

DIAGNOSIS DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL FRAILE (*SALARIA FLUVIATILIS*) EN EL LAGO DE BANYOLES, Y SEGUIMIENTO DE ACTUACIONES

PROYECTO: CONSERVACIÓN DEL FRAILE (*SALARIA FLUVIATILIS*)
Y OTRAS ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA ACUÁTICA EN EL LAGO DE BANYOLES



DIAGNOSIS DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL FRAILE (*SALARIA FLUVIATILIS*)
EN EL LAGO DE BANYOLES, Y SEGUIMIENTO DE ACTUACIONES

PROYECTO: CONSERVACIÓN DEL FRAILE (*SALARIA FLUVIATILIS*)
Y OTRAS ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA ACUÁTICA EN EL LAGO DE BANYOLES

Redacción:

Dr. Quim Pou i Rovira

Miquel Campos

Irene Camós

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
2.- ZONA DE ESTUDIO Y ACTUACIÓN	10
3.- MÉTODOS Y ACTUACIONES	14
3.1.- MUESTREO POBLACIONAL Y CARTOGRAFIADO DE HÁBITATS	14
3.2.- ACTUACIONES DE CONSERVACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN	20
4.- RESULTADOS	29
4.1.- PROSPECCIÓN Y USO DEL HÁBITAT DEL FRAILE	29
4.2.- CARTOGRAFÍA DE LOS HÁBITATS LITORALES	40
4.3.- DINÁMICA POBLACIONAL DEL FRAILE	49
4.4.- USO DE LOS ARRECIFES ARTIFICIALES	53
4.5.- EXPERIMENTACIÓN CON LIMNOCORRALES	54
4.6.- CONCENTRACIONES DE NÁYADES	61
5.- CONCLUSIONES	62
6.- BIBLIOGRAFÍA	63

ANEXOS

A-I.- Datos del muestreo prospectivo - Hábitat

A-II.- Datos del muestreo prospectivo - Capturas

A-III.- Datos del muestreo prospectivo - Biometría

A-IV.- Datos del muestreo de seguimiento – Experimentación con limnocorrales

A-V.- Cartografía

A-VI.- Anexo fotográfico

A-VII.- Catálogo de procedimientos de gestión e intervención en los hábitats clave para los peces y las náyades del lago de Banyoles.

A-VIII.- Plan de publicidad.

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El lago de Banyoles constituye un espacio natural único con numerosos hábitats y especies de notable interés. La principal amenaza que actualmente se cierne sobre su biodiversidad es la proliferación de especies exóticas invasoras, sobretudo peces depredadores exóticos. El nivel de degradación del poblamiento íctico original es extremo; hoy la única especie autóctona que se reproduce en el lago es el pez fraile (*Salaria fluviatilis*), pero también se encontraba en regresión hasta hace poco. Esta especie está paradójicamente muy amenazada a escala regional, hecho que otorga a esta singular población lacustre un alto valor estratégico para su conservación en Cataluña. La proliferación de especies ícticas introducidas también ha afectado a otros elementos de interés, como las náyades autóctonas, que están gravemente amenazadas por falta de reclutamiento.

Historia reciente de cambios en la comunidad de peces y efectos sobre otros elementos de interés de la biota lacustre

Antiguamente, el poblamiento de peces del lago de Banyoles estaba compuesto solamente por cinco o seis especies, coincidiendo con la composición específica del tramo medio de la cuenca hidrográfica del Ter, de la cual forma parte. Se trataba de una riqueza ictiológica no muy elevada, como es propio de muchas cuencas mediterráneas de dimensiones medianas o pequeñas.

Las especies citadas en Banyoles, antes de las primeras introducciones, eran el espinoso (*Gasterosteus aculeatus*), el bagre (*Squalius laietanus*), el barbo de montaña (*Barbus meridionalis*), la anguila (*Anguilla anguilla*) y el pez fraile (*Salaria fluviatilis*). En el caso de la tenca (*Tinca tinca*) no se tiene aun la certeza sobre su estatus original, dado que se ha sugerido que posiblemente fue introducida en tiempos antiguos. Todas estas especies pueden considerarse propias de tramos medianos y bajos de ríos, o de cabeceras de montaña media mediterránea. En el caso de la anguila, es bien conocida su condición de migradora catádroma.

Banyoles tiene el reconocido merito, por decirlo de alguna manera, de ser un de los primeros sitios de la Península Ibérica donde se llevaron a cabo introducciones de peces planificadas. En 1910, el Dr. Francesc Darder y Llimona promovió las primeras sueltas de peces en el lago, destinadas a aclimatar nuevas especies que condujesen a una mejora de la producción piscícola. En aquellos primeros episodios de la historia de les

introducciones de peces en Banyoles, se lanzaron hasta siete nuevas especies, incluidas la carpa (*Cyprinus carpio*), el gardí (*Scardinius erythrophthalmus*) y la perca sol (*Lepomis gibbosus*), aun hoy presentes. El resto de introducciones no prosperaron.

Más adelante, ya en la década de los cincuenta, de la mano de técnicos franceses y del Servicio Nacional de Pesca Fluvial y Caza, se inició, con el lucio (*Esox lucius*), la moda de las introducciones de grandes depredadores, que aun hoy continua. Lamentablemente, al cabo de poco se podía dar como extinguido el espinoso, probablemente a consecuencia de la depredación por parte del lucio. A pesar de que el lucio se pesca hasta al menos los 70, actualmente se puede considerar desaparecido de la cuenca lacustre, donde su reclutamiento parece, afortunadamente, inviable.

Durante los primeros años 60 y 70 se realizan diversas repoblaciones con carpa, provenientes del Baix Empordà. Al cabo de poco, se cita por primera vez la gambusia (*Gambusia holbrooki*), el pez rojo (*Carassius auratus*) y el carpín (*Carassius carassius*). Muy probablemente estas nuevas especies llegaron al lago con las repoblaciones mencionadas de carpas. También es durante los 60 del siglo pasado que el antiguo ICONA empieza a liberar en el lago la perca americana o "black-bass" (*Micropterus salmoides*), un depredador más que ayudaría a "evitar" superpoblaciones de ciprínidos y, naturalmente, también proporcionaría buenas capturas a los pescadores. Hoy es la especie dominante de la comunidad. Esta fue la última introducción oficial, o legal, que se realizó en el lago.

Más tarde, ya en los 90, se pescaron las primeras percas (*Perca fluviatilis*), que se pueden considerar como la primera introducción furtiva en el lago, comenzando una nueva serie de nuevos registros que, lamentablemente, parecen no detenerse. No se sabe cuando penetró en el lago el rutilo (*Rutilus rutilus*), a pesar de que a mediados de los 90 era ya una especie muy abundante. A finales de los años 90 se detectó una nueva especie depredadora: la lucio-perca (*Sander lucioperca*). También en los 90, se ha localizado otra nueva especie, *Cobitis bileniata*; se trata de un cobítido cuya introducción se ha producido por su uso como cebo vivo para pescar. La última especie introducida detectada recientemente en el lago es el barbo del Ebro (*Luciobarbus graellsii*).

Después de este amplio historial de introducciones, el poblamiento de peces del lago de Banyoles se encuentra hoy en una situación de excepcional deterioro respecto a su composición original (Figura 1). Solamente una de las especies autóctonas, el fraile, mantiene un núcleo poblacional en el lago, aunque todo indica que sus poblaciones se encuentran también en declive. Paradójicamente, el fraile es la especie actualmente más

amenazada a escala regional de las 5 especies autóctonas del lago. Otras dos especies, el barbo de montaña y el bagra, presentan poblaciones residuales de poca envergadura demográfica en la cuenca lacustre, acantonadas en algunos riachuelos que llegan al lago, del que prácticamente han desaparecido. La anguila solamente está presente en bajo número, mientras que el espinoso está extinguido.

En 2008 más del 99% de la biomasa íctica del lago ya correspondía a especies introducidas, en el mejor de los casos. Los resultados de las últimas campañas de muestreo realizadas recientemente, indican una clara tendencia a una progresiva mayor dominancia de depredadores exóticos (perca americana, perca sol, perca y lucioperca), y a la consiguiente disminución de las otras especies, tanto especies autóctonas como ciprínidos de origen centroeuropeo, algunos de los cuales pueden ya haber desaparecido. La presencia masiva de estos depredadores exóticos supone una grave amenaza para la conservación del núcleo poblacional de fraile que pervive en el lago de Banyoles.

Por otra parte, la drástica regresión de los peces autóctonos parece estar detrás de la precaria situación de las náyades autóctonas, cuyo ciclo vital tiene una fase larvaria parásita de peces (gloquidios). Se han descrito relaciones de exclusividad entre especies de náyades y algunos peces huéspedes que son nativos en su zona de distribución, de forma que la mayor parte de especies exóticas de peces no son huéspedes potenciales de las náyades autóctonas. Así, la progresiva rarefacción de los peces autóctonos en el lago de Banyoles constituye una causa suficiente para explicar el envejecimiento por falta de reclutamiento de las poblaciones de náyades. El fraile se ha descrito como huésped potencial de al menos dos de las especies de náyades presentes en el lago, pero la actual situación de este pez en el lago parece dificultar o incluso impedir esta función, dado que los escasos núcleos existentes se encuentran acantonados en zonas sin presencia de náyades adultas. Al margen de que se produzca una eventual recuperación de las poblaciones de los ciprínidos autóctonos del lago, la mejora global de la recuperación de fraile constituye una vía para la recuperación también de las náyades.

Otra consecuencia de la proliferación de peces exóticos depredadores en el lago, que últimamente se ha venido observando, es el aumento masivo de vegetación sumergida. Todo apunta que se trata de un cambio ecológico en la cadena trófica (efecto cascada), en el que el aumento de la biomasa de los niveles superiores (depredadores) hace disminuir la de los niveles intermedios (herbívoros), cosa que finalmente revierte en un aumento de los niveles basales (productores primarios). En cualquier caso, este reciente

cambio drástico en el ecosistema lacustre está afectando de forma substancial a la disponibilidad de hábitat tanto del pez fraile como de las náyades, ya que los sustratos cubiertos con alta densidad de algas y otras plantas quedan inhabilitados para estas especies.

Por otro lado, cabe resaltar que la introducción de peces exóticos –y también de otra fauna acuática exótica (quelonios, cangrejo rojo americano, visón americano)- se ha identificado como la principal causa de pérdida de biodiversidad en este espacio natural, a falta de otros factores antrópicos con una incidencia suficiente. De hecho, otras causas habituales de regresión de especies autóctonas en ecosistemas acuáticos continentales, como procesos de eutrofia, desecación de humedales, degradación de riberas, polución química, u otros, no son operativas en Banyoles, o si lo son su incidencia es muy baja. Más bien al contrario, durante las dos últimas décadas se ha producido una paulatina recuperación de los hábitats lacustres y ribereños, gracias a una planificación, ordenación y delimitación de los usos públicos.

Finalmente, cabe apuntar aquí que es en este contexto que se planifica el proyecto LIFE (LIFE08 NAT/E/000078) que actualmente ejecuta el Consorci de l'Estany en este espacio: “Mejora de los hábitats y especies de la Red Natura 2000 en Banyoles: un proyecto demostrativo. Proyecto Estany”. Se trata de un proyecto para la recuperación de diversas especies y hábitats de la directiva Hábitats (92/43/CE), a través de diversas acciones entre las que destacan las operaciones de control demográfico (descaste) de las poblaciones de fauna exótica (peces y quelonios). El fraile no es objetivo directo de este proyecto LIFE en curso dado que no está incluido en los anejos de esta directiva europea, por lo que no se han incluido acciones directamente dirigidas a mejorar su población. Sin embargo, la singularidad y grado de amenaza de esta especie, tanto a escala local, como regional y estatal, justifica plenamente la planificación de acciones concretas para recuperar sus poblaciones, como las que se plantean en estos formularios. Así pues, este proyecto se plantea como un complemento puntual a las acciones de conservación incluidas en el Proyecto Estany.

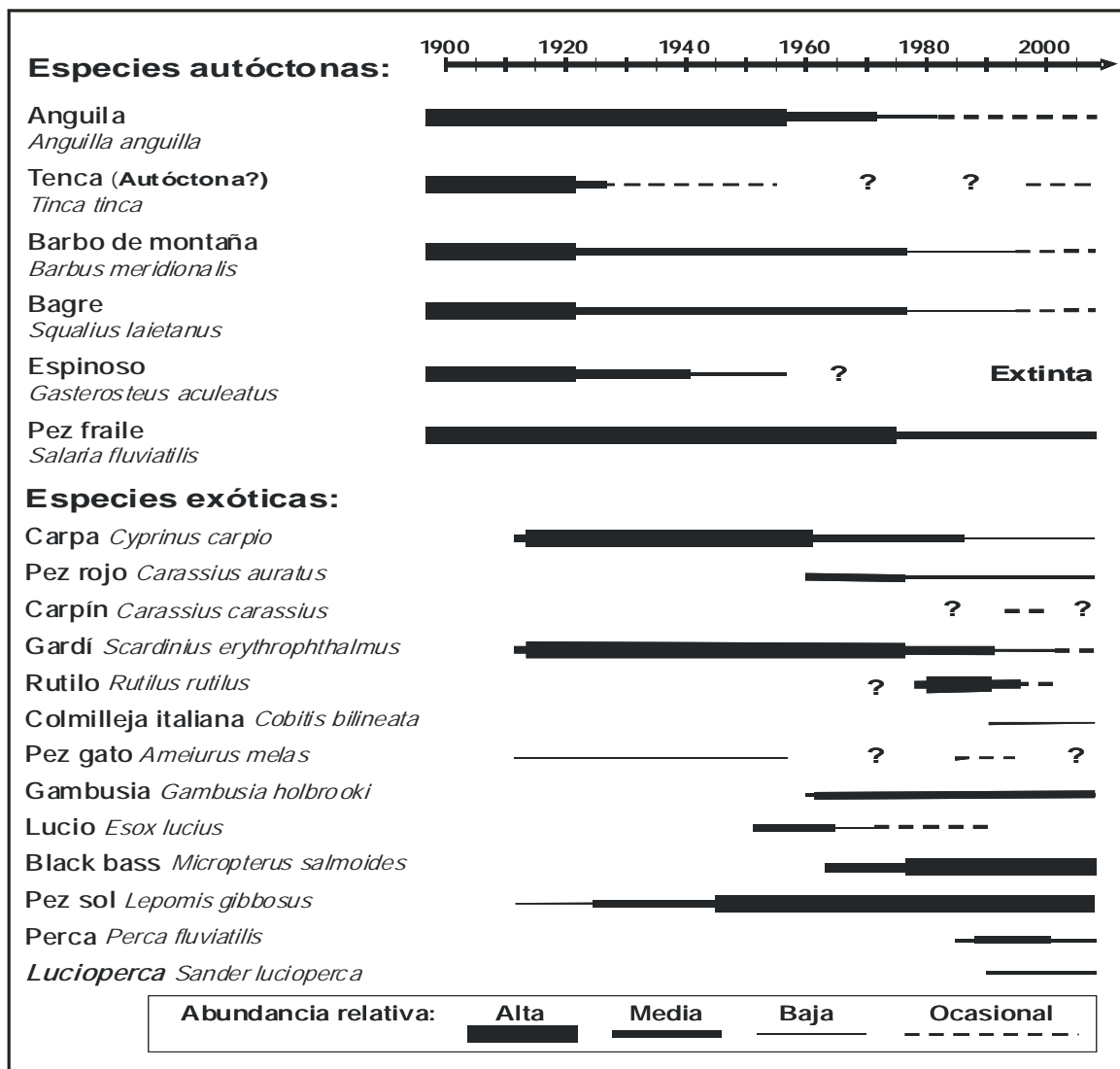


Figura 1.- Cambios recientes en la comunidad de peces del lago de Banyoles. Fuente: elaboración propia a partir de diversas fuentes.

Situación actual del fraile y otra fauna acuática amenazada en el lago

El **fraile** está incluido en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (RD 139/2011) con la categoría de VULNERABLE. También se encuentra protegido por la legislación autonómica de Cataluña (DL 2/2008 Text Refós de la LLei de Protecció dels Animals), además de aparecer en el Anejo III del Convenio de Berna 82/72.

El fraile es un pez bentónico con poca capacidad natatoria y estrechamente vinculado a los substratos rocosos, donde se refugia en los espacios intersticiales y pequeñas cavidades, como grietas de grandes rocas o bajo piedras o cantos de dimensiones medias o grandes. Es también en estos hábitats donde los machos de fraile construyen los nidos, pequeñas cavidades donde defienda y ventila las puestas de huevos que sucesivamente van dejando diversas hembras y que se suelen adherir al “techo”. Todo ello explica que esta especie presente generalmente una distribución en mosaico muy irregular, ocupando los retazos de hábitat adecuado, a menudo con altas densidades, mientras que es casi ausente en el resto del río u otro tipo de masas de agua ocupadas. Esta situación se ha magnificado con la degradación de los sistemas acuáticos continentales. A parte de factores como la polución o la extracción de gravas de los lechos fluviales, y la consiguiente pérdida de calidad de los hábitats rocosos en ríos, la regresión que ha experimentado la especie se explica también por la pérdida directa de sus hábitats por la modificación del régimen natural de caudales y la transformación morfológica de los cauces. Así, al mismo tiempo que el deterioro ecológico de los ríos ha llevado a la completa desaparición de muchas cuencas una especie con unos requerimientos de hábitat tan específicos, en otras cuencas ha quedado confinada a algunos tramos concretos, y dentro de estos a menudo a unos pocos emplazamientos muy localizados.

En Cataluña, esta especie ha experimentado una fuerte regresión. Actualmente solamente se conocen algunas poblaciones fragmentadas en la cuenca del Ebro, y unas pocas poblaciones -dispersas y muy localizadas- en las cuencas internas (cuenca de los ríos Ter y Fluvià), habiéndose extinguido del resto de cuencas donde estaba presente. En este contexto, el lago de Banyoles constituye uno de los tres únicos refugios actualmente conocidos para esta especie en las cuencas internas de Cataluña. Por otra parte, hay que destacar la singularidad de esta población, por diversos motivos: grado de aislamiento, única especie autóctona aun residente estable en el lago, y especialmente el carácter lacustre de esta población. Se trata de la única población lacustre de esta especie en la Península Ibérica, y una de las pocas de su área de distribución. Todo indica que su tendencia actual en el lago era regresiva hasta hace poco, ya que se encuentra sometida a una fuerte presión de depredación por parte de peces exóticos, hecho que se pone en evidencia ante la comparación de las estructuras de tallas entre el lago y sistemas fluviales cercanos (Figura 2). Por otra parte, hasta hace solo 3 años, la información disponible indicaba que su presencia en el lago se limitaba a pequeños sectores de litoral con el hábitat adecuado.

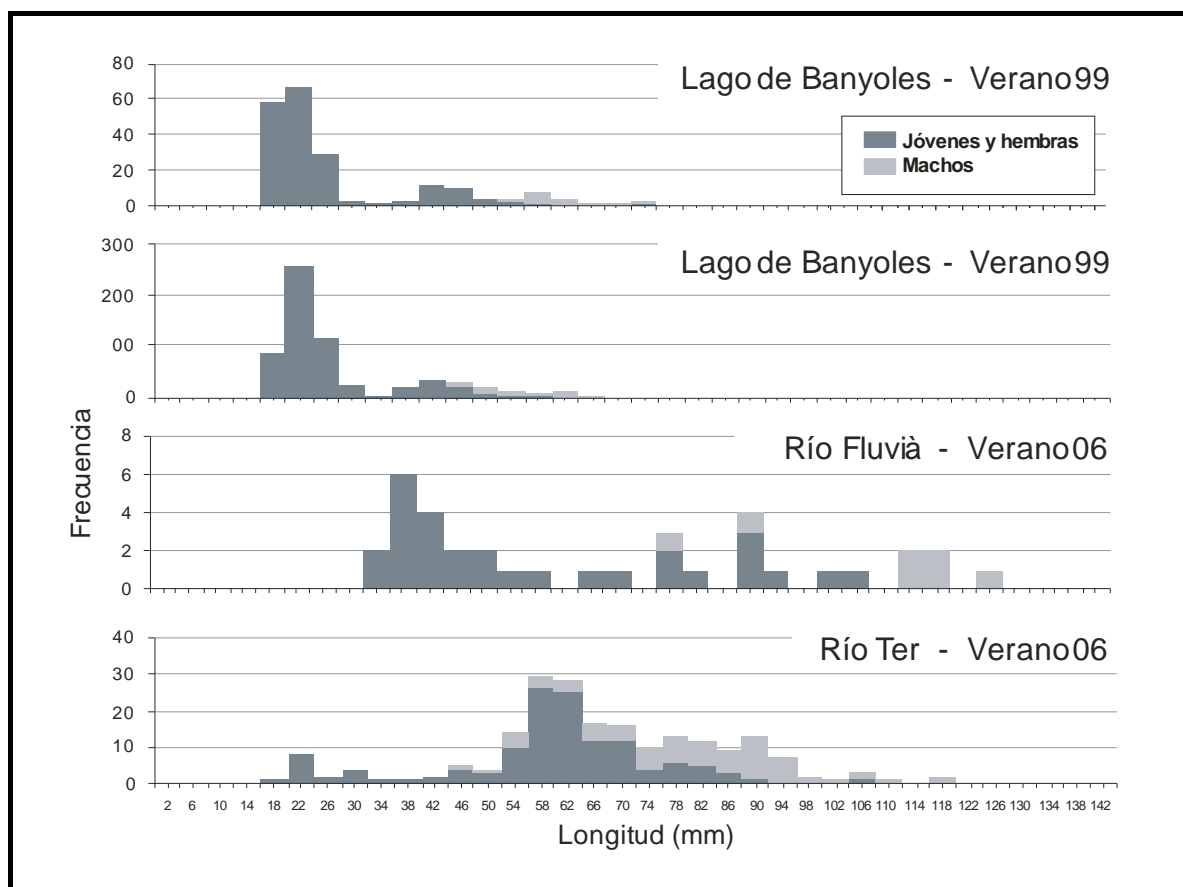


Figura 2.- Estructura de tallas comparada de diversas poblaciones de fraile del nordeste de Cataluña. Fuente: elaboración propia a partir de diversas fuentes.

