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

Mayo 2026

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
Antonio Zamora López
Adrián Guerrero Gómez
Victor M. Álvarez Navarro
Antonio Andrés Herrero Reyes
Dr. José Manuel Zamora Marín
Dr. Francisco J. Oliva Paterna

TORRALVA FORERO MARIA MAR - 22950654N
Firmado digitalmente por TORRALVA FORERO MARIA MAR - 22950654N
Fecha: 2026.05.28 11:31:32 +02'00'

Recomendación para citar el documento:
Torralva M., Zamora-López A., Guerrero-Gómez A., Álvarez-Navarro V.M., Herrero-Reyes A.A., Zamora-Marín J.M. & Oliva-Paterna F.J. 2026. *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. Mayo 2026. 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 Mayo 2025

I. Estado actual de ejecución del proyecto y consecución de objetivos. 4

1. Resumen de antecedentes y objetivos. 7

1.1. Antecedentes y justificación específica del proyecto. 7

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. Metodología de análisis 39

4. Resultados del proyecto. 40

4.1. Ejecución de las campañas de muestreo de ictiofauna en el marco del proyecto. 40

4.2. Evolución temporal de parámetros o métricas descriptoras de la comunidad ictícola de las áreas someras. 43

4.3. Evolución temporal de taxones de interés de conservación e interés pesquero de la comunidad ictícola de las áreas someras. 51

5. Conclusiones. 57

6. Bibliografía. 60

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 espaciotemporal 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 desarrollo y cumplimiento de los objetivos específicos enmarcados en cada una de las dos líneas de actuación del proyecto:

- *Seguimiento espaciotemporal de la ictiofauna de las áreas someras del Mar Menor.*

Durante el periodo de ejecución cumplido hasta la fecha, en el marco del presente proyecto se han desarrollado con éxito las campañas de muestreo de ictiofauna en áreas someras correspondientes a las estaciones de invierno y primavera de 2026. En el presente documento se incorporan y analizan los datos obtenidos en campo y laboratorio. 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. Además, se actualiza y muestra la dinámica temporal de los principales taxones de interés de conservación e interés pesquero (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 las próximas campañas de muestreo de verano y otoño, que se desarrollarán en los meses de julio y octubre de 2026, respectivamente. 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 y respuesta de las especies.

- *Evaluación de la presencia y distribución del cangrejo azul (Callinectes sapidus) en zonas de conservación prioritaria del entorno del Mar Menor.*

  En la presente subvención nominativa se plantea iniciar la realización de un "*Inventario de zonas de conservación prioritaria con presencia de cangrejo azul en el Mar Menor y su área de influencia*". Los muestreos destinados a recopilar la información necesaria para la elaboración de dicho inventario no han sido iniciados hasta la fecha, ya que su ejecución está prevista entre los meses de junio y octubre, cuando esta especie invasora presenta su máxima actividad en el área de estudio. Se llevarán a cabo prospecciones en humedales litorales y criptohumedales que mantienen conexión con la laguna, seleccionados en función de su relevancia ecológica y de la presencia de especies amenazadas. Entre ellos se incluirán las salinas de Marchamalo y San Pedro del Pinatar, los criptohumedales de la Marina del Carmolí y la rambla del Albujón, así como otros humedales naturales de interés. Los datos recopilados permitirán elaborar un mapa actualizado de la distribución del cangrejo azul en los humedales del entorno del Mar Menor.

Para la consecución de los objetivos 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.

	2025	2026										
Tareas	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
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.

- 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.

- Por último, la cuarta 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 2024 y octubre de 2025, se constató un **incremento generalizado de la abundancia de peces en las áreas someras respecto a periodos previos**, alcanzándose valores próximos a los registrados antes de las mortandades, **si bien la biomasa mostró únicamente una recuperación moderada y la riqueza y diversidad se mantuvieron estables. La calidad ecológica de las áreas someras, evaluada mediante el índice EMFI, no recuperó aún los niveles previos a dichos episodios**, en parte debido a la limitada incorporación de juveniles de taxones migradores, especialmente durante las estaciones de invierno y primavera. No obstante, **la estructura y composición de la comunidad se aproximaron al patrón característico de estos ambientes, dominado por especies residentes microbentívoras y juveniles de especies marinas migradoras**, lo que sugirió una recuperación incipiente de la fracción residente que, no obstante, requirió ser interpretada con cautela a la espera de su confirmación mediante seguimiento a largo plazo. La escasa presencia de especies bentónicas propias de zonas profundas indicó su retirada de las áreas someras tras la mejora de las condiciones en el fondo, aunque episodios recientes de estrés pudieron inducir respuestas puntuales de refugio. Paralelamente, se observó un aumento en la frecuencia de aparición y la abundancia del fartet (*Apricaphanius iberus*), asociado a la

generación de hábitats favorables tras las precipitaciones, lo que puso de manifiesto la relevancia de los criptohumedales para su conservación. Asimismo, se analizó el efecto de eventos térmicos extremos sobre las métricas de las comunidades de peces, observándose una reducción en su complejidad al forzar a los ejemplares a desplazarse hacia aguas más estables térmicamente. En este contexto, se reforzó la necesidad de mantener programas de seguimiento continuado que permitieran evaluar la respuesta del sistema ante perturbaciones recientes, como las lluvias torrenciales de otoño de 2025. Finalmente, el seguimiento de *Callinectes sapidus* en Las Encañizadas permitió profundizar en su dinámica poblacional durante el periodo de menor actividad, evidenciando diferencias entre sectores y apoyando la hipótesis de su uso como corredor reproductivo, al tiempo que se puso de manifiesto la necesidad de ampliar su estudio a otros humedales periféricos para orientar estrategias eficaces de control.

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. En 2024 y 2025, y de forma previa al inicio de este proyecto, algunas especies residentes mostraron síntomas de una ligera recuperación, así como una reorganización en la estructura y composición de la comunidad compatible con cierta estabilización. No obstante, dada la situación de estrés a la que ha estado sometida la laguna durante los últimos años, sigue siendo siendo imprescindible la continuidad de programas de seguimiento que permitan discriminar entre tendencias reales de recuperación y fluctuaciones interanuales, aportando una base científica sólida para la toma de decisiones en materia de gestión adaptativa. En este marco, la ictiofauna no solo

constituye un elemento clave en el mantenimiento del equilibrio trófico del sistema lagunar, sino también un indicador sensible del estado ecológico del mismo y un recurso de relevancia socioeconómica, lo que confiere a su monitorización un papel estratégico en el diseño y aplicación de medidas de conservación y restauración del Mar Menor a medio y largo plazo.

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. No obstante, los resultados más recientes ponen de manifiesto la necesidad de ampliar la escala espacial de estos estudios para abordar la expansión real de la especie más allá del ámbito estrictamente lagunar. En este sentido, el presente proyecto incorpora como línea prioritaria la evaluación sistemática de la presencia y distribución del cangrejo azul en humedales litorales y criptohumedales del entorno del Mar Menor, especialmente aquellos considerados de alto valor para la conservación. Mediante la realización de prospecciones específicas durante el periodo de máxima actividad de la especie, se generará un inventario actualizado y un mapa de distribución que integrará enclaves naturales clave.

Esta aproximación permitirá identificar áreas sensibles donde la interacción entre la especie invasora y comunidades biológicas vulnerables pueda resultar más intensa, aportando una base científica sólida para definir prioridades de gestión. De este modo, se refuerza la necesidad de profundizar en el conocimiento de la dinámica espacial de *Callinectes sapidus* y su relación con hábitats críticos, contribuyendo al desarrollo de estrategias de control más eficaces y adaptadas a la realidad ecosistémica del Mar Menor y su entorno.

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” PARA EL AÑO 2025.

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 en el posterior análisis estadístico de los datos, orientados a la consecución de una evaluación actualizada y detallada del estado de las comunidades faunísticas en las áreas someras y entornos asociados del Mar Menor. En este sentido, el proyecto integra tanto la continuidad del seguimiento de la ictiofauna como la incorporación de nuevas líneas de trabajo dirigidas a mejorar el conocimiento de la distribución y dinámica de la especie invasora *Callinectes sapidus* en hábitats de alto valor ecológico.

Entre las prioridades iniciales del trabajo, se enumeran:

• Identificar y evaluar, a diferentes escalas, la situación actual de la comunidad de peces de las áreas someras del Mar Menor, prestando especial atención a taxones de interés pesquero y conservacionista.

• Analizar la evolución temporal y la capacidad de respuesta de la ictiofauna frente a los cambios en las condiciones ambientales de la laguna, integrando la información obtenida en las campañas de muestreo con series temporales previas.

• Evaluar la presencia y distribución del cangrejo azul (*Callinectes sapidus*) en humedales litorales y áreas de conservación prioritaria del entorno del Mar Menor, mediante la elaboración de un inventario espacial actualizado que sirva de base para su gestión y control.

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.

