

Evaluación del estado de la comunidad de peces de zonas someras tras el fenómeno meteorológico “DANA”.

CONTRATO DE INVESTIGACIÓN ENTRE LA
UNIVERSIDAD DE MURCIA Y LA DIRECCIÓN GENERAL
DEL MAR MENOR

INFORME - FINAL

Abril 2020

UNIVERSIDAD DE MURCIA (UMU)



**Departamento de Zoología y
Antropología Física**

Grupo de Investigación E0A0-04

Zoología básica y aplicada a la gestión
y conservación.



FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL
Una manera de hacer Europa

El presente informe técnico se elabora en el marco del **CONTRATO DE INVESTIGACIÓN ENTRE LA UNIVERSIDAD DE MURCIA Y DIRECCIÓN GENERAL DEL MAR MENOR (Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente, CARM)**. Tal y como establece el pliego de prescripciones técnicas para la contratación de esta asistencia técnica y en investigación, este Informe recoge un resumen de las actividades ejecutadas durante el proyecto en su conjunto.

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:

Dr. Francisco J. Oliva Paterna (fjoliva@um.es)

Dra. Mar Torralva Forero (torralva@um.es)

Realización:

Dr. Francisco J. Oliva Paterna

Dra. Mar Torralva Forero

Antonio Zamora López

Adrián Guerrero Gómez

Antonio Guillén Beltrán

José Manuel Zamora

Ana Sánchez Pérez

Recomendación para citar el documento:

Oliva-Paterna FJ, Zamora-López A, Guerrero-Gómez A, Guillén-Beltrán A, Zamora-Marín JM, Sánchez A & M Torralva. 2020. Evaluación del estado de la comunidad de peces de zonas someras tras el fenómeno meteorológico "DANA". Informe - Final Abril 2020. Universidad de Murcia.

Evaluación del estado de la comunidad de peces de zonas someras tras el fenómeno meteorológico “DANA”.

INFORME – FINAL Abril 2020

1. Resumen de antecedentes y objetivos.....	5
1.1. Antecedentes y justificación específica del proyecto.....	5
1.2. Descripción del objeto del proyecto: tareas a realizar.....	10
2. Equipo de trabajo.....	13
3. Evaluación inmediata de áreas impactadas.....	14
3.1. Evaluación rápida del alcance de mortandades de peces en el perímetro lagunar (24/09/2019).....	14
3.2. Evaluación rápida de la presencia de mortandades en el perímetro lagunar (15/10/2019).....	16
3.3. Evaluación descriptiva de muestras obtenidas en las zonas afectadas por la mortandad.....	18
4. Estructura de actividades.....	20
4.1. Compilación y actualización de bases de datos.....	20
4.2. Programas de seguimiento a escala de red de monitoreo.....	21
4.2.1. Selección de red de monitoreo y diseño de seguimiento.....	21
4.2.2. Campañas de muestreo desarrolladas y procesado de muestras en laboratorio.....	29
4.2.3. Indicadores de progreso.....	31
4.3. Resultados: evolución y análisis comparativo de datos.....	35
Sección I. Caracterización y evaluación del estado de conservación de la comunidad de peces de las zonas someras tras el fenómeno meteorológico “DANA”.....	35
I.1. Inventario de taxones detectados en áreas someras.....	35
I.2. Variación en la abundancia total y biomasa total.....	37
I.3. Variación en la riqueza de especies y diversidad (Índice de Shanon-Wiener).....	42

I.4. Variación en la estructura y composición de la comunidad.....	47
I.5. Variación en la diversidad y estructura funcional de la comunidad	55
I.6. Análisis comparativo del estado ecológico de las áreas someras.	63
I.7. Evolución del estrés ambiental sobre la comunidad de peces tras el episodio meteorológico “DANA”: síntesis de resultados y conclusiones.	74
Sección II. Variación de la abundancia de especies de interés a nivel lagunar	76
II.1. Objetivo, criterios y diseño metodológico.....	76
II.2. Variación en la abundancia de taxones de interés de conservación	77
II.2. Variación en la abundancia de taxones de interés comercial.....	83
II.3. Evaluación del estrés ambiental sobre servicios ecosistémicos de las áreas someras: síntesis de resultados y conclusiones.	88
Sección III. Variación estacional de los indicadores descriptores de la comunidad y de la calidad ecológica de las áreas someras durante el periodo 2018-2020.	90
5. Informes y recomendaciones adicionales destinadas a mitigar impactos sobre la comunidad de peces del perímetro lagunar	92
5.1. Protocolo de acción rápida para la extracción, transporte y traslocación de especies de interés: Anguilla anguilla.	93
6. Síntesis de actuaciones, resultados y conclusiones.	98
7. Bibliografía.....	100
ANEXO I.....	103

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 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 éstas se encuentran entre las especies objetivo de las pesquerías o son especies legalmente protegidas. Las zonas someras tienen un importante papel 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 amenazadas.
- Esto refleja la importancia máxima de estas áreas someras 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).
- En el marco del convenio de colaboración que mantiene 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 durante el periodo 2015-17. Estos trabajos se centraron en la utilización de un indicador específico basado en una fracción de la comunidad de peces (únicamente se trabaja con 6 taxones prioritarios), resultando escaso para evaluar cambios en el estado de conservación de las áreas someras y de las comunidades ictiofaunísticas 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, hacen indispensable el seguimiento continuado de estudios con estos fines u objetivos paralelos.

JUSTIFICACIÓN

El Mar Menor es la mayor laguna costera del litoral español y presenta una serie de características ambientales que la hacen única; fruto de estos valores ambientales confluyen en este espacio hasta 5 figuras de protección (LIC, ZEPA, ZEPIM, Humedal de Importancia Internacional RAMSAR y Área de Protección de la Fauna Silvestre). Estos elevados valores naturales obligan a la administración regional a alcanzar el mejor estado de conservación favorable para la fauna y la flora típica de la laguna, es decir, que la estructura y las funciones específicas necesarias para su mantenimiento a largo plazo existan y puedan seguir existiendo en el futuro.

A pesar de su enorme importancia ambiental, el Mar Menor ha sufrido durante las últimas cuatro décadas un evidente proceso de transformación de su estado ecológico, resultado de las presiones derivadas de los diferentes usos y actividades realizadas en la laguna y en su cuenca. En el año 2016 la laguna sufrió una crisis eutrófica y un colapso ambiental que supuso importantes

cambios en sus componentes y procesos, afectando enormemente a sus comunidades.

El fenómeno de gota fría, consecuencia de una depresión aislada en niveles altos (DANA), acontecido en la Región de Murcia durante el 12 y 13 de septiembre de 2019 supuso un aporte de gran cantidad de agua dulce (90 Hm³ aproximadamente) que arrastró sedimentos de diferente naturaleza, materia orgánica y nutrientes. Como consecuencia, la columna de agua se estratificó creando un sistema bicapa, con una capa superior de agua dulce y otra capa inferior con alta salinidad y, por tanto, mayor densidad que la superior. Una cantidad importante del material vertido pasó a la capa del fondo debido a corrientes verticales descendentes y fenómenos de floculación, entre otros. La situación anóxica generó un importante incremento del metabolismo anaeróbico, y como consecuencia de los vientos, la capa anóxica afloró por la cubeta norte provocando la mortandad masiva de peces y crustáceos en esta zona.

Las zonas someras de la laguna son fundamentales como áreas de reclutamiento y de refugio para estados juveniles de muchas especies de peces. La comunidad de peces detectada en las zonas litorales del Mar Menor ha mostrado durante las campañas de seguimiento realizadas en 2018 y 2019 una alta diversidad con presencia de, al menos, 30 especies (13 familias). Más del 50% de éstas se encuentran entre las especies objetivo de las pesquerías o son especies legalmente protegidas. Estas zonas tienen un importante papel 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 amenazadas. Esto refleja la importancia máxima de estas áreas someras como hábitats críticos en la laguna (áreas específicas esenciales para mantener y conservar favorablemente la comunidad de peces).

Aún estamos lejos de conocer la estructura y funcionamiento de la comunidad de peces presente en las zonas someras, así como su respuesta ante las afecciones derivadas de problemáticas y/o fenómenos catastróficos como el ocurrido en septiembre de 2019 (fenómeno DANA). Estos aspectos únicamente pueden llegar a interpretarse estableciendo redes de puntos de seguimiento continuo y con estudios experimentales específicos.

Además, el análisis actualizado del estado ecológico de la comunidad de peces de áreas someras es útil para definir el estatus de calidad de la laguna y

esencial para determinar procesos ecológicos claves en el Mar Menor que generan y mantienen su biodiversidad, tales como la conectividad entre los diferentes estratos de hábitat y componentes bióticos (áreas someras litorales, ictioplancton, comunidades bentónicas de zonas profundas). A su vez, el establecimiento de directrices para la gestión sostenible de las pesquerías en el Mar Menor y la evaluación específica del estatus de conservación de especies prioritarias (ej. *Aphanius iberus*) precisan de un conocimiento continuo del reclutamiento y alevinaje en sus zonas someras como hábitats críticos.

Las consecuencias de DANA sobre las comunidades de peces derivan, a priori, de los efectos negativos que haya podido causar sobre el hábitat y la ecología lagunar. Un ejemplo pueden haber sido las mortandades observadas durante la última semana de septiembre que pueden estar relacionadas con efectos sinérgicos derivados de DANA (ej. (1) cambios drásticos en la salinidad y alta densidad de limos en suspensión; (2) escasez y decrementos drásticos de oxígeno disuelto en agua, principalmente en profundidad; (3) mortandades puntuales relacionadas con artes de pesca y su posible confinamiento de ejemplares; (4) procesos de toxicidad y contaminación bacteriológica; etc.).

Uno de los aspectos clave que siempre surge de las reuniones del Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor en las sesiones del grupo de trabajo sobre seguimiento y control del estado ecológico (Grupo Ecología lagunar) es la necesidad del monitoreo de las comunidades de peces en zonas someras para evaluar efectos y como indicador del estado del ecosistema lagunar. La Dirección General del Mar Menor junto con la Dirección General de Medio Natural disponen de información previa al efecto DANA obtenida a través del proyecto ESTUDIO DEL ESTADO DE ICTIOFAUNA INDICADORA EN ZONAS SOMERAS, MEJORA DE LA INFORMACIÓN Y APLICACIÓN EN LA REDACCIÓN DE PROYECTOS EN EL MAR MENOR.

La presente memoria se elabora a la luz de las medidas prioritarias para tipos de hábitat y especies Natura 2000 marinos y costeros, establecidas en el Marco de Acción Prioritaria para la Red Natura 2000 en España. Además, cumple con lo expuesto en las medidas de conservación y gestión establecidas en el Plan de Gestión Integral de los Espacios Protegidos del Mar Menor y la Franja Litoral Mediterránea de la Región de Murcia, recientemente aprobado.

En este sentido, el Plan de Gestión Integral de los Espacios Protegidos del Mar Menor y la Franja Litoral Mediterránea de la Región de Murcia, incluye entre sus objetivos operativos el 00 2.2.: “Aumentar el conocimiento y valoración de

las especies para su conservación en el ámbito del Plan de Gestión Integral”. Así mismo, el PGI señala:

AE.5- “Evaluación y seguimiento de las especies clave lagunares y marinas”.

Prioridad: 1

Ámbito de aplicación: Sector “Laguna del Mar Menor” y Área II “Franja Litoral Mediterránea”. Responsable: Consejería competente en materia de medio ambiente.

Descripción: El trabajo abarcará, entre otros aspectos: la distribución de las poblaciones existentes, la valoración de su estado de conservación y principales amenazas; el análisis de necesidades de gestión para garantizar su mantenimiento y, en caso de ser necesario, las propuestas de medidas de actuación para su recuperación y las tareas de seguimiento.

De igual manera, el Objetivo Operativo 2.3 del PGI apunta que se debe “Avanzar en el conocimiento de las interrelaciones entre los usos y la conservación de los elementos clave del Plan de Gestión Integral”:

AE.7-“Análisis de las interacciones entre la pesca y los elementos clave”

Prioridad: 2

Ámbito de aplicación: Sector “Laguna del Mar Menor” y Área II. “Franja Litoral Mediterránea”. Responsable: Consejería competente en las materias de medio ambiente y pesca.

Descripción: Esta acción ha de incluir, como mínimo:

- Relación entre las especies clave de avifauna y el ejercicio de la actividad pesquera.
- Grado de afección de las diferentes artes y actividades sobre los hábitats y las especies clave marinas.
- Propuestas de medidas.
- Seguimiento y control.

1.2. Descripción del objeto del proyecto: tareas a realizar.

Según lo descrito en el pliego de cláusulas administrativas, técnicas y económicas, la Oficina de Impulso Socioeconómico del Medio Ambiente de la Región de Murcia, propuso ante los episodios de mortandad de peces y crustáceos acontecidos tras la DANA la *“Evaluación del estado de la comunidad de peces de zonas someras tras el fenómeno meteorológico “DANA”*, empleando el conocimiento y experiencia del grupo de investigación de zoología básica y aplicada a la gestión y conservación del Departamento de Zoología y Antropología Física de la Universidad de Murcia.

De forma inmediata a los acontecimientos de mortandad de peces, el equipo de investigación inició los trabajos de campo necesarios para el desarrollo y correcta ejecución de las actuaciones enmarcadas en el presente proyecto.

Definición de tareas y cronograma

Según lo descrito en el pliego de cláusulas administrativas, técnicas y económicas, las tareas necesarias para llevar a cabo la *evaluación del estado de la comunidad de peces de zonas someras tras el fenómeno meteorológico “DANA”*, quedan descritas en la Tabla 1.1. No obstante, el proyecto se resume en el desarrollo de trabajos de campo y laboratorio y posterior análisis estadístico, en todo momento ejecutado por parte de personal especializado, para la consecución de una evaluación integral del impacto de la situación antes descrita en las zonas someras del Mar Menor.

Entre las prioridades a alcanzar del proyecto se encuentran las siguientes:

- Evaluar el estado de conservación actualizado de la comunidad de peces asociada a las zonas someras (=biocenosis indicadora).
- Identificar y tipificar, a diferentes escalas, el efecto puntual de DANA sobre la comunidad de alevines y juveniles de las zonas someras (= evaluación del estrés ambiental).

Se establece un listado y cronograma de las tareas principales desarrolladas en el proyecto, afrontadas en función de las prioridades evaluadas por el Comité Científico (Grupo de trabajo de Ecología Lagunar) y OISMA.

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

Tareas a desarrollar en el proyecto	
T1	Evaluación de la red de monitoreo y efectos sobre mesohábitats
T2	Compilación y actualización de bases de datos
T3	Muestreo de campo a escala de red de monitoreo
T4	Evaluación y análisis comparativo con datos previos a DANA
T5	Elaboración de informes

Tabla. 1.2. Cronograma de las tareas desarrolladas en el proyecto.

Tareas	OCT-NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
T1						
T2						
T3						
T4						
T5						

(T1) Evaluación de la red de monitoreo y efectos sobre mesohábitats de DANA.

- Realización de prospecciones con evaluación rápida de localidades de muestreo en base a la selección de la red de monitoreo de estudios previos y los efectos sobre mesohábitats de DANA.
- Selección de la red de monitoreo o muestreo final objeto del presente proyecto.

(T2) Compilación y actualización de bases de datos.

Estandarización y actualización de bases de datos previas, ajustando la estructura a los análisis comparativos para determinar efectos de DANA a diferentes escalas (conjunto lagunar y/o escalas espaciales inferiores).

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

El muestreo a escala de red de monitoreo va a incorporar, al menos, las siguientes actividades:

- (3.1) Ejecución de una campaña de muestreo en la totalidad de localidades de la red de monitoreo (estación invernal).
- (3.2) Procesado y análisis de datos (campo y laboratorio).

En los programas de monitoreo previos, la metodología utilizada para la obtención de muestras de la ictiofauna de las áreas someras del Mar Menor ha sido principalmente la utilización de una red de arrastre manual. Esta técnica no selectiva es considerada como el método de muestreo idóneo para la captura de alevines en zonas de escasa corriente y profundidad. Además, la red de arrastre no implica la muerte de los ejemplares capturados ni una grave alteración de los hábitats. Los muestreos se han realizado con la aproximación metodológica empleada en el monitoreo de zonas someras realizado en el proyecto: ESTUDIO DEL ESTADO DE ICTIOFAUNA INDICADORA EN ZONAS SOMERAS, MEJORA DE LA INFORMACIÓN Y APLICACIÓN EN LA REDACCIÓN DE PROYECTOS EN EL MAR MENOR.

(T4) Evaluación y análisis comparativo de datos

El análisis y la evaluación comparativa de indicadores ha tenido como objetivo detectar cambios significativos en la comunidad respecto a datos previos al evento o fenómeno DANA.

Con el objetivo de detectar diferencias en la diversidad y complejidad de la comunidad ictícola presente en las áreas someras, los datos han sido analizados a nivel de localidad en base a su riqueza, abundancia, biomasa y diversidad, así como en lo referente a su estado de conservación (EMFI) y nivel de complejidad estructural y funcional.

(T5) Elaboración de informes

Se presenta un informe final con la información completa de la actuación, resultados y conclusiones obtenidas.

2. Equipo de trabajo.

El **equipo responsable** de la ejecución (Laboratorio de *Conservación y Biología de Vertebrados Acuáticos*) ha estado 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 han requerido 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 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, manipulación de individuos, alteraciones sobre el hábitat, así como la utilización de métodos alternativos para el trabajo con la comunidad objeto de seguimiento.

El laboratorio de *Conservación y Biología 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. Evaluación inmediata de áreas impactadas.

3.1. Evaluación rápida del alcance de mortandades de peces en el perímetro lagunar (24/09/2019).

A petición de la Dirección General de Medio Ambiente se solicitó informe formal sobre la información transmitida al Comité científico mediante mail del día 25/09/2019 dirigido a dgmarmenor@um.es.

Información:

El día 24 de septiembre de 2019, durante un periodo aproximado, de 4h 30min (15:00h-19:30h), se realiza una prospección visual en diferentes localidades del perímetro lagunar con el objetivo prioritario de detectar muestras y señales sobre la presencia de mortandades en zonas de orilla de la laguna.

La prospección consistió en una evaluación visual en 18 tramos de playa (200-300 m por tramo) en 11 localidades diferentes desde la playa norte de la desembocadura del Albujión (37°43'07.7"N; 0°51'36.3"W) hasta playa paraíso en la zona sur de la cubeta (37°37'59.0"N; 0°43'52.4"W).

Únicamente se detectan acúmulos significativos de peces muertos en orilla, dentro y fuera del agua, en la zona que conforma Punta de Lomas, principalmente en la orilla norte (37°38'29.3"N; 0°45'06.4"W).

Mayoritariamente los ejemplares hallados están en un estado avanzado de putrefacción. Es decir, la abundancia de ejemplares moribundos es prácticamente nula. Con la excepción de algunos ejemplares de blénidos observados, principalmente, en las zonas rocosas próximas a la propia Punta de Lomas. Algunos de éstos parecen estar moribundos y/o con un comportamiento extraño en orilla.

El estado de muchos de los ejemplares secos en orilla no permite la identificación como especies. Aunque predominan tallas inferiores a los 10 cm también se observan ejemplares de tallas medias. Sin una valoración precisa, existe una gran representación de góbidos y lábridos, junto con algún syngnátido de gran tamaño que podría apuntar a peces principalmente de zonas rocosas y/o con praderas. También se observan un número importante de camarones de roca o quisquillas (*Palaemon elegans*).

En conclusión:

La mortandad observada es localizada y, aparentemente, ha debido ser puntual por la ausencia masiva de ejemplares moribundos.

Es muy difícil establecer la causa de la misma, si bien, podría estar relacionada con factores asociados con:

- Descenso y escasez de oxígeno en zonas profundas y locales de la laguna. El drástico incremento de la turbidez y el descenso de salinidad que debe haber ocurrido en la laguna puede potenciar efectos negativos sobre la ictiofauna.
- Artes de pesca que hayan estado caladas durante un tiempo prolongado y/o hayan sufrido desperfectos que pudieran haber provocado una mayor captura de ejemplares, esto puede conllevar la pesca de un gran número de ejemplares de descarte que hayan sido arrojados al mar y acumulados por las corrientes en esta zona. También podrían proceder de descartes habituales.
- No debemos descartar algún proceso toxicológico o de infección bacteriológica o por algún otro patógeno. En este sentido, sería recomendable valorar la posibilidad de la toma de muestras para ello. Desconocemos la validez de ejemplares en estado de putrefacción para las mismas, pero existen ejemplares moribundos de blénidos que probablemente pudieran ser útiles para algunos de dichos análisis.

3.2. Evaluación rápida de la presencia de mortandades en el perímetro lagunar (15/10/2019).

Se realizaron recorridos lineales durante el martes 15/10/2019 por el área perimetral de la laguna en las localidades incluidas en la cartografía adjunta (Zonas prospectadas en mapa. Fig. 3.1).

Resumen de observaciones:

- El fenómeno de mortandad masiva de peces en orillas parece estar restringido a la cubeta norte (Villananitos, Molino Calcetera y Encañizadas), salvo en la localidad de las Encañizadas, no se han observado acúmulos de peces muertos.
- Se han observado ejemplares de *Anguilla anguilla* muertos en todo el perímetro lagunar (densidad aproximada de 2 ejemplares/100m de longitud de orilla). Con datos más elevados en Hita Norte, Albuñón, Carmolí, Urrutias, Lo Poyo y Los Nietos. Se observan ejemplares estresados en zonas de orilla. Puede ser recomendable realizar analíticas pertinentes sobre la especie, en el conjunto de la laguna (Contacto recomendado: Diego Romero, Servicio de Toxicología y Veterinaria Forense, UMU).
- En las Encañizadas se observa que se han retirado peces muertos con maquinaria pesada.

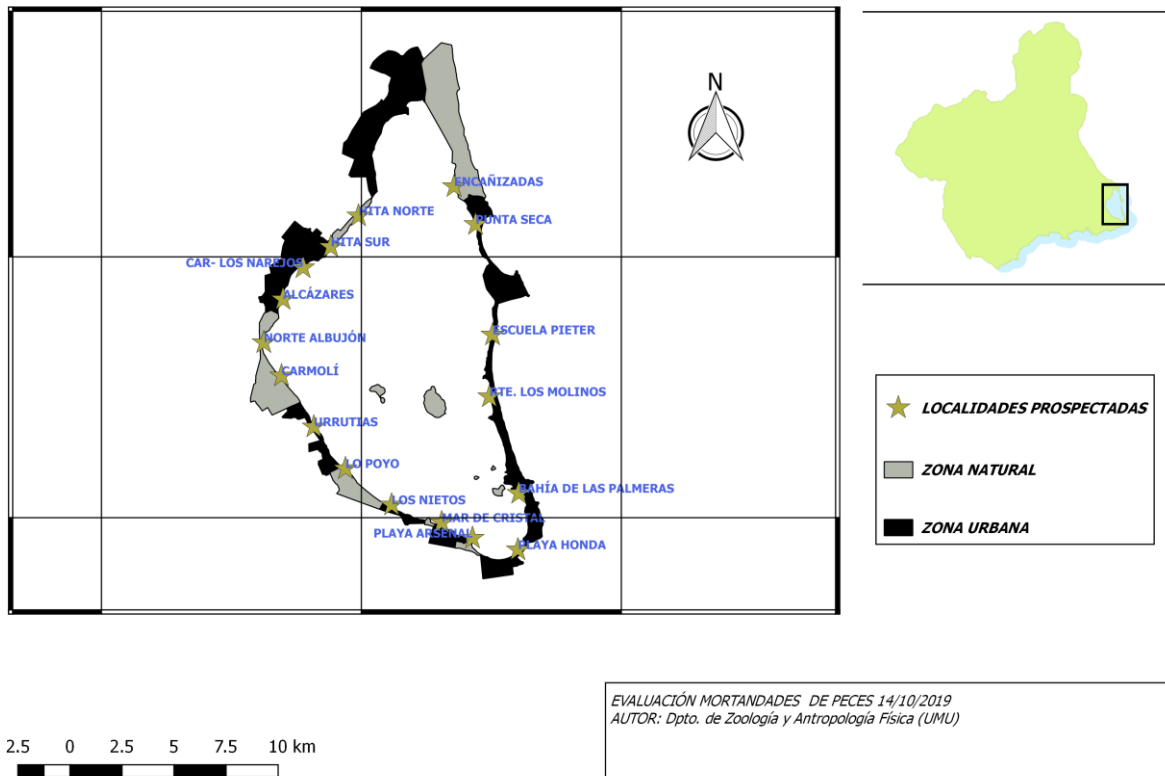


Fig. 3.1. Localidades prospectadas en el entorno del Mar Menor tras el episodio de mortandad.

3.3. Evaluación descriptiva de muestras obtenidas en las zonas afectadas por la mortandad.

Se realiza una evaluación descriptiva de los taxones de peces presentes en una muestra obtenida por agentes medioambientales del equipo de gestión de la mortandad presente en la playa de Villananitos. El sesgo en la muestra es elevado ya que únicamente se han obtenido ejemplares inferiores a una longitud total aproximada de 15 cm.

En la Tabla 3.1. y Fig. 3.2. se presentan los taxones detectados. No obstante, la descriptiva de la muestra es únicamente orientativa de parte del espectro de ejemplares de pequeña talla.

Tabla 3.1. Especies detectados en la muestra cualitativa obtenida por Agentes medioambientales en la Playa de Villananitos (13-14 Oct 2019) (*Aboy*: *Atherina boyeri*; *Aang*: *Anguilla anguilla*; *Lmor*: *Lithognathus mormyrus*; *Scin*: *Symphodus cinereus*; *Spav*: *Salaria pavo*; *Mbar*: *Mullus barbatus*; *Saba*: *Syngnathus abaster*; *Gnig*: *Gobius niger*; *Gcob*: *Gobius cobitis*; *Gpag*: *Gobius paganellus*; *Lsal*: *Liza saliens*; *Laur*: *Liza aurata*; *Dann*: *Diplodus annularis*; *Styp*: *Syngnathus typhle*; *Saur*: *Sparus aurata*).

Localidad	Aboy	Aang	Lmor	Scin	Spav	Mbar	Saba	Gnig	Gcob	Gpag	Lsal	Laur	Dann	Styp	Saur
Molino de Quitín	1	2		5	1	4		42			1	4	7	2	1
Villananitos Oeste	3	1		5		2	2	83		1	4				1
Villananitos Este	9		4	11	3	5	2	103	2		9	3	1		
La Puntica	6	1		3				39	2		4	4			
TOTAL	19	4	4	24	4	11	4	267	4	1	18	11	8	2	2
REPRESENTATIVIDAD	5%	1%	1%	6%	1%	3%	1%	70%	1%	0%	5%	3%	2%	1%	1%

REPRESENTATIVIDAD DE ESPECIES EN MORTANDADES

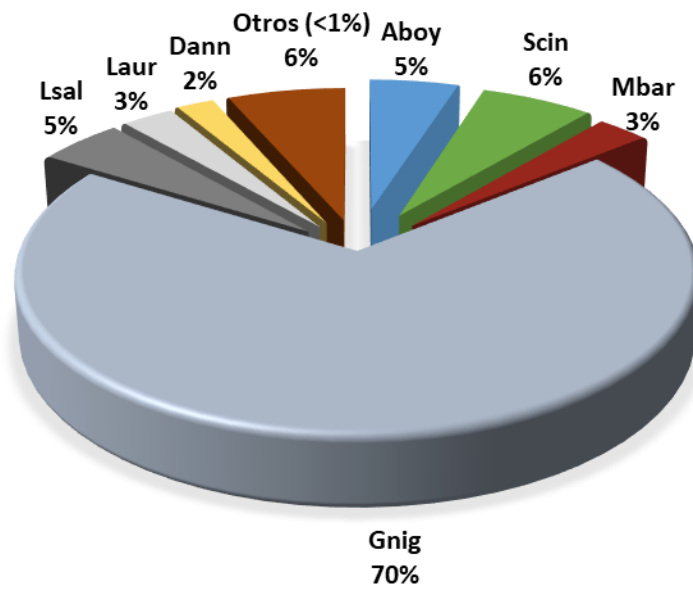


Fig. 3.2. Representatividad de taxones afectados por el episodio de mortandad acontecido en la cubeta norte de la laguna. Fecha de recogida de muestra: 13/10/2019.

