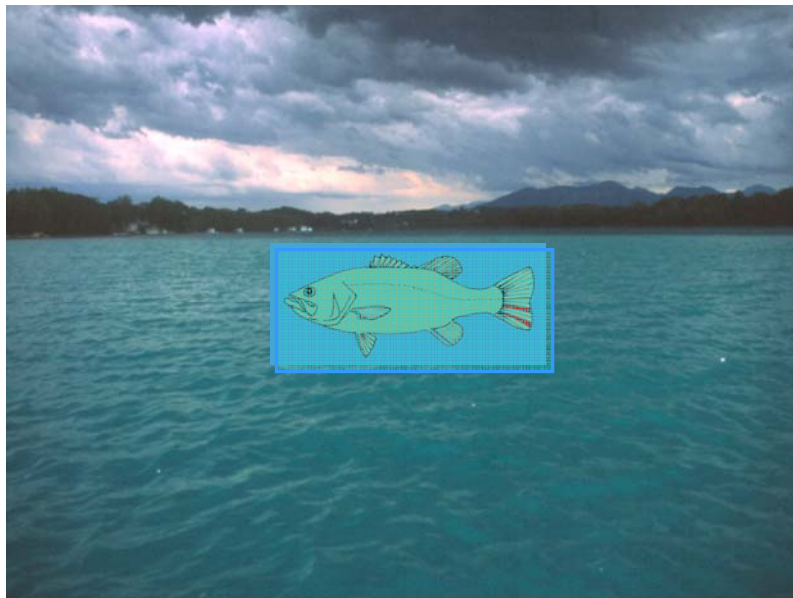


**LA ICTIOFAUNA DEL ESTANY DE BANYOLES:
CAMBIOS HISTÓRICOS EN EL POBLAMIENTO DE PECES DE LA
CUENCA LACUSTRE Y ANÁLISIS DE POSIBILIDADES PARA LA
RECUPERACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD ORIGINAL**



Informe para el Consorci de l'Estany
Noviembre 2007

QUIM POU I ROVIRA

Dr. en biología

(Especialización en ecología de peces continentales)

CONTENIDOS:

1.- El poblamiento de peces de la cuenca lacustre

Poblamiento íctico original

Historia de las introducciones de especies exóticas de peces en el lago

Poblamiento actual y tendencias probables en caso de no intervención

2.- Efectos ecológicos de las introducciones de peces en el Estany de Banyoles

3.- Recuperación y conservación de la biodiversidad acuática de la cuenca lacustre

Interés de la conservación de la biodiversidad local original

Líneas principales de actuación

4.- Control de las especies introducidas

Métodos de control aplicables

Experiencias similares en otras localidades

Diseño de las campañas de control

Modulación y repartición del esfuerzo

Propuesta esquemática de cronograma

Consideraciones éticas sobre el sacrificio de peces

5.- Recuperación de las poblaciones de especies autóctonas

Repoblaciones y reintroducciones

Reproducción en cautividad o en semi-cautividad

Restauración y rehabilitación de hábitats

Recuperación de la conectividad con la cuenca fluvial

6.- Otras medidas para la recuperación de la biodiversidad original

Gestión de la pesca deportiva

Gestión estratégica de hábitats

7.- Análisis de posibles escenarios posteriores

8.- Estudios de seguimiento y monitorización de las poblaciones de peces

9.- Principales agentes implicados en la recuperación de la biodiversidad local

10.- Bibliografía

Anexo

Simulaciones numéricas simplificadas: control con pesca eléctrica de perca americana

1.- EL POBLAMIENTO DE PECES DE LA CUENCA LACUSTRE

Poblamiento íctico original

Antiguamente, el poblamiento de peces del Estany 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 el Estany 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*) (= *S. cephalus*), 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. A pesar de todo se sabe de su probable presencia en el lago al menos desde la edad media. 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.

Historia de las introducciones de especies exóticas de peces en el lago

La historia de las introducciones de peces alóctonos en el Estany de Banyoles está bastante bien establecida, tanto por lo que respecta a su cronología como a sus motivaciones.

Banyoles tiene el reconocido mérito, por decirlo de alguna manera, de ser uno 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. Estas sueltas se enmarcaron en unas celebraciones, la "Festa del Peix", muy bien recibidas por la población local, que se repitieron hasta el 1916. En aquellos primeros episodios de la historia de las introducciones de peces en Banyoles, se lanzaron hasta siete nuevas especies, incluidas la carpa (*Cyprinus carpio*), el gardí (*Scardinius erythrophthalmus*) y el pez 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 continúa. La motivación fueron las escasas capturas de carpa, que se relacionaron con una superpoblación de gardí. El lucio tenía que venir a hacer el papel de regulador de estas poblaciones. Lamentablemente, al cabo de poco se podía dar como extinguido el

espinosos, probablemente a consecuencia de la depredación por parte del lucio. Sin embargo, en esta extinción también intervinieron otros factores, como la reducción de los hábitats palustres de poca profundidad y la disminución de la vegetación sumergida a causa de la proliferación del gardí. A pesar de que el lucio se pesco hasta al menos los 70, actualmente se puede considerar desaparecido de la cuenca lacustre, donde su reclutamiento parece, afortunadamente, inviable.

Durante los primeros años sesenta se realizan diversas repoblaciones con carpa, provenientes del Baix Empordà. Al cabo de poco se cita por primera vez la gambúsia (*Gambusia holbrooki*), el pez rojo (*Carassius auratus*) y el carpín (*Carassius carassius*). Muy probablemente estas nuevas especies llegaron al Estany 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. Inicialmente, se creyó que no se podría reproducir en el Estany; sin embargo, hoy es la especie dominante de la comunidad. Esta fue la última introducción oficial, o legal, que se realizó en el lago.

En 1990 se pescaron las primeras percas (*Perca fluviatilis*), que se pueden considerar como la primera introducción furtiva en el Estany, 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. Su parecido con el gardí podría incluso hacer pensar que fue introducida accidentalmente con esta especie ya a principios de siglo, pero esta hipótesis, o cualquier otra, resulta difícilmente confirmable.

A finales de los años 90 se detectó una nueva especie depredadora: la lucio-perca (*Sander lucioperca*). Como en el caso de la perca, su presencia es fruto de una introducción furtiva. Además, también se han capturado algunos ejemplares de lisas (*Mugil cephalus* y *Liza ramada*). La mano del hombre parece haber sido la vía de entrada de estos peces de origen marino en el lago. También en los 90, se ha localizado otra nueva especie, *Cobitis bileniata*. Se trata de un cobítido que aparece solamente en los canales de salida del lago en densidades puntualmente abundantes. Todo indica que se trata de una introducción producida por su uso como cebo vivo para pescar.

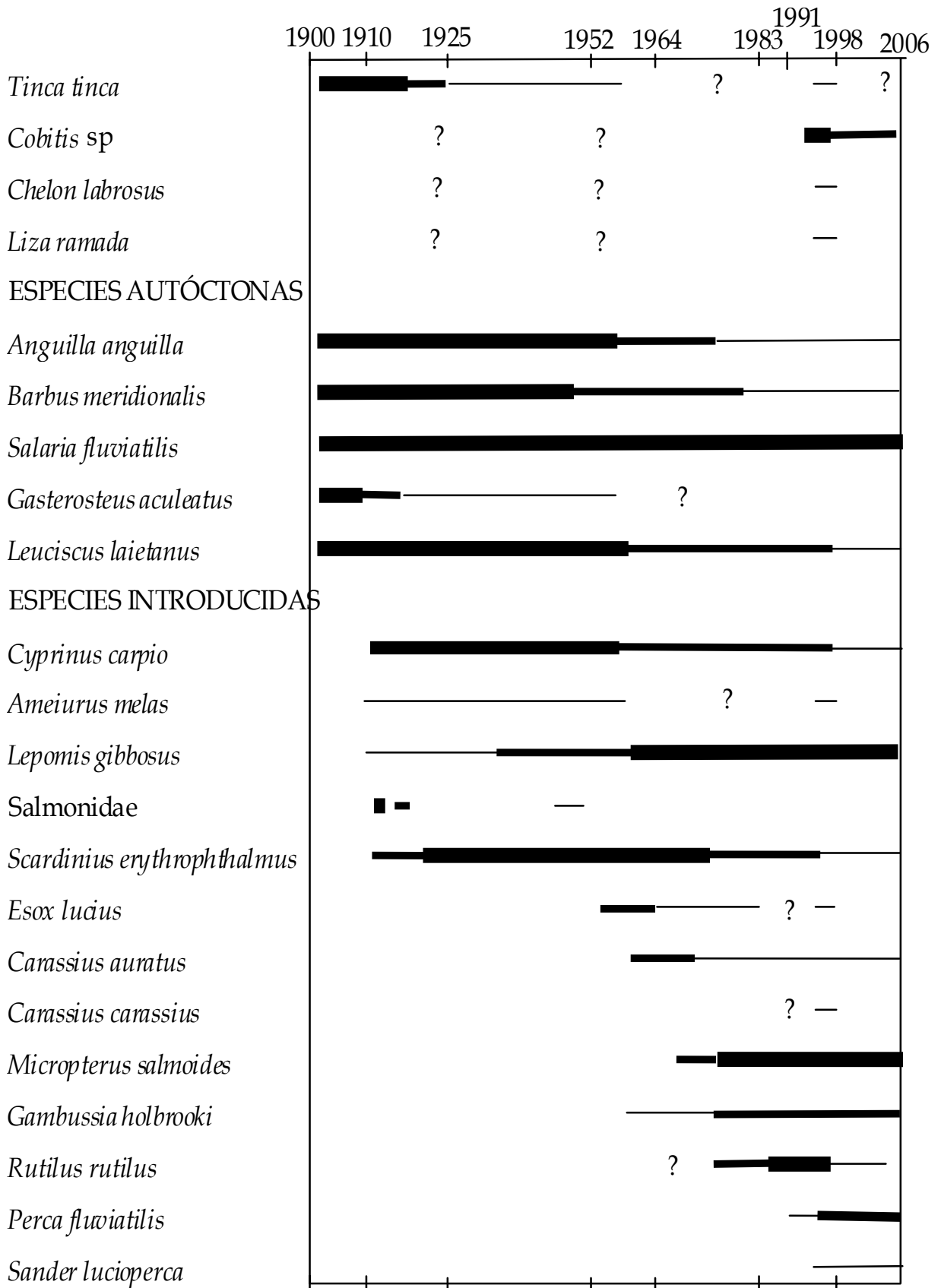


Figura 1-A.- Evolución histórica reciente del poblamiento de peces del Estany de Banyoles. El grueso de las líneas es proporcional a su abundancia relativa en el lago.

Poblamiento actual y tendencias probables en caso de no intervención

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. Solamente una de las especies autóctonas es aun medianamente abundante, el pez fraile, aunque parece estar también en declive. Otras dos especies, el barbo de montaña y el bagre, presentan poblaciones residuales de poca envergadura demográfica, acantonadas en algunos riachuelos que llegan al lago, del que prácticamente han desaparecido. La anguila solamente está presente en bajo número gracias a algunas campañas de repoblación bastante discutibles, mientras que la tenca y el espinoso están casi contada seguridad extinguidos.

Actualmente, mas del 98% de la biomasa íctica del lago corresponde a especies introducidas, en el mejor de los casos.

Por lo que respecta a las especies introducidas, los resultados de las últimas campañas de pesca eléctrica realizadas recientemente, indican una clara tendencia a una progresiva mayor dominancia de la perca americana y a la consiguiente disminución de las otras especies, especialmente de ciprínidos de origen centroeuropeo, algunos de los cuales pueden ya haber desaparecido (figura 1-A).

La imprevisibilidad de los efectos de les introducciones sobre otras poblaciones de organismos o sobre el ecosistema en su conjunto es muy elevada. Si las consecuencias son imprevisibles al introducir una sola especie, la introducción de varias especies dibuja un futuro aun más incierto, si cabe.

Con la perspectiva actual, lo único que se habría podido predecir cuando se realizó la primera "Festa del Peix" en Banyoles era que la extinción o rarefacción de algunas especies autóctonas era casi segura, tanto de peces como de otros organismos, y por otro lado que no todas las introducciones experimentadas tendrían éxito.

El poblamiento actual de peces del lago es, pues, el resultado provisional de un juego de fuerzas difícilmente calibrables, que empezó con las primeras introducciones. Lamentablemente, no se puede considerar una situación estabilizada, porqué se continúan practicándose nuevas introducciones que mantienen el sistema bajo presión continua.

Así, es de esperar que la fauna ictiológica de Banyoles se vea "enriquecida" con nuevas aportaciones furtivas o accidentales de especies alóctonas durante los próximos años, con especies como el gobio (*Gobio* sp.), el foxino (*Phoxinus* sp), o el siluro (*Silurus glanis*), entre muchas otras.

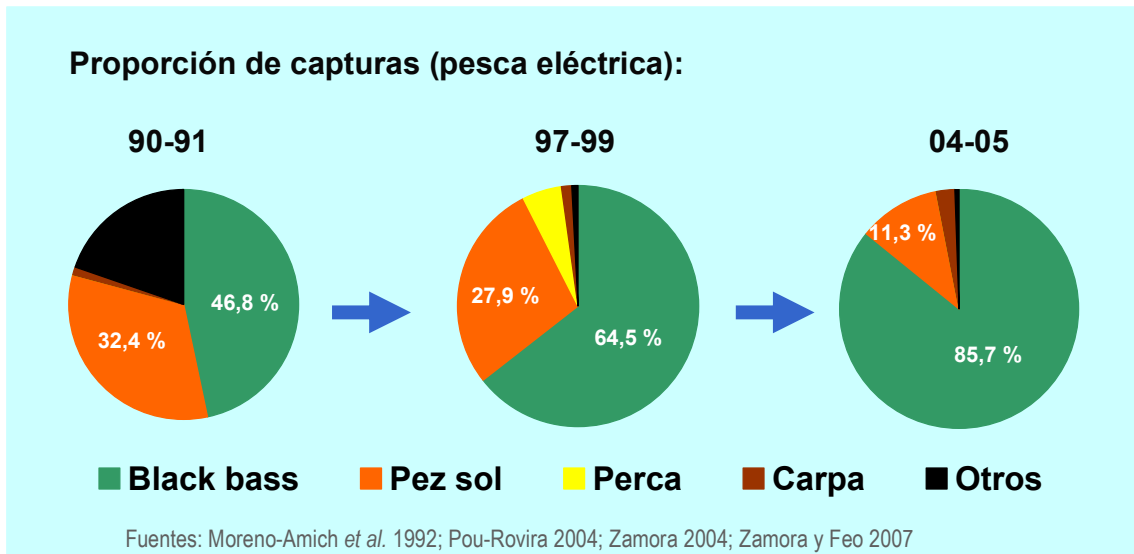


Figura 1-B.- Evolución histórica reciente del poblamiento de peces del litoral del Estany de Banyoles. La categoría “otros” engloba diversas especies autóctonas y algunas exóticas.

2.- EFECTOS ECOLÓGICOS DE LAS INTRODUCCIONES DE PECES EN EL ESTANY DE BANYOLES

El efecto drástico de estas introducciones sobre el resto del poblamiento de peces es más que evidente, más aun cuando no se han dado otras causas notables de deterioro ecológico en la cuenca lacustre, que ha conservado una buena calidad del agua y de los ecosistemas acuáticos, al menos en el lago.

Pero también parece claro que las introducciones de peces exóticos han contribuido o bien provocado una disminución o desaparición de especies en otros grupos faunísticos:

- **Invertebrados.** Disminución observada de diversas especies, especialmente de náyades. De hecho para estas especies se observa actualmente una estructura demográfica muy envejecida producto de un reclutamiento nulo o bajo durante los últimos 15-30 años, hecho que puede estar claramente correlacionado con una posible especificidad de sus larvas parasíticas respecto a huéspedes (peces) autóctonos.
- **Herpetofauna.** Marcada regresión de las poblaciones lacustres durante las últimas décadas, probablemente a consecuencia de la depredación ejercida por la perca americana u otros peces depredadores.
- **Aves y mamíferos acuáticos.** Posible afectación por depredación directa sobre los pollos o incluso adultos de algunas especies por parte de grandes ejemplares de perca americana o lucio-perca, hecho comprobado en otras localidades.

Probablemente, el efecto de la introducción de peces exóticos también se ha dejado notar con cambios históricos substanciales en las comunidades planctónicas y vegetales del lago, a pesar de que no existen suficientes datos que permitan conocer que tipo de cambios se han dado en el caso de Banyoles.