En cuanto a la **náyade** *Unio elongatulus*, está incluida en el Anejo V de la Directiva Hábitats (92/43/CE), y protegida por la legislación autonómica de Cataluña (DL 2/2008 Text Refós de la LLei de Protecció dels Animals). Sus poblaciones ibéricas han experimentado una notable regresión. En concreto, en las cuencas internas de Cataluña solamente se conocen 8 núcleos poblacionales aislados de esta especie, uno de ellos situado en el lago de Banyoles, donde la especie se encuentra amenazada por falta de reclutamiento regular. Cabe señalar que en el lago están presentes otras tres especies de náyades autóctonas (*Potomida littoralis*, *Anodonta anatina* y *Unio ravoisieri*), todas ellas con poblaciones muy amenazadas.

Objetivos

Este proyecto se ha planteado bajo el siguiente objetivo general: recuperación de la singular población de fraile (*Salaria fluviatilis*) del lago de Banyoles, y de otras especies de fauna acuática amenazadas que coexisten o dependen de este pez, a través de la creación y mejora de hábitats óptimos, con el fin de garantizar su conservación a largo plazo.

Más en concreto, los objetivos particulares definidos son los siguientes:

A.- DETERMINAR LA SITUACIÓN ACTUAL DEL FRAILE EN EL LAGO DE BANYOLES. Previo a la planificación y ejecución de medidas de actuación concretas para la conservación de la singular población lacustre de esta especie, resultaba necesario conocer con mayor precisión su situación actual, poniendo especial atención a sus tendencias a medio y largo plazo; hasta ahora solamente se dispone de algunos datos acumulados durante los últimos 20 años.

B.- RECUPERACIÓN Y MEJORA DE LAS POBLACIONES DEL PEZ FRAILE Y OTROS PECES AUTÓCTONOS AMENAZADOS DEL LAGO DE BANYOLES. Mediante varias actuaciones concretas destinadas directamente al fraile, y que debían propiciar un incremento de sus estocs en este espacio natural, se pretendía garantizar la conservación a largo plazo de esta población. A la vez, algunas de estas actuaciones también podían favorecer indirectamente a la recuperación de otras especies de peces autóctonos amenazados, en especial al barbo de montaña (*Barbus meridionalis*).

C.- RECUPERACIÓN Y MEJORA DE LAS POBLACIONES DE NÁYADES AUTÓCTONAS AMENAZADAS DEL LAGO DE BANYOLES. A través de algunas actuaciones directas, y también indirectamente gracias a la eventual recuperación de las poblaciones de fraile y de otros peces autóctonos, se facilitará la recuperación de las náyades autóctonas del lago (4 especies), hoy gravemente amenazadas debido sobretudo a la falta de reclutamiento.

D.- OBTENER MODELOS DE ARRECIFES MODULARES DESTINADOS A LA CONSERVACIÓN DE PECES AMENAZADOS EN SISTEMAS LÉNTICOS DE AGUA DULCE. El diseño, construcción, instalación y evaluación de diversos modelos de arrecifes modulares para el aumento tanto de la calidad como de la superficie total disponible de hábitats para el fraile, permitirá a además de la conservación a escala local de esta y otras especies de peces amenazados, la obtención también de diseños aplicables en otros espacios naturales similares con problemáticas parecidas.

E.- COMPATIBILIZAR LOS ACTUALES USOS RECREATIVOS Y DEPORTIVOS DEL LAGO DE BANYOLES CON LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES AMENAZADAS. Lejos de representar una amenaza para la conservación de la fauna acuática amenazada, los actuales usos recreativos y deportivos del lago deben representar una oportunidad para garantizar la implementación de nuevas actuaciones de conservación de estas especies, en el marco de una estrategia general ya iniciada hace unos 20 años para combinar una gestión ordenada de estos usos con la preservación de los elementos naturales de interés.

El desarrollo de las acciones necesarias para alcanzar estos objetivos, así como los resultados obtenidos, se exponen y analizan en este documento. Solamente se deja para otro documento independiente el “Catálogo de procedimientos de gestión e intervención en los hábitats clave para los peces y las náyades del lago de Banyoles”, vinculado al objetivo E, anteriormente expuesto.

2.- ZONA DE ESTUDIO Y ACTUACIÓN

Situación y estatus administrativo del lago de Banyoles

El lago de Banyoles se localiza en el cuadrante noreste de Cataluña, en pleno altiplano de Banyoles, una meseta que separa las tierras bajas del Empordà de los montes de la Garrotxa. Administrativamente, la unidad principal del lago de Banyoles la comparten 2 municipios: Banyoles y Porqueres, ambos situados en la comarca del Pla de l'Estany. Banyoles es la capital de la comarca y tiene una población de 18.000 habitantes. Su núcleo urbano se sitúa adyacente a la orilla oriental del lago. La práctica totalidad de la lámina de agua se localiza dentro de su término municipal. Por su parte, el municipio de Porqueres, con una población de 4.100 habitantes, se localiza en el margen occidental del lago. Buena parte del ámbito adicional de protección pertenece a este municipio.

El lago, las lagunas y los bosques ribereños de Banyoles, en su conjunto, configuran una de las mejores muestras de lagos cársticos de la península Ibérica. Constituye también una de las zonas húmedas no litorales más extensas y bien conservadas de Cataluña y España. La importancia de este espacio se pone de relieve con la existencia de hasta 11 hábitats de interés comunitario (Anexo I de la directiva 92/43/CE), además de poblaciones de 15 especies incluidas en los anexos II, IV o V de esta misma Directiva. También están presentes 28 taxones que aparecen en la Directiva Aves.

La zona lacustre fue propuesta como LIC para formar parte de la Red Natura 2000 en Diciembre de 1997 (Código ES5120008). Sus límites son coincidentes con el Espacio de Interés Natural incluido en el Plan de Espacios de Interés Natural del Gobierno Autónomo Catalán desde el año 1993 (Decreto 32/1992, de 14 de diciembre DOGC número 1714 de 1 de Marzo de 1993). En el año 2003, el conjunto del espacio ha sido asimismo incorporado a la lista del Convenio RAMSAR como humedal de importancia internacional y hábitat de aves acuáticas (BOE número 14 de 16 de Enero de 2003).

Descripción

El lago de Banyoles es el segundo lago en extensión de la Península Ibérica. Este lago forma parte del sistema cárstico de Banyoles-St. Miquel de Campmajor. Su origen se encuentra en la disolución de las capas subyacentes de yesos y margas eocénicas por las corrientes subterráneas, hecho que produce hundimientos del terreno en forma de cubeta. Está formado por 6 subcubetas y 13 puntos de surgencia de aguas en lo que se denomina un polje, originando una compleja batimetría. Ello le confiere un perfil

batimétrico característico (Figura 4), con una profundidad media considerable y una caída abrupta de la zona litoral, hecho que condiciona en gran medida la extensión de los hábitats de las especies bentónicas o de zonas someras.

El agua tiene un alto contenido en sales disueltas, sobretodo sulfatos y carbonatos, hecho que explica la elevada conductividad (0,8-1,9 mS/cm). Entra a una temperatura constante de 19°C y el tiempo de residencia en el lago es bajo (0,8 años). Se da una estratificación compleja de la columna de agua: la capa mas superficial (mixolimnion) tiende a separarse en dos durante el verano (epilimnion y hipolimnion). Algunas de sus cubetas sufren procesos de meromixis. Este lago se considera oligo-mesotrófico (chl a: 1-15 mg l-1). Debido al perfil batimétrico del lago y a la elevada estabilidad del nivel de agua, las comunidades vegetales se configuran en cinturones concéntricos bien delimitados.

Ámbito del proyecto

Este proyecto se ha circunscrito a la masa de agua principal de la cuenca lacustre, es decir, al lago de Banyoles, donde se encuentra confinada la población de fraile. Cabe apuntar que, si bien ocasionalmente se han obtenido registros puntuales de fraile en las acequias de salida de agua del lago y en uno de los arroyos de entrada, el grueso de la población está confinado en el propio lago, por lo que los muestreos y actuaciones de este proyecto se han limitado únicamente a esta masa de agua.

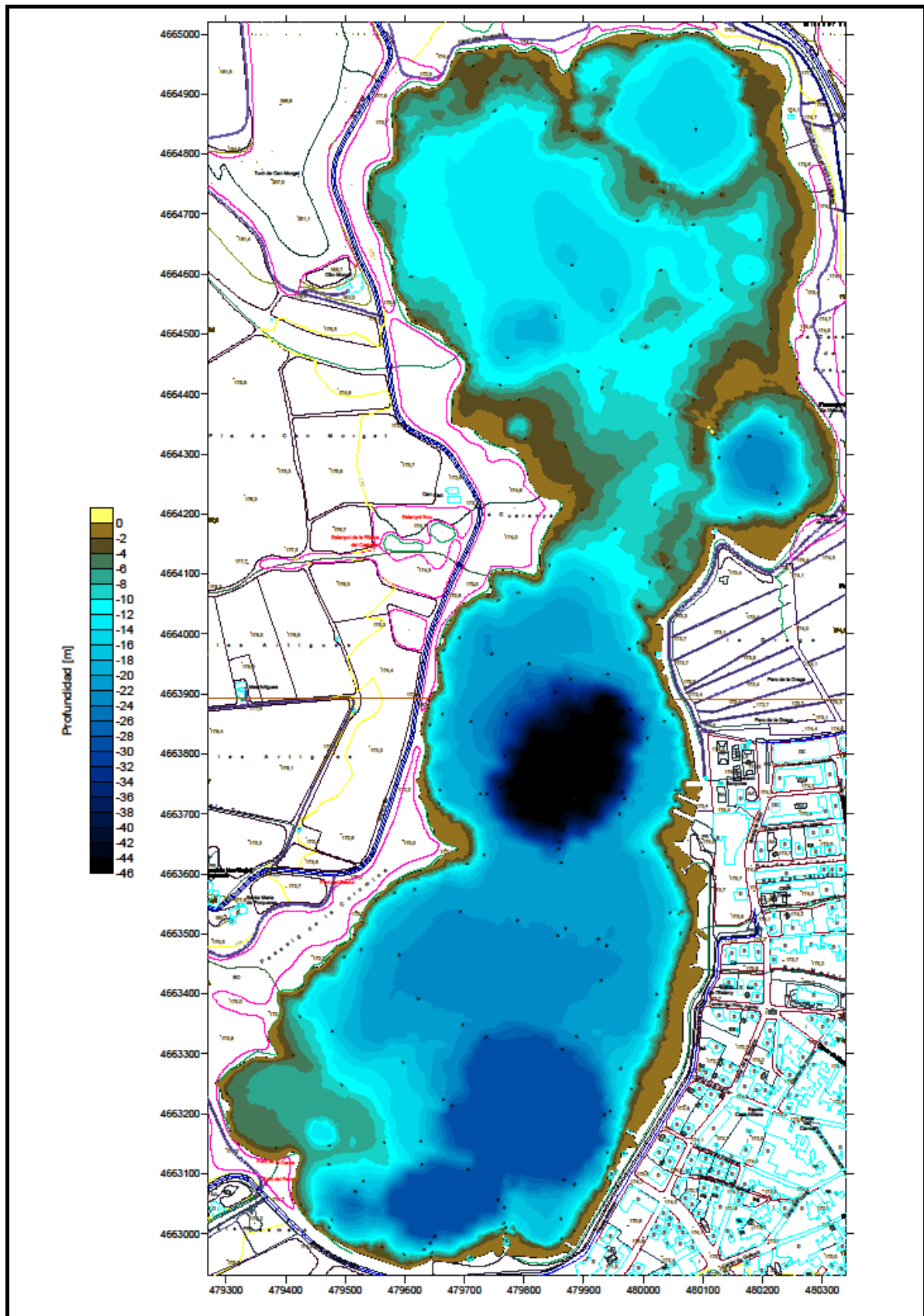


Figura 4.- Zona de estudio: batimétrico. Fuente: Consorci de l'Estany - AQUASON.

3.- MÉTODOS Y ACTUACIONES

3.1.- MUESTREO POBLACIONAL Y CARTOGRAFIADO DE HÁBITATS

Técnicas de captura y prospección

Si bien durante el verano el uso de trampas de tipo botella se ha demostrado bastante eficiente como técnica de captura para el fraile en ciertos tipos de hábitats del lago, resulta muy ineficiente en otros hábitats o bien durante el resto del año. Por este motivo, en este proyecto se ha optado por utilizar únicamente la pesca eléctrica mediante ánodo pequeño (diámetro, 12cm), puesto que esta técnica presenta una mayor estabilidad (entre ambientes y épocas) en cuanto a su eficiencia de captura del fraile. El equipo utilizado es un Hans Grasl EL64-II (Figura 5), preparado para pesca en aguas con elevada conductividad. En los pequeños sectores vadeables del litoral, la pesca se ha hecho a pie, mientras que en sectores no vadeables se ha realizado desde embarcación, pero solo se ha pescado hasta 1,75m de profundidad. A pesar de que la especie está presente también por debajo de esta profundidad –se han observado ejemplares hasta 15m, aprox.–, su densidad es muy baja debajo los 1,2m, y en cualquier caso no se dispone de ninguna técnica que se haya demostrado fiable para la ejecución de muestreos estandarizados de esta especie en los sectores profundos.

Por otra parte, debido a un conjunto de factores relacionados con las características del fraile y sus hábitats en Banyoles (comportamiento extremadamente retraído del fraile en el lago de Banyoles, su baja talla media, ausencia de corriente, frecuente turbidez, alta conductividad del agua, y otras), la captura de esta especie en el lago resulta extremadamente compleja. De hecho, durante buena parte del año, mientras la turbidez es alta y el fraile se mantiene muy inactivo, las capturas de esta especie son escasas o nulas, incluso en sectores con densidades altas, e independientemente del tipo de técnica utilizada.

Por ello, para los muestreos de fraile en el marco de este proyecto, se ha optado por utilizar sobretudo una variante de la pesca eléctrica, sin captura y con censo visual directo de los ejemplares electronarcotizados, sin necesidad así de capturarlos y retirarlos del medio. En cada pesca o unidad de muestreo, se contabilizaban todos los peces, separando en 4 grupos de talla (<2, 2-4, 4-6, >6cm) asignados mediante la referencia de tamaño del propio ánodo. De este modo, se ha conseguido aumentar la eficiencia de muestreo en situaciones de difícil captura de los ejemplares, y se ha reducido también el tiempo operativo por pesca, aumentando considerablemente el espectro y la superficie total de sectores del litoral que han podido ser cubiertos. Aun

mas importante, todo indica que mediante esta técnica de muestreo se minimiza enormemente la afectación a las poblaciones de fraile, puesto que al no ser retirados del medio -ni siquiera temporalmente- no son apartados de sus pequeños territorios ni expuestos innecesariamente a un mayor riesgo de depredación por parte de los peces depredadores, que están siempre alerta.

Adicionalmente, se ha acoplado una cámara subacuática al ánodo (Figura 5), con la que se han obtenido grabaciones de video de todos los muestreos sin captura. Posteriormente, estas grabaciones han sido procesadas mediante un editor de video, para validar los censos visuales de fraile y también para efectuar un recuento de otras especies de peces o de grandes invertebrados.

Solamente se han realizado muestreos con captura en algunas situaciones concretas: en pleno verano y en las estaciones de seguimiento mensual (ver apartado siguiente). Esto ha permitido obtener datos más precisos sobre la estructura de tallas de la población de fraile, plenamente comparables con los datos provenientes de muestreos realizados mediante la misma técnica en años anteriores. Por otra parte, se ha dispuesto también de los datos provenientes de las campañas de pesca eléctrica de descastes poblacionales de peces exóticos en el lago en el marco del proyecto LIFE *Projecte Estany*, realizadas a lo largo de los 3 últimos años mediante aparejos adaptados sobre una embarcación (Figura 6); en estas campañas se capturan también ejemplares de fraile. Todos los ejemplares de fraile capturados han sido medidos, pesados y sexados siempre que ha sido posible mediante inspección de la coloración y la morfología externas (Figura 7), para finalmente ser devueltos al medio lacustre en la misma estación de captura. Los ejemplares de especies exóticas han sido sacrificados.

En cuanto a la forma de los resultados obtenidos mediante los muestreos, dado que en estos muestreos en el lago no resulta operativamente factible “cerrar” sectores a muestrear, ni se puede asumir como cierto el supuesto de igual capturabilidad en capturas consecutivas sobre el mismo sitio, no es posible aplicar métodos de capturas sucesivas para la obtención de estimaciones de la abundancia total. Por lo tanto, se ha optado por pescar mediante un esfuerzo uniforme en el barrido de cada sector de muestreo. La unidad de esfuerzo utilizada ha sido, pues, el tiempo (minutos) de pesca eléctrica efectiva; a partir de este esfuerzo y de las capturas generadas se ha obtenido la densidad relativa por especie, es decir las CPUEs (Capturas Por Unidad de Esfuerzo, Unidad: Ind/min).



Figura 5.- Imágenes de la técnica de captura principal utilizada para el muestreo de fraile en el lago: arriba a la izquierda, aparato de pesca eléctrica; arriba a la derecha, detalle del ánodo con la cámara subacuática adaptada; a bajo, operación de pesca en una zona de travertinos. Fotos: Consorci de l'Estany y Dolors Vinyoles.



Figura 6.- Imagen de la técnica de captura utilizada secundariamente para el muestreo de fraile en el lago: pesca eléctrica con embarcación, de descaste de exóticas. Foto: Consorci de l'Estany.

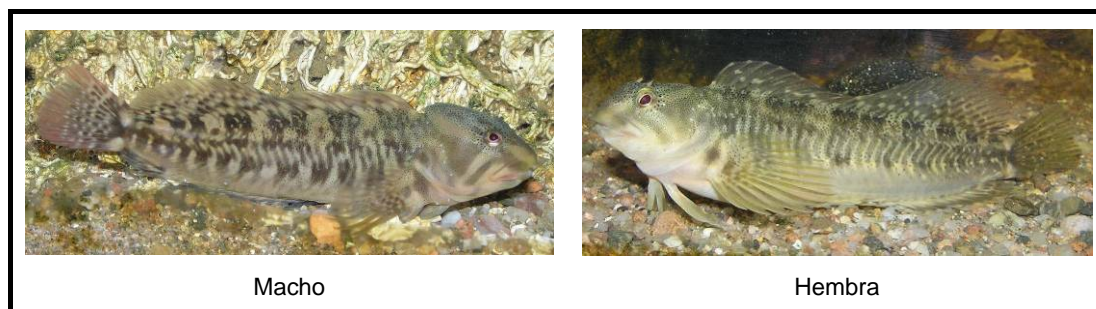


Figura 7.- Determinación del sexo en el fraile gracias a su dimorfismo sexual en la coloración y características morfológicas. Fotografías: Quim Pou i Rovira.

Campañas de muestreo y seguimiento

Después de los preparativos iniciales para poner a punto el sistema de muestreo, efectuados durante enero de 2012, en febrero se puso en marcha el muestreo inicial de la población de fraile, consistente en un muestreo intensivo entre los meses de febrero a mayo de los hábitats litorales del lago. A este muestreo se le superpuso un muestreo periódico (mensual) de una selección de los mejores núcleos de fraile. De acuerdo con lo previsto, este seguimiento tuvo continuidad hasta el diciembre, con dos meses sin pescas, mayo y noviembre, debido a una avería del aparato de pesca eléctrica y a una situación de lluvias prolongadas, respectivamente.