	2025	**2026**										
Tareas	**DIC**	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**
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 de ictiofauna 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 de ictiofauna e inicio inmediato de la toma de datos.
- Selección de humedales litorales asociados al Mar Menor que componen la red de monitoreo de *Callinectes sapidus.*

(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 muestreos de *Callinectes sapidus* en humedales del entorno del Mar Menor entre los meses de junio y octubre de 2026, destinados a la elaboración de un inventario de presencia y distribución de la especie invasora en el área de estudio.
- 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* permiten conocer su fase de invasión en hábitats de relevancia ecológica asociados al Mar Menor, así como registrar parámetros biológicos y ecológicos de la especie. La información resultante deberá ser considerada en el establecimiento de futuras estrategias de gestión y control de la especie en la laguna y en sus humedales perimetrales.

(T5) Elaboración de informes

- **Informe parcial del proyecto (mayo de 2026).** Resultados preliminares e información relativa a las campañas de muestreos realizadas hasta la fecha.

- **Informe final del proyecto (noviembre de 2026).** 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 los humedales asociados al Mar Menor.

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:

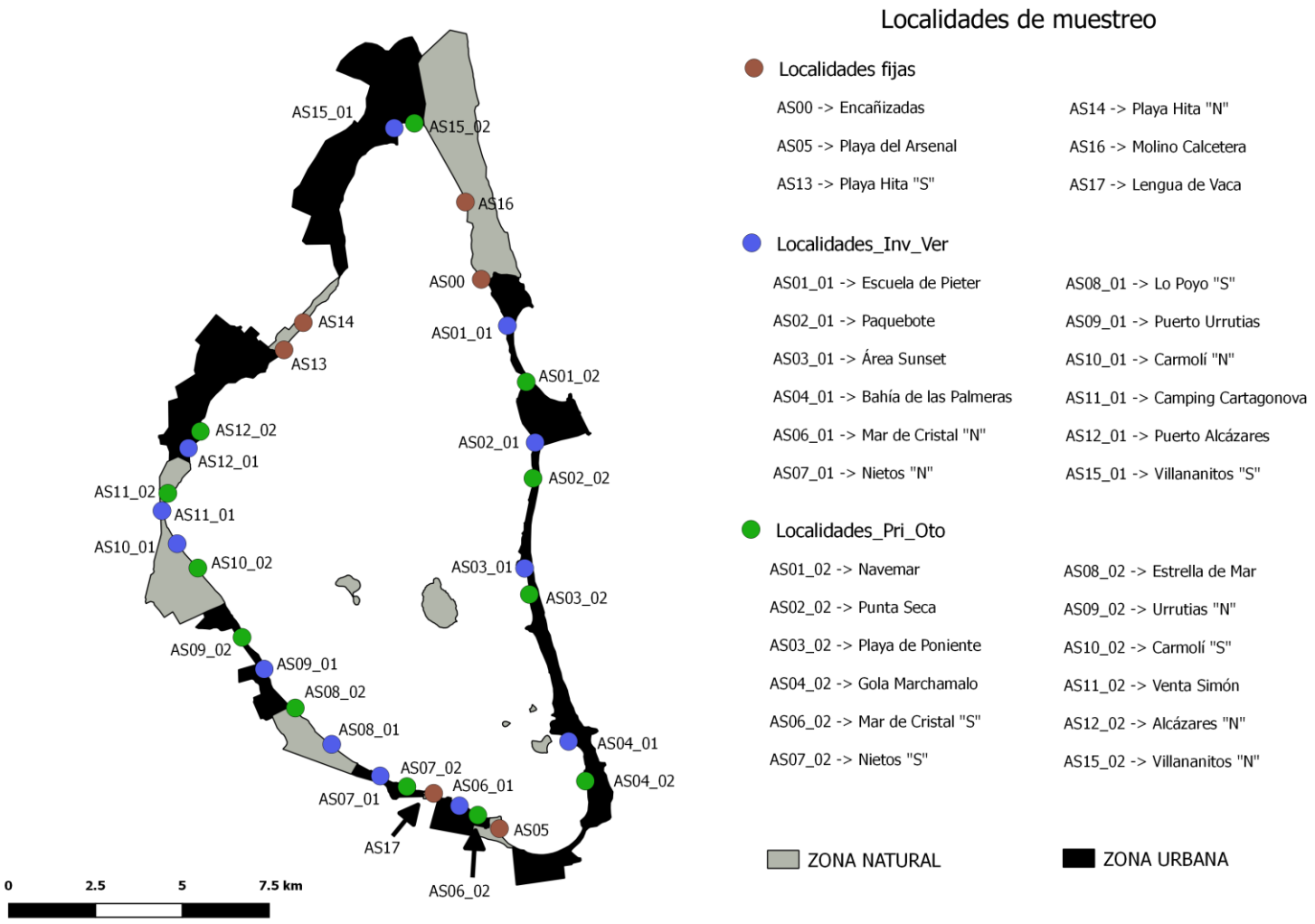


Figura 3.1. Sectorización y periodicidad de muestreo de las áreas someras objeto de seguimiento en el presente proyecto.

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 2026** (ver apartado 4.1). **En el presente informe se encuentran recogidos y analizados los datos correspondientes a ambas campañas.** 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 (junio-noviembre) 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 / 100 m^2 BPUEs = g de individuos / 100 m^2
Muestreo cualitativo: **Metodología:** Red de arrastre manual (10 x 1,5 m; sin copo), 5 mm Luz de malla. **Esfuerzo de Muestreo:** Variable en superficie. Muestreo adaptado a las condiciones específicas de la zona de muestreo (espigones, sustratos rocosos, etc.) **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.

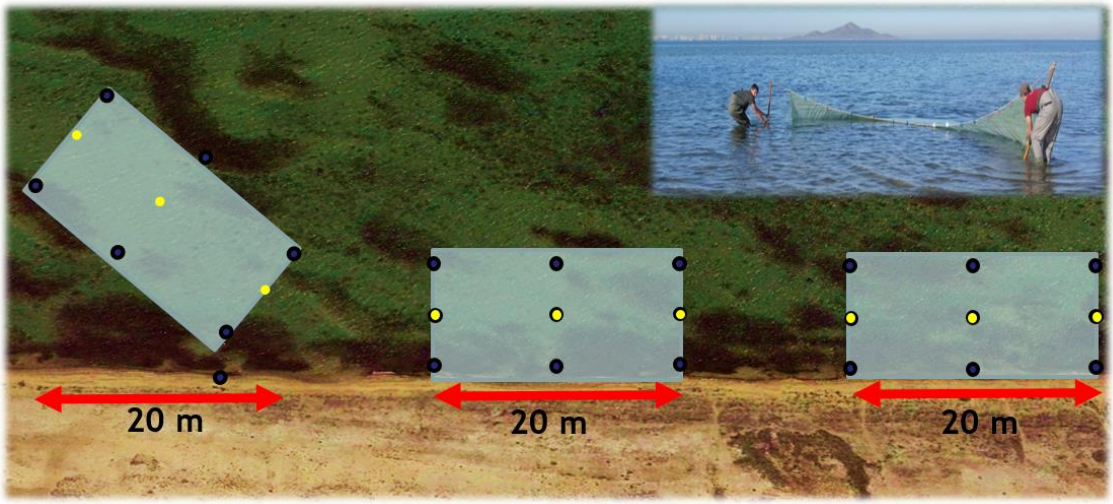


Figura 3.2. Diseño y ubicación de arrastres en una hipotética localidad de muestreo. Los puntos amarillos indican las zonas de medida de parámetros fisicoquímicos. El conjunto de puntos azules y amarillos reflejan las medidas de profundidad.

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.: Parte del equipo de trabajo durante el desarrollo de uno de los arrastres. **Dcha.**: Playa *Mar de Cristal Sur* (AS06), una de las localidades de muestreo incluidas en la red de monitoreo del proyecto.

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 / 100 m^2
- BPUEs = peso capturas (g.) / 100 m^2

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, migradoras, 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. Metodología de análisis

Para evaluar el estado de la comunidad de peces durante la primera fase del proyecto se utilizaron distintas métricas descriptoras de la comunidad, incluyendo la abundancia y biomasa total de capturas, la riqueza específica, la diversidad medida mediante el índice de Shannon-Wiener y el índice multimétrico para estuarios adaptado y aplicado a las áreas someras del Mar Menor (EMFI*). Además, se seleccionaron seis taxones representativos de las comunidades de peces de áreas someras, tres de ellos de elevado interés comercial (*Atherina boyeri*, familia Sparidae y familia Mugilidae) y tres de elevado interés para la conservación (*Apricaphanius iberus*, *Pomatoschistus marmoratus* y *Syngnathus abaster*).

Para el análisis de la evolución temporal de las métricas descriptoras de la comunidad de peces y de la dinámica poblacional de las especies seleccionadas, los muestreos correspondientes al invierno y la primavera de 2026 se compararon con los distintos periodos bianuales disponibles (2002-2004, periodo de referencia; 2018-2019, periodo de algal blooms; 2020-2021, periodo de mortandades masivas de peces; 2022-2023, periodo post-mortandades masivas de peces; y 2024-2025, periodo de estabilización). Este enfoque permite evaluar la respuesta y situación actual de las métricas evaluadas.

4. Resultados del proyecto.

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

Invierno 2026

Programa de seguimiento a escala de red de monitoreo:

Localidades prospectadas: 17 Localidades pertenecientes al programa de seguimiento predefinido (Tabla 4.1). La localidad AS05 (Playa del Arsenal), no pudo prospectarse por la proliferación masiva de algas filamentosas (Figura 4.1).

