

# La gestió de l'anguila a Catalunya: Seguiment de les repoblacions al riu Llémena i la riera de Bianya

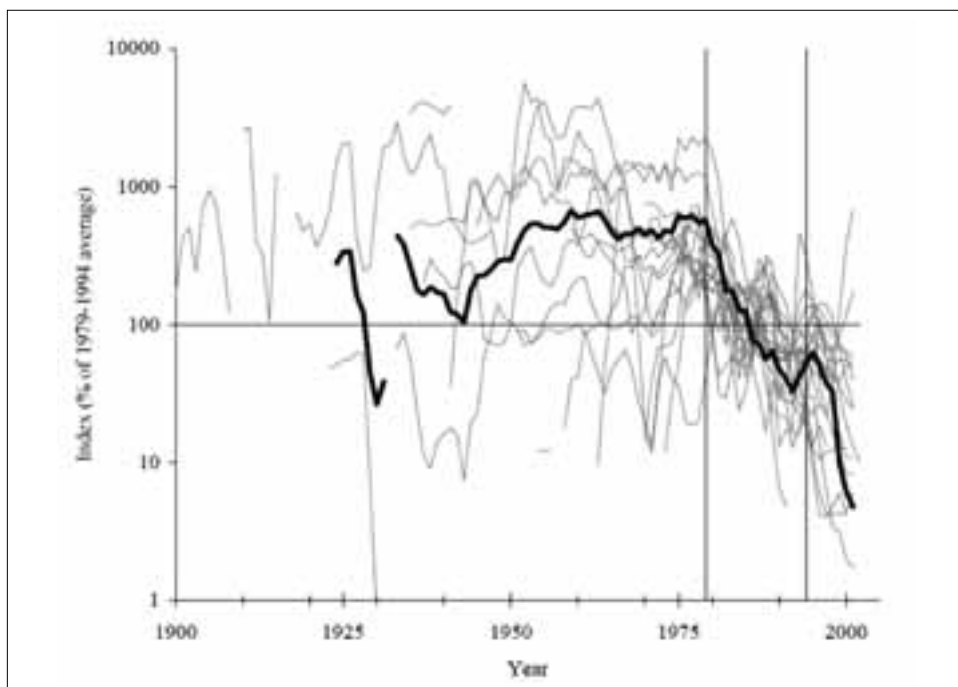
Lluís ZAMORA

Univ. de Girona (Inst. d'Ecologia Aquàtica i Dep. de Ciències Ambientals), Campus de Montilivi, s/n, 17071 Girona

## Introducció

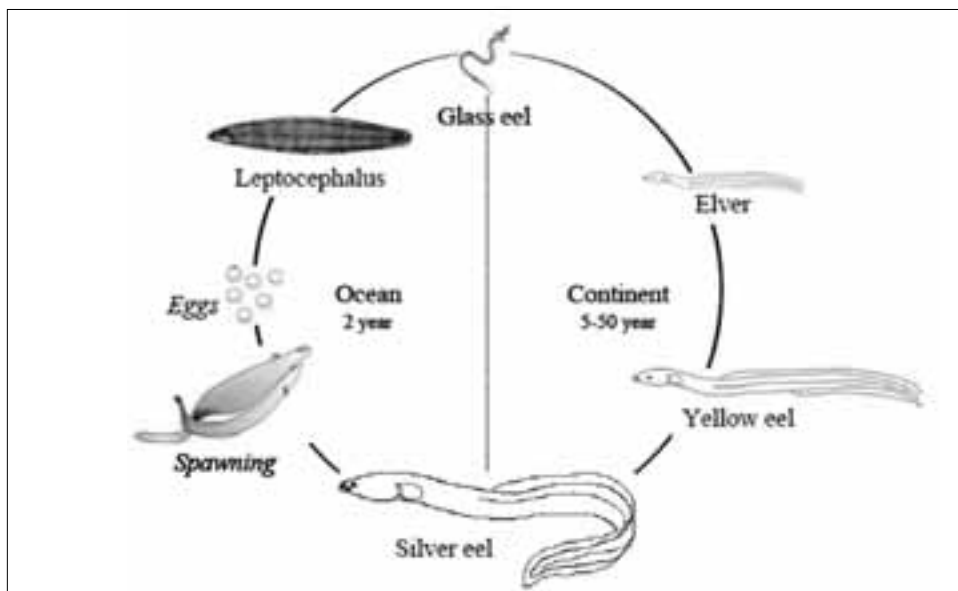
L'anguila europea (*Anguilla anguilla*, L.) és una espècie panmíctica que ocupa pràcticament totes les conques litorals i internes de la major part d'Europa i nord d'Àfrica. D'ençà l'any 1980, l'estoc d'anguila europea està disminuint tota la seva àrea de distribució (Feunteun *et alii*, 2000; Feunteun, 2002; Starkie, 2003) (fig. 1). Encara que no es coneixen amb precisió les causes d'aquest declivi, s'han proposat un seguit de factors que poden modificar la dinàmica poblacional d'aquesta espècie, com són la sobreexplotació per pesca, els canvis en els corrents oceànics que transporten les larves des del mar dels Sargassos a les costes europees, la reducció en l'accessibilitat de les aigües continentals a causa de la presència de nombrosos obstacles (rescloses, preses, contaminació, etc.), la pèrdua d'hàbitat, la pol·lució o el parasitisme per part del nematode *Anguillicoloides crassus*, que s'instal·la a la bufeta nataòria i pot reduir la capacitat de migració dels adults (Dekker, 2003a; Kirk, 2003).

L'anguila europea té un cicle de vida complex (Dekker, 2003b; Dekker, 2003a; Dekker, 2004; Stürrott, 2001; Ginneken *et alii*, 2007). Passa principalment per quatre estadis diferents (incloent-hi ambients oceànics i epicontinental) (fig. 2): (1) la larva leptocèfal, que neix al mar dels Sargassos i travessa l'oceà Atlàntic gràcies a mecanismes que poden ser passius o actius, encara no ben definits (Ginneken & Maes, 2005); (2) l'anguila o anguiles no



◆ Figura 1

Reclutament d'àngules de l'anguila europea (*Anguilla anguilla*) al llarg del segle XX. Les sèries en gris són de dades individuals; la sèrie negra és la mitjana de les quatre sèries individuals més completes. Extret de Dekker (2003a).