3.- Recuperación y conservación de la biodiversidad acuática de la cuenca lacustre

Interés de la conservación de la biodiversidad local original

Actualmente, el Estany de Banyoles puede considerarse como un núcleo estable de especies exóticas que, encontrándose en la cabecera de un afluente exporta ejemplares de estas especies hacia el resto de la cuenca fluvial del Ter, donde se inscribe. Aunque la mayor parte de estas especies, aunque no todas, ya están presentes en otras partes de la cuenca, no parece lógico mantener esta situación desde un punto de vista de la conservación de las especies autóctonas de la cuenca.

Las poblaciones del lago de algunas de las especies exóticas, como la perca americana, son más densas y estables que en ninguna otra parte del curso medio y bajo de la cuenca del Ter o de sus principales afluentes. Por lo tanto, una campaña de control de exóticas en el lago contribuiría a minimizar el efecto de estas especies sobre el resto de la cuenca.

Por otra parte, la recuperación y conservación de las poblaciones de peces autóctonos en el lago supondría un importante activo en la estrategia global de conservación de todas estas especies, sin excepción, dado que actualmente exhiben claros procesos regresivos, tanto en el contexto de la cuenca del Ter, como del conjunto de su área de distribución.

Líneas principales de actuación

En este contexto, un programa amplio para la recuperación y conservación a largo término de la biodiversidad acuática de la cuenca lacustre de Banyoles tiene que afrontar los siguientes aspectos de forma simultánea y coordinada:

- Control de las especies introducidas, especialmente de peces
- Recuperación de las poblaciones de las especies autóctonas
- Reorientación de la gestión de la pesca y algunos otros usos del entorno natural
- Monitorización científico-técnica a largo término de las operaciones y de sus resultados

4.- CONTROL DE LAS ESPECIES INTRODUCIDAS

Aunque el objetivo prioritario en la gestión de las especies introducidas debería ser su total erradicación, el hecho es que aún no existen métodos eficaces para lograrlo en la mayor parte de las situaciones. Aun cuando existen dichos métodos, estos a menudo son solo aplicables para pequeñas poblaciones o localidades poco extensas. Algunos de los factores que limitan las posibilidades de acometer con éxito una campaña de erradicación son:

- Características biológicas de la especie objeto de erradicación
- Extensión del área geográfica a limpiar
- Eficacia y coste de las técnicas o métodos disponibles para la erradicación
- Posibilidades de nueva penetración de la especie

Como norma general, las especies introducidas que tienen un mayor éxito colonizador y una mayor incidencia sobre la biodiversidad autóctona, son justamente las que presentan una mayor dificultad de erradicación. La erradicación total de una especie introducida es pues casi siempre inalcanzable a gran escala, cuando sus poblaciones ya son grades y difundidas.

En consecuencia, cuando la erradicación total de una especie introducida no es posible, solo cabe la opción del control sostenido de sus poblaciones para minimizar sus efectos sobre el ecosistema.

En el caso de los peces de agua dulce se suele afirmar que poco o nada se puede hacer a fin de eliminar las poblaciones de especies introducidas, puesto que su capacidad de dispersión por un medio acuático extenso y continuo es alta, como lo son sus tasas de crecimiento poblacional allí donde encuentran un nicho ecológico explotable. Pero, aun asumiendo este hecho como generalmente válido, en España pocas veces se plantea el control de las especies ícticas introducidas como una medida de conservación de la biodiversidad autóctona, puesto que se presupone que dicho control es también imposible.

De este modo, las poblaciones de peces exóticos en España proliferan a sus anchas con las únicas limitaciones que les impone el propio ecosistema. Sin embargo, los graves y constatados efectos que muchas de estas especies tienen sobre la biodiversidad autóctona, justifican ampliamente la necesidad de desarrollar y aplicar métodos de control para mitigar sus efectos y dificultar su extensión.

En el Estany de Banyoles, la erradicación total de los peces introducidos de la cuenca lacustre se vislumbra por ahora como altamente improbable. Aun así, como se expone a continuación, las posibilidades de control sostenido de las poblaciones de algunas de estas especies son ciertamente elevadas.

Métodos de control aplicables

A continuación se exponen a grandes rasgos los principales tipos de medidas de control de poblaciones de peces, que además pueden conseguir la erradicación local de poblaciones enteras en determinadas situaciones:

- a) Desección de la masa de agua. Medida radical solo aplicable en algunas situaciones, pero de gran efectividad. El impacto inmediato sobre el resto del ecosistema acuático es elevado. Evidentemente, conviene preservar los estocs necesarios de las especies acuáticas que no puedan recolonizar de forma espontánea la masa de agua una vez que se inunda de nuevo. Esta medida permite la eliminación total de poblaciones aisladas en masas de agua completamente desecables, así como también el control de poblaciones vía desgaste poblacional cuando solamente es aplicable en sectores de una determinada cuenca que se comunican temporal o permanentemente con otros sectores no desecables.
- b) Tratamientos químicos del agua. Otro tipo de medida radical, también de gran efectividad. Uno de los tratamientos mas habituales es la aplicación de rotenona o sus derivados, dado su alto poder ictiocida y biodegradación rápida y completa. La rotenona es altamente efectiva con los peces, si bien hay que tener en cuenta que afecta también a otros organismos acuáticos. La dosis y forma de aplicación depende del volumen de agua a tratar, de su tasa de renovación, así como de las características hidromorfológicas de la masa de agua. Aunque hay numerosas experiencias de tratamientos a gran escala, tanto en ríos como en lagos, especialmente en Norte-América, su utilidad habitualmente se restringe a masas de agua pequeñas o medianas, dado que el coste de aplicación es proporcional al volumen de agua. Por lo tanto, su uso permite acometer la total erradicación de poblaciones enteras en sistemas cerrados, sin descartarse su utilidad en el control de poblaciones en sistemas abiertos o de grandes dimensiones, donde se pueden llevar a cabo tratamientos parciales.
- c) Lucha o control biológico. El uso de otros organismos para el control de especies indeseadas tiene una amplia historia. En el caso de los peces de agua dulce, paradójicamente, se han perpetrado numerosas introducciones de especies exóticas como una forma de control de otras especies de peces u otros organismos acuáticos. Si bien este tipo de medidas hoy están ampliamente rechazadas en España, tanto a nivel científico como administrativo, aun existen algunos agentes sociales implicados en la gestión de la pesca deportiva que abogan puntualmente por esta opción sin un suficiente conocimiento o consciencia de las graves consecuencias que generalmente cualquier introducción conlleva, sea cual sea su motivación.
- d) Pesca intensiva. La programación de campañas de pesca intensivas i/o sostenidas en el tiempo, ya sean basadas en técnicas activas (pesca eléctrica, redes de arrastre o de cerco, etc.) o pasivas (redes, nasas u otro tipo de trampas, etc.), o en la combinación de varias de ellas, permite el desgaste poblacional, y por consiguiente el control de especies indeseadas. Conviene analizar previamente la eficacia previsible de estas medidas partiendo de información sobre las poblaciones a controlar, especialmente en relación a su demografía (abundancia, reproducción, etc.). A partir de

esta información deben diseñarse las campañas de control que resulten más indicadas. En algunas situaciones estas medidas permiten también la erradicación de poblaciones enteras.

- e) Barreras de contención. Existen numerosos sistemas para impedir la libre circulación de peces en puntos concretos de determinados cursos de agua: barreras físicas (azudes, mallas, redes, etc.); eléctricas, lumínicas, comportamentales, etc. Su aplicación puede ser altamente pertinente para impermeabilizar núcleos aislados, estables o demográficamente potentes, de especies ícticas introducidas. De este modo, se impide, o al menos dificulta, su extensión al resto de la cuenca. Al mismo tiempo, esta medida puede resultar también indicada cuando se planean campañas de control de intensidad variable en distintas zonas de una cuenca.
- f) Medidas de gestión del hábitat. Medidas de gestión de los hábitats acuáticos, tales como la intervención sobre la vegetación sumergida o riparia, sobre la calidad del agua, sobre la heterogeneidad morfológica del cauce, la regulación de caudales y niveles, entre otras, pueden favorecer o desfavorecer determinadas especies. Con el conocimiento adecuado sobre las especies que son objeto de control y las especies autóctonas que deben potenciar-se, pueden plantear-se medidas de gestión de los hábitats que resulten en un balance mas positivo para las últimas, siempre dentro de los márgenes que permita la estrategia de conservación global del ecosistema. De hecho, parece claro que muchas especies introducidas en España proliferan especialmente, llegando a dominar la comunidad íctica, en masas de agua altamente alteradas como embalses o grandes ejes fluviales de caudal muy regulados, mientras que tienen dificultades en penetrar, o al menos en desplazar las especies autóctonas, en sistemas menos modificados.
- g) Medidas de gestión de la pesca. Es necesario un ajuste de los planes técnicos de gestión de la pesca deportiva para compatibilizar esta práctica con los objetivos de conservación de la biodiversidad acuática de nuestras aguas. Entre otras muchas medidas, debe potenciarse la pesca con muerte de todas las especies exóticas, y la acción opuesta para las autóctonas. Esto supondría una medida más de control de las especies exóticas. Por otra parte, parece evidente que determinadas conductas, individuales o colectivas, derivadas sobretodo de la práctica de la pesca deportiva, suponen una de las principales amenazas actuales para la conservación de la biodiversidad original de las aguas epicontinentales. Es un hecho que la principal, aunque no la única, vía de penetración y de extensión de las especies ícticas introducidas es esta actividad. Conviene, pues, programar o reforzar las campañas de sensibilización y vigilancia del colectivo de pescadores y de la población en general, al respecto del grave problema ecológico que supone la introducción de especies exóticas.

En la cuenca lacustre de Banyoles, debido a sus características hidrográficas y morfológicas, varios de estos tipos de control de especies exóticas no son de posible aplicación, al menos de forma generalizada en el lago.

Así, la desecación solamente supone un recurso para alguna de las nuevas lagunas de nueva creación, en general muy someras, puesto que ninguna otra de las masas de agua de la cuenca son desecables, empezando obviamente por el propio lago.

Por lo que se refiere al uso de rotenona, se puede descartar su uso masivo en el lago, por diversos motivos: el elevadísimo coste que supondría, la afectación a otros elementos de interés de la biodiversidad local como por ejemplo las náyades, o el fuerte impacto social que una acción como esta comportaría. Cabe recordar que la fuente de agua potable de la ciudad de Banyoles es el propio lago, y aunque técnicamente es posible compatibilizar este hecho con un tratamiento con rotenona, es previsible una fuerte oposición política y ciudadana a esta opción. Por los mismos motivos la realización de tratamientos parciales no es por ahora recomendable, aunque esta opción debería permanecer sobre la mesa como una posible herramienta en el futuro que pudiese contribuir de forma complementaria a otras medidas al control de especies exóticas del lago, siempre con el debido asesoramiento de los especialistas adecuados.

La instalación de barreras de contención de peces, o la aplicación de determinadas medidas de gestión de hábitats o de la pesca deportiva, pueden contribuir parcialmente a un control efectivo de las poblaciones de peces exóticas de la cuenca lacustre de Banyoles. Esto se desarrolla mas adelante. Ahora bien, no es previsible que estas medidas puedan conseguir por si solas ningún cambio significativo en el poblamiento de peces del lago, si no van acompañadas de otras medidas con un efecto severo sobre las especies introducidas.

La única forma de control de las especies introducidas que hoy por hoy parece tener opciones de resultar exitosa en el Estany de Banyoles y su cuenca es la planificación de **campañas intensivas de pesca**. Estas deben combinar diferentes técnicas de pesca y tener como objetivo el conjunto de las especies introducidas, excepto la gambusia que queda directa y claramente fuera del alcance de ningún programa de control en la cuenca basado en su pesca. Estas campañas deben planificarse previendo una intensidad y duración suficientes para provocar un desgaste notable de las poblaciones de peces introducidos que dé opción a las poblaciones de especies autóctonas a recuperarse. A la vez, el diseño debe prever un esfuerzo sostenible en el tiempo que mantenga las poblaciones de especies introducidas a un nivel suficientemente bajo.

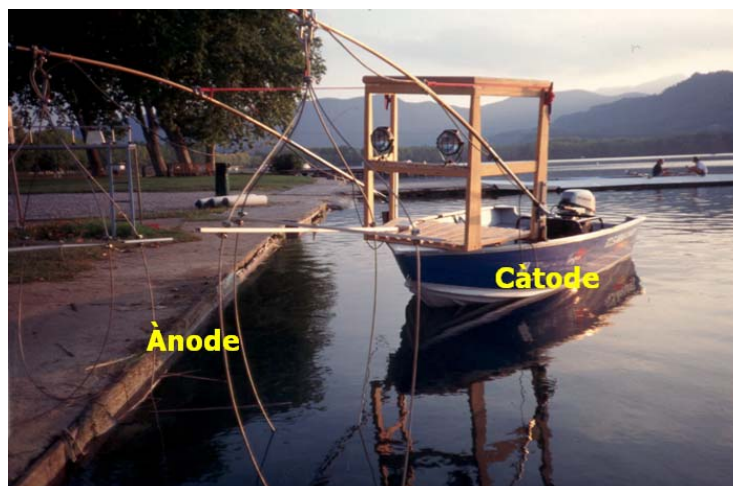
Las técnicas de pesca que hasta ahora han demostrado su efectividad en el lago de Banyoles y su entorno en estudios anteriores son la pesca eléctrica con embarcación y la colocación de redes y de trampas. Más adelante se propone una aplicación conjunta y estratégica de estas técnicas para el control de las especies introducidas en la cuenca lacustre de Banyoles.

La pesca eléctrica con embarcación: un sistema de pesca altamente eficiente en lagos.

La pesca eléctrica está muy extendida como técnica de captura en los campos de la investigación científica y la gestión de recursos naturales. La base de esta técnica es siempre la misma: el uso de la electricidad para aturdir los peces. Pero, a partir de ahí, las formas en que esto se practica varían dentro de un amplio abanico de posibilidades. El tipo y la intensidad del corriente eléctrico aplicado, la forma, el tamaño, la disposición y los materiales de los polos eléctricos, las tácticas de aplicación sobre el terreno, juntamente con otros factores, determinan la forma concreta de cada pesca eléctrica. Todos estos factores son en principio controlables por los operadores, pero otros, más ligados a las características del medio y a las especies objeto de pesca, son los que determinan que forma de pesca eléctrica es la que se ajusta mejor a cada situación.

En los sistemas lentíticos, así como también en los grandes ríos, se puede aumentar considerablemente la eficiencia de pesca poniendo a punto embarcaciones equipadas especialmente para efectuar pesca eléctrica. De hecho, a menudo esta es la única alternativa para que la pesca eléctrica sea eficaz en estos sistemas. Esta práctica está muy extendida en otras partes del mundo, especialmente en Norte-América, donde se han utilizado extensivamente para pescar en embalses, lagos y grandes ríos. Como consecuencia, la variedad de botes y equipos es bastante grande.

Lo más habitual es la utilización de botes de tamaño mediano o pequeño de aluminio, de alta estabilidad y maniobrabilidad, y equipados con un motor foraborda. En la proa se instala un púlpito de madera o fibra con barandilla reforzada para sostener el peso de una persona. De las paredes laterales se proyectan, hacia delante, un par de perchas de longitud variable que sostienen, en su extremo dos *paraguas* o *arañas* de cable que hacen las funciones de ánodo. Estas perchas son generalmente desmontables y de altura regulable. Generalmente, el propio casco del bote hace las funciones de cátodo, pero también es posible utilizar solo una *araña* como cátodo y la otra como ánodo, siempre y cuando no puedan tocarse. El bote, además, debe estar equipado con todo el material necesario para recoger y mantener los peces el tiempo necesario y a ser posible para su procesamiento, a parte de cumplir con todos los requisitos necesarios para evitar accidentes laborales del personal operador.



La pesca eléctrica con bote se realiza con un mínimo de dos operadores experimentados, el primero para conducir el motor y el segundo para pescar. El primero, además es el encargado

del control del aparato de pesca siendo quien lo activa al inicio de la pesca y desactiva al final o en caso de emergencia. Esta misma persona es la responsable de ajustar las características del corriente de salida en cada pesca (intensidad, voltaje, pulsaciones, etc.) y controla el tiempo de duración de la pesca. La otra persona, que se sitúa en el púlpito de proa con un salabre, también puede accionar a voluntad el aparato de pesca mediante un interruptor de pedal. Es justamente esta persona quien, con dicho pedal, decide en que momento es pertinente crear el campo eléctrico en función de las maniobras del bote y las capturas obtenidas.

Dependiendo de la morfología batimétrica de las orillas de la masa de agua donde se pesca, se pueden aplicar diversas estrategias de maniobra para efectuar las pescas. En el caso del lago de Banyoles, se ha comprobado, después de numerosas campañas previas de finalidad científica, que la mayor efectividad se consigue mediante el barrido del litoral con embestidas perpendiculares a la orilla y paralelas entre si.