Unidades de muestreo de comunidad de peces: 51 arrastres cuantitativos + 11 arrastres cualitativos.

Evaluaciones de mesohábitat (profundidad, sustrato, temperatura, conductividad, salinidad, transparencia, vegetación acuática): 51 evaluaciones.

Primavera 2026

Programa de seguimiento a escala de red de monitoreo:

Localidades prospectadas: 17 Localidades pertenecientes al programa de seguimiento predefinido (Tabla 4.1). La localidad AS05 (Playa del Arsenal), no pudo prospectarse por la proliferación masiva de algas filamentosas (Figura 4.1).

Unidades de muestreo de comunidad de peces: 51 arrastres cuantitativos + 11 arrastres cualitativos.

Evaluaciones de mesohábitat (profundidad, sustrato, temperatura, conductividad, salinidad, transparencia, vegetación acuática): 51 evaluaciones.



Figura 4.1. Explosión de algas flotantes en la localidad “Playa del Arsenal” (AS05) que imposibilitó realizar con éxito el muestreo en invierno y primavera de 2026.

Tabla 4.2. Muestreos de ictiofauna realizados en el marco del Proyecto. (*) Localidad no muestreada por inviabilidad logística.

Sector	Localidad	Coord. XX	Coord. YY	Invierno	Primavera
AS00	Las Encañizadas	37°46'44.8"N	0°45'23.1"W	30/01/2026	08/04/2026
AS01	Escuela de Pieter	37°46'05.0"N	0°44'54.6"W	30/01/2026	
AS01	Navemar	37°45'11.4"N	0°44'31.5"W		09/04/2026
AS02	Paquebote	37°44'15.3"N	0°44'21.2"W	30/01/2026	
AS02	Punta Seca	37°43'42.4"N	0°44'23.7"W		06/04/2026
AS03	Área Sunset	37°42'20.7"N	0°44'34.2"W	15/01/2026	
AS03	Rte. El Molino	37°41'57.2"N	0°44'28.4"W		08/04/2026
AS04	Bahía de las Palmeras	37°39'40.3"N	0°43'42.5"W	15/01/2026	
AS04	Gola de Marchamalo Sur	37°39'02.2"N	0°43'21.9"W		06/04/2026
AS05	El Arsenal	37°38'18.9"N	0°45'05.5"W	*	*
AS06	Mar de Cristal Norte	37°38'40.4"N	0°45'52.8"W	14/01/2026	
AS06	Mar de Cristal Sur	37°38'29.9"N	0°45'26.8"W		14/04/2026
AS07	Los Nietos Sur	37°38'57.4"N	0°46'53.2"W		08/04/2026
AS07	Los Nietos Norte	37°39'05.5"N	0°47'17.6"W	14/01/2026	
AS08	Lo Poyo Sur	37°39'24.8"N	0°48'01.3"W	13/01/2026	
AS08	Estrella de Mar	37°40'13.7"N	0°49'10.7"W		15/04/2026
AS09	Los Urrutias Sur	37°40'46.5"N	0°49'39.4"W	12/01/2026	
AS09	Los Urrutias Norte	37°41'27.1"N	0°50'08.8"W		15/04/2026
AS10	Carmolí 1º Párking	37°42'44.8"N	0°51'23.0"W	12/01/2026	
AS10	Carmolí 2º Párking	37°42'19.4"N	0°50'57.1"W		06/04/2026
AS11	Camping Carthago	37°43'07.3"N	0°51'36.1"W	12/01/2026	
AS11	Venta Simón	37°43'16.7"N	0°51'35.6"W		09/04/2026
AS12	Los Alcázares Sur	37°44'21.1"N	0°50'54.4"W	26/01/2026	
AS12	Los Alcáceres Norte	37°44'31.4"N	0°50'56.3"W		09/04/2026
AS13	La Hita Sur	37°45'42"N	0°49'16.1"O	13/01/2026	14/04/2026
AS14	Camping Hita N	37°46'07.0"N	0°48'52.3"O	13/01/2026	14/04/2026
AS15	Villananitos Sur	37°49'07.9"N	0°47'02.8"W		10/04/2026
AS15	Villananitos Norte	37°49'11.8"N	0°46'38.8"W	26/01/2026	
AS16	Molino Calcetera	37°47'45.9"N	0°45'41.2"W	26/01/2026	10/04/2026
AS17	Punta Lengua de Vaca	37°38'48.7"N	0°46'16.2"W	14/01/2026	15/04/2026

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

Durante los muestreos de ictiofauna realizados en las áreas someras del Mar Menor en el marco del presente seguimiento, se registraron 27 especies pertenecientes a 13 familias diferentes (Tabla 4.2). La familia Gobiidae fue la más diversa, con seis especies detectadas a lo largo del año, seguida de Sparidae, representada por cinco taxones.

La estructura y dominancia de la comunidad de peces mostró variaciones estacionales acordes con la fenología de las especies presentes. Durante el invierno, las capturas estuvieron dominadas por especies migradoras, principalmente espáridos y mugílidos, destacando *Chelon auratus*, *Sparus aurata* y *Chelon saliens*, que alcanzaron densidades medias de 177,61, 17,21 y 10,99 individuos por 100 m², respectivamente. Estas especies estuvieron acompañadas por poblaciones residentes de *Syngnathus abaster*, que presentó un valor medio de CPUE de 7,38 individuos por 100 m².

Durante la primavera, se observó un ligero incremento en las capturas de *C. saliens*, alcanzando valores medios de 14,45 individuos por 100 m², mientras que las densidades de *C. auratus* y *S. aurata* descendieron hasta 64,87 y 10,98 individuos por 100 m², respectivamente. En este periodo también se registró un aumento moderado de algunas especies residentes, como *Pomatoschistus marmoratus*, con una CPUE de 10,51, y *Atherina boyeri*, que alcanzó 11,32 individuos por 100 m², incrementando su representatividad dentro de la comunidad.

En conjunto, los patrones de dominancia y las densidades registradas durante los dos primeros trimestres de 2026 continúan mostrando una tendencia hacia la recuperación de la estructura característica de la comunidad de peces de las áreas someras del Mar Menor. No obstante, resulta imprescindible mantener el seguimiento a largo plazo para determinar si esta dinámica responde a un proceso estable de resiliencia o, por el contrario, constituye una fluctuación puntual condicionada por factores estocásticos y por la elevada variabilidad ambiental que caracteriza a la laguna. Este seguimiento cobra especial relevancia en el contexto actual de entrada de nutrientes asociado a las intensas precipitaciones registradas entre finales de 2025 y principios de 2026.

Tabla 4.2. Listado de taxones detectados en las áreas someras del Mar Menor. Se incluyen **CPUEs** (nº ind./100m^2) y **FA** (Frecuencia de Aparición= nº presencias del taxón/nº total arrastres). "*": especie detectada por primera vez en el seguimiento de áreas someras.

Familia	Nombre científico	Invierno 2026		Primavera 2026	
		FA	CPUEs	FA	CPUEs
Anguillidae	*Anguilla anguilla* (L., 1758)			0,06	0,04
Atherinidae	*Atherina boyeri* Risso, 1810	0,61	5,43	0,78	11,32
Belonidae	*Tylosurus acus* (Lacepède, 1803)			0,18	0,62
Blennidae	*Microlipophrys dalmatinus* (Steindachner & Kolombatovic, 1883)			0,06	0,04
	Salaria pavo (Risso, 1810)	0,08	0,05	0,41	0,70
Cyprinodontidae	*Apricaphanius iberus* (Valenciennes, 1846)	0,20	1,24	0,14	0,54
Dorosomatidae	*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847			0,02	0,01
Gobiidae	*Gobius bucchichi* Steindachner, 1870	0,02	0,01	0,02	0,02
	Gobius cobitis Pallas, 1814	0,04	0,02	0,49	3,12
	Gobius geniporus Valenciennes, 1837			0,02	0,01
	Gobius niger L., 1758	0,12	0,09	0,20	0,61
	Gobius paganellus L., 1758	0,02	0,01	0,06	0,04
	Pomatoschistus marmoratus (Risso, 1810)	0,69	3,63	0,73	10,51
Labridae	*Symphodus cinereus* (Bonnaterre,1788)	0,02	0,01	0,04	0,02
Moronidae	*Dicentrarchus labrax* (L., 1758)			0,29	0,34
Mugilidae	*Chelon auratus* (Risso, 1810)	0,78	177,61	0,94	64,87
	Chelon ramada (Risso, 1827)	0,18	1,72	0,06	0,06
	Chelon saliens (Risso, 1810)	0,55	10,99	0,63	14,15
	Mugil cephalus L., 1758	0,20	1,58	0,04	0,11

Familia	Nombre científico	Invierno 2026		Primavera 2026	
		FA	CPUEs	FA	CPUEs
Soleidae	*Solea senegalensis* Kaup, 1858			0,08	0,16
Sparidae	*Diplodus puntazzo* (Walbaum, 1792)	0,24	0,42	0,10	0,21
	Diplodus sargus (L., 1758)			0,10	0,12
	Diplodus vulgaris (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)			0,12	0,33
	Sarpa salpa (Linnaeus, 1758)	0,02	0,01	0,12	0,11
	Sparus aurata L., 1758	0,69	17,21	0,92	10,98
Syngnathidae	*Syngnathus abaster* Risso, 1827	0,82	7,38	0,88	5,61
	Syngnathus typhle L., 1758	0,16	0,20	0,29	1,10

Abundancia y biomasa total de capturas

En relación a la abundancia total de capturas, durante el año 2026 se registraron valores especialmente elevados en la campaña de invierno, correspondientes a los máximos detectados para esta estación a lo largo de toda la serie de periodos analizada. Este incremento estuvo asociado principalmente al marcado reclutamiento de taxones migradores, especialmente mugílidos y espáridos, posiblemente favorecido por la elevada pluviometría registrada durante el otoño-invierno de 2025-2026, que habría actuado como factor atrayente para la entrada de alevines a la laguna (Fig. 4.3). Por el contrario, en primavera la abundancia descendió respecto al periodo 2024-2025, aunque de forma poco acusada, manteniéndose en valores similares a los registrados en periodos previos.