A tenor de los resultados obtenidos hasta finales de primavera mediante los dos muestreos paralelos, se decidió ampliar el muestreo intensivo de prospección mediante nuevas pescas concentradas en pleno verano (agosto), con el fin de ampliar el conocimiento de la población y sobretodo determinar mejor el nivel de uso de los nuevos arrecifes.

En total se han efectuado 299 pescas de muestreo de la población de fraile. Para un adecuado análisis de los resultados, cada pesca se ha realizado sobre sectores poco o nada heterogéneos en cuanto al hábitat.

Diagnos y cartografía de hábitats

La caracterización del hábitat en los puntos de muestreo se ha realizado mediante la toma de diversas variables cuantitativas y cualitativas sobre la granulometría del fondo, el recubrimiento y tipo de vegetación sumergida o emergente, la cobertura arbórea y la

morfometría del lecho, entre otros aspectos (Figura 7). Estas variables se han introducido en un análisis conjunto con las densidades relativas de las especies detectadas.

Por otra parte, se ha realizado una cartografía general de los hábitats litorales del fraile en el lago de Banyoles, en base a una valoración combinada de ortoimágenes de alta resolución y visitas de campo sobre el terreno con embarcación. Para esta cartografía, se ha utilizado una tipificación simplificada de los hábitats a partir de las mismas variables utilizadas para la descripción del hábitat en cada estación de muestreo (Tabla 1). Posteriormente, esto ha permitido cartografiar también la variación espacial de la densidad relativa esperada de fraile, de acuerdo con los resultados obtenidos mediante los muestreos.

FITXA TIPUS XIV		PESCA ELÈCTRICA (ÀNODE PETIT)				Codi: XIV -	
Data, posició, característiques pesca i operadors							
DATA: / / 201		HORA i:		HORA f:		UTM X:	UTM Y:
SECTOR:		ESTACIÓ:		TEMPS INICIAL:		TEMPS FINAL:	
INTENSITAT: A		DIF. DE POTENCIAL: V		OPERADORS:			
OBSERVACIONS							
Hàbitat i aigua (0: absent; 1: 1-10%; 2: 10-25%; 3: 25-50%; 4: 50-75%; 5: 75-100%.)							
Substrat		Vegetació				Morfometria	
Mur de formigó		0 1 2 3 4 5		Pècton		0 1 2 3 4 5	
Mur de pedra		0 1 2 3 4 5		Plòcon		0 1 2 3 4 5	
Roca mare		0 1 2 3 4 5		TOTAL Hidròfits		0 1 2 3 4 5	
Estromatòlits		0 1 2 3 4 5		Charals		0 1 2 3 4 5	
Blocs i pedres (> 64mm)		0 1 2 3 4 5		<i>Najas marina</i>		0 1 2 3 4 5	
Còdols i graves (64 - 2 mm)		0 1 2 3 4 5		<i>Myriophyllum sp</i>		0 1 2 3 4 5	
Sorra (0,6 - 2 mm)		0 1 2 3 4 5		<i>Potamogeton pectinatus</i>		0 1 2 3 4 5	
Llims i argila (< 0,6mm)		0 1 2 3 4 5		<i>Potamogeton nodosus</i>		0 1 2 3 4 5	
				<i>Nymphaea alba</i>		0 1 2 3 4 5	
				TOTAL Helòfits		0 1 2 3 4 5	
				<i>Scirpus litoralis</i>		0 1 2 3 4 5	
Arbrat				<i>Typha sp</i>		0 1 2 3 4 5	
Cobertura arbòria		0 1 2 3 4 5		<i>Cladium mariscus</i>		0 1 2 3 4 5	
Fullaraca		0 1 2 3 4 5		<i>Phragmites australis</i>		0 1 2 3 4 5	
Troncs i branques		0 1 2 3 4 5		<i>Altres helòfits</i>		0 1 2 3 4 5	
Arrels descobertes		0 1 2 3 4 5					
Corrent (Velocitat aigua)							
				Nul·la		0 1 2 3 4 5	
				Baixa (< 0,3 m/s)		0 1 2 3 4 5	
				Alta (> 0,3 m/s)		0 1 2 3 4 5	
Condicioncs aigua							
				T ^º		°C	
				Cond		µS/cm ²	
				Terbolesa		cm	
Captures							
Codi		SFL	LGI	MSA	GHO	PCL	ADE
Num.:							

Figura 8.- Ficha de muestreo utilizada en este proyecto. Fuente: Consorci de l'Estany.

Tipo general	Tipo simplificado	Etiqueta
Vegetación emergente	Sin helófitos	He0
	Recubrimiento < 25%	He1
	Recubrimiento 25-75%	He2
	Recubrimiento > 75%	He3
Vegetación hidrofítica	Sin hidrófitos	Hi0
	Recubrimiento < 25%	Hi1
	Recubrimiento 25-75%	Hi2
	Recubrimiento > 75%	Hi3
Sustrato dominante (Recubrimiento > 50%)	Muro de hormigón	S1.1
	Muro de piedras	S1.2
	Muro de troncos	S1.3
	Muro mixto	S1.4
	Estromatolitos	S2.1
	Roca	S2.2
	Bloques y piedras	S3.1
	Cantos y gravas	S3.2
	Arenas y limos	S3.3
	Sustrato mixto	S3.4
Arbolado	Cobertura < 50%	SC
	Cobertura > 50%	CC

Tabla 1.- Tipificación simplificada de los hábitats litorales de fraile. Fuente: Consorci de l'Estany.

Base de datos y análisis

Los datos recopilados durante las campañas de muestreo poblacional y de cartografiado de hábitats se han incorporado a una base de datos única en formato EXCEL. Los análisis estadísticos y los gráficos se han realizado mediante el siguiente programario: MS-EXCEL-2003, SPSS-15.0, CANOCO-4.5 y MIRAMON 7.0.

3.2.- ACTUACIONES DE CONSERVACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN

Construcción e instalación de arrecifes artificiales

Partiendo del conocimiento disponible sobre la selección de microhábitats del fraile en el lago, se han diseñado y construido tres modelos alternativos de módulos de arrecifes artificiales destinados a esta especie, para su instalación posterior en el lago (Tabla 2). Se ha tenido en cuenta también un criterio general de durabilidad una vez instalados, y de minimización de la relación coste/eficacia.

La instalación de los arrecifes ha consistido en la superposición de 3 módulos, en el caso del tipo I, y de 3 módulos en el caso de los tipos II y III (Figura 9). En total se han instalado en el lago 57 arrecifes, distribuidos por distintos sectores del lóbulo norte del lago, donde existía mucha menor disponibilidad de microhábitats adecuados para el fraile (Ver Mapa 1, en Anexo V). Para ello, se han seleccionado sectores con ausencia de hábitats rocosos, y con una profundidad máxima de 2m. En cada sector seleccionado se han instalado entre 6 y 10 arrecifes cercanos separados entre si por una distancia de entre 4 y 10 metros. Seis de estos sectores han sido utilizados para los experimentos con limnocorales (ver apartado siguiente).

La instalación de los arrecifes, algo más lenta de lo previsto inicialmente debido a dificultades operativas, se ha prolongado de abril a principios de junio. El muestreo de estos arrecifes en el lago, para evaluar su eficacia como hábitat para el fraile, se ha realizado en agosto mediante la técnica de pesca eléctrica combinada con censos visuales, descrita anteriormente.

Tipo	Materiales	Dimensiones	Unidades	
			Módulos	Arrecifes
Tipo I Bloques de hormigón y ladrillos	- 1 bloque de hormigón - 12 ladrillos de arcilla cocida, con 6 orificios (diámetro 2cm). - Cemento rápido	60 x 20 x 30 cm 40 x 20 x 30 cm	100 25	25
Tipo II Gavión de piedras	- Gavión de mallazo de 6mm (reja de 10x10cm) - Piedras calizas (Diámetro: 10-25cm) - Grapas de metal	50 x 50 x 40 cm	48	16
Tipo III Gavión de troncos	- Gavión de mallazo de 6mm (reja de 10x10cm) - Troncos de madera tratada (diámetro: 10-15cm) - Cemento rápido - Grapas de metal	50 x 50 x 40 cm	48	16

Tabla 2.- Descripción de los tres tipos de módulos básicos de arrecifes artificiales construidos.
Fuente: Consorci de l'Estany.



Tipo I – Bloques de hormigón y ladrillos



Tipo II – Gavión de piedras



Tipo III – Gavión de troncos

Figura 9.- Imágenes de los tres tipos de módulos básicos de arrecifes artificiales construidos.
Fotos: Consorci de l'Estany.

Experimentación con limnocorrales

Para evaluar el efecto de los peces depredadores exóticos sobre la población de fraile en el lago de Banyoles, y la interacción de este factor con la instalación de los arrecifes artificiales, se ha diseñado un experimento con limnocorrales o cercados en tres zonas del lago, donde previamente se habían instalado arrecifes. El experimento se ha diseñado inicialmente para la evaluación del efecto de tres factores básicos: I) tipo de arrecife, II) presencia masiva de hidrófitos, III) ausencia de depredadores. Para ello, en cada zona de actuación se han seleccionado dos sectores distintos, con y sin hidófitos. En cada sector, se han dispuesto tres pares de arrecifes de cada tipo, cerrando uno de cada tipo mediante un limnocorral. De este modo, en cada zona se han instalado 6 limnocorrales, 3 de ellos en cada sector (Tabla 3 y Figura 11).

	Sector con hidrófitos	Sector sin hidrófitos
Con limnocorral (ausencia de depredadores)	3 arrecifes independientes (3 tipos de arrecifes)	3 arrecifes independientes (3 tipos de arrecifes)
Sin limnocorral (presencia de depredadores)	3 arrecifes independientes (3 tipos de arrecifes)	3 arrecifes independientes (3 tipos de arrecifes)

Tabla 3.- Diseño de los experimentos con limnocorrales, en cada una de las tres zonas de seleccionadas. Fuente: Consorci de l'Estany.

Los limnocorrales se han construido con red de poliamida de 1cm de luz de malla, suficiente para evitar la penetración de adultos o subadultos de cualquier especie íctica presente en el lago, excepto el fraile, que puede traspasarlos sin dificultad. Se han instalado anclándolos con piquetas a lo largo de la línea lastrada inferior; la línea de flotación superior asegura que el limnocorral se adapte a las pequeñas variaciones de nivel del lago. El diámetro de cada limnocorral (4m) era el suficiente para envolver cada arrecife dejando un espacio libre de 1m a su alrededor.

Estos limnocorrales se han construido entre marzo y abril, e instalado en mayo. Inicialmente se había previsto que estuvieran operativos hasta finales de otoño. Sin embargo, el inesperado crecimiento de algas filamentosas sobre la red, ha hecho que progresivamente ganaran peso, de forma que a partir del mes de setiembre, la mayoría de ellos habían quedado parcialmente abiertos por la parte superior, permitiendo la

entrada de peces grandes. Por otra parte, otro inconveniente no previsto ha sido la penetración ocasional de ejemplares de peces depredadores en algunos limnocorrales, después de saltar por encima de las redes. Estos ejemplares eran retirados regularmente mediante pesca eléctrica u otros métodos.

Para el muestreo de seguimiento de los experimentos con limnocorrales se optó por censos visuales estrictos mediante apnea, después de algún ensayo inicial poco exitoso mediante pesca eléctrica, y dado que era necesario repetirlos con frecuencia. En el muestreo de cada arrecife incorporado a estos experimentos (con o sin limnocorral) se realizaba una detenida inspección a poca distancia durante un periodo de 3 a 5 minutos, para el recuento de todos los ejemplares visibles. Su comportamiento curioso y territorial facilita su observación y recuento. El resultado se ha expresado como el total de ejemplares observados por grupo de talla, asumiendo que se trata de una aproximación uniforme a la densidad absoluta residente en los arrecifes en cada momento. Paralelamente a cada censo visual se ha tomado diversas variables sobre la estructura del hábitat en cada arrecife (Figura 12).

Estos censos visuales se iniciaron en junio, y tuvieron continuidad durante los meses de julio y agosto. A partir de setiembre, la mayor turbidez del agua y el colapso ya mencionado de buena parte de los limnocorrales ha hecho innecesario seguir con este seguimiento. Sin embargo, en diciembre, se ha realizado un último muestreo de las zonas de experimentación mediante la técnica de pesca eléctrica con censo visual.

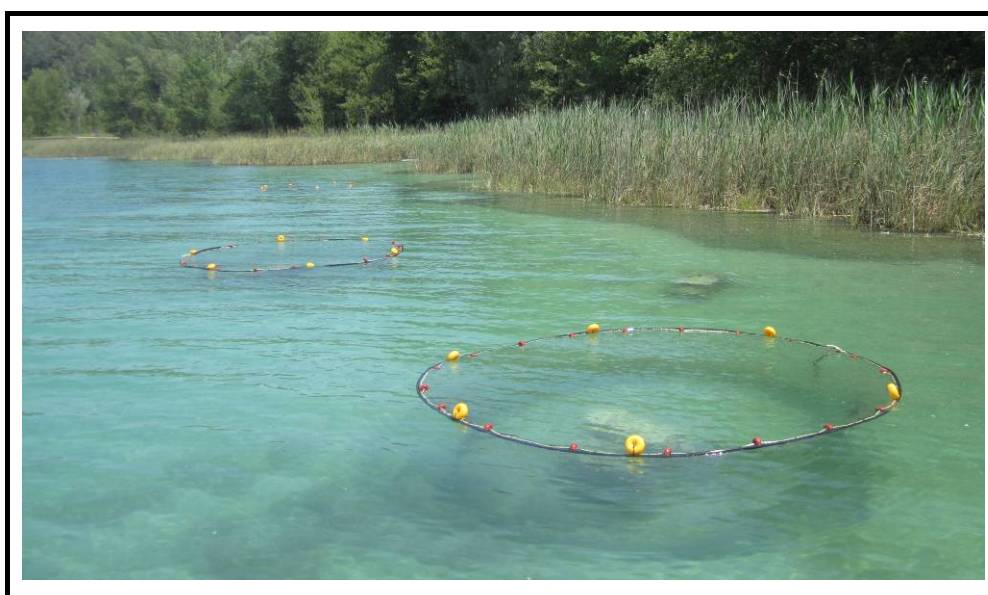


Figura 11.- Imagen de una de las zonas de limnocorrales, una vez instalados en un sector con arrecifes artificiales. Fuente: Consorci de l'Estany.

FITXA TIPUS XV		CENSOS VISUALS - ESCULLS						Codi: XV -			
Data, posició, tipus escull i operadors											
DATA: / / 201		HORA:		ZONA:		OPERADOR:					
TIPUS ESCULL: Formigó + totxanes		Gabió troncs		Gabió pedres		LIMNOCORRAL: Sí No		VEGETACIÓ: Sí No			
OBSERVACIONS											
Vegetació (0: absent; 1: 1-10%; 2: 10-25%; 3: 25-50%; 4: 50-75%; 5: 75-100%.)											
Pècton		0 1 2 3 4 5		Charals		0 1 2 3 4 5		Helòfits		0 1 2 3 4 5	
Plòcon		0 1 2 3 4 5		Altres hidròfits		0 1 2 3 4 5				0 1 2 3 4 5	
Observacions											
Codi	SFL 1	SFL 2	SFL 3	SFL 4	LGI 1	LGI 2	MSA 1	MSA 2	PFL 1		
Num.:											

Figura 12.- Ficha de muestreo de seguimiento de los experimentos con limnocorrales. Fuente: Consorci de l'Estany.

Mejora de hábitats

Durante los últimos años se ha producido un crecimiento masivo de algas carofíceas en los fondos del lago de Banyoles, cubriendo buena parte de los fondos a escasa profundidad, incluidos algunos hábitats óptimos para el fraile. Ya que esto se había identificado como una amenaza para la conservación del fraile, las náyades y otra fauna acuática, una de las actuaciones previstas consistía en la eliminación de los hidrófitos en parcelas experimentales.

Sin embargo, durante las prospecciones iniciales de la población de fraile ha emergido un resultado inesperado, la presencia de fraile en la cubierta tupida de carofíceas. Se trata de una presencia irregular, generalmente baja, pero que puede alcanzar densidades notables en algunos sectores concretos cercanos a sustratos rocosos libres de vegetación. En consecuencia, esta actuación se ha restringido a tres únicas parcelas experimentales (10x10m), situadas en el lóbulo sur (2) y norte (1) del lago. Esta tarea se ha realizado manualmente por una brigada de trabajo. Cabe apuntar que durante la extracción de carofíceas, realizada en verano, se ha observado una presencia masiva de juveniles y subadultos de fraile en dos de estas parcelas.

El seguimiento visual de la evolución de la cobertura de algas en las parcelas experimentales ha permitido comprobar que esta no se había reconstituido a finales de

otoño. En cuanto al seguimiento del fraile en estas parcelas, se ha integrado a las prospecciones intensivas de fraile en el lago.



Figura 13.- Imágenes del estado, antes y después, de una de las parcelas de actuación de eliminación de vegetación hidrofítica para la mejora de los hábitats del fraile. Fotos: Consorci de l'Estany.

Concentraciones de náyades

La población de *Unio elongatulus* en el lago se encuentra en una situación extremadamente delicada. A pesar de ser la especie autóctona de náyade actualmente más abundante, sus efectivos son escasos y se encuentran dispersos, hecho que junto a la escasez de peces autóctonos dificulta su reproducción efectiva. Por este motivo, se ha planificado una operación de concentración de náyades en sectores cercanos a los nuevos arrecifes. Ello facilitará su reproducción a través de ejemplares de fraile, huésped reconocido de los gloquidios de esta náyade, y por otra parte también facilitará su seguimiento posterior.

Las náyades localizadas (80 ejemplares) durante las prospecciones en apnea de finales de primavera de 2012, se han trasladado y concentrado en dos sectores del lóbulo norte del lago donde se han instalado arrecifes. Todas ellas han sido marcadas mediante etiquetas externas con un código numérico, adheridas a su concha (Figura 14). El seguimiento posterior ha consistido en una única visita a finales de verano para comprobar el estado y la pervivencia de los ejemplares. Estas operaciones de concentración, marcaje y seguimiento de náyades tendrán continuidad durante los próximos años.



Figura 14.- Imágenes de las operaciones de prospección (arriba) y marcaje (a bajo) de náyades en el lago de Banyoles. Foto: Consorci de l'Estany.

4.- RESULTADOS

4.1.- PROSPECCIÓN Y USO DEL HÁBITAT DEL FRAILE

En las zonas poco profundas del litoral del lago, el fraile selecciona preferentemente hábitats relativamente poco representados en el lago. Se trata sobretudo de sectores de escasa profundidad, con sustrato rocoso y con nula o muy escasa vegetación helofítica. Dentro de este gran tipo de hábitat, cabe distinguir tres microhábitats típicos con sus respectivos gradientes intermedios: A) muros artificiales de piedra u otros materiales, B) agregaciones de piedras, rocas sueltas y gravas, C) sustratos naturales de roca, sobretudo estramatolitos. Dentro de estos microhábitats se observa un cierto gradiente de ocupación por parte del fraile en función del tamaño, sobretudo en verano. Los ejemplares de mayor tamaño se concentran sobretudo en muros o zonas rocosas soleadas, mientras que los de menor tamaño ocupan un mayor espectro de situaciones, incluyendo microhábitats con menor cantidad de refugios. La cobertura arbórea hace disminuir la densidad de fraile, especialmente cuando se asocia a acúmulos importantes de ramas, u hojarasca.

Sin embargo, el fraile también ha aparecido en un hábitat actualmente en expansión en los fondos del lago: formaciones densas y extensas de carofíceas. Su densidad en este hábitat es muy variable, y puede haber sido subestimada por el método de muestreo.