4. Estructura de actividades.

Las tareas enmarcadas en el presente proyecto han sido estructuradas y clasificadas en base a su desarrollo y objetivos en las siguientes actuaciones:

- (1) **Compilación y actualización de bases de datos.**
- (2) **Programas de seguimiento a escala de red de monitoreo.**
- (3) **Evaluación y análisis comparativo de datos.**
- (4) **Elaboración de informes.**

4.1. Compilación y actualización de bases de datos.

Durante el desarrollo del proyecto se ha ejecutado la actualización y estandarización de datos previos referentes a las comunidades de peces en áreas someras del Mar Menor, con el objetivo de incorporar estos datos en los análisis y la evaluación de efectos en las comunidades de peces.

Los datos estandarizados y utilizados en los análisis pertenecen al 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**”. Este proyecto desarrollado por el Laboratorio de Conservación y Biología de Vertebrados Acuáticos del Dpto. de Zoología y Antropología de la Universidad de Murcia enmarcó a la comunidad de peces de las áreas someras de la laguna como el componente faunísticos objeto de estudio. La metodología y técnicas de muestreo utilizadas han servido de referencia para el diseño de los trabajos de campo que se contemplan en esta memoria, con el fin de incrementar la replicabilidad y estandarización.

4.2. Programas de seguimiento a escala de red de monitoreo.

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

La amplitud del perímetro lagunar hace indispensable una selección previa de las diferentes unidades de muestreo (localidades). En este sentido, y con el objetivo de realizar una selección propicia de las unidades de muestreo, los investigadores del proyecto realizaron una prospección alrededor de todo el perímetro de la laguna en los días posteriores a las mortandades acontecidas en el sector norte del Mar Menor (véase apartado 3 del presente informe).

Área objeto de Seguimiento:

La obtención de los objetivos específicos del proyecto se va a centrar en la realización de un programa de seguimiento en una red de monitoreo específica en zonas someras del área perimetral de la laguna que fueron directamente afectadas por la mortandad de los días 12-13 de octubre de 2019 (Sector de afección) y en zonas someras de otras zonas de la laguna sin afección directa (Sector de control) (Tabla 4.1. y Fig. 4.1).

Tabla 4.1. Localidades integradas en la red de monitoreo.

Zona o Sector de afección	Extensión
Villananitos (AS 15)	Molino de Quintín – La Puntica
Molino de la Calcetera (AS 16)	Playas marina Mar Menor en Zona Norte de La Encañizada
Encañizada (AS00)	Playas marina Mar Menor en Zona Sur de La Encañizada
Zona o Sector control	Extensión
La Manga (Punta Seca) (AS02)	Rte. Paquebote – Área Sunset
Playa del Arsenal (AS 05)	Playa del Arsenal – Camping Caravaning
Urrutias (AS 09)	Puerto de Los Urrutias – Punta Brava

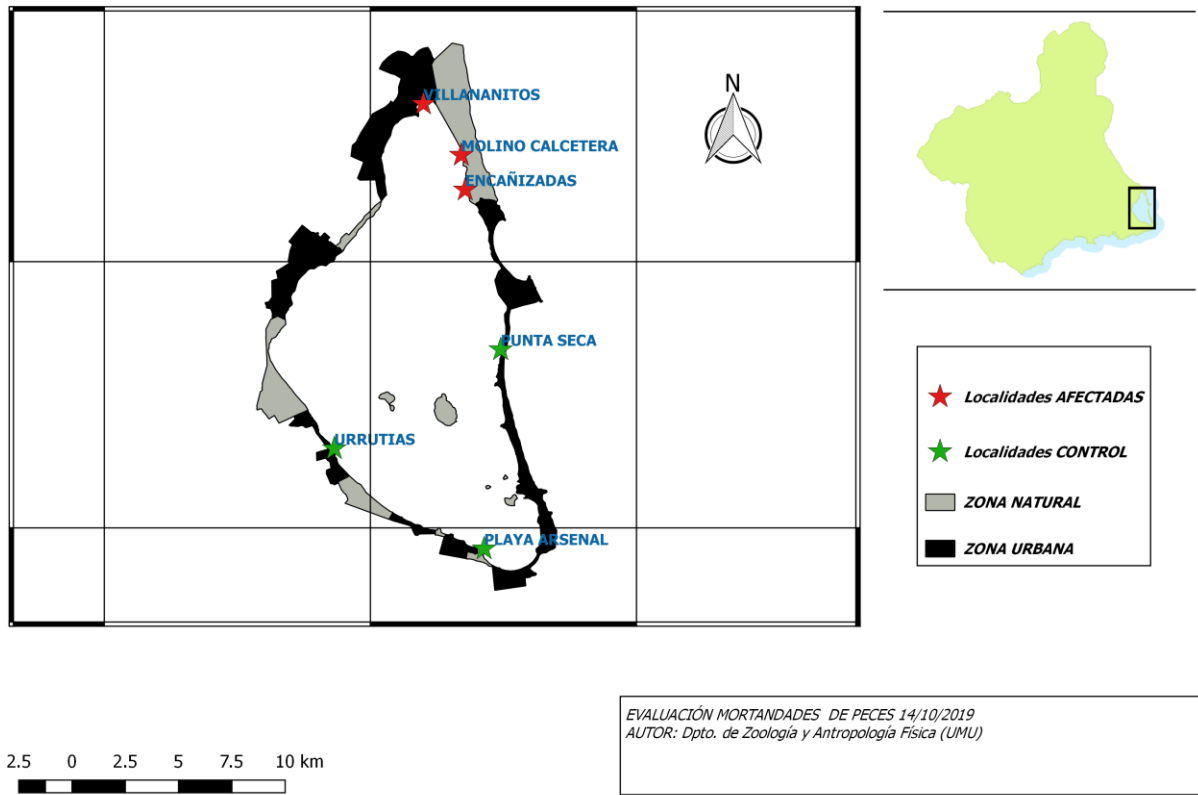


Figura 4.1. Localización geográfica de las localidades afectadas y zonas control.

1. Localidades establecidas en Áreas someras de la Zona de afección.



Figura 4.2. Localidad afectada: Encañizadas



Figura 4.3. Localidad afectada: Playa de Villananitos



Figura 4.4. Localidad afectada: Molino de la Calcetera.

2. Localidades establecidos en Áreas someras de la Zona control.



Figura 4.5. Localidad control: La Manga (Punta Seca).



Figura 4.6. Localidad control: Playa del Arsenal



Figura 4.7. Localidad control: Urrutias

A su vez, con el objetivo de evaluar posibles afecciones en las comunidades de peces a nivel lagunar, se ha realizado durante el mes de enero una réplica de muestreo correspondiente a la estación invernal de 2020, cubriendo un total de 18 sectores distribuidas a lo largo del perímetro del Mar Menor (Tabla 4.2.).

Tabla. 4.2. Sectorización de muestreo de las áreas someras de la laguna del Mar Menor

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

Localidades de muestreo

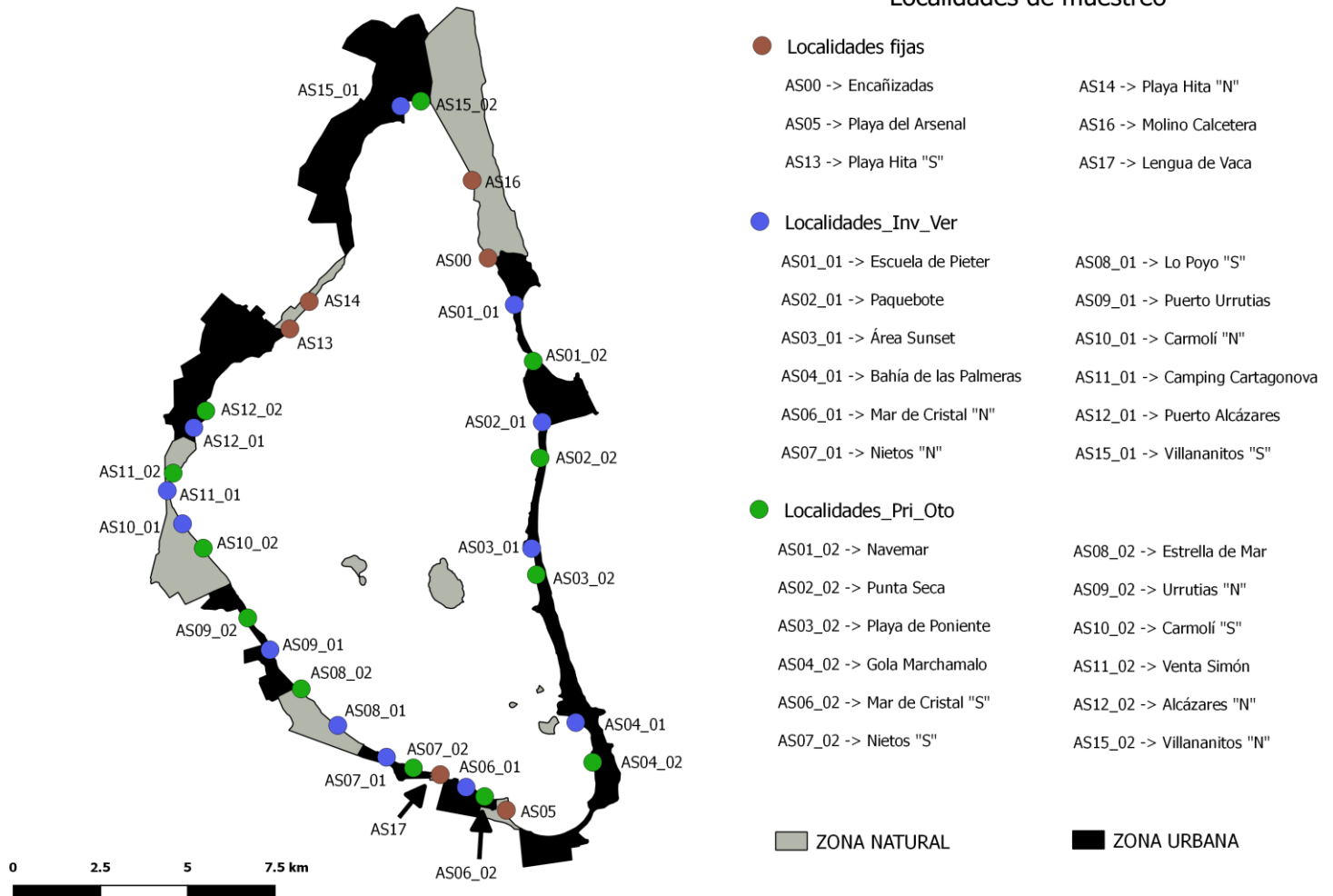


Fig. 4.8. Sectorización de las áreas someras objeto de seguimiento en proyectos previos.

Metodología de muestreo desarrollada

La metodología diseñada para el monitoreo de la ictiofauna de las áreas someras del Mar Menor se centró en el empleo de una red de arrastre manual. Esta técnica no selectiva es considerada como el método de muestreo idóneo para la captura de alevines en zonas de escasa corriente y profundidad (Franco *et al.* 2012). Además, la red de arrastre no implica la muerte de los ejemplares capturados ni una grave alteración de los hábitats.

Los arrastres fueron realizados por 3 técnicos especializados en esta metodología de muestreo. La red utilizada presenta unas dimensiones de 10m de longitud (8m efectivos) y 1,5m de altura, con un tamaño de luz de malla de 0,5 mm, permitiendo así la captura de ejemplares de tallas postlarva y juvenil. En cada localidad se realizaron tres arrastres, seleccionando los puntos de muestreo en base al Criterio de Representatividad, representando así las características genéricas de la unidad de estudio. Cada arrastre se realizó sobre una extensión de 20m de orilla, cubriendo una superficie estandarizada por arrastre de 160m² (480m² por localidad) (Fig. 4.9.). De forma complementaria a los arrastres, y con el objetivo de reflejar la riqueza de especies presentes en cada localidad, se realizaron entre 1 y 3 arrastres cualitativos adicionales sobre los fondos que reflejaban cierta heterogeneidad respecto a la superficie muestreada.

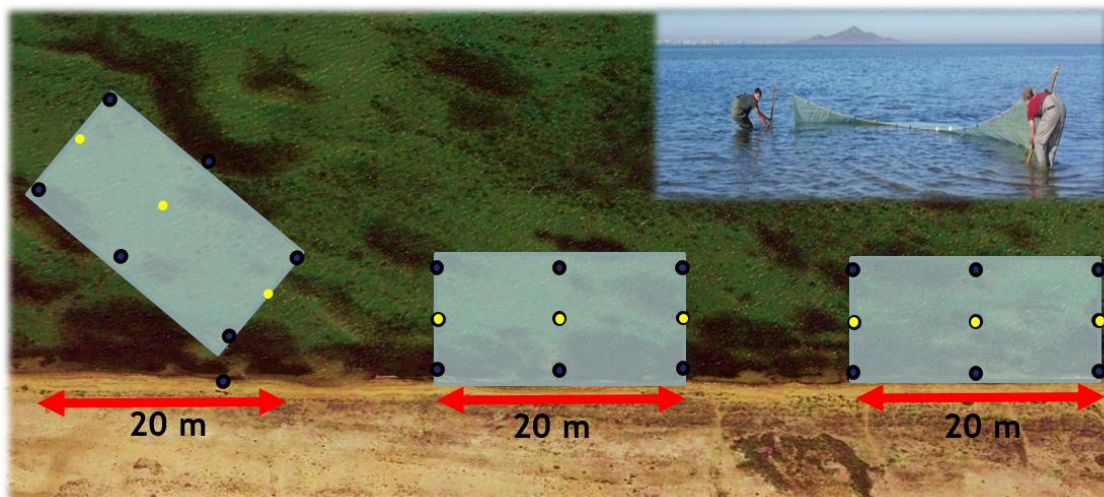


Fig. 4.9. Diseño y ubicación de arrastres en una localidad de muestreo.

Los peces capturados fueron recolectados y depositados en bateas con agua para facilitar su manejo. El total de la muestra fue anestesiada y determinada en campo en base a 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 LTs (± 0.1 cm) posteriormente con la ayuda de un procesador de imagen (Image-J).



Fig. 4.10. Izq.: batea con las capturas de un arrastre. Dcha.: investigadores recogiendo y depositando en bateas las capturas realizadas.

Periodos de Seguimiento

Durante la fase inicial del seguimiento, y con el objetivo de testar la respuesta inmediata de las comunidades de peces ante el evento de mortandad, se plantearon muestreos temporalmente distanciados entre 15-20 días. Tras constatar un patrón de respuesta similar durante las dos primeras réplicas, la periodicidad se fijó de forma mensual.

4.2.2. Campañas de muestreo desarrolladas y procesado de muestras en laboratorio.

Durante el presente proyecto se realizaron un total de 5 campañas de muestreo en las áreas someras del Mar Menor. El trabajo de campo y toma de muestras ha supuesto un total de 42 localidades prospectadas, siendo desarrollados por el equipo técnico 159 prospecciones de la ictiofauna mediante arrastres manuales. Además, se realizó una prospección y evaluación de hábitat para cada uno de los arrastres, a excepción de aquellos en los que debido a factores externos como la turbidez fue imposible realizar este trabajo. Los ejemplares capturados en cada una de las localidades de muestreo fueron procesados in situ con protocolos para reducir al máximo la mortalidad durante el mismo. Una vez procesados los ejemplares estos fueron liberados en la zona de captura.

Finalmente el Periodo de estudio completo contempló la inclusión de 5 campañas de muestreo tras el episodio de mortandad, distribuidas de la siguiente forma:

Tabla. 4.3. Localidades muestreadas en cada una de las campañas de seguimiento del presente proyecto.

Mes/año	Loc. muestreadas
Octubre 2019	6
Noviembre 2019	6
Diciembre 2019	18 (réplica invernal)
Enero 2020	6
Febrero 2020	6

El trabajo de laboratorio para el examen e identificación se realizó por parte de dos investigadores con experiencia en la identificación de estadios juveniles y el asesoramiento del equipo de dirección del proyecto. La comunidad de peces estudiada está conformada por individuos alevines y juveniles [= Young-of-the-Year: individuos capturados en el año de su producción sensu Thiel y colaboradores (2003)], junto con adultos de especies de pequeña talla (Longitudes totales (LTs) < 100 mm). Cabe destacar que no se recolectó muestra para el laboratorio de aquellas especies con alto grado de amenaza, como la anguila europea (*Anguilla anguilla*) o el fartet (*Aphanius iberus*).

Las claves de identificación más recurridas durante el procesado de laboratorio han sido:

- 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.**
- Colección Ictiológica: Departamento de Zoología y Antropología Física.

Tabla 4.4. Datos registrados de las capturas realizadas durante los muestreos.

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

Por último, se empleó el análisis de imagen para cuantificar y realizar la toma de medidas biométricas (principalmente LT) de todas las capturas que fueron fotografiadas en campo.

La información recabada en campo, laboratorio y durante el procesado de imágenes fue posteriormente unificada en una base de datos, a partir de la cual se realizaron los correspondientes análisis.

4.2.3. Indicadores de progreso.

Programas de seguimiento a escala de red de monitoreo: octubre 2019.

Días de trabajo en campo: 3 días totales [1 (prospección) + 2 (muestreo)].

Localidades prospectadas: 6 localidades del programa de seguimiento [3 (Zona afectada) + 3 (Zona control)].

Unidades de muestreo de comunidad de peces: 18 arrastres cuantitativos + 5 muestreos cualitativos.

Evaluaciones de mesohábitat (profundidad, sustrato, temperatura, conductividad, salinidad, transparencia, vegetación acuática): 23 evaluaciones.

Sector	Localidad	Coord. XX	Coord. YY	Fecha
AS09	Pto. Los Urrutias	37°40'45.21"N	0°45'38.04"W	15/10/2019
AS05	Playa del Arsenal	37°38'19.41"N	0°45'05.26"W	15/10/2019
AS16	Molino Calcetera	37°47'56.8"N	0°45'41.90"W	23/10/2019
AS15	Villananitos	37°49'09.44N	0°46'59.89"W	23/10/2019
AS02	Punta Seca	37°43'42.62"N	0°44'23.66"W	24/10/2019
AS00	Las Encañizadas	37°46'47.27"N	0°45'27.58"W	24/10/2019

Programas de seguimiento a escala de red de monitoreo: noviembre 2019.

Días de trabajo en campo: 3 días totales [1 (prospección) + 2 (muestreo)].

Localidades prospectadas: 6 localidades del programa de seguimiento [3 (Zona afectada) + 3 (Zona control)].

Unidades de muestreo de comunidad de peces: 18 arrastres cuantitativos + 5 muestreos cualitativos.

Evaluaciones de mesohábitat (profundidad, sustrato, temperatura, conductividad, salinidad, transparencia, vegetación acuática): 23 evaluaciones.

Sector	Localidad	Coord. XX	Coord. YY	Fecha
AS09	Pto. Los Urrutias	37°40'45.21"N	0°45'38.04"W	13/11/2019
AS16	Molino Calcetera	37°47'56.8"N	0°45'41.90"W	13/11/2019
AS15	Villananitos	37°49'09.44N	0°46'59.89"W	13/11/2019
AS05	Playa del Arsenal	37°38'19.41"N	0°45'05.26"W	14/11/2019
AS02	Punta Seca	37°43'42.62"N	0°44'23.66"W	14/11/2019
AS00	Las Encañizadas	37°46'47.27"N	0°45'27.58"W	14/11/2019

Programas de seguimiento a escala de red de monitoreo: diciembre 2019.

Días de trabajo en campo: 3 días totales [1 (prospección) + 2 (muestreo)].

Localidades prospectadas: 6 localidades del programa de seguimiento [3 (Zona afectada) + 3 (Zona control)].

Unidades de muestreo de comunidad de peces: 18 arrastres cuantitativos + 5 muestreos cualitativos.

Evaluaciones de mesohábitat (profundidad, sustrato, temperatura, conductividad, salinidad, transparencia, vegetación acuática): 23 evaluaciones.

Sector	Localidad	Coord. XX	Coord. YY	Fecha
AS05	Playa del Arsenal	37°38'19.41"N	0°45'05.26"W	17/12/2019
AS02	Punta Seca	37°43'42.62"N	0°44'23.66"W	17/12/2019
AS00	Las Encañizadas	37°46'47.27"N	0°45'27.58"W	17/12/2019
AS09	Pto. Los Urrutias	37°40'45.21"N	0°45'38.04"W	18/12/2019
AS16	Molino Calcetera	37°47'56.8"N	0°45'41.90"W	18/12/2019
AS15	Villananitos	37°49'09.44N	0°46'59.89"W	18/12/2019

Programas de seguimiento a escala de red de monitoreo: enero 2019.

Días de trabajo en campo: 7 días totales [1 (prospección) + 6 (muestreo)].

Localidades prospectadas: 18 localidades del programa de seguimiento [3 (Zona afectada) + 3 (Zona control) + 12].

Unidades de muestreo de comunidad de peces: 54 arrastres cuantitativos + 13 muestreos cualitativos.

Evaluaciones de mesohábitat (profundidad, sustrato, temperatura, conductividad, salinidad, transparencia, vegetación acuática): 67 evaluaciones.

Sector	Localidad	Coord. XX	Coord. YY	Fecha
AS03	Sunset	37°42'18.62"N	0°44'33.14"O	07/01/2020
AS06	Mar de Cristal	37°38'39.43"N	0°45'48.11"O	07/01/2020
AS11	Camping "S"	37°43'7.19"N	0°51'35.63"O	08/01/2020
AS10	Carmolí 1º Párking	37°42'43.03"N	0°51'20.91"O	08/01/2020
AS08	Lo Poyo "S"	37°39'21.13"N	0°47'53.80"O	08/01/2020
AS13	La Hita "S"	37°45'41.76"N	0°49'16.49"O	10/01/2020
AS14	La Hita "N"	37°46'3.19"N	0°48'54.82"O	10/01/2020
AS12	Los Alcáceres Puerto	37°44'14.23"N	0°50'59.76"O	10/01/2020
AS04	ZM	37°39'39.52"N	0°43'41.26"O	14/01/2020
AS05	Playa Arsenal	37°38'19.18"N	0°45'5.37"O	14/01/2020
AS16	Molino Calcetera	37°47'56.47"N	0°45'41.82"O	14/01/2020
AS17	Punta Lengua de Vaca	37°38'49.51"N	0°46'18.44"O	14/01/2020
AS00	Encañizadas	37°46'45.77"N	0°45'24.91"O	15/01/2020
AS01	Escuela Pieter	37°46'4.56"N	0°44'54.84"O	15/01/2020
AS02	Paquebote	37°44'13.75"N	0°44'21.45"O	15/01/2020
AS15	Villanitos "S"	37°49'9.61"N	0°46'58.42"O	16/01/2020
AS07	Los Nietos "N"	37°39'6.34"N	0°47'19.31"O	16/01/2020
AS09	Los Urrutias Puerto	37°40'42.95"N	0°49'35.91"O	16/01/2020

Programas de seguimiento a escala de red de monitoreo: febrero 2019.

Días de trabajo en campo: 3 días totales [1 (prospección) + 2 (muestreo)].

Localidades prospectadas: 6 localidades del programa de seguimiento [3 (Zona afectada) + 3 (Zona control)].

Unidades de muestreo de comunidad de peces: 18 arrastres cuantitativos + 5 muestreos cualitativos.

Evaluaciones de mesohábitat (profundidad, sustrato, temperatura, conductividad, salinidad, transparencia, vegetación acuática): 23 evaluaciones.

Sector	Localidad	Coord. XX	Coord. YY	Fecha
AS09	Pto. Los Urrutias	37°40'45.21"N	0°45'38.04"W	17/02/2020
AS16	Molino Calcetera	37°47'56.8"N	0°45'41.90"W	17/02/2020
AS15	Villananitos	37°49'09.44N	0°46'59.89"W	17/02/2020
AS05	Playa del Arsenal	37°38'19.41"N	0°45'05.26"W	20/02/2020
AS02	Punta Seca	37°43'42.62"N	0°44'23.66"W	20/02/2020
AS00	Las Encañizadas	37°46'47.27"N	0°45'27.58"W	20/02/2020

4.3. Resultados: evolución y análisis comparativo de datos.

Sección I. Caracterización y evaluación del estado de conservación de la comunidad de peces de las zonas someras tras el fenómeno meteorológico “DANA”.

I.1. Inventario de taxones detectados en áreas someras.

En este apartado se recogen de forma sintética los resultados obtenidos en los trabajos de campo y de procesado de muestras. Durante el presente proyecto se han capturado y procesado más de 35.000 ejemplares de 33 especies diferentes, principalmente estadios juveniles y adultos de especies de pequeño tamaño corporal ($LT_{m\acute{a}x.} < 15\text{cm}$). La mortalidad estimada en el estudio es inferior al 3%. En la Tabla 4.5 se detallan las especies capturadas en cada una de las campañas de muestreo realizadas. Además, en el **Anexo I** se presentan a nivel de réplica temporal las abundancias totales de las especies detectadas en cada una de las localidades objeto de seguimiento.

Tabla 4.5. Listado de taxones detectados en los muestreos realizados en las áreas someras del Mar Menor (octubre de 2019 - febrero de 2020): (1) Presencia en localidades impactadas; (2) Presencia en localidades control y control; (3) Presencia en localidades del seguimiento ajenas a las zonas afectadas o control (válido para 1oct y 17ene).

Lista de taxones	1oct.	23oct.	12nov.	17dic.	17ene.	17feb
Anguillidae <i>Anguilla anguilla</i> (L., 1758)	3					
Atherinidae <i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810	1-2-3	1-2	1-2	1-2	1-2-3	1-2
Belonidae <i>Tylosurus acus</i> (Lacepède, 1803)					1	
Blennidae <i>Microlipophrys dalmatinus</i> (Steindachner & Kolombatovic, 1883)	1					
<i>Salaria pavo</i> (Risso, 1810)	1-3	2	2		3	2
Cyprinodontidae <i>Aphanius iberus</i> (Valenciennes, 1846)	1-3	1-2	1-2	1-2	1-2-3	1-2
Engraulidae <i>Engraulis encrasicolus</i> (L., 1758)	1-3	2				2
Gobiidae <i>Gobius cobitis</i> Pallas, 1814	1-3	2	1-2		2	2
<i>Gobius niger</i> L., 1758	1-2-3	1-2	1-2	1-2	1-2-3	1-2
<i>Gobius paganellus</i> L., 1758	1	1-2	2		2-3	
<i>Pomatoschistus marmoratus</i> (Risso, 1810)	1-2-3	1-2	1-2	1-2	1-2-3	1-2
Labridae <i>Symphodus cinereus</i> (Bonnaterre, 1788)	1-3	1-2	1-2	1-2	2-3	1-2
Moronidae <i>Dicentrarchus labrax</i> (L., 1758)				2		1-2
Mugilidae <i>Chelon auratus</i> (Risso, 1810)	1-3	1-2	1-2	1-2	1-2-3	1-2
<i>Chelon labrosus</i> (Risso, 1827)			2			
<i>Chelon ramada</i> (Risso, 1827)		2	2	1-2	1-2-3	1-2
<i>Chelon saliens</i> (Risso, 1810)	1-2-3	1-2	1-2	1-2	1-2-3	1-2
<i>Mugil cephalus</i> L., 1758	1-3	1-2	1-2	1-2	1-2-3	1-2
<i>Oedalechilus labeo</i> (Cuvier, 1829)	3					
Mullidae <i>Mullus barbatus</i> L., 1758	3	2				
Poeciliidae <i>Gambusia holbrooki</i> Girard, 1859		1				
Pomatomidae <i>Pomatomus saltatrix</i> (L., 1766)				1	2	
Serranidae <i>Mycteroperca rubra</i> (Bloch, 1793)	3					
Sparidae <i>Diplodus annularis</i> (L., 1758)	1					
<i>Diplodus puntazzo</i> (Walbaum, 1792)					2-3	2
<i>Diplodus vulgaris</i> (Geoffro & Saint-Hilaire, 1817)						1
<i>Lithognathus mormyrus</i> (L., 1758)	1-3					
<i>Oblada melanura</i> (L., 1758)	3					
<i>Sarpa salpa</i> (L., 1758)						1-2
<i>Sparus aurata</i> L., 1758	3			1	1-2-3	1-2
Syngnathidae <i>Syngnathus abaster</i> Risso, 1827	1-2-3	1-2	1-2	1-2	1-2-3	1-2
<i>Syngnathus typhle</i> L., 1758	1-3	1-2	1	1-2	2-3	1
<i>Hippocampus guttulatus</i> Cuvier, 1829	1-2-3	2				

I.2. Variación en la abundancia total y biomasa total.