◆ Figura 2

Cicle biològic de l'anguila europea (*Anguilla anguilla*). Extret de Dekker (2004).

pigmentades, que penetren als rius gràcies a la natació activa (Pérez *et alii*, 2004) i una part de les quals es queda a les zones d'estuari per desenvolupar-se i completar el seu cicle vital, mentre que una altra part puja aigües amunt dels cursos fluvials (Laffaille *et alii*, 2007); (3) les anguilles pigmentades o grogues, que van creixent durant 3-8 anys en mascles i 8-15 anys en femelles (Feunteun, 2002) i que representa més del 80% del seu cicle vital i més del 50% de la biomassa total en molts sistemes aquàtics europeus –i que, per tant té un paper importantíssim dins l'estructuració de les xarxes tròfiques i el seu funcionament (Laffaille *et alii*, 2003)–. El darrer estadi (4) correspon a una segona metamorfosi cap a anguila platejada, la qual emigra cap a l'oceà Atlàntic, la seva zona de reproducció, per acabar el cicle (Feunteun, 2002).

Actualment es desconeixen alguns aspectes de la seva biologia o de la seva dinàmica poblacional. Es disposa de poca informació sobre l'estat real de l'estoc d'aquesta espècie. Tot i així, les dades suggereixen una important disminució en el reclutament. La importància de la gestió d'aquesta espècie no és només pel seu interès des del punt de vista de la biodiversitat. També hi ha molts arguments socioeconòmics que reclamen una actuació ràpida de l'Administració per tal de protegir un sector pesquer que mou aproximadament 180 milions d'euros l'any (Feunteun, 2002). Alguns autors també consideren que l'anguila té un elevat valor biointegrador dels canvis a l'ambient. Pel fet de tenir un cicle vital llarg (entre 5 i 15 anys), les poblacions d'anguilles integren tots els esdeveniments i riscos que pot haver patit la conca a diferents escales, tant espacials com temporals.

Prova de aquest interès per la conservació de l'anguila es tradueix en un bon nombre de programes de restauració impulsats per administracions locals, regionals o nacionals (a la CE), o bé sota demanda del sector pesquer. Aquests programes s'han desenvolupat sempre a escala local, malgrat que és ben sabut que la recuperació de les poblacions d'anguila europea passa per una cooperació internacional. En un intent de revertir aquesta situació, va entrar en vigor el Reglament (CE) núm. 1100/2007 del Consell de 18 de setembre de 2007 pel qual s'establien mesures, a l'àmbit de les conques, per a la recuperació de la població d'anguila europea. Específicament, aquest reglament obliga els estats membres a l'elaboració d'un pla de gestió de l'anguila per a cada conca fluvial on sigui present. El principal objectiu d'aquest pla és la recuperació de l'espècie, a llarg termini, mitjançant la reducció de la mortalitat antropogènica. El criteri per determinar si s'ha assolit aquest objectiu consistirà a permetre la fugida al mar de, com a mínim, un 40% de la biomassa d'anguilles europees, corresponent a la millor estimació del possible índex de fugida que s'hauria enregistrat en cas que cap influència antropogènica hagués incidit sobre la població.

El mateix reglament disposa que l'objectiu del nivell de fugida es determinarà en funció de les dades disponibles per a cada conca, com ara:

- a) Utilitzar les dades de pesqueries recollides abans de 1980 (data en què s'inicia el declivi de l'espècie).

- b) Fer una avaluació basada en l'hàbitat de la producció potencial de l'espècie.
- c) Fer referència a l'ecologia i hidrografia de sistemes fluvials semblants.

Per últim, el reglament especifica que cada pla de gestió de l'anguila ha d'incloure una descripció i una anàlisi de la situació actual de la població per a la respectiva conca, informació que es relacionarà amb el nivell de fugida establert anteriorment.

Entre les mesures correctores per tal de recuperar les poblacions que contempen els plans de gestió per a l'anguila, podem trobar accions com la reducció de l'activitat pesquera comercial, la restricció de la pesca esportiva, els repoblaments, la recuperació de la qualitat de l'hàbitat, la millora de la connectivitat fluvial per als peixos, la lluita contra els depredadors, la protecció contra les turbines de producció hidroelèctrica o les mesures relacionades amb aqüicultura.

### ***El pla de gestió de l'anguila a Catalunya***

L'any 2010 van ser aprovats per la Comunitat Europea els plans de gestió de l'anguila (PGA) proposats per l'Estat espanyol. Atesa l'estructura competencial de l'Estat, s'estableix un pla de gestió nacional i 12 plans de gestió específics (PGA de les comunitats autònomes amb presència d'anguila més un PGA de la conca de l'Ebre, pel fet que la seva gestió és intercomunitària).

En el cas del PGA de Catalunya, s'hi inclouen les conques internes del sistema Nord (rius Muga, Fluvià, Ter i Tordera), del sistema Centre (rius Besòs, Llobregat i Foix) i del Sud (rius Francolí i Gaià), i es diferencia entre les conques on existeix pesca professional d'anguila (rius Muga, Fluvià i Ter) de la resta on no hi ha pesqueries. El pla recull que un dels principals problemes de l'espècie en aquests rius és l'existència d'un gran nombre d'obstacles per a la migració.

Respecte a les mesures suggerides, el Pla proposa fins a 5 accions:

1. Restricció de la pesca professional: es limita l'autorització de la pesca d'anguila a 21 punts (fixats anualment) dels rius Muga (5 punts), Fluvià (5 punts) i Ter (11 punts), i resta prohibida a la resta de conques. S'acota també el període de pesca a 143 dies anuals. Es prohibeix la pesca d'anguila (>12 cm) a totes les conques internes.
2. Restricció de la pesca esportiva: es prohibeix la pesca (esportiva) d'anguila i només està permesa la pesca sense mort dels exemplars de més de 35 cm.
3. Mesures estructurals i mediambientals de millora dels hàbitats fluvials: es recullen les accions previstes dins la Directiva Marc de l'Aigua, concretament les referents a la millora de la qualitat hidromorfològica i biològica del medi (millora de la connectivitat fluvial i control o eradicació d'espècies invasores), gestió de la demanda, millora de la qualitat de les aigües i modernització dels regadius.