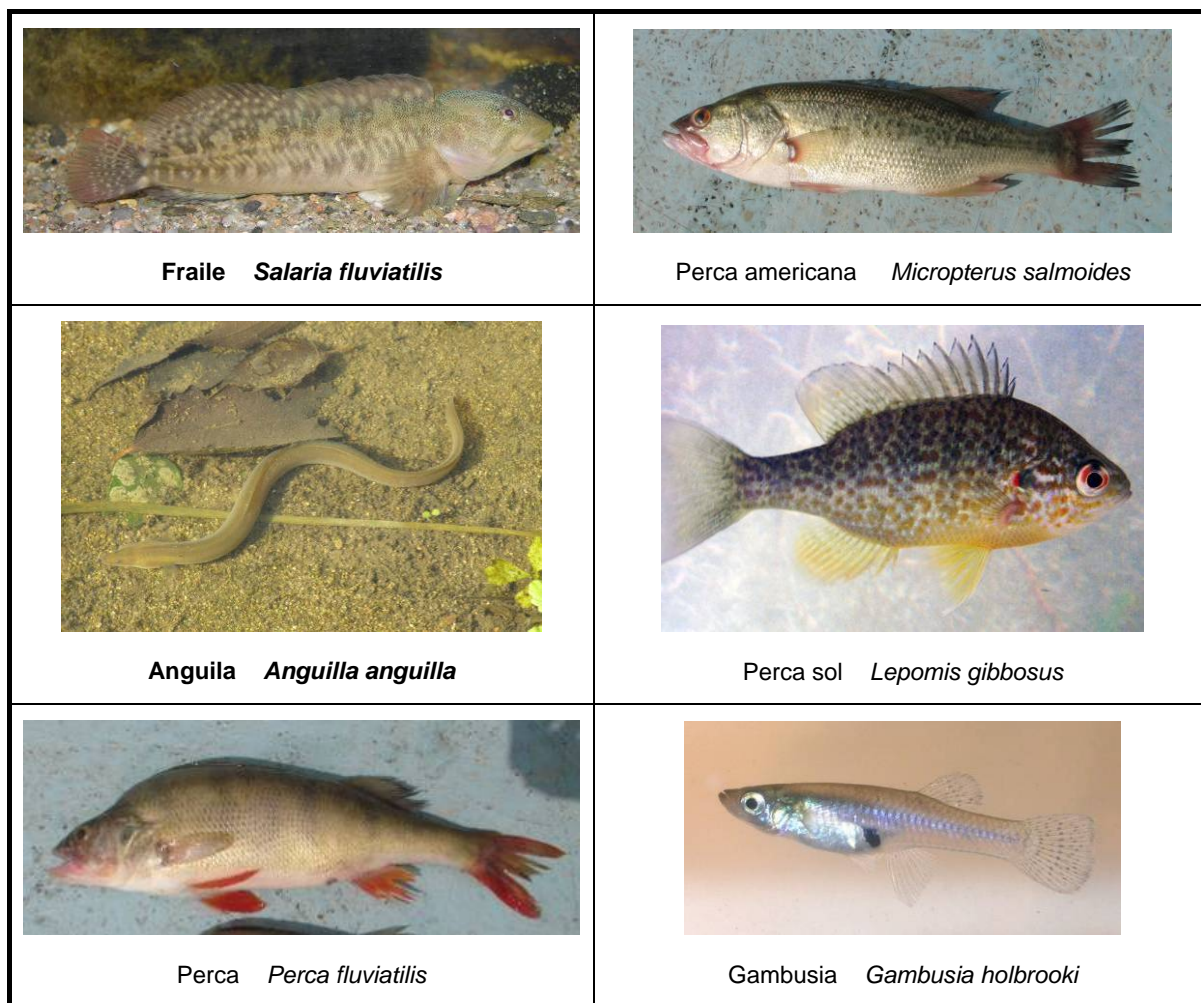


Figura 15.- Imágenes de las especies de peces detectadas durante los muestreos de fraile en el lago de Banyoles. En negrita: especies autóctonas. Fotos: Quim Pou i Rovira y Consorci de l'Estany.

Espece	Grupo de talla	Código	Símbolo
Fraile <i>Salaria fluviatilis</i>	0-2cm	SFL1	○
	2-4cm	SFL2	●
	4-6cm	SFL3	●
	> 6cm	SFL4	●
Anguila <i>Anguilla anguilla</i>	Único	AAN	-
Perca americana <i>Micropterus salmoides</i>	0-12cm	MSA1	●
	> 12cm	MSA2	●
Perca sol <i>Lepomis gibbosus</i>	0-6cm	LGI1	●
	> 6cm	LGI2	●
Perca <i>Perca fluviatilis</i>	Único	PFL	●
Gambusia <i>Gambusia holbrooki</i>	Único	GHO	-
Cangrejo rojo americano <i>Procambarus clarkii</i>	Único	PCL	●

Tabla 4.- Especies de peces detectadas durante los muestreos de fraile: codificación y simbología por grupo de talla, usadas en adelante. Fuente: Consorci de l'Estany.

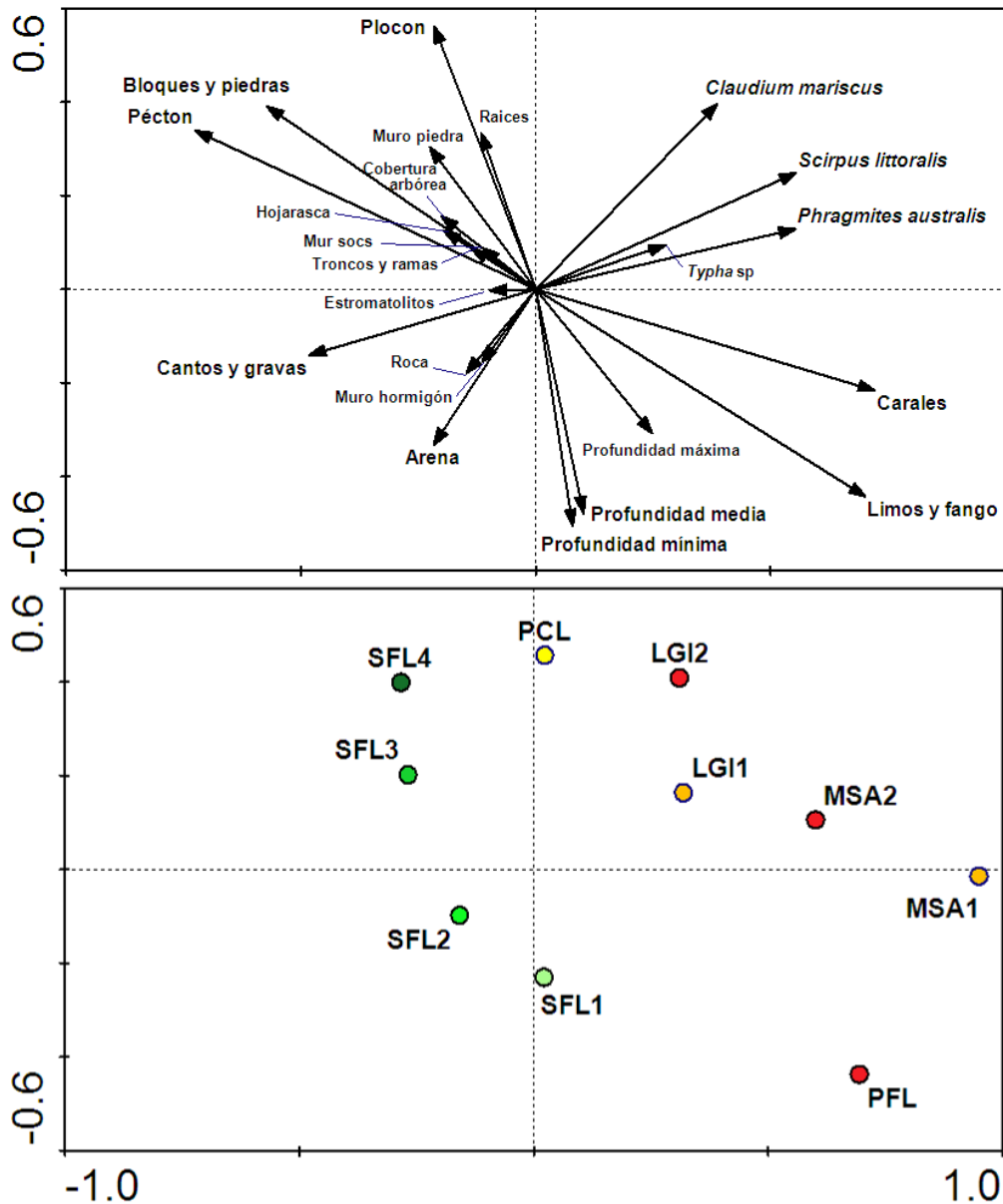


Figura 16.- Resumen gráfico del Análisis de Correspondencias Canónicas parcial (CCA), ejecutado para relacionar la densidad relativa (CPUE) de los diversos grupos de talla del fraile y de las especies acompañantes, con las principales variables ambientales relacionadas con la estructura del hábitat, por punto de muestreo. Solo se han incorporado los muestreos en situación de agua caliente ($T^a > 20^{\circ}\text{C}$). Se representan la posición relativa de las especies (puntos de color, véase Tabla 4) y las variables sobre el hábitat (flechas negras), respecto los dos primeros ejes explicativos de la variancia en la relación especies/hábitat. Solo se han incorporado en el análisis las especies con ocurrencia superior a 5. La variable densidad relativa (CPUE) de las especies y diversas variables ambientales se han transformado logarítmicamente. Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

Variable	Eje 1	Eje 2
Muro de hormigón	-0.0925	-0.1160
Muro de troncos	-0.0918	0.0657
Muro de piedra	-0.1828	0.2257
Substrato: roca	-0.1199	-0.1335
Substrato: estromatolitos	-0.0790	-0.0023
Substrato: bloques y piedras	-0.4630	0.2909
Substrato: cantos y gravas	-0.3901	-0.1047
Substrato: arenas	-0.1757	-0.2476
Substrato: limos y fango	0.5683	-0.3299
Cobertura arbórea	-0.1630	0.1162
Hojarasca	-0.1583	0.0931
Troncos y ramas	-0.1104	0.0645
Raíces	-0.0938	0.2483
Pecton (biofilm)	-0.5864	0.2523
Plocon (algas filamentosas)	-0.1750	0.4187
Hidrófitos: carales	0.5842	-0.1614
Helófitos: <i>Scirpus littoralis</i>	0.4484	0.1855
Helófitos: <i>Typha</i> sp	0.2228	0.0708
Helófitos: <i>Claudium mariscus</i>	0.3125	0.2947
Helófitos: <i>Phragmites australis</i>	0.4471	0.0960
Profundidad máxima	0.2002	-0.2289
Profundidad mínima	0.0632	-0.3768
Profundidad media	0.0822	-0.3563
Variación explicada acumulada de la relación especies/hábitat (%)	44,2	71,6

Tabla 5.- Correlación entre las variables ambientales relacionadas con la estructura del hábitat y los dos primeros ejes explicativos derivados del Análisis de Correspondencias Canónicas parcial (CCA), en situación de agua caliente ($T^a > 20^{\circ}\text{C}$) (Figura 16). Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

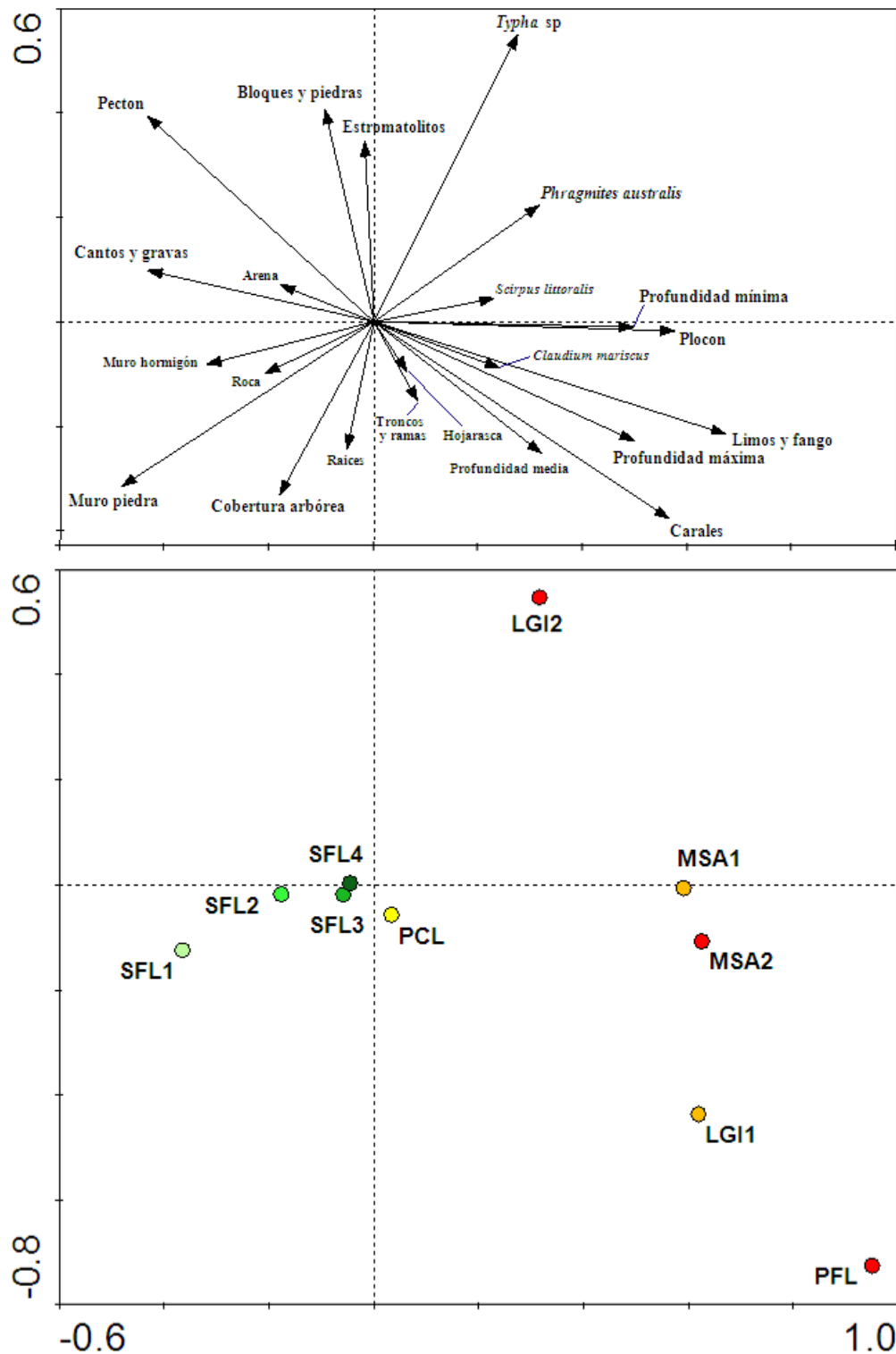


Figura 17.- Resumen gráfico del Análisis de Correspondencias Canónicas parcial (CCA), ejecutado para relacionar la densidad relativa (CPUE) de los diversos grupos de talla del fraile y de las especies acompañantes, con las principales variables ambientales relacionadas con la estructura del hábitat, por punto de muestreo. Solo se han incorporado los muestreos en situación de agua fría ($T^a < 20^{\circ}\text{C}$). Se representan la posición relativa de las especies (puntos de color, véase Tabla 4) y las variables sobre el hábitat (flechas negras), respecto los dos primeros ejes explicativos de la variancia en la relación especies/hábitat. Solo se han incorporado en el análisis las especies con ocurrencia superior a 5. La variable densidad relativa (CPUE) de las especies y diversas variables ambientales se han transformado logarítmicamente. Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

Variable	Eje 1	Eje 2
Muro de hormigón	-0,2768	-0,0662
Muro de piedra	-0,4167	-0,2539
Substrato: roca	-0,1803	-0,0794
Substrato: estromoatolitos	-0,0154	0,2788
Substrato: bloques y piedras	-0,0812	0,3283
Substrato: cantos y gravas	-0,3739	0,0795
Substrato: arenas	-0,1550	0,0567
Substrato: limos y fango	0,5815	-0,1735
Cobertura arbórea	-0,1558	-0,2671
Hojarasca	0,0543	-0,0765
Troncos y ramas	0,0718	-0,1221
Raíces	-0,0449	-0,1969
Pecton (biofilm)	-0,3745	0,3183
Plocon (algas filamentosas)	0,4977	-0,0138
Hidrófitos: carales	0,4870	-0,3042
Helófitos: <i>Scirpus littoralis</i>	0,1987	0,0363
Helófitos: <i>Typha</i> sp	0,2374	0,4438
Helófitos: <i>Claudium mariscus</i>	0,2073	-0,0712
Helófitos: <i>Phragmites australis</i>	0,2734	0,1806
Profundidad máxima	0,4304	-0,1839
Profundidad mínima	0,4286	-0,0083
Profundidad media	0,2766	-0,2032
Variación explicada acumulada de la relación especies/hábitat (%)	43,3	69,0

Tabla 6.- Correlación entre las variables ambientales relacionadas con la estructura del hábitat y los dos primeros ejes explicativos derivados del Análisis de Correspondencias Canónicas parcial (CCA), en situación de agua fría ($T^a < 20^{\circ}\text{C}$) (Figura 17). Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

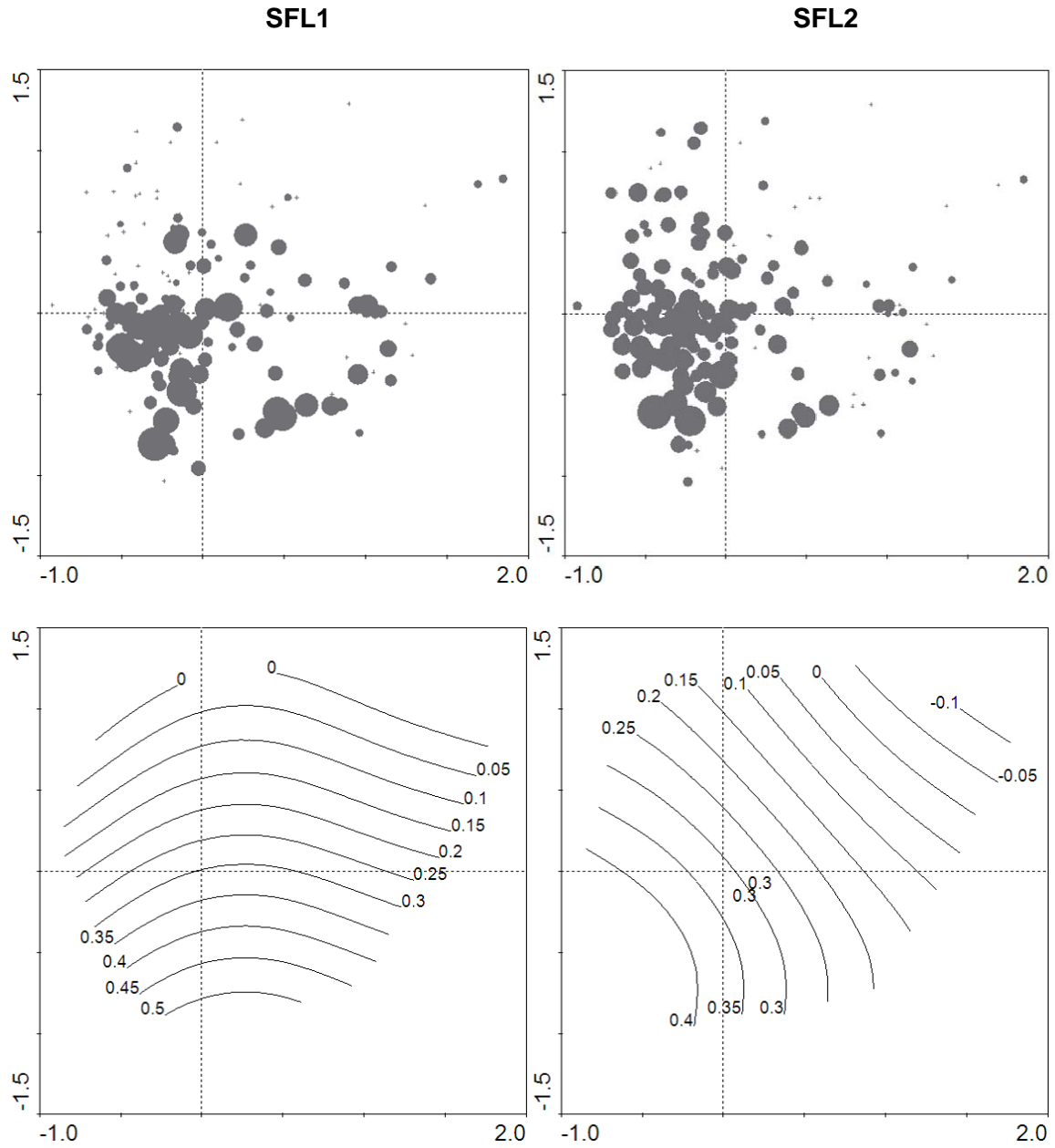


Figura 18-A.- Resumen gráfico del Análisis de Correspondencias Canónicas parcial (CCA), ejecutado para relacionar la densidad relativa (CPUE) de los diversos grupos de talla del fraile y de las especies acompañantes, con las principales variables ambientales relacionadas con la estructura del hábitat, por punto de muestreo. Solo se han incorporado los muestreos en situación de agua caliente ($T^a > 20^{\circ}\text{C}$). Para cada grupo de talla del fraile, se representan la densidad relativa por estación de muestreo (arriba), y una modelización de su abundancia mediante un modelo GAM (a bajo). Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