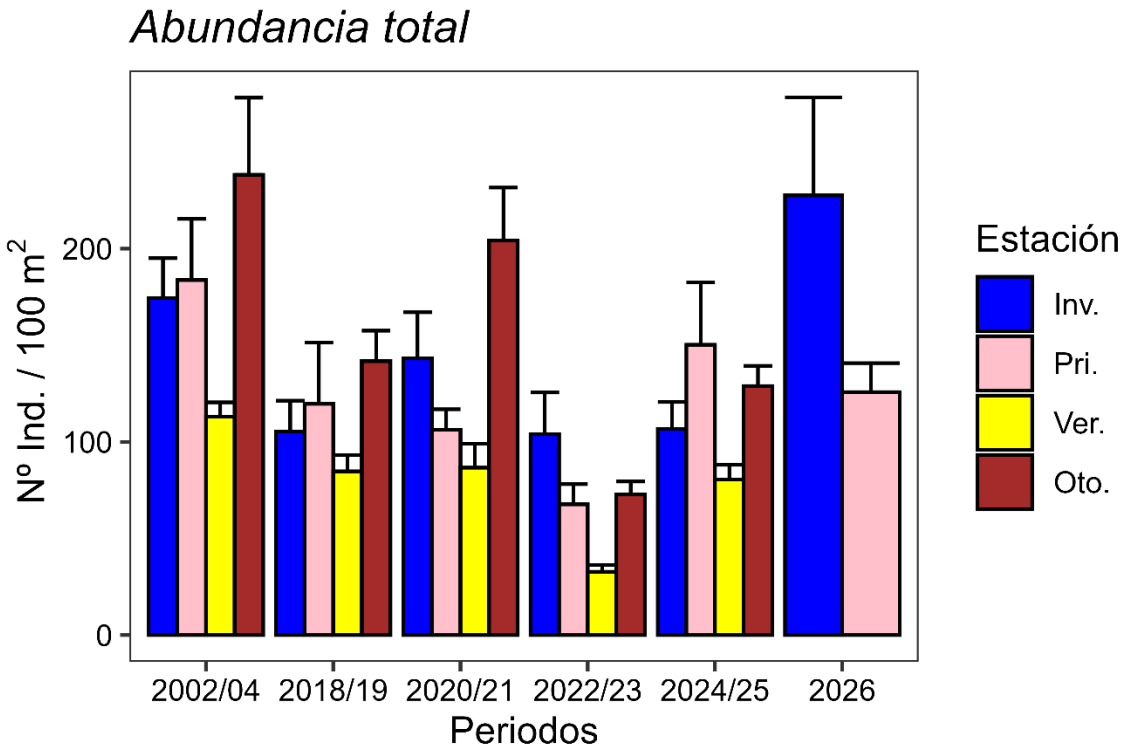


Figura 4.2. Evolución temporal de la abundancia total de peces ($\bar{x}$ ± SE). Se destacan con un ancho superior las campañas de invierno y primavera de 2026, correspondientes a la presente subvención nominativa.

En términos de biomasa de capuras, el invierno representó un incremento respecto al periodo 2024-2025; no obstante, este fue considerablemente menor que el observado para la abundancia, debido al reducido tamaño de los abundantes alevines capturados de especies marinas migradoras. Por su parte, la primavera mostró valores similares a los de dicho periodo previo, manteniéndose la recuperación observada tras los mínimos detectados durante el periodo 2022-2023 (Fig. 4.3).

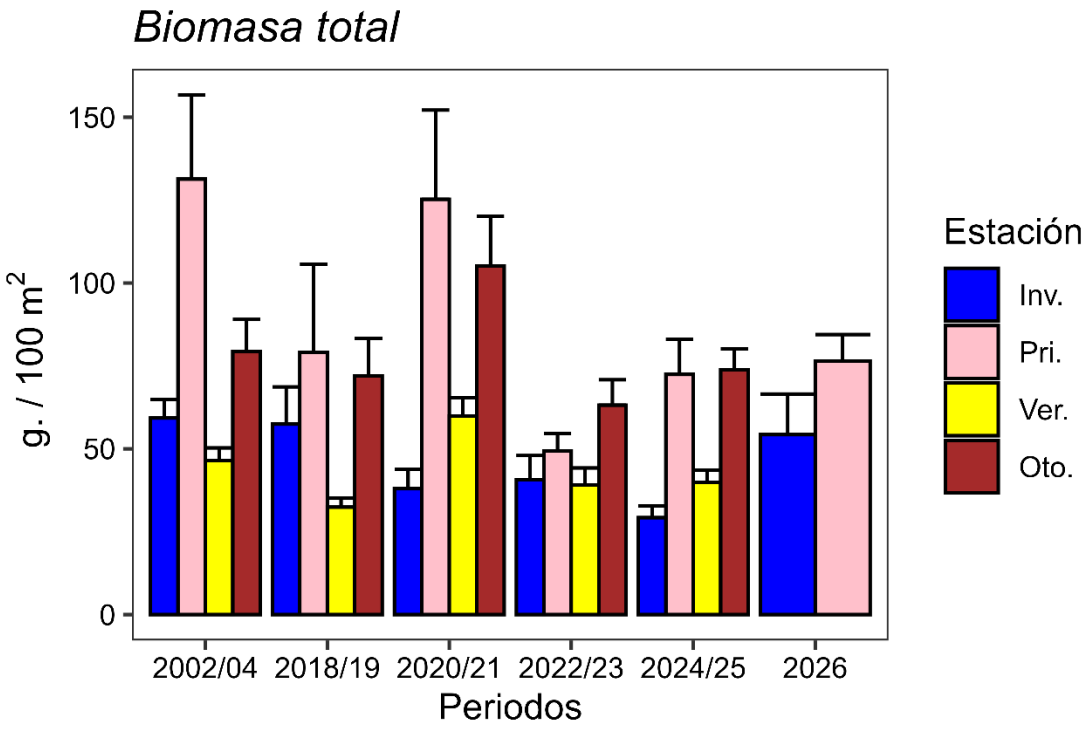


Figura 4.3. Evolución temporal de la biomasa total de peces ($\bar{x}$ ± SE). Se destacan mediante un mayor grosor las campañas de invierno y primavera de 2026, correspondientes al periodo incluido en la presente subvención nominativa.

Riqueza e índice de Shannon-Wiener

Durante invierno de 2026, se detectó un ligero incremento en el número de especies detectadas respecto a periodos previos. Este hecho se atribuye principalmente a la elevada frecuencia de aparición de alevines de taxones marinos migradoras en las áreas someras de la laguna, cuya presencia había sido menos frecuente e irregular en campañas previas (Fig 4.4).

Por otro lado, la riqueza de especies detectada en primavera fue, en términos generales, similar a la registrada en primaveras anteriores. No obstante, cabe destacar que los valores de riqueza mínimos registrados por localidad de muestreo fueron de 10 especies, lo que contrasta con los periodos previos, en los que los mínimos oscilaron entre 3 y 7 especies. Este patrón estuvo influenciado tanto por una elevada ocurrencia de taxones residentes, que comienzan a utilizar en mayor medida las áreas someras con el incremento de las temperaturas, como por la persistencia de taxones migradores cuya entrada al sistema se habría visto favorecida por la elevada pluviometría del otoño de 2025 e invierno de 2026.