Con una cierta experiencia por parte de los operadores, esta modalidad de pesca consigue multiplicar la capturabilidad hasta 15-20 veces respecto la utilización de otros sistemas menos ágiles de pesca eléctrica en los mismos tipos de aguas.

Experiencias similares en otras localidades

Hasta la fecha, existen pocas experiencias en España de operaciones de erradicación o control de especies introducidas de peces. A continuación se exponen las principales experiencias conocidas, que se han llevado a cabo recientemente o que están aun en curso, así como sus motivaciones y resultados:

- Control de carpas en la laguna de Zóñar (Córdoba). La laguna endorreica de Zóñar sufrió una eutrofización severa como consecuencia de la introducción en tiempos recientes de la carpa, con cambios drásticos en el ecosistema acuático. Dado el notable interés de esta localidad para diversas especies de aves amenazadas, entre otros motivos, se programaron campañas de pesca intensiva de carpa para revertir la situación (Fernández-Delgado, *com.pers.*). El resultado de la extracción de grandes cantidades de carpas durante varios años fue positivo para el ecosistema, si bien el

abandono durante un año de las acciones de control provocó un rápido retorno a la situación de partida.

- Erradicación de carpas en la laguna de Zoñar (Córdoba) y otras lagunas de Andalucía. Mediante la aplicación de un tratamiento global con rotenona en esta laguna y otras pequeñas lagunas próximas, recientemente se ha conseguido la total extirpación de las poblaciones de peces (Fernández-Delgado, *com.pers.*). Previamente se había preservado un estoc de pejerrey (*Atherina boyeri*), considerada autóctona de las lagunas, que posteriormente permitió su reintroducción. La recuperación ecológica de la laguna ha sido rápida y drástica. La experiencia se ha ido trasladando también con éxito a otros sistemas leníticos de características similares en Andalucía.
- Control de especies exóticas en el río Estena (Ciudad Real). El río Esteros, en el Parque Nacional de Cabañeros mantiene aun un interesante poblamiento de peces, con diversas especies autóctonas y endémicas de la península ibérica, algunas de ellas severamente amenazadas a escala global. Este río desemboca en el embalse de Cijara, donde se han establecido diversas especies exóticas de peces y desde donde también han colonizado el río, poniendo en grave peligro las poblaciones de las especies autóctonas. Tras varias campañas estivales de control basadas en pesca eléctrica, realizadas durante la época de máximo estiaje, se ha obtenido un resultado significativo en el desgaste de las poblaciones de especies exóticas. Sin embargo, la existencia de un núcleo estable de estas especies en el embalse supone una amenaza persistente (Doadrio, *com.pers.*).
- Erradicación del salvelino (*Salvelinus fontinalis*) en una laguna de alta montaña del parque Natural de Peñalara (Sierra de Guadarrama). Tras varios años de pescas con redes de agalla, se consiguió la total extirpación de la población de este pez introducido, y la posterior recuperación de las comunidades de anfibios e invertebrados originales.
- Control de especies exóticas en el embalse de Sau (Girona). El año 2005, durante un momento de sequía prolongada, con unos niveles mínimos históricos en el embalse de Sau se aprovechó para iniciar una campaña de control basada en pesca con cerco y palangre de diversas especies exóticas de peces, básicamente *Alburnus alburnus* y *Silurus glanis*. Las campañas de pesca debían seguir hasta que se produjera el vaciado del embalse o bien hasta que el nivel llegara a la oxiclina. Sin embargo, finalizaron después de un episodio de lluvias intensas y generalizadas que devolvieron el embalse a niveles normales. A pesar de la extracción de diversas toneladas de biomasa de peces, no se constató un efecto claro sobre las densidades poblacionales posteriores atribuible a la operación puntual de control, que no se ha repetido.
- Control de *Fundulus heteroclitus* en el PN del Delta del Ebro (Tarragona). Esta especie introducida supone una grave amenaza para los ciprinodontiformes autóctonos. Después de la detección de un núcleo pequeño aunque denso de este pez en unos canales menores situados en una zona de marismas, se programó una campaña de erradicación para evitar su propagación al resto del parque natural. Así, se procedió a la impermeabilización de estos canales y posterior eliminación de los peces

mediante un tratamiento con rotenona. El éxito de la operación fue total dentro de la zona de tratamiento, desapareciendo por completo dicho núcleo de esta zona, a pesar de que posteriormente se ha comprobado que la especie ya se había propagado al resto de las marismas en zonas abiertas donde por ahora no es posible programar ninguna campaña similar, y aunque por ahora solo está presente en bajas densidades (Franch y Queralt, *com pers.*).

A nivel internacional existen numerosos precedentes tanto de operaciones de erradicación como de control de peces. En particular, es pertinente señalar que diversas experiencias de erradicación de perca americana han derivado en resultados notables en la recuperación del resto de la comunidad de peces, anfibios, invertebrados, o del conjunto del ecosistema, tanto en el caso que se ha logrado la erradicación de poblaciones aisladas, como en casos en que se ha logrado un desgaste notable de sus poblaciones a través de campañas de control.

El análisis comparativo de todos estos casos, que responden a situaciones y estrategias claramente diferenciadas, supone una orientación para establecer objetivos realistas para un programa de control de peces exóticos en Banyoles y analizar las posibilidades de éxito de una operación de este tipo dentro de una estrategia más amplia de conservación de la biodiversidad de la cuenca lacustre.

Diseño de las campañas de control

Una vez descartado el tratamiento con rotenona del lago, por los motivos argüidos anteriormente, solo cabe optar por la pesca como medida principal de control de las especies exóticas de la cuenca lacustre.

Por otro lado, dicho control debe afrontarse como una operación sobre toda la cuenca lacustre de forma unitaria, a fin de obtener resultados significativos. Es decir, deben programarse campañas que cubran todo el lago, los principales estanques permanentes con presencia de peces, las acequias de salida del agua del lago y los pequeños cauces que desembocan al lago.

Gracias a diversos estudios previos de detalle sobre diversos aspectos de la biología y ecología de las poblaciones de peces del Estany de Banyoles, se dispone de un conocimiento bastante detallado de éstas que permite una planificación bien fundamentada de las campañas de control, y al mismo tiempo una aproximación robusta a los resultados esperados.

Modulación y repartición del esfuerzo

Puesto que la **perca americana** es actualmente la especie dominante en el lago, debe tomarse como referencia principal para planificar las campañas de control, al menos inicialmente. De hecho, todas las especies exóticas, excepto la gambúsia, serán objeto

de control simultáneamente, dado que las técnicas de captura no son completamente específicas. De este modo, es esperable que la obtención de resultados significativos a corto plazo sobre la población de la especie actualmente dominante también se refleje sobre las otras especies introducidas. I, en cualquier caso, en el caso hipotético, aunque improbable, que solamente se obtuviera un desgaste notable de la población de perca americana, esto debería reflejarse igualmente en una mejora ecológica del ecosistema lacustre, como se argumenta mas adelante.

En el caso de la perca americana, la aproximación a los resultados esperados con el control puede realizarse a través de simulaciones numéricas basadas en una serie de supuestos simples pero de aceptación generalizada, y al mismo tiempo sobre estimaciones previas de los valores medianos de diversos parámetros clave. Tales parámetros son el tamaño poblacional por grupo de edad, la mortalidad natural y por pesca deportiva, y la eficiencia de la pesca eléctrica con embarcación, es decir la capturabilidad o probabilidad de captura por unidad de esfuerzo aplicado. Tanto los parámetros demográficos ahora mencionados, como la capturabilidad con dicha técnica de pesca, pueden considerarse bastante estables en lago de Banyoles, en comparación a otras poblaciones de esta especie, hecho que se explica por el alta estabilidad ambiental del ecosistema. Esto juega a favor de la verosimilitud de las estimaciones disponibles sobre estos parámetros.

En el anexo de este documento se presenta el resultado de diversas simulaciones del control de perca americana basado solamente en campañas intensivas de pesca eléctrica con embarcación. En estas simulaciones se ha aplicado un criterio general de simplicidad, evitando la introducción de parámetros complejos, como por ejemplo los relacionados con la variabilidad estacional de los parámetros básicos anteriormente mencionados. Por otro lado, se ha aplicado un criterio conservativo en la elección tanto de los valores semilla o de partida para las poblaciones iniciales, como del resto de parámetros. Dicho de otro modo, se han aplicado valores arbitrarios, siempre dentro del rango observado para cada parámetro en Banyoles, pero alejados del valor óptimo que generaría los mejores resultados en el control de esta especie. Así, por ejemplo, se ha tendido a introducir valores bajos de capturabilidad, a sabiendas que estos pueden llegar a ser nítidamente superiores y generar mejores resultados.

Partiendo de la base que con una campaña de diez días efectivos de pesca eléctrica se puede cubrir por completo todo el litoral del lago, se ha tomado esta duración de campaña como unidad básica de esfuerzo para realizar las simulaciones numéricas y posteriormente planificar una propuesta de programa de control. A la vez, se ha considerado que el mes de octubre resulta la época idónea para iniciar cada temporada anual de control durante un proyecto a medio término de control, puesto que la capturabilidad en este momento es habitualmente máxima y ya ha finalizado por completo la reproducción de todas las especies del lago. A partir de esta fecha se han simulado diferentes escenarios del programa de control basados en esfuerzos crecientes de pesca, siempre consistentes en campañas consecutivas (acumuladas) a lo largo del transcurso del año, hasta un máximo de 20 campañas, que,

aproximadamente, es el máximo esfuerzo logística y técnicamente asumible por un único equipo estable de operadores (para mas detalles sobre los supuestos, consultar el anexo).

Los resultados muestran que el desgaste poblacional de la perca americana en el primer año de control se prevé notable para todos los grupos de edad a partir de un esfuerzo medio de una 8 campañas consecutivas de pesca, que finalizarían a mediados de invierno, con una disminución hasta aproximadamente el 20% de la población existente en octubre en el caso de los jóvenes del año, valor que desciende hasta aproximadamente el 10% para el resto de grupos de edad (ver anexo y figuras 2 y 3). Evidentemente, el incremento de este esfuerzo inicial conlleva unos resultados mejores, hasta el punto que con el esfuerzo máximo aplicable (20 campañas), durante el primer año de control teóricamente se extirpa la práctica totalidad de la subpoblación de adultos y subadultos, mientras que los jóvenes del año bajan hasta menos del 2% de la población inicial a principios de año.

A partir de ahí, la previsión para los siguientes años de control gana incertidumbre por dos motivos básicos: la acumulación de incertidumbre respecto los resultados del primer año, y la incógnita sobre la evolución del reclutamiento después del control inicial.

Respecto a este segundo aspecto, no se dispone de suficiente información para modelizar el comportamiento de la población. Hasta ahora, se han observado ciertas variaciones interanuales en el reclutamiento de esta población, si bien poco marcadas en relación a otras poblaciones de la misma especie, y probablemente atribuibles a las pequeñas oscilaciones existentes también en un medio tan estable. Por otro lado, cabe asumir que la población soportará un cierto desgaste de la subpoblación de reproductores, sin que esto se traslade en una disminución significativa del reclutamiento, puesto que la población actual está plenamente estabilizada desde hace al menos una década. Sin embargo actualmente no se dispone de ningún dato que permita estimar o aproximar este punto crítico. Justamente este conocimiento puede ser adquirido a lo largo de un futuro programa de control de la especie, mediante el análisis de la evolución de la población y la aplicación de modelos pesqueros estandarizados.

En consecuencia es altamente recomendable, que si se inicia un programa de control de las especies ícticas exóticas en la cuenca lacustre se comience con un esfuerzo importante que derive en una reducción inmediata y drástica del estoc de reproductores, a ser posible por debajo el umbral del 5% para el primer año. De otra forma el resultado a medio término puede no compensar la inversión realizada y frustrar el programa por falta de resultados visibles.

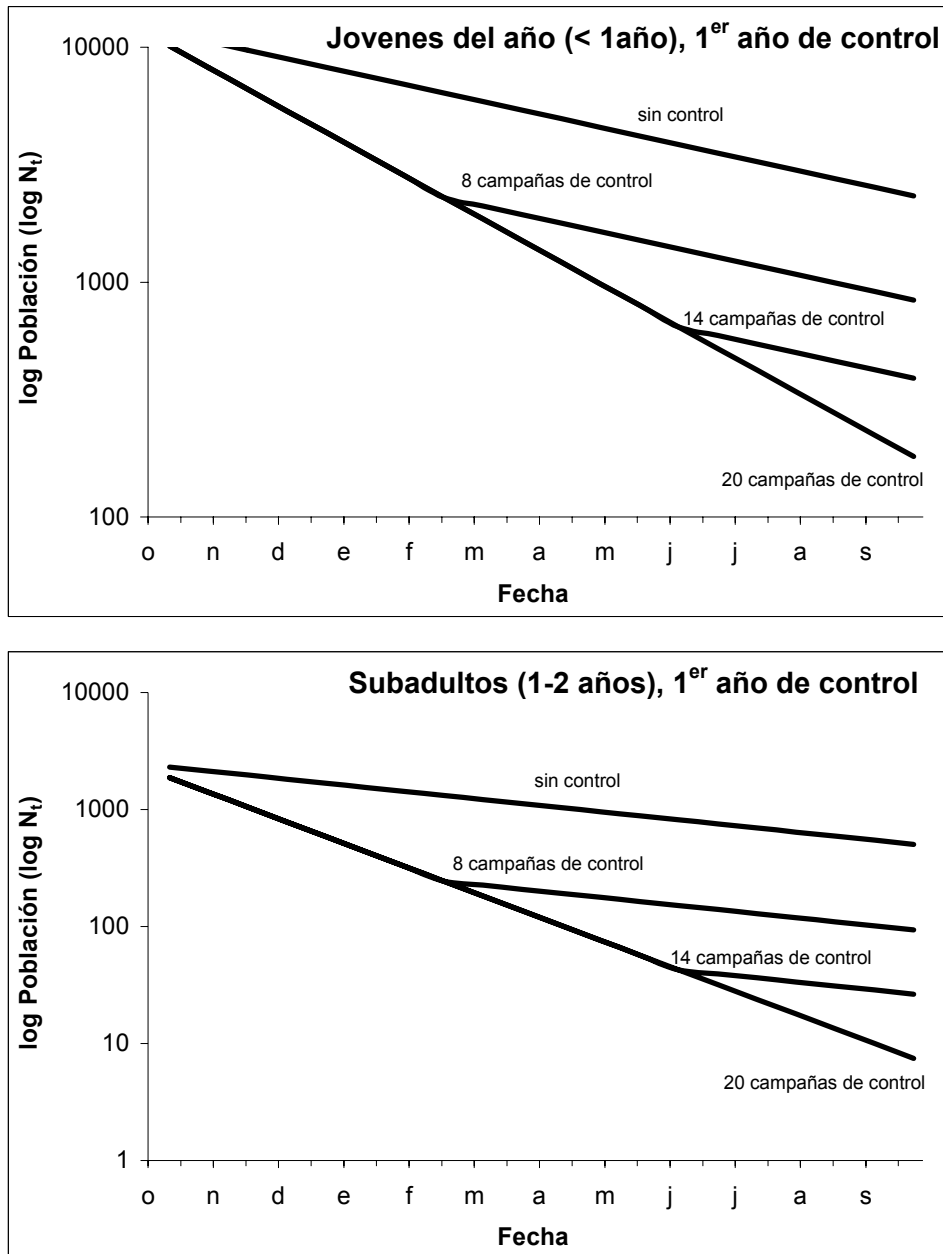


Figura 2.- Resultado de diversas simulaciones de control sobre los jóvenes y subadultos de perca americana (ver anexo para mas detalles).