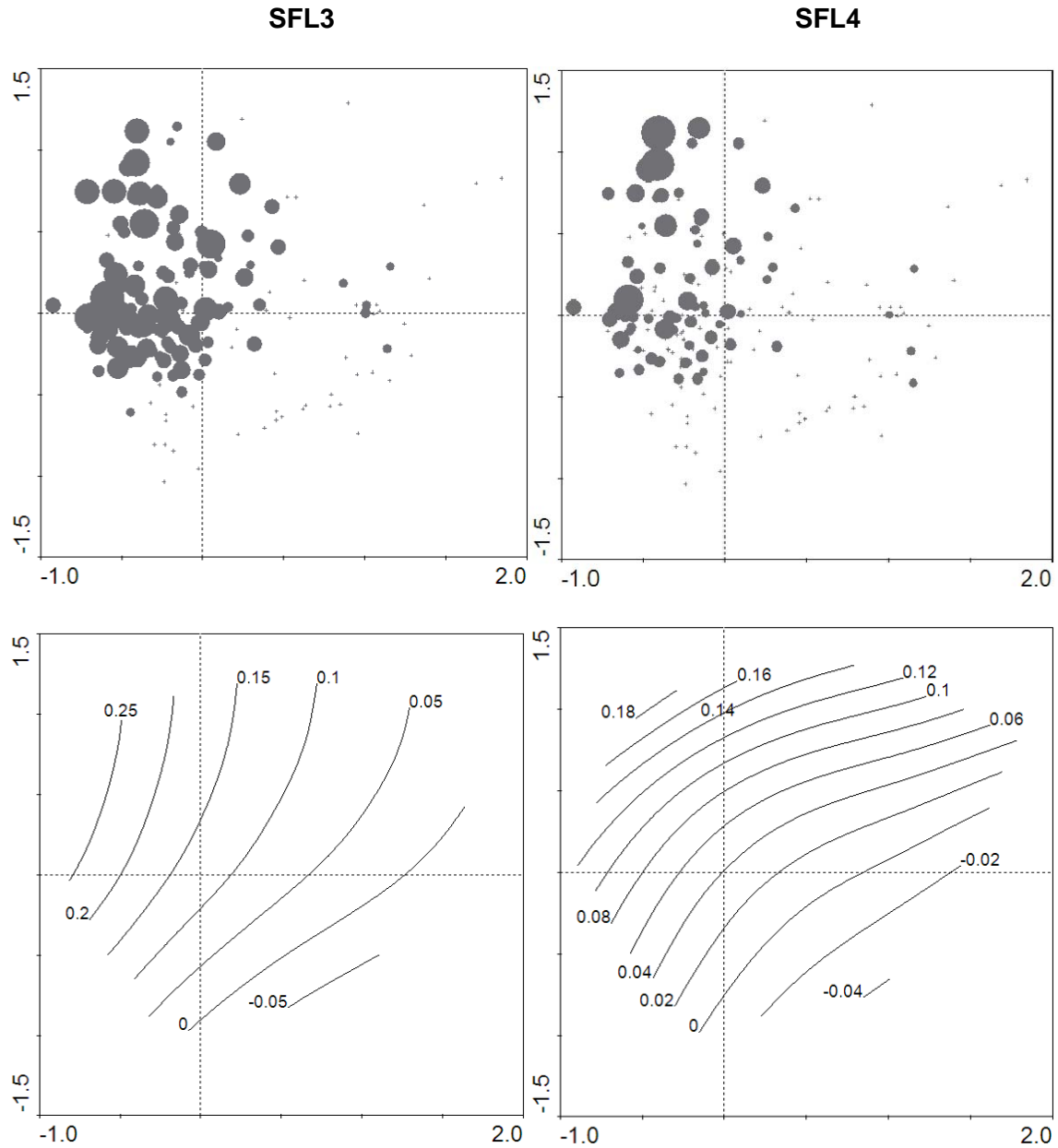


Figura 18-B.- Resumen gráfico del Análisis de Correspondencias Canónicas parcial (CCA), ejecutado para relacionar la densidad relativa (CPUE) de los diversos grupos de talla del fraile y de las especies acompañantes, con las principales variables ambientales relacionadas con la estructura del hábitat, por punto de muestreo. Solo se han incorporado los muestreos en situación de agua caliente ($T^a > 20^{\circ}\text{C}$). Para cada grupo de talla del fraile, se representan la densidad relativa por estación de muestreo (arriba), y una modelización de su abundancia mediante un modelo GAM (a bajo). Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

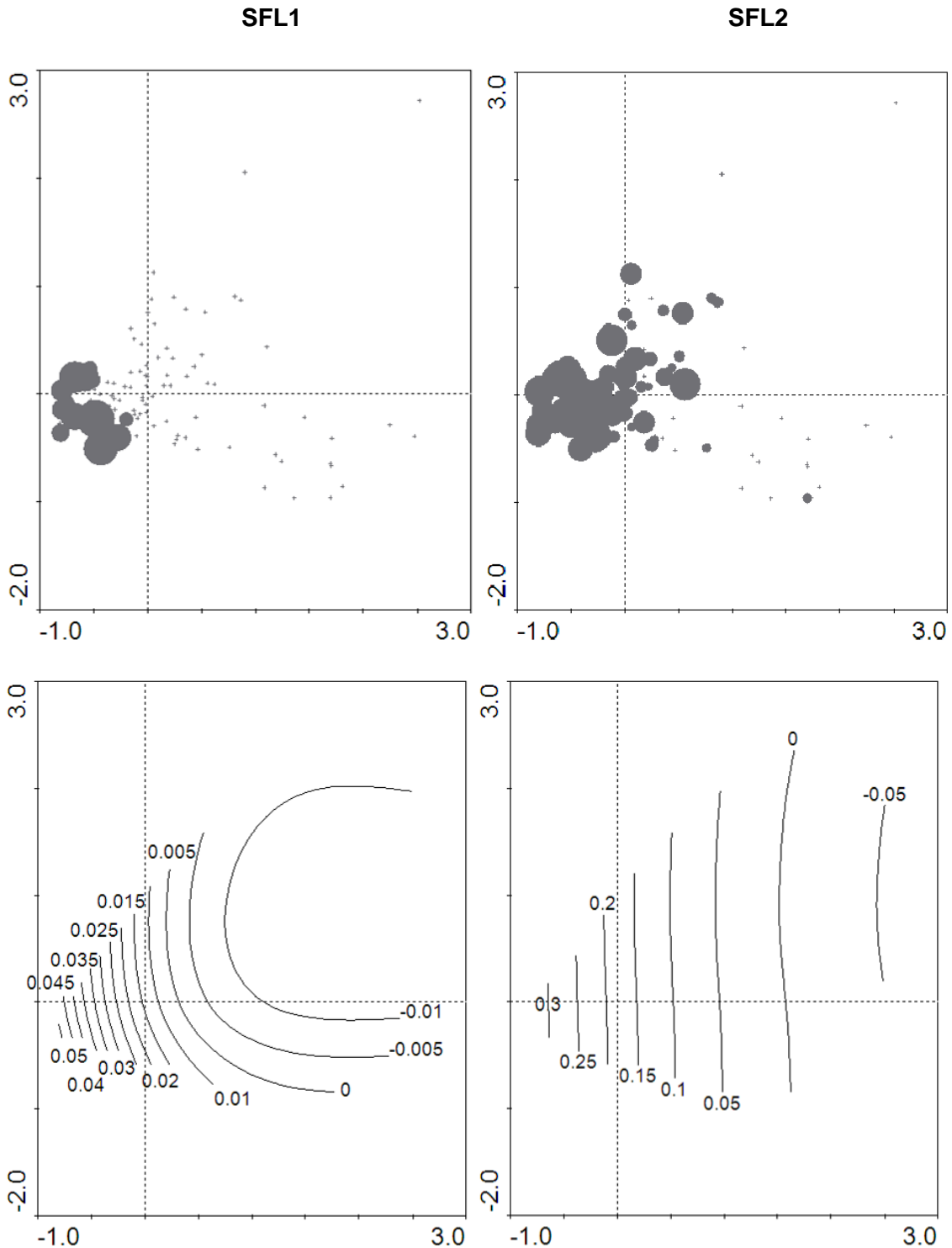


Figura 19-A.- Resumen gráfico del Análisis de Correspondencias Canónicas parcial (CCA), ejecutado para relacionar la densidad relativa (CPUE) de los diversos grupos de talla del fraile y de las especies acompañantes, con las principales variables ambientales relacionadas con la estructura del hábitat, por punto de muestreo. Solo se han incorporado los muestreos en situación de agua fría ($T^a < 20^{\circ}\text{C}$). Para cada grupo de talla del fraile, se representan la densidad relativa por estación de muestreo (arriba), y una modelización de su abundancia mediante un modelo GAM (a bajo). Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

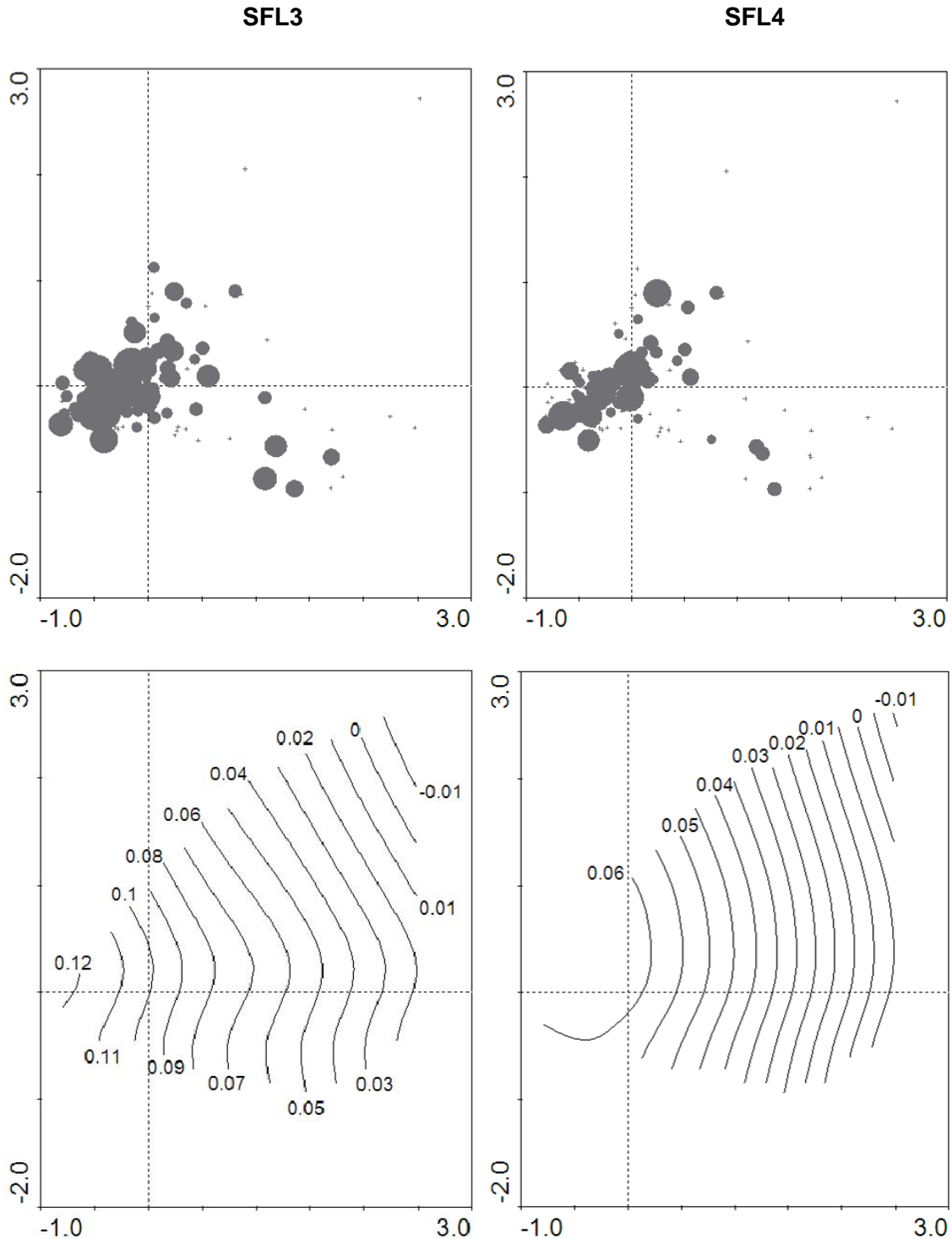


Figura 19-B.- Resumen gráfico del Análisis de Correspondencias Canónicas parcial (CCA), ejecutado para relacionar la densidad relativa (CPUE) de los diversos grupos de talla del fraile y de las especies acompañantes, con las principales variables ambientales relacionadas con la estructura del hábitat, por punto de muestreo. Solo se han incorporado los muestreos en situación de agua fría ($T^a < 20^{\circ}\text{C}$). Para cada grupo de talla del fraile, se representan la densidad relativa por estación de muestreo (arriba), y una modelización de su abundancia mediante un modelo GAM (a bajo). Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

4.2.- CARTOGRAFÍA DE LOS HÁBITATS LITORALES

El análisis de la densidad relativa observada de fraile por tipos simplificados de hábitat, confirma en gran medida los resultados expuestos anteriormente. Los dos tipos generales de hábitats que condicionan en mayor medida la densidad del fraile son claramente el tipo de sustrato y la densidad de helófitos. Las mayores densidades se observan en pequeños sectores del litoral sin helófitos y con sustratos rocosos. Los hábitats mucho más extensivos de masas de carofíceas, también están ocupados por densidades medias o bajas de fraile.

Por otra parte, se han cartografiado en detalle los hábitats del fraile en el estrato menos profundo del lago de Banyoles (<4m de profundidad), de acuerdo con la tipificación simplificada previamente establecida (Tabla 1). Los resultados se aportan en el anexo A-V (Cartografía). Destacar la gran extensión de cierto tipo de hábitats concretos en especial la combinación de fondos fangosos y formaciones densas de carofíceas. Este tipo de hábitats, libres de vegetación hasta hace pocos años, no eran ocupados por el fraile, mientras que ahora su presencia con densidades bajas o medias ha permitido probablemente incrementar notablemente el estoc global de esta especie en el lago. Sin embargo queda por dilucidar si este hábitat es ocupado de forma permanente durante todo el año y especialmente si se da reproducción del fraile.

En cualquier caso, los mejores sectores para el fraile continúan siendo pequeños espacios situados en zonas del litoral generalmente antropizadas y con escasa presencia de vegetación emergente. La presencia de muros antiguos de travertino o incluso de algunos escombros también antiguos garantiza un buen hábitat para esta especie, que de forma natural sería menos abundante. Su casi ausencia en zonas con vegetación helofítica, a pesar de que cubra sustratos rocosos, parece atribuible al hecho que esta vegetación permite el establecimiento de depredadores exóticos, principalmente perca americana y perca sol. De hecho, las mayores densidades observadas de adultos de fraile se dan en las zonas de baño del litoral, donde a parte de los hábitats rocosos limpios de vegetación, probablemente la afluencia regular de bañistas ahuyenta los grandes peces.

Variable ^a :	Muestreos con pesca eléctrica			
	Densidad relativa			
Grupo de talla:	SFL1	SFL2	SFL3	SFL4
Factor: Época (Invierno o verano)	***	***	***	n.s.
Tipo de substrato	n.s.	***	***	***
Cobertura arbórea	n.s.	n.s.	n.s.	***
Hidrófitos	n.s.	n.s.	n.s.	*
Helófitos	*	***	***	**

Tabla 7.- Resumen de los resultados de los análisis MLG efectuados sobre la densidad relativa para cada uno de los grupos de talla del fraile, a partir de los datos de las prospecciones generales en el lago, e incorporando como factores los tipos generales de hábitats simplificados del litoral (ver tabla 1), además de la época del año. ^a Transformación logarítmica. Niveles de significación: *** <0,01; ** <0,05; * <0,1. Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

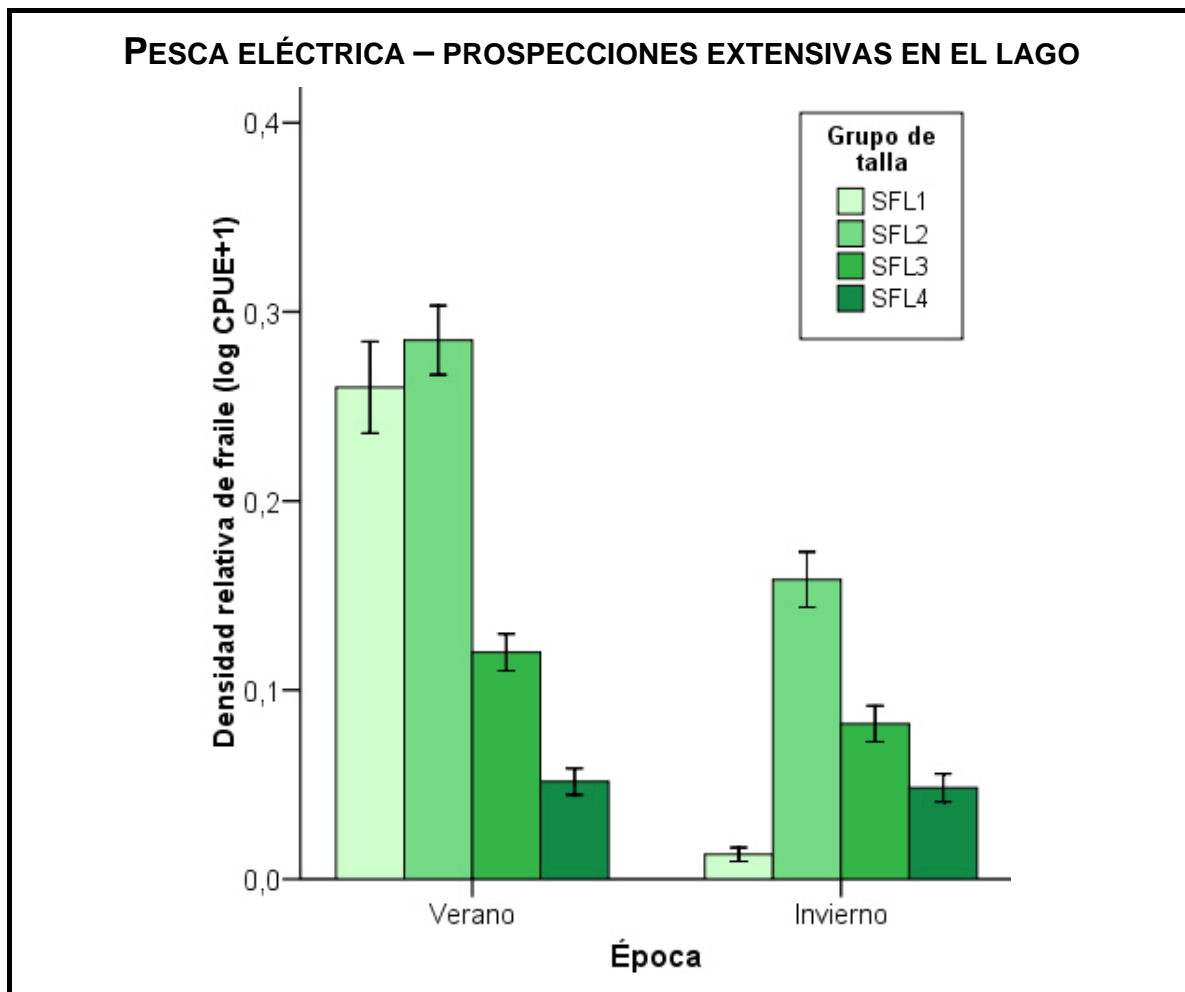


Figura 20.- Variación de la densidad relativa de fraile en el litorales del lago, en función de la época del año. Datos de los muestreos generales de prospección con pesca eléctrica en el litoral del lago. Las barras verticales representan el error estándar. Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