Metodología de análisis y métricas descriptoras

Los datos fueron estandarizados a nivel de capturas y biomasa por unidad de esfuerzo (CPUEs y BPUEs), considerando ésta como la superficie de muestreo a nivel de localidad (480 m²). La evolución temporal de estas métricas se muestra en gráficos de líneas de forma promediada para las localidades control e impactadas. Esta aproximación incorpora datos previos procedentes de las campañas de muestreo de 2018 y 2019.

Para detectar la influencia del episodio de mortandad en estas métricas se aplicó un diseño BACI (Before-After Control Impact). Para ello se realizó un ANOVA de tipo III con aproximación de Kenward Roger introduciendo los factores: zona (control vs impactadas), periodo (antes vs después del impacto) y zona*periodo. Cuando este último factor, que representa la interacción de los dos anteriores, mostró un P-valor inferior a 0.05 se consideró un efecto significativo en la métrica evaluada. Para evitar los efectos de la estacionalidad dentro del test se incluyó la fecha como covariable.

Resultados

Como se puede observar en la Fig. 4.11 la tendencia descrita por la abundancia total de capturas muestra cambios notorios entre en las zonas afectadas por las mortandades respecto a las zonas control. Existe cierto patrón de inversión en la abundancia, si bien, no se muestra de una forma constante. El efecto resultó marginalmente significativo para los datos de abundancia ($p = 0,083$, Tabla 4.6). Los rápidos incrementos observados en la zona de afección están básicamente relacionados con capturas abundantes de estadios juveniles de mugílidos de cara al periodo invernal.

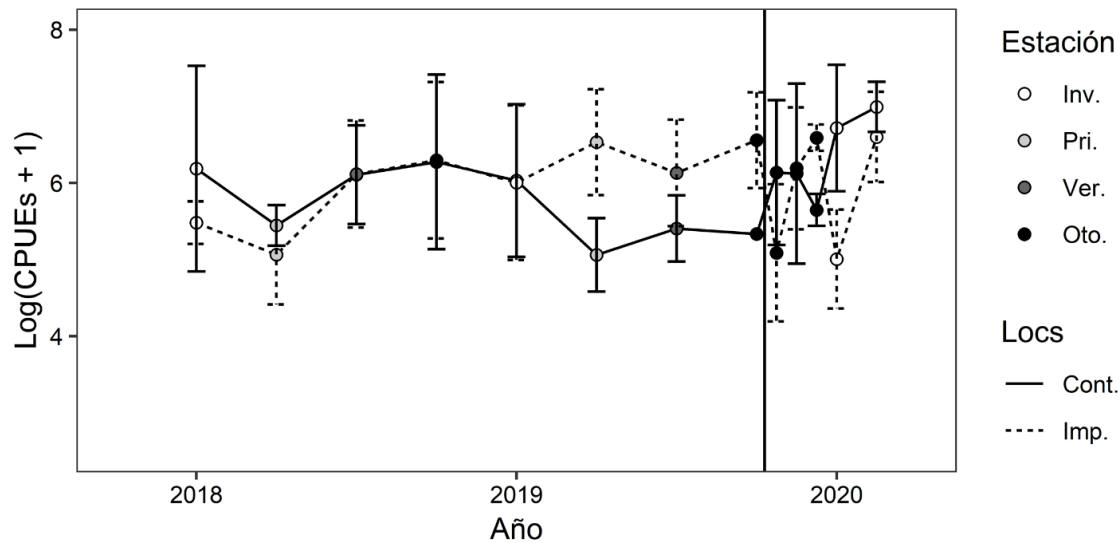


Fig. 4.11 Evolución temporal de la abundancia total de capturas (CPUEs) en el conjunto de localidades impactadas y localidades control (ene. 2018 – feb. 2020). Se incluye la desviación estándar (sd) de los valores representados.

La representación gráfica de la variación de las CPUEs obtenidas en las localidades de la zona afectada no muestra una tendencia definida. Tal y como se ha apuntado para la variación en el conjunto de datos (Fig. 4.11), se observan valores elevados de CPUEs que marcan enormes diferencias en la abundancia total a nivel de localidad. Estos valores elevados corresponden a capturas de bancos de especies gregarias, tales como mugílidos o espáridos (Fig. 4.12).

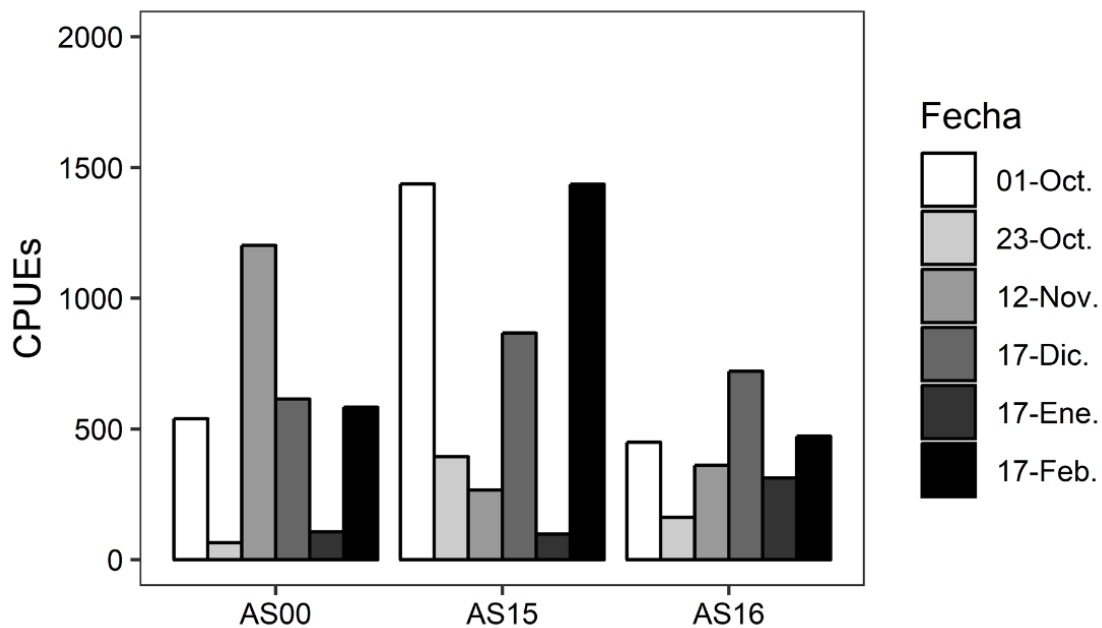


Fig. 4.12. Variación de las CPUEs (capturas/480m²) registradas en cada una de las localidades afectadas (oct. 2019 – feb. 2020).

El análisis comparado de la biomasa de capturas mostró patrones de cambio similar pero con un efecto significativo ($p = 0,006$), mostrando una disminución acusada en las zonas afectadas. Las diferencias observadas entre los resultados de abundancia y biomasa total de capturas se asocian al asentamiento de estadios larvarios de reducida biomasa de especies marinas migrantes (principalmente espáridos y mugílidos) durante la estación invernal. Estos ejemplares conllevan aumentos más significativos de los valores de abundancia, pero sin embargo su reducido tamaño disminuye su relevancia en términos de biomasa. De este modo, no llegan a amortiguar el descenso de este parámetro atribuido a la drástica disminución en las capturas de especies residentes de mayor peso (ej. Góbidos) en las zonas de afección.

La representación de la variación de la biomasa total de capturas a nivel de localidad presenta un patrón similar a la abundancia. No se observa una tendencia uniforme, describiendo diversos picos a lo largo de la secuencia de campañas de muestreo.

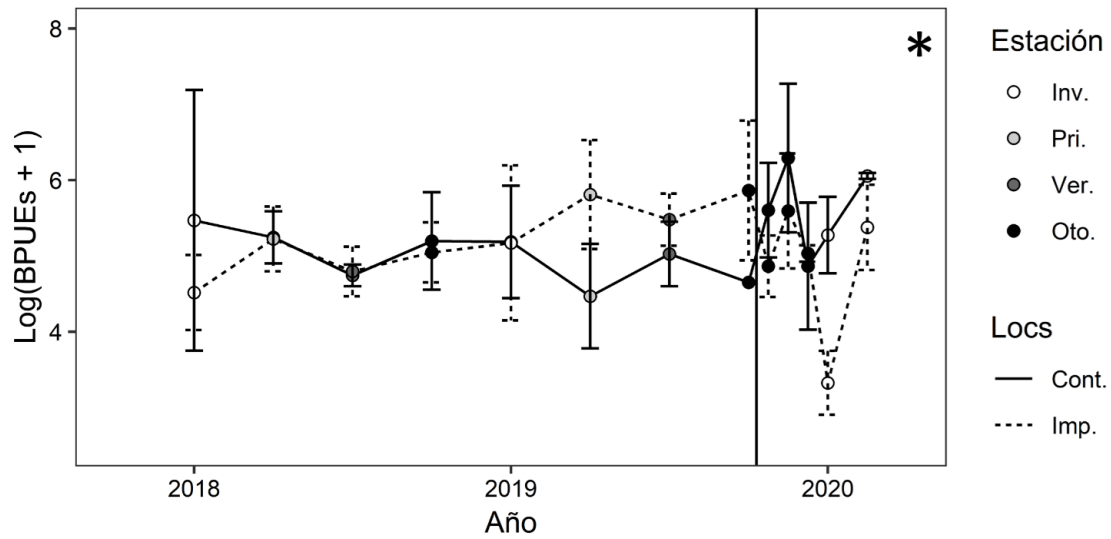


Fig. 4.13. Evolución temporal de la biomasa total de capturas (BPUEs) en el conjunto de localidades impactadas y localidades control (ene. 2018 – feb. 2020). Se incluye la desviación estándar (sd) de los valores representados.

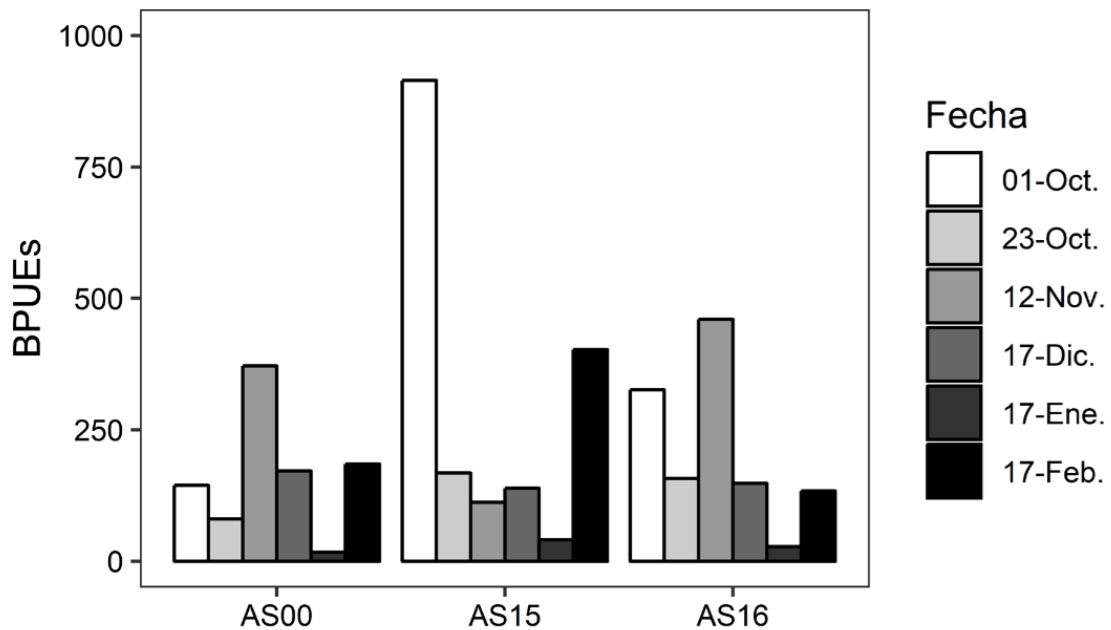


Fig. 4.14. Variación de las BPUEs (biomasa/480m²) registradas en cada una de las localidades afectadas (oct. 2019 – feb. 2020).

Tabla. 4.6. ANOVA de tipo III con aproximación de Kenward Roger de la abundancia y biomasa total de capturas [transformadas $\log(1 + x)$]. Los posibles efectos de la estacionalidad fueron corregidos incluyendo ésta como covariable. **GL:** Grados de libertad; **SS:** Suma de cuadrados; **F:** estadístico F; **P-value < 0.05.**

	Factor	GL	SS	F	P
Abundancia total	Zona (Imp. Vs Cont.)	1	0.139	0.206	0.651
	Periodo (Ant. Vs Des.)	1	0.666	0.988	0.342
	Zona * Periodo	1	2.092	3.104	0.083
Biomasa total	Zona (Imp. Vs Cont.)	1	1.543	2.984	0.089
	Periodo (Ant. Vs Des.)	1	0.067	0.128	0.728
	Zona * Periodo	1	4.283	8.281	0.006

I.3. Variación en la riqueza de especies y diversidad (Índice de Shannon-Wiener).

Metodología de análisis y métricas descriptoras

En el caso de la riqueza e índice de Shannon-Wiener, estas fueron analizadas a nivel de localidad (480m²). El índice de Shannon-Wiener refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa (Spellerberg, 2008).

$$H' = \sum_i^s p_i \times \log_2 x p_i$$

S: número de especies

pi: proporción en abundancia (o biomasa) de la especie *i* respecto al total de la abundancia (desde *i*=1 hasta *i*=S).

Para detectar la influencia del episodio de mortandad en la riqueza y la diversidad se aplicó un diseño BACI (Before-After Control Impact). Para ello se realizó un ANOVA de tipo III con aproximación de Kenward Roger introduciendo los factores: zona (control vs impactadas), periodo (antes vs después del impacto) y zona*periodo. Cuando este último factor, que representa la interacción de los dos anteriores, mostró un P-valor inferior a 0.05 se consideró un efecto significativo en la métrica evaluada.

Resultados

La tendencia descrita por la riqueza de especies después del episodio de mortandad mostró un impacto significativo en las localidades afectadas respecto a la zona control ($p = 0,014$, Tabla 4.7). Este impacto se denota en un descenso significativo de la riqueza que resultó menos significativo en la localidad de Las Encañizadas (AS00) (Figs. 4.15 y 4.16). La ausencia de varias especies residentes y bentónicas como *G. cobitis*, *G. niger* o *S. abaster* en algunos de los muestreos en localidades afectadas explica esta situación.

La representación gráfica de la evolución de la riqueza a nivel de localidad muestra un ligero declive, a excepción de Las Encañizadas (AS00). No obstante, se ha de tener en cuenta que la detección de especies marinas

migradoras con una fenología de asentamiento en las áreas someras invernal y primaveral ha amortiguado el decremento de los valores de este indicador.

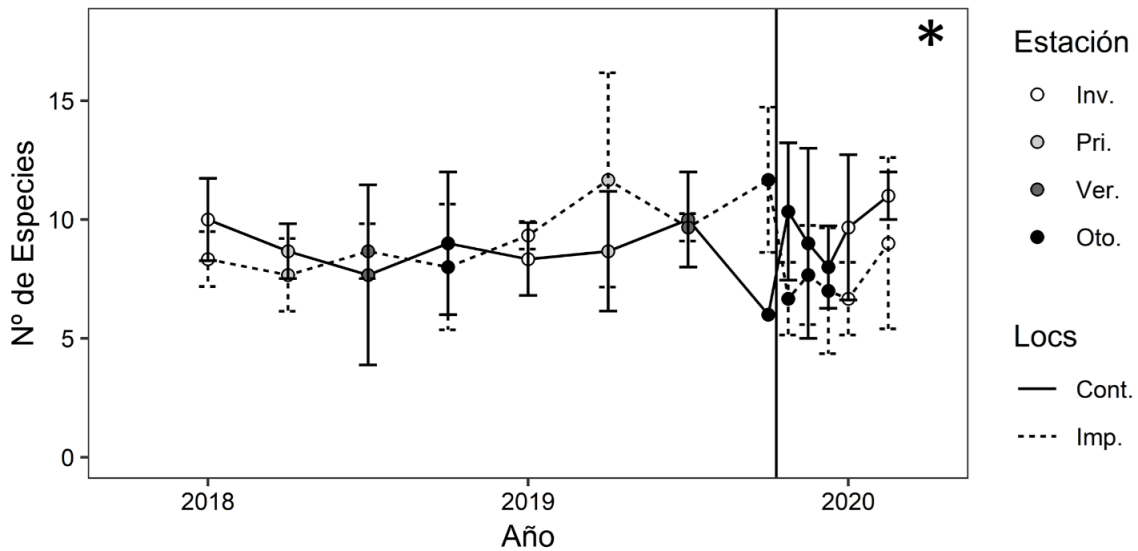


Fig. 4.15. Evolución temporal de la riqueza de especies en el conjunto de localidades impactadas y localidades control (ene. 2018 – feb. 2020). Se incluye la desviación estándar (sd) de los valores representados.

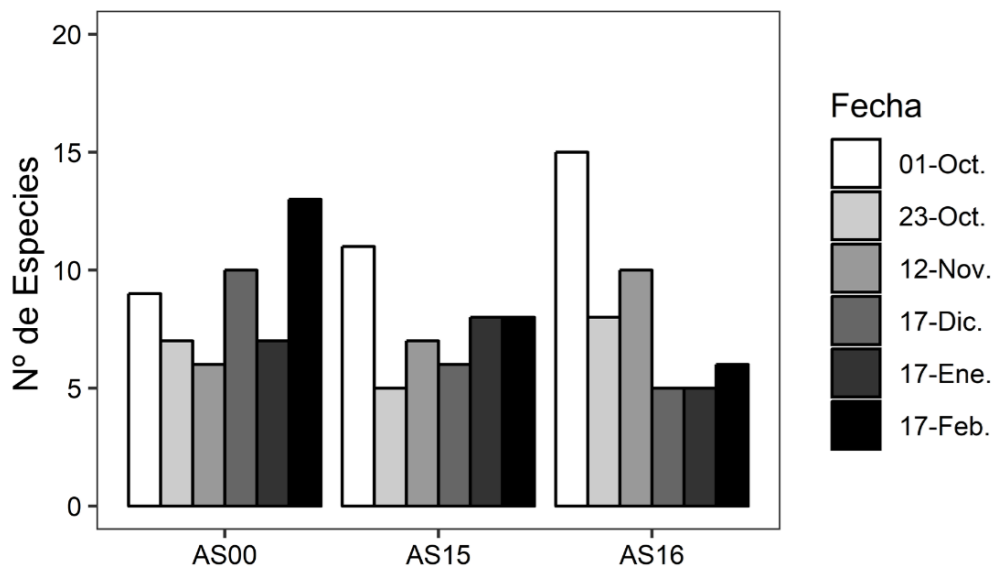


Fig. 4.16. Variación de la riqueza de especies registrada en cada una de las localidades afectadas (oct. 2019 – feb. 2020).

Las tendencias descritas por el índice de Shannon en las zonas control e impactadas no mostraron diferencias significativas entre sí. No obstante, como muestra la Fig. 4.18, los valores obtenidos por este índice en las localidades impactadas durante el mes de diciembre son particularmente bajos.

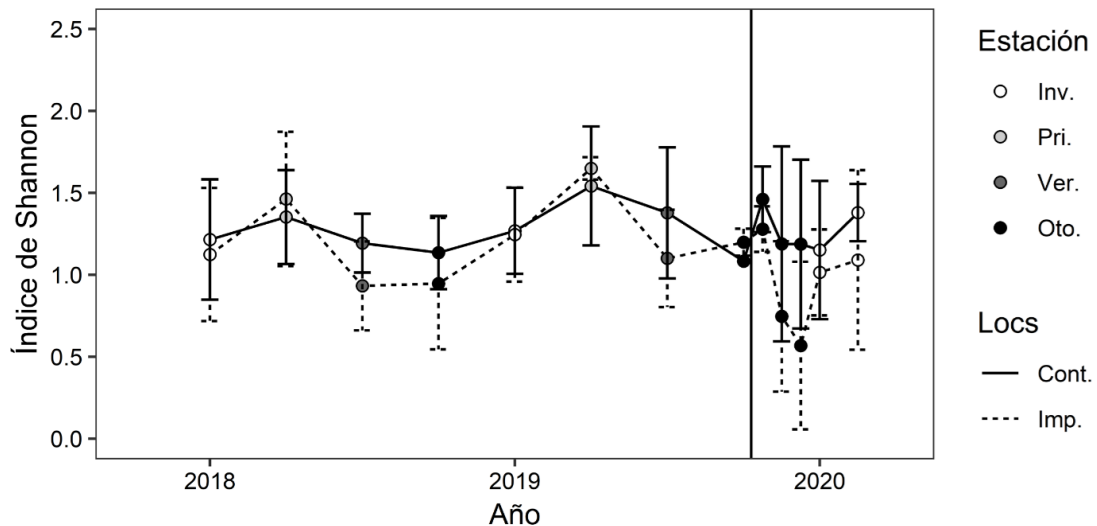


Fig. 4.17. Evolución temporal del índice de Shannon en el conjunto de localidades impactadas y localidades control (ene. 2018 – feb. 2020). Se incluye la desviación estándar (sd) de los valores representados.

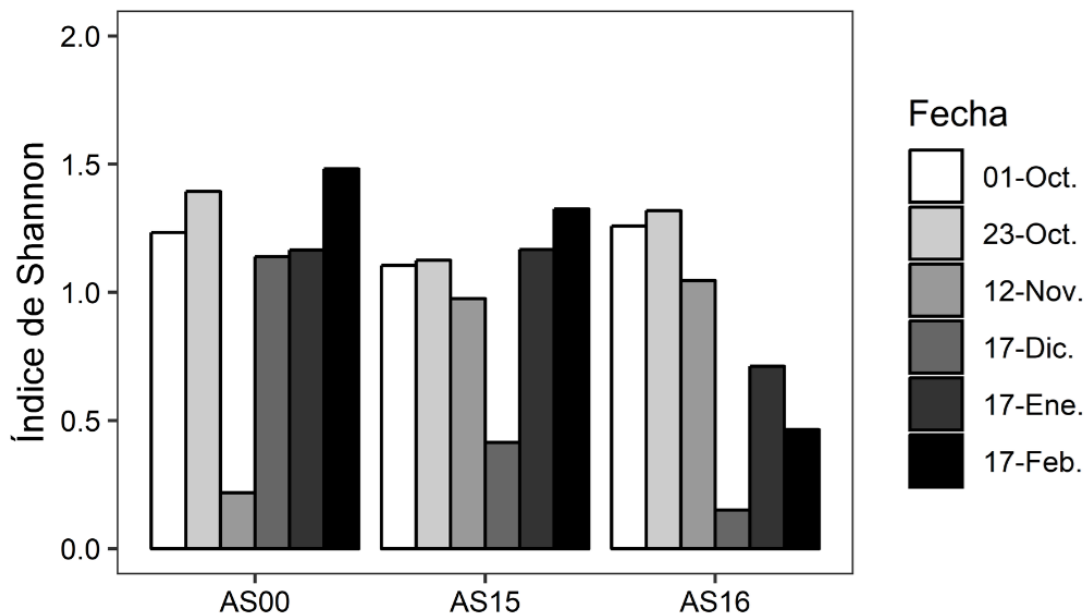


Fig. 4.18. Variación en el índice de Shannon registrada en cada una de las localidades afectadas (oct. 2019 – feb. 2020).

Tabla 4.7. ANOVA de tipo III con aproximación de Kenward Roger de la riqueza e índice de Shannon-Wiener. Los posibles efectos de la estacionalidad fueron corregidos incluyendo ésta como covariable. **GL:** Grados de libertad; **SS:** Suma de cuadrados; **F:** estadístico F; **P-value < 0.05.**

	Factor	GL	SS	F	P
Riqueza	Zona (Imp. Vs Cont.)	1	11.560	2.088	0.154
	Periodo (Ant. Vs Des.)	1	5.965	1.077	0.322
	Zona * Periodo	1	35.561	6.422	0.014
Índice de Shannon-Wiener	Zona (Imp. Vs Cont.)	1	0.767	6.929	0.011
	Periodo (Ant. Vs Des.)	1	0.183	1.656	0.225
	Zona * Periodo	1	0.294	2.651	0.109

Tabla 4.8. Tabla resumen de los datos obtenidos para cada uno de los indicadores utilizados en la evaluación de los cambios en la comunidad ictícola. **Abundancia total:** CPUEs (480m²); **Biomasa total:** BPUEs (480m²); **Riqueza:** n^o especies.

Métricas de la comunidad	Fecha	Localidades control			Localidades afectadas		
		AS02	AS05	AS09	AS15	AS16	AS00
Abundancia total	Jul.	363	185	162	822	554	212
	01-Oct.	206	NA	NA	1437	449	539
	23-Oct.	202	1295	373	394	162	65
	12-Nov.	168	1669	334	266	361	1202
	17-Dic.	352	233	275	867	721	614
	17-Ene.	319	1437	1223	98	313	106
	17-Feb.	1004	820	1556	1436	472	583
Biomasa total	Jul.	124.74	112.1	246.47	329.04	248.72	165.82
	01-Oct.	103.57	NA	NA	914.58	325.98	144.33
	23-Oct.	157.28	536.45	233.91	167.9	157.3	80.25
	12-Nov.	220.34	1541.12	459.22	111.92	460.27	371.48
	17-Dic.	68.98	91.36	335.31	138.74	148.12	171.62
	17-Ene.	133.34	345.33	159.24	40.59	27.87	16.92
	17-Feb.	439.53	429.37	407.76	402.56	133.72	185.2
Riqueza	Jul.	12	10	8	10	10	9
	01-Oct.	6	NA	NA	11	15	9
	23-Oct.	7	12	12	5	8	7
	12-Nov.	5	13	9	7	10	6
	17-Dic.	6	9	9	6	5	10
	17-Ene.	13	9	7	8	5	7
	17-Feb.	10	11	12	8	6	13
Índice de Shannon-Wiener	Jul.	0.92	1.56	1.66	1	0.86	1.43
	01-Oct.	1.08	NA	NA	1.1	1.26	1.23
	23-Oct.	1.31	1.69	1.38	1.12	1.32	1.39
	12-Nov.	0.5	1.59	1.47	0.97	1.05	0.22
	17-Dic.	0.6	1.42	1.54	0.41	0.15	1.14
	17-Ene.	1.48	0.68	1.3	1.17	0.71	1.16
	17-Feb.	1.18	1.47	1.49	1.33	0.46	1.48

I.4.Variación en la estructura y composición de la comunidad

Metodología de análisis y métricas descriptoras

El análisis y estudio de métricas poblacionales, así como la aplicación de índices integradores de éstas, es esencial para determinar cambios en la calidad o funcionamiento ecológico del ecosistema. No obstante, en ocasiones los factores de estrés ambiental determinan cambios en la identidad de la comunidad, dando lugar a cambios en su composición. Sin embargo, el estudio de la estructura de las comunidades no tiene porqué reflejar cambios de identidad, puesto que la sustitución o reemplazamiento de taxones con similares rasgos funcionales puede contribuir a que la pérdida de especies en un ecosistema pueda pasar desapercibida.

La estructura y composición de la comunidad se analizó estudiando las distancias de Bray-Curtis basadas en la abundancia y biomasa de cada especie (transformación logarítmica, tipificación). Tras ello se realizó un escalamiento multidimensional no métrico (NMDs), en el que se mostraron los centroides de cada zona (control vs impactada) en las diferentes unidades de tiempo consideradas. Para analizar la significancia estadística se realizó un análisis permutacional de varianza (PERMANOVA) sobre las distancias de Bray-Curtis con el diseño BACI indicado anteriormente, testando la interacción entre periodo (antes y después de la mortandad) y la zona (localidades impactadas y control). A su vez, y siguiendo un diseño analítico idéntico al desarrollado para testar diferencias en la evolución temporal de las diferentes métricas de comunidad, se analizó la abundancia de los predominantes gremios establecidos en función del uso de la laguna que realizan las especies: “Residentes” y “Marinas Migrantes”.