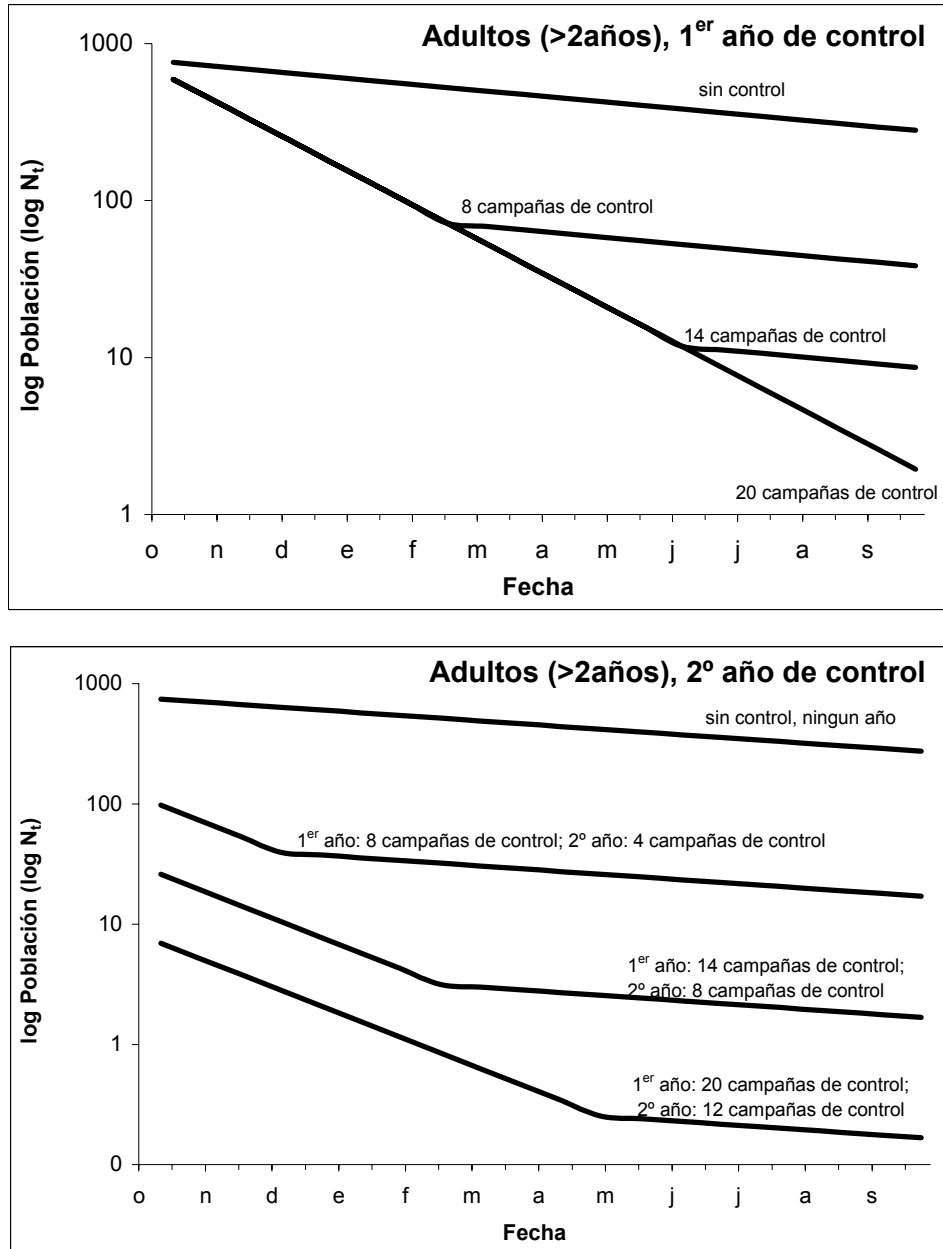


Figura 3.- Resultado de diversas simulaciones de control sobre los adultos de perca americana (ver anexo para más detalles).

Como indican las simulaciones basadas en datos procedentes de la propia población, este hito es plenamente alcanzable. Así, por ejemplo, con un esfuerzo durante el primer año de al menos 14 campañas de pesca, se prevé un desgaste del estoc de adultos y subadultos superior al 98%, que si se combina con un nuevo esfuerzo de al menos 8 campañas en el segundo año deriva en la práctica eliminación de los reproductores de esta especie.

Otro hecho juega claramente a favor de las opciones de controlar de forma efectiva la población de perca americana a largo término: el incremento de la eficiencia

(capturabilidad) de la pesca eléctrica en relación a la longitud total de los ejemplares (y en consecuencia de su edad), combinado con una fecundidad creciente exponencialmente también con la longitud (ver figura 4). De hecho las simulaciones muestran como un esfuerzo inicial mediano permitiría retirar del medio la mayor parte de ejemplares de gran fecundidad del lago (edad > 2 años).

El control sostenido mediante esta técnica de pesca combinado con otras medidas de control, incluso con menor intensidad, dificultará la nueva estabilización demográfica de la población, manteniéndola bajo presión en una estructura demográfica con menor densidad total y sobretodo con una estructura de tallas y edades alteradas respecto el patrón actual. Así pues, previsiblemente se puede conseguir una reestructuración de esta población hacia una talla y una edad mediana inferiores, y quizás hacia un menor y decreciente reclutamiento. El simple hecho de eliminar los grandes ejemplares de este depredador favorecerá las posibilidades de recuperación de diversas especies autóctonas tanto de peces como de otros grupos faunísticos.

Las bases para la calibración del esfuerzo necesario de control a medio y largo termino para mantener o incluso mejorar los resultados obtenidos durante los primeros años del programa, deberán establecerse justamente durante estos primeros años a tenor de los resultados obtenidos. En este sentido deben establecerse protocolos adecuados de toma de datos de las capturas, que permitan un posterior análisis de los resultados. A la vez, es conveniente programar pequeños experimentos de marcaje-recaptura a fin de obtener, dos veces al año, estimaciones independientes y actuales del tamaño poblacional de las principales especies presentes en el lago, que permitan realizar un análisis más robusto de los resultados del programa de control. Estos experimentos pueden compatibilizarse con las campañas de pesca de exóticas, con un mínimo esfuerzo suplementario (para más detalles ver capítulo 8 de este documento).

Por otra parte, a largo término, la monitorización en continuo de las poblaciones sometidas a control ha de permitir el establecimiento de un proceso de feedback permanente entre el diseño de las campañas de desgaste poblacional, u otras acciones, y los resultados de todas ellas, que garantice el éxito del programa.

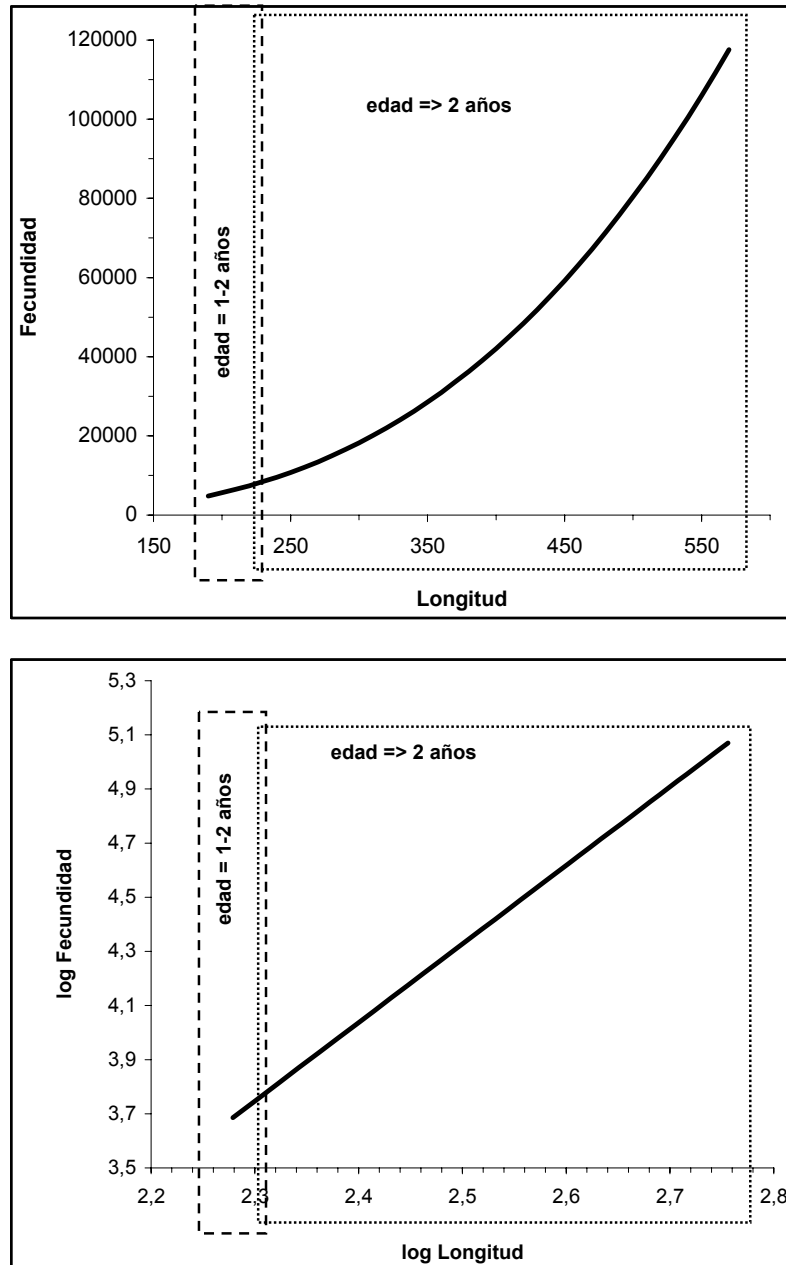


Figura 4.- Relación de la longitud con la fecundidad (# huevos/hembra) de la perca americana en Bayoles.

Al margen de la pesca eléctrica con embarcación, cuya efectividad se limita al litoral del lago, es conveniente el uso estratégico de otras técnicas de pesca a fin de incrementar la eficacia de las campañas de control. Mediante estas otras técnicas de pesca se ampliará el espectro de hábitats cubierto por las pescas, e incluso del espectro de especies capturadas, puesto que algunas solamente son capturables con pesca eléctrica en algunos momentos del año. Concretamente se proponen las siguientes técnicas de pesca:

- **Redes de tipo trasmallo.** Colocación de grades redes a diferentes profundidades y sectores del lago durante largos periodos, tanto en el litoral como en zonas abiertas. Los trasmallos son poco selectivos y garantizan un mayor espectro de capturas (especies y tallas) que otros tipos de redes. Se vaciarán periódicamente (variable dependiendo de la época del año: diariamente en verano, cada 4-5 días en pleno invierno), dejándolas de nuevo en el mismo emplazamiento en reiteradas ocasiones. Superficie mínima total de red: 2500m² (en paños de 50-100m). Ocasionalmente, se colocaran en otras masas de agua menores de la cuenca lacustre que reúnan las condiciones necesarias. Esta técnica solamente se podrá utilizar masivamente en una primera fase, antes de la recuperación de las especies autóctonas, puesto que la mayor parte de las capturas mueren o quedan gravemente lesionadas. En fases posteriores, su uso deberá restringirse a situaciones particulares en que el riesgo de captura de peces autóctonos sea mínimo.
- **Trampas.** Colocación de trampas de diferentes dimensiones en distintos puntos del lago y resto de cuenca lacustre. Algunas de estas trampas se cambiarán de lugar cada cierto tiempo, otras se mantendrán fijas en emplazamientos estratégicos del lago. Dado que con esta técnica de pesca generalmente no se produce la muerte de las capturas, su uso se extenderá a lo largo de todo el programa de control de exóticas. La instalación de grandes y robustas trampas fijas que operen de forma continuada a lo largo del tiempo se vislumbra como un firme recurso sobre el cual se basará el esfuerzo basal de control a largo término. En este sentido, su evaluación a tal fin (diseño, dimensiones, mantenimiento, localización, protocolos de revisión, etc.) se llevará a cabo durante los primeros años del proyecto. Durante la primavera, el uso de trampas en las entradas a los pequeños cauces que conectan con el lago (canales y riachuelos), permitirá un control efectivo y puntual sobre poblaciones residuales de algunos ciprínidos exóticos migradores, especialmente de la carpa.
- **Pesca eléctrica a pie.** La aplicación de técnicas estándares de pesca eléctrica a pie, ya sea con equipos de mochila o bien con equipos de cable extensible, permitirá el control de exóticas en zonas de canales, resiguiendo todo el recorrido de dichos canales con presencia de peces. La baja densidad de exóticas presentes en estos canales, a excepción de la gambúsia que quedará fuera del control, permitirá un rápido peinado de estos sistemas.
- **Pesca deportiva.** Este punto se desarrolla específicamente mas adelante. Aquí tan solo cabe apuntar que los pescadores pueden jugar un papel activo en el control de especies exóticas de peces, ya sea a través de una regulación adecuada de la pesca difusa y regular, como de los concursos de pesca o otros episodios extraordinarios de pesca deportiva, u otras actividades.

En conjunto, estas diversas técnicas suplementarias deben contribuir a aumentar el esfuerzo total de pesca invertido en las campañas de control, especialmente durante la primera fase de mayor intensidad, a parte de ampliar la cobertura hacia otros hábitats y especies. Por otra parte, el buen conocimiento que actualmente se dispone sobre el uso del hábitat y el comportamiento de los peces de la cuenca lacustre de Banyoles permitirá el diseño de un plan global de control eficaz incorporando todas las técnicas ya expuestas.

Propuesta esquemática de cronograma

FASE	DURACIÓN	PRINCIPALES OPERACIONES DEL CONTROL DE EXÓTICAS
Preliminar	Enero a Abril 1 ^{er} año	Preparativos iniciales: <ul style="list-style-type: none"> - Preparación del equipo técnico y humano - Primeras pruebas de los equipos - Diseño preciso del programa inicial de control de exóticas - Redacción y aprobación de un nuevo plan técnico de pesca
1ª fase	Abril del 1 ^{er} año a Septiembre del 2º año	Inicio gradual del control intensivo de exóticas: <ul style="list-style-type: none"> - Abril (1^{er} año): Inicio del control mediante trampas - Mayo (1^{er} año): Campaña menor de pesca eléctrica con embarcación (2-3 días) para el primer episodio de marcaje-recaptura en el lago. - Mayo (1^{er} año): entrada en vigor del nuevo reglamento de pesca. - Mayo (1^{er} año): inicio de pescas intensivas con redes. - Mayo (1^{er} año): Inicio pescas intensivas en el Estanyol del Vilar, y otras pequeñas masas de agua, combinando pesca eléctrica y redes. - Finales de septiembre (1^{er} año): campaña de marcaje-recaptura (2-3 días) en el lago. - Finales de septiembre (1^{er} año): inicio pescas eléctricas intensivas en el lago y en los canales de salida. - Abril (2º año): final de pescas intensivas con redes - Mayo (2º año): campaña de marcaje-recaptura (2-3 días) en el lago. <p>Modulación de la estrategia y esfuerzo de pesca para la 2ª fase del programa de control</p>
2ª fase	Septiembre del 2º año a junio del 3 ^{er} año	Continuación del control intensivo de exóticas: <ul style="list-style-type: none"> - Toda la fase: control intensivo mediante trampas - Toda la fase: control intensivo mediante pesca eléctrica - Toda la fase: control puntual mediante redes - Septiembre (2º año): campaña de marcaje-recaptura (2-3 días) en el lago. - Mayo (3^{er} año): campaña de marcaje-recaptura (2-3 días) en el lago. <p>Modulación de la estrategia y esfuerzo de pesca para la 3ª fase del programa de control</p> <p>Definición del programa de control a largo término</p>
3ª fase	Julio del 3 ^{er} año a Diciembre del 3 ^{er} año	Finalización del control intensivo de exóticas: <ul style="list-style-type: none"> - Septiembre (3^{er} año): finalización del control intensivo mediante trampas - Noviembre (3^{er} año): finalización del control intensivo mediante pesca eléctrica - Septiembre (3^{er} año): campaña de marcaje-recaptura (2-3 días) en el lago. <p>Establecimiento del programa de control a largo término</p>
4ª fase	De Enero del 4º año, en adelante	Control a largo término

Consideraciones éticas sobre el sacrificio de peces

Actualmente, existe un amplio consenso sobre la necesidad de minimizar el daño individual y el dolor a cualquier animal, especialmente cuando se trata de vertebrados, incluidos los peces, e incluidos aquellos que finalmente deben ser sacrificados por motivos diversos (consumo, gestión para la conservación, investigación, etc.).

Todos los peces capturados deben ser manipulados, mediante los mejores métodos o protocolos disponibles en la actualidad, evitando un estrés o daño excesivo e innecesario, tanto durante la captura como durante su mantenimiento en cautividad. En el caso que los peces deban ser sacrificados, deberán ser anestesiados previamente, y se procurará, siempre que la técnica de pesca lo permita, una muerte rápida y evitando el traumatismo o la asfixia.

5.- RECUPERACIÓN DE LAS POBLACIONES DE ESPECIES AUTÓCTONAS

Re poblaciones y reintroducciones

Re poblaciones

La simple acción de control selectivo sobre las poblaciones de peces exóticos permitirá previsiblemente una recuperación de las poblaciones de especies autóctonas aun presentes en la cuenca lacustre de Banyoles. Sin embargo, el pequeño tamaño poblacional de las poblaciones de algunas de estas especies hace prever una evolución lenta hacia la recuperación. Por consiguiente, para garantizar un mayor crecimiento poblacional de estas especies en un tiempo más corto, se recomienda la realización de repoblaciones mediante ejemplares provenientes de la misma cuenca (Terri o en defecto, Ter).

