las trampas fueron cebadas con carne de pollo para aumentar la efectividad de las mismas (Ingram & Marler, 1998).

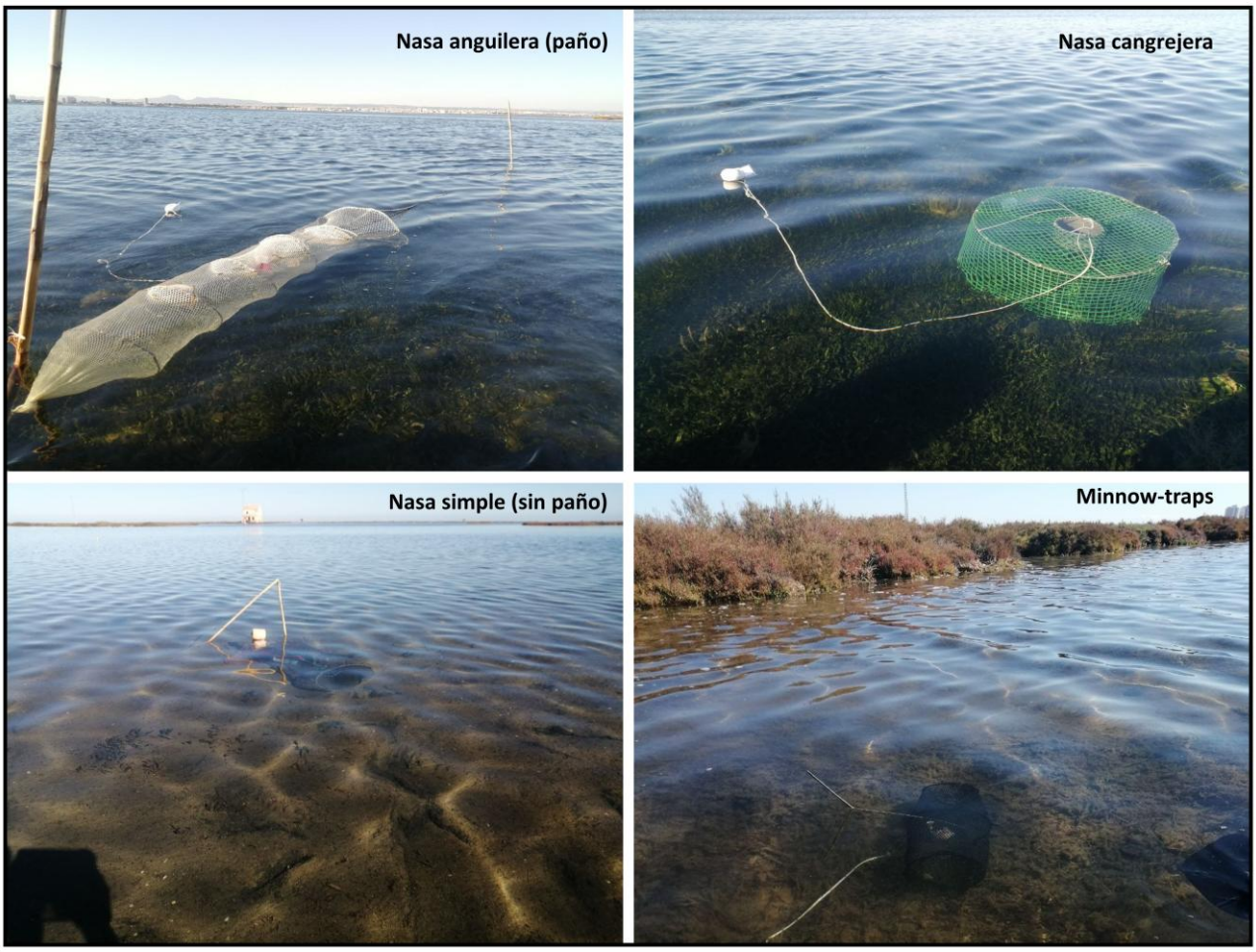


Figura 3.5. Tipologías de trampas utilizadas en el seguimiento de *Callinectes sapidus* en la Encañizada del Mar Menor. Las nasas cangrejeras han sido eliminadas del actual proyecto dadas su baja eficacia de captura demostrada en la primera fase del proyecto.

Tabla 3.10. Diseño y esfuerzo de muestreo por hábitat de sector.

ESFUERZO DE MUESTREO POR SECTOR
Metodología: Nasa simple (sin paño): (80 cm longitud x 35 cm altura), 15 mm Luz de malla. Nasa anguilera (con paño): (120 cm longitud x 40 cm altura // Longitud paño: 200 cm), 20 mm Luz de malla. *Minnow-traps*: (23 cm diámetro x 20 cm altura), 10 mm Luz de malla. **Esfuerzo de Muestreo:** 15 Nasas simples por Sector 5 Nasas anguileras por Sector 5 *Minnow-traps* por Sector **Resultados:** Capturas por Unidad de Esfuerzo (CPUEs = nº individuos / 24h. de actividad)

3.2.4. Evaluación de variables abióticas y bióticas: Tipificación de hábitat.

Se registrarán variables de hábitat en cinco puntos de cada sector, permitiendo obtener información respecto a la selección de mesohábitats que realiza la especie objetivo en el área de estudio. A continuación, se recopilan las variables a registrar en campo:

Tabla 3.11. Variables de hábitat evaluadas en los muestreos.

	Unidad de medida
Variables físico-químicas	
Profundidad	cm
Oxígeno disuelto	mg/l
Saturación oxígeno	%
Temperatura	ºC
Ph	-
Conductividad	µS-mS/cm^2
Salinidad	‰
Granulometría Sustrato	Escala ordinal (1-4) 1= Limos 2= Arenas 3= Gravas/Conchas 4= Cantos/Guijarros (Modificado de: Bain, 1999)
Heterogeneidad Sustrato	Desviación estándar de la Granulometría (Bain y Stevenson, 1999)
Variables bióticas	
Vegetación acuática. (Recubrimiento a nivel de especie)	% / m^2
Volumen/densidad	Escala ordinal (1-5)

3.2.5. Procesado de material y obtención de datos.

Material de estudio

Los ejemplares de *Callinectes sapidus* capturados serán transportados en contenedores individuales y conservados en hielo hasta su procesamiento en el laboratorio. En una primera fase, se registrarán las medidas corporales de cada individuo utilizando un pie de rey. Posteriormente, se identificará el sexo y se clasificará el estado de madurez atendiendo a la morfología del pleón (abdomen), anotándose también la presencia o ausencia de esponjas de huevos en las hembras. La recopilación de estos datos permitirá caracterizar la estructura de tallas poblacional y establecer patrones de la fenología reproductiva de la especie en el área de estudio.

Tabla 3.12. Descripción de las variables a analizar correspondientes a la especie invasora *Callinectes sapidus*.

Nivel de análisis = *Callinectes sapidus*		
Variables	*Metodología*	*Resultados de Análisis*
Nº individuos	Conteo y procesado	Abundancia especie
Longitud	Pie de rey / Ictiómetro (± 1 mm)	Distribución/estructura de tallas
Sexo	Sexado	Fase de desarrollo (Maduro / inmaduro)
		Parámetros poblacionales



Figura 3.6. Procesado y toma de medidas de ejemplares de *Callinectes sapidus* en laboratorio.

4. Resultados del proyecto.

4.1. Ejecución de las campañas de muestreo de ictiofauna en el marco del proyecto.

Invierno 2025

Programa de seguimiento a escala de red de monitoreo:

Localidades prospectadas: 18 Localidades pertenecientes al programa de seguimiento predefinido (Tabla 4.1)

Unidades de muestreo de comunidad de peces: 54 arrastres cuantitativos + 12 arrastres cualitativos.