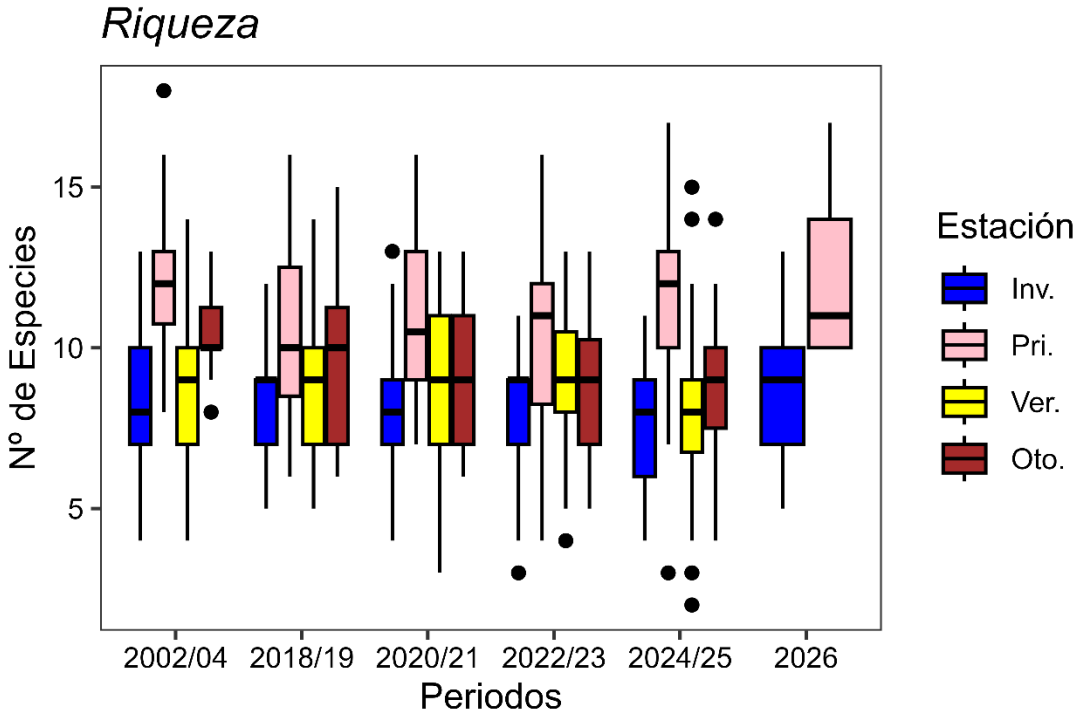


Figura 4.4. Evolución temporal de la riqueza de especies de peces. Se destacan mediante un mayor grosor las campañas de invierno y primavera de 2026, correspondientes al periodo incluido en la presente subvención nominativa.

La diversidad de la comunidad ictícola, medida mediante el índice de Shannon-Wiener, mostró un descenso en ambas campañas en relación con los periodos de estudio previos, siendo este más acusado en invierno (Fig. 4.5). La elevada dominancia de alevines de determinadas especies migradoras, como *Chelon auratus*, influyó de forma notable en esta reducción de la diversidad. No obstante, el inicio del reclutamiento de especies residentes amortiguó de forma parcial este descenso durante la primavera, promoviendo una mayor equitatividad en la abundancia de especies detectada.

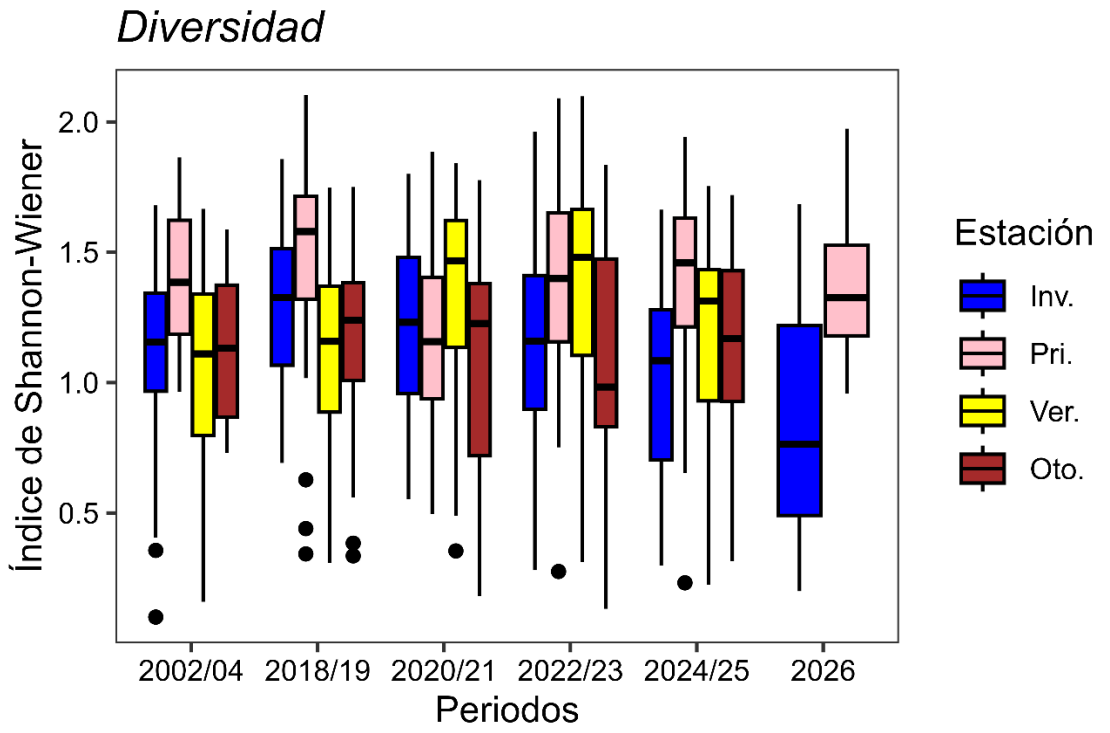


Figura 4.5. Evolución temporal de la diversidad de especies de peces (índice de Shannon-Wiener). Se destacan mediante un mayor grosor las campañas de invierno y primavera de 2026, correspondientes al periodo incluido en la presente subvención nominativa.

Estuarine Multimetric Fish Index (EMFI) modificado

La calidad ecológica de las áreas someras del Mar Menor, evaluada mediante el indicador basado en peces EMFI*, mostró estabilidad respecto a los valores registrados en las estaciones de invierno y primavera del periodo 2024-2025 (Fig. 4.6). Este patrón refleja la resiliencia de la comunidad y evidencia cierta estabilidad pese a la marcada entrada de nutrientes derivada de las intensas precipitaciones registradas durante finales de 2025 e inverno de 2026. No obstante, se ha de tener en cuenta que estos resultados corresponden a un periodo previo al incremento de las temperaturas estivales, momento en el que, en años anteriores, se han detectado los impactos más reseñables sobre la comunidad de peces.

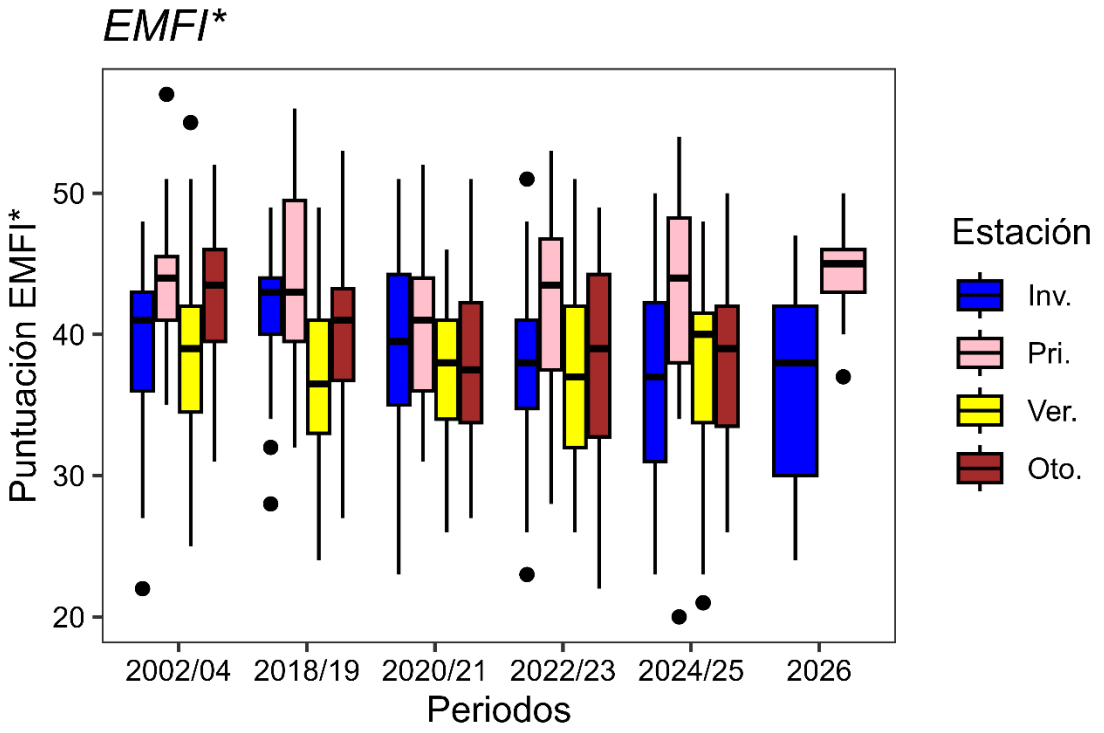


Figura 4.6. Evolución temporal de la calidad ecológica de las áreas someras basada en la comunidad de peces (*estuarine multimetric fish index* modificado; EMFI*). Se destacan mediante un mayor grosor las campañas de invierno y primavera de 2026, correspondientes al periodo incluido en la presente subvención nominativa.

4.3. Evolución temporal de taxones de interés de conservación e interés pesquero de la comunidad ictícola de las áreas someras.