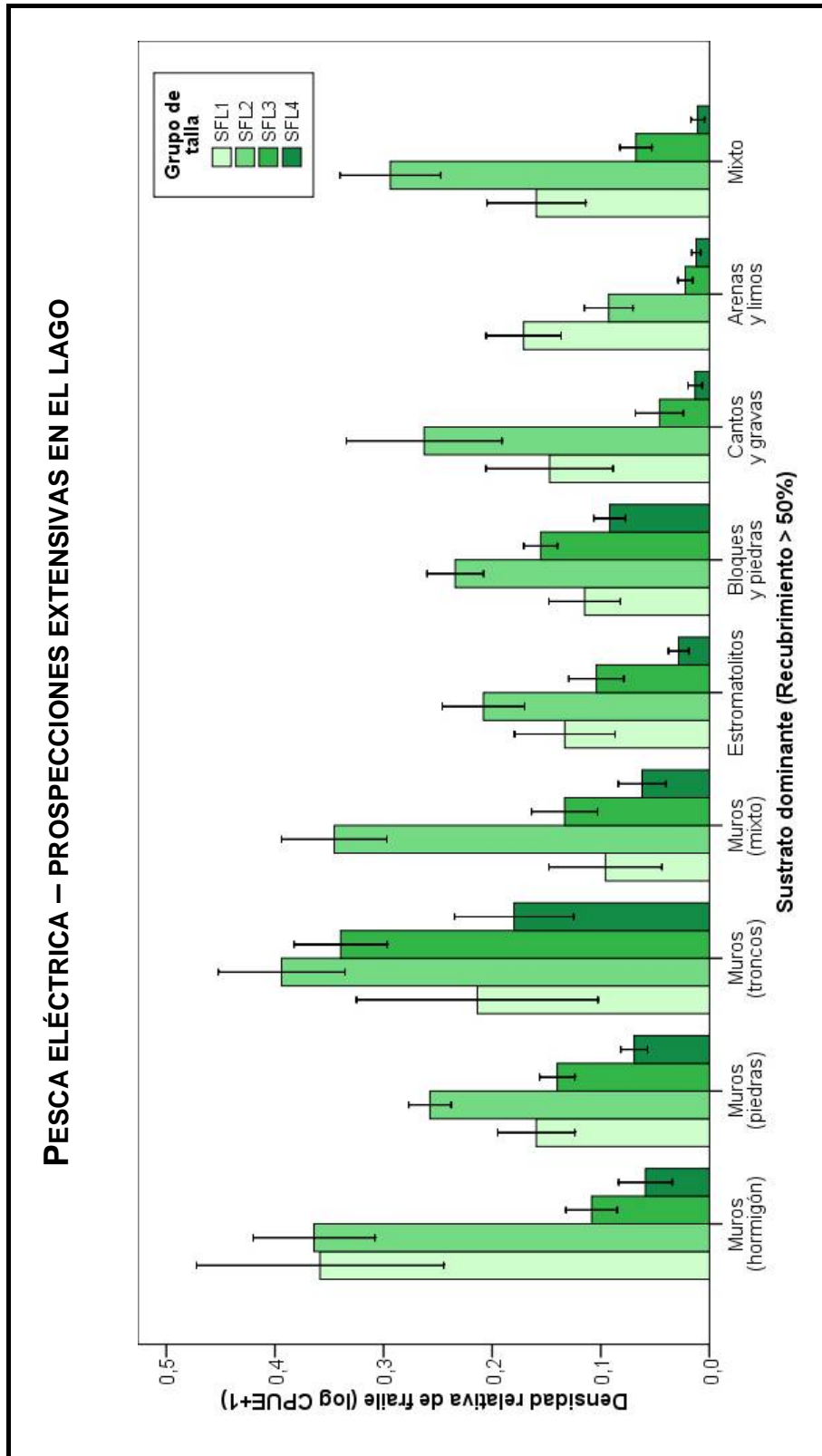


Figura 21.- Variación de la densidad relativa de fraile en el litorales del lago, en función del tipo de sustrato. Datos de los muestreos generales de prospección con pesca eléctrica en el litoral del lago. Las barras verticales representan el error estándar. Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

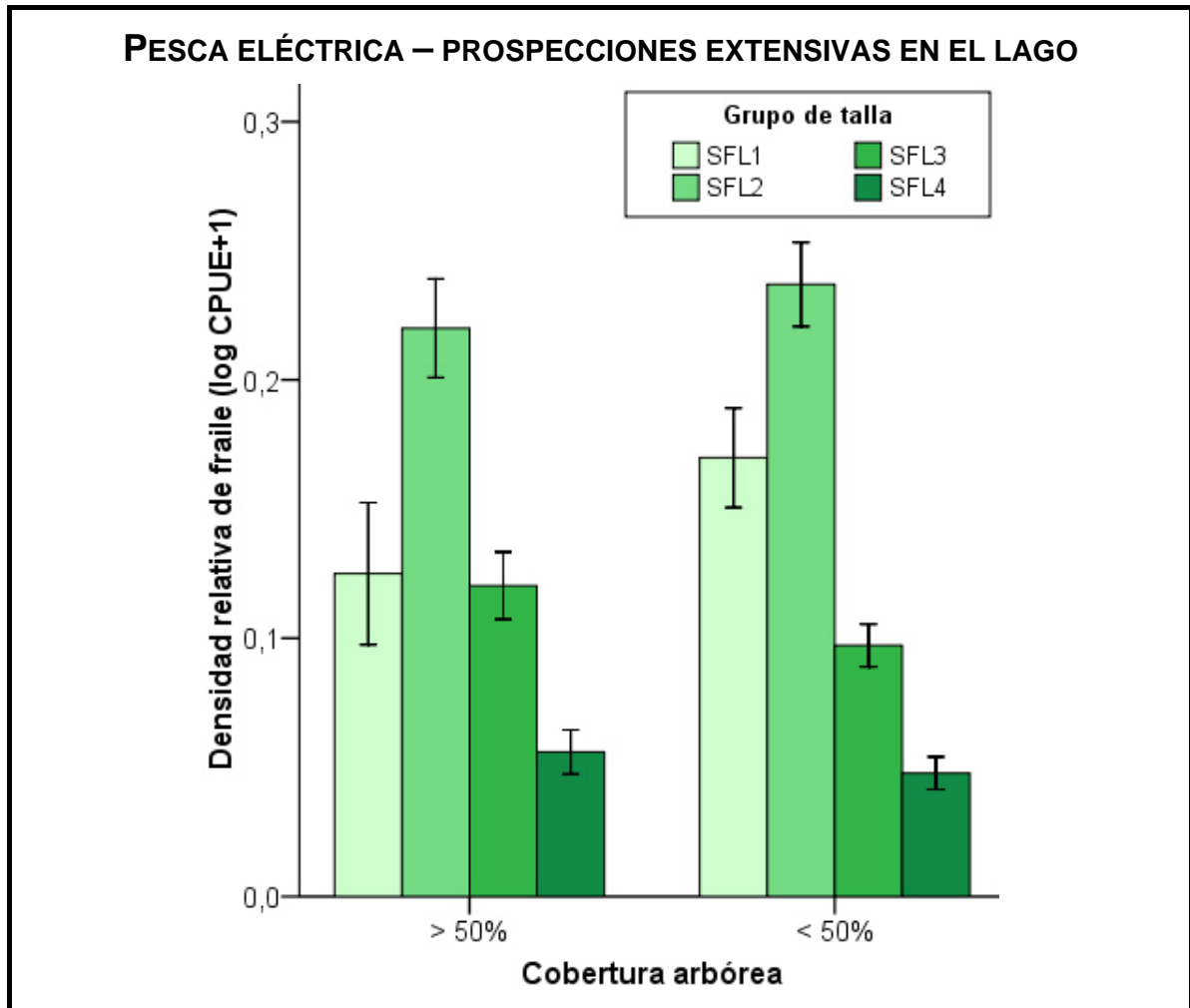


Figura 22.- Variación de la densidad relativa de fraile en el litorales del lago, en función de la cobertura arbórea. Datos de los muestreos generales de prospección con pesca eléctrica en el litoral del lago. Las barras verticales representan el error estándar. Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

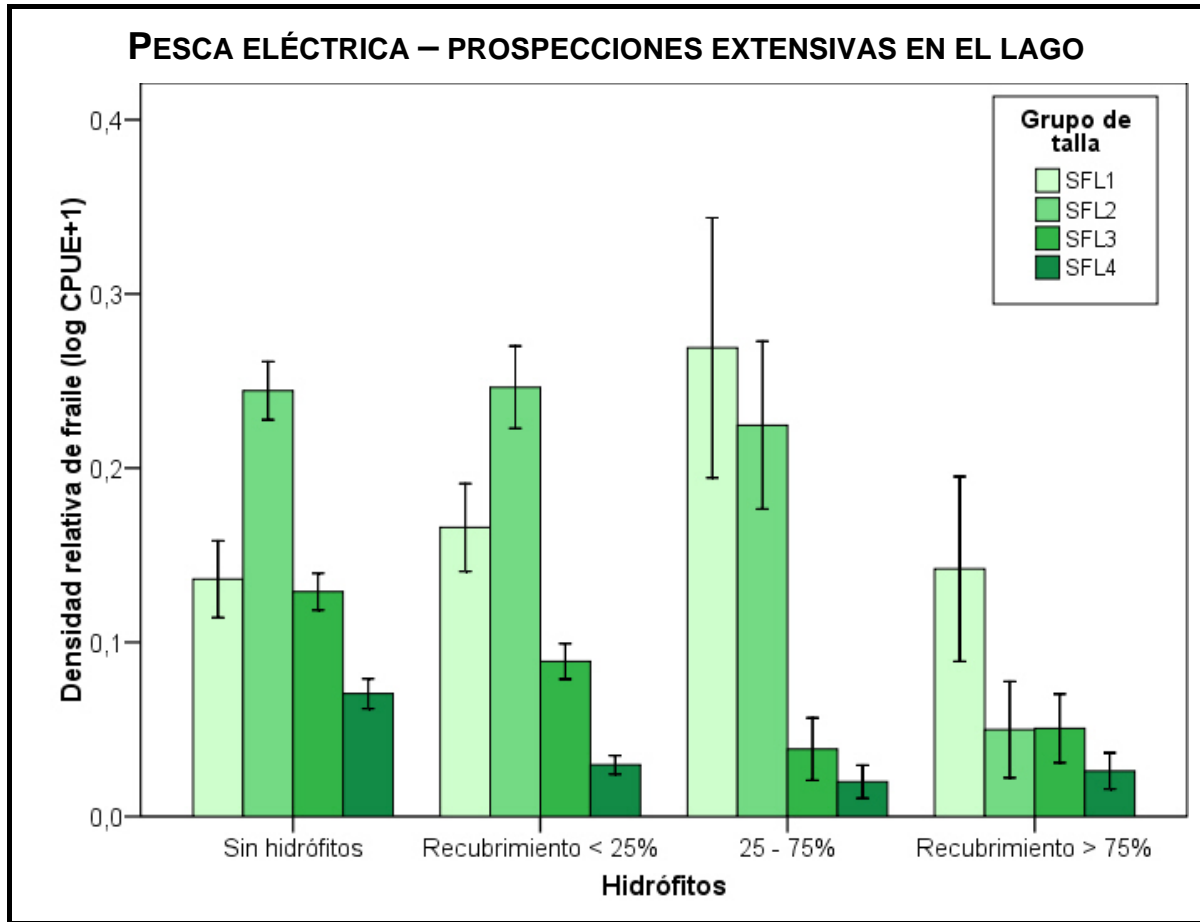


Figura 23.- Variación de la densidad relativa de fraile en el litorales del lago, en función de la vegetación hidrofítica, compuesta principalmente por carales. Datos de los muestreos generales de prospección con pesca eléctrica en el litoral del lago. Las barras verticales representan el error estándar. Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

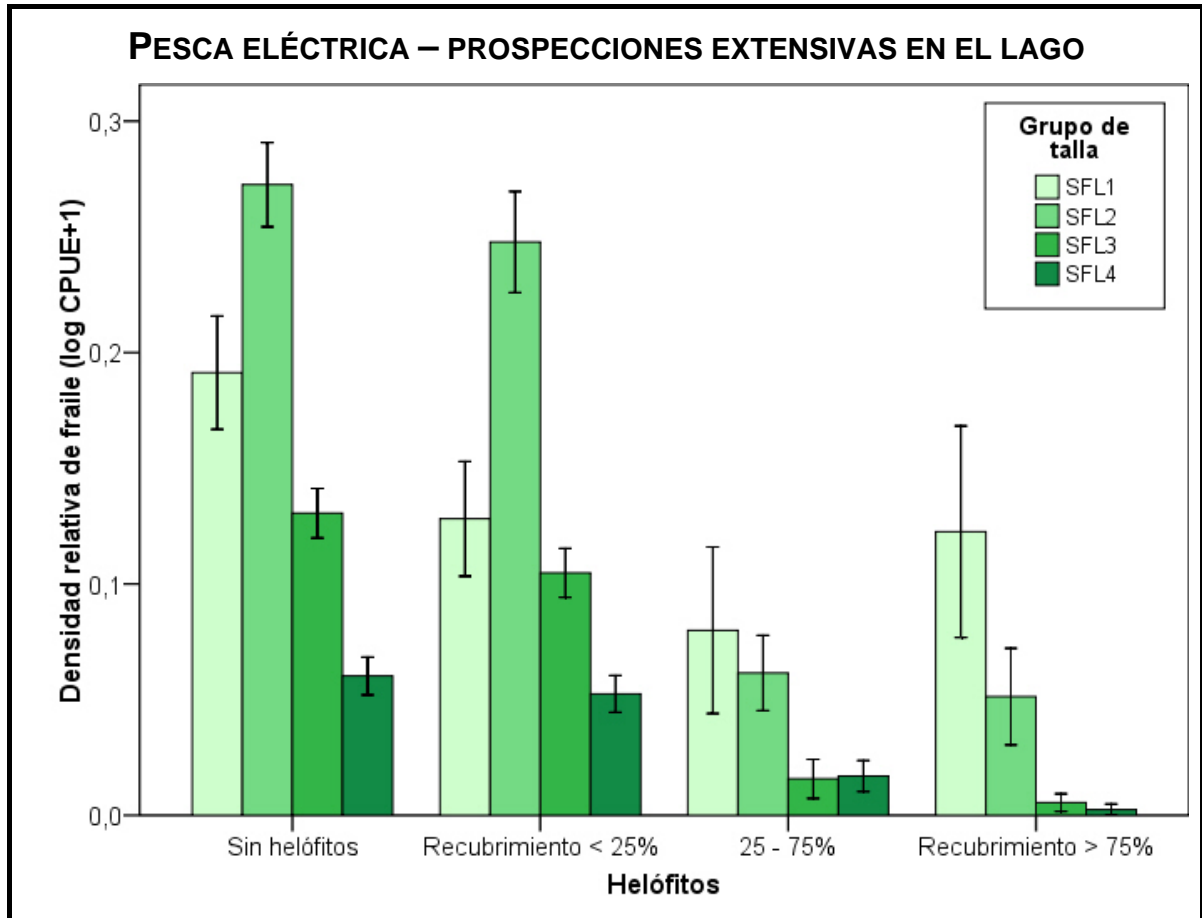


Figura 24.- Variación de la densidad relativa de fraile en el litorales del lago, en función de la vegetación helofítica. Datos de los muestreos generales de prospección con pesca eléctrica en el litoral del lago. Las barras verticales representan el error estándar. Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

Tipo general	Tipo simplificado	Etiqueta	Extensión ^a (ha)	% ^b	Potencialidad mediana para el fraile
Vegetación emergente	Sin helófitos	He0	20,735	20,74	MEDIA
	Recubrimiento < 25%	He1	0,125	0,13	BAJA
	Recubrimiento 25-50%	He2	0,640	0,64	BAJA
	Recubrimiento > 25%	He3	2,446	2,45	BAJA
Vegetación hidrofítica	Sin hidrófitos	Hi0	4,142	17,30	MEDIA
	Recubrimiento < 25%	Hi1	3,901	16,29	MEDIA
	Recubrimiento 25-50%	Hi2	1,467	6,13	MEDIA
	Recubrimiento > 25%	Hi3	14,436	60,29	MEDIA
Sustrato dominante (Recubrimiento > 50%)	Muro de hormigón	S1.1	938,6	11,99 ^c	MEDIA
	Muro de piedras	S1.2	2.625,5	33,54 ^c	ALTA
	Muro de troncos	S1.3	44,2	0,57 ^c	ALTA
	Muro mixto	S1.4	<0,001	<0,01 ^c	ALTA
	Estromatolitos	S2.1	0,134	0,56	ALTA
	Roca	S2.2	<0,001	<0,01	ALTA
	Bloques y piedras	S3.1	0,067	0,28	ALTA
	Cantos y gravas	S3.2	0,304	1,27	MEDIA
	Arenas y limos	S3.3	23,187	96,83	BAJA
	Sustrato mixto	S3.4	0,254	1,06	ALTA
Arbolado	Cobertura < 50%	SC	1,634	6,74	MEDIA
	Cobertura > 50%	CC	22,591	93,26	MEDIA

Tabla 8.- Extensión de los tipos simplificados de hábitat litoral del fraile en el lago de Banyoles, y potencialidad mediana para el fraile. ^a En el caso de los muros la unidad de medida son metros; ^b Respecto la zona litoral poco profunda (<4m); ^c Respecto el perímetro total del litoral del lago. Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

Grupo de talla	Densidad relativa de fraile (Nivel)	Extensión (ha)	% ^b
SFL1	MUY BAJA	18,862	78,77
	BAJA	3,675	15,35
	MEDIA	0,000	0,00
	ALTA	1,408	5,88
	MUY ALTA	<0,001	<0,01
SFL2	MUY BAJA	18,663	77,94
	BAJA	3,781	15,79
	MEDIA	1,408	5,88
	ALTA	<0,001	<0,01
	MUY ALTA	0,093	0,39
SFL3	MUY BAJA	23,807	99,42
	BAJA	0,047	0,20
	MEDIA	0,091	0,38
	ALTA	<0,001	<0,01
	MUY ALTA	<0,001	<0,01
SFL4	MUY BAJA	23,901	99,82
	BAJA	0,033	0,14
	MEDIA	0,005	0,02
	ALTA	0,007	0,03
	MUY ALTA	<0,001	<0,01

Tabla 9.- Extensión de la superficie de hábitat litoral del fraile en el lago de Banyoles, en función del nivel de densidad relativa media.^b Respecto a la superficie total del lago. Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

4.3.- DINÁMICA POBLACIONAL INTRANUAL DEL FRAILE

El lago de Banyoles es un sistema altamente estable, con escasas variaciones interanuales en las condiciones ambientales. Ello explica la inexistencia de bruscos cambios o fluctuaciones en la demografía de los peces del lago, incluido el fraile.

Los datos recopilados durante el seguimiento mensual realizado en 2012 confirman que la población de fraile está muy rejuvenecida, con una baja presencia relativa de ejemplares de talla media, y una muy baja presencia de ejemplares de gran talla. Esto se atribuye aun a la presencia masiva de peces depredadores exóticos. Sin embargo, gracias a las operaciones de descaste de estos depredadores, realizadas en el marco del proyecto LIFE+ *Projecte Estany*, su densidad ha disminuido ya considerablemente. Ello puede explicar una suave pero clara tendencia observada durante los últimos 3 años hacia un incremento de la densidad global de fraile en el lago. Cabe esperar que esta tendencia se mantenga estable durante los próximos años, en parte favorecida por las actuaciones realizadas en el marco de este proyecto centrado sobretodo en el fraile.