Evaluaciones de mesohábitat (profundidad, sustrato, temperatura, conductividad, salinidad, transparencia, vegetación acuática): 54 evaluaciones.

Primavera 2025

Programa de seguimiento a escala de red de monitoreo:

Localidades prospectadas: 18 Localidades pertenecientes al programa de seguimiento predefinido (Tabla 4.1)

Unidades de muestreo de comunidad de peces: 54 arrastres cuantitativos + 12 arrastres cualitativos.

Evaluaciones de mesohábitat (profundidad, sustrato, temperatura, conductividad, salinidad, transparencia, vegetación acuática): 54 evaluaciones.

Tabla 4.1. Muestreos de ictiofauna realizados en el marco del Proyecto.

Sector	Localidad	Coord. XX	Coord. YY	Invierno	Primavera
AS00	Las Encañizadas	37°46'44.8"N	0°45'23.1"W	x	x
AS01	Escuela de Pieter	37°46'05.0"N	0°44'54.6"W	x	
AS01	Navemar	37°45'11.4"N	0°44'31.5"W		x
AS02	Paquebote	37°44'15.3"N	0°44'21.2"W	x	
AS02	Punta Seca	37°43'42.4"N	0°44'23.7"W		x
AS03	Área Sunset	37°42'20.7"N	0°44'34.2"W	x	
AS03	Rte. El Molino	37°41'57.2"N	0°44'28.4"W		x
AS04	Bahía de las Palmeras	37°39'40.3"N	0°43'42.5"W	x	
AS04	Gola de Marchamalo Sur	37°39'02.2"N	0°43'21.9"W		x
AS05	El Arsenal	37°38'18.9"N	0°45'05.5"W	x	x
AS06	Mar de Cristal Norte	37°38'40.4"N	0°45'52.8"W	x	
AS06	Mar de Cristal Sur	37°38'29.9"N	0°45'26.8"W		x
AS07	Los Nietos Sur	37°38'57.4"N	0°46'53.2"W		x
AS07	Los Nietos Norte	37°39'05.5"N	0°47'17.6"W	x	
AS08	Lo Poyo Sur	37°39'24.8"N	0°48'01.3"W	x	
AS08	Estrella de Mar	37°40'13.7"N	0°49'10.7"W		x
AS09	Los Urrutias Sur	37°40'46.5"N	0°49'39.4"W	x	
AS09	Los Urrutias Norte	37°41'27.1"N	0°50'08.8"W		x
AS10	Carmolí 1º Párking	37°42'44.8"N	0°51'23.0"W	x	
AS10	Carmolí 2º Párking	37°42'19.4"N	0°50'57.1"W		x
AS11	Camping Carthago	37°43'07.3"N	0°51'36.1"W	x	
AS11	Venta Simón	37°43'16.7"N	0°51'35.6"W		x
AS12	Los Alcázares Sur	37°44'21.1"N	0°50'54.4"W	x	
AS12	Los Alcáceres Norte	37°44'31.4"N	0°50'56.3"W		x
AS13	La Hita Sur	37°45'42"N	0°49'16.1"O	x	x
AS14	Camping Hita N	37°46'07.0"N	0°48'52.3"O	x	x
AS15	Villananitos Sur	37°49'07.9"N	0°47'02.8"W		x
AS15	Villananitos Norte	37°49'11.8"N	0°46'38.8"W	x	
AS16	Molino Calcetera	37°47'45.9"N	0°45'41.2"W	x	x
AS17	Punta Lengua de Vaca	37°38'48.7"N	0°46'16.2"W	x	x

4.2. Evolución temporal de parámetros o métricas descriptoras de la comunidad ictícola de las áreas someras.

Durante los muestreos de ictiofauna en áreas someras del Mar Menor enmarcados en el presente proyecto y desarrollados durante la estación invernal, se ha detectado un total de 21 especies distintas pertenecientes a 10 familias diferentes (Tabla 4.2). Las familias Gobiidae y Mugilidae fueron las más diversas, ambas con un total de 4 especies registradas. Acorde a la fenología de las diferentes especies que componen dicha comunidad de peces, las capturas de la estación invernal se encontraron principalmente representadas por el asentamiento de mugílidos, siendo *Chelon auratus* y *Chelon saliens* las especies detectadas más numerosas, seguidas de las poblaciones residentes de chirrete (*Atherina boyeri*).

En general, los patrones de dominancia y los valores de densidad de las diferentes especies parecen reflejar un proceso de recuperación de la estructura típica de la comunidad de peces de las áreas someras del Mar Menor, resaltando a su vez la escasa representación de especies bentónicas características de zonas más profundas de la laguna, como *Gobius niger* o *Symphodus cinereus*. Por el contrario, la abundancia de espáridos, principalmente representada por *Sparus aurata*, muestra unos valores discretos, de acorde a lo observado en años previos.

Tabla 4.2. Listado de taxones detectados en las áreas someras del Mar Menor. Se incluyen **FA** (Frecuencia de Aparición= nº presencias del taxón/nº total arrastres cuantitativos); **FAC** (Frecuencia de Aparición con Cualitativos= nº presencias del taxón/nº total arrastres, incluidos cualitativos); **CPUEs** (capturas por unidad de esfuerzo; nº ind./160m^2) y **BPUEs** (biomasa por unidad de esfuerzo; g ind./160m^2)

Familia	Nombre científico	Invierno 2025			
		FA	FAC	CPUEs	BPUEs
Atherinidae	*Atherina boyeri* Risso, 1810	0,7	0,66	23,26	1,68
Belonidae	*Belone belone* (L., 1761)	0,07	0,09	0,11	0,02
Blennidae	*Salaria pavo* (Risso, 1810)	0,09	0,09	0,19	0,2
Cyprinodontidae	*Apricaphanius iberus* (Valenciennes, 1846)	0,22	0,21	0,96	0,23
Gobiidae	*Gobius cobitis* Pallas, 1814	0,07	0,07	0,09	1,18
	Gobius niger L., 1758	0,04	0,03	0,07	0,25
	Gobius paganellus L., 1758	0,07	0,06	0,09	0,64
	Pomatoschistus marmoratus (Risso, 1810)	0,83	0,78	9,91	4,75
Labridae	*Symphodus cinereus* (Bonnaterre,1788)	0,02	0,03	0,02	0,27
Mugilidae	*Chelon auratus* (Risso, 1810)	0,76	0,73	87,15	20,64
	Chelon ramada (Risso, 1827)	0,06	0,04	1,35	0,07
	Chelon saliens (Risso, 1810)	0,67	0,63	32,46	12,96
	Mugil cephalus L., 1758	0,15	0,13	1,06	0,12
Soleidae	*Solea senegalensis* Kaup, 1858	0,06	0,04	0,07	0,01
	*Solea solea (*L., 1758*)*	0,02	0,01	0,02	0
Sparidae	*Diplodus puntazzo* (Walbaum, 1792)	0	0,04	0	0
	Diplodus vulgaris (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)	0,02	0,01	0,02	0,01
	Sparus aurata L., 1758	0,61	0,54	3,96	0,1
Syngnathidae	*Nerophis ophidion* (L., 1758)	0,02	0,01	0,02	0,02
	Syngnathus abaster Risso, 1827	0,74	0,78	6,04	1,61
	Syngnathus typhle L., 1758	0	0,03	0	0

Abundancia y biomasa total de capturas

Durante la campaña de invierno de 2025 se capturaron un total de 21 especies (Tabla 4.2). En términos de abundancia total, los valores se mantuvieron similares a los inviernos precedentes (2022, 2023 y 2024), con una alta representatividad de especies características del periodo invernal como *Chelon saliens*, *Chelon auratus* y *Atherina boyeri*. Este patrón de abundancia fue coherente en los tres niveles de confinamiento considerados, sin detectarse diferencias relevantes entre ellos (Fig. 4.1 y 4.2).