Resultados

El análisis PERMANOVA no mostró interacción significativa entre el periodo (antes-después de la mortandad) y la tipología de las localidades (control-impactadas). No obstante, y como refleja la Fig. 4.19, las zonas impactadas tras este evento se desplazan a una posición opuesta a especies residentes como *G. cobitis*, *A. boyeri* o *S. abaster*, entre otras, tanto en términos de abundancia como de biomasa. El test no mostró significancia por la acusada diferencia entre la comunidad estival e invernal, cuya transición es apreciable en los muestreos del presente análisis. La cercanía próxima al periodo invernal, con elevados valores de diversidad y abundancia de especies marinas migrantes (espáridos y mugílidos, principalmente), marca las diferencias principales de la estructura y composición de la comunidad. Esta situación enmascara los cambios acontecidos en las especies residentes. La relevancia del factor estacional en los cambios de estructura y composición de la comunidad queda reflejada por la mayor significancia estadística del factor periodo (Tabla 4.9).

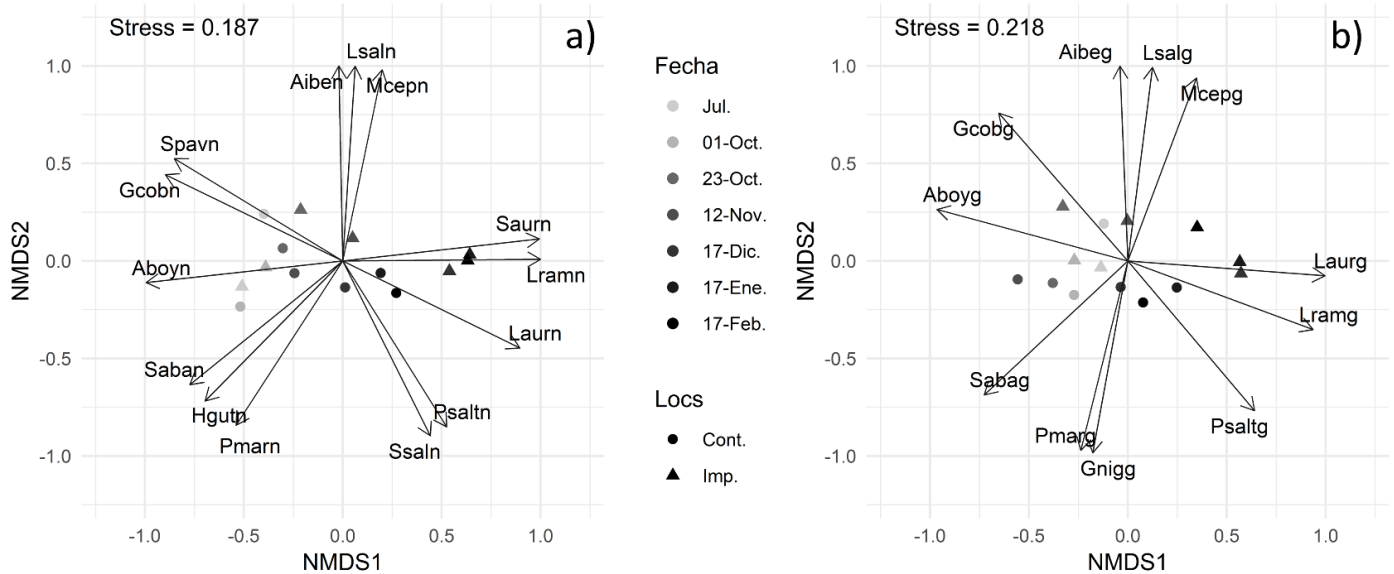


Fig. 4.19. Centroides del NMDS basado en las distancias de Bray-Curtis de la abundancia (a) y la biomasa (b) [transformadas $\log(x + 1)$] de las diferentes especies capturadas en las localidades objeto de seguimiento desde verano de 2019 hasta febrero de 2020.

Tabla 4.9. Análisis permutacional de varianza (PERMANOVA) sobre las distancias de Bray-Curtis de la abundancia y biomasa [transformada $\log(1 + x)$] de las diferentes especies en las localidades objeto de seguimiento. **GL:** Grados de libertad; **SS:** Suma de cuadrados; **R²:** coeficiente de determinación; **F:** estadístico F; **P-value < 0.05.**

	Factor	GL	SS	R ²	F	P
Abundancia	Zona (Imp. Vs Cont.)	1	0.322	0.056	2.666	0.028
	Periodo (Ant. Vs Des.)	1	0.831	0.145	6.881	< 0.001
	Zona * Periodo	1	0.214	0.037	1.774	0.115
	Residuos	36	4.346	0.761	-	-
Biomasa	Zona (Imp. Vs Cont.)	1	0.380	0.059	2.546	0.022
	Periodo (Ant. Vs Des.)	1	0.447	0.069	2.996	< 0.001
	Zona * Periodo	1	0.236	0.037	1.584	0.140
	Residuos	36	5.371	0.835	-	-

Analizando la abundancia del conjunto de especies residentes, el diseño BACI muestra un acusado descenso [con significancia estadística (Tabla 4.10)] de ésta tras el fenómeno de mortandad en las localidades impactadas (Fig. 4.20). En la Fig. 21 cabe destacar la abundancia especialmente alta de especies residentes detectada en AS00 el 17 de diciembre, marcada fundamentalmente por *A. iberus*, especie que habita el humedal de la Encañizada. *Aphanius iberus* podría haber tenido una explosión demográfica en la localidad debido a condiciones particulares de bajo hidrodinamismo y elevado refugio derivadas de la bajada del nivel de agua en la laguna y de la proliferación de *Cladophora* sp, respectivamente. No obstante, estos valores de abundancia no se repitieron en los muestreos posteriores.

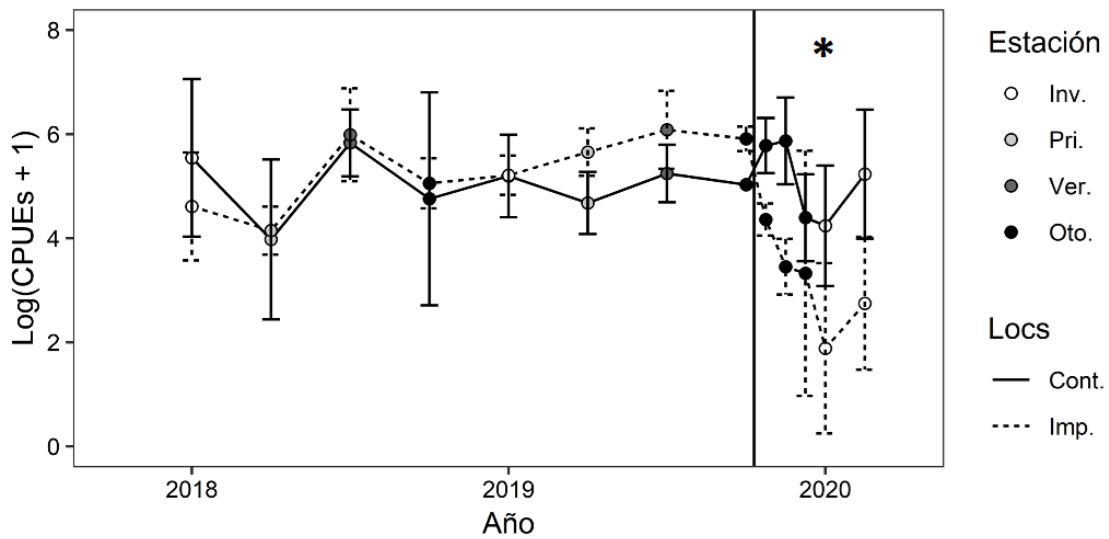


Fig. 4.20. Evolución temporal de la abundancia total de capturas (CPUEs) de especies residentes en el conjunto de localidades impactadas y localidades control (ene. 2018 – feb. 2020). Se incluye la desviación estándar (sd) de los valores representados.

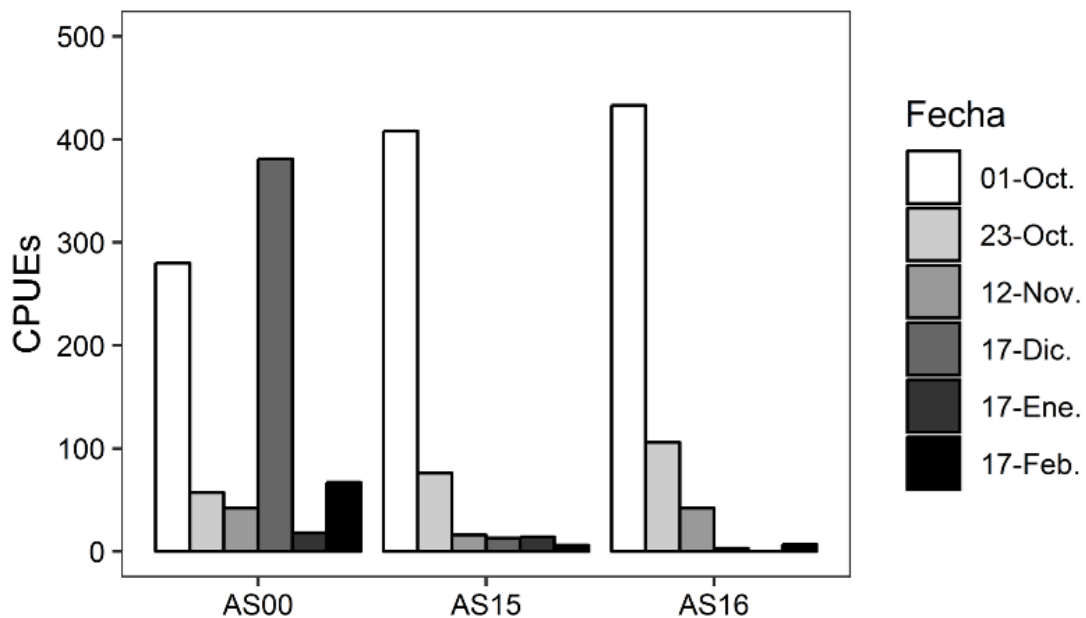


Fig. 4.21. Variación de las CPUEs (capturas/480m²) de especies residentes registradas en cada una de las localidades afectadas (oct. 2019 – feb. 2020).

La disminución observada en la abundancia de especies pertenecientes al gremio de residentes no es compartida por especies marinas de carácter migrador. Éstas no mostraron cambios significativos derivados de la mortandad, confirmando la especial afección a la comunidad de especies residentes de las áreas someras. La elevada movilidad de las especies marinas migrantes, así como su utilización de la laguna para el asentamiento de estadios larvarios y juveniles predominantemente en las estaciones de invierno y primavera, podrían explicar la ausencia de efectos negativos sobre la abundancia de este gremio en las áreas someras afectadas. No obstante, los datos recabados tras la mortandad reflejan que este grupo también sufrió un elevado número de bajas tanto de ejemplares adultos como juveniles.

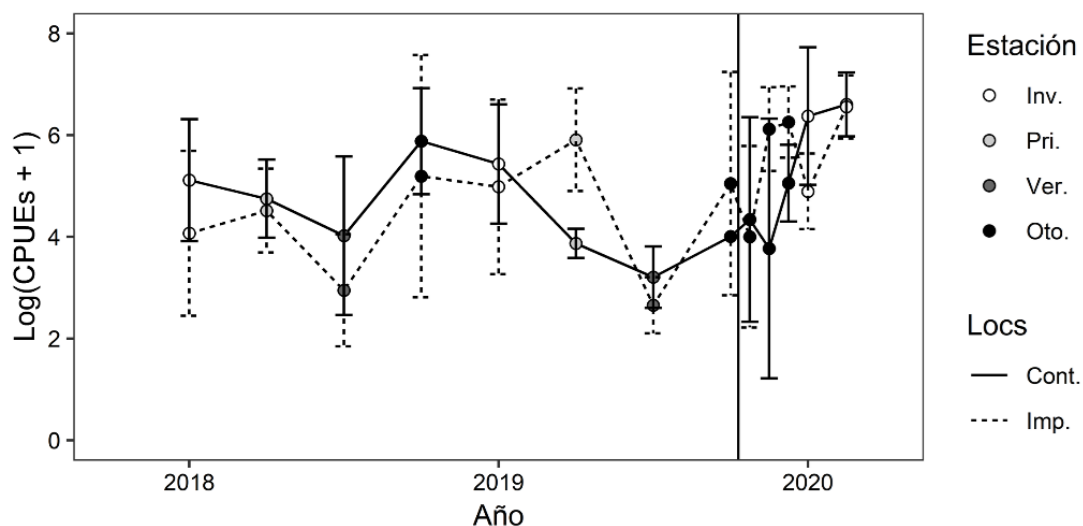


Fig. 4.22. Evolución temporal de la abundancia total de capturas (CPUEs) de especies marinas migradoras en el conjunto de localidades impactadas y localidades control (ene. 2018 – feb. 2020). Se incluye la desviación estándar (sd) de los valores representados.

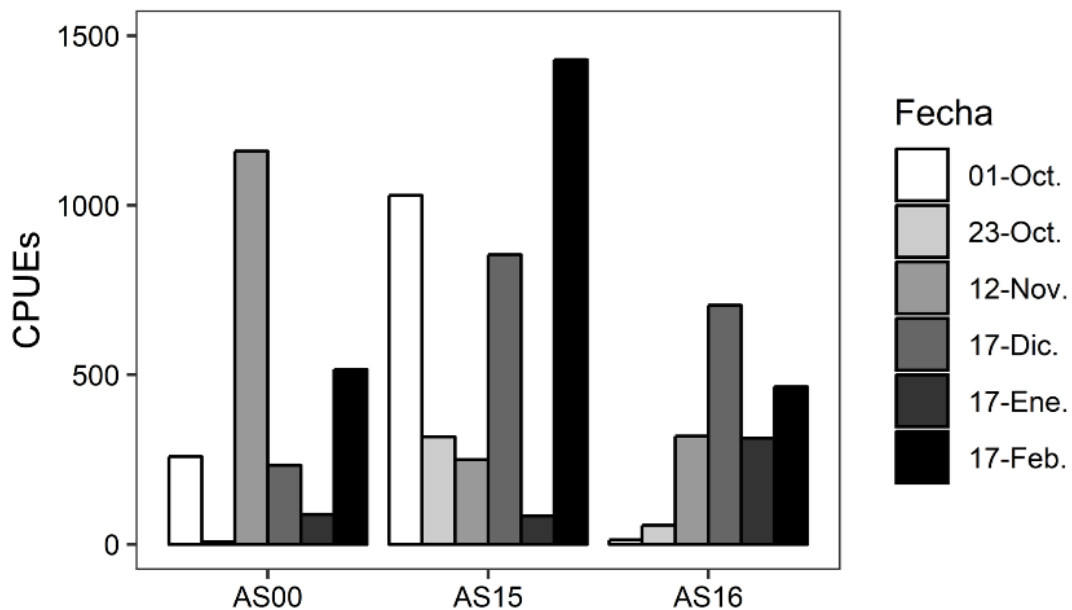


Fig. 4.23. Variación de las CPUEs (capturas/480m²) de especies marinas migradoras registradas en cada una de las localidades afectadas (oct. 2019 – feb. 2020).

Tabla 4.10. ANOVA de tipo III con aproximación de Kenward Roger de la abundancia de especies residentes y marinas migrantes. Los posibles efectos de la estacionalidad fueron corregidos incluyendo ésta como covariable. **GL:** Grados de libertad; **SS:** Suma de cuadrados; **F:** estadístico F; **P-value < 0.05.**

Abundancia	Factor	GL	SS	F	P
Residentes	Zona (Imp. Vs Cont.)	1	17.199	19.456	< 0.001
	Periodo (Ant. Vs Des.)	1	22.387	25.326	< 0.001
	Zona * Periodo	1	28.601	32.356	< 0.001
Marinas migrantes	Zona (Imp. Vs Cont.)	1	5.771	3.065	0.108
	Periodo (Ant. Vs Des.)	1	0.104	0.055	0.815
	Zona * Periodo	1	1.216	0.646	0.425

Tabla 4.11. Exposición de datos de abundancia de especies residentes y marinas migrantes en cada una de las localidades objeto de seguimiento. **Abundancia total:** CPUEs(480m²)

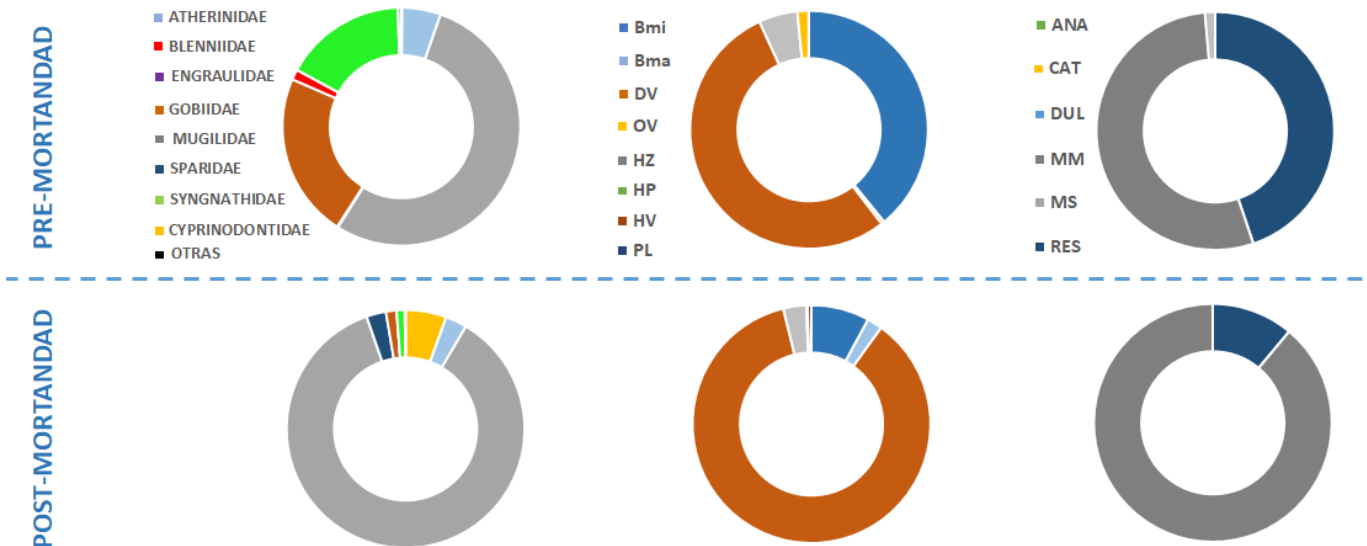
Métricas de la comunidad	Fecha	Localidades control			Localidades afectadas		
		AS02	AS05	AS09	AS15	AS16	AS00
Abundancia de especies residentes	Jul.	350	159	120	808	547	189
	01-Oct.	152	NA	NA	408	433	280
	23-Oct.	185	533	341	76	106	57
	12-Nov.	160	845	324	16	42	42
	17-Dic.	58	42	208	13	3	381
	17-Ene.	197	83	19	14	0	18
	17-Feb.	539	251	47	6	7	67
Abundancia de especies marinas migrantes	Jul.	12	26	42	14	7	23
	01-Oct.	54	NA	NA	1029	13	259
	23-Oct.	17	762	32	317	56	8
	12-Nov.	8	824	10	250	319	1160
	17-Dic.	294	191	67	854	705	233
	17-Ene.	122	1354	1204	84	313	88
	17-Feb.	465	569	1509	1430	465	516

Los gráficos incluidos en la Fig. 4.24 sirven de apoyo para interpretar los resultados observados en los NMDS. En ambas zonas, impactadas y control, la representatividad de syngnátidos y góbidos disminuye, hecho asociado al incremento en la captura de mugílidos. No obstante, cabe resaltar la prácticamente ausencia de estas dos familias en los muestreos post-mortandad realizados en las zonas impactadas.

En relación a los gremios tróficos analizados, se observa una situación similar al análisis taxonómico, siendo en este caso las especies microbentívoras las que ven disminuida su representatividad. Este grupo trófico, principalmente dominado en la comunidad de las áreas someras del Mar Menor por especies bentónicas residentes, como *S. abaster*, *P. marmoratus* o *A. Iberus*, pierde representatividad a favor de especies detritívoras, siendo estos cambios más drásticos en las zonas impactadas.

Por último, y esta vez en relación al uso que las diferentes especies hacen de la laguna, existe una marcada disminución de la representatividad de especies residentes en ambas zonas. Como ya se ha mencionado anteriormente, el asentamiento en las áreas someras de estadios juveniles de especies marinas migrantes se concentra durante los meses de invierno y primavera, teniendo por tanto especial implicación en la dominancia de este gremio dentro de la comunidad.

ZONA IMPACTADA



ZONA CONTROL

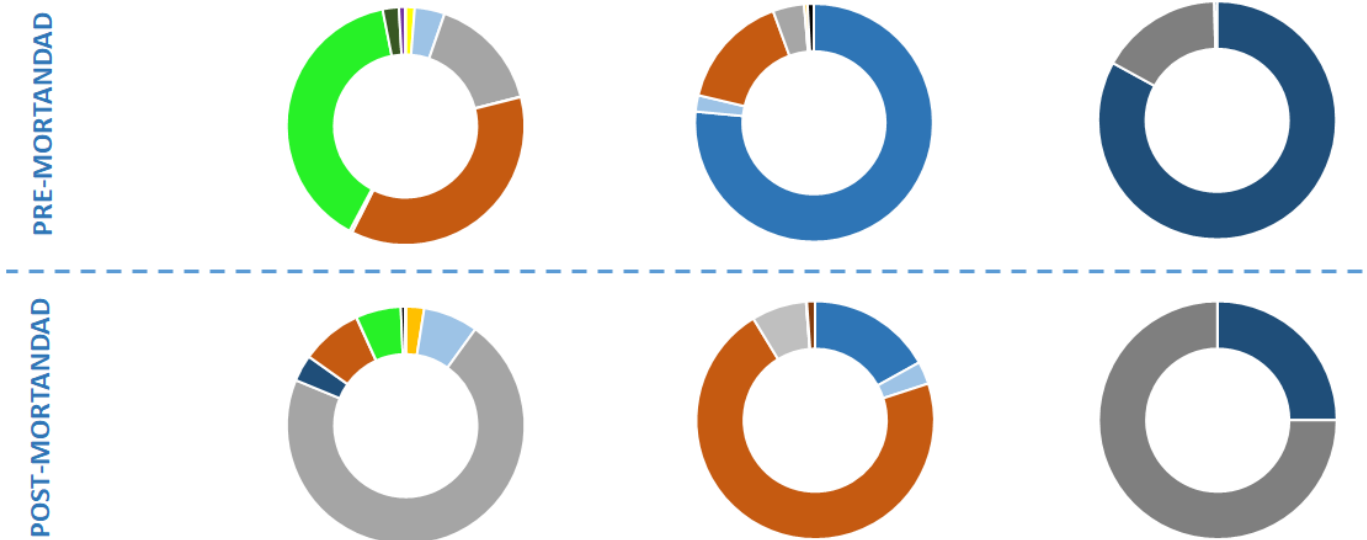


Fig. 4.24. Representatividad de familias, gremios tróficos y gremios de estatus lagunar en el total de capturas obtenidas antes y después del episodio de mortandad. (**Bmi**) Microbentívoro; (**Bma**) Macrobentívoro; (**OV**) Omnívoro; (**PL**) Planctívoro; (**HZ**) Hiperbentívoro; (**HP**) Piscívoro; (**DV**) Detritívoro; (**HV**) Herbívoro; (**A**) Anádroma; (**CAT**) Catádroma; (**RES**) Residente; (**MM**) Marino migrador; (**MS**) Marino ocasional; (**Dulc**) Dulceacuícola.

I.5. Variación en la diversidad y estructura funcional de la comunidad

La diversidad funcional de las comunidades condiciona la respuesta y resistencia de los ecosistemas ante perturbaciones en el ambiente, siendo por tanto clave su evaluación y conocimiento. Cada especie se ubica en el espacio funcional en base a sus rasgos y características (rasgos tróficos, ecológicos, biométricos, reproductivos, etc.), desempeñando un papel clave en la estructura y el correcto funcionamiento del ecosistema. Ante perturbaciones similares, las respuestas a nivel específico o poblacional pueden ser independientes, incrementando por tanto la entropía y el desequilibrio en las comunidades.

Con el objetivo de evaluar posibles cambios en la estructura y diversidad funcional de las comunidades de peces de las áreas someras afectadas por los episodios de mortandad acontecidos tras el fenómeno meteorológico DANA, se han analizado diversas métricas funcionales relativas a este aspecto. A continuación, se describen las diferentes métricas que permiten interpretar la complejidad de las comunidades estudiadas, así como sus posibles cambios, desde una perspectiva funcional:

- **Dispersión funcional (FDis):** distancia de las abundancias ponderadas de las especies a la media ponderada. Valores altos de este parámetro indican mayor equilibrio entre las abundancias de las diferentes especies que componen la comunidad, quedando la media ponderada en una posición equidistante en el espacio funcional al conjunto de especies.
- **Uniformidad funcional (FEve):** mide los cambios en la regularidad de las distribuciones de abundancia dentro del espacio funcional (uniformidad funcional). Valores altos de este parámetro indican similitud entre las abundancias de especies que ocupan diferentes regiones del espacio funcional.
- **Riqueza funcional (FRic):** porción del espacio funcional ocupado por la comunidad de especies. Valores altos de esta métrica indican que las especies registradas en la comunidad abarcan una mayor amplitud del espacio funcional.
- **Especialización funcional (FSpe):** representatividad de la abundancia de especies con rasgos funcionales extremos (especialistas). Valores elevados de este parámetro reflejan que las especies más especialistas

tienen una alta representatividad, en términos de abundancia, dentro de la comunidad.

- **Divergencia funcional (FDiv):** relación de las abundancias relativas de las especies teniendo en cuenta los rasgos funcionales extremos que las separan. El incremento de este parámetro indica mayores diferencias entre las abundancias de especies con rasgos funcionales extremos.
- **Originalidad funcional (FOri):** mide el grado de originalidad funcional dentro de la comunidad, siendo por tanto una medida antagonista a la redundancia funcional. Valores altos de esta métrica indican que las abundancias se encuentran bien distribuidas dentro del espacio funcional.

ZONA AFECTADA: Áreas someras de la playa de Villananitos (código localidad AS15)

La reducción en la abundancia de especies residentes y de carácter bentónico, incluidas en la región izquierda del espacio funcional (Fig. 4.26), propicia la disminución de los valores de cada una de las métricas de diversidad funcional, a excepción de la especialización. Los descriptores funcionales que más denotan los cambios en la comunidad de peces de las áreas someras de esta localidad son la dispersión, riqueza y originalidad funcional. A continuación, se describen los cambios observados en estas métricas:

Dispersión funcional (FDis): la drástica disminución de especies bentónicas residentes, principalmente representadas en esta localidad por *Pomatoschistus marmoratus*, refleja un desequilibrio en la distribución de abundancias en el espacio funcional.

Riqueza funcional (FRic): la ausencia de especies que ocupan posiciones funcionales distintas ha reducido el espacio funcional. La comunidad actual de peces de esta localidad se encuentra simplificada, reduciendo los servicios que ofrece en el ecosistema.

Originalidad funcional (FOri): la disminución de la abundancia de especies bentónicas y residentes, así como el asentamiento estacional de espáridos en la zona (taxón muy próximo funcionalmente a mugílidos), ha originado un incremento en la redundancia de las funciones que ofrece la comunidad de peces.