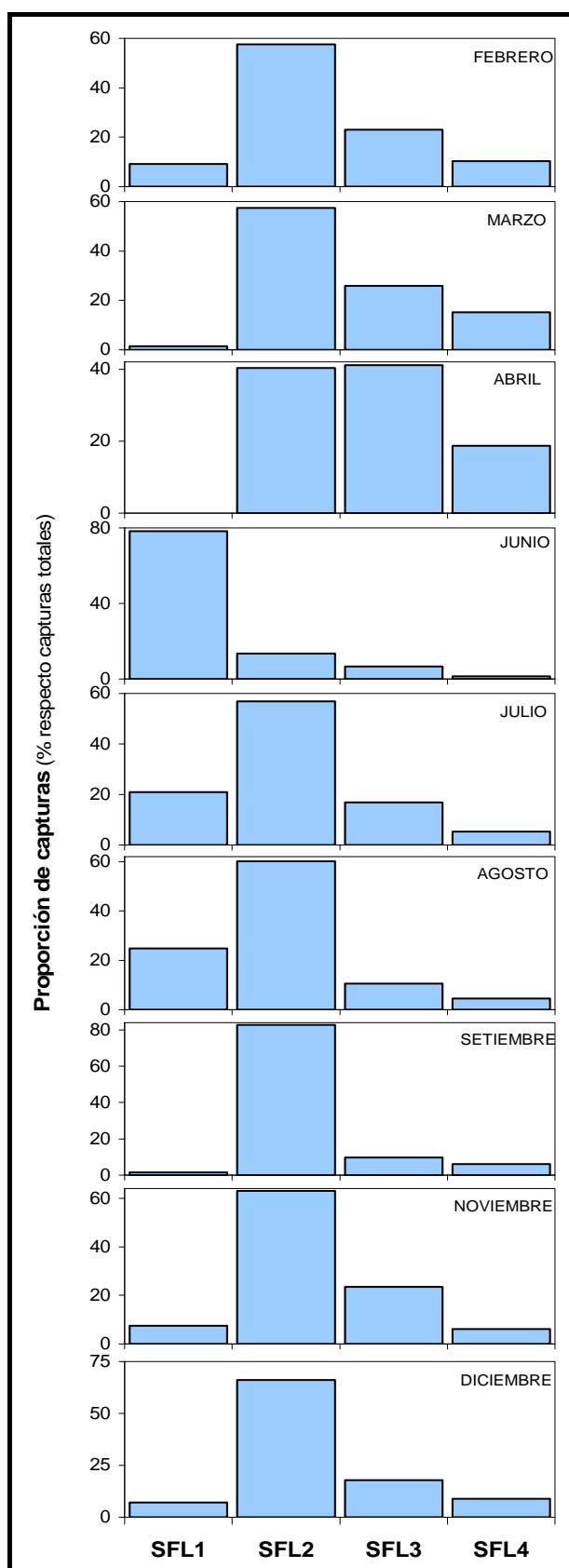


Figura 25.- Evolución de la estructura de talla del fraile en el lago de Banyoles durante el 2012, a partir de las capturas totales mensuales en las estaciones de seguimiento periódico. Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

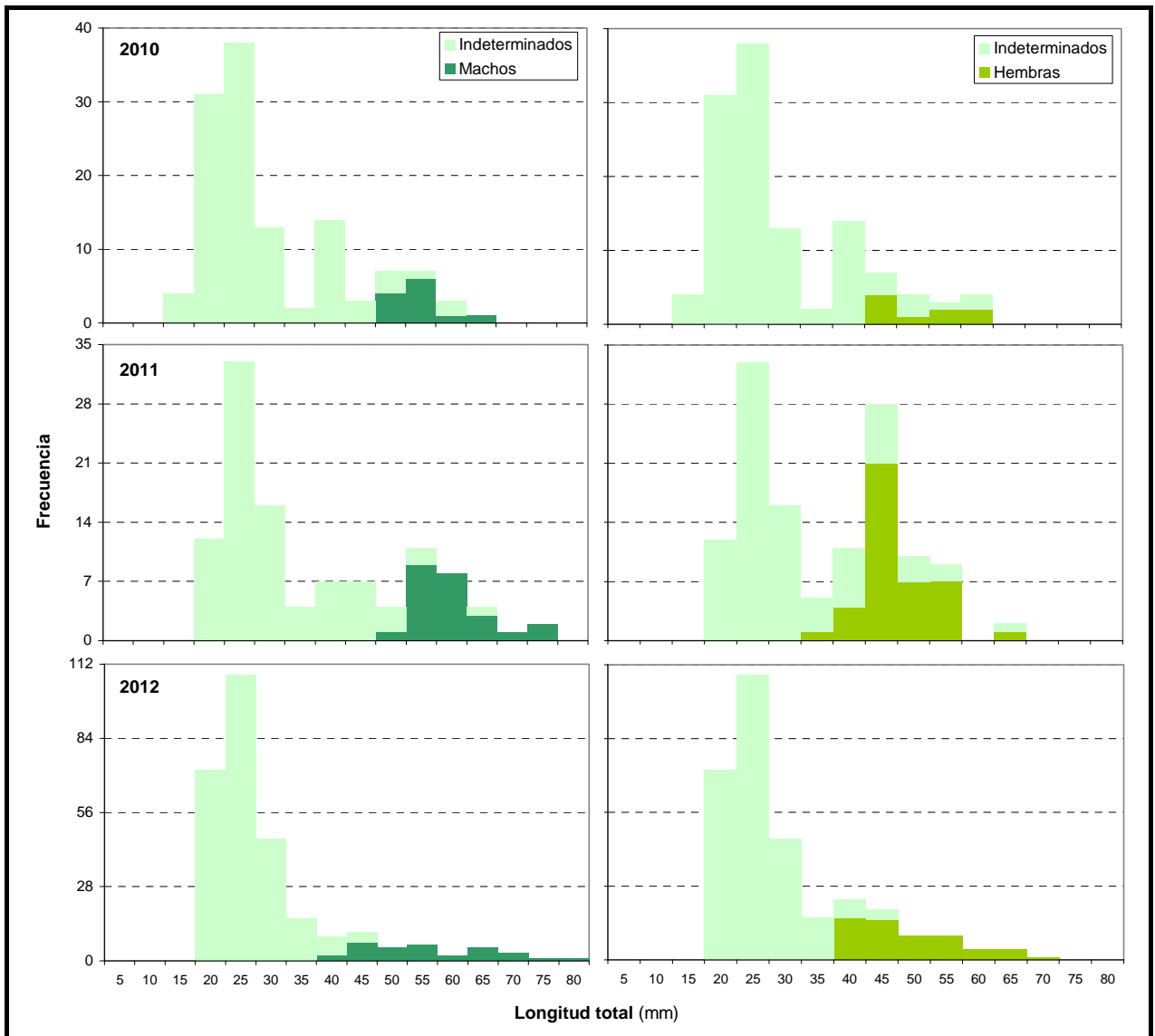


Figura 26.- Evolución de la estructura de tallas del fraile en el lago de Banyoles durante el periodo 2010 a 2012 (muestreos de julio). Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

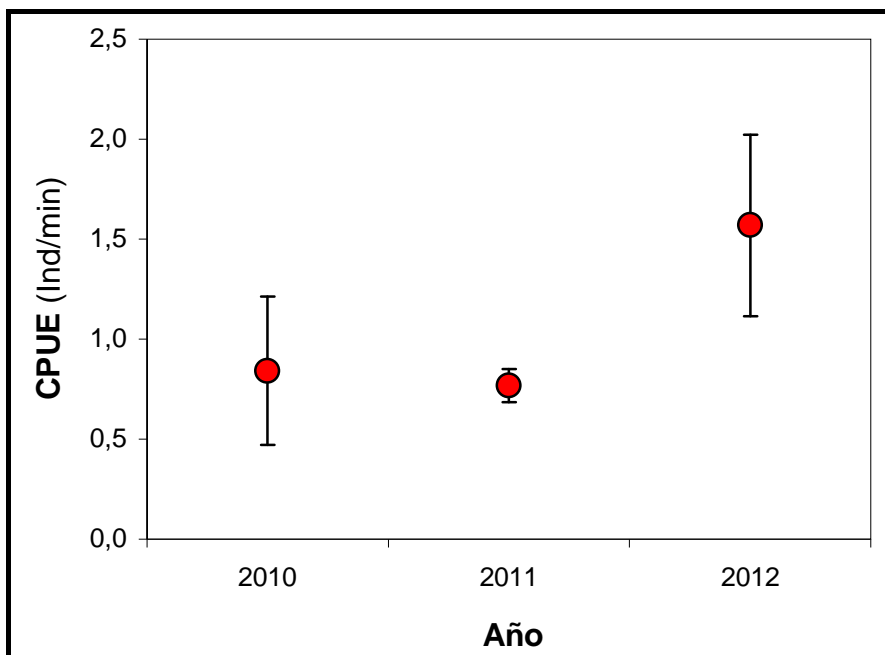


Figura 27.- Evolución de la densidad relativa en el lago de Banyoles durante el periodo 2010 a 2012 (muestréos de julio). Las barras representan el error estándar. Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

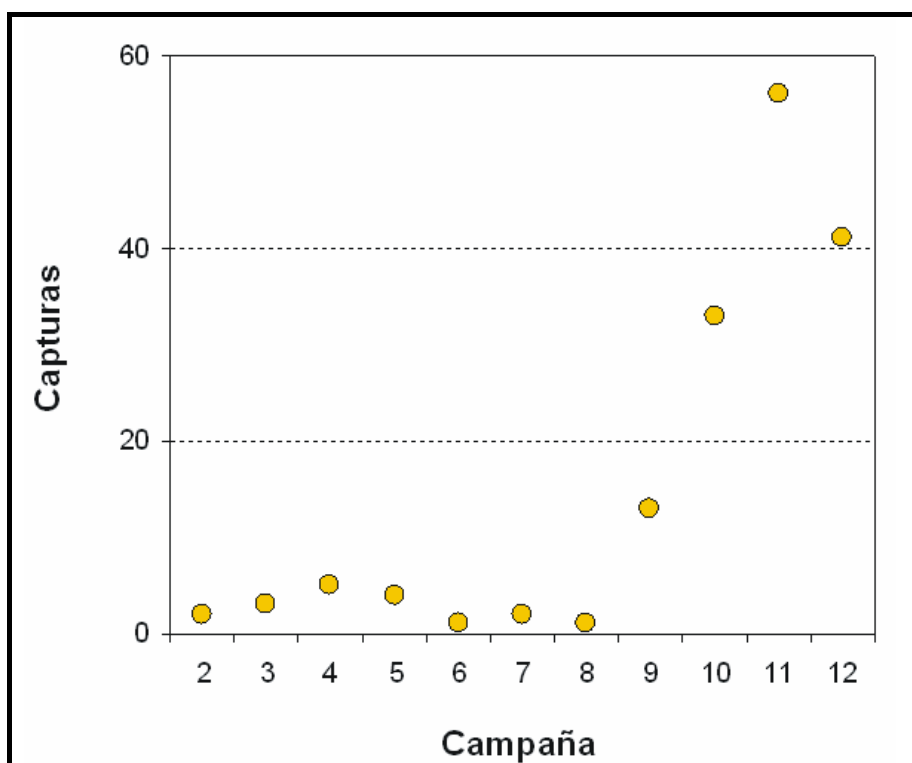


Figura 28.- Evolución de las capturas totales de fraile en el lago de Banyoles durante las primeras 12 campañas de descaste poblacional de peces exóticos del *Projecte Estany* (2010-2012). Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

4.4.- USO DE LOS ARRECIFES ARTIFICIALES

Los arrecifes artificiales fueron colonizados rápidamente por el fraile. Al cabo de pocos días de su instalación, mediante inspecciones en apnea, ya se observaba una presencia masiva de esta especie en buena parte de ellos, especialmente los situados en sustratos blandos sin cobertura de vegetación. Esta rápida respuesta puede ser atribuible al efecto llamada de este nuevo hábitat para los ejemplares de los alrededores que ocupaban hábitats subóptimos.

Muestreos posteriores, en el marco de las prospecciones generales, han permitido comprobar que la densidad se sitúa entorno a los valores observados a sustratos rocosos, naturales o artificiales, preexistentes en el lago. De toda manera, en el siguiente apartado se analizan los resultados obtenidos en la comparación de los tres tipos de arrecifes instalados.

4.5.- EXPERIMENTACIÓN CON LIMNOCORRALES

Se confirma el intenso efecto que los peces depredadores exóticos, especialmente la perca americana, tiene sobre la población de fraile en el lago de Banyoles. En general el factor del nivel de aislamiento respecto estos depredadores se configura claramente como el principal condicionante de la densidad relativa de fraile en los nuevos arrecifes. Así, cuando no se han protegido, a pesar de ser colonizados por esta especie, su densidad relativa se mantiene en valores generalmente mucho menores, respecto los arrecifes donde los depredadores no han podido acceder. De hecho, en los casos en que ha penetrado ocasionalmente algún ejemplar de depredador en los limnocorales, aun siendo eliminado una vez detectado, la densidad de fraile ha caído considerablemente.

La presencia de vegetación en el entorno del arrecife también explica una menor presencia de fraile, independientemente del acceso de depredadores, de forma que los arrecifes sin protección instalados sobre prados de carafíceas presentaban la menor densidad en el marco de los experimentos realizados.

El tipo de arrecife parece influir notablemente sobre la densidad a corto plazo de fraile. Así, los arrecifes de troncos y piedras fueron colonizados mucho más lentamente que los de hormigón y ladrillos, pero a finales de verano fueron los de troncos los que albergaban mas ejemplares de fraile. De toda manera, estas diferencias parecen haberse desdibujado con el paso del tiempo. Será necesario hacer un seguimiento a largo plazo sobre la solidez estructural de estos arrecifes, y también sobre la evolución de su eficacia como hábitat.

Variable ^a :	Censos visuales Verano				Pesca eléctrica Diciembre			
	Densidad relativa				Densidad relativa			
Grupo de talla:	SFL1	SFL2	SFL3	SFL4	SFL1	SFL2	SFL3	SFL4
Covariables:								
Pecton (Biofilm)	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Plocon (Algas filamentosas)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Carofíceas	***	***	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Factor:								
Campaña (Mes)	*	n.s.	n.s.	n.s.	-	-	-	-
Tratamiento experimental (Presencia de depredadores)	***	***	***	***	n.s.	**	***	n.s.
Tipo de arrecife	**	*	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla 10.- Resumen de los resultados de los análisis de la covariancia (ANCOVA) efectuados sobre la densidad relativa para cada uno de los grupos de talla del fraile, y los dos métodos de censo utilizados en el seguimiento de los experimentos con limnocorrales. ^a Transformación logarítmica. Niveles de significación: *** <0,01; ** <0,05; * <0,1. Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

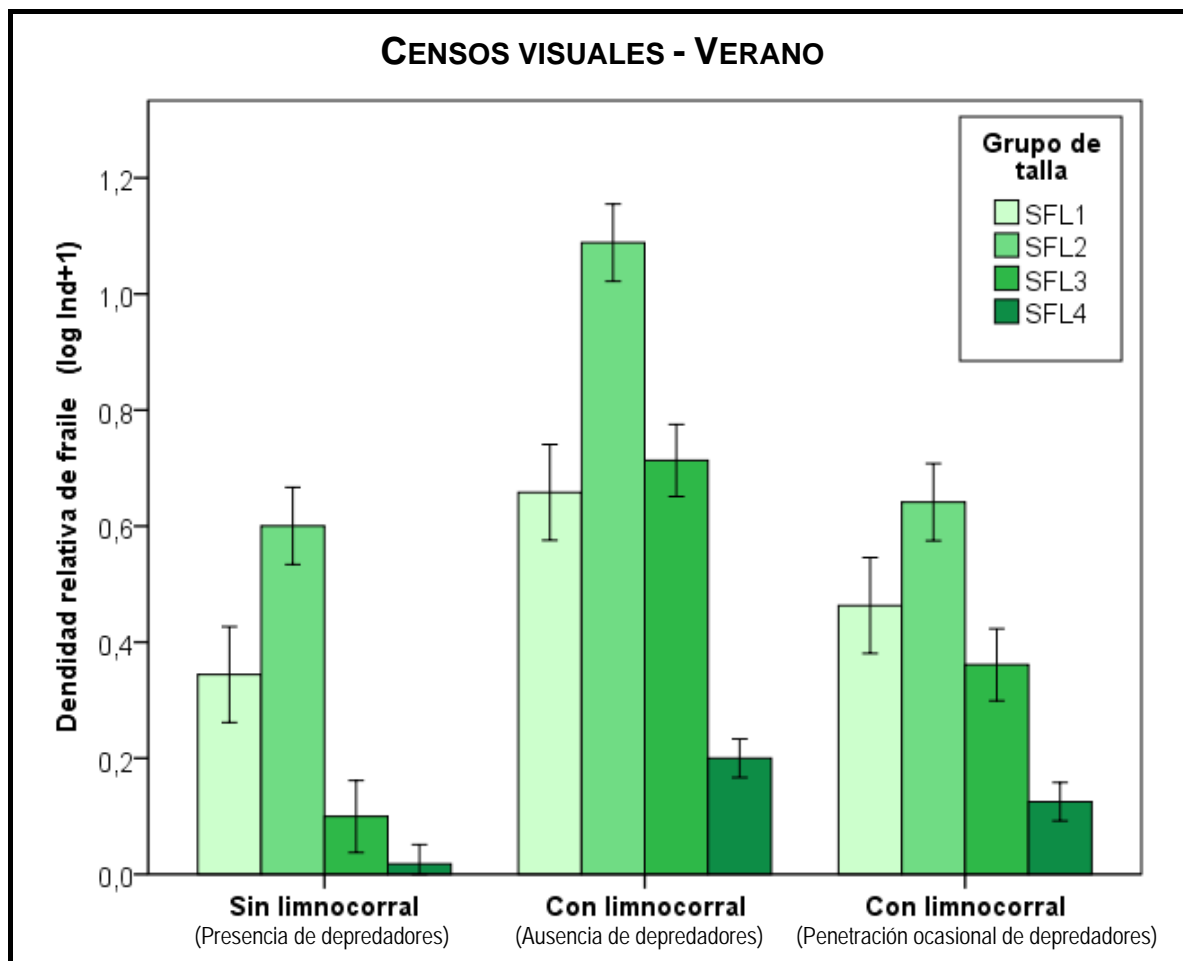


Figura 29.- Variación de la densidad relativa de fraile en las zonas experimentales, en función de la afectación de los peces depredadores. Datos de censos visuales efectuados entre junio y agosto. Las barras verticales representan el error estándar. Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

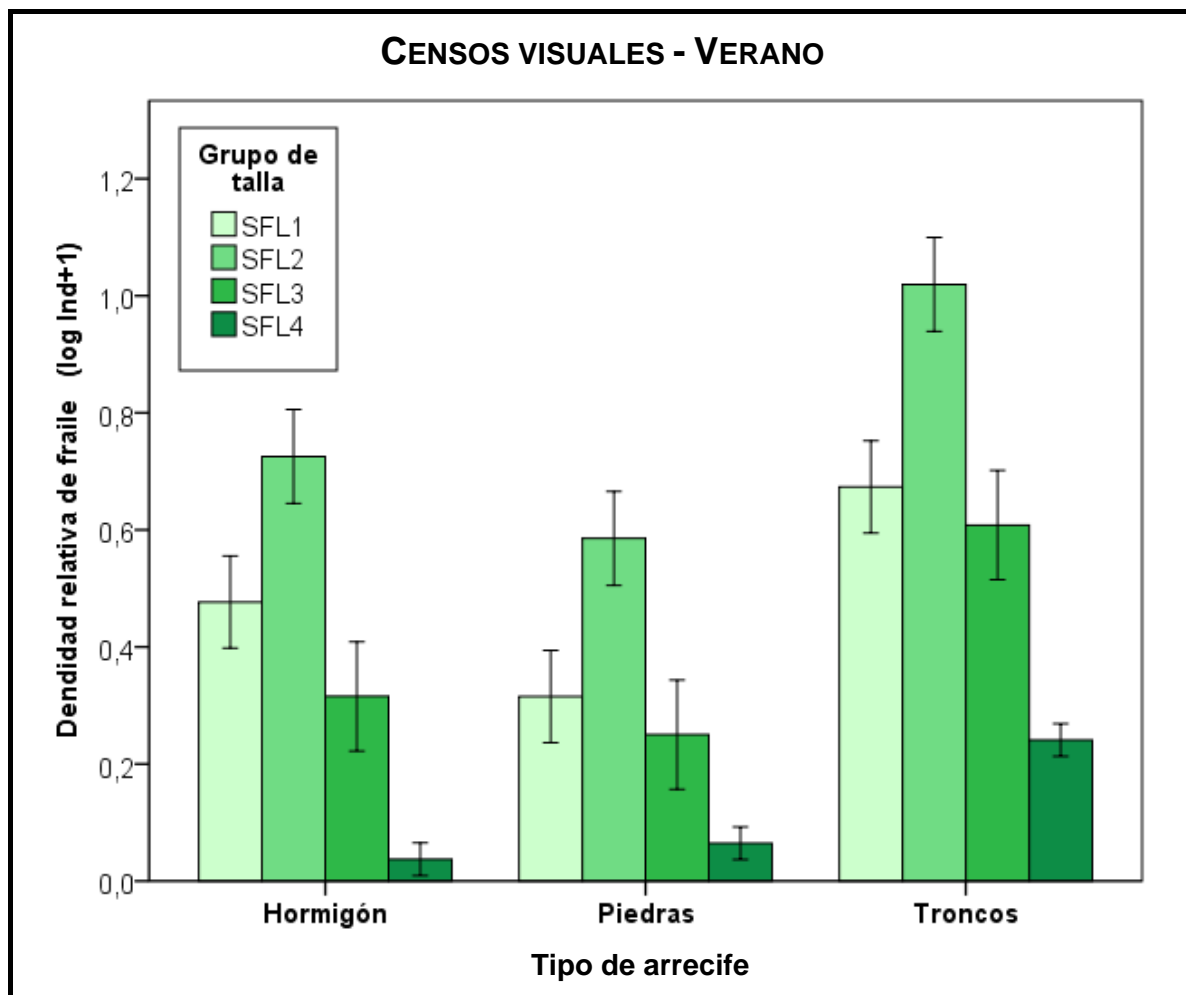


Figura 30.- Variación de la densidad relativa de fraile en las zonas experimentales, en función del tipo de arrecife. Datos de censos visuales efectuados entre junio y agosto. Las barras verticales representan el error estándar. Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