Estas repoblaciones tienen, pues, como objetivo establecer una población de partida mayor a la actual a fin de conseguir una rápida respuesta justo después del *vacío* creado en el lago por las campañas intensivas iniciales de control. De este modo, deberían iniciarse cuando se haya conseguido un resultado notable en el desgaste poblacional de las principales especies exóticas que hoy dominan la comunidad íctica del lago, sobretudo las especies depredadoras (perca americana, pez sol y en menor medida perca). Después de la repoblación con especies autóctonas, las campañas de control de exóticas mediante pesca intensiva deberán continuar un cierto tiempo (2-3 años) hasta que las primeras recuperen sus poblaciones. Sin embargo, una vez iniciadas las repoblaciones el control deberá centrarse en técnicas (pesca eléctrica o trampas) que permitan la suelta de loas autóctonas pescadas, evitando entonces el uso de redes.

Los criterios básicos a tener en cuenta para la planificación de estas repoblaciones son los siguientes:

- Tamaño poblacional actual en la cuenca lacustre. Todas las especies autóctonas, a excepción del espinoso, están aún presentes en la cuenca lacustre. Sin embargo, solamente el pez fraile mantiene densidades medianas, de forma que para esta especie no se requieren repoblaciones. En cambio, los estocs actuales del resto de especies autóctonas son muy bajos cuando no exiguos y merecerían campañas de repoblación.
- Origen genético. Es necesario tener la seguridad que se repobla con ejemplares provenientes de poblaciones genéticamente homogéneas a las de Banyoles, a fin de evitar la degradación del acervo genético autóctono. En este sentido, la mayor garantía a tal efecto es la repoblación con ejemplares provenientes de la misma cuenca fluvial, en este caso la del Ter, y a ser posible de cursos fluviales de la cuenca mediana. De los tres ciprínidos autóctonos, el barbo de montaña, el bagre y la tenca, los dos primeros aun mantienen poblaciones suficientemente importantes en la cuenca donde extraer ejemplares, a pesar de un cierto proceso generalizado de regresión. En cambio la tenca prácticamente ha desaparecido de la cuenca del Ter, por lo que su repoblación

solamente se puede realizar con ciertas precauciones a partir de ejemplares de otras cuencas cercanas, previa realización de los estudios genéticos necesarios.

- **Migraciones.** Si bien varias de las especies autóctonas del lago pueden clasificarse como migradoras potamodromas, puede considerarse para la mayoría de ellas que sus movimientos se restringen dentro de la cuenca lacustre. El caso de la anguila es diferente, puesto que su condición de migradora catádruma exige que la recuperación de sus poblaciones se realice a través de la reconexión de la cuenca lacustre con el tramo medio del Ter. En este contexto, se desaconseja la simple repoblación directa con anguila para la recuperación a largo término de las poblaciones de esta especie en el lago.
- **Minimización de la afectación a las poblaciones fuente.** La extracción de individuos de las poblaciones de otros sectores de la cuenca no deben suponer ningún riesgo para su conservación. En este sentido, se recomienda capturar los ejemplares en tramos fluviales con densidades elevadas y poblaciones estables de las especies de interés, y no extraer más de un 10% de individuos de la población estimada por tramo. Las sucesivas extracciones deben ser efectuadas de tramos distintos y no demasiado cercanos a fin de minimizar el impacto sobre la población global de cada especie en la cuenca.
- **Estructura poblacional de los estocs de repoblación y época idónea.** Dada la capacidad de carga del lago, los estocs de repoblación de ciprínidos autóctonos deben situarse entre los 1000 y los 5000 ejemplares adultos por año (dependiendo de la especie), y siempre que las poblaciones fuente en otros puntos de la cuenca lo permitan sin que se vean afectadas. Es conveniente que estas cantidades vayan acompañadas de un número aun mayor de inmaduros. Así pues, todos los ejemplares translocados deben ser medidos, pesados y examinados. Las sueltas deben realizarse durante la primavera, justo antes de la época de reproducción, aunque pueden también realizarse durante el otoño o invierno. Se recomienda la repetición de estas repoblaciones durante al menos dos años, de forma que cada campaña anual de repoblación puede consistir en diversas sueltas de ejemplares provenientes de diferentes puntos de la cuenca.
- **Riesgo de introducción de patógenos o nuevas especies.** Deben implementarse los protocolos necesarios para evitar la repoblación con ejemplares enfermos o infestados con parásitos, a fin de minimizar el riesgo de transmisión a las poblaciones receptoras y maximizar el buen establecimiento de los ejemplares translocados. Al mismo tiempo, es exigible un escrúpulo extremo para evitar la suelta de ejemplares de otras especies que las que son objeto directo de las repoblaciones, a fin de evitar la introducción accidental de nuevas especies, sean de peces u otros organismos. Se recomienda la extracción de ejemplares de tramos fluviales con poca o nula presencia de especies exóticas. En concreto, debe ponerse especial atención para evitar la penetración del mejillón cebra a la cuenca lacustre, aplicando un estricto protocolo profiláctico.

Reintroducciones

El caso del espinoso es diferente al de las otras especies autóctonas puesto que puede considerarse extinguido de la cuenca lacustre de Banyoles, aunque aun está presente en algunos sectores de la cuenca del Ter. Esta extinción local se produjo probablemente hace unos 30-40 años, coincidiendo con la proliferación de diversas especies exóticas ictiófagas en el lago, entre ellas el lucio y el pez gato, especies hoy desaparecidas. Por lo tanto, la recuperación del espinoso pasa inevitablemente por la reintroducción a partir de ejemplares provenientes de la propia cuenca. Son aplicables los mismos criterios anteriormente mencionados para las repoblaciones.

Reproducción en cautividad o en semi-cautividad

La reproducción en cautividad no parece necesaria actualmente para la recuperación de ninguna de las especies ícticas autóctonas, puesto que existen poblaciones suficientemente potentes y en buen estado dentro de la cuenca, que pueden suministrar los ejemplares necesarios para las operaciones antes expuestas de repoblación o incluso de reintroducción, sin que se vean afectadas negativamente.

Sin embargo, este extremo puede ser necesario en el futuro si prosigue el lento declive que parece darse a escala de la cuenca del Ter para todas las especies autóctonas, sobretudo como consecuencia justamente de la proliferación de especies exóticas.

Precisamente, la única especie que por ahora mantiene densidades medianas en el Estany de Banyoles es el pez fraile, el cual, paradójicamente, presenta un precario estado global de conservación a escala de cuenca, puesto que solamente aparece también en pequeños sectores muy localizados del curso bajo del Ter. Dado que aparentemente se encuentra hoy en un cierto declive en Banyoles, y aunque no es necesario de forma inmediata, en el futuro puede ser pertinente un programa de cría y mantenimiento de estocs en cautividad, en el caso de que su población lacustre no se recupere espontáneamente.

En cambio, resulta recomendable el mantenimiento en condiciones de semi-cautividad de núcleos reproductores de algunas de las especies autóctonas de Banyoles, en concreto de aquellas más vulnerables ante los depredadores exóticos, como es el caso aparentemente del espinoso. Así, el mantenimiento de núcleos de esta u otras especies autóctonas en balsas o estanques ya existentes y conectados al lago, pero asegurando la nula presencia de exóticas, permitirá la exportación continua y espontánea de ejemplares emigrantes a otros sectores de la cuenca lacustre. Estos estanques deben reunir las condiciones para el establecimiento de núcleos poblacionales estables de dichas especies, con un mantenimiento mínimo, sin que sean necesarias intervenciones de mantenimiento propias de un sistema intensivo de reproducción en cautividad. Paralelamente, estos emplazamientos pueden ser de utilidad para la reproducción i/o mantenimiento, también en condiciones de semi-

cautividad, de otros organismos acuáticos amenazados del Estany, especialmente de náyades.

Restauración y rehabilitación de hábitats

Aunque el principal factor que parece explicar el grave deterioro que han padecido las poblaciones de peces del lago es claramente la introducción y proliferación de especies exóticas, la restauración o rehabilitación de algunos hábitats acuáticos del lago, o algunas medidas puntuales de gestión de los mismos, puede contribuir a la recuperación de las poblaciones de peces autóctonos. En este sentido se recomiendan las siguientes acciones:

- Mejora y conservación de los hábitats acuáticos en los canales de salida del lago. Aunque la calidad del agua en estos canales actualmente ha mejorado notablemente respecto décadas anteriores, la mayoría de ellos han sido enterrados bajo el casco urbano. Existen además, otras afectaciones puntuales que afectan a la calidad de sus hábitats allí donde aun estan descubiertos. Estos canales jugaban al parecer un papel de vital importancia como zona de reproducción de algunas de las especies de peces de Banyoles, como por ejemplo del espinoso o de algunos de los ciprínidos autóctonos. Sorprende la práctica inexistencia de núcleos de pez fraile, probablemente a consecuencia de deficiencias estructurales en los hábitats.
- Preservación y potenciación del cinturón de vegetación helófitica. Este hábitat puede jugar un papel importante como zona de refugio para los peces autóctonos más vulnerables a la depredación por parte de exóticas. Aunque ha experimentado una mejora espectacular en el lago a lo largo de los últimos 15 años, conviene asegurar su conservación, especialmente en algunas zonas donde el acceso incontrolado de gente o embarcaciones recreativas lo degrada en exceso.
- Control puntual experimental de la vegetación sumergida. La espectacular proliferación que ha experimentado la vegetación sumergida en los últimos 10 años en el lago se baraja como un grave factor de amenaza para varias especies acuáticas, por diferentes motivos. En el caso de las náyades, esta vegetación cubre amplias zonas de limos antes disponibles para estos moluscos y hoy recubiertos por una densa capa vegetal debajo de la cual parece haber una anoxia permanente. En el caso del pez fraile, se ha observado una densidad mucho menor de ejemplares en zonas rocosas medianamente cubiertas por vegetación respecto a zonas mas descubiertas. Aunque esta vegetación es posible que evolucione a la baja como consecuencia indirecta de las operaciones de control de algunas de las especies exóticas de peces (esto se desarrolla mas adelante), es recomendable la realización de pequeñas limpiezas puntuales experimentales en zonas recogidas, y evaluar posteriormente la respuesta de algunas especies de fauna ante esta medida de gestión.
- Creación de hábitats rocosos para el pez fraile. Aunque esta especie se distribuye por todo el litoral, incluso en las zonas con vegetación densa, solamente presenta densidades altas en algunos emplazamientos rocosos poco profundos y libres de vegetación, un hábitat más bien escaso en el lago, donde recibe menos presión de los depredadores, especialmente de la perca americana. Para mejorar el estado global de

las poblaciones del lago de esta especie amenazada conviene realizar acciones específicamente diseñadas. Una de ellas puede ser precisamente la extensión de los hábitats que propician el establecimiento de núcleos densos resguardados de los depredadores. Esto puede conseguirse mediante la instalación de pequeños escollos de rocas o bloques horadados en zonas poco profundas libres de vegetación.

Recuperación de la conectividad con la cuenca fluvial

Este aspecto es básico para la estabilización futura de las poblaciones de peces autóctonos en el Estany de Banyoles, y para una consolidación sostenible y con garantías de éxito de las medidas de control de peces exóticos.

La paulatina recuperación que ha venido experimentando durante los últimos años la cuenca alta del río Terri, donde afluyen las aguas del lago a través de los canales de salida, y especialmente en relación a la calidad del agua, ha propiciado también la recuperación de sus poblaciones de peces, especialmente del barbo de montaña y del bagre. En cambio, no se ha observado una presencia importante de especies introducidas, excepto de algunos ejemplares aislados, y a pesar del *goteo* continuo de ejemplares procedentes desde el Estany. Este hecho probablemente se explica por una menor idoneidad de los hábitats acuáticos del Terri, básicamente de tipo reófilo, para las especies exóticas de peces presentes en el lago.

Por otro lado, es bien conocido que estas dos especies de ciprínidos autóctonos presentes en el Terri exhiben un claro patrón de migraciones remontantes de carácter pre-reproductor, que en algunos ríos puede llegar a ser de varias decenas de kilómetros. Esta tendencia migratoria queda ahora claramente limitada en el Terri por la presencia de diversas infraestructuras transversales en el río, como azudes o drenajes de vías de comunicación, que también impiden la llegada de anguilas hasta la cabecera de este río. Es más, la existencia de diversos saltos de agua entre los canales de salida del Estany y la cuenca del río Terri, impiden completamente que los peces autóctonos de la parte alta de este curso remonten hasta el lago. Si esto se solucionara, se conectaría el lago con un núcleo reproductor de estas especies de notable potencia demográfica, reforzando las demás acciones en pro de la recuperación de su poblamiento íctico original.

Existe una amplia gama de posibilidades técnicas para dar solución a los problemas de continuidad fluvial de los peces. En este caso, de forma genérica, se recomienda la construcción de un dispositivo naturalizado, tipo rampa para peces, que prevea una alta funcionalidad para las especies autóctonas, pero baja o nula eficacia para las especies exóticas. Aunque esto no siempre es posible, en el caso de Banyoles se cuneta con la ventaja que las especies introducidas actualmente establecidas en la cuenca lacustre son todas ellas poco o nada capaces de remontar zonas de rápidos con saltos, mientras que no es así para las autóctonas.

6.- OTRAS MEDIDAS PARA LA RECUPERACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD ORIGINAL

Gestión de la pesca deportiva

La pesca deportiva no constituye en si misma una amenaza para la conservación de la biodiversidad en Banyoles. Bien al contrario, puede jugar un papel relevante en un futuro programa que tenga como objetivo principal la recuperación de las especies autóctonas. Sin embargo, a fin de lograr esto es necesario revisar el modelo de gestión de la pesca deportiva en el lago.

En este sentido se proponen las siguientes medidas para reorientar la pesca deportiva, incorporando los cambios necesarios en el plan técnico de pesca o en las normativas municipales correspondientes para su implementación:

- Pesca con muerte de todas las especies introducidas. El principal de estos cambios pasa por la reconversión de la pesca sin muerte que se viene realizando desde hace varios años sobre las poblaciones de perca americana. Deben sacrificarse todos los ejemplares capturados de especies exóticas, sin excepción de ningún tipo. Todas las especies introducidas tienen que considerarse perjudiciales, con lo que no cabe ninguna otra regulación de su pesca, ni siquiera por supuesto el establecimiento de tallas mínimas.
- Pesca sin muerte de especies autóctonas. Por el contrario, todas las especies autóctonas deben ser devueltas vivas al lago. Su pesca puede incluso fomentarse, hecho que probablemente revertiría en su conservación a largo término, pero siempre en un contexto de captura sin muerte y mínimamente lesiva. Las principales especies autóctonas que pueden convertirse a corto plazo en capturas deportivas, si se logra su recuperación poblacional, son el bagre, el barbo de montaña y la tenca, y en el futuro quizás la anguila.
- Fomento de la pesca deportiva intensiva de especies introducidas. La realización de campeonatos u otras actividades de pesca deportiva intensiva, basada en métodos de pesca selectivos para alguna de las especies exóticas presentes en el lago, puede contribuir inicialmente, y probablemente también en el futuro, a un rápido desgaste de las poblaciones sometidas a control mediante las campañas específicamente diseñadas con este fin.
- Registro fiable y riguroso de las capturas realizadas y del esfuerzo de pesca. Para una correcta modelización de la dinámica poblacional de las especies ícticas del lago, de todas ellas, es necesario obtener datos fiables sobre todas las capturas y sobre la densidad de pescadores. Cada pescador debería registrar y comunicar diariamente algunos datos básicos de cada una de sus pescas (situación, horario, duración, etc) así como de las capturas que se deriven de ellas (número de capturas por especies y tallas, básicamente). Esta información permitirá la realización de predicciones sobre la tendencia poblacional de cada especie, en base a la aplicación de modelos numéricos simples de análisis de pesquerías.