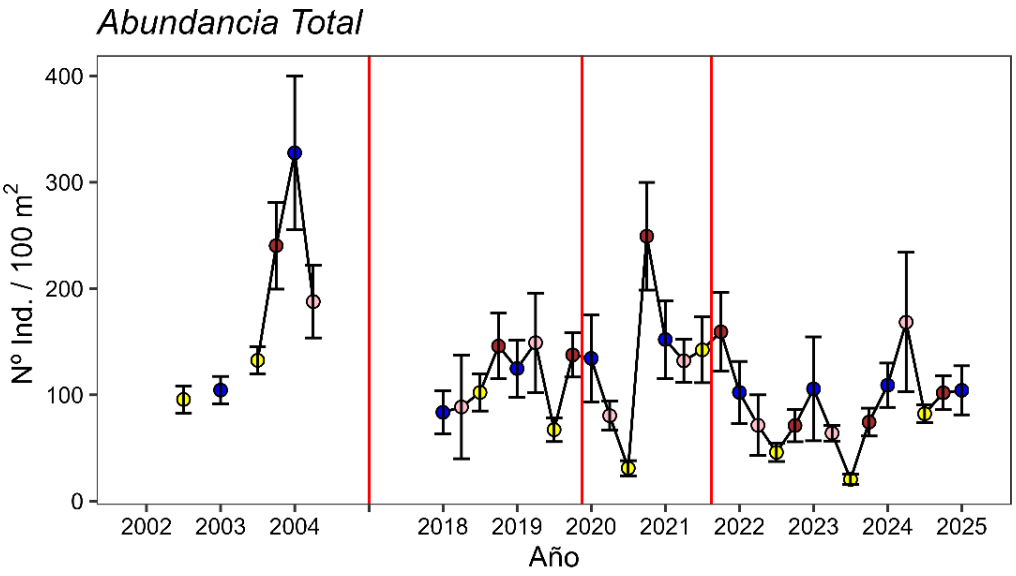


Figura 4.1. Evolución temporal de la abundancia total de peces en las áreas someras del Mar Menor por campañas. Las líneas rojas reflejan las distintas crisis eutróficas sucedidas (2016: mortandad de praderas en profundidad; 2019: mortandad masiva de peces en cubeta norte; 2021: mortandad masiva de peces en cubeta este y sur).

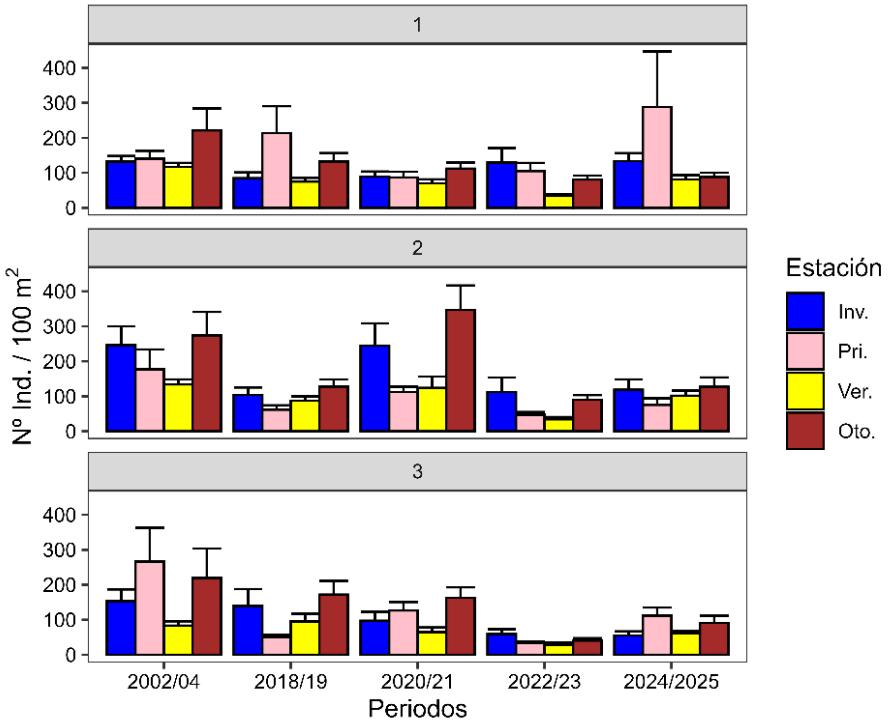


Figura 4.2. Evolución temporal de la abundancia total de peces en las áreas someras del Mar Menor por periodo y nivel de confinamiento (1: > 250 días de tasa de renovación de agua; 2: 250-350 días; 3: > 350 días).

En cuanto a la biomasa total de capturas, se registraron los valores más bajos de toda la serie temporal invernal, junto con los observados en 2024, sin que se detectaran diferencias significativas entre los distintos niveles de confinamiento (Fig. 4.3 y 4.4). Esta reducción en la biomasa, a pesar de mantener abundancias similares a años anteriores, podría explicarse por cambios interanuales en la fenología de reclutamiento de especies migratorias como espáridos y mugílidos. En función de si los juveniles acceden antes o después a estas áreas someras, las tallas de los ejemplares capturados durante el muestreo pueden variar, afectando directamente a la biomasa registrada, pero no necesariamente a la abundancia. Para aclarar estos cambios, una vez completados los muestreos previstos en la segunda parte del presente proyecto, se estudiará a nivel específico las variaciones en las estructuras poblacionales.

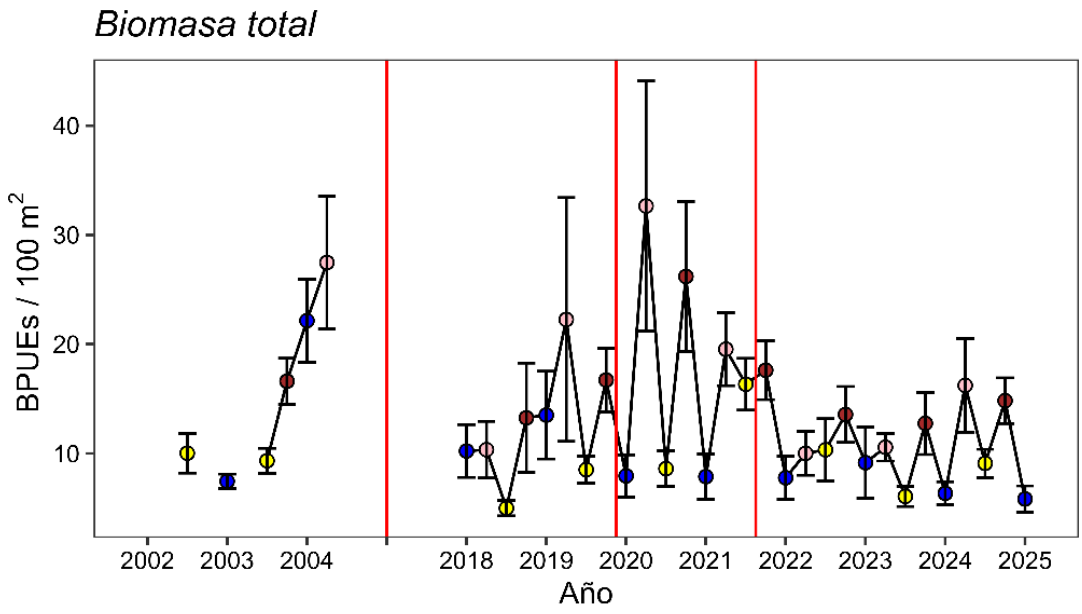


Figura 4.3. Evolución temporal de la biomasa total de peces en las áreas someras del Mar Menor por campañas. Las líneas rojas reflejan las distintas crisis eutróficas sucedidas (2016: mortandad de praderas en profundidad; 2019: mortandad masiva de peces en cubeta norte; 2021: mortandad masiva de peces en cubeta este y sur).