En el presente apartado se ofrece una visión de la dinámica temporal de las poblaciones de los principales taxones presentes en las áreas someras del Mar Menor que son objetivo de las pesquerías. Además, también se muestra la tendencia poblacional de las especies que presentan un elevado nivel de amenazada y que por ello son consideradas de interés para la conservación.

El chirrete o pejerrey (*Atherina boyeri*) mostró un descenso de su abundancia durante el invierno y primavera de 2026 respecto a los datos recabados en el periodo 2024-2025 (Fig. 4.7). Este descenso se atribuye principalmente a una reducción en el reclutamiento de alevines, el cual puede estar asociado a desfases temporales en la fenología y picos reproductivos de la especie, cambios en las condiciones ambientales de la laguna o simplemente a variaciones interanuales en el éxito reproductor y supervivencia larvaria.

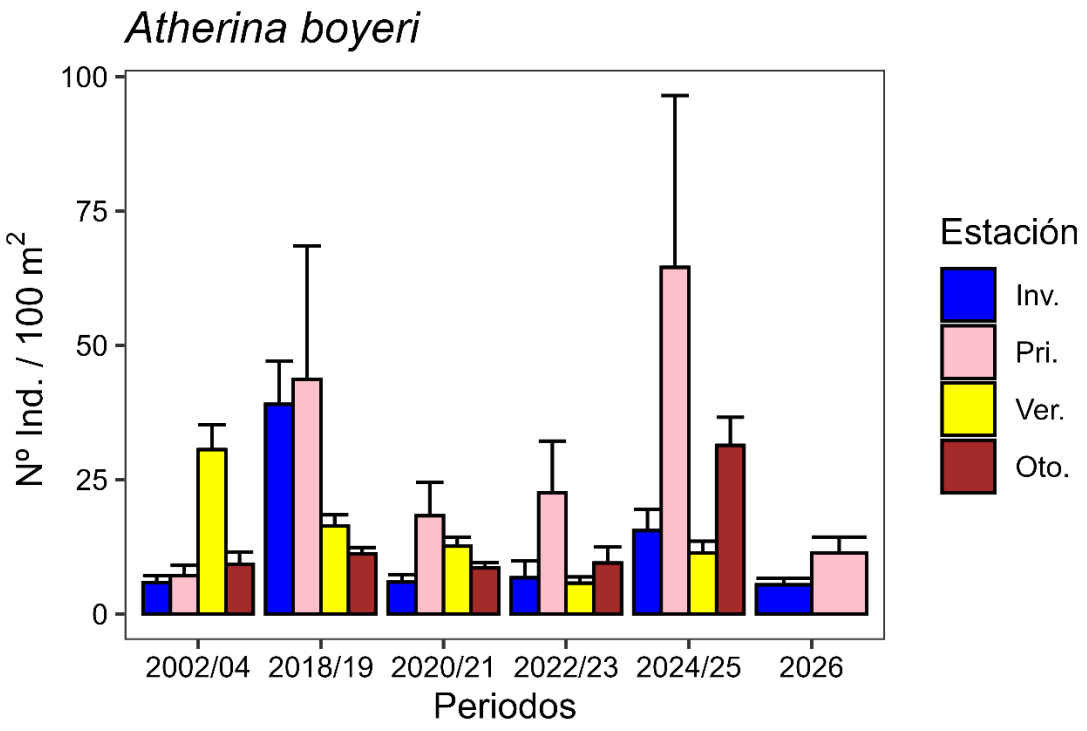


Figura 4.7. Evolución temporal de la abundancia de *Atherina boyeri* ($\bar{x}$ ± SE). Se destacan mediante un mayor grosor las campañas de invierno y primavera de 2026, correspondientes al periodo incluido en la presente subvención nominativa.

La abundancia de ejemplares pertenecientes a la familia Mugilidae fue muy superior a la registrada en periodos previos. Este hecho es especialmente patente durante el invierno, alcanzando los valores máximos de la serie temporal evaluada y duplicando en ocasiones los valores registrados en campañas anteriores (Fig. 4.8). Este patrón parece estar relacionado con la marcada pluviometría registrada durante el otoño de 2025 e invierno de 2026, que habría actuado como factor atrayente para las fases juveniles de estas especies.

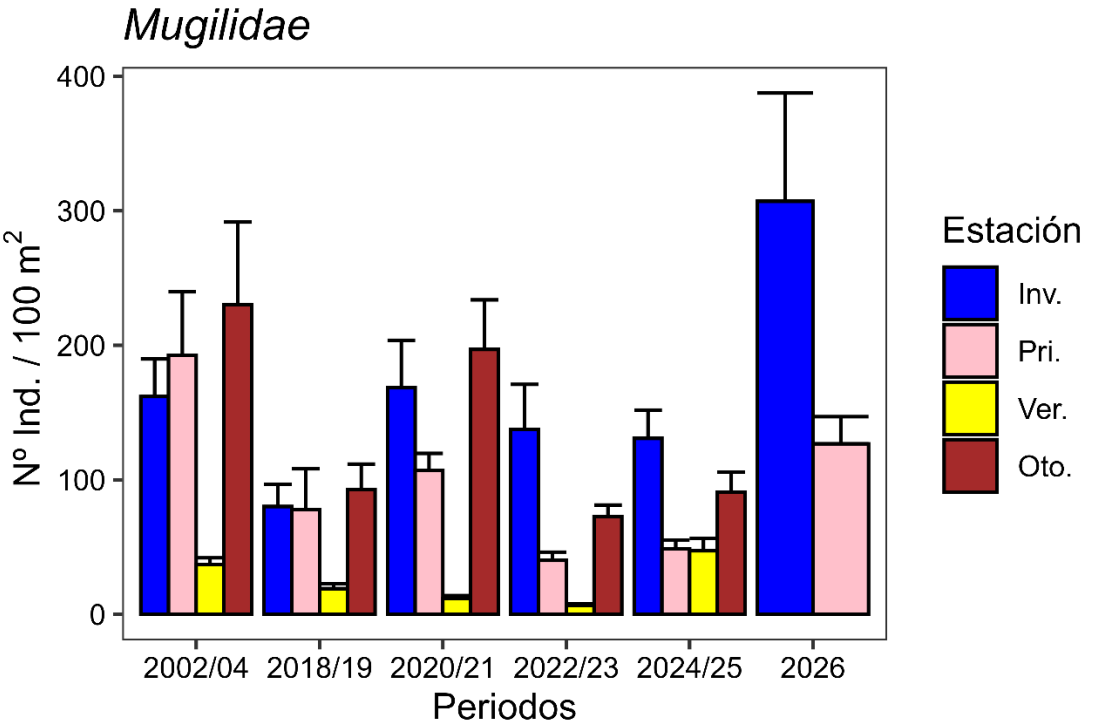


Figura 4.8. Evolución temporal de la abundancia de Mugilidae ($\bar{x}$ ± SE). Se destacan mediante un mayor grosor las campañas de invierno y primavera de 2026, correspondientes al periodo incluido en la presente subvención nominativa.

Los espáridos, principalmente representados por la dorada (*Sparus aurata*), mostraron un patrón similar al descrito por los mugílidos, alcanzando en invierno los valores más elevados de los periodos de muestreo posteriores a 2004 (Fig. 4.9). Igualmente, se registraron los máximos históricos de abundancia obtenidos en las campañas de primavera. Cabe destacar que, pese a haberse registrado otros años con elevada pluviometría, los únicos periodos comprendidos entre 2018 y 2026 en los que estas precipitaciones intensas se concentraron durante el otoño-invierno fueron 2020 y 2026, coincidiendo concretamente con los picos de abundancia invernal detectados para este grupo. Aunque este posible efecto atrayente de las precipitaciones podría desempeñar un papel clave en la entrada de alevines, serán necesarios más datos para realizar inferencias robustas acerca de cómo los factores meteorológicos y oceanográficos pueden modular la abundancia de reclutas de este grupo de elevado interés comercial en la laguna.