- Prohibición de usar cebo vivo. Esta práctica constituye una de las principales vías de entrada de nuevas especies, especialmente de peces de pequeña talla máxima, hecho que justifica sobradamente su completa prohibición.
- Establecimiento de refugios de pesca. Des del punto de vista de la gestión de las poblaciones de peces, no se justifica esta medida en el Estany. Sin embargo puede ser necesaria para evitar el deterioro de los hábitats riparios de determinadas zonas del litoral por el exceso de frecuentación.
- Prohibición de la pesca desde embarcación. Medida orientada a evitar el acceso indiscriminado a todos los rincones del litoral, con la consiguiente afectación a la vegetación y a la fauna.
- Vedas. Aunque no se prevén necesarias en el lago, puesto que las oscilaciones estacionales en la actividad de los peces limitan regularmente la pesca, en el futuro puede llegar a ser necesario el establecimiento ocasional de vedas parciales o completas sobre las especies autóctonas, en función de la evolución de sus poblaciones.
- Vigilancia y control de la pesca deportiva. Se hace totalmente necesaria la existencia de guardas de pesca fluvial que controlen diariamente la pesca deportiva en el lago, y garanticen el cumplimiento de la normativa vigente. Este mismo personal permitiría la recogida en continuo de los datos de capturas derivadas de la pesca deportiva.
- Campañas de sensibilización e información del colectivo de pescadores. Aunque la mayoría de pescadores suelen conocer y respetar la normativa vigente de pesca, siempre hay una fracción menor de pescadores que están desinformados. Por otra parte, aun es necesario un cierto esfuerzo didáctico para sensibilizar a este colectivo sobre el problema que representan la introducción de especies exóticas.

Gestión estratégica de hábitats

La reciente creación de una serie de lagunas en el entorno del lago ha supuesto una clara ganancia ambiental, puesto que se ha recuperado una extensión de hábitats palustres considerable.

La gestión de los niveles de agua en estas lagunas debe realizarse teniendo en cuenta la posible penetración de peces en ellas. Así, en aquellas que resultan de fácil acceso para los peces del lago, por su proximidad al mismo, debe priorizarse su carácter temporal, con períodos de total secado, para evitar así el establecimiento de especies introducidas de peces provenientes del lago.

En otras lagunas, puede evitarse la penetración de peces exóticos mediante la instalación de barreras (por ejemplo pequeños azudes) en los cursos que las conecten con el lago. Estas mismas barreras pueden contribuir a proteger los pequeños cursos donde persisten exiguos núcleos de ciprínidos autóctonos, la Riera de Can Morgat y la Riera de Lió. Por lo demás, las intervenciones en estos cursos deben ser bien medidas y contrastadas para no poner en peligro estas pequeñas poblaciones que, a pesar de todo, han permanecido precisamente en las condiciones actuales.

7.- ANÁLISIS DE POSIBLES ESCENARIOS POSTERIORES

El análisis de los posibles resultados globales y particulares (por especie, por hábitat, etc.) de un proyecto de este tipo es enormemente complejo e incorpora inevitablemente un alto grado de incertidumbre. En consecuencia difícilmente permite una previsión cuantificada de los resultados, mas allá de los meros objetivos iniciales (y, porqué no, cuantificados) que se establezcan como hitos del proyecto, o de las simulaciones a escala poblacional de alguna de las principales especies sometidas a control (concretamente de la perca americana) basadas en el previo conocimiento de sus poblaciones.

A pesar de ello, es necesario dibujar algunos de los posibles escenarios que se pueden producir después del desarrollo del proyecto. Esto permitirá valorar *a priori* las dificultades y limitaciones del mismo, maximizando sus posibilidades de éxito dentro de un conjunto de objetivos generales y específicos medianamente realistas, y siempre en el contexto de un proyecto que se reconoce des del principio tan complejo como necesario para la recuperación de la biodiversidad acuática de la cuenca lacustre de Banyoles.

Antes de entrar a analizar algunos de estos escenarios futuros, se exponen los elementos de análisis más relevantes en una tabla de ventajas y desventajas asociadas a diferentes aspectos con implicaciones respecto a las posibilidades de llevar a cabo un programa de control de la biodiversidad autóctona.

ASPECTO A CONSIDERAR	- DESVENTAJAS I AMENAZAS	+ VENTAJAS I OPORTUNIDADES
Tamaño del lago y de la cuenca lacustre	-Imposibilidad, por ahora, de plantear la erradicación de especies exóticas de peces -Necesidad de un esfuerzo importante para obtener resultados significativos y durables en el control de exóticas	-Dadas las dimensiones medianas del lago y de sus poblaciones de peces, factibilidad demostrable de un programa de control con los recursos suficientes.
Productividad ecológica mediana o baja del Estany de Banyoles	-Respuesta lenta de las poblaciones de especies autóctonas	-Respuesta lenta de las poblaciones de especies introducidas sometidas a control
Alta estabilidad ecológica del medio acuático lacustre	-Favorece el establecimiento de especies introducidas, y concretamente de especies poco adaptadas a la variabilidad natural de los sistemas acuáticos mediterráneos	-Fácil modulación del esfuerzo de control y del diseño de un programa estable de control de exóticas -Mayor posibilidad de recuperar poblaciones de peces autóctonos demográficamente estables, con mayor supervivencia, crecimiento y fecundidad, entre otros, en relación a otros sistemas mas fluctuantes
Morfología de la cuenca lacustre y batimetría	-La alta variabilidad batimétrica, el perfil abrupto de las orillas, y la elevada profundidad media del lago dificultan las operaciones de control ya	-Las poblaciones de peces exóticos de Banyoles se circunscriben casi totalmente en el lago, y se pueden considerar poblaciones unitarias, no

	que disminuyen la eficiencia de algunas técnicas de pesca	divididas en subpoblaciones aisladas en sectores diferentes. Este hecho favorece su control.
Conectividad de la cuenca lacustre con el resto de la cuenca del Terri	<ul style="list-style-type: none"> -Mientras no se recupere la conectividad aguas arriba entre la cuenca lacustre y la del Terri, las poblaciones de peces autóctonos allí presentes no podrán recolonizar el lago -Exportación de especies introducidas al resto de la cuenca del Terri y del Ter 	<ul style="list-style-type: none"> -La simple construcción de dispositivos de paso para peces en algunos puntos claves permitiría la conexión del lago con poblaciones pujantes de ciprinidos autóctonos -El control de especies introducidas en el Estany, supondrá la minimización del impacto como fuente permanente de exóticas sobre el resto de la cuenca - La cuenca del río Terri presenta hoy una densidad baja o nula de especies introducidas, a pesar que llegan desde el lago con facilidad, de forma que no supone una amenaza para el lago su reconexión aguas arriba.
Estado actual de los hábitats acuáticos	-Parece claro que el hábitat lacustre en Banyoles es óptimo para algunas especies introducidas, sobretodo para la perca americana	-Ha habido una mejora gradual desde principios de los 90 de los hábitats del lago y del resto de la cuenca lacustre, cuando las especies autóctonas prácticamente ya habían desaparecido. Esto refuerza aparentemente las opciones que el lago recupere sus poblaciones autóctonas mediante las medidas específicas necesarias.
Calidad del agua	- Riesgo de incremento de la eutrofia en el lago con la reducción de la población de una especie piscívora (?)	<ul style="list-style-type: none"> - Facilidad de reestablecimiento o fortalecimiento de las poblaciones de especies autóctonas, gracias a la alta calidad del agua del lago -Mejora del estado trófico del Estanyol del Vilar, con la eliminación de las carpas y otros peces: reducción de la eutrofia
Evolución histórica conocida del poblamiento de peces	<ul style="list-style-type: none"> -Establecimiento de numerosas especies introducidas -Desaparición rápida de algunas especies autóctonas, como el espinoso o la tenca 	<ul style="list-style-type: none"> -Establecimiento dificultoso o infructuosos de ciertas especies exóticas muy difundidas -Lento establecimiento, no explosivo, de la especie que actualmente domina el poblamiento. -Mantenimiento a pesar de todas las introducciones de pequeños estocs de algunas especies autóctonas
Evolución futura del poblamiento de peces	<ul style="list-style-type: none"> -Futuro incierto y difícil de predecir -Riesgo de penetración de nuevas especies exóticas -Riesgo de proliferación de especies hoy ya casi desaparecidas, como el gardí. 	-Recuperación y estabilización de un núcleo importante para de especies de peces autóctonas, la mayor parte de ellas en regresión o fuerte regresión en el resto de su área de distribución.
Respuesta del resto del ecosistema	<ul style="list-style-type: none"> -Aumento de otras especies exóticas de fauna, como el cangrejo de río americano -Aparición de nuevas especies introducidas, como el mejillón zebra 	<ul style="list-style-type: none"> -Recuperación de las poblaciones de numerosas especies autóctonas: herpetofauna, náyades, aves,... -Disminución de la vegetación sumergida, que ha proliferado en exceso durante los últimos años, afectando negativamente a otras especies animales, como las náyades.

Coste del control de exóticas	-Coste inicial elevado -Es posible que se requieran campañas intensas periódicas (por ej. cada 5,10 o 15 años).	-Coste asumible actualmente -Gasto retornable mediante beneficios ambientales claros -Probable bajo coste de mantenimiento del control permanente a largo término -Posibilidad de implicación a largo término de voluntariado
Existencia del Consorci del Estany	Ninguna	-Garantía de estabilidad de los programas de control y otras medidas de conservación de la biodiversidad -Contacto con el medio lacustre: supervisión directa de las acciones a realizar y adaptabilidad de las estrategias operativas -Posibilidad de canalizar el soporte social, técnico, científico, administrativo y político necesario.
Otros	-Mayor riesgo de fracaso sin el adecuado soporte científico-técnico -Efectos adversos del cambio climático sobre la tasa de renovación del lago, la temperatura estival, etc.	-Necesidad de revertir, al menos parcialmente, una situación producida por la mano del hombre -Posibilidades de investigación científica asociada al proyecto control de fauna exótica y de recuperación de la fauna autóctona. -Valor demostrativo e innovador del proyecto -Próximamente se cumplen 100 años de las primeras introducciones históricas de peces en el lago de Banyoles.

Así pues, la respuesta del ecosistema lacustre a las acciones de control de especies introducidas y a las otras acciones que se proponen para la recuperación de su biodiversidad, se prevé compleja. Más allá de la deseada recuperación en mayor o menor medida de esta biodiversidad, algunos escenarios simples, no tan favorables, resultantes de un proyecto como el analizado, son:

- Nula/baja eficacia del control de especies alóctonas. Situación de fracaso drástico de las operaciones de control, que pudiera darse por una escasa inversión en esfuerzo de control o por una previsión completamente desacertada de los datos manejados en este documento. No se considera probable que esto suceda, dado que se parte de un buen conocimiento tanto del sistema y de sus especies, como de los métodos necesarios para iniciar un control de exóticas. En cualquier caso, de producirse un gran fracaso inicial, esto sería útil para reorientar futuras acciones en el mismo sitio o bien en otras localidades con problemas de mismo índole.
- Notable eficacia inicial del control de especies alóctonas, pero rápido retorno a la situación actual. Situación posible que puede darse si no se consiguen desarrollar métodos sostenibles, eficaces y asumibles para mantener a largo término el desgaste poblacional de las poblaciones de peces introducidos. Diversos indicios apuntan que, si se consigue un buen éxito inicial en el control intensivo de exóticas, la respuesta de estas poblaciones sometidas a control será lenta en el caso del Estany, dando claramente la opción de lograr un control a largo término. Mientras tanto, se espera haber logrado una recuperación notable de las poblaciones de especies autóctonas de peces.

- Eficacia parcial del control de especies alóctonas. Existe la posibilidad que solamente se consiga un efecto notable y claro sobre alguna de las especies introducidas, mientras que otras se vean menos afectadas por las operaciones de control, debido por ejemplo a una menor susceptibilidad a las técnicas de captura. También es posible que la disminución de la perca americana, principal depredador del lago, favorezca el aumento poblacional de otras especies introducidas, como la carpa o el gardí, a pesar de que estos también sean objeto de control. De hecho, los datos disponibles permiten dar mayor certidumbre en el control de perca americana respecto a los otros peces introducidos, para los cuales se dispone de menos información sobre su vulnerabilidad a los diversos métodos de pesca propuestos. Sin embargo, aquí es pertinente recordar que al menos dos de las especies autóctonas, el bagre y el barbo de montaña convivieron en el lago durante décadas con estos otros ciprínidos introducidos, y no entraron en regresión claramente hasta la proliferación de la perca americana. Por lo tanto, sin ser un escenario deseable, quizás resulte preferible a la situación actual.
- Aparición de nuevas especies alóctonas. Si bien no se trata de un efecto de un programa como el planteado, es necesario no olvidar el grave riesgo de penetración de nuevas especies introducidas. De hecho, la penetración de especies introducidas en la cuenca lacustre, como en tantos otros ecosistemas acuáticos, parece hoy en día un proceso impararable, mientras no reviertan decididamente ciertas actitudes individuales y se pongan a punto las medidas preventivas y paliativas necesarias por parte de las administraciones competentes. Algunas de las especies introducidas en la cuenca del Ter, o en cuencas cercanas, que aun no han llegado al Estany son el silurio (*Silurus galnis*), el barbo del Ebro (*Luciobarbus graellsii*), *Pseudorasbora parva* o *Misgurnus anguillicaudatus*, entre muchas otras. A pesar de esto, la existencia de esta amenaza refuerza la necesidad de poner en marcha un programa de control de especies exóticas, que resulte suficientemente potente, pero a la vez flexible para adaptarse a nuevas vicisitudes y conseguir una eficacia creciente con el tiempo.
- Respuesta desigual de las especies autóctonas. Mejora diferencial de las poblaciones de especies autóctonas. Aunque el objetivo general es la mejora o recuperación de todas las especies autóctonas, la mayor vulnerabilidad de algunas de estas a la presencia de peces exóticos parece evidente a tenor de la evolución histórica conocida del poblamiento de peces del lago. En cualquier caso, es evidente que la situación actual difícilmente puede ir a peor, con lo que casi solo cabe mejorar, en mayor o menor medida, la situación de todas las especies autóctonas de peces.
- Disminución de la vegetación sumergida. Si se consigue un éxito notable en el control de especies exóticas, y concretamente en el control del principal pez depredador del lago, la perca americana, que actualmente domina la comunidad acuática, es probable que se produzca un efecto en cascada sobre la cadena trófica que conduzca a un aumento de los consumidores herbívoros (tenca, gardí u otros), y, a su turno, a la consiguiente disminución de la vegetación sumergida. De hecho, esta situación sería deseable puesto que, como ya se ha comentado, la actual proliferación de herbazales sumergidos (todo indica que se debe precisamente al aumento progresivo de la dominancia de la perca americana) conlleva aparentemente graves efectos sobre los hábitats de varias especies amenazadas del lago. Este efecto en cascada se ha observado en numerosos estudios ecológicos de seguimiento de ecosistemas acuáticos, muchos de ellos con la presencia de la perca americana como el depredador situado mas arriba en la cadena trófica, ya sean estudios experimentales (incluyendo experiencias de control o erradicación) o bien estudios basados en la simple observación de dinámicas naturales.

8.- ESTUDIOS DE SEGUIMIENTO Y MONITORIZACIÓN DE LAS POBLACIONES DE PECES

El diseño inicial de las operaciones propuestas en este informe es posible en buena medida gracias a la existencia de diversos estudios previos sobre diferentes aspectos de la ecología y biología de las especies ícticas de Banyoles, entre ellos cuatro tesis doctorales realizadas en la Universitat de Girona. Pocas veces se dispone de un soporte científico tan importante para la planificación de un programa de conservación.

Sin embargo, un programa de esta índole exige la implementación complementaria de una batería de estudios a largo término que permitan evaluar los efectos de cada una de las acciones desarrolladas, y aportar la información suficiente para reorientar, en un proceso continuado de *feedback*, estas mismas acciones o planificar la gestión a largo término.

En el caso concreto de los peces se proponen los siguientes estudios (priorizados) de monitorización del poblamiento y de la evolución de cada una de las poblaciones, algunos de los cuales pueden llevarse a cabo mediante un esfuerzo añadido mínimo al propio esfuerzo de las operaciones de control de exóticas o de repoblación con autóctonas:

1. Seguimiento de las poblaciones ícticas del lago, mediante índices relativos de abundancia (CPUEs)
2. Seguimiento de las poblaciones ícticas de otras masas de agua menores (cursos, canales, *estanyols*, etc.) de la cuenca lacustre
3. Análisis periódico de la estructura demográfica, crecimiento y condición de las especies ícticas del lago
4. Registro de las capturas por pesca deportiva y análisis mediante modelos pesqueros
5. Análisis periódico de la dieta de algunas especies ícticas exóticas
6. Análisis periódico de la fecundidad de las especies ícticas del lago
7. Seguimiento de las poblaciones ícticas del río Terri
8. Seguimiento de la eficacia de futuros dispositivos de paso o de barreras selectivas, construidos en la cuenca lacustre
9. Estudio de los movimientos y uso del hábitat en la cuenca lacustre de las especies ícticas autóctonas

La frecuencia y métodos aplicables en cada caso deben ajustarse a los objetivos de cada seguimiento, enmarcados en el contexto general del programa de conservación, es decir en la necesaria obtención de una información básica que permita evaluar la efectividad de dicho programa. Sin embargo, esta la puesta en marcha de esta experiencia de conservación en Banyoles, permitiría desarrollar proyectos de investigación paralelos de notable interés, que eventualmente podrían profundizar en estos u otros seguimientos y estudios particulares de las poblaciones de peces del Estany.