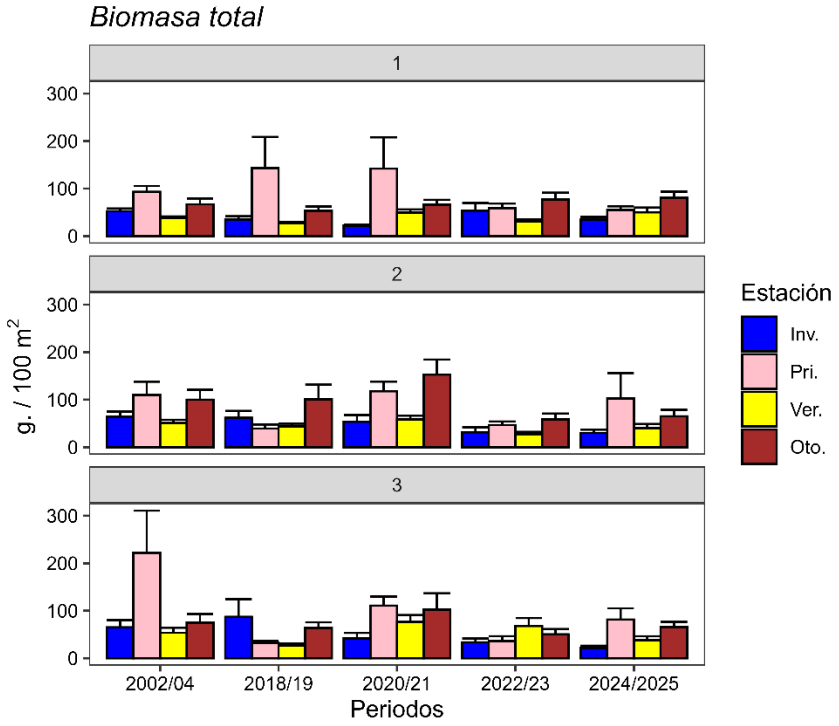


Figura 4.4. Evolución temporal de la biomasa total de peces en las áreas someras del Mar Menor por periodo y nivel de confinamiento (1: > 250 días de tasa de renovación de agua; 2: 250-350 días; 3: > 350 días).

Riqueza e índice de Shannon-Wiener

La riqueza específica aumentó respecto al invierno de 2024, revirtiendo parcialmente la caída observada previamente y reflejando una recuperación para el periodo 2024/25 en el conjunto de zonas muestreadas, independientemente del nivel de confinamiento. Este aumento estuvo respaldado por la alta frecuencia de aparición de las especies típicas del periodo invernal, como *Atherina boyeri*, *Sparus aurata*, *Chelon saliens*, *Chelon auratus*, *Pomatoschistus marmoratus* y *Syngnathus abaster* (Tabla 4.2 y Fig. 4.5 y 4.6).

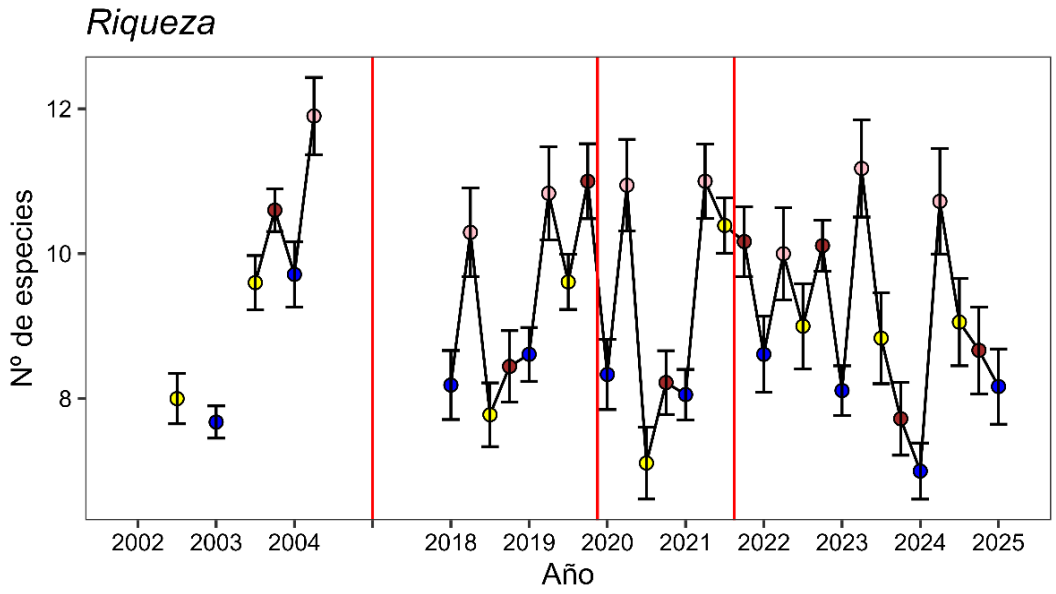


Figura 4.5. Evolución temporal de la riqueza de especies en las áreas someras del Mar Menor por campañas. Las líneas rojas reflejan las distintas crisis eutróficas sucedidas (2016: mortandad de praderas en profundidad; 2019: mortandad masiva de peces en cubeta norte; 2021: mortandad masiva de peces en cubeta este y sur).