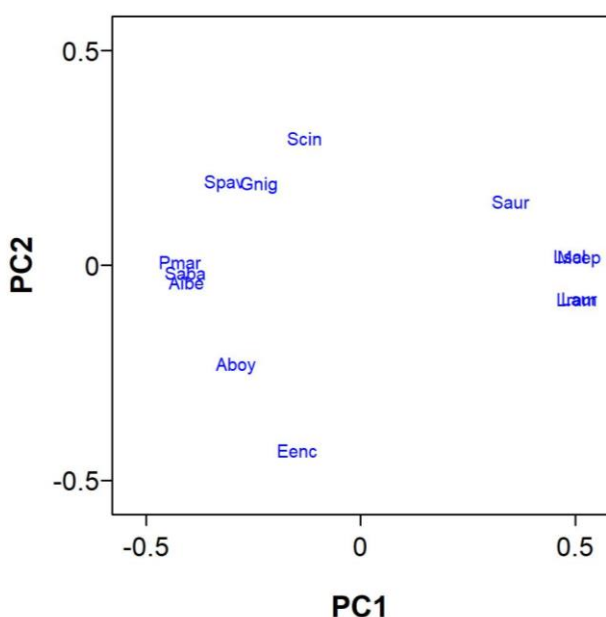
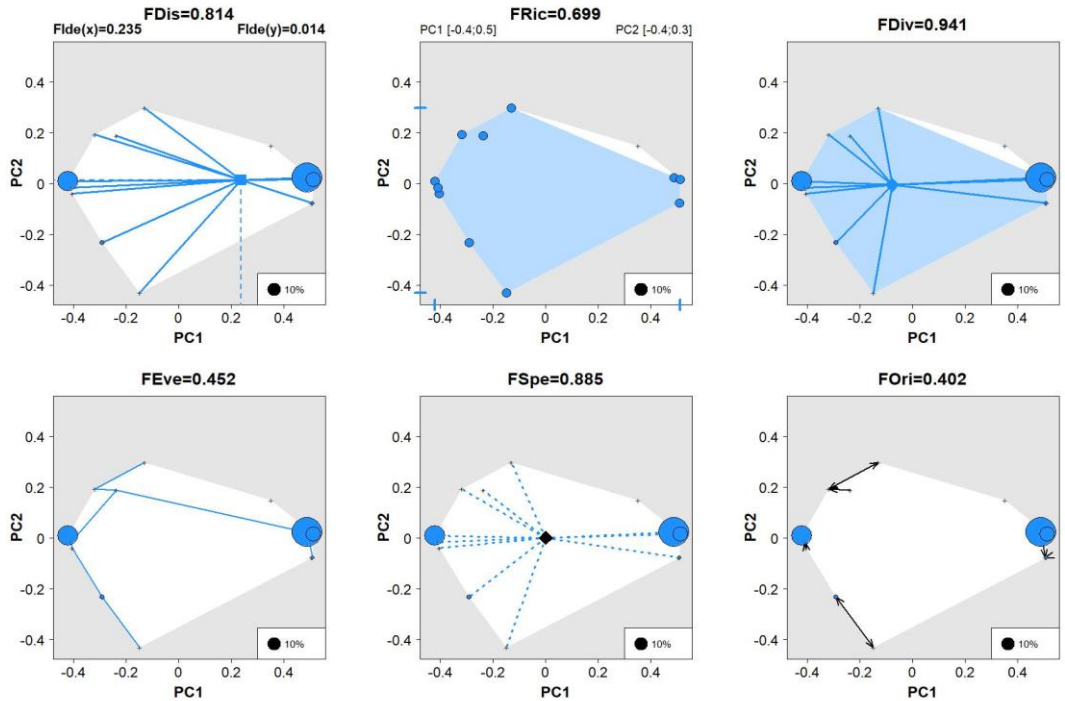


Fig. 4.25. Distribución espacial de la comunidad de peces de la localidad AS15 en base a los rasgos funcionales de las especies.

VILLANANITOS

Pre-mortandad



Post-mortandad

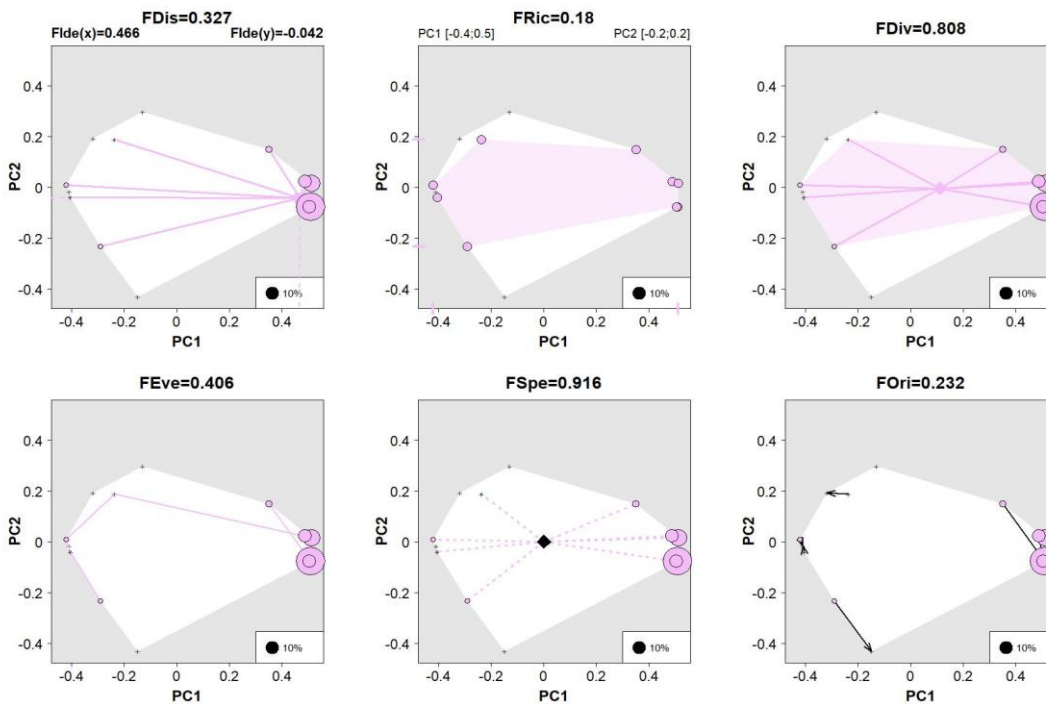


Fig. 4.26. Representación gráfica del análisis de cambios en la estructura funcional y sus métricas de la comunidad de peces de las áreas someras de la localidad AS15.

ZONA AFECTADA: Áreas someras Molino Calcetera (código localidad AS16)

La reducida abundancia de mugílidos en los muestreos previos al episodio de mortandad, así como su posterior asentamiento en la zona, enmascarar las alteraciones funcionales originadas por la desaparición de especies bentónicas y residentes. Se observa un comportamiento independiente entre las métricas funcionales estudiadas. A continuación, se detallan los cambios más notorios observados:

Dispersión funcional (FDis): la disminución de especies bentónicas residentes, principalmente representadas en esta localidad por *Syngnathus abaster*, junto con el incremento de las abundancias de mugílidos, refleja un desequilibrio en la distribución de abundancias en el espacio funcional. La comunidad ha pasado de estar principalmente dominada por especies residentes a estar compuesta casi de forma exclusiva por especies migradoras.

Originalidad funcional (FOri): en la actualidad existe una elevada redundancia funcional derivada de la dominancia en la comunidad de las diferentes especies de mugílidos, muy próximas entre ellas desde el punto de vista funcional.

Riqueza funcional (FRic): el mayor número de réplicas de muestreo realizadas tras el episodio de mortandad (5 réplicas) frente a un a único muestreo previo a este suceso, es el principal factor que contribuye al incremento de esta métrica. A su vez, el espectro temporal durante el que se han realizado los muestreos (octubre – febrero) ha permitido detectar especies como *Sparus aurata*, *Diplodus puntazzo* o *Pomatomus saltatrix*, cuyo asentamiento en las áreas someras de la laguna es posterior a la estación otoñal de referencia, y permiten ampliar el espacio funcional ocupado por la comunidad de peces.

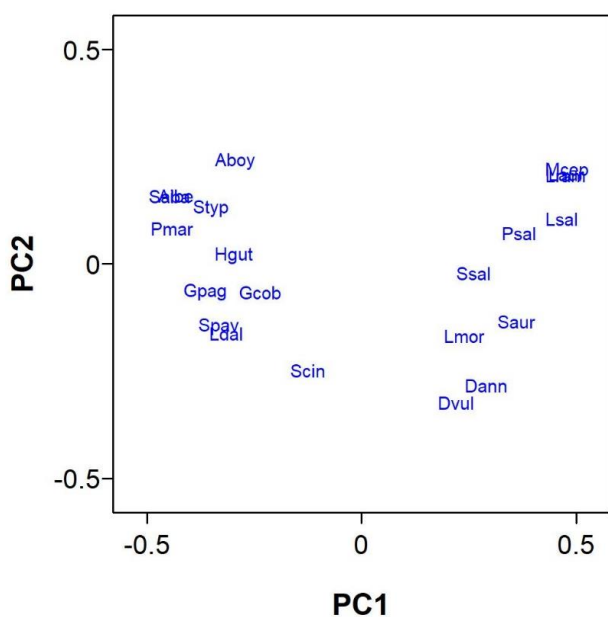
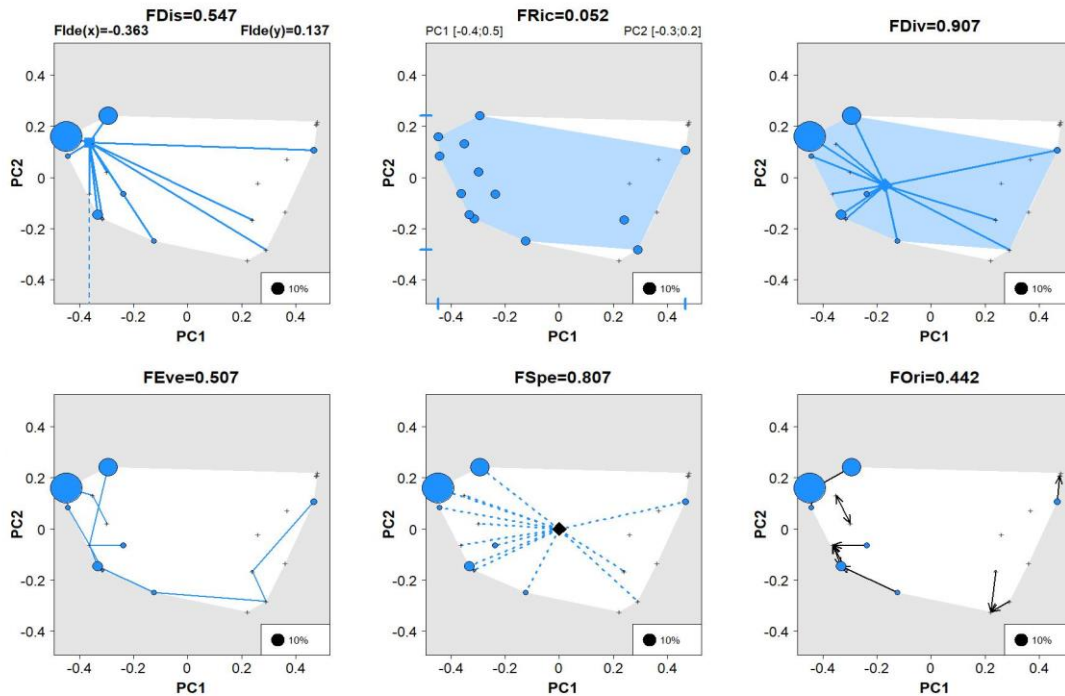


Fig. 4.27. Distribución espacial de la comunidad de peces de la localidad AS16 en base a los rasgos funcionales de las especies.

MOLINO CALCETERA

Pre-mortandad



Post-mortandad

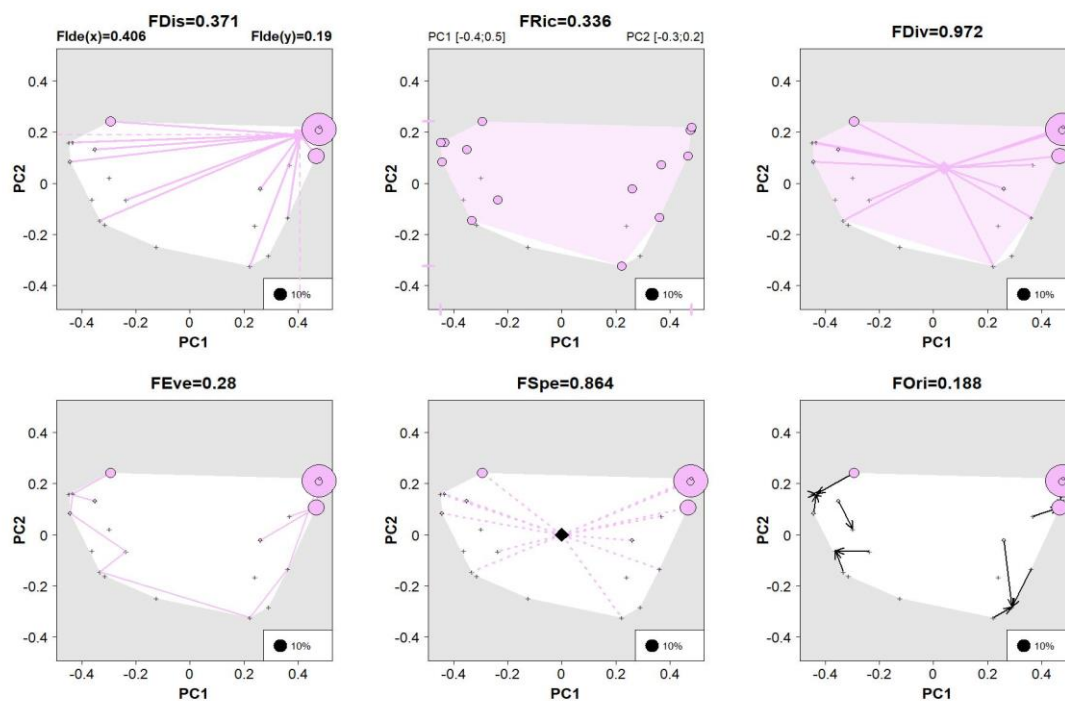


Fig. 4.28. Representación gráfica del análisis de cambios en la estructura funcional y sus métricas de la comunidad de peces de las áreas someras de la localidad AS16.

ZONA AFECTADA: Áreas someras de las Encañizadas (código localidad AS00)

Se observa una disminución en las capturas de especies residentes como *Syngnathus abaster* y *Pomatoschistus marmoratus* menos acusada que en el resto de localidades afectadas. Además, la bajada del nivel de agua de la laguna (suceso frecuente durante la estación invernal) incrementó la irregularidad de la orilla, creando mesohábitats con escaso hidrodinamismo que fueron rápidamente colonizados por *Aphanius iberus*, dándose por tanto picos de capturas de esta especie de rasgos funcionales similares a las anteriormente citadas. Se observa un comportamiento independiente entre las métricas funcionales estudiadas. A continuación, se detallan los cambios más notorios observados:

Dispersión funcional (FDis): la disminución de especies bentónicas residentes y el incremento de mugílidos ha generado un desequilibrio en las abundancias de las especies que componen la comunidad.

Originalidad funcional (FOri): la disminución de la abundancia de taxones residentes ha elevado la redundancia funcional de la comunidad de peces de este ecosistema.

Riqueza funcional (FRic): el espacio funcional que ocupa la comunidad de peces ha incrementado respecto al muestreo otoñal de referencia. El mayor número de réplicas de muestreo realizadas tras el episodio de mortandad, así como el espectro temporal durante el que se han realizado los muestreos (octubre – febrero), incrementa la posibilidad de detectar otras especies de carácter migrador o con bajas frecuencias de aparición que puedan contribuir a ampliar el espacio funcional ocupado por la comunidad de peces.

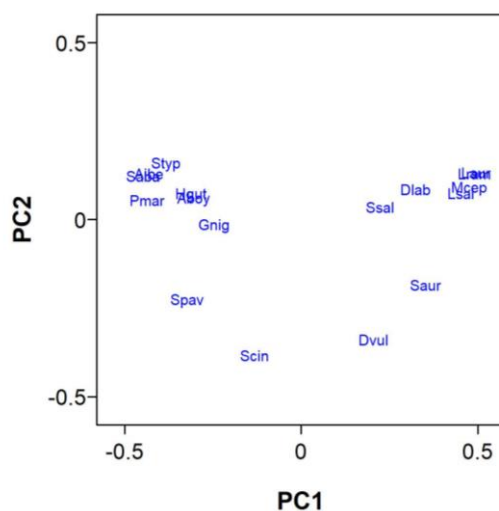
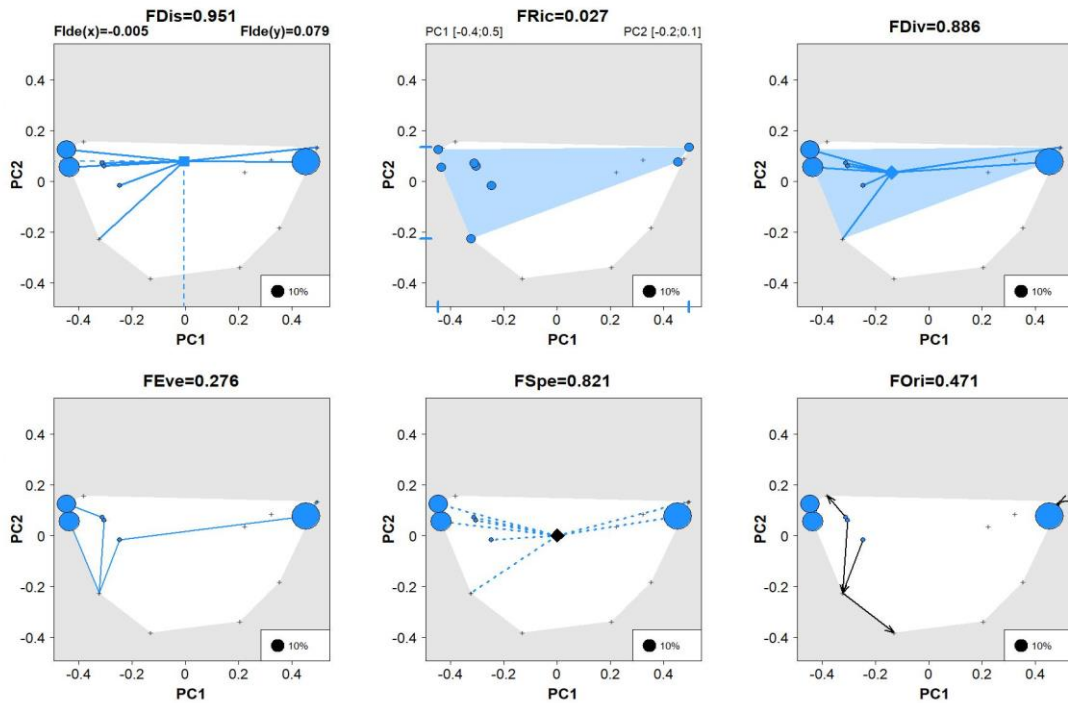


Fig. 4.29. Distribución espacial de la comunidad de peces de la localidad AS00 en base a los rasgos funcionales de las especies.

ENCAÑIZADAS

Pre-mortandad



Post-mortandad

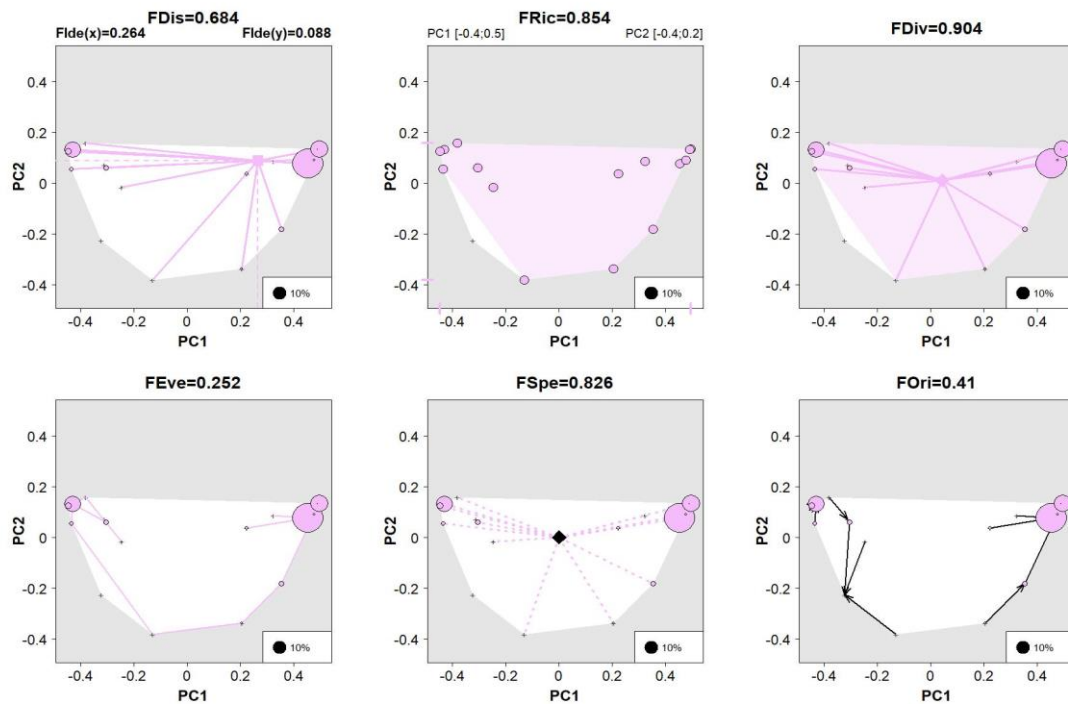


Fig. 4.30. Representación gráfica del análisis de cambios en la estructura funcional de la comunidad de peces de las áreas someras de la localidad AS00.

I.6. Análisis comparativo del estado ecológico de las áreas someras.

Metodología de análisis y métricas descriptoras

Para evaluar los cambios en el estado ecológico de los ambientes en relación a diversas métricas de la comunidad de peces, se realizó una adaptación del “***Estuarine Multi-metric Fish Index***” (EMFI) (Harrison & Kelly 2013). Las 14 métricas que engloba este índice (Tabla 4.12.) 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).

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 fueron el resultado 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 4.13.) (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 4.12. Métricas utilizadas para el desarrollo de la adaptación del EMFI a las áreas someras del Mar Menor.

Métrica	Descripción	
<i>Diversidad y composición de especies</i>		
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.
<i>Abundancia</i>		
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.
<i>Uso de las áreas someras</i>		
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 esperadas.
8	Riqueza de especies migradoras	Proporción del nº de especies migradoras detectadas respecto a 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.
<i>Integridad trófica</i>		
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.

Tabla 4.13. Listado de referencia de la comunidad de peces asociada a las áreas someras del Mar Menor: abundancias teóricas establecidas.

Especies	Abundancia teórica	
	Verano - Otoño	Invierno - Primavera
<i>Anguilla anguilla</i>	Muy escaso	Muy escaso
<i>Aphanius Iberus</i>	Moderado	Escaso
<i>Atherina boyeri</i>	Muy abundante	Numeroso
<i>Belone belone</i>	Muy escaso	Muy escaso
<i>Callionymus pusillus</i>	Muy escaso	Muy escaso
<i>Chelon labrossus</i>	Escaso	Escaso
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Muy escaso	Escaso
<i>Dicentrarchus punctatus</i>	Muy escaso	Muy escaso
<i>Diplodus puntazzo</i>	Escaso	Moderado
<i>Diplodus sargus</i>	Escaso	Moderado
<i>Diplodus vulgaris</i>	Muy escaso	Escaso
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Escaso	Escaso
<i>Gobius cobitis</i>	Escaso	Muy escaso
<i>Gobius niger</i>	Escaso	Escaso
<i>Gobius paganellus</i>	Muy escaso	Muy escaso
<i>Hippocampus guttulatus</i>	Escaso	Muy escaso
<i>Lipophrys dalmatinus</i>	Muy escaso	Muy escaso
<i>Liza aurata</i>	Numeroso	Muy abundante
<i>Liza ramada</i>	Muy escaso	Escaso
<i>Liza saliens</i>	Muy abundante	Muy abundante
<i>Mugil cephalus</i>	Moderado	Escaso
<i>Mullus barbatus</i>	Muy escaso	Muy escaso
<i>Pomatomus saltatrix</i>	Muy escaso	Muy escaso

Especies	Abundancia teórica	
	Verano - Otoño	Invierno - Primavera
<i>Pomatoschistus marmoratus</i>	Numeroso	Numeroso
<i>Salaria pavo</i>	Escaso	Moderado
<i>Sardinella pilchardus</i>	Muy escaso	Muy escaso
<i>Sarpa salpa</i>	Muy escaso	Moderado
<i>Solea senegalensis</i>	Muy escaso	Muy escaso
<i>Solea solea</i>	Muy escaso	Escaso
<i>Sparus aurata</i>	Muy escaso	Numeroso
<i>Symphodus cinereus</i>	Muy escaso	Muy escaso
<i>Syngnathus abaster</i>	Numeroso	Moderado
<i>Syngnathus acus</i>	Muy escaso	Muy escaso
<i>Syngnathus acus</i>	Escaso	Escaso
<i>Syngnathus acus</i>	Muy escaso	Muy escaso

Las abundancias fueron categorizadas con el objetivo de facilitar su implementación en el índice EMFI (Tabla 4.14.) 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 uno de las unidades de muestreo (Tabla 4.15.).

Tabla 4.14. Categorías y puntuaciones establecidas para los diferentes rangos de abundancias.

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

Tabla 4.15. 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
<i>Anguilla anguilla</i>	CR				VU	NT
<i>Atherina boyeri</i>	LC				VU	VU
<i>Aphanius iberus</i>	EN	X	X	X	EN	EN
<i>Hippocampus guttulatus</i>	DD		X	X		CR
<i>Pomatoschistus marmoratus</i>	LC					VU
<i>Syngnathus abaster</i>	LC		X		LT	NT
<i>Syngnathus acus</i>	LC					DD
<i>Solea solea</i>	DD					VU
<i>Syngnathus typhle</i>	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 en relación a la superficie de muestreo (Fig. 4.31. y 4.32). Las ecuaciones resultantes permiten obtener los valores máximos teóricos para

cada superficie de muestreo. La métrica 5 (dominancia), debido a sus particularidades, no pudo calcularse con curvas de acumulación a partir de la unidad de arrastre. Por ello, la recta se realizó teniendo en cuenta las diferentes unidades espaciales (arrastre, sector, cubeta, total de sectores). De esta forma, el cálculo de cada una de las métricas en las diferentes unidades de muestreo se calculó como la proporción de especies obtenida en cada localidad y periodo respecto a la riqueza teórica reflejada para una superficie de 480 m².

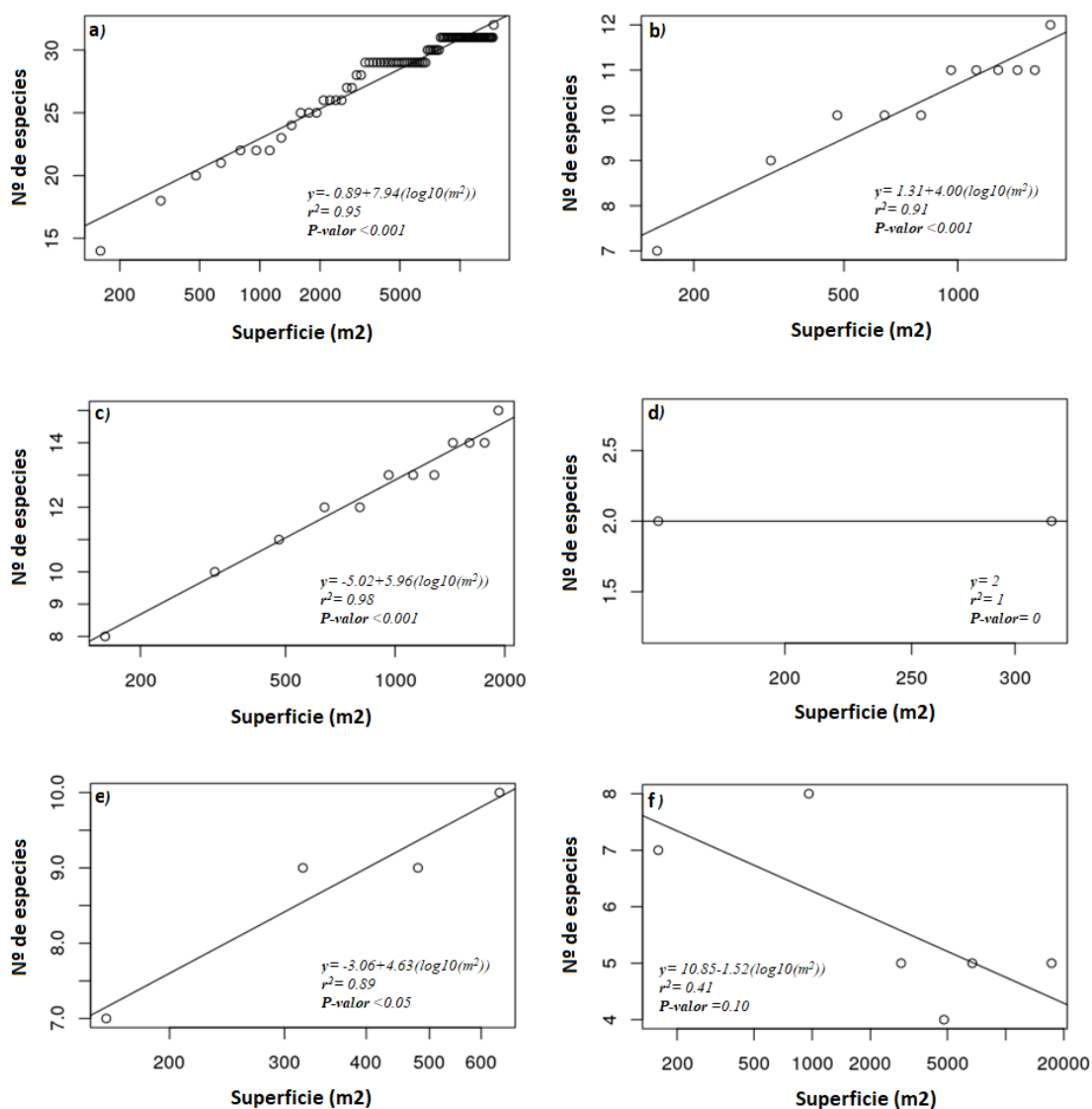


Fig. 3.31. Regresiones establecidas entre la riqueza de especies y la superficie de la unidad de muestreo para las estaciones de verano y otoño. **a)** riqueza específica; **b)** riqueza de especies residentes; **c)** riqueza de especies migradoras marinas; **d)** riqueza de especies piscívoras; **e)** riqueza de especies zoobentívoras; **f)** dominancia.