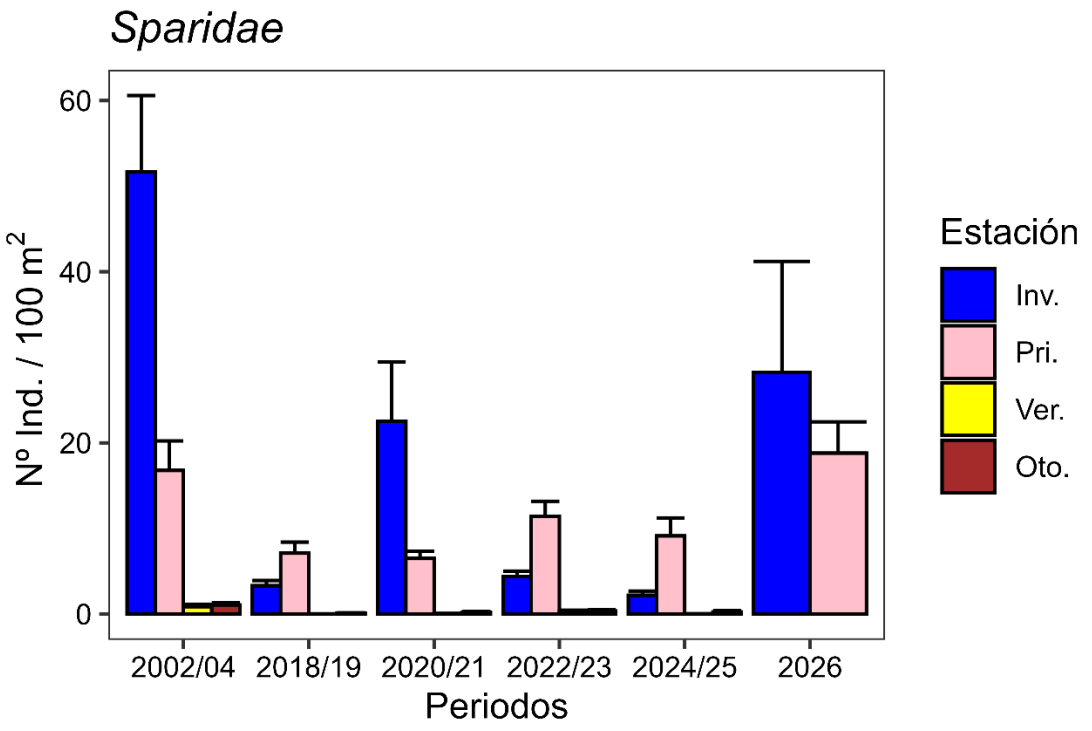


Figura 4.9. Evolución temporal de la abundancia de Sparidae ($\bar{x}$ ± SE). Se destacan mediante un mayor grosor las campañas de invierno y primavera de 2026, correspondientes al periodo incluido en la presente subvención nominativa.

El fartet (*Apricaphanius iberus*) mostró un incremento de abundancia durante el invierno de 2026, alcanzando valores similares a los registrados en 2020-2021 y situándose entre los inviernos con mayores abundancias de la serie temporal analizada (Fig. 4.10). En primavera, los valores fueron similares a los observados en el periodo previo (2024-2025), en el cual también se registró una primavera especialmente pluviométrica. En este sentido, la proliferación de algas filamentosas y la inundación de criptohumedales derivadas de las precipitaciones del otoño e invierno parecen favorecer a la especie, promoviendo procesos de colonización mediante la conectividad de estos criptohumedales con las áreas someras, y aumentando la disponibilidad de refugio y recursos tróficos asociados a estos microhábitats.

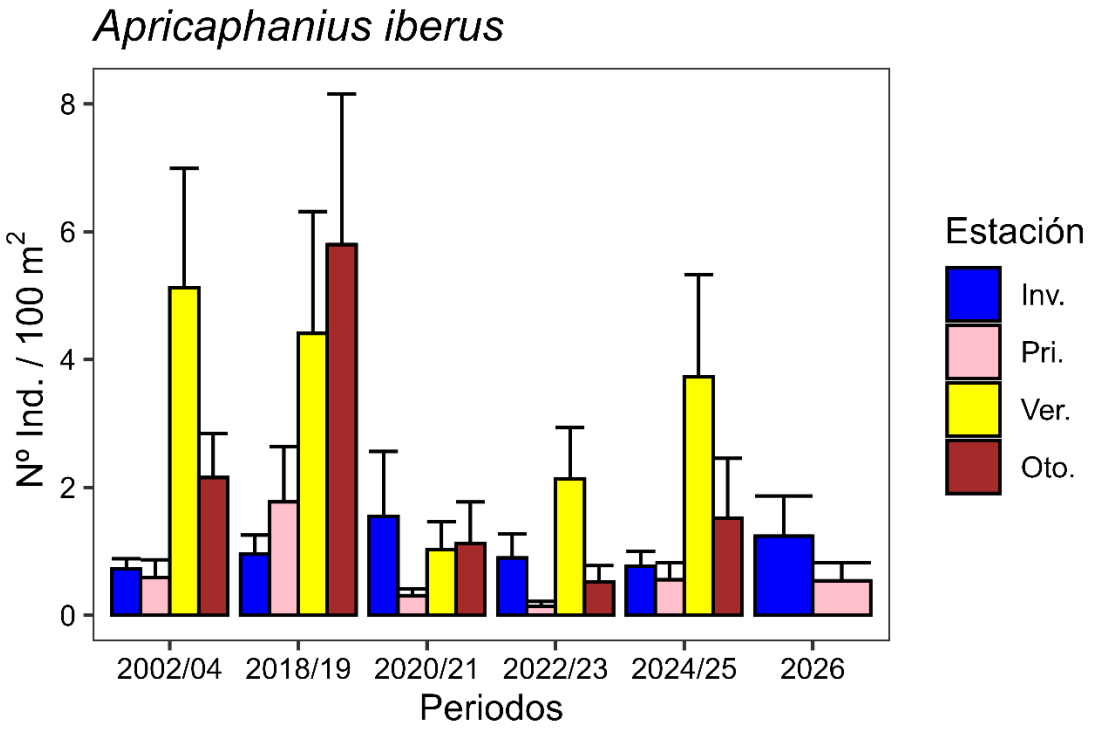


Figura 4.10. Evolución temporal de la abundancia de *Apricaphanius iberus* ($\bar{x}$ ± SE). Se destacan mediante un mayor grosor las campañas de invierno y primavera de 2026, correspondientes al periodo incluido en la presente subvención nominativa.

La aguja de río (*Syngnathus abaster*) mostró una abundancia elevada en el invierno de 2026, con valores similares a los registrados en 2018-2019, previos a las mortandades masivas de 2019 y 2021 (Fig. 4.11). En primavera, sin embargo, se observó un ligero descenso, aunque manteniendo valores por encima de los dos periodos más próximos a dichos eventos (2020-2021 y 2022-2023). En cualquier caso, el reducido número de juveniles detectados y la alta representatividad de individuos grávidos en las capturas podrían indicar un ligero retraso en la fenología reproductiva de la especie respecto a lo observado en periodos previos. Aunque *S. abaster* puede presentar una ventana reproductiva amplia, comprendida entre febrero y octubre cuando las condiciones ambientales son favorables, los resultados obtenidos durante 2026 sugieren un inicio más tardío de la actividad reproductora. En este sentido, resulta especialmente relevante disponer de información relativa al periodo estival, asegurando así la detección de picos reproductivos que puedan confirmar la tendencia positiva de la especie.

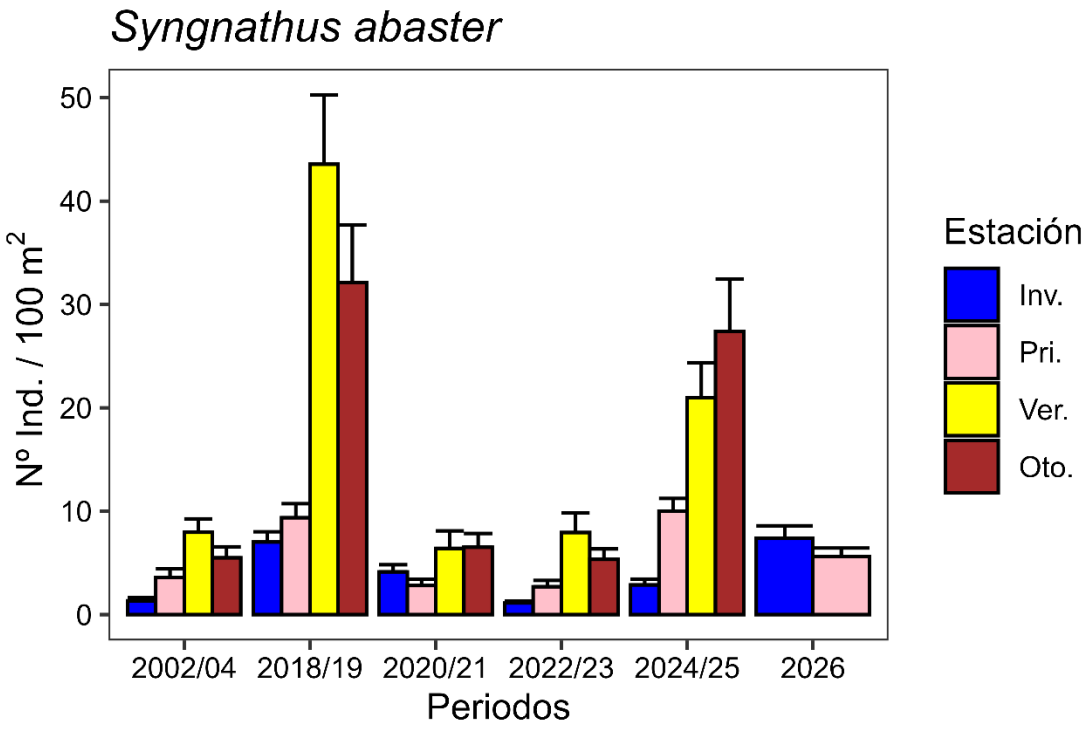


Figura 4.11. Evolución temporal de la abundancia de *Syngnathus abaster* ($\bar{x}$ ± SE). Se destacan mediante un mayor grosor las campañas de invierno y primavera de 2026, correspondientes al periodo incluido en la presente subvención nominativa.