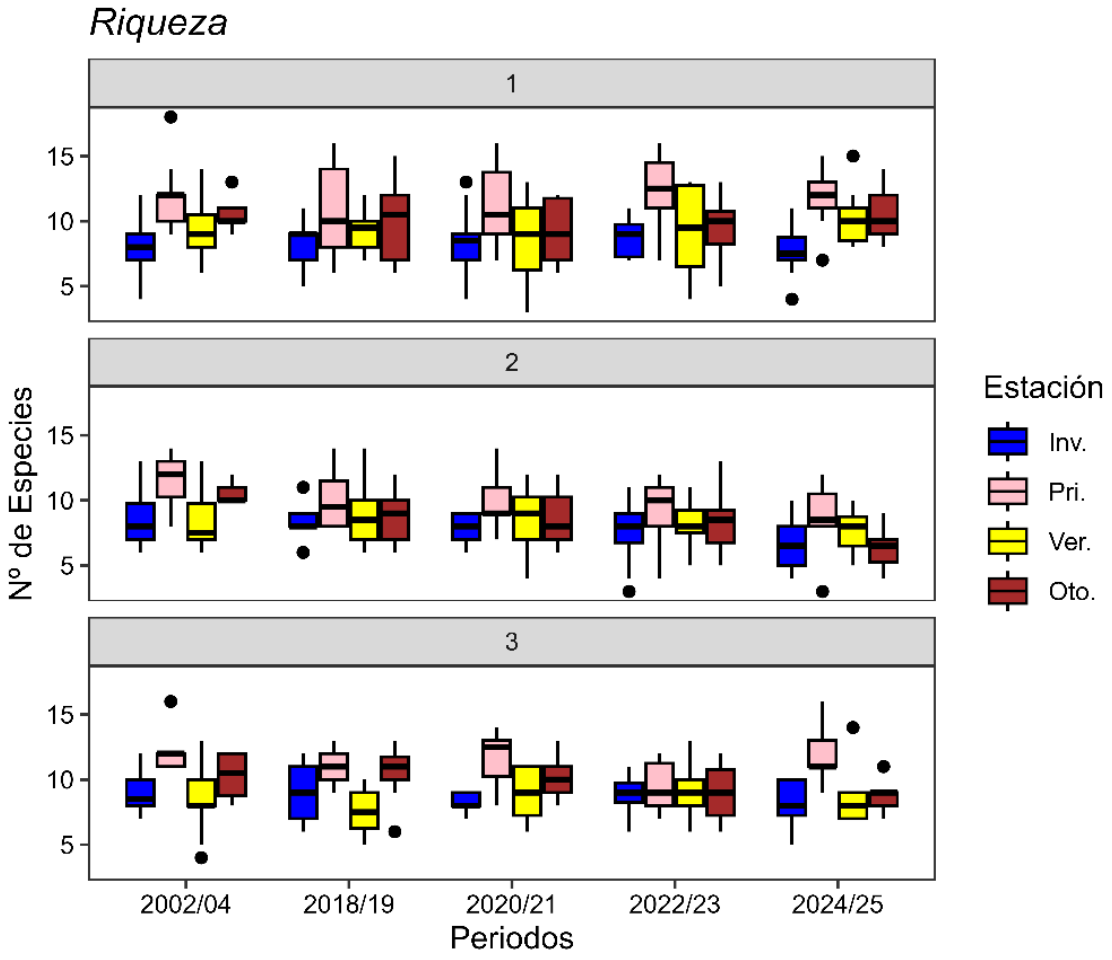


Figura 4.6. Evolución temporal de la riqueza de especies en las áreas someras del Mar Menor por periodo y nivel de confinamiento (1: > 250 días de tasa de renovación de agua; 2: 250-350 días; 3: > 350 días).

La diversidad, evaluada mediante el índice de Shannon-Wiener, también mostró un incremento notable respecto al invierno anterior, resultado tanto del aumento en la riqueza como de una mayor equitatividad en la distribución de abundancias (Fig. 4.7 y 4.8). No obstante, en los sectores de menor confinamiento (confinamiento 1), los valores del periodo 2024/25 fueron inferiores a los de 2022/23, posiblemente debido a una fuerte dominancia de especies migratorias con marcada atracción por zonas con elevada influencia mediterránea, como es el caso de *Chelon auratus*, la especie más abundante en los muestreos desarrollados hasta el momento en el marco del presente proyecto.

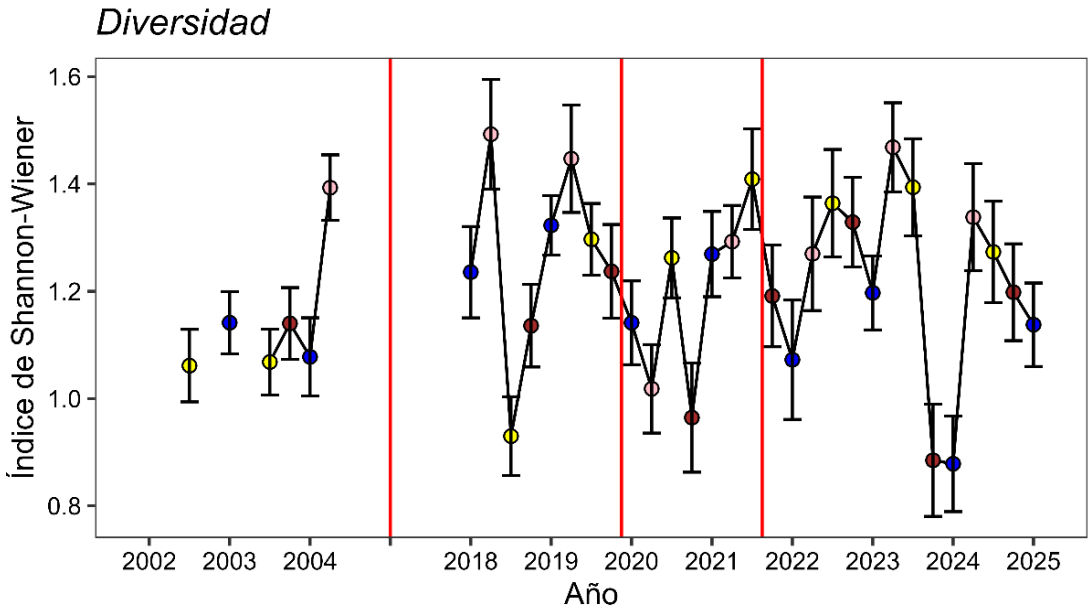


Figura 4.7. Evolución temporal de la diversidad (ínidce de Shannon H') de la comunidad de peces en las áreas someras del Mar Menor por campañas. Las líneas rojas reflejan las distintas crisis eutróficas sucedidas (2016: mortandad de praderas en profundidad; 2019: mortandad masiva de peces en cubeta norte; 2021: mortandad masiva de peces en cubeta este y sur).

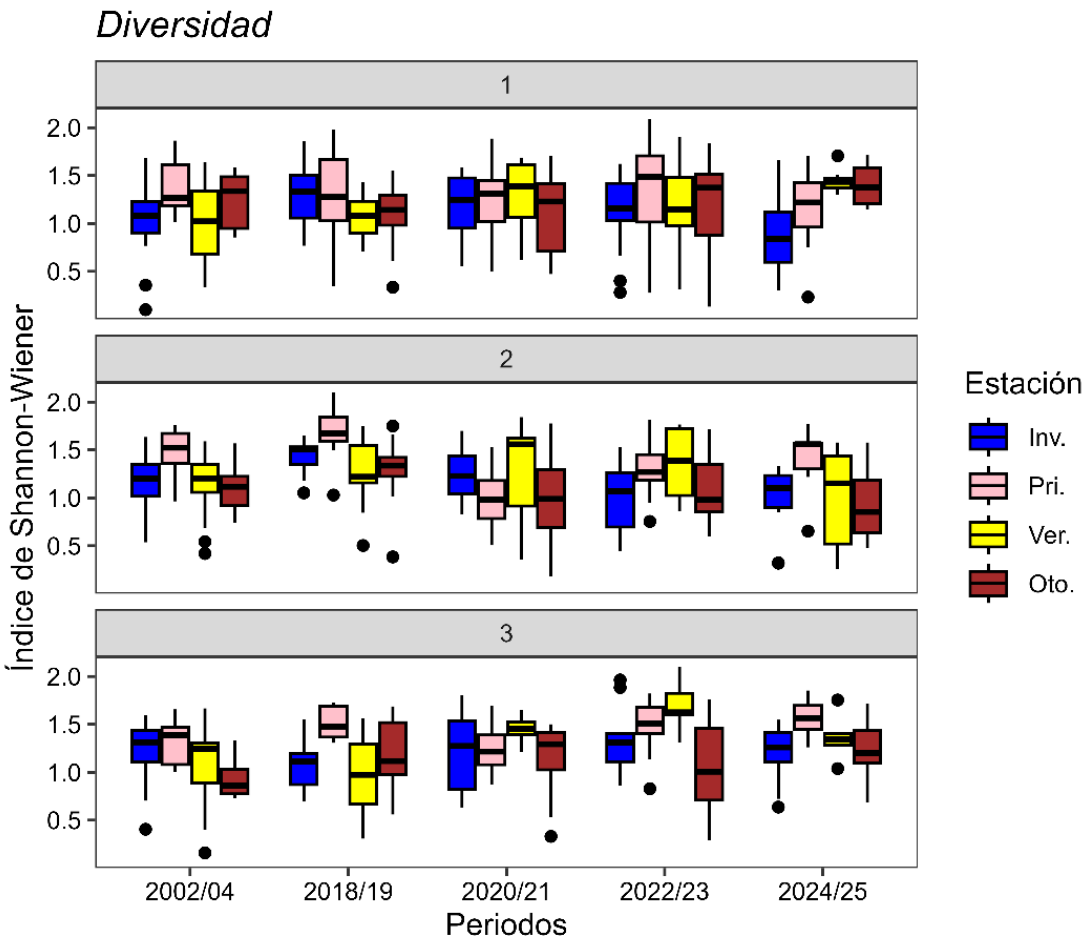


Figura 4.8. Evolución temporal de la diversidad (ínidce de Shannon H') de la comunidad de peces en las áreas someras del Mar Menor por periodo y nivel de confinamiento (1: > 250 días de tasa de renovación de agua; 2: 250-350 días; 3: > 350 días).