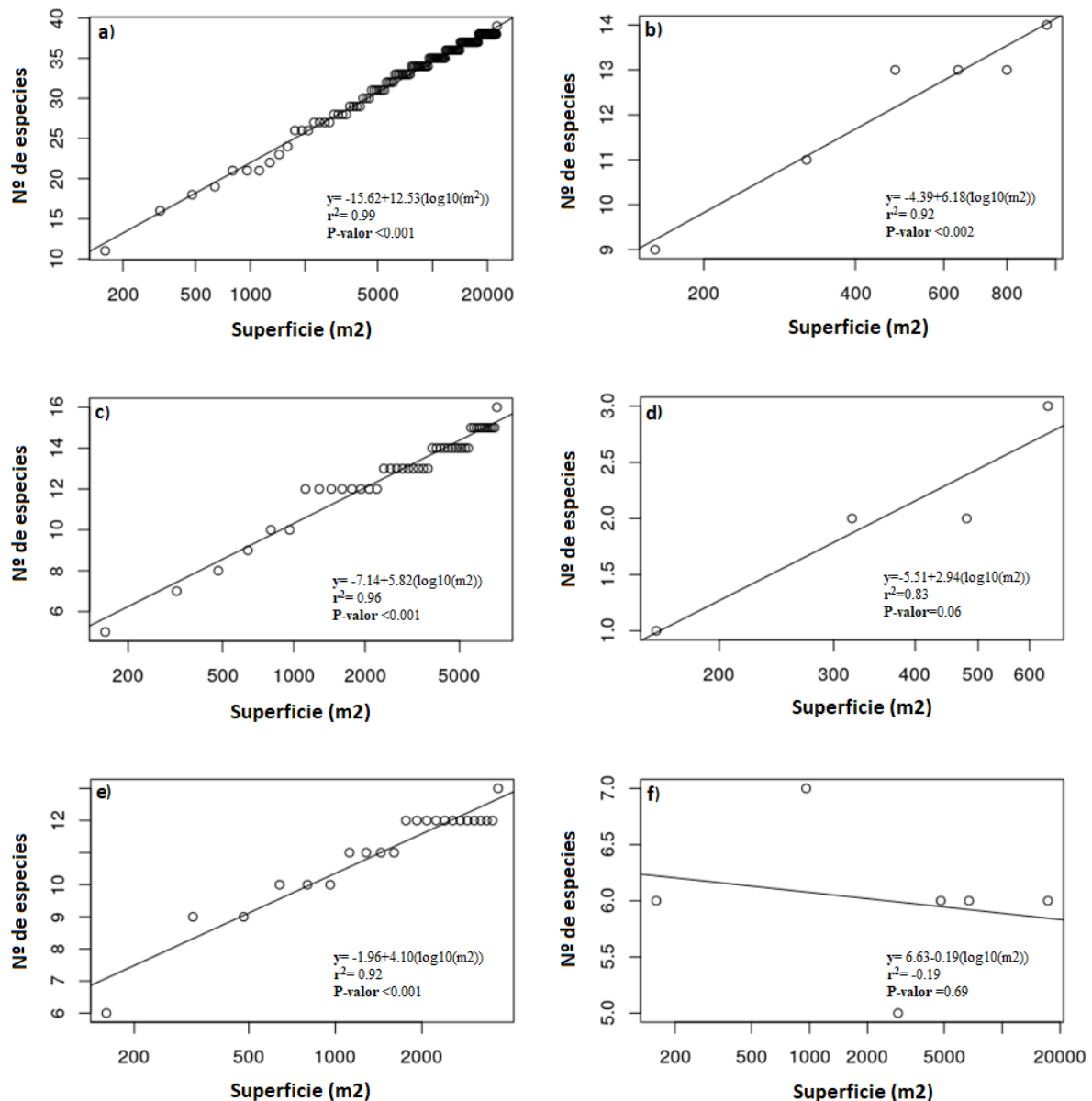


Fig. 3.32. Regresiones establecidas entre la riqueza de especies y la superficie de la unidad de muestreo para las estaciones de invierno y primavera. **a)** riqueza específica; **b)** riqueza de especies residentes; **c)** riqueza de especies migradoras marinas; **d)** riqueza de especies piscívoras; **e)** riqueza de especies zoobentívoras; **f)** dominancia.

Las métricas fueron aplicadas para cada una de las unidades de estudio en las diferentes réplicas temporales. Los valores obtenidos fueron transformados atendiendo a los umbrales de puntuación de cada métrica y a los criterios preestablecidos (Tabla 4.16).

Tabla 4.16. 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
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%

Resultados

Los valores de calidad ecológica, entendiendo ésta como la integración de las diversas métricas que componen el EMFI, se han visto reducidos en las áreas someras impactadas respecto a las zonas control. A pesar de la robustez de la estructura de este índice, hecho que permite deslumbrar casi de forma exclusiva los cambios más consistentes en la calidad ecológica, el deterioro de estas zonas someras es muy patente.

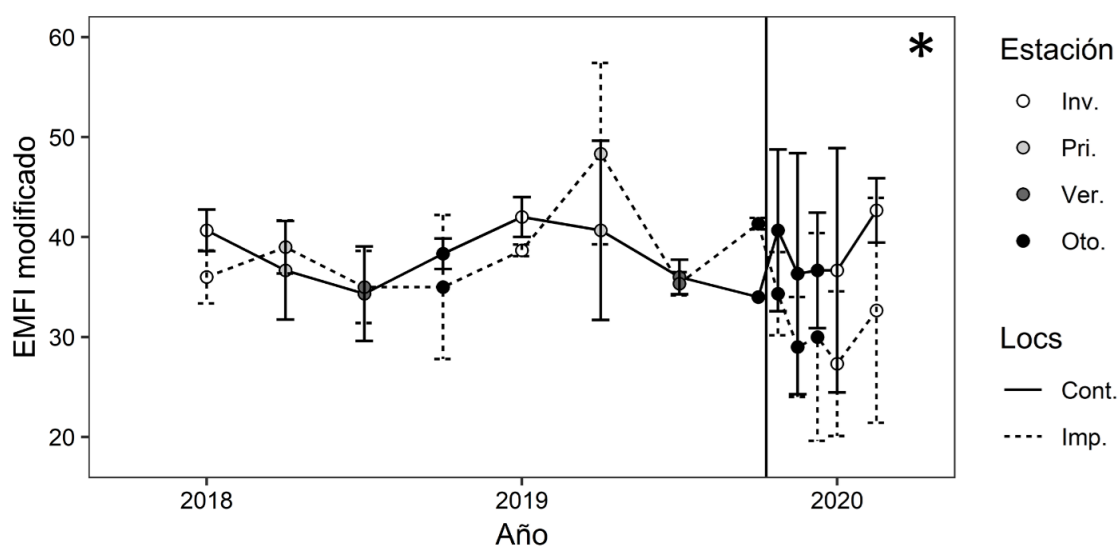


Fig. 4.33. Evolución temporal de la calidad ecológica del conjunto de localidades impactadas y localidades control (ene. 2018 – feb. 2020). Se incluye la desviación estándar (sd) de los valores representados.

La Fig. 4.34. muestra como los principales cambios en la calidad ecológica de las áreas someras se dan en las localidades de Villananitos y Molino de la Calcetera. Por su lado, el área somera de las Encañizadas describió un inicial descenso tras los episodios de mortandad, incrementando los valores del EMFI en los muestreos posteriores. La proximidad de esta última localidad a las golas podría haber amortiguado el impacto en su comunidad de peces, al reducir en la fase inicial los efectos de la mortandad o por albergar un mayor reclutamiento de juveniles procedentes de la zona intermareal de las Encañizadas o del Mediterráneo.

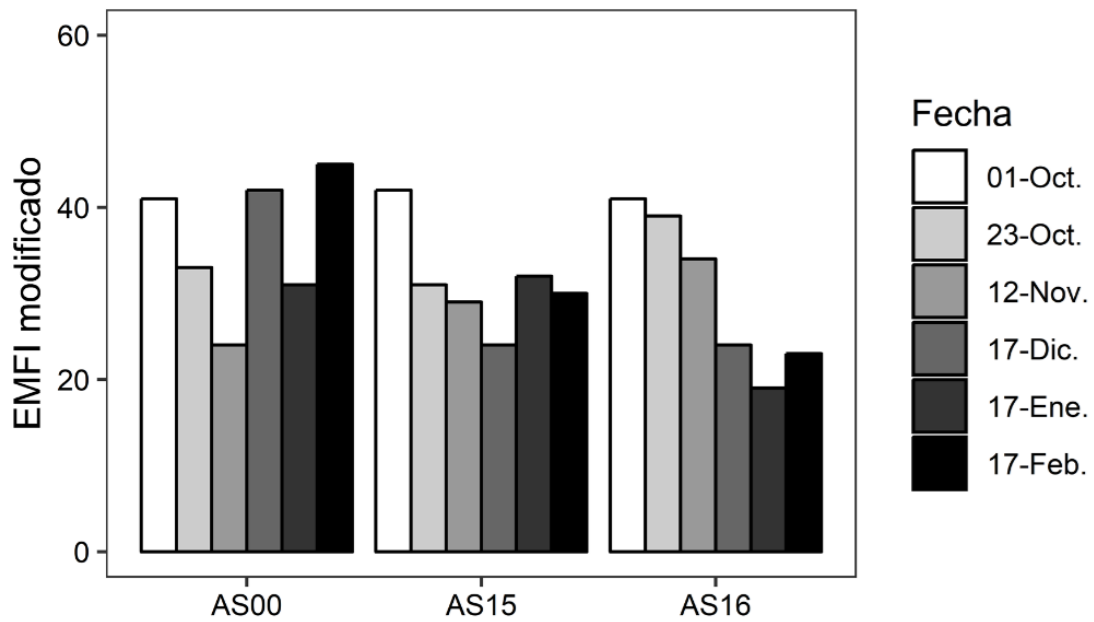


Fig. 4.34. Variación de la calidad ecológica de cada una de las localidades afectadas (oct. 2019 – feb. 2020).

Tabla 4.17. ANOVA de tipo III con aproximación de Kenward Roger del EMFI modificado. Los posibles efectos de la estacionalidad fueron corregidos incluyéndose esta como covariable. **GL:** Grados de libertad; **SS:** Suma de cuadrados; **F:** estadístico F; **P-value < 0.05.**

Factor	GL	SS	F	P
Zona (Imp. Vs Cont.)	1	257.86	6.887	0.011
Periodo (Ant. Vs Des.)	1	179.51	4.794	0.051
Zona * Periodo	1	312.50	8.346	0.005

Tabla 4.18. Exposición de datos de EMFI en cada una de las localidades objeto de seguimiento.

Métricas de la comunidad	Fecha	Localidades control			Localidades afectadas		
		AS02	AS05	AS09	AS15	AS16	AS00
EMFI modificado	Jul.	35	35	38	36	34	36
	01-Oct.	34	NA	NA	42	41	41
	23-Oct.	32	48	42	31	39	33
	12-Nov.	25	49	35	29	34	24
	17-Dic.	30	40	40	24	24	42
	17-Ene.	50	34	26	32	19	31
	17-Feb.	44	45	39	30	23	45

I.7. Evolución del estrés ambiental sobre la comunidad de peces tras el episodio meteorológico “DANA”: síntesis de resultados y conclusiones.

- El análisis mediante el uso de **indicadores descriptores de la comunidad confirma los impactos sufridos** en las localidades objeto de estudio de la cubeta norte, atribuidos éstos al evento de mortandad acontecido tras la DANA.
- La **abundancia, biomasa y la riqueza de especies** mostraron impactos significativos (marginalmente en el caso de la abundancia) que se traducen en reducciones significativas en las zonas impactadas respecto a las zonas control. Este hecho se atribuye principalmente a la disminución y pérdida de especies de carácter bentónico y residente. La **diversidad** no mostró cambios aparentes, a excepción de una disminución acusada y generalizada en las localidades impactadas en el mes de diciembre.
- El asentamiento del alevinaje de especies marinas migrantes enmarcado fenológicamente en las estaciones de invierno y primavera incrementa la representatividad de este gremio dentro de la comunidad y compensando los valores de métricas totales utilizadas para la evaluación (ej. abundancia total de captura, etc.). No obstante, el análisis de cambios en la **abundancia de especies residentes** muestra un descenso significativo en las zonas afectadas por la mortandad, simplificando por tanto la estructura y composición de la comunidad. Estos cambios, a medio y largo plazo, podrían desencadenar impactos ecosistémicos relacionados con la alteración de la red trófica u otras interacciones que se establecen dentro de los hábitats críticos de áreas someras. Por su lado, y a pesar de no detectar diferencias en la **abundancia de capturas de especies marinas migrantes** en las áreas someras impactadas respecto a las zonas control, la detección en el episodio de mortandad de ejemplares juveniles y adultos pertenecientes a este gremio, también podría generar un impacto en las poblaciones a nivel lagunar, siendo éste solo evaluable a medio y largo plazo.
- Los principales gremios taxonómicos afectados en las áreas someras impactadas son **syngnátidos y góbidos**. Estos taxones, que comparten algunos rasgos como su carácter residente en la laguna y su actividad bentónica y escasa capacidad de movimiento, no han mostrado hasta el momento indicios de recuperación. La continuidad de un seguimiento a medio y largo plazo de la comunidad es la herramienta básica para

determinar la recuperación poblacional de estas familias en las zonas afectadas.

- Las áreas someras de las localidades afectadas por las mortandades de peces acontecidas tras el episodio meteorológico DANA han mostrado **cambios en la estructura funcional de su comunidad de peces**. Esta situación alerta sobre la posible pérdida de servicios y funciones ecológicas esenciales para el correcto y equilibrado funcionamiento de estos hábitats críticos, pudiendo mermar su capacidad de respuesta y su papel como zonas de refugio ante eventos de similares características. Las tres localidades afectadas describen un patrón similar en algunas de las métricas analizadas, siendo los cambios más notables los descritos por la dispersión y originalidad funcional. Estas variaciones se traducen en una simplificación de las comunidades de peces de estas áreas someras, incrementando por tanto su redundancia funcional y el desequilibrio estructural en términos de abundancia.
- Los valores de **calidad ecológica**, obtenidos tras la aplicación del EMFI, denotan un acusado deterioro de las zonas impactadas de la cubeta norte. A pesar de la robustez de las métricas y de la estructura de este índice, hecho que permite deslumbrar casi de forma exclusiva los cambios más consistentes en la calidad ecológica, el deterioro de estas zonas someras es muy patente.
- Las áreas someras de las Encañizadas (AS00) conforman aparentemente la localidad impactada con mayor capacidad de respuesta en la comunidad de peces. Este hecho está asociado a la mayor tasa de renovación de agua de esta localidad como consecuencia de su cercanía a las golas que comunican con el Mediterráneo, favoreciendo la recuperación ante los efectos de la mortandad en esta zona. A su vez, la zona intermareal de este humedal ha podido ejercer como zona fuente permitiendo la recolonización de determinadas especies, aspecto que puede haberse observado con incrementos rápidos y significativos de *Aphanius iberus*.

Sección II. Variación de la abundancia de especies de interés a nivel lagunar

II.1. Objetivo, criterios y diseño metodológico.

La variación en los servicios ecosistémicos ofrecidos por las áreas someras para la comunidad ictiológica de la laguna se han evaluado desde dos ópticas diferentes:

- Importancia como zonas de refugio y reproducción de especies de interés conservacionista.
- Importancia como vivero de especies de interés pesquero y comercial.

Para testar en esta línea los posibles cambios en las zonas impactadas del Mar Menor por el episodio de mortandad de octubre de 2019, se han seleccionado 6 taxones, 3 de ellos de interés conservacionista y 3 de interés comercial (Tabla 4.19). Las especies elegidas para su seguimiento desde el punto de vista de su conservación se encuentran recogidas en el Libro Rojo regional (Robledano *et al.* 2006), así como en otros listados o catálogos de especies amenazadas a nivel nacional e internacional, a la vez que se consideran unos de los taxones más representativos de las áreas someras. Por su lado, los taxones considerados de interés comercial representan uno de los principales aportes económicos para los pescadores que faenan en la laguna, siendo a su vez taxones bien representados en las zonas someras, al menos durante el periodo de reclutamiento de su alevinaje.

El análisis de los cambios en las poblaciones de estas especies se ha realizado en términos de abundancia, considerando como unidad de muestreo independiente la localidad (CPUEs: capturas en 480m²). Para detectar la influencia del episodio de mortandad en estas especies se aplicó un diseño BACI (Before-After Control Impact). Para ello se realizó un ANOVA de tipo III con aproximación de Kenward Roger introduciendo los factores: zona (control vs impactadas), periodo (antes vs después del impacto) y zona*periodo. Para evitar los efectos de la estacionalidad dentro del test se incluyó la fecha como covariable.

Tabla 4.19. Especies de interés de conservación e interés comercial seleccionadas. (**RES**) Residente; (**MM**) Marino migrador; (**Bmi**) Microbentívoro; (**Bma**) Macrobentívoro; (**OV**) Omnívoro; (**DV**) Detritívoro.

Especies de interés		
	Estatus	Alimentación
Conservacionista		
<i>Aphanius iberus</i>	RES	Bmi
<i>Pomatoschistus marmoratus</i>	RES	Bmi
<i>Syngnathus abaster</i>	RES	Bmi
Pesquero		
<i>Atherina boyeri</i>	RES	Bmi
Mugilidae	MM	DV
Sparidae	MM	Bma;OV

II.2. Variación en la abundancia de taxones de interés de conservación

Debido a su inclusión en listados y catálogos de protección, su carácter residente en las áreas someras, su escasa movilidad y su representatividad en las capturas, se han evaluado los cambios temporales detectados en las poblaciones de *Syngnathus abaster*, *Pomatoschistus marmoratus* y *Aphanius iberus*, siendo éstas las especies presentes en las áreas someras del Mar Menor con mayor interés desde el punto de vista conservacionista.

Syngnathus abaster

Esta especie mostró un acusado y significativo decremento tras el fenómeno de mortandad en las localidades afectadas respecto a la zona control (Fig. 4.35, Tabla 4.20). El fenómeno de mortandad ocurrió tras su periodo reproductor (febrero-octubre) impidiendo el reclutamiento de los ejemplares alevines. Su escasa capacidad de movimiento también explica esta lenta recuperación. No obstante, es necesario evaluar la situación tras el próximo evento reproductor, con el fin de estudiar su capacidad de colonización y recuperación, así como la viabilidad a largo plazo de esta especie de interés conservacionista en las áreas someras de la cubeta norte. Además, este seguimiento se considera prioritario por el efecto refugio de estos hábitats tras la desaparición de las praderas marinas en las zonas más profundas, sugerido por datos previos.

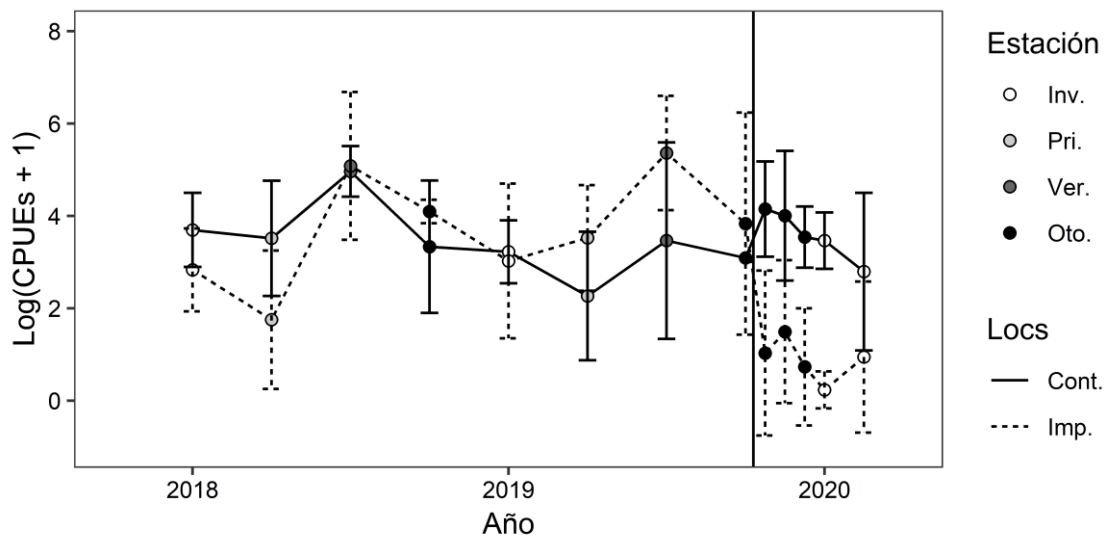


Fig. 4.35. Evolución temporal de las poblaciones de *Syngnathus abaster* en las localidades control e impactadas (ene. 2018 – feb. 2020). Se incluye la desviación estándar (sd) de los valores representados.

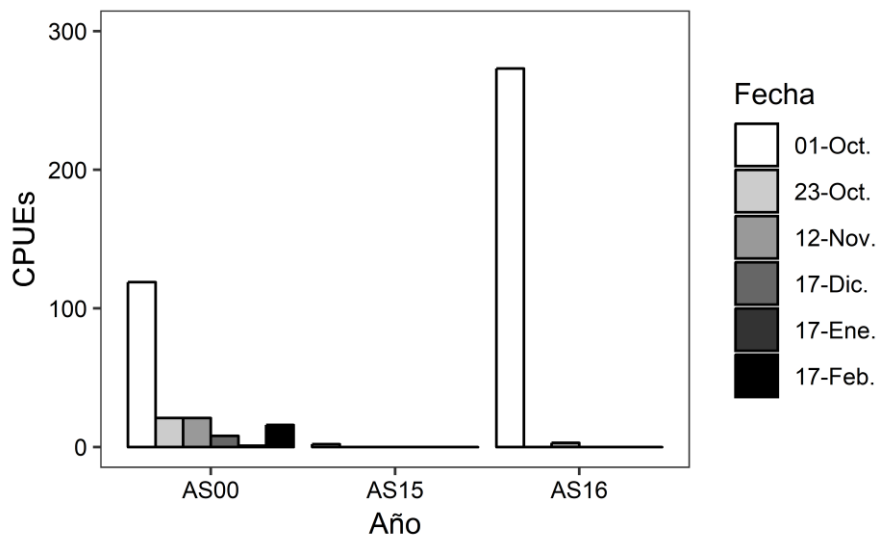


Fig. 4.36. Variación de las CPUEs (480m²) de *Syngnathus abaster* en cada una de las localidades afectadas (oct. 2019 – feb. 2020).

Pomatoschistus marmoratus

La especie residente *P. marmoratus* también ha mostrado un acusado y significativo decremento en las localidades impactadas respecto al control (Fig. 4.37, Tabla 4.20). De nuevo, su escasa capacidad de movimiento y la fecha del impacto, posterior a su periodo reproductor (abril-junio y agosto-septiembre), dificultan su recuperación en el periodo de seguimiento. Es necesario evaluar esta situación tras el nuevo evento reproductor del próximo año, evaluando su capacidad de colonización y recuperación en las áreas someras afectadas. El acusado decremento poblacional de la especie mostrado por los datos previos recopilados en informes anteriores, junto a este localizado impacto, hace prioritario el seguimiento de esta especie propuesta como VU en el Libro Rojo de la Región de Murcia.

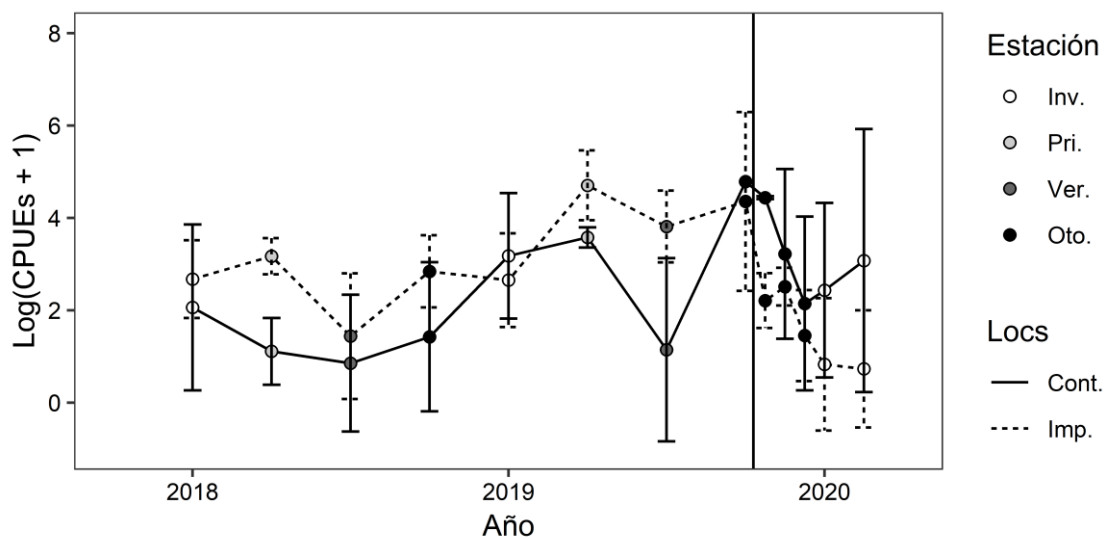


Fig. 4.37. Evolución temporal de las poblaciones de *Pomatoschistus marmoratus* en las localidades control e impactadas (ene. 2018 – feb. 2020). Se incluye la desviación estándar (sd) de los valores representados.

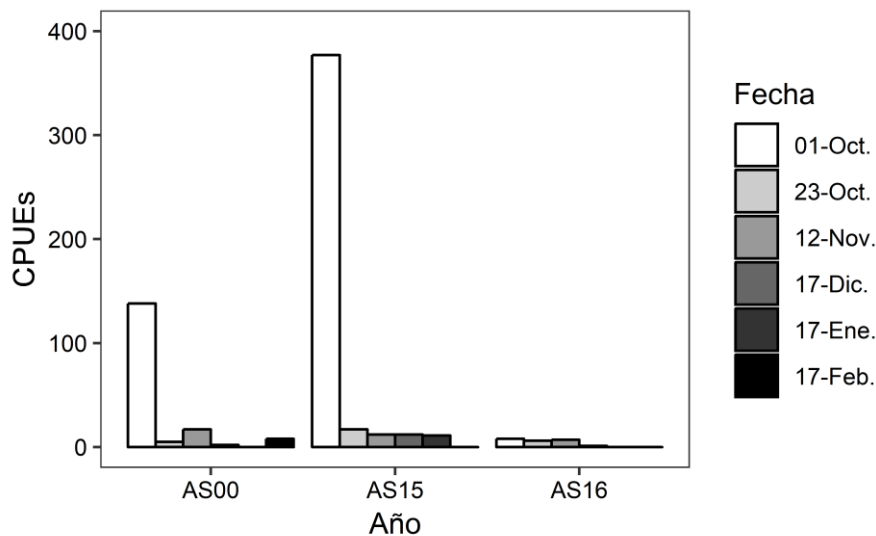


Fig. 4.38. Variación de las CPUEs (480m²) de *Pomatoschistus marmoratus* en cada una de las localidades afectadas (oct. 2019 – feb. 2020).