El gobio de arena (*Pomatoschistus marmoratus*) mostró valores de abundancia bajos en invierno y primavera, observándose además un descenso en esta última respecto al periodo 2024-2025 (Fig. 4.12). La especie requiere fondos desvegetados o praderas abiertas de *Cymodocea nodosa*, con presencia de conchas de bivalvos o pequeñas rocas para la realización de la puesta. En este sentido, la expansión progresiva de las praderas densas de *Caulerpa prolifera* y el incremento de la fracción limosa del sustrato en las áreas someras durante las últimas décadas parecen estar limitando tanto la disponibilidad de hábitat adecuado como la recuperación post-mortandades de la especie.

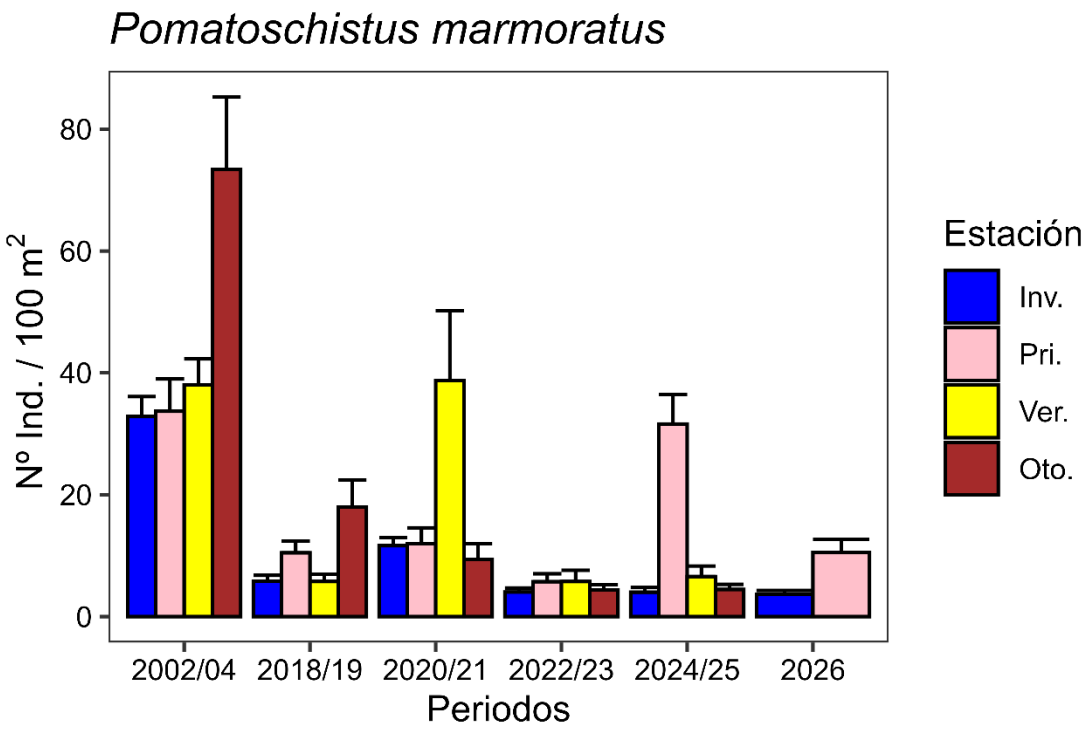


Figura 4.12. Evolución temporal de la abundancia de *Pomatoschistus marmoratus* ($\bar{x}$ ± SE). Se destacan mediante un mayor grosor las campañas de invierno y primavera de 2026, correspondientes al periodo incluido en la presente subvención nominativa

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*":

- **Durante la primera fase de ejecución del proyecto se han realizado de forma exitosa las campañas de seguimiento de las comunidades de peces de las áreas someras del Mar Menor correspondiente a la estación de invierno de 2026 y primavera de 2026,** siendo incorporados los resultados preliminares en el presente informe. **En la segunda fase del proyecto se llevarán a cabo las campañas restantes, correspondientes a las estaciones de verano y otoño,** las cuales se ejecutarán en los meses de julio y octubre del presente año, respectivamente.

- **Los resultados obtenidos en las campañas de invierno y primavera de 2026 evidencian una estructura en la comunidad de peces de las áreas someras del Mar Menor comparable a la observada en periodos recientes.** La composición específica en invierno estuvo dominada por especies marinas migradoras (principiaplamente *Chelon auratus*, *Chelon saliens* y *Sparus aurata*), mientras que en primavera se observa una mayor contribución relativa del componente residente. Cabe destacar el marcado reclutamiento de alevines de taxones marinos migradores, que favoreció un **notable incremento de la abundancia total de capturas durante la campaña de invierno**. Este patrón se tradujo también en un **aumento de la biomasa total de peces**, aunque de menor magnitud debido al reducido tamaño y peso de los ejemplares juveniles reclutados. Por otro lado, **la riqueza específica se mantuvo relativamente estable respecto a los periodos previos**. Sin embargo, **la diversidad de la comunidad mostró un acusado descenso durante en invierno** como consecuencia de la elevada dominancia ejercida por un número reducido de especies, principalmente taxones marinos migradores, que concentraron la mayor parte de las capturas.

- **La calidad ecológica de las áreas someras del Mar Menor, evaluada mediante el indicador basado en peces EMFI, mostró estabilidad respecto a los valores registrados en las estaciones de invierno y primavera del periodo previo**. Dado que este índice integra diferentes

componentes de la comunidad, incluyendo métricas de abundancia, riqueza, diversidad y composición funcional, estos resultados sugieren la persistencia de una funcionalidad ecológica moderada y cierta estabilidad general de la comunidad íctica, aunque todavía condicionada por desequilibrios en determinados taxones de la comunidad. En este sentido, la estabilidad del EMFI no implica necesariamente una recuperación homogénea de todos los componentes de la comunidad, ya que determinados taxones residentes y especialistas de hábitat continúan mostrando tendencias desfavorables. Asimismo, será necesario evaluar la evolución del índice durante los periodos de verano y otoño, coincidiendo con el incremento estacional de las temperaturas, ya que el seguimiento continuado ha mostrado antecedentes de descensos de la calidad ecológica tras intensas precipitaciones y entradas de agua dulce a la laguna, especialmente durante periodos posteriores de calentamiento.

- **Entre los taxones de interés pesquero estudiados, mugílidos y espáridos mostraron un notable incremento respecto a periodos previos**, patrón probablemente asociado al posible efecto atrayente de los elevados aportes continentales registrados durante los últimos meses en la laguna, condicionando en gran medida el asentamiento de estas especies marinas migradoras. Por otro lado, ***Atherina boyeri*** **ha disminuido su abundancia en las áreas someras de la laguna**, hecho que parece estar asociado a una reducción en el asentamiento de estadios juveniles. En cuanto a las especies de interés de conservación, destaca la **reducida abundancia de *Pomatoschistus marmoratus,* cuyas poblaciones continúan sin mostrar una recuperación clara tras las mortandades masivas, posiblemente en relación con los cambios estructurales del hábitat somero asociados al incremento de la fracción limosa y a la expansión de praderas densas de *Caulerpa prolifera*.** Por su parte, ***Syngnathus abaster*** **parece mostrar una tendencia de recuperación**, aunque posiblemente condicionada en primavera por un incremento más tardío de la temperatura del agua respecto a años previos, lo que habría retrasado su reproducción. Asimismo, **las poblaciones de *Apricaphanius iberus* de las áreas someras mostraron una respuesta positiva en invierno**. Esta respuesta parece estar asociada a la mayor conectividad de los criptohumedales con el perímetro lagunar y a la proliferación de algas filamentosas derivadas de las precipitaciones, factores que fomentan la conformación de hábitats adecuados para la presencia de la especie. No obstante, estos aspectos se evaluarán con mayor robustez en el informe

final del proyecto, integrando en los análisis las variables ambientales que pudieran estar implicadas en estas respuestas poblacionales.

- En síntesis, **la comunidad de peces del Mar Menor mostró durante el invierno y primavera de 2026 una situación de relativa estabilidad, caracterizada por una elevada representatividad de especies migradoras y por indicios de recuperación en algunos taxones residentes**, como *A. iberus* y *S. abaster*. Sin embargo, **otros taxones residentes y especialistas de hábitat**, como *P. marmoratus*, **continúan mostrando tendencias desfavorables.** En este contexto, **resulta especialmente relevante mantener un seguimiento continuado de la comunidad durante el periodo estival y otoñal, cuando los estresores asociados a la eutrofización pueden alcanzar una mayor intensidad e impacto ecológico sobre las comunidades acuáticas del sistema lagunar**.

- El intenso reclutamiento registrado en especies marinas migradoras durante el invierno de 2026 sugiere que **las áreas someras del Mar Menor mantienen, al menos parcialmente, su funcionalidad ecológica como hábitat de cría, refugio y asentamiento de fases juveniles**. Este patrón refuerza el papel estratégico de estos ambientes como zonas *nursery* para especies de elevado interés pesquero y ecológico.

- A pesar de los indicios de estabilidad observados, la elevada dominancia de un número reducido de especies y la respuesta desigual entre taxones sugieren que **la comunidad íctica continúa mostrando signos de simplificación estructural y funcional**.

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.