Estuarine Multimetric Fish Index (EMFI) modificado

Por último, el índice EMFI evidenció una mejora significativa respecto al invierno anterior, alcanzando incluso valores superiores a los registrados en el otoño precedente. Esta mejora parece estar vinculada al aumento de la calidad del agua y de los fondos, que habría favorecido la recuperación de especies residentes y bentónicas como *Syngnathus abaster* y *Pomatoschistus marmoratus* (Fig. 4.9 y 4.10). A pesar de ello, los valores correspondientes al conjunto 2024/25 siguen siendo los más bajos de la serie invernal en los niveles de confinamiento 1 y 2.

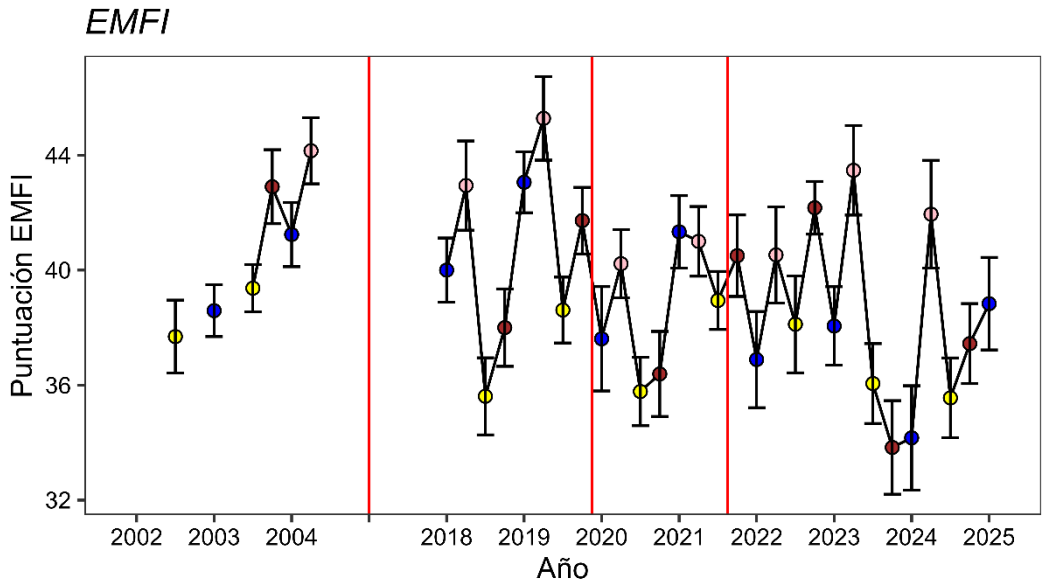


Figura 4.9. Evolución temporal del "Estuarine Multimetric Fish Index" adaptado (EMFI *) en las áreas someras del Mar Menor por campañas. Las líneas rojas reflejan las distintas crisis eutróficas sucedidas (2016: mortandad de praderas en profundidad; 2019: mortandad masiva de peces en cubeta norte; 2021: mortandad masiva de peces en cubeta este y sur).

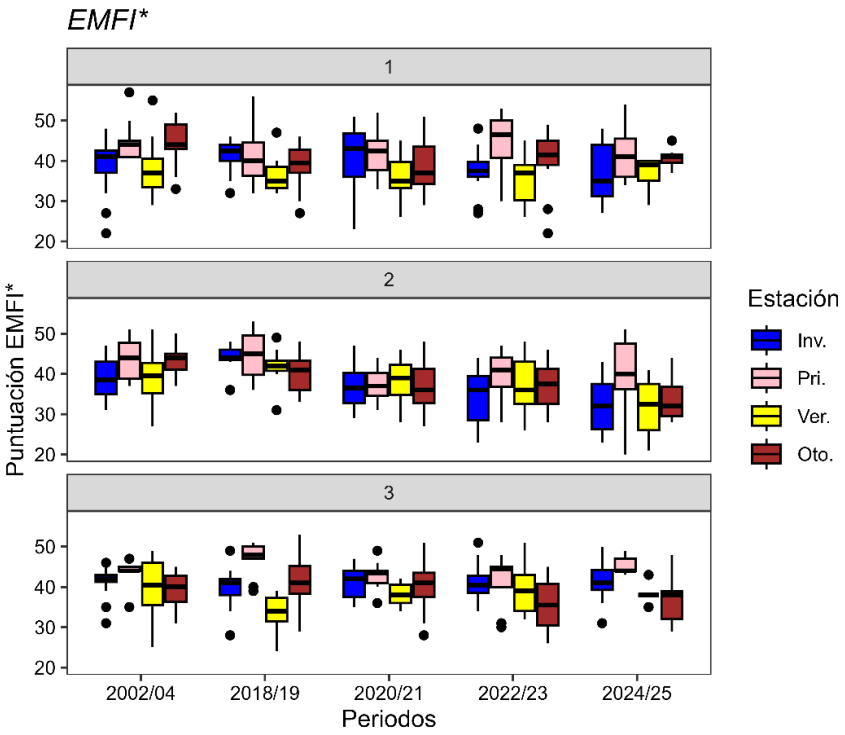


Figura 4.10. Evolución temporal del "Estuarine Multimetric Fish Index" adaptado (EMFI *) en las áreas someras del Mar Menor por periodo y nivel de confinamiento (1: > 250 días de tasa de renovación de agua; 2: 250-350 días; 3: > 350 días).

4.3. Evolución temporal de *Callinectes sapidus* en el humedal de las Encañizadas

Los resultados relativos a la estrategia de vida de *Callinectes sapidus* en el humedal de importancia prioritaria para la conservación de las Encañizadas muestra un decremento en la abundancia de ejemplares durante los meses más fríos (diciembre, enero y febrero), especialmente patentes en la zona de influencia mediterránea (Fig. 4.11). Además, cabe destacar que las capturas anecdóticas que se han dado en este sector durante el invierno se corresponden con hembras adultas, lo que sigue apoyando la hipótesis del rol que mantiene esta zona de transición para el desove de los ejemplares en mar abierto. Teniendo en cuenta la madurez sexual de la especie en 77 mm (Torralva et al., 2024), los ejemplares reproductores aparecen de manera reseñable durante todo el año en la zona con influencia lagunar (sector Mar Menor), siendo el asentamiento de juveniles anecdótico, bien por diferencias ontogénicas en la selección de ambientes desvegetados y con sustratos más blandos, o bien por diferencias ontogénicas en la eficacia de las trampas y/o cebos utilizados.