Aphanius iberus

Pese a su carácter residente, la especie en peligro de extinción *A. iberus* ha mostrado tendencias diferentes a la mayoría de especies de este gremio. No obstante, sus particularidades explican la tendencia constante de sus poblaciones tras el impacto reflejada en los gráficos y test estadísticos (Fig. 4.39, Tabla 4.20). Esta especie presenta sus mejores poblaciones principalmente en los humedales adyacentes a la laguna, con constantes procesos de colonización-extinción en las áreas someras, donde, exceptuando la Playa del Arsenal (AS05) y los puertos de los Urrutias (AS09) y Los Nietos (AS07), alberga menores poblaciones. No obstante, el 17 de diciembre, en las Encañizadas (AS00) se detectó una abundancia de la especie particularmente alta. El retroceso de la línea de costa en el Mar Menor tras el fenómeno conocido como “la seca”, típico de la estación invernal, incrementó la irregularidad de la orilla, creando condiciones de bajo hidrodinamismo que, junto al refugio generado por la proliferación masiva del alga filamentosa *Cladophora sp.*, significaron unas condiciones idóneas para la colonización de ejemplares procedentes de la zona intermareal de la Encañizada. La reducción de la competencia debida a la mortandad masiva pudo complementar esto, al tratarse de una especie muy sensible a ella, no obstante, estos valores no se volvieron a repetir en muestreos posteriores.

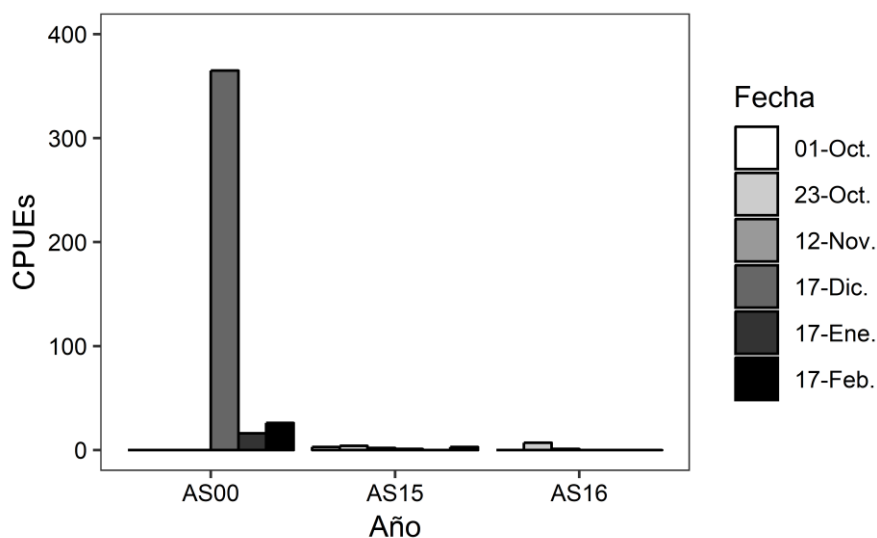
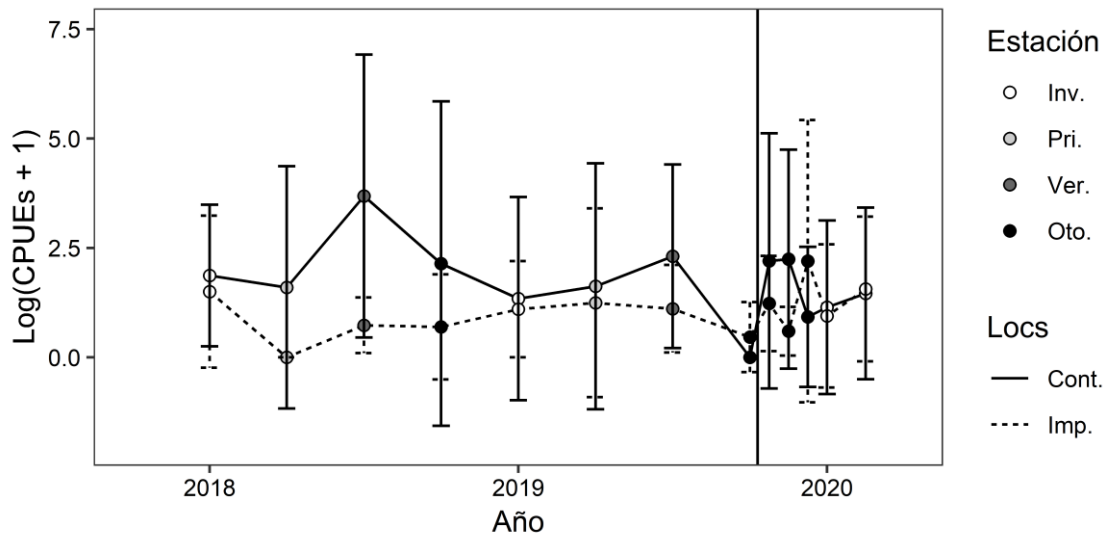


Tabla 4.20. ANOVA de tipo III con aproximación de Kenward Roger de la abundancia de los taxones de interés conservacionista evaluados. Los posibles efectos de la estacionalidad fueron corregidos incluyéndose esta como covariable. **GL:** Grados de libertad; **SS:** Suma de cuadrados; **F:** estadístico F; **P-value < 0.05.**

	Factor	GL	SS	F	P
<i>S. abaster</i>	Zona (Imp. Vs Cont.)	1	28.051	16.049	< 0.001
	Periodo (Ant. Vs Des.)	1	20.071	11.484	0.006
	Zona * Periodo	1	38.397	21.969	< 0.001
<i>P. marmoratus</i>	Zona (Imp. Vs Cont.)	1	0.811	0.447	0.506
	Periodo (Ant. Vs Des.)	1	0.831	0.458	0.513
	Zona * Periodo	1	30.692	16.913	< 0.001
<i>A. iberus</i>	Zona (Imp. Vs Cont.)	1	9.136	2.709	0.105
	Periodo (Ant. Vs Des.)	1	0.016	0.005	0.946
	Zona * Periodo	1	3.21	0.952	0.333

II.2. Variación en la abundancia de taxones de interés comercial

Las áreas someras del Mar Menor son vitales para la reproducción y reclutamiento del alevinaje de las diferentes especies de carácter migrador que coexisten en la laguna. Dada la relevancia económica del sector pesquero en las poblaciones perimetrales de la laguna, se han analizado en términos de abundancia los cambios acontecidos en tres de los principales taxones pesqueros del Mar Menor: *Atherima boyeri*, *Mugilidae* y *Sparidae*.

Familia *Sparidae*

Como se puede apreciar en la Fig. 4.41, la familia *Sparidae* no ha mostrado cambios significativos derivados de la mortandad masiva. La marcada relevancia de la estacionalidad del reclutamiento de este grupo de especies marinas migrantes en las áreas someras condiciona fuertemente la abundancia de sus capturas. El asentamiento de estas especies tiene lugar predominantemente en las estaciones de invierno y primavera, por lo que el fenómeno de mortandad no afectó directamente a los estadios juveniles. No obstante, cabe añadir que entre las especies recolectadas muertas se detectaron estadios principalmente adultos de diversas especies de esta familia, ya que otoño es el periodo en el que los ejemplares reproductores utilizan la laguna para desovar.

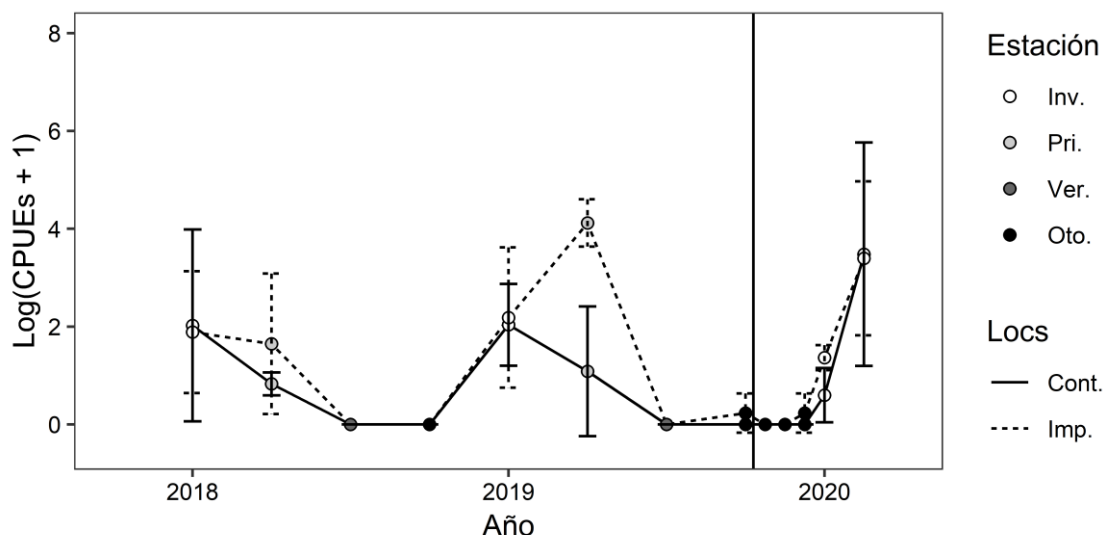


Fig. 4.41. Evolución temporal de las poblaciones de espáridos en las localidades control e impactadas (ene. 2018 – feb. 2020). Se incluye la desviación estándar (sd) de los valores representados.

El pico de capturas observado en la Fig. 4.42 en las localidades de las Encañizadas (AS00) y la playa de Villanitos (AS15) durante los muestreos del mes de febrero, viene determinado por el asentamiento de los primeros estadios larvarios de espáridos, principalmente *Sparus aurata* y *Sarpa salpa*.

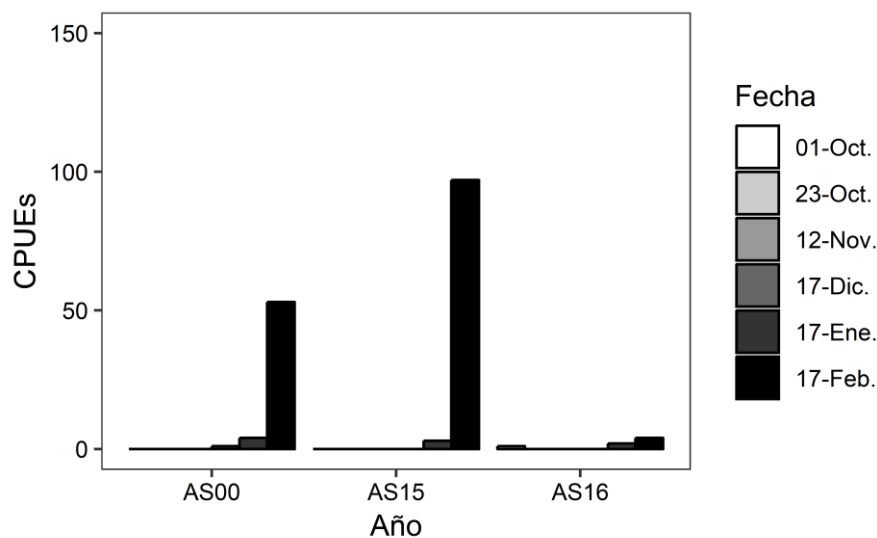


Fig. 4.42. Variación de las CPUEs (480m²) de espáridos en cada una de las localidades afectadas (oct. 2019 – feb. 2020).

Familia *Mugilidae*

Al igual que en el caso anterior, la familia *Mugilidae* no ha mostrado cambios significativos asociados a la mortandad en las localidades impactadas (Fig. 4.43). Aunque la abundancia de este grupo es relevante durante todo el año, al igual que los espáridos, su reclutamiento se centra en los meses de invierno y primavera. El fenómeno de mortandad acontecido de forma previa al asentamiento de sus estadios juveniles, así como la elevada capacidad de movimiento de las especies que componen este taxón, explican la ausencia de impactos. No obstante, al igual que ocurre con espáridos, entre los ejemplares muertos tras el fenómeno se detectaron ejemplares pertenecientes a este grupo.

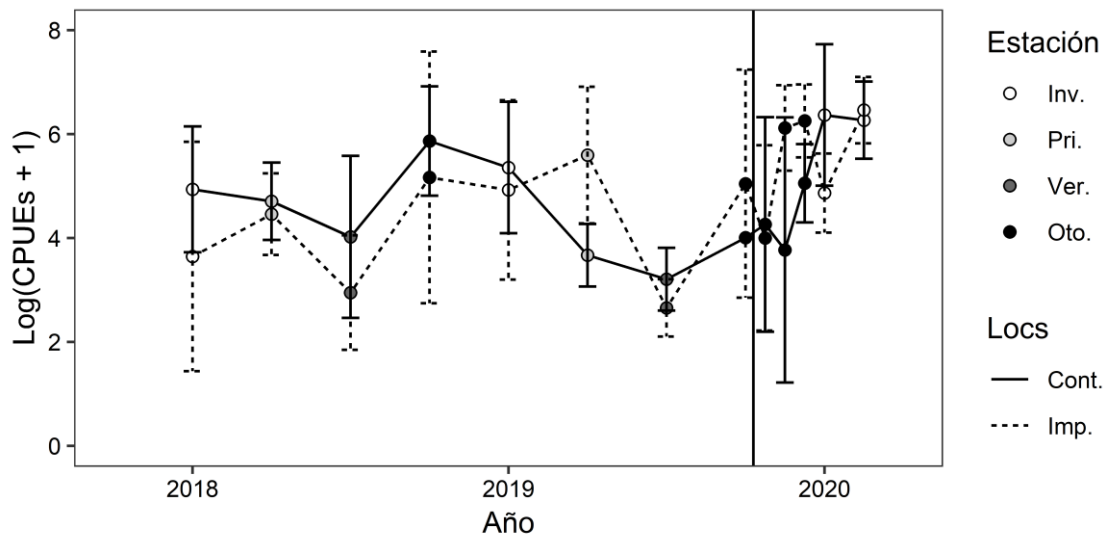


Fig. 4.43. Evolución temporal de las poblaciones de mugílidos en las localidades control e impactadas (ene. 2018 – feb. 2020). Se incluye la desviación estándar (sd) de los valores representados.

La elevada abundancia de estas especies en las áreas someras del Mar Menor, así como su carácter gregario, facilitan la aparición esporádica de picos de capturas en las localidades objeto de seguimiento, tal y como se observa en diversas ocasiones en la Fig. 4.44.

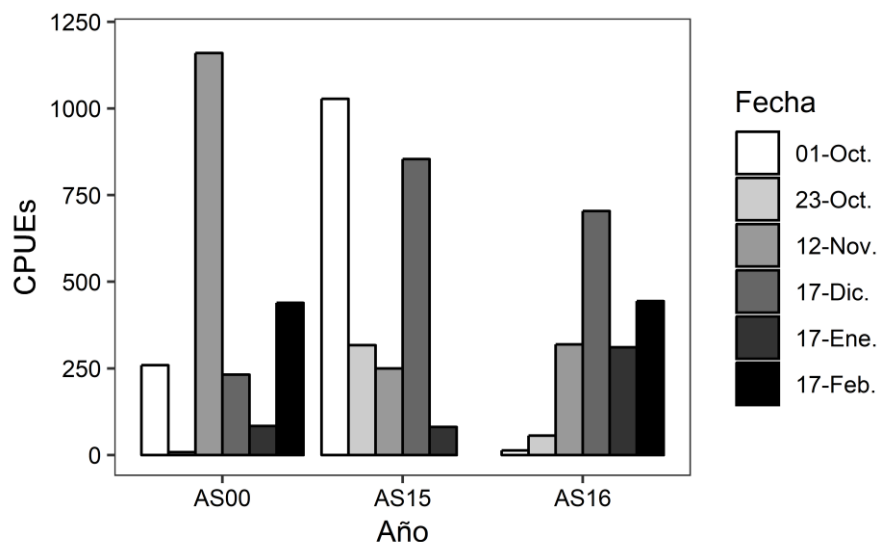


Fig. 4.44. Variación de las CPUEs (480m²) de mugílidos en cada una de las localidades afectadas (oct. 2019 – feb. 2020).

Atherina boyeri

La especie residente *A. boyeri* ha mostrado un impacto significativo en las zonas afectadas tras la mortandad. No obstante, este impacto no se detectó hasta la 2ª réplica post-mortandad (noviembre) (Fig. 4.45, Tabla 3.21). La elevada capacidad de movimiento de la especie pudo permitir la captura de ejemplares procedentes de otros lugares menos impactados de la laguna durante el primer muestreo posterior a la mortandad, no obstante, la continuación del seguimiento reflejó este notable decremento en la zona. Una posible selección de ambientes más oxigenados por parte de esta especie particularmente sensible a la anoxia, así como una elevada mortandad de ejemplares en la zona norte y un periodo reproductivo más tardío (marzo-julio), podrían explicar esta situación.

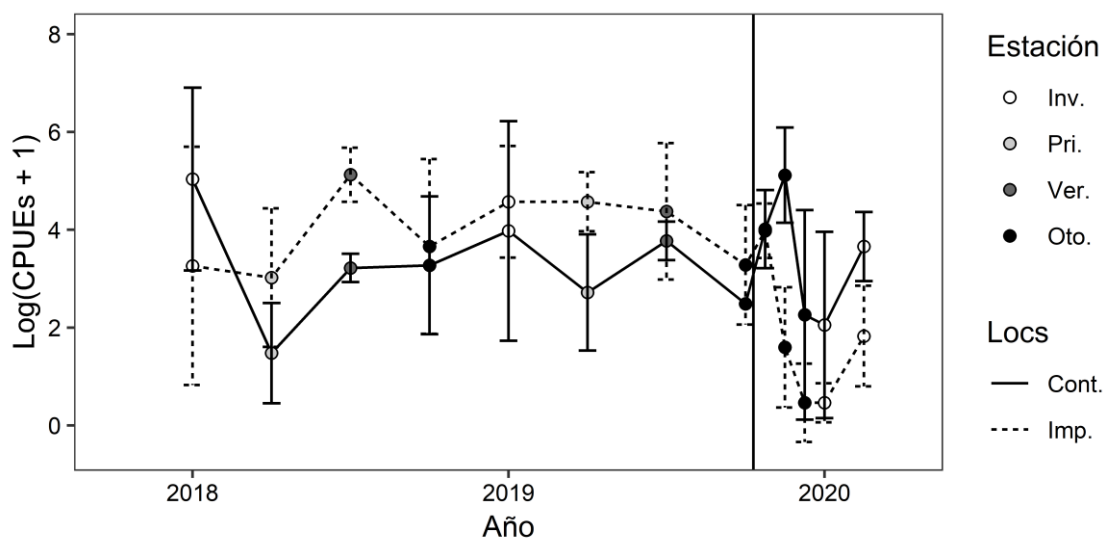


Fig. 4.45. Evolución temporal de las poblaciones de *Atherina boyeri* en las localidades control e impactadas (ene. 2018 – feb. 2020). Se incluye la desviación estándar (sd) de los valores representados.

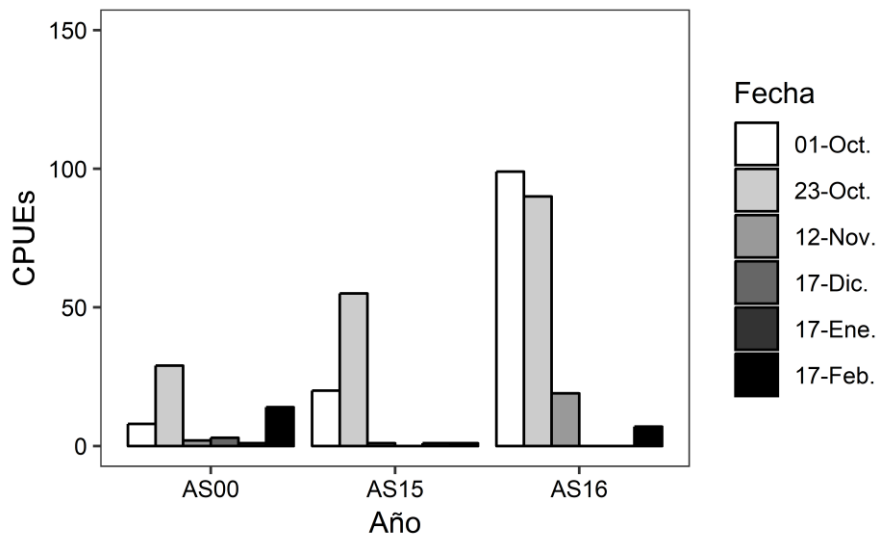


Fig. 4.46. Variación de las CPUEs (480m²) de *Atherina boyeri* en cada una de las localidades afectadas (oct. 2019 – feb. 2020).

Tabla 4.21. ANOVA de tipo III con aproximación de Kenward Roger de los taxones de interés comercial evaluados. Los posibles efectos de la estacionalidad fueron corregidos incluyéndose esta como covariable. **GL:** Grados de libertad; **SS:** Suma de cuadrados; **F:** estadístico F; **P-value < 0.05.**

	Factor	GL	SS	F	P
<i>Sparidae</i>	Zona (Imp. Vs Cont.)	1	0.130	0.065	0.800
	Periodo (Ant. Vs Des.)	1	7.203	3.579	0.085
	Zona * Periodo	1	1.742	0.865	0.356
<i>Mugilidae</i>	Zona (Imp. Vs Cont.)	1	2.220	2.519	0.118
	Periodo (Ant. Vs Des.)	1	0.015	0.017	0.900
	Zona * Periodo	1	0.509	0.578	0.450
<i>A. boyeri</i>	Zona (Imp. Vs Cont.)	1	4.959	2.721	0.104
	Periodo (Ant. Vs Des.)	1	7.646	4.196	0.065
	Zona * Periodo	1	27.321	14.992	< 0.001

II.3. Evaluación del estrés ambiental sobre servicios ecosistémicos de las áreas someras: síntesis de resultados y conclusiones.

El análisis de cambios en las abundancias de especies de interés de conservación presentes en las áreas someras del Mar Menor afectadas por los episodios de mortandad, refleja principalmente que:

- ***Syngnathus abaster*** y ***Pomatoschistus mamoratus*** mostraron un acusado decremento en su abundancia en las áreas someras impactadas respecto a las zonas control, sin signos de recuperación durante el periodo de estudio. Este hecho se asocia a su carácter residente en la laguna y a su escasa capacidad de movimiento, siendo por ello algunos de los taxones más afectados durante el episodio de mortandad. Se considera prioritario el desarrollo de un seguimiento continuado que permita evaluar su respuesta y capacidad de recuperación a medio y largo plazo.
- ***Aphanius iberus*** no mostró signos de afección en su abundancia tras el fenómeno de mortandad, respuesta asociada a su peculiar ecología y plasticidad en la colonización rápida de estos hábitats someros. Si bien, su recuperación es aparente principalmente en la zona de Las Encañizadas.

El servicio ecosistémico de asentamiento, reclutamiento y refugio de especies de interés conservacionista en la cubeta norte se encuentra, al menos de momento, mermado tras el fenómeno de mortandad masiva. Si bien, las localidades no afectadas por éste impacto puntual siguen cumpliendo estos criterios. No obstante, ante una degradación del ecosistema lagunar prolongada en el tiempo, otras áreas someras podrían verse afectadas por fenómenos anóxicos similares, pudiendo comprometer en su conjunto los servicios ecosistémicos ofrecidos por estos hábitats críticos.

El análisis de cambios en las abundancias de especies de interés comercial presentes en las áreas someras del Mar Menor afectadas por los episodios de mortandad, refleja principalmente que:

- El taxón ***Sparidae*** no mostró afectada su abundancia en las localidades objeto de estudio. Este hecho tiene su explicación en la elevada capacidad de movimiento de las especies integrantes de esta familia y en su asentamiento en las áreas someras de forma posterior al episodio de mortandad, de acorde a su fenología natural asociada a su migración y aumento de su abundancia lagunar en las estaciones de invierno y primavera. No obstante, cabe resaltar que el decremento general observado en estudios previos durante 2018-2019, hace de esta familia un taxón objetivo de futuros seguimientos.
- ***Mugilidae*** no mostró ningún impacto en la abundancia del alevinaje evaluado en las áreas someras afectadas. Si bien estas especies están presentes todo el año, sus mayores abundancias se dan en invierno y primavera, lo que junto a su gran capacidad de movimiento explica la ausencia de impacto. No obstante, cabe recordar el decremento general mostrado en estudio previos de algunas especies de esta familia.
- ***Atherina boyeri*** mostró un acusado decremento de su abundancia, con ausencia de signos de recuperación en las localidades impactadas. Su carácter residente, su particular sensibilidad a condiciones anóxicas y su periodo reproductor posterior a los muestreos explican este hecho. No obstante, la ausencia de un periodo de asentamiento del alevinaje tras la mortandad masiva impide evaluar correctamente su capacidad de recuperación, siendo necesario un seguimiento continuado para evaluar su estatus poblacional.

El servicio ecosistémico de asentamiento de especies de interés comercial marinas migrantes no muestra un impacto similar al observado en residentes. El carácter migrador de espáridos y mugílidos y su asentamiento principalmente invierno-primaveral ha favorecido su rápida observación en la zona. No obstante, el paulatino decremento de estas especies en los estudios previos, así como la mortandad de tallas superiores a las estudiadas en las áreas someras, podrían comprometer este servicio ecosistémico a largo plazo. Por otro lado, el servicio ecosistémico de asentamiento y reclutamiento de especies de interés comercial residentes sí que ha sufrido un notable impacto, posiblemente asociado a la susceptibilidad de *Atherina boyeri* a ambientes con carencia de oxígeno.

Sección III. Variación estacional de los indicadores descriptores de la comunidad y de la calidad ecológica de las áreas someras durante el periodo 2018-2020.

En este apartado se resume de forma gráfica la evolución temporal de los diferentes índices descriptores de la comunidad de peces (abundancia total, biomasa total, riqueza específica e índice de diversidad de Shannon) y de la calidad ecológica (EMFI) de las áreas someras del Mar Menor durante el periodo: invierno 2018 – invierno 2020.

Los muestreos realizados durante la campaña invernal de 2020 se han centrado en las 18 localidades objetivo de seguimiento de los estudios desarrollados en años previos, cumpliendo así con la replicabilidad y estandarización de los mismos. Como se observa en la Fig. 4.47, los resultados observados en las métricas de abundancia, biomasa y diversidad son por lo general similares al resto de estaciones invernales. No obstante, los valores de riqueza tienden a ser menores y con mayor dispersión entre localidades en invierno de 2020. También cabe destacar el decremento y los mínimos alcanzados por los valores de calidad ecológica (EMFI) en este periodo. Este hecho se debe principalmente a las bajas puntuaciones obtenidas en las localidades impactadas por el episodio de mortandad, afectando por tanto a la valoración lagunar.

La extensión en el tiempo de este seguimiento permitiría evaluar las tendencias mostradas por los diferentes índices aquí considerados. Su priorización se considera indispensable para la determinación y control de la evolución e hipotética recuperación de las áreas impactadas. A su vez, el actual riesgo de episodios de mortandad asociados a picos de anoxia, principalmente durante las estaciones de primavera y verano, hace visible la necesidad de un continuado monitoreo que permita determinar si los efectos negativos detectados en la cubeta norte se hacen extensibles al resto de áreas someras de la laguna. Por último, el conocimiento continuo de aquellos hábitats someros de especial relevancia o carácter crítico desde el punto de vista de la conservación de las comunidades de peces podría ser determinante a la hora de tomar decisiones o medidas urgentes destinadas a controlar o paliar posibles efectos negativos en las áreas someras.