4. Mesures de repoblament: s'estableix un pla de repoblaments a partir d'un percentatge de les angules capturades que els pescadors professionals han d'entregar.
5. Mesures de control i seguiment de les accions proposades: habilitació dels diferents cossos de seguretat per tal de reduir la pesca furtiva i realització d'un estudi específic d'anguila.

Tot i que el PGA va ser aprovat l'any 2010, des de principis dels anys 1990 s'han aplicat a Catalunya mesures per tal d'incrementar les poblacions d'anguiles a les aigües continentals. Aquestes han consistit bàsicament en la regulació de les pesqueries de les diferents formes continentals d'anguila i la posada en marxa d'un programa de repoblacions, a fi i efecte d'augmentar la presència de l'espècie en zones en què, per diferents causes (presència de preses, contaminació, etc.), no hi pot accedir de forma natural. L'avaluació dels resultats de l'aplicació de programes similars de restauració a Europa han permès constatar que aquestes mesures poden ser eficients en el manteniment local de les pesqueries, per exemple a Irlanda del Nord (Rosell *et alii*, 2005), a la mar Bàltica (Pedersen, 1997) i a Itàlia (Cicotti, 1997), però que el reclutament natural continua disminuint (Dekker, 2000).

A Catalunya, l'eficàcia de les diferents accions de restauració dutes a terme no han estat fins el moment adequadament avaluades mitjançant sengles programes de monitoratge a curt i llarg termini. La majoria dels programes de repoblació desenvolupats a diferents països utilitzen per a l'avaluació de la seva eficiència tècniques de marcatge-recaptura que s'apliquen principalment en aigües tancades, dolces o salabroses, on les taxes de recaptura són més elevades i, com a conseqüència, els efectes sobre la producció són més fàcilment mesurables. De totes maneres, els efectes de les repoblacions sobre la producció no són observables fins al cap de 3 a 20 anys, depenent del lloc (Moriarty & Dekker, 1997). Pel que fa a l'eficiència de les repoblacions en rius, en tenim poques dades a causa de la dificultat d'avaluar-ne els resultats, excepte que es controlin els fluxos de migració de les angules platejades cap el mar.

La qüestió de l'èxit dels programes de repoblació resulta ambigua, ja que la interpretació depèn de si l'objectiu és mantenir la pesqueria local o contribuir a la restauració de l'estoc europeu d'anguila que, com ja s'ha esmentat anteriorment, segons diferents organismes internacionals es troba per sota del seu límit biològic de seguretat. Sembla que els programes de repoblació no resulten eficients en aquest sentit, ja que alguns estudis (Westin, 2003) han demostrat que la maduració no es produeix o es retarda i que la capacitat de migració de les angules translocades és inferior a la de les angules salvatges. Això suggereix que encara que la població d'anguiles es mantingui, les angules provinents de repoblacions no contribueixen a la reproducció de l'espècie i per tant, el reclutament natural no augmenta.

### ***Objectius***

Basant-nos en les anteriors consideracions sobre els programes de repoblació i per tal de determinar si el mateix també succeeix en el cas concret de Catalunya, l'any 2005 es va endegar un projecte de repoblació d'anguiles a partir d'exemplars adults criats en captivitat des de la fase d'angules, obtingudes de pesqueries autoritzades. Una part del projecte consisteix en l'avaluació de l'èxit de la repoblació a partir del marcatge dels exemplars alliberats i posterior recaptura, amb els següents objectius: (1) avaluar l'eficiència de les repoblacions mitjançant tècniques de marcatge-recaptura per tal d'estimar la taxa de supervivència dels individus alliberats; (2) quantificar el rang de dispersió dels individus alliberats dins el tram estudiat, i (3) posar a punt la metodologia de marcatge, així com el disseny del programa de recaptures.

## **Materials i mètodes**

### ***Àrea d'estudi***

Les repoblacions i el posterior seguiment basat en recaptures es varen realitzar a la riera de Bianya (conca del riu Fluvià) i al riu Llémena (conca del riu Ter) (fig. 3). Amb anterioritat, es varen fer diverses prospeccions a les conques dels rius Muga, Fluvià i Ter, per tal de seleccionar els punts de mostreig òptims d'acord amb els objectius proposats. Aquests punts havien de presentar una amplada i fondària màximes que permetessin desenvolupar les pesques; mostrar un volum d'aigua mínim al llarg de l'any quantitativament i qualitativament suficient com per permetre el poblament piscícola; estar situats a certa distància de grans infraestructures o obstacles que poguessin dificultar la dispersió de les angules, i tenir una bona accessibilitat per tal d'efectuar el repoblament i posteriors recaptures.

La conca del riu Llémena s'obre cap a llevant i presenta una superfície d'11.264 ha. Neix a la serra de Finestres, a una alçada aproximada de 850 m (s.n.m.), i desguassa directament al riu Ter dins el terme municipal de Sant Gregori (a 90 m s.n.m.), després d'un recorregut aproximat de 29 km. El domini ecopaisatgístic és de muntanya mitjana mediterrània a la zona de capçalera i de terra baixa mediterrània interior a partir del tram mitjà. En el primer cas trobem un bosc de ribera ben estructurat (principalment verneda), amb valors elevats de l'índex de qualitat del bosc de ribera QBR (sempre per sobre de 50) i de l'índex de qualitat de l'hàbitat fluvial IHF (DEPLAN, 2006). Els pendents són pronunciats i el riu presenta una amplada inferior als 5 metres i una fondària mitjana inferior a 0,5 m (superior a zones de gorgs). El cabal mitjà (darrers 76 anys) mesurat en aquesta estació d'aforament és de 0,94 m<sup>3</sup>/s (dades de l'Agència Catalana de l'Aigua).