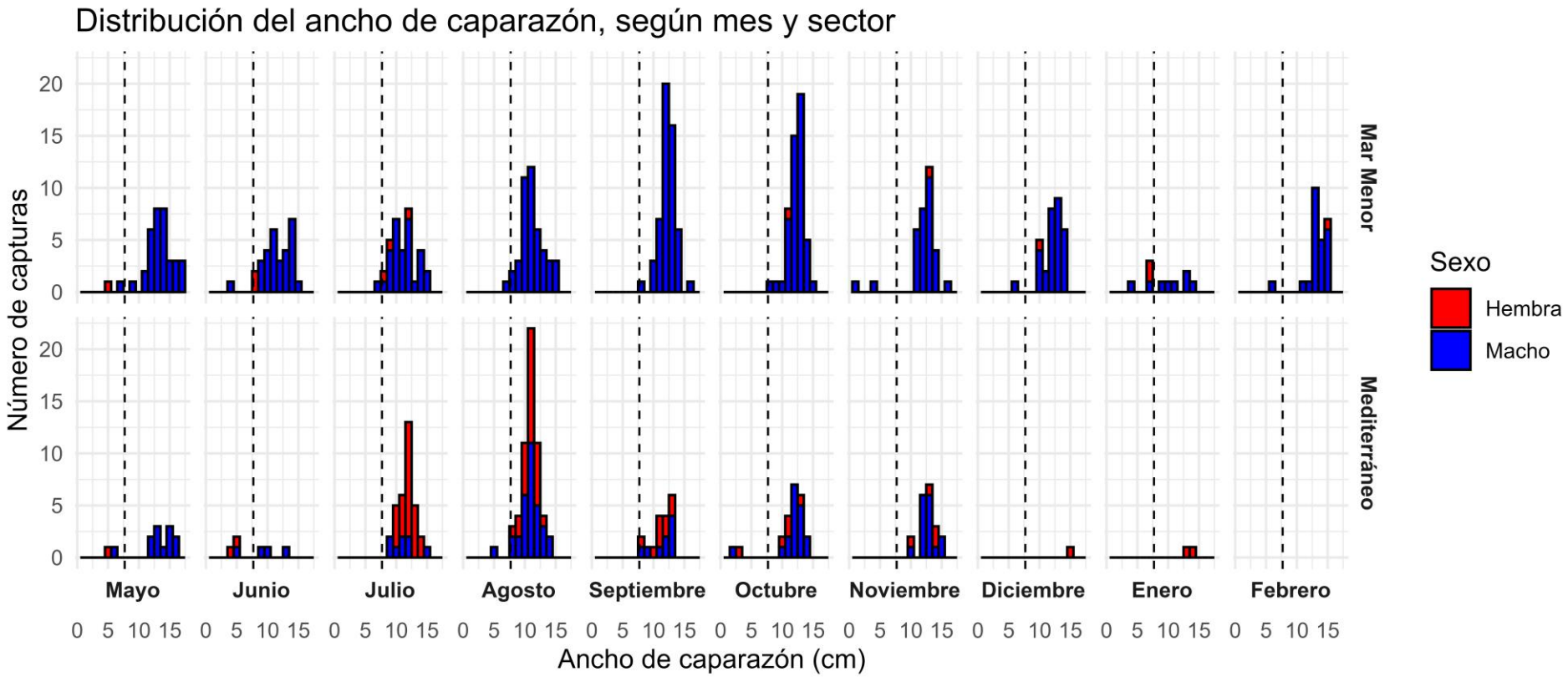


Figura 4.11. Evolución temporal de las tallas de *Callinectes sapidus* capturadas en el humedal de las Encañizadas durante los años con seguimiento mensual (2024-2025). La línea discontinua indica el tamaño de madurez sexual (7,7 cm).

5. Conclusiones.

En el presente apartado se incluyen las conclusiones preliminares más relevantes respecto a los datos e información recabada hasta la fecha en el proyecto "*Estudio y seguimiento espaciotemporal de poblaciones faunísticas de gestión prioritaria (ictiofauna y la especie invasora Callinectes sapidus): situación actual en zonas someras e intermareales del Mar Menor*":

- **Hasta la fecha, en el marco del presente proyecto se ha realizado exitosamente las campañas de seguimiento de las comunidades de peces de las áreas someras del Mar Menor correspondiente a la estación de invierno de 2025 y primavera de 2025, quedando pendiente el procesado de laboratorio de las muestras de primavera, así como las de verano y otoño,** que se llevarán a cabo en los meses de julio y octubre, respectivamente.

- **Los resultados de la campaña de invierno de 2025 indican una relativa estabilidad en la comunidad de peces de las áreas someras del Mar Menor**, con valores de abundancia similares a los inviernos anteriores y una composición específica dominada por especies características del periodo invernal como *Chelon auratus*, *Chelon saliens* y *Atherina boyeri*. **Sin embargo, la biomasa se mantuvo en niveles bajos**, lo que podría deberse a variaciones fenológicas interanuales en el reclutamiento de especies migratorias, afectando al tamaño de los ejemplares capturados más que a su número. **La riqueza y la diversidad mostraron una recuperación respecto a los valores de 2024**, reflejando una mayor frecuencia de aparición de especies y una distribución más equilibrada de las mismas, principalmente motivada por la mejora de las poblaciones de especies residentes como *Pomatoschistus marmoratus* y *Syngnathus abaster*.

- **El índice EMFI evidenció una mejora respecto al invierno anterior y al otoño de 2024, probablemente asociada a la recuperación de especies residentes típicas del ecosistema**. No obstante, **en los niveles de confinamiento más bajos, los valores del EMFI siguen siendo los más reducidos de toda la serie invernal**, lo que sugiere que estos sectores podrían estar experimentando una recuperación más lenta o limitada.

- **Los muestreos relativos a la especie invasora *Callinectes sapidus* en el humedal de las Encañizadas muestran una presencia significativa de ejemplares adultos durante todo el año. Análisis posteriores y detallados de los datos de tallas obtenidos en el ciclo anual, permitirán afinar en el conocimiento sobre la estrategia de vida de la especie,** permitiendo el asesoramiento sobre futuras estrategias de gestión de la especie.

- **Por último, para confirmar la tendencia positiva observada en las comunidades de peces que habitan en las áreas someras del Mar Menor y, concretamente en el subconjunto de especies residentes, se considera clave la ejecución de las próximas campañas de muestreo estacionales.** Además, el análisis de los datos obtenidos permitirá evaluar la respuesta de la comunidad de peces a los importantes episodios de lluvias y de entrada de aguas de escorrentía ocurridos recientemente en la laguna.

6. Bibliografía.

Arias, A.M. & P. Drake. 1990. Estados juveniles de la Ictiofauna de los caños de las Salinas de la Bahía de Cádiz. Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 163 pp.

Bauchot, M.-L., 1987. Poissons osseux. En W. Fischer, ML Bauchot y M. Schneider (eds.) Fiches FAO d'identification pour les besoins de la pêche. (Rev. 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. vol. II. Commission des Communautés Européennes y FAO, Roma. pags. 891-1421.

Bauchot, M.L. & A. Pras. 1993. Guía de los Peces de Mar de España y de Europa. *Ediciones Omega, S.A.* Barcelona. 432 pp.

Corbera, J., A. Sabatés & A. García Rubies. 1996. Peces de Mar de la Península Ibérica. *Editorial Planeta, S.A*. Barcelona. 312 pp.

Deegan, L.A., Finn, J.T., Ayvazian, S.G., Ryder-Kiefer, C.A. & Buonaccorsi, J., 1997. Development and validation of an estuarine biotic integrity index. *Estuaries* 20: 601–617 1108**.**

Fernández-Delgado, C., Drake, P. Arias, A.M. & D. García. 2000. Peces de Doñana y su entorno. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 272 pp.

Franco, A., Elliott, M., Franzoi, P. & Torricelli, P. 2008. Life strategies of fishes in European estuaries: The functional guild approach. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 354: 219–228.

Franco, A., Pérez-Ruzafa, A., Drouineau, H., Franzoi, P., Koutrakis, E.T., Lepage, M., Verdiell-Cubedo, D., Bouchoucha, M., López-Capel, A., Riccato, F., Sapounidis, A., Marcos, C., Oliva-Paterna, F.J., Torralva-Forero, M. & Torricelli, P. 2012. Assessment of fish assemblages in coastal lagoon habitats: Effect of sampling method. *Estuar. Coast. Shelf Sci*. 112: 115–125.

Hallett, C.S., Valesini, F.J. & Clarke, K.R., 2012. A method for selecting health index metrics in the absence of independent measures of ecological condition. *Ecol. Indic*. 19: 240–252.