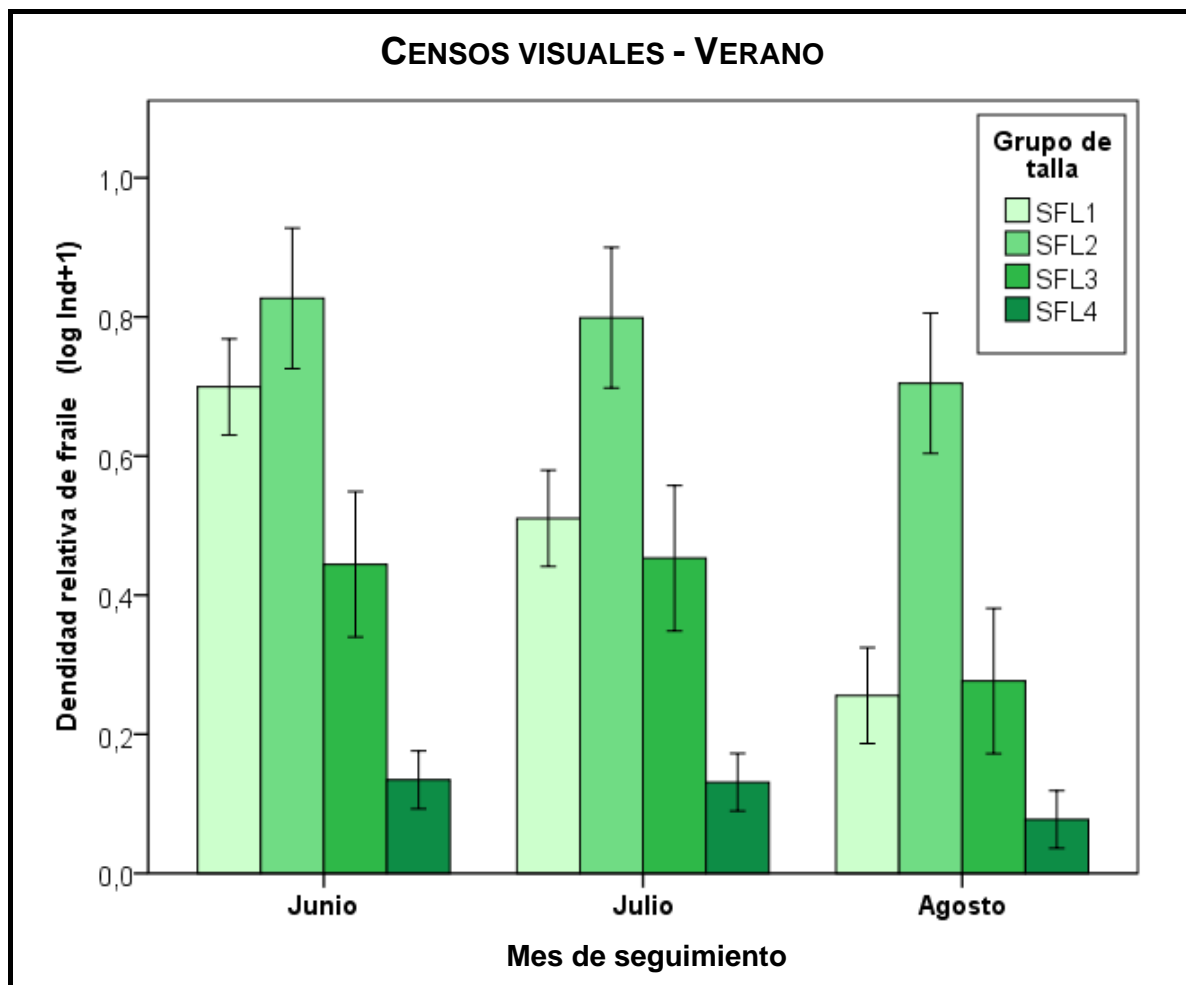


Figura 31.- Variación de la densidad relativa de fraile en las zonas experimentales en función del calendario. Las barras verticales representan el error estándar. Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

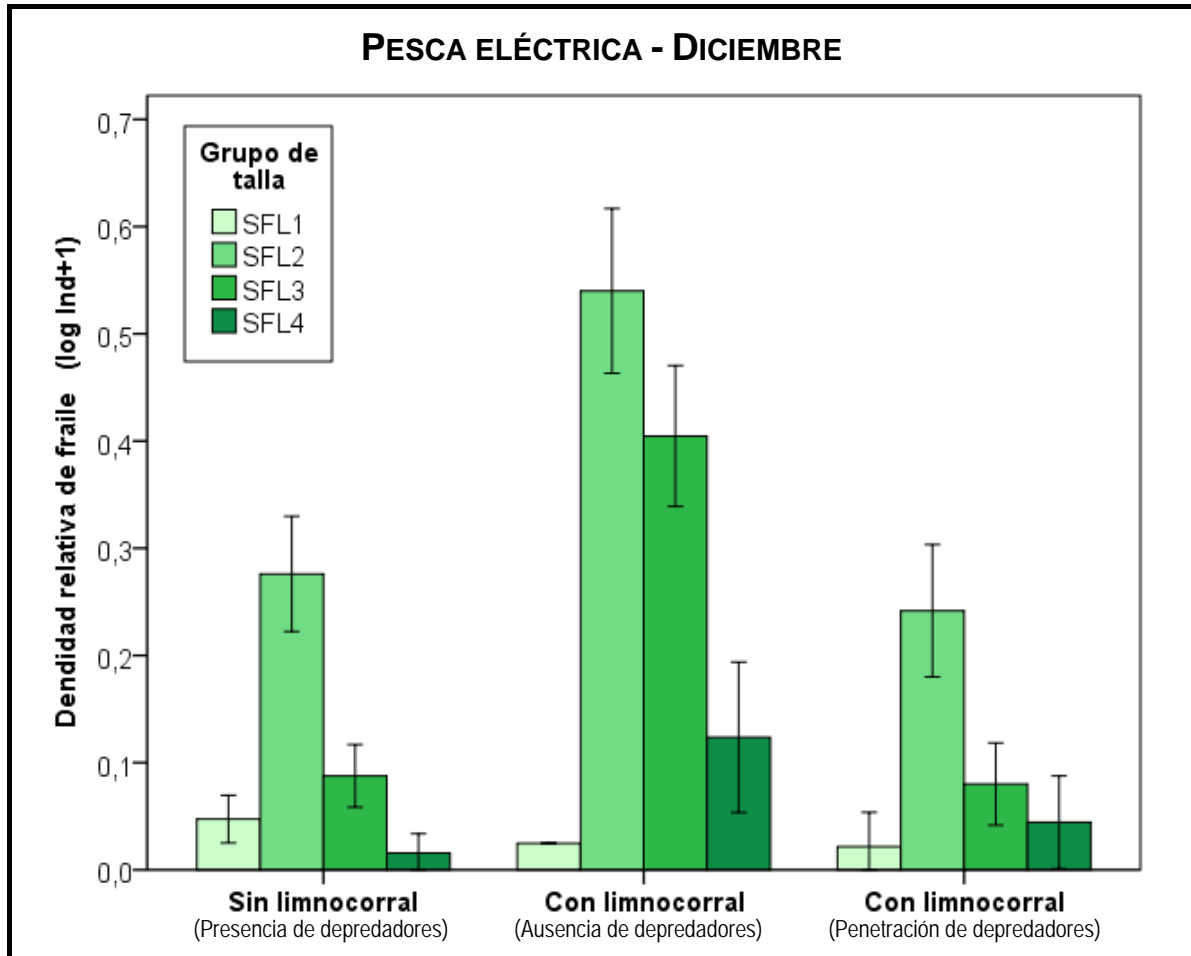


Figura 32.- Variación de la densidad relativa de fraile en las zonas experimentales, en función de la afectación de los peces depredadores. Datos de muestreo con pesca eléctrica en diciembre. Las barras verticales representan el error estándar. Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

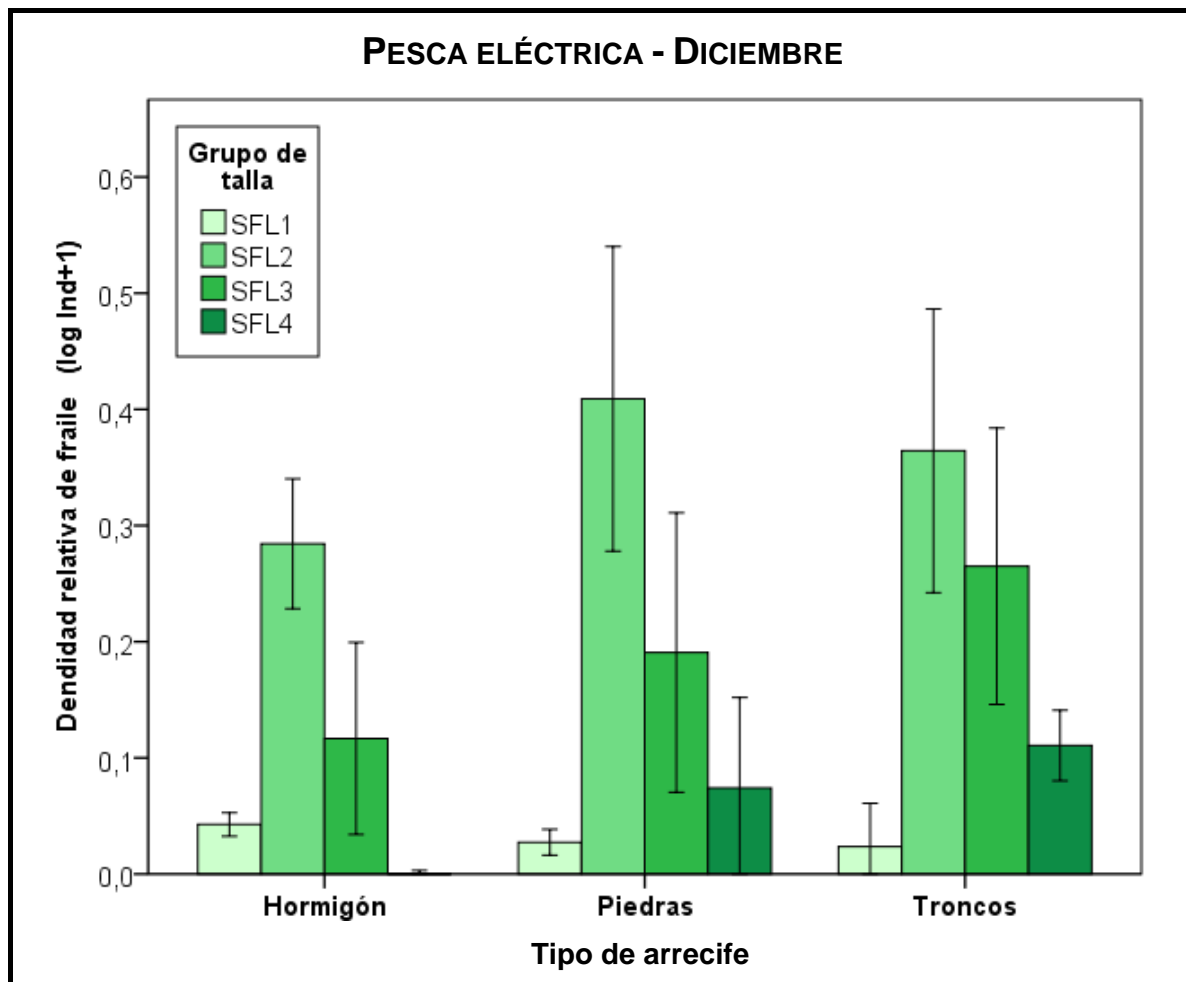


Figura 33.- Variación de la densidad relativa de fraile en las zonas experimentales, en función del tipo de arrecife. Datos de muestreo con pesca eléctrica en diciembre. Las barras verticales representan el error estándar. Fuente: elaboración propia a partir de datos originales.

4.6.- CONCENTRACIONES DE NÁYADES

Como era sabido, el resultado de estas operaciones no puede ser evaluado dentro de los plazos de este proyecto. La acción se ha podido ejecutar sin problemas, y sin que se haya observado mortalidad añadida de los ejemplares traslocados. Durante los próximos años se podrá constatar si esta operación ha propiciado el reestablecimiento de un reclutamiento espontáneo de esta especie en el lago.

5.- CONCLUSIONES

- El fraile mantiene una peculiar población en el lago de Banyoles, aislada respecto otros núcleos de la especie existentes en la cuenca hidrográfica del Ter.
- En el lago, el fraile ocupa actualmente un amplio espectro de hábitats bentónicos, pero generalmente con densidades muy bajas. Solo en algunos retazos de hábitats idóneos alcanza densidades altas; se trata sobretodo de zonas rocas a escasa profundidad y sin presencia de vegetación helofítica. Se ha constado también su presencia en las formaciones de carofíceas, hábitat hoy muy abundante en el lago, pero donde solo puntualmente puede alcanzar densidades notables.
- Se constata un claro efecto negativo de los peces depredadores exóticos sobre la población lacustre de fraile. En ausencia de depredadores la densidad aumenta del orden de 2 a 5 veces, según el grupo de talla.
- Después de años de probable decrecimiento, actualmente se observa una suave pero nítida tendencia de aumento de la densidad global de fraile en el lago.
- La instalación de arrecifes artificiales ha supuesto una clara mejora de los hábitats del fraile en el lago, con la creación de hábitats óptimos en sectores hasta el momento sin sustratos rocosos.
- En el futuro es necesario mantener un seguimiento estable de baja intensidad de la población de fraile y de sus hábitats en el lago de Banyoles.

6.- BIBLIOGRAFÍA

- BOIX, D. FEO, C, GASCÓN S., POU, Q., SALA, J. & ZAMORA, L. 2000. Les nàiades de l'Estany de Banyoles. *La Llúdriga*, 46: 6-7.
- BRUSLÉ, J. i QUIGNARD, J-P. 2001. *Biologie des poissons d'eau douce européens*. Editions Tec&Doc. Paris. 625 p.
- CÔTÉ, I. M., VINYOLES, D., REYNOLDS, J.D., DOADRIO, I. i PERDICES A. 1999. Potential impacts of gravel extraction on Spanish populations of river blennies *Salaria fluviatilis* (Pisces, Blenniidae). *Biological Conservation*, 87: 359-367.
- DOADRIO, I. (ed). 2001. *Atlas y libro rojo de los peces continentales de España*. CSIC-Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- DOADRIO, I., PEREA, S., GARZÓN-HEYDT, P., GONZÁLEZ, J. L. (2011). *Ictiofauna Continental Española. Bases para su seguimiento*. Dirección General Medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid. 610 pp.
- FERRER X. (01/11/2012). *Mòdul Vertebrats. Banc de Dades de Biodiversitat de Catalunya*. Generalitat de Catalunya i Universitat de Barcelona. <http://biodiver.bio.ub.es/biocat/homepage.html>
- FEO, C. 2001. *Anàlisi de la qualitat de l'aigua y el sediment dels recs y rieres de Banyoles per determinar-ne l'estat ecològic y la seva utilitat com a corredors biològics*. Treball de Recerca del Programa de Doctorat de Biologia Ambiental. Universitat de Girona.
- GARCÍA-BERTHOU, E. 1994. *Ecologia alimentària de la comunitat de peixos de 'Estany de Banyoles*. Tesis doctoral. Universitat de Girona.
- GARCÍA-BERTHOU, E. & MORENO-AMICH, R. 2000. Introduction of exotic fish into a Mediterranean lake over a 90-year period. *Arch. Hydrobiol.*, 149: 271-284.
- IUCN (01/11/2012). *Red List of Threatened Species*. <http://www.iucnredlist.org>
- KOTTELAT M. y FREYHOF J. 2007. *Handbook of European Freshwater Fishes*. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany.
- LAPORTE, M., MATTEI, J., PERRET, P., ROCHÉ, B., VINYOLES, D., GOREN, M., BACHA, M., MOURAD, Z., POU-ROVIRA, Q., BERREBI, P. i P. MAGNAN. 2013 (En premsa). New measurements of maximum lengths of the Freshwater Blenny (*Salaria fluviatilis*: Asso, 1801) and length comparison between continental and island rivers. *Cybium*.
- NADAL, J. 1964. *La pesca fluvial en Gerona*. Ediciones del G.E.i E.G.
- MORENO-AMICH, R., GARCÍA-BERTHOU, E., VILA, A. & BOIX, D. 1992. *Estudi de les poblacions piscícoles de l'Estany de Banyoles. Avaluació y distribució espacial*. Informe a l'Ajuntament de Banyoles. 90 p.
- MORENO-AMICH, R., POU-ROVIRA, Q. i SUNYER, L. 1999. *Atlas de peixos del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà*. Institut d'Ecologia Aquàtica. Universitat de Girona.
- MORENO-AMICH, R., POU-ROVIRA, Q., VILA-GISPERT, A., ZAMORA, L., & GARCIA-BERTHOU, E. 2006. Fish ecology in Lake Banyoles (NE Spain): a tribute to Ramon Margalef. *Limnetica* 25(1-2): 321-334.
- POU-ROVIRA, Q. 1998. *Avaluació de tècniques de mostreig y disseny mostral per a un estudi d'ecologia de poblacions dels peixos a l'estany de Banyoles*. Treball de Recerca. Universitat de Girona.
- POU-ROVIRA, Q., ALCARAZ, C., FEO, C., ZAMORA, L., VILA-GISPERT, A., CAROL, Q., GARCIA-BERTHOU, E & MORENO-AMICH, R. 2004. *Els peixos del Baix Ter*. Papers del Montgrí. 23:71-85

- POU-ROVIRA Q. 2004. *Ecologia demogràfica de la perca americana (Micropterus salmoides) a l'Estany de Banyoles*. Tesis doctoral. Universitat de Girona.
- POU-ROVIRA Q., VILA N. y L. ZAMORA 2005. *Els Peixos de l'Estany de Banyoles*. Col·lecció guies de natura de l'Estany. Banyoles.
- POU, Q., CLAVERO, M. I ZAMORA, LL. 2007. *Els peixos de les Gavarres i entorns*. Biblioteca Lluís Esteva. Consorci de les Gavarres. Monells. 135 pp.
- POU-ROVIRA Q., FEO, C., GASCÓN, S., SALA, J., BOIX, D., CLAVERO, M. Y L. ZAMORA 2007. Estat de conservació de la bavosa de riu (*Salaria fluviatilis*) y les nàiades al Pla de l'Estany. *Informe final. Edició 2005 beca Joaquim de Palmada i Teixidor*. Consell Comarcal del Pla de l'Estany i Centre d'Estudis Comarcals de Banyoles
- POU-ROVIRA Q., CLAVERO, M. I L. ZAMORA 2007. Estat de conservació de l'espinós (*Gasterosteus aculeatus*) i de la bavosa de riu (*Salaria fluviatilis*) a la plana del Baix Ter. *Papers del Montgrí*. 28:55-91.
- POU-ROVIRA Q., FEO, C., GASCÓN, S., SALA, J., BOIX, D., CLAVERO, M. I L. ZAMORA 2007. Estat de conservació de la bavosa de riu (*Salaria fluviatilis*) i les nàiades al Pla de l'Estany. *Informe final. Edició 2005 beca Joaquim de Palmada i Teixidor*. Consell Comarcal del Pla de l'Estany i Centre d'Estudis Comarcals de Banyoles
- POU-ROVIRA Q. I M. CLAVERO 2010. Els peixos. A GALANTHUS *Valors Naturals de Celrà*. Ajuntament de Celrà.
- POU-ROVIRA Q., LLOPART X. I M. CARCAS 2010. Biomassa íctica al riu Ter. Estudi sobre la viabilitat de reintroducció de l'àguila pescadora (*Pandion halietus*) al riu Ter. Disponibilitat tròfica. Informe inèdit per al Consorci Alba-Ter. Salt.
- SALVADOR, A. (2012). Fraile – *Salaria fluviatilis*. En: *Enciclopedia virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Elvira, B. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org>
- SOSTOA, A., APARICIO, E., CASALS, F., OLMO, J.M., VARGAS, M.J. i VINYOLES, D. 1995. *Estat actual de les poblacions de peixos continentals en perill d'extinció a Catalunya*. Informe del Departament de Biologia Animal, Facultat Biologia, (Universitat de Barcelona) per al Dept. de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya.
- SOSTOA, A. et al. 1990. *Història natural dels Països Catalans. 11. Peixos*. Enciclopèdia Catalana. Barcelona.
- VILA-GISPert, A. 1996. *Estratègies reproductives de les espècies íctiques de les famílies Cantrarchidae y Cyprinidae a l'Estany de Banyoles*. Tesis doctoral. Universitat de Girona.
- VILA-GISPert, A. Y MORENO-AMICH, R. 1998. Seasonal abundance and depth distribution of *Blennius fluviatilis* and introduced *Lepomis gibbosus*, in Lake Banyoles (Catalonia, Spain). *Hydrobiologia*, 386: 95-101.
- VINYOLES, D., DE SOSTOA, A. 2007. Life-history traits of the endangered river blenny *Salaria fluviatilis* (Asso) and their implications for conservation. *Journal of Fish Biology*, 70 (4): 1088-1108.
- ZAMORA, L. i POU-ROVIRA, Q. 2003. *Noves introduccions i poblament actual de peixos a l'Estany de Banyoles*. *Butlletí de la Institució d'Història Natural*, 71: 135-139.
- ZAMORA, L. 2004. *Distribució espacial i ús de l'hàbitat de la comunitat de peixos a l'estany de Banyoles*. Tesis doctoral. Universitat de Girona.