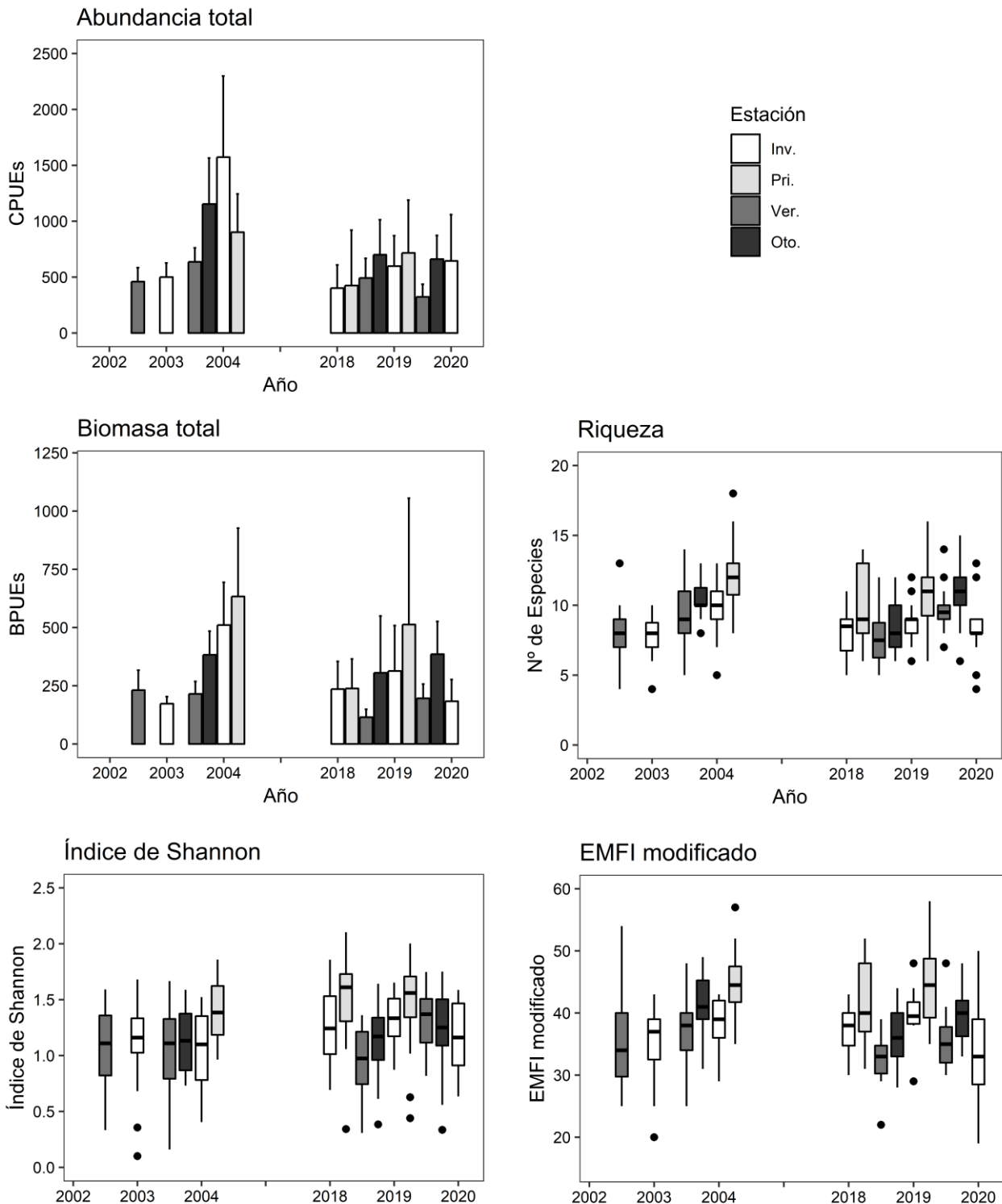


Fig. 4.47. Evolución temporal de los diferentes índices descriptores de la comunidad (abundancia total, biomasa total, riqueza específica e índice de diversidad de Shannon) y de la calidad ecológica (EMFI) de las áreas someras. Periodo: invierno 2018 – invierno 2020.

Tabla 4.22. Test de Kruskal-Wallis sobre el factor periodo para las métricas descriptoras de la comunidad en los inviernos estudiados. Cuando este mostró cambios significativos se realizó el test por pares de Wilcoxon con ajuste de Bonferroni. GL: Grados de libertad; X²: estadístico X²; **P-value < 0.05.**

Métrica	GL	X ²	P	Test de Wilcoxon
Abundancia total	4	25.074	< 0.001	Ciclo 2 > (Ciclo 1 = Ciclo 3 = Ciclo 4 = Ciclo 5)
Biomasa total	4	21.917	< 0.001	Ciclo 2 > (Ciclo 1 = Ciclo 5)
Riqueza	4	15.981	0.003	Ciclo 2 > Ciclo 1
Índice de Shannon	4	6.176	0.186	-
EMFI modificado	4	14.535	0.006	Ciclo 4 > Ciclo 1

5. Informes y recomendaciones adicionales destinadas a mitigar impactos sobre la comunidad de peces del perímetro lagunar

5.1. Protocolo de acción rápida para la extracción, transporte y traslocación de especies de interés: *Anguilla anguilla*.

Se solicitó la realización de un protocolo de respuesta rápida en el transporte y translocación de especies de peces de interés como parte de las acciones de mitigación a implementar durante la gestión de las mortandades de peces. Acorde a las observaciones realizadas se procede a priorizar este protocolo con la especie objetivo *Anguilla anguilla*.

Objetivo

El objetivo del documento es describir una metodología de rápida ejecución para mitigar el efecto de las mortandades observadas en las zonas perimetrales de la laguna sobre especies de interés, siendo el caso de *Anguilla anguilla*.

La translocación hace referencia a las acciones de manipulación y transporte de los ejemplares capturados a otros sectores o localidades del perímetro lagunar que deberían ser consensuados previamente con los responsables de la Administración (DGMM y DGMN, OISMA).

Manejo, transporte y translocación. Generalidades.

Los ejemplares capturados mediante las distintas metodologías (principalmente con salabres) se depositan inicialmente en **viveros o contenedores de aclimatación** asegurando una oxigenación adecuada y una temperatura del agua inferior a la de la playa en 2-3 °C. Los ejemplares están moribundos y/o muy estresados con una demanda fisiológica muy alta. Hay que evitar cualquier choque térmico. La aclimatación a los contenedores de transporte debe hacerse de forma gradual. Deberá vigilarse periódicamente el estado de dichos ejemplares, puede resultar conveniente enfriar el agua mediante barras refrigerantes (hielo), manteniendo una temperatura no superior a la indicada.

Los viveros o contenedores de aclimatación y transporte deben utilizar **agua de la laguna NO procedente de la localización exacta de la mortandad.**

Hay que **eliminar los ejemplares muertos dentro de estos viveros o contenedores** de aclimatación y únicamente plantear el traslado con ejemplares en proceso de recuperación.

El traslado se realizará en contenedores (cubas) con agua fresca y oxigenada con una tasa de carga o capacidad de transporte evaluada en función del tamaño de los ejemplares, temperatura y duración del transporte (**capacidad de carga aproximada de 50 kg por 500 l**). [Para anguilas subadultas/plateadas la capacidad de carga máxima de una cuba de 500l no debe superar nunca los 50-55 kg. Es mejor transportar pocas anguilas en buen estado de salud que muchas y que lleguen con una condición física límite].

La cantidad de anguilas máxima antes indicada depende de que el agua en el que se transporta los ejemplares mantenga permanentemente las siguientes características básicas:

[Recomendaciones para un traslado superior a 60 minutos]- La concentración de oxígeno en el agua de transporte no debe ser nunca inferior a 12-15 mg/l o ppm. El **traslado es recomendable realizarlo con agua saturada de oxígeno**, el mínimo de saturación debe mantenerse en un 80%. Además, en el caso de transporte de anguilas en restocking suele **emplearse oxígeno y no únicamente aireadores** [Los contenedores deben presentar un sistema de suministro de oxígeno mediante difusores. Los peces con niveles de stress elevado van a consumir más Oxígeno Disuelto (OD). El stock de transporte puede sufrir pérdidas con niveles de oxígeno disuelto inferiores a 5 mg/l.]

[Recomendaciones para un traslado corto inferior a 60 minutos]- La concentración de oxígeno en el agua de transporte no debe ser nunca inferior a 8 mg/l o ppm. Si bien, para reanimar a los ejemplares es recomendable **agua saturada de oxígeno** en el primer momento. Hay que valorar que el stock de transporte puede sufrir pérdidas con niveles de oxígeno disuelto inferiores a 5 mg/l.]

- En todos los casos es **recomendable que la temperatura del agua no supere nunca los 14-15 °C** (periodo de transporte inferior a los 60 minutos), esto se puede conseguir echando hielo al agua donde se trasladan los ejemplares. Tampoco es recomendable que sea inferior a los 6-8°C para evitar

un choque térmico muy elevado. Debe mantenerse en esos números durante el periodo completo del transporte. El descenso de temperatura debe hacerse de forma gradual, un descenso 2-3°C por cada 20 minutos hasta alcanzar los 14-15 °C. Es decir, si la temperatura del Mar Menor es muy superior a los 14-15°C no deben meterse directamente en los tanques de transporte con agua, hay que aclimatarlas (Punto primero). **[En su defecto, el criterio debe ser mantener temperaturas no muy elevadas durante el transporte]**

Los individuos se deben mantener tranquilos durante el transporte. Es conveniente que se mantengan a oscuras, a salvo de ruidos repentinos y movimientos bruscos. Durante el transporte hay que examinar las anguilas transportadas. Un signo de estrés es que las anguilas estén en continuo movimiento y por la superficie del agua. Las anguilas no estresadas se mantienen bastante quietas cerca del fondo de la cuba.

Una vez en destino hay que tomar la temperatura del agua en la zona donde se van a liberar las anguilas. Si ésta es significativamente superior a la existente en la cuba (diferencias superiores a los 3-4 °C), se deben también aclimatar de forma progresiva. De forma igual a la inclusión en la cuba de transporte, debemos evitar el choque térmico en la liberación.

Los individuos transportados se aclimatarán gradualmente al agua en la que van a ser liberados. En el caso de existir una notable diferencia en las condiciones ambientales puede procederse a la sustitución progresiva del agua del tanque de transporte por agua del medio receptor para evitar un choque térmico y el consiguiente aturdimiento. Incluso si la temperatura del agua en la zona de destino es similar a la existente en la cuba, se debe proceder igualmente a reemplazar progresivamente el agua de la cuba por la de recepción, este proceso de cambio se debe hacer regularmente para evitar los cambios en el pH, dióxido de carbono, concentración de amoníaco, salinidad, etc. Es recomendable que el **proceso de reemplazo de un agua por otra NO debe tardar menos de 30 minutos**.

La suelta de ejemplares siempre se debe realizar cogiéndolos con cuidado con un salabre y soltándolos en el agua, nunca esta liberación debe hacerse abriendo el grifo de desagüe de la cuba.

Selección de puntos de suelta y liberación: Propuesta.

La localización de los puntos de suelta y liberación puede estar condicionada por la logística de la acción. Estableciendo como **criterios prioritarios**:

Traslado y liberación rápida.

Localizaciones con efectos mínimos de los procesos derivados de la anoxia lagunar a corto y medio plazo.

Listado NO priorizado de localizaciones potenciales:

- *Salinas de San Pedro del Pinatar*: Canal de entrada desde Molino de Calcetera, primeras balsas de acumulación con salinidades similares a la laguna.
- *Rambla del albuñón*: Desembocadura y/o zonas próximas a la desembocadura.
- *Veneziola* (37°46'40.6"N 0°45'02.4"W) y *Encañizadas*.
- *Zonas del Estacio*: principalmente en comunicación del estacio con la laguna.
- *Gola de Marchamalo*.
- *Canal norte en Salinas de San Pedro*: Evaluar estado de físico química del agua, sistema comunicado con el mojón.
- *Punta Lengua de vaca*.

Recomendaciones.

En caso de practicar translocaciones por otras entidades: ONGs, voluntariado, etc., los criterios generales deben ser aproximados los propuestos en este protocolo. La translocación de los ejemplares debe ser comunicada a la administración.

Es recomendable establecer contacto con la Asociación ANSE y la cofradía de pescadores para establecer sinergias en la acción. A través del proyecto “Pesquerías sostenibles de Anguila en red natura 2000”, la Asociación ANSE ha realizado marcaje de anguilas. Las anguilas que se detecten muertas o potenciales para la traslocación con marcas deberían registrarse e informar de la localización de captura y liberación.

Es recomendable realizar un control sanitario y/o de toxicidad de una muestra de ejemplares con la mayor celeridad posible. En caso de existir riesgo de transmisión de patógenos, etc., deberá procederse al sacrificio de ejemplares y evitar posibles translocaciones futuras.

Es recomendable realizar un seguimiento postliberación en las localidades puntuales para evaluar de forma rápida la viabilidad de las sueltas.

6. Síntesis de actuaciones, resultados y conclusiones.

- En esta memoria se recogen las **actividades de evaluación inmediata y prolongada en el tiempo** de los impactos del episodio meteorológico DANA, y sus mortandades asociadas, en las comunidades de peces de las áreas someras del Mar Menor. A su vez, se incluye un protocolo de actuación temprana para la extracción, transporte y traslocación de especies de interés ante eventos de similares características.
- El análisis mediante el uso de indicadores descriptores de la comunidad confirma los impactos sufridos en las localidades objeto de estudio de la cubeta norte. La **abundancia, biomasa** y la **riqueza de especies** mostraron un declive significativo en las zonas impactadas respecto a las zonas control. Este hecho se atribuye principalmente a la disminución y pérdida de especies de carácter bentónico y residente.
- La estructura y composición de la comunidad estudiada en las áreas someras refleja un **claro impacto en la abundancia de las especies residentes**, no detectándose en el alevinaje de especies marinas migrantes que, acorde a su ecología lagunar, muestran un incremento representativo en la estación invernal. Esto refleja una simplificación de la comunidad, lo que puede ocasionar impactos futuros en el ecosistema lagunar.
- **Los principales gremios taxonómicos afectados en las áreas someras impactadas son syngnátidos y góbidos.** Estos taxones, que comparten algunos rasgos como su carácter residente, su actividad bentónica y escasa capacidad de movimiento, no han mostrado hasta el momento indicios de recuperación. Se considera indispensable su seguimiento para determinar la respuesta de estas familias a medio y largo plazo.
- Las áreas someras de las localidades afectadas por las mortandades de peces acontecidas tras el episodio meteorológico DANA han mostrado **cambios en la estructura funcional de su comunidad de peces.** Estas variaciones se traducen en una simplificación de las comunidades de peces de estas áreas someras. En este sentido, la presente situación alerta sobre la **posible pérdida de servicios y funciones ecológicas esenciales.**
- Las áreas someras de la cubeta norte impactadas por el fenómeno de mortandad han sufrido un **drástico impacto en las poblaciones de**

Syngnathus abaster*, *Pomatoschistus marmoratus* y *Atherina boyeri, comprometiendo servicios ecosistémicos relacionados con el mantenimiento de especies de interés conservacionista y pesqueras residentes en la laguna, que podría extenderse al perímetro lagunar completo.

- El alevinaje de mugílidos y espáridos en áreas someras no se ha visto comprometido, debido principalmente al periodo de asentamiento mayoritario de estos taxones en invierno y primavera. No obstante, la muerte de ejemplares adultos y juveniles en el episodio de octubre, así como el decremento observado en estudios previos sugieren un posible impacto con efectos a largo plazo en el conjunto de las áreas someras.
- **Los valores de calidad ecológica, obtenidos tras la aplicación del EMFI, denotan un acusado deterioro de las zonas impactadas de la cubeta norte.** A pesar de la robustez de las métricas y de la estructura de este índice, hecho que permite deslumbrar casi de forma exclusiva los cambios más consistentes en la calidad ecológica, el deterioro de estas zonas someras es muy patente.
- En términos generales, **la comunidad de peces de las áreas someras afectadas por la mortandad se ha visto impactada notablemente.** La repetición de eventos de mortandad en el perímetro lagunar podría comprometer la capacidad de respuesta y el efecto refugio de las áreas someras sugerido en trabajos previos. Es básico evaluar la respuesta de esta comunidad de peces a medio y largo plazo.

7. 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. & 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.
- 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**.
- 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.

- 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.
- 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.
- 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.
- 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., 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., 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 metodología de seguimiento. Universidad de Murcia”.
- 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.
- 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., 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.
- 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.
- 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.
- 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.

ANEXO I

Tabla 1. Valores de abundancia de las diferentes especies en las localidades objeto de seguimiento durante el periodo julio 2019 - febrero 2020

Especies	Fecha	Localidades control			Localidades afectadas		
		AS02	AS05	AS09	AS15	AS16	AS00
<i>A. iberus</i>	Jul.	0	59	16	6	3	0
	01-Oct.	0	NA	NA	3	0	0
	23-Oct.	0	246	2	4	7	0
	12-Nov.	0	139	5	2	1	0
	17-Dic.	0	15	0	1	0	365
	17-Ene.	0	30	0	0	0	16
	17-Feb.	0	39	1	3	0	26
<i>A. boyeri</i>	Jul.	27	59	48	307	85	18
	01-Oct.	11	NA	NA	20	99	8
	23-Oct.	66	109	22	55	90	29
	12-Nov.	148	463	66	1	19	2
	17-Dic.	1	3	109	0	0	3
	17-Ene.	42	10	0	1	0	1
	17-Feb.	20	83	32	1	7	14
<i>P. marmoratus</i>	Jul.	30	0	0	33	24	108
	01-Oct.	119	NA	NA	377	8	138
	23-Oct.	81	86	84	17	6	5
	12-Nov.	2	65	78	12	7	17
	17-Dic.	32	0	18	12	1	2
	17-Ene.	98	4	2	11	0	0
	17-Feb.	508	1	9	0	0	8
<i>L. aurata</i>	Jul.	0	0	3	8	2	10
	01-Oct.	0	NA	NA	13	0	1

Especies	Fecha	Localidades control			Localidades afectadas		
		AS02	AS05	AS09	AS15	AS16	AS00
	23-Oct.	1	0	0	0	8	4
	12-Nov.	6	29	0	12	60	6
	17-Dic.	294	82	0	790	688	104
	17-Ene.	115	1204	407	12	237	63
	17-Feb.	243	434	668	778	423	311
<i>L. ramada</i>	Jul.	8	2	13	2	0	2
	01-Oct.	0	NA	NA	0	0	0
	23-Oct.	0	0	1	0	0	0
	12-Nov.	0	1	0	0	0	0
	17-Dic.	0	14	9	38	16	0
	17-Ene.	5	1	414	65	57	1
	17-Feb.	0	5	151	238	0	0
<i>L. saliens</i>	Jul.	4	24	23	4	5	11
	01-Oct.	54	NA	NA	814	13	258
	23-Oct.	16	497	19	89	38	4
	12-Nov.	2	748	4	63	251	1154
	17-Dic.	0	94	49	15	0	117
	17-Ene.	0	118	52	2	17	20
	17-Feb.	0	118	103	148	21	128
<i>M. cephalus</i>	Jul.	0	0	0	0	0	0
	01-Oct.	0	NA	NA	201	0	0
	23-Oct.	0	264	5	228	10	0
	12-Nov.	0	46	5	175	8	0
	17-Dic.	0	0	9	11	0	11
	17-Ene.	0	29	331	2	0	0
	17-Feb.	0	0	151	169	0	0
<i>C. labrosus</i>	Jul.	0	0	3	0	0	0

Especies	Fecha	Localidades control			Localidades afectadas		
		AS02	AS05	AS09	AS15	AS16	AS00
	01-Oct.	0	NA	NA	0	0	0
	23-Oct.	0	0	0	0	0	0
	12-Nov.	0	0	1	0	0	0
	17-Dic.	0	0	0	0	0	0
	17-Ene.	0	0	0	0	0	0
	17-Feb.	0	0	0	0	0	0
<i>L. dalmatinus</i>	Jul.	0	0	0	0	2	0
	01-Oct.	0	NA	NA	0	3	0
	23-Oct.	0	0	0	0	0	0
	12-Nov.	0	0	0	0	0	0
	17-Dic.	0	0	0	0	0	0
	17-Ene.	0	0	0	0	0	0
	17-Feb.	0	0	0	0	0	0
<i>S. pavo</i>	Jul.	2	9	53	9	12	11
	01-Oct.	0	NA	NA	2	28	1
	23-Oct.	0	6	0	0	0	0
	12-Nov.	0	1	0	0	0	0
	17-Dic.	0	0	0	0	1	0
	17-Ene.	0	0	0	0	0	0
	17-Feb.	0	0	0	0	0	0
<i>S. aurata</i>	Jul.	0	0	0	0	0	0
	01-Oct.	0	NA	NA	0	0	0
	23-Oct.	0	0	0	0	0	0
	12-Nov.	0	0	0	0	0	0
	17-Dic.	0	0	0	0	0	1
	17-Ene.	0	2	0	3	2	4
	17-Feb.	5	12	435	97	3	45

Especies	Fecha	Localidades control			Localidades afectadas		
		AS02	AS05	AS09	AS15	AS16	AS00
<i>D. puntazzo</i>	Jul.	0	0	0	0	0	0
	01-Oct.	0	NA	NA	0	0	0
	23-Oct.	0	0	0	0	0	0
	12-Nov.	0	0	0	0	0	0
	17-Dic.	0	0	0	0	0	0
	17-Ene.	1	0	0	0	0	0
	17-Feb.	0	0	0	0	0	0
<i>D. vulgaris</i>	Jul.	0	0	0	0	0	0
	01-Oct.	0	NA	NA	0	0	0
	23-Oct.	0	0	0	0	0	0
	12-Nov.	0	0	0	0	0	0
	17-Dic.	0	0	0	0	0	0
	17-Ene.	0	0	0	0	0	0
	17-Feb.	0	0	0	0	1	8
<i>S. salpa</i>	Jul.	0	0	0	0	0	0
	01-Oct.	0	NA	NA	0	0	0
	23-Oct.	0	0	0	0	0	0
	12-Nov.	0	0	0	0	0	0
	17-Dic.	0	0	0	0	0	0
	17-Ene.	0	0	0	0	0	0
	17-Feb.	217	0	0	0	17	23
<i>S. abaster</i>	Jul.	280	28	3	452	418	50
	01-Oct.	21	NA	NA	2	273	119
	23-Oct.	36	32	207	0	0	21
	12-Nov.	10	99	148	0	3	21
	17-Dic.	23	22	73	0	0	8
	17-Ene.	50	39	15	0	0	1

Especies	Fecha	Localidades control			Localidades afectadas		
		AS02	AS05	AS09	AS15	AS16	AS00
	17-Feb.	9	108	3	0	0	16
<i>S. typhle</i>	Jul.	7	0	0	0	0	0
	01-Oct.	0	NA	NA	0	1	0
	23-Oct.	0	0	0	0	3	0
	12-Nov.	0	0	0	0	11	0
	17-Dic.	1	0	1	0	1	0
	17-Ene.	0	0	0	0	0	0
	17-Feb.	0	0	0	0	0	1
<i>H. guttulatus</i>	Jul.	1	0	0	1	0	2
	01-Oct.	0	NA	NA	0	1	7
	23-Oct.	0	0	0	0	0	0
	12-Nov.	0	0	0	0	0	0
	17-Dic.	0	0	0	0	0	0
	17-Ene.	0	0	0	0	0	0
	17-Feb.	0	0	0	0	0	0
<i>G. cobitis</i>	Jul.	1	4	0	0	2	0
	01-Oct.	0	NA	NA	0	10	0
	23-Oct.	0	4	0	0	0	0
	12-Nov.	0	11	0	0	1	0
	17-Dic.	0	0	0	0	0	0
	17-Ene.	0	0	0	0	0	0
	17-Feb.	0	0	0	0	0	0
<i>G. niger</i>	Jul.	1	0	0	0	1	0
	01-Oct.	1	NA	NA	3	0	7
	23-Oct.	2	23	23	0	0	1
	12-Nov.	0	27	17	1	0	2
	17-Dic.	1	0	0	0	0	2

Especies	Fecha	Localidades control			Localidades afectadas		
		AS02	AS05	AS09	AS15	AS16	AS00
	17-Ene.	0	0	0	2	0	0
	17-Feb.	2	12	1	2	0	1
<i>G. paganellus</i>	Jul.	0	0	0	0	0	0
	01-Oct.	0	NA	NA	0	1	0
	23-Oct.	0	0	1	0	0	0
	12-Nov.	0	1	0	0	0	0
	17-Dic.	0	0	0	0	0	0
	17-Ene.	1	0	0	0	0	0
	17-Feb.	0	0	0	0	0	0
<i>S. cinereus</i>	Jul.	1	0	0	0	0	0
	01-Oct.	0	NA	NA	1	9	0
	23-Oct.	0	27	2	0	0	1
	12-Nov.	0	39	10	0	0	0
	17-Dic.	0	2	7	0	0	1
	17-Ene.	6	0	2	0	0	0
	17-Feb.	0	8	1	0	0	1
<i>M. barbatus</i>	Jul.	0	0	0	0	0	0
	01-Oct.	0	NA	NA	0	0	0
	23-Oct.	0	0	1	0	0	0
	12-Nov.	0	0	0	0	0	0
	17-Dic.	0	0	0	0	0	0
	17-Ene.	0	0	0	0	0	0
	17-Feb.	0	0	0	0	0	0
<i>E. encrasicolis</i>	Jul.	0	0	0	0	0	0
	01-Oct.	0	NA	NA	1	0	0
	23-Oct.	0	1	6	0	0	0
	12-Nov.	0	0	0	0	0	0

Especies	Fecha	Localidades control			Localidades afectadas		
		AS02	AS05	AS09	AS15	AS16	AS00
	17-Dic.	0	0	0	0	0	0
	17-Ene.	0	0	0	0	0	0
	17-Feb.	0	0	1	0	0	0
<i>P. saltator</i>	Jul.	0	0	0	0	0	0
	01-Oct.	0	NA	NA	0	0	0
	23-Oct.	0	0	0	0	0	0
	12-Nov.	0	0	0	0	0	0
	17-Dic.	0	0	0	0	1	0
	17-Ene.	1	0	0	0	0	0
	17-Feb.	0	0	0	0	0	0
<i>D. annularis</i>	Jul.	0	0	0	0	0	0
	01-Oct.	0	NA	NA	0	1	0
	23-Oct.	0	0	0	0	0	0
	12-Nov.	0	0	0	0	0	0
	17-Dic.	0	0	0	0	0	0
	17-Ene.	0	0	0	0	0	0
	17-Feb.	0	0	0	0	0	0
<i>D. labrax</i>	Jul.	0	0	0	0	0	0
	01-Oct.	0	NA	NA	0	0	0
	23-Oct.	0	0	0	0	0	0
	12-Nov.	0	0	0	0	0	0
	17-Dic.	0	1	0	0	0	0
	17-Ene.	0	0	0	0	0	0
	17-Feb.	0	0	0	0	0	1
<i>G. holbrooki</i>	Jul.	0	0	0	0	0	0
	01-Oct.	0	NA	NA	0	0	0
	23-Oct.	0	0	0	1	0	0

Especies	Fecha	Localidades control			Localidades afectadas		
		AS02	AS05	AS09	AS15	AS16	AS00
	12-Nov.	0	0	0	0	0	0
	17-Dic.	0	0	0	0	0	0
	17-Ene.	0	0	0	0	0	0
	17-Feb.	0	0	0	0	0	0
<i>T. acus</i>	Jul.	1	0	0	0	0	0
	01-Oct.	0	NA	NA	0	0	0
	23-Oct.	0	0	0	0	0	0
	12-Nov.	0	0	0	0	0	0
	17-Dic.	0	0	0	0	0	0
	17-Ene.	0	0	0	0	0	0
	17-Feb.	0	0	0	0	0	0
<i>L. mormirus</i>	Jul.	0	0	0	0	0	0
	01-Oct.	0	NA	NA	0	2	0
	23-Oct.	0	0	0	0	0	0
	12-Nov.	0	0	0	0	0	0
	17-Dic.	0	0	0	0	0	0
	17-Ene.	0	0	0	0	0	0
	17-Feb.	0	0	0	0	0	0