Harrison, T.D. & Kelly, F.L. 2013. Development of an estuarine multi-metric fish index and its application to Irish transitional waters. *Ecol. Indic*. 34: 494–506.

Harrison, T.D. & Whitfield, A.K.,2006. Application of a multimetric fish index to assess the environmental condition of South African estuaries. *Estuar. Coast*. 29.

Hughes, J.E., Deegan, L.A., Weaver, M.J. & Costa, J.E., 2002. Regional application of an index of estuarine biotic integrity based on fish communities. *Estuaries* 25: 250–263.

Ingram G. & Marler R., 1998. Fishing the Delaware Valley. Fishing Tales from the Delaware Valley. *Temple University Press*. 1: 248 pp.

Jordan, S.J., Lewis, M.A., Harwell, L.M. & Goodman, L.R. 2010. Summer fish communities in northern Gulf of Mexico estuaries: indices of ecological condition. *Ecol. Indic.* 10: 504–515.

Lenth, R. 2024. _*emmeans*: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.10.2, <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>.

Miller, PJ, 1986. Gobiidae. En PJP Whitehead, M.-L. Bauchot, J.-C. Hureau, J. Nielsen y E. Tortonese (eds.) Peces del Atlántico nororiental y el Mediterráneo. Volumen 3. UNESCO, París. pags. 1019-1085.

Miller, D.L., Leonard, P.M., Hughes, R.M., Karr, J.R., Moyle, P.B., Schrader, L.H., Thompson, B.A., Daniels, R.A., Fausch, K.D., Fitzhugh, G.A., Gammon, J.R., Haliwell, D.B., Angermeier, P.L., Orth, D.J., 1988. Regional applications of an index of biotic integrity for use in water resource management. *Fisheries* 13: 12–20 –1120.

Oksanen, J; Blanchet, F.G.; Friendly, M.; Kindt, R.; Legendre, P.; McGlinn,D.; Minchin, P.R.; O'Hara, R. B.; Simpson, G.L.; Solymos, P.; Stevens, M.H.H.; Szoecs, E. & Wagner, H. 2020. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-7. https://CRAN.R-project.org/package=vegan

Oliva Paterna, F., Andreu Soler, M., Miñano, P., Verdiell Cubedo, D., Caballero, J., Egea Serrano, A., Maya, J., Ruiz Navarro, A. & Torralva Forero, M. 2003. Ictiofauna de zonas someras del Mar menor (SE Península Ibérica): Especies con presencia de alevines y juveniles. *An. Biol.* 206–208.

Oliva-Paterna F.J., Ribeiro F., Miranda R., Anastácio P.M., García-Murillo P., Cobo F., Gallardo B., García-Berthou E., Boix D., Medina L., Morcillo F., Oscoz J., Guillén A., Arias A., Cuesta J.A., Aguiar F., Almeida D., Ayres C., Banha F., Barca S., Biurrun I., Cabezas M.P.,

Calero S., Campos J.A., Capdevila-Argüelles L., Capinha C., Carapeto A., Casals F., Chainho P., Cirujano S., Clavero M., Del Toro V., Encarnação J.P., Fernández-Delgado C., Franco J., García-Meseguer A.J., Guareschi S., Guerrero A., Hermoso V., Machordom A., Martelo J., Mellado-Díaz A., Moreno J.C., Oficialdegui F.J., Olivo del Amo R., Otero J.C., Perdices A., Pou-Rovira Q., Rodríguez-Merino A., Ros M., Sánchez-Gullón E., Sánchez M.I., Sánchez-Fernández D., Sánchez-González J.R., Soriano O., Teodósio M.A., Torralva M., Vieira-Lanero R., Zamora-López, A. & Zamora-Marín J.M. 2021. LISTA DE ESPECIES EXÓTICAS ACUÁTICAS DE LA PENINSULA IBÉRICA. Informe técnico preparado por LIFE INVASAQUA (LIFE17 GIE/ES/000515). 64 pp. (in press)

Oliva-Paterna, F.J., Andreu, A., Miñano, P.A., Verdiell, D., Egea, A., de Maya, J.A., Ruiz-Navarro, A., García-Alonso, J., Fernández-Delgado, C. & Torralva, M. 2006. Y-O-Y fish species richness in the littoral shallows of the meso-saline coastal lagoon (Mar Menor, Mediterranean coast of the Iberian Peninsula). *J. Appl. Ichthyol.* **22**: 235–237.

Oliva-Paterna, F. J. 2006. *Biología y Conservación de Aphanius iberus (Valenciennes, 1846) en la Región de Murcia.* http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/11082/TFJO03.pdf?sequence=4

Oliva-Paterna, F.J., Zamora, A., Guillén, A., Guerrero, A. & Torralva-Forrero, M. 2017. Estudio del estado de la ictiofauna indicadora de zonas someras, mejora de la información y aplicación en la redacción de proyectos en zona sumergida del Mar Menor. Informe 2 – Diseño y medotología de seguimiento. Universidad de Murcia".

R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

Robledano, F.; Calvo, F. & Hernández, V. (coordinadores). 2006. *Libro Rojo de los Vertebrados de la Región de Murcia*. pp. 104-105. Dirección General del Medio Natural, Consejería de Industria y Medio Ambiente.

Schneider, C. A., Rasband, W. S., & Eliceiri, K. W. 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, *9*(7), 671–675. doi:10.1038/nmeth.2089

Spellerberg, I. F. 2008. Shannon–Wiener Index. *Encyclopedia of Ecology*, 3249–3252.

Thiel, R., H. Cabral & M.J. Costa. 2003. Composition, temporal changes and ecological guild classification of the ichthyofaunas of large European estuaries - a comparison between the Tagus (Portugal) and the Elbe (Germany). *J. Appl. Ichthyol*. **19**(5):330-342.

Torralva M., Zamora-López A., Guerrero-Gómez A., Herrero-Reyes A., López-Martínez de la Plaza P., Zamora-Marín J.M. & Oliva-Paterna F.J. 2024. Estudio y seguimiento espaciotemporal de poblaciones faunísticas de gestión prioritaria (ictiofauna y la especie invasora Callinectes sapidus): situación actual en zonas someras e intermareales del Mar Menor. Informe – Final. Noviembre 2024. Universidad de Murcia.

U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) 2000. Estuarine and Coastal Marine Waters: Bioassessment and Biocriteria Technical Guidance. Office of Water EPA822-B-00-024. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), Washington, DC.

Verdiell-Cubedo, D., Oliva-Paterna, F. J., Egea-Serrano, A., & Torralva, M. 2008. Population biology and habitat associations of benthic fish species in the shallow areas of a Mediterranean coastal lagoon (SE Iberian Peninsula). *Scientia Marina*, *72(2)*, 319–328.

Verdiell-Cubedo, D., Oliva-Paterna, F.J. & Torralva-Forero, M. 2007. Fish assemblages associated with *Cymodocea nodosa* and *Caulerpa prolifera* meadows in the shallow areas of the Mar Menor coastal lagoon. *Limnetica* **26**: 341–350.

Verdiell-Cubedo, D., Oliva-Paterna, F.J., Ruiz-Navarro, A. & Torralva, M. 2013. Assessing the nursery role for marine fish species in a hypersaline coastal lagoon (Mar Menor, Mediterranean Sea). *Mar. Biol. Res.* **9**: 739–748.

Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.L., Hureau, J.C., J. Nielsen & E. Tortonese. 1984. Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. Volume I, II y III. UNESCO, París. 1443 pp.

Whitfield, A.K. & Elliott, M. 2002. Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: A review of progress and some suggestions for the future. *J. Fish Biol*. **61**: 229–250.

Wickham, H. 2016 ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York.