9.- PRINCIPALES AGENTES IMPLICADOS EN LA RECUPERACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD LOCAL

Es necesario resaltar la importancia de contar con todas las complicidades necesarias e inevitables de los principales agentes sociales que hacen usos del lago y de su entorno, a saber pescadores, naturalistas, deportistas y población en general. Solo así se conseguirá la implantación exitosa de un programa tan complejo de recuperación de la biodiversidad.

En el caso concreto de los pescadores, es de vital importancia su concienciación, e implicación en el proyecto. Como ya se ha expuesto sobradamente, ellos son los principales actores en la historia de la evolución del poblamiento de peces del lago, y seguirán siéndolo, con lo que deben participar directamente en la recuperación de los peces autóctonos. Esta participación podría limitarse a un soporte genérico, pero preferiblemente debería ampliarse hasta la asunción de responsabilidades compartidas con los gestores del espacio natural, por ejemplo en el diseño y ejecución de las campañas de control o redoblamiento.

10.- BIBLIOGRAFÍA

ALTABA, C.R. 1992. Les nàiades (Mollusca: Bivalbia: Unionida) dels Països Catalans. *Butlletí de la Institució d'Història Natural*, 60: 23-44.

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. Y QUIGNARD, J-P. 2001. *Biologie des poissons d'eau douce européens*. Editions Tec&Doc. Paris. 625 p.

DOADRIO, I. (ed). 2001. *Atlas y libro rojo de los peces continentales de España*. CSIC-Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

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.

FERNÁNDEZ-DELGADO, C., DRAKE, P., ARIAS, A. M., GARCÍA, D. (2000). *Peces de Doñana y su entorno*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Madrid.

FERRER, X. (15/12/06). Mòdul Vertebrats. Banc de Dades de Biodiversitat de Catalunya. *Generalitat de Catalunya y Universitat de Barcelona*. <http://biodiver.bio.ub.es/biocat/homepage.html>

GARCÍA-BERTHOU, E. 1994. *Ecologia alimentària de la comunitat de peixos de 'Estany de Banyoles*. Tesi 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.

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., ZAMORA, LL. & POU-ROVIRA, Q. 1996. *Prospecció del poblament de peixos del Parc Natural de la zona volcànica de la Garrotxa*. Institut d'Ecologia Aquàtica. Universitat de Girona.

MORENO-AMICH, R., POU-ROVIRA, Q. & 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-GISPERS, 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.

NADAL, J. 1964. *La pesca fluvial en Gerona*. Ediciones del G.E.i E.G.

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. 2004. *Ecologia demogràfica de la perca americana (Micropterus salmoides) a l'Estany de Banyoles*. Tesi 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-ROVIRA, Q., ALCARAZ, C., FEO, C., ZAMORA, L., VILA-GISPERS, A., CAROL, Q., GARCIA-BERTHOU, E & MORENO-AMICH, R. 2004. *Els peixos del Baix Ter*. Papers del Montgrí. 23:71-85
- POU-ROVIRA, Q., CLAVERO, M., ZAMORA, L., 2007a. *Estat de conservació de l'espínós (Gasterosteus aculeatus) y de la bavosa de riu (Salaria fluviatilis) a la plana del Baix Ter*. Papers del Montgrí. 28:55-91.
- POU-ROVIRA, Q., CLAVERO, M., ZAMORA, L., 2007b. *Estat de conservació de l'espínós (Gasterosteus aculeatus) a les Gavarres*. Treball de recerca inèdit. XV Premi Joan Xirgo. Consorci de les Gavarres.
- SOSTOA, A. et al. 1990. *Història natural dels Països Catalans. 11. Peixos*. Enciclopèdia Catalana. Barcelona.
- SOSTOA, A., FERNÁNDEZ, J.V., SOSTOA, F.J. & CASAPONSA, J. 1994. *Ictiofauna dels aiguamolls de l'Empordà. A: Els sistemes naturals dels aiguamolls de l'Empordà*. GOSÁBEZ, J., SERRA, J. & VELASCO, E. (ed.). Treb. Inst. Cat. Hist. Nat. 13. pp. 307-327.
- SOSTOA, A., APARICIO, E., CASALS, F., OLMO, J.M., VARGAS, M.J. Y 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.
- VILA-GISPERS, A. 1996. *Estratègies reproductives de les espècies íctiques de les famílies Cantrarchidae y Cyprinidae a l'Estany de Banyoles*. Tesi doctoral. Universitat de Girona.
- VILA-GISPERS, 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.
- VILA-GISPERS, A., GARCIA-BERTHOU, E. Y MORENO-AMICH, R. 2002. Fish zonation in a Mediterranean stream. *Aquat. Sci.*, 64: 163-170.
- VINYOLES, D. Y 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. Y MORENO-AMICH, R. 2003. Distribució y avaluació de les poblacions de peixos a la conca del riu Daró. *Scientia gerundensis*. 26: 15-28.
- ZAMORA, L. Y POU-ROVIRA, Q. 2003. Noves introduccions y poblament actual de peixos a l'Estany de Banyoles. *Butlletí de la Institució d'Història Natural*, 71: 135-139.
- ZAMORA, L. 2004. *Distribució espacial y ús de l'hàbitat de la comunitat de peixos a l'estany de Banyoles*. Tesi doctoral. Universitat de Girona.

ANEXO

Simulaciones numéricas simplificadas: control con pesca eléctrica de perca americana

Simulaciones realizadas en base a los datos disponibles sobre la población de perca americana del Estany de Banyoles, derivados de estudios anteriores, así como sobre los datos disponibles sobre la eficiencia de la pesca eléctrica con embarcación en este mismo sistema.

Operación de control de la perca americana basada en campañas de pesca eléctrica (1^{er} año)

Jovenes del año (0-1años)				Subadultos (1-2 años)				Adultos reproductores (>2años)										
Parámetros	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)		Población restante		t	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)		Población restante		t	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)		Población restante					
	Solo efecto pesca eléctrica	N _t	%N ₀	N _t		%N ₀	Solo efecto pesca eléctrica	N _t	%N ₀		N _t	%N ₀	Solo efecto pesca eléctrica	N _t	%N ₀	N _t	%N ₀	
Población inicial (octubre)					1					1								
N ₀					2					2								
					3					3								
					4					4								
					5					5								
					6					6								
					7					7								
					8					8								
					9					9								
					10					10								
					11					11								
					12					12								
					13					13								
					14					14								
					15					15								
					16					16								
					17					17								
					18					18								
					19					19								
					20					20								
Probabilidad de captura con una campaña de 10 días = Fracción de la subpoblación capturada durante una campaña																		
p																		
Mortalidad natural																		
M (any ⁻¹)																		
Mortalidad por pesca																		
F (any ⁻¹)																		
0,08																		
los ejemplares restantes no serán reproductores hasta el año siguiente				los ejemplares restantes ya son reproductores a finales del 1er año, si bien con baja fecundidad				los ejemplares restantes son reproductores desde el inicio										

Notas:

- a) para el parámetro N₀ los valores son medianas de los datos disponibles (3 años de muestreo). Se puede asumir que han variado poco o nada, ya que el medio es muy estable.
- b) para el parámetro p, los valores son medianas de los datos disponibles (3 años de muestreo), y sin integrar las oscilaciones estacionales. Por un lado, se puede asumir que p no variará, ya que el medio es muy estable y la técnica de captura ya está muy optimizada.
- c) mortalidad natural (M) y por pesca (F) aproximadas a partir de datos de los años 90, y sin integrar las oscilaciones estacionales. También se supone que cada campaña puede incluir unos 8 días sin pesca (por impedimentos diversos: festivos, averías, mal tiempo, bajas laborales, ...)

Operación de control de la perca americana basada en campañas de pesca eléctrica (2º año)

Jovenes del año (0-1años)					
Parámetros	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)	Población restante			
		Solo efecto pesca eléctrica	con mortalidad natural y pesca deportiva con muerte		
	t	N _t	%N ₀		
Población inicial (octubre) N₀ 8000	1	7040,0	88,0	6472,8	6,2
	2	6195,2	77,4	5237,1	5,0
	3	5451,8	68,1	4237,4	4,1
	4	4797,6	60,0	3428,4	3,3
	5	4221,9	52,8	2774,0	2,7
	6	3715,2	46,4	2244,4	2,2
	7	3269,4	40,9	1815,9	1,7
	8	2877,1	36,0	1469,3	1,4
	9	2531,8	31,6	1188,8	1,1
	10	2228,0	27,9	961,9	0,9
	11	1960,6	24,5	778,2	0,0
	12	1729,4	21,6	629,7	0,0
	13	1518,3	19,0	509,5	0,0
	14	1336,1	16,7	412,2	0,0
	15	1175,8	14,7	333,5	0,0
	16	1034,7	12,9	269,8	0,0
	17	910,5	11,4	218,3	0,0
	18	801,3	10,0	176,7	0,0
	19	705,1	8,8	142,9	0,0
	20	620,5	7,8	115,6	0,0
los ejemplares restantes no serán reproductores hasta el año siguiente					
Jovenes del año (0-1años)					
Parámetros	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)	Población restante			
		Solo efecto pesca eléctrica	con mortalidad natural y pesca deportiva con muerte		
	t	N _t	%N ₀		
Población inicial (octubre) N₀ 2000	1	1760,0	19,6	1618,2	7,8
	2	1548,8	62,0	1309,3	52,4
	3	1362,9	54,5	1059,3	42,4
	4	1199,4	48,0	857,1	34,3
	5	1055,5	42,2	693,5	27,7
	6	928,8	37,2	561,1	22,4
	7	817,4	32,7	454,0	18,2
	8	719,3	28,8	367,3	14,7
	9	633,0	25,3	297,2	11,9
	10	557,0	22,3	240,5	9,6
	11	490,2	19,6	194,6	7,8
	12	431,3	17,3	157,4	6,3
	13	379,6	15,2	127,4	5,1
	14	334,0	13,4	103,1	4,1
	15	293,9	11,8	83,4	3,3
	16	258,7	10,3	67,5	2,7
	17	227,6	9,1	54,6	2,2
	18	200,3	8,0	44,2	1,8
	19	176,3	7,1	35,7	1,4
	20	155,1	6,2	28,9	1,2
los ejemplares restantes no serán reproductores hasta el año siguiente					
Jovenes del año (0-1años)					
Parámetros	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)	Población restante			
		Solo efecto pesca eléctrica	con mortalidad natural y pesca deportiva con muerte		
	t	N _t	%N ₀		
Población inicial (octubre) N₀ 500	1	440,0	15,3	404,5	6,1
	2	387,2	13,5	327,3	4,9
	3	340,7	11,9	264,8	4,0
	4	299,8	10,4	214,3	3,2
	5	263,9	9,2	173,4	2,6
	6	232,2	8,1	140,3	2,1
	7	204,3	7,1	113,5	1,7
	8	179,8	6,3	91,8	1,4
	9	158,2	5,5	74,3	1,1
	10	139,3	4,8	60,1	0,9
	11	122,5	0,0	48,6	0,0
	12	107,8	0,0	39,4	0,0
	13	94,9	0,0	31,8	0,0
	14	83,5	0,0	25,8	0,0
	15	73,5	0,0	20,8	0,0
	16	64,7	0,0	16,9	0,0
	17	56,9	0,0	13,6	0,0
	18	50,1	0,0	11,0	0,0
	19	44,1	0,0	8,9	0,0
	20	38,8	0,0	7,2	0,0
los ejemplares restantes no serán reproductores hasta el año siguiente					

Notas:

- a) N₀ dependerá del éxito reproductor de los ejemplares adultos no eliminados el año anterior.
- b) Los valores del resto de parámetros se suponen invariables.

Operación de control de la perca americana basada en campañas de pesca eléctrica (2º año)

Subadultos (1-2 años)					
Parámetros	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)	Población restante		Población restante	
		Solo efecto pesca eléctrica	con mortalidad natural y pesca deportiva con muerte	Solo efecto pesca eléctrica	con mortalidad natural y pesca deportiva con muerte
	t	N _t	%N ₀	N _t	%N ₀
Unidades de esfuerzo total aplicadas el año anterior (campañas de 10 días)	1	678,6	81,0	626,5	74,8
	2	549,7	65,6	468,4	55,9
	3	445,3	53,1	350,3	41,8
	4	360,7	43,0	261,9	31,3
	5	292,1	34,9	195,8	23,4
	6	236,6	28,2	146,4	17,5
	7	191,7	22,9	109,5	13,1
	8	155,3	18,5	81,9	9,8
Población inicial (octubre)	9	125,8	15,0	61,2	7,3
	10	101,9	12,2	45,8	5,5
N ₀	11	82,5	9,8	34,2	4,1
	12	66,8	8,0	25,6	3,1
	13	54,1	6,5	19,1	2,3
	14	43,8	5,2	14,3	1,7
	15	35,5	4,2	10,7	1,3
	16	28,8	3,4	8,0	1,0
	17	23,3	2,8	6,0	0,7
	18	18,9	2,3	4,5	0,5
	19	15,3	1,8	3,3	0,4
	20	12,4	1,5	2,5	0,3
los ejemplares restantes ya son reproductores a finales del 1er año, si bien con baja fecundidad					
Subadultos (1-2 años)					
Parámetros	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)	Población restante		Población restante	
		Solo efecto pesca eléctrica	con mortalidad natural y pesca deportiva con muerte	Solo efecto pesca eléctrica	con mortalidad natural y pesca deportiva con muerte
	t	N _t	%N ₀	N _t	%N ₀
Unidades de esfuerzo total aplicadas el año anterior (campañas de 10 días)	1	315,2	81,0	290,9	74,8
	2	255,3	65,6	217,5	55,9
	3	206,8	53,1	162,7	41,8
	4	167,5	43,0	121,6	31,3
	5	135,7	34,9	90,9	23,4
	6	109,9	28,2	68,0	17,5
	7	89,0	22,9	50,8	13,1
	8	72,1	18,5	38,0	9,8
Población inicial (octubre)	9	58,4	15,0	28,4	7,3
	10	47,3	12,2	21,3	5,5
N ₀	11	38,3	9,8	15,9	4,1
	12	31,0	8,0	11,9	3,1
	13	25,1	6,5	8,9	2,3
	14	20,4	5,2	6,6	1,7
	15	16,5	4,2	5,0	1,3
	16	13,4	3,4	3,7	1,0
	17	10,8	2,8	2,8	0,7
	18	8,8	2,3	2,1	0,5
	19	7,1	1,8	1,6	0,4
	20	5,8	1,5	1,2	0,3
los ejemplares restantes ya son reproductores a finales del 1er año, si bien con baja fecundidad					
Subadultos (1-2 años)					
Parámetros	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)	Población restante		Población restante	
		Solo efecto pesca eléctrica	con mortalidad natural y pesca deportiva con muerte	Solo efecto pesca eléctrica	con mortalidad natural y pesca deportiva con muerte
	t	N _t	%N ₀	N _t	%N ₀
Unidades de esfuerzo total aplicadas el año anterior (campañas de 10 días)	1	93,7	81,0	86,5	74,8
	2	75,9	65,6	64,7	55,9
	3	61,5	53,1	48,3	41,8
	4	49,8	43,0	36,1	31,3
	5	40,3	34,9	27,0	23,4
	6	32,7	28,2	20,2	17,5
	7	26,5	22,9	15,1	13,1
	8	21,4	18,5	11,3	9,8
Población inicial (octubre)	9	17,4	15,0	8,4	7,3
	10	14,1	12,2	6,3	5,5
N ₀	11	11,4	9,8	4,7	4,1
	12	9,2	8,0	3,5	3,1
	13	7,5	6,5	2,6	2,3
	14	6,1	5,2	2,0	1,7
	15	4,9	4,2	1,5	1,3
	16	4,0	3,4	1,1	1,0
	17	3,2	2,8	0,8	0,7
	18	2,6	2,3	0,6	0,5
	19	2,1	1,8	0,5	0,4
	20	1,7	1,5	0,3	0,3
los ejemplares restantes ya son reproductores a finales del 1er año, si bien con baja fecundidad					

Notas:

- a) N₀ dependerá del esfuerzo de pesca del año anterior así como del éxito conseguido.
- b) los valores del resto de parámetros se suponen invariables.