La riera de Bianya neix a la vall de Bianya, al NO de la Garrotxa. S'inicia a la serra del Malforat i recull les aigües de diferents torrents, de manera que el seu règim és pluvial. La seva tipologia correspon a un riu de muntanya mediterrània calcària, amb una conca de recepció de 10.253 ha i una longitud total d'aproximadament 11,5 km des del seu naixement fins al



● Figura 3

Àrea d'estudi i localització (punts grocs) dels punts d'alliberament a la riera de Bianya (conca del riu Fluvià) i al riu Llémena (conca del riu Ter). Font: elaboració pròpia.

desguàs al riu Fluvià, a l'alçada de Sant Joan les Fonts. A mig recorregut rep les aigües de la riera de Ridaura i de la Capsec, amb la qual cosa incrementa el seu cabal. Fins al moment de rebre aquestes aportacions, la riera presenta una amplada inferior als 5 metres i una fondària mitjana inferior als 0,5 m (exceptuant-ne les zones de gorgs), amb una coberta arbòria de pràcticament el 90% per la presència d'un bosc de ribera ben estructurat. Després del desguàs de la riera de Ridaura, s'amplia la seva llera fins els 10 metres i disminueix també la qualitat de l'aigua pel fet que la primera rep les aportacions de l'EDAR d'Olot (SIGMA, dades no publicades). No presenta obstacles per als peixos al llarg de tot el seu recorregut a excepció d'una passera a Sant Joan les Fonts, que pot actuar de barrera en condicions de baix cabal.

### ***Cria en captivitat d'angules***

Els exemplars d'anguiles marcades i alliberades provenien de les aportacions de les angules capturades per pescadors professionals a les conques fluvials de Girona (rius Daró, Ter, Riuet, Fluvià, la Muga, rec del Molí i grau de Santa Margarida) durant les campanyes 2005-2006 i 2006-2007 i van ser establulades en un centre piscícola fins a assolir la mida òptima per al seu marcatge.

### Marcatge

Previ a l'alliberament, tots els individus van ser marcats per tal de diferenciar-los a posteriori dels exemplars salvatges (i.e., aquells que ja eren presents al riu abans del repoblament). Es van utilitzar dos tipus de marques en funció de la mida de cada individu. Tots els exemplars van ser marcats amb els Coded wire tags (CWT, NWT Ltd.), que consisteixen en un cable d'acer inoxidable de 0,25 mm de diàmetre i 1,6 mm de longitud. La detecció es fa mitjançant un detector de metalls manual i el seu ús ha estat contrastat en altres estudis (Simon & Dorner, 2005). Els exemplars amb un pes superior a 50 g van ser marcats amb PIT tags (model TXP148511B, Biomark Ltd.), amb una longitud total de 8,5 mm, un diàmetre de 2,12 mm i un pes de 0,067 g. Un cop anestesiàt, l'exemplar era mesurat (longitud total, precisió  $\pm 1$  mm) i pesat (precisió  $\pm 0,1$  g). Després se situava sobre una taula d'operacions en forma de V per ser marcat. El CWT havia de ser inserit a la zona muscular de l'aleta dorsal, uns 5 mm per sota del seu inici. Aquesta posició és la recomanada per al marcatge d'anguiles (Thomassen *et alii*, 2000). Segons aquests autors, la retenció és superior al 98%, sense mortalitat. La marca ha estat aplicada amb un injector CWT model MK IV (NMT Ltd.). Els PIT tags es van inserir a la zona muscular situada per sota l'aleta dorsal, a uns 3 cm de distància del punt de marcatge del CWT. Es va utilitzar un injector model MK7 (Biomark, EUA). Altres treballs implanten la marca a la zona intraperitoneal mitjançant una petita incisió (Durif *et alii*, 2005), però el risc d'afectar òrgans interns és elevat.

### Alliberament

El seguiment de les anguiles es va dividir en dues fases, coincidint amb els dos moments d'alliberament dels exemplars marcats (taula I). La primera fase s'inicia al setembre del 2006 amb els alliberaments a la riera de Bianya i al riu Llémena, i finalitza a la tardor de 2007. La segona fase s'inicia a l'octubre de 2007 i finalitza al gener de 2008, i consisteix en un segon alliberament d'anguiles només a la riera de Bianya (pel fet de disposar d'un nombre baix d'exemplars estabulats). L'alliberament es realitza sempre 30 dies després del marcatge com a mínim. Les anguiles eren transportades fins al punt d'alliberament utilitzant una cuba de 500 l.

Conca	Riu	Punt d'alliberament	Data	Pes mitjà		
				30 g	100 g	150 g
Fluvià	Riera de Bianya	31 T 456400 4674058	22/09/2006	1359	242	-
Ter	Riu Llémena	31 T 470926 4654134	29/09/2006	675	152	-
Fluvià	Riera de Bianya	31 T 456400 4674058	05/10/2007	-	-	336

#### ◆ Taula I

Nombre d'exemplars i dates de les repoblacions fetes a les conques dels rius Fluvià i Ter dins el context del present estudi. S'hi indiquen les coordenades UTM (European Datum, 1950) dels punts d'alliberament i el nombre total d'anguiles marcades i alliberades de cada grup de talles, definit en funció del pes mitjà dels individus.



### ***Captures postalliberament***

El seguiment dels individus alliberats es va fer utilitzant dos mètodes diferents, un per a cada ocasió de repoblament, i també va variar-ne el disseny. Per a la primera ocasió (primera fase del present treball), les captures es van fer mitjançant pesca elèctrica. Els primers resultats apuntaven que la dispersió dels exemplars era immediata a l'alliberament. A més, per les condicions de la zona d'estudi i el baix nombre d'exemplars marcats, es va optar per variar el mètode durant la segona fase de l'estudi (segon repoblament). Així, els exemplars alliberats en la segona ocasió es van recapturar amb trapes del tipus nans.

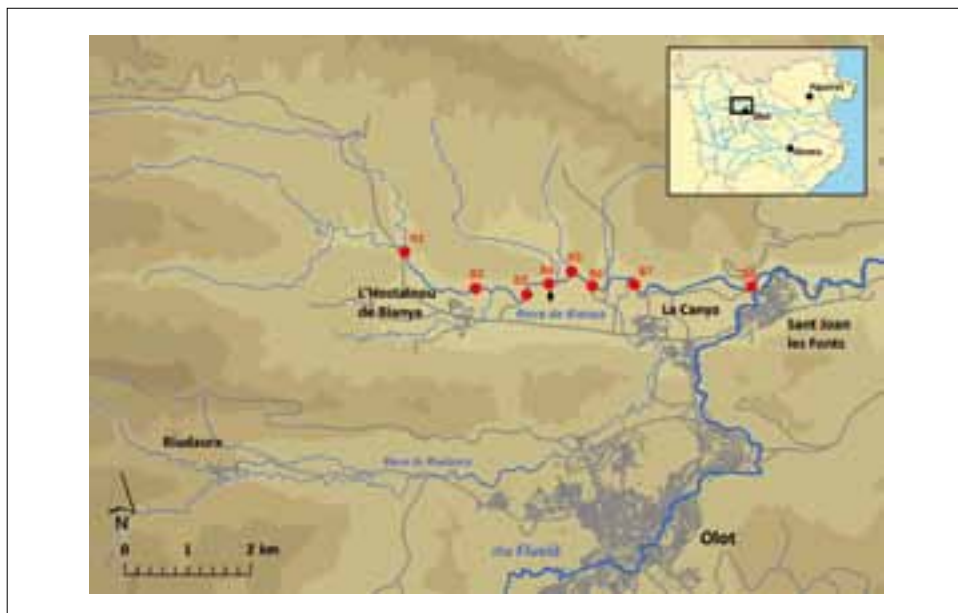
En el cas de la pesca elèctrica es van utilitzar, en funció de les característiques del tram (conductivitat de l'aigua, fondària màxima, accessibilitat, distància total, etc.), un model WFC 4 (Electracatch Int., GB) o un equip portàtil de tipus motxilla, model LR 24 (Smith & Root, Ltd., EUA), aplicant en ambdós casos un potencial d'entre 0,8 i 1,2 amperers, i 150 V (120 W de mitjana). La pesca elèctrica es va desenvolupar seguint els protocols marcats pels estàndards europeus (CEN, 2002). Totes les pesques van ser diürnes. Els exemplars capturats eren sedats per obtenir-ne les mesures de longitud total (precisió  $\pm 1$  mm), pes (precisió  $\pm 1$  g) i presència o no de marca, i ser posteriorment alliberats al mateix punt de captura.

Abans de l'alliberament, es va fer una estimació de la densitat de les poblacions de peixos mitjançant el mètode de captures successives (Schnute, 1983; Lobon-Cervià, 1991; Simonson & Lyons, 1995), de manera que es van fer fins a un total de 3 passades sobre un tram tancat amb xarxes d'1,5 cm de llum de malla. A partir del nombre de captures a cada ocasió de pesca i aplicant el mètode Removal (Seber & Whale, 1970), es va estimar la densitat de les poblacions «salvatges» i la capturabilitat de la tècnica (pesca elèctrica).

Per tal determinar el rang de dispersió de les anguiles alliberades, es van mostrejar diferents trams aigües avall i aigües amunt dels punts d'alliberament (fig. 4 i 5) 15 dies després del fet, i sis mesos i un any després del repoblament.

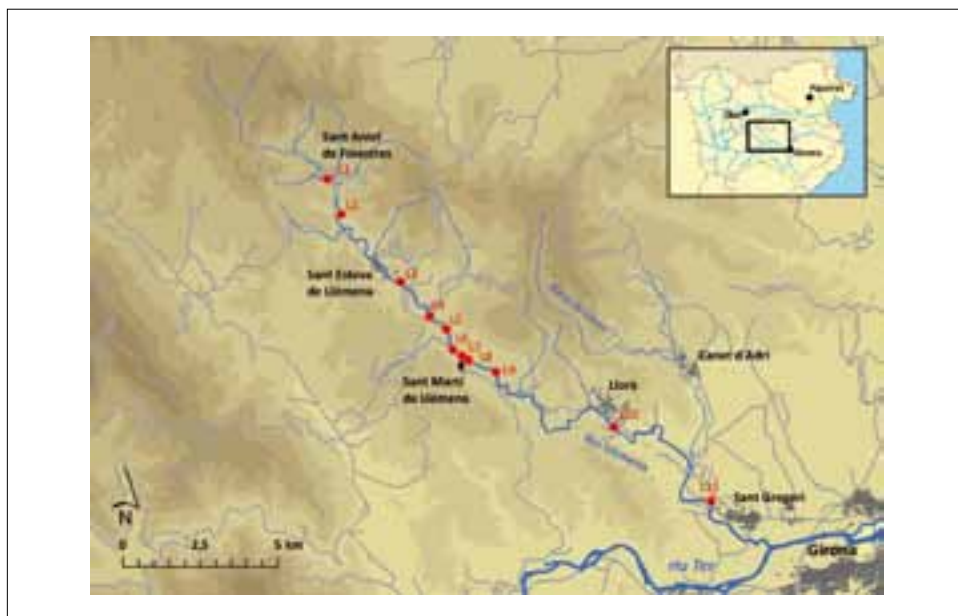
Durant la segona fase de l'estudi, les anguiles es varen capturar amb trapes del tipus nansa pel fet que s'han mostrat molt eficients en aquest tipus d'ambients (Clavero *et alii*, 2006). Es van utilitzar quatre parells de nanses de mida diferent a cada punt (fig. 6); la primera presentava tres morts consecutives i una llum de malla de 7 mm, i la segona, dues morts consecutives i una llum de malla de 3,5 mm. Les trapes es van instal·lar des del dia abans de l'alliberament fins a 20 dies després i es revisaven a primera hora del matí cada 24 h. Els peixos capturats eren sedats per obtenir-ne les mesures de longitud total (precisió  $\pm 1$  mm), pes (precisió  $\pm 1$  g) i presència o no de marca, i després eren alliberats al mateix punt de captura.

Per tal d'estimar la densitat d'anguiles i la probabilitat de supervivència s'utilitza el mètode de Jolly-Seber, basat en marques individuals i múltiples recaptures (Pine *et alii*, 2003).



☉ Figura 4

Mapa de situació dels diferents punts de mostreig (cercles vermells) a la riera de Bianya. La fletxa negra indica el punt d'alliberament. Font: elaboració pròpia.



☉ Figura 5

Mapa de situació dels diferents punts de mostreig (cercles vermells) al riu Llémena. La fletxa negra indica el punt d'alliberament. Font: elaboració pròpia.

Aquest mètode permet una estimació de la grandària poblacional per a cada ocasió de captura, exceptuant-ne la primera i l'última. També permet obtenir una estimació de la taxa de supervivència entre les diferents ocasions de pesca, encara que en realitat es tracta d'una supervivència «aparent», ja que no podem conèixer si la proporció d'individus absents del tram estudiat ho són per mortalitat o per migració.



☉ Figura 6

Mapa de situació dels diferents punts de mostreig amb trapes (cercles vermells) a la riera de Bianya. La fletxa negra indica el punt d'alliberament. Font: elaboració pròpia.

## Resultats i discussió

### *Densitat inicial del poblament de peixos*

L'estimació de la densitat de peixos prèvia a l'alliberament va posar de manifest que l'anguila és molt poc abundant als dos trams estudiats. En el cas del riu Llèmena, no es va capturar cap exemplar. En el cas del riera de Bianya, la densitat inicial estimada va ser de 85 ind/ha. Per sota de 1.000 ind/ha es considera que la població és molt poc abundant. El darrer estudi sobre el poblament de peixos a Catalunya realitzat l'any 2003 (Sostoa *et alii*, 2003) ja mostrava com en el 80% dels trams on l'anguila hi era present, la seva densitat era inferior a 1.000 ind/ha. Només es varen enregistrar valors superiors, entre 1.000 i 5.000 ind/ha, als trams mitjans dels rius Ebre, Ter i Muga, i d'entre 5.000 i 10.000 ind/ha al tram mitjà i tram baix del riu Fluvià, del que resulta que aquest riu té la major densitat d'anguiles a Catalunya. La riquesa específica del poblament de peixos dels dos trams estudiats és

també molt baixa. S'han localitzat només quatre espècies: barb de muntanya (*Barbus meridionalis*), bagra (*Squalius laietanus*), anguila (*Anguilla anguilla*) i truita (*Salmo trutta*), aquesta darrera només als trams alts del riu Llémena.

El barb de muntanya va resultar ser l'espècie més abundant (taula II) al riu Llémena, amb una densitat estimada superior als 10.000 ind/ha, i presentava un valor inferior a la riera de Bianya. Les capturabilitats mitjanes estimades han estat de 0,48 per al barb de muntanya, 0,58 per a la bagra i 0,47 per a l'anguila. Els valors de densitat oscil·len estacionalment en funció del propi cicle vital de l'espècie, dels seus patrons migratoris (per reproduir-se) o de les característiques de l'ambient. L'increment de cabal facilita l'aparició de noves zones amb suficient fondària com per detectar un increment en la densitat de peixos. També succeeix el cas contrari, que una disminució del cabal fa que es concentrin a les zones amb major volum d'aigua. Això és el que va succeir al riu Llémena al final de l'estudi (tardor 2007), quan es va assecar un tram d'aproximadament 5 km, entre Sant Martí de Llémena i Llorà, i es va trobar una important concentració de peixos (especialment bagres) al tram de control (punt d'alliberament).

	Ocasió	Espècie		
	Data	Barb de muntanya	Bagra	Anguila
Riu Llémena	Abans alliberament 29/06/2006	28.240 ± 1.160	1.260 ± 140	0
	Després alliberament 19/10/2006	5.760 ± 480	2.400 ± 230	120 ± 80
	Final estudi 10/10/2007	13.330 ± 1.800	1.281 ± 24	4 ± 1
Riera de Bianya	Abans alliberament 19/09/2006	8.822 ± 647	70 ± 8	3 ± 1
	Després alliberament 09/11/2006	12.970 ± 570	36 ± 6	93 ± 8
	Final estudi 25/07/2007	9.911 ± 825	69 ± 15	11 ± 3

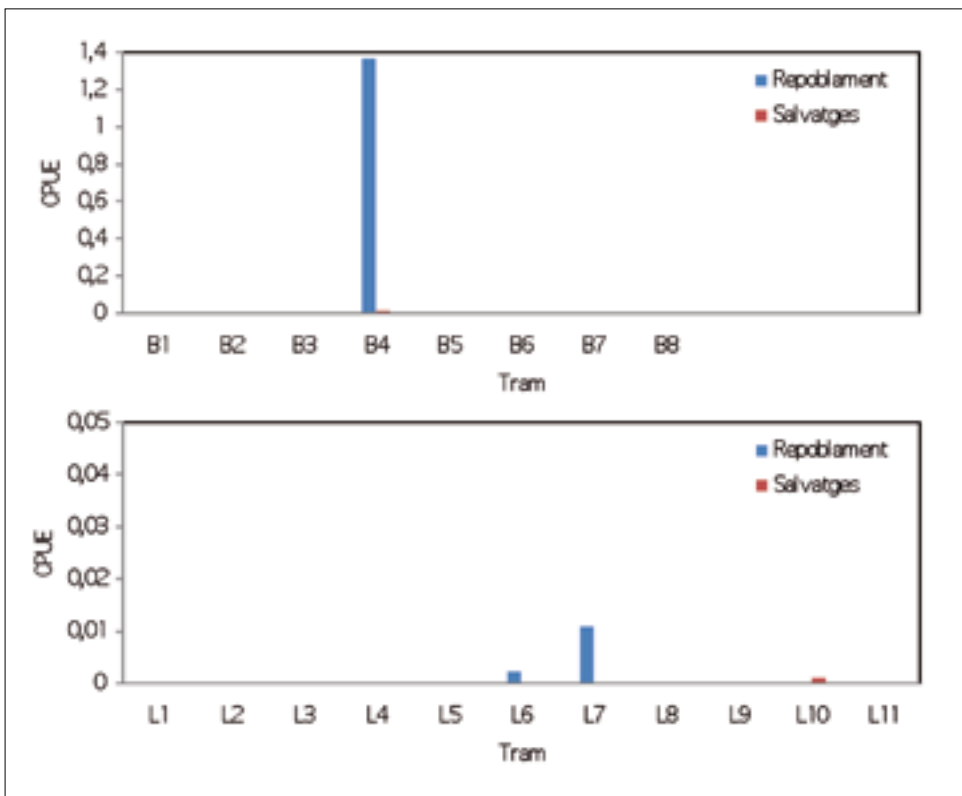
#### ◆ Taula II

Estimacions de la densitat inicial i posterior a l'alliberament de les diferents poblacions de peixos detectades als trams on es va efectuar el repoblament. Interval de confiança estimat basant-se en el 95% d'error.

#### ***Densitat d'anguiles: primer alliberament***

En el moment del primer repoblament es va assolir una densitat de 16.500 anguiles/ha al riu Llémena i de 33.000 anguiles/ha a la riera de Bianya. Aquesta darrera densitat és més gran per haver estat alliberat un nombre més elevat d'exemplars i presentar la riera unes dimensions menors. Aquestes densitats són molt elevades en comparació amb els valors presents abans de l'alliberament, però no serien excepcionals si els comparéssim amb les abundàncies naturals estimades al tram mitjà del riu Fluvià, per exemple.

La primera recaptura, realitzada 20 dies després del repoblament en el cas del riu Llémena i 35 dies després en el cas de la riera de Bianya, va mostrar valors molt inferiors en ambdós casos (taula II). En el punt d'alliberament de Sant Martí de Llémena, la densitat d'anguila havia disminuït fins als  $120 \pm 80$  exemplars/ha i en el cas de la riera de Bianya, fins als  $93 \pm 8$  anguiles/ha. Això representa una supervivència de només el 0,73% al riu Llémena i del 0,28% en cas de la riera de Bianya. Així, durant el primer mes posterior a l'alliberament es va produir una mortalitat superior al 99%. Aquesta és en realitat una mortalitat «aparent» (Pine *et alii*, 2003), ja que la diferència entre el nombre d'anguiles alliberades i el nombre estimat posteriorment no es pot explicar únicament per mortalitat (ja sigui natural, depredació, malaltia o qualsevol factor que pugui provocar la mort dels individus), sinó també per la migració a altres trams de la subconca. Precisament, per tal d'estimar la taxa de migració es varen realitzar un seguit de captures a diferents trams del riu, aigües amunt i aigües avall del punt d'alliberament. Els resultats es presenten a la figura 7 a partir de les captures per unitat d'esforç (CPUE) a cada punt de mostreig.



◆ Figura 7

Abundància relativa de les anguiles alliberades (blau) i salvatges (vermell), estimada a partir de les captures per unitat d'esforç (CPUE) a cada punt de mostreig de la riera de Bianya (a dalt) i del riu Llémena (a baix) aproximadament trenta dies després de l'alliberament. Nota: L'escala de l'eix vertical no coincideix entre els dos gràfics.

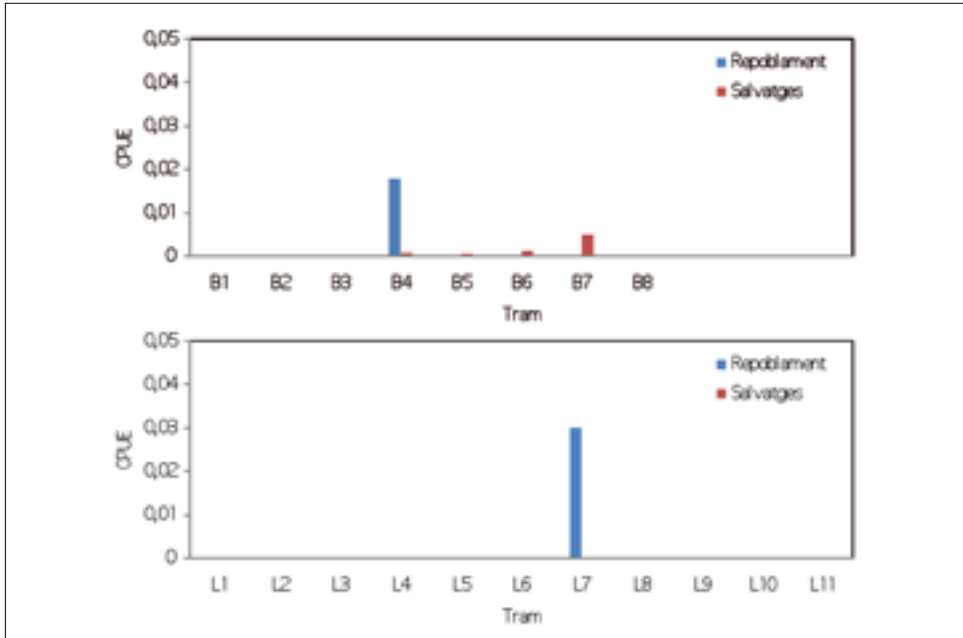
En el cas del riu Llémena, s'observa com els valors més elevats de CPUE es troben a Sant Martí de Llémena, als trams L6, L7 i L8, que corresponen precisament a la zona on es va fer l'alliberament (fig. 7). Aigües amunt no es va recapturar cap exemplar i únicament al punt L11, a Llorà, es van detectar exemplars salvatges. En general, els resultats apunten que la gran majoria dels exemplars alliberats no hi eren presents, a la subconca bé per mortalitat o bé per haver-se desplaçat ràpidament (en menys de 20 dies) aigües avall fins al riu Ter. Al punt L2 es troba un salt de 8 metres en vertical que marcaria el límit de distribució de l'anguila a la Llémena, per ser totalment infranquejable.

Els resultats són molt semblants en el cas de la riera de Bianya. Els valors més elevats de CPUE es troben al punt d'alliberament (B4) i també al tram anterior (B3), perfectament comunicats i a una distància inferior als 500 metres. Per sobre d'aquest punt (trams B1 i B2), la riera estava totalment seca, situació que es va mantenir al llarg de tot l'estudi. Aigües avall només es van capturar anguiles al tram B6, i eren exemplars salvatges. Per tant, cal pensar que la mortalitat ha estat també important o bé que la gran majoria d'exemplars s'han desplaçat aigües avall fins al riu Fluvià.

Les recaptures realitzades al final de l'estudi, aproximadament un any després de l'alliberament, mostren un resultat semblant (fig. 8). En el cas del riu Llémena només es varen detectar individus provinents del repoblament al tram on van ser alliberats. A la resta de trams no se'n va capturar cap, tot i que cal recordar la dificultat de colonitzar aigües amunt, especialment per sobre del punt L3, pel fet que el riu patís un estiatge molt sever que va deixar pràcticament secs els trams L8 i L9. A la riera de Bianya, el cabal es va mantenir durant tot l'any, però, de la mateixa manera que en el cas anterior, només es varen detectar anguiles marcades al tram d'alliberament (B4). Als trams que es troben aigües avall (B5 a B7) es van capturar anguiles però sense marca, el que ens ha de fer suposar que eren exemplars salvatges. La possibilitat que fossin anguiles repoblades que haguessin perdut la marca resulta poc probable, ja que es tractava d'exemplars de més de 150 g que, per tant, haurien d'haver perdut la doble marca, tant el CWT com el PIT tag.

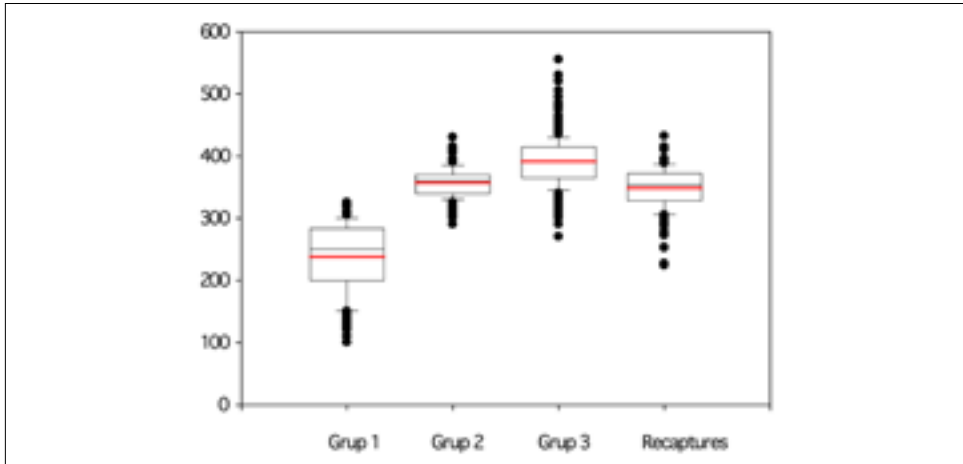
Un altre aspecte a destacar és que la longitud mitjana de les anguiles recapturades és superior a la longitud mitjana del total de les anguiles marcades (ANOVA,  $F_{1155,1}=156,6$ ;  $p<0,001$ ), i el mateix succeeix amb el pes (ANOVA,  $F_{1155,1}=192,14$ ;  $p<0,001$ ). La figura 9 mostra el valor mitjà i la dispersió de valors per cada grup d'anguiles marcades (1=30 g; 2=100 g i 3=150g) i de recapturades.

Les mides que s'han recapturat en menor proporció són les corresponents al primer grup, format per exemplars amb un pes mitjà de 30 g en el moment del marcatge. Pel fet que algunes recaptures s'han obtingut un any després, podria donar-se el cas de cometre un error en l'assignació de grup de l'exemplar marcat perquè hagi augmentat la seva mida durant aquest període de temps, però cal recordar que el nombre d'anguiles recapturades més enllà d'un mes després del repoblament és mínim, així que difícilment pot afectar aquest



◆ Figura 8

Abundància relativa de les anguilles alliberades (blau) i salvatges (vermell), estimada a partir de les captures per unitat d'esforç (CPUE) a cada punt de mostreig de la riera de Bianya (a dalt) i del riu Llémena (a baix) aproximadament nou mesos després de l'alliberament.



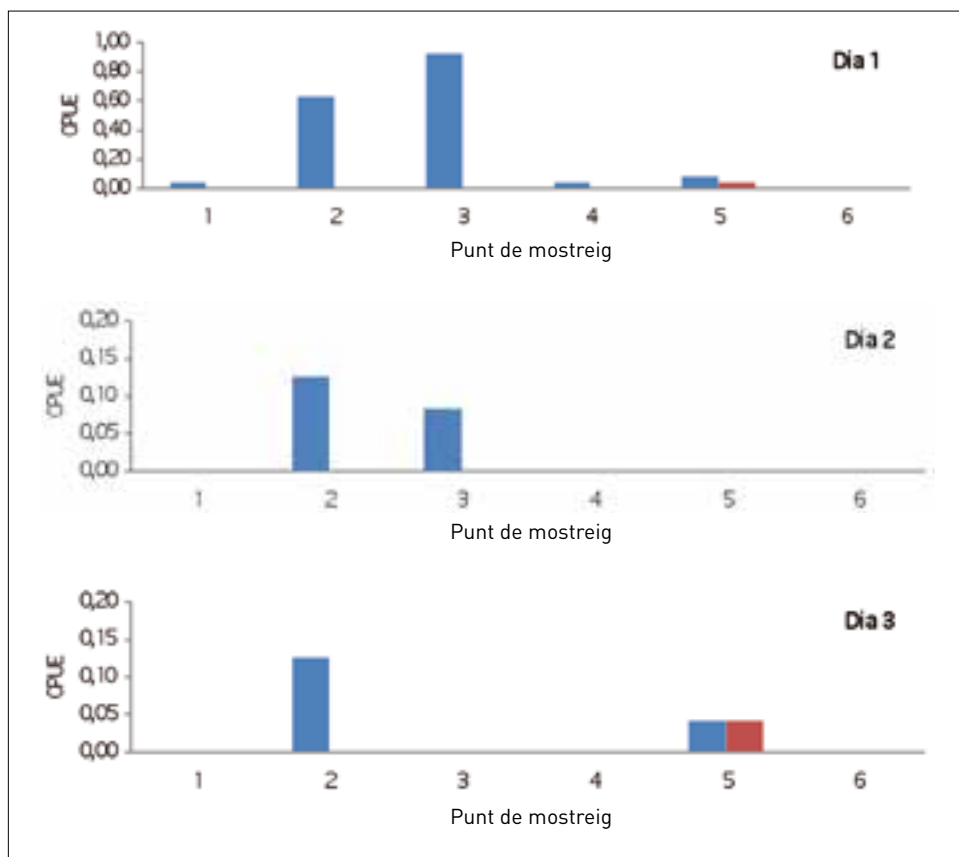
◆ Figura 9

Estadística descriptiva de la longitud total dels diferents grups d'anguilles marcades i dels exemplars recapturats. La caixa correspon al primer (25% dels individus) i tercer (75%) quartils. La línia vermella representa la mediana (50%) i la negra, la mitjana. Les barres d'error indiquen el mínim i el màxim, sense considerar els valors atípics (punts). El grup 1 correspon als exemplars amb un pes mitjà de 30 g en el moment del marcatge. El grup 2, als exemplars amb un pes mitjà de 100 g, i el grup 3, a les anguilles amb un pes mitjà de 150 g. Les recaptures corresponen a tots els exemplars capturats al riu Llémena i a la riera de Bianya després dels respectius alliberaments.

resultat. Semblaria, doncs, que les anguiles de menor talla (i pes) són les que sobreviuen menys, o bé les que es dispersen més ràpidament i abandonen la subconca.

### *Densitat d'anguiles: segon alliberament*