Operación de control de la perca americana basada en campañas de pesca eléctrica (> 2º año)

Adultos reproductores (>2años)				
Parámetros	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)	Población restante		
		Solo efecto pesca eléctrica	con mortalidad natural y pesca deportiva con muerte	
	t	N _t	%N ₀	
Unidades de esfuerzo total aplicadas el año anterior (campañas de 10 días)	1	102,9	97,6	74,0
	2	80,2	72,2	54,8
	3	62,6	53,5	40,5
	4	48,8	39,6	30,0
	5	38,1	29,3	22,2
	6	29,7	21,7	16,4
	7	23,2	16,0	12,2
	8	18,1	11,9	9,0
Población inicial (octubre)	9	14,1	8,8	6,7
	10	11,0	6,5	4,9
N ₀	11	8,6	4,8	3,6
	12	6,7	3,6	2,7
	13	5,2	2,6	2,0
	14	4,1	2,0	1,5
	15	3,2	1,4	1,1
	16	2,5	1,1	0,8
	17	1,9	0,8	0,6
	18	1,5	0,6	0,4
	19	1,2	0,4	0,3
	20	0,9	0,3	0,2
los ejemplares restantes son reproductores desde el inicio				
N ₀ 132				

Adultos reproductores (>2años)				
Parámetros	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)	Población restante		
		Solo efecto pesca eléctrica	con mortalidad natural y pesca deportiva con muerte	
	t	N _t	%N ₀	
Unidades de esfuerzo total aplicadas el año anterior (campañas de 10 días)	1	27,3	25,9	74,0
	2	21,3	19,2	54,8
	3	16,6	14,2	40,5
	4	13,0	10,5	30,0
	5	10,1	7,8	22,2
	6	7,9	5,8	16,4
	7	6,2	4,3	12,2
	8	4,8	3,2	9,0
Población inicial (octubre)	9	3,7	2,3	6,7
	10	2,9	1,7	4,9
N ₀	11	2,3	1,3	3,6
	12	1,8	0,9	2,7
	13	1,4	0,7	2,0
	14	1,1	0,5	1,5
	15	0,8	0,4	1,1
	16	0,7	0,3	0,8
	17	0,5	0,2	0,6
	18	0,4	0,2	0,4
	19	0,3	0,1	0,3
	20	0,2	0,1	0,2
los ejemplares restantes son reproductores desde el inicio				
N ₀ 35				

Adultos reproductores (>2años)				
Parámetros	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)	Población restante		
		Solo efecto pesca eléctrica	con mortalidad natural y pesca deportiva con muerte	
	t	N _t	%N ₀	
Unidades de esfuerzo total aplicadas el año anterior (campañas de 10 días)	1	7,3	7,0	74,0
	2	5,7	5,2	54,8
	3	4,5	3,8	40,5
	4	3,5	2,8	30,0
	5	2,7	2,1	22,2
	6	2,1	1,5	16,4
	7	1,7	1,1	12,2
	8	1,3	0,8	9,0
Población inicial (octubre)	9	1,0	0,6	6,7
	10	0,8	0,5	4,9
N ₀	11	0,6	0,3	3,6
	12	0,5	0,3	2,7
	13	0,4	0,2	2,0
	14	0,3	0,1	1,5
	15	0,2	0,1	1,1
	16	0,2	0,1	0,8
	17	0,1	0,1	0,6
	18	0,1	0,0	0,4
	19	0,1	0,0	0,3
	20	0,1	0,0	0,2
los ejemplares restantes son reproductores desde el inicio				
N ₀ 9				

Notas:

- a) N₀ dependerá del esfuerzo de pesca del año anterior así como del éxito conseguido.
- b) los valores del resto de parámetros se suponen invariables.

Operación de control de la perca americana basada en campañas de pesca eléctrica (3^{er} año)

Jovenes del año (0-1años)			
Parámetros	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)	Población restante	
	t	Solo efecto pesca eléctrica N _t %N ₀	con mortalidad natural y pesca deportiva con muerte N _t %N ₀
Población inicial (octubre) N₀ 5000	1	4400,0 88,0	4045,5 80,9
	2	3872,0 77,4	3273,2 65,5
	3	3407,4 68,1	2648,4 53,0
	4	2998,5 60,0	2142,8 42,9
	5	2638,7 52,8	1733,7 34,7
	6	2322,0 46,4	1402,8 28,1
	7	2043,4 40,9	1135,0 22,7
	8	1798,2 36,0	918,3 18,4
	9	1582,4 31,6	743,0 14,9
	10	1392,5 27,9	601,2 12,0
	11	1225,4 24,5	486,4 9,7
	12	1078,4 21,6	393,5 7,9
	13	949,0 19,0	318,4 6,4
	14	835,1 16,7	257,6 5,2
	15	734,9 14,7	208,4 4,2
	16	646,7 12,9	168,7 3,4
	17	569,1 11,4	136,5 2,7
	18	500,8 10,0	110,4 2,2
	19	440,7 8,8	89,3 1,8
	20	387,8 7,8	72,3 1,4
los ejemplares restantes no serán reproductores hasta el año siguiente			
Jovenes del año (0-1años)			
Parámetros	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)	Población restante	
	t	Solo efecto pesca eléctrica N _t %N ₀	con mortalidad natural y pesca deportiva con muerte N _t %N ₀
Población inicial (octubre) N₀ 1000	1	880,0 88,0	809,1 80,9
	2	774,4 77,4	654,6 65,5
	3	681,5 68,1	529,7 53,0
	4	599,7 60,0	428,6 42,9
	5	527,7 52,8	346,7 34,7
	6	464,4 46,4	280,6 28,1
	7	408,7 40,9	227,0 22,7
	8	359,6 36,0	183,7 18,4
	9	316,5 31,6	148,6 14,9
	10	278,5 27,9	120,2 12,0
	11	245,1 24,5	97,3 9,7
	12	215,7 21,6	78,7 7,9
	13	189,8 19,0	63,7 6,4
	14	167,0 16,7	51,5 5,2
	15	147,0 14,7	41,7 4,2
	16	129,3 12,9	33,7 3,4
	17	113,8 11,4	27,3 2,7
	18	100,2 10,0	22,1 2,2
	19	88,1 8,8	17,9 1,8
	20	77,6 7,8	14,5 1,4
los ejemplares restantes no serán reproductores hasta el año siguiente			
Jovenes del año (0-1años)			
Parámetros	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)	Población restante	
	t	Solo efecto pesca eléctrica N _t %N ₀	con mortalidad natural y pesca deportiva con muerte N _t %N ₀
Población inicial (octubre) N₀ 500	1	440,0 88,0	404,5 80,9
	2	387,2 77,4	327,3 65,5
	3	340,7 68,1	264,8 53,0
	4	299,8 60,0	214,3 42,9
	5	263,9 52,8	173,4 34,7
	6	232,2 46,4	140,3 28,1
	7	204,3 40,9	113,5 22,7
	8	179,8 36,0	91,8 18,4
	9	158,2 31,6	74,3 14,9
	10	139,3 27,9	60,1 12,0
	11	122,5 24,5	48,6 9,7
	12	107,8 21,6	39,4 7,9
	13	94,9 19,0	31,8 6,4
	14	83,5 16,7	25,8 5,2
	15	73,5 14,7	20,8 4,2
	16	64,7 12,9	16,9 3,4
	17	56,9 11,4	13,6 2,7
	18	50,1 10,0	11,0 2,2
	19	44,1 8,8	8,9 1,8
	20	38,8 7,8	7,2 1,4
los ejemplares restantes no serán reproductores hasta el año siguiente			

Notas:

- a) N₀ dependerá del éxito reproductor de los ejemplares adultos no eliminados los dos años anteriores.
- b) Los valores del resto de parámetros se suponen invariables.

Operación de control de la perca americana basada en campañas de pesca eléctrica (3^{er} año)

Subadultos (1-2 años)				Subadultos (1-2 años)				Subadultos (1-2 años)									
Parámetros	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)		Población restante		Parámetros	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)		Población restante		Parámetros	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)		Población restante				
	t	N _t	%N ₀	N _t		%N ₀	t	N _t	%N ₀		N _t	%N ₀	t	N _t	%N ₀	N _t	%N ₀
Unidades de esfuerzo total aplicadas el año anterior (campañas de 10 días)	1	724,3	81,0	668,6	74,8	Unidades de esfuerzo total aplicadas el año anterior (campañas de 10 días)	1	108,6	81,0	100,2	74,8	Unidades de esfuerzo total aplicadas el año anterior (campañas de 10 días)	1	16,3	81,0	15,0	74,8
	2	586,6	65,6	499,9	55,9		2	88,0	65,6	74,9	55,9		2	13,2	65,6	11,2	55,9
	3	475,2	53,1	373,8	41,8		3	71,2	53,1	56,0	41,8		3	10,7	53,1	8,4	41,8
	4	384,9	43,0	279,5	31,3		4	57,7	43,0	41,9	31,3		4	8,7	43,0	6,3	31,3
4	5	311,8	34,9	209,0	23,4	8	5	46,7	34,9	31,3	23,4	12	5	7,0	34,9	4,7	23,4
	6	252,5	28,2	156,3	17,5		6	37,9	28,2	23,4	17,5		6	5,7	28,2	3,5	17,5
	7	204,6	22,9	116,8	13,1		7	30,7	22,9	17,5	13,1		7	4,6	22,9	2,6	13,1
Población inicial (octubre)	8	165,7	18,5	87,4	9,8	Población inicial (octubre)	8	24,8	18,5	13,1	9,8	Población inicial (octubre)	8	3,7	18,5	2,0	9,8
N ₀	9	134,2	15,0	65,3	7,3		9	20,1	15,0	9,8	7,3		9	3,0	15,0	1,5	7,3
894	10	108,7	12,2	48,8	5,5	N ₀	10	16,3	12,2	7,3	5,5	N ₀	10	2,4	12,2	1,1	5,5
	11	88,1	9,8	36,5	4,1	134	11	13,2	9,8	5,5	4,1	20	11	2,0	9,8	0,8	4,1
	12	71,3	8,0	27,3	3,1		12	10,7	8,0	4,1	3,1		12	1,6	8,0	0,6	3,1
	13	57,8	6,5	20,4	2,3		13	8,7	6,5	3,1	2,3		13	1,3	6,5	0,5	2,3
	14	46,8	5,2	15,3	1,7		14	7,0	5,2	2,3	1,7		14	1,1	5,2	0,3	1,7
	15	37,9	4,2	11,4	1,3		15	5,7	4,2	1,7	1,3		15	0,9	4,2	0,3	1,3
	16	30,7	3,4	8,5	1,0		16	4,6	3,4	1,3	1,0		16	0,7	3,4	0,2	1,0
Población inicial año anterior (octubre)	17	24,9	2,8	6,4	0,7	Población inicial año anterior (octubre)	17	3,7	2,8	1,0	0,7	Población inicial año anterior (octubre)	17	0,6	2,8	0,1	0,7
N ₀	18	20,1	2,3	4,8	0,5		18	3,0	2,3	0,7	0,5		18	0,5	2,3	0,1	0,5
8000	19	16,3	1,8	3,6	0,4	N ₀	19	2,4	1,8	0,5	0,4	N ₀	19	0,4	1,8	0,1	0,4
	20	13,2	1,5	2,7	0,3	2000	20	2,0	1,5	0,4	0,3	500	20	0,3	1,5	0,1	0,3
			los ejemplares restantes son reproductores desde el inicio						los ejemplares restantes son reproductores desde el inicio					los ejemplares restantes son reproductores desde el inicio			

Notas:

- a) N₀ dependerá del esfuerzo de pesca del año anterior así como del éxito conseguido.
- b) los valores del resto de parámetros se suponen invariables.

Operación de control de la perca americana basada en campañas de pesca eléctrica (3^{er} año)

Adultos reproductores (>2años)		Adultos reproductores (>2años)		Adultos reproductores (>2años)		
Parámetros	Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)	Población restante		Unidades de esfuerzo aplicadas (campañas de 10 días)	Población restante	
		Solo efecto pesca eléctrica	con mortalidad natural y pesca deportiva con muerte		Solo efecto pesca eléctrica	con mortalidad natural y pesca deportiva con muerte
	t	N _t	%N ₀	N _t	%N ₀	N _t
Unidades de esfuerzo total aplicadas el año anterior (campañas de 10 días)	1	70,1	78,0	66,5	74,0	1,5
	2	54,7	60,8	49,2	54,8	1,1
	3	42,7	47,5	36,4	40,5	0,8
	4	33,3	37,0	27,0	30,0	0,6
4	5	26,0	28,9	20,0	22,2	0,5
	6	20,2	22,5	14,8	16,4	0,3
	7	15,8	17,6	10,9	12,2	0,2
	8	12,3	13,7	8,1	9,0	0,1
Población inicial (octubre)	9	9,6	10,7	6,0	6,7	0,1
	10	7,5	8,3	4,4	4,9	0,1
	11	5,8	6,5	3,3	3,6	0,1
	12	4,6	5,1	2,4	2,7	0,1
N ₀ 90	13	3,6	4,0	1,8	2,0	0,0
	14	2,8	3,1	1,3	1,5	0,0
	15	2,2	2,4	1,0	1,1	0,0
	16	1,7	1,9	0,7	0,8	0,0
Población inicial año anterior (octubre)	17	1,3	1,5	0,5	0,6	0,0
	18	1,0	1,1	0,4	0,4	0,0
	19	0,8	0,9	0,3	0,3	0,0
	20	0,6	0,7	0,2	0,2	0,0
N ₀ 970 (resultado de 8 campañas de control en el 1 ^{er} año)	los ejemplares restantes son reproductores desde el inicio					
	Población inicial año anterior (octubre)					
	N ₀ 970					
	(resultado de 8 campañas de control en el 1 ^{er} año)					
Unidades de esfuerzo total aplicadas el año anterior (campañas de 10 días)	1	12,7	78,0	12,0	74,0	1,5
	2	9,9	60,8	8,9	54,8	1,1
	3	7,7	47,5	6,6	40,5	0,8
	4	6,0	37,0	4,9	30,0	0,6
8	5	4,7	28,9	3,6	22,2	0,5
	6	3,7	22,5	2,7	16,4	0,3
	7	2,9	17,6	2,0	12,2	0,2
	8	2,2	13,7	1,5	9,0	0,1
Población inicial (octubre)	9	1,7	10,7	1,1	6,7	0,1
	10	1,4	8,3	0,8	4,9	0,1
	11	1,1	6,5	0,6	3,6	0,1
	12	0,8	5,1	0,4	2,7	0,1
N ₀ 16	13	0,6	4,0	0,3	2,0	0,0
	14	0,5	3,1	0,2	1,5	0,0
	15	0,4	2,4	0,2	1,1	0,0
	16	0,3	1,9	0,1	0,8	0,0
Población inicial año anterior (octubre)	17	0,2	1,5	0,1	0,6	0,0
	18	0,2	1,1	0,1	0,4	0,0
	19	0,1	0,9	0,1	0,3	0,0
	20	0,1	0,7	0,0	0,2	0,0
N ₀ 424 (resultado de 14 campañas de control en el 1 ^{er} año)	los ejemplares restantes son reproductores desde el inicio					
	Población inicial año anterior (octubre)					
	N ₀ 424					
	(resultado de 14 campañas de control en el 1 ^{er} año)					
Unidades de esfuerzo total aplicadas el año anterior (campañas de 10 días)	1	1,6	78,0	1,5	74,0	1,5
	2	1,2	60,8	1,1	54,8	1,1
	3	1,0	47,5	0,8	40,5	0,8
	4	0,8	37,0	0,6	30,0	0,6
12	5	0,6	28,9	0,5	22,2	0,5
	6	0,5	22,5	0,3	16,4	0,3
	7	0,4	17,6	0,2	12,2	0,2
	8	0,3	13,7	0,2	9,0	0,2
Población inicial (octubre)	9	0,2	10,7	0,1	6,7	0,1
	10	0,2	8,3	0,1	4,9	0,1
	11	0,1	6,5	0,1	3,6	0,1
	12	0,1	5,1	0,1	2,7	0,1
N ₀ 2	13	0,1	4,0	0,0	2,0	0,0
	14	0,1	3,1	0,0	1,5	0,0
	15	0,0	2,4	0,0	1,1	0,0
	16	0,0	1,9	0,0	0,8	0,0
Población inicial año anterior (octubre)	17	0,0	1,5	0,0	0,6	0,0
	18	0,0	1,1	0,0	0,4	0,0
	19	0,0	0,9	0,0	0,3	0,0
	20	0,0	0,7	0,0	0,2	0,0
N ₀ 125 (resultado de 20 campañas de control en el 1 ^{er} año)	los ejemplares restantes son reproductores desde el inicio					
	Población inicial año anterior (octubre)					
	N ₀ 125					
	(resultado de 20 campañas de control en el 1 ^{er} año)					

Notas:

- a) N₀ dependerá del esfuerzo de pesca del año anterior así como del éxito conseguido.
- b) los valores del resto de parámetros se suponen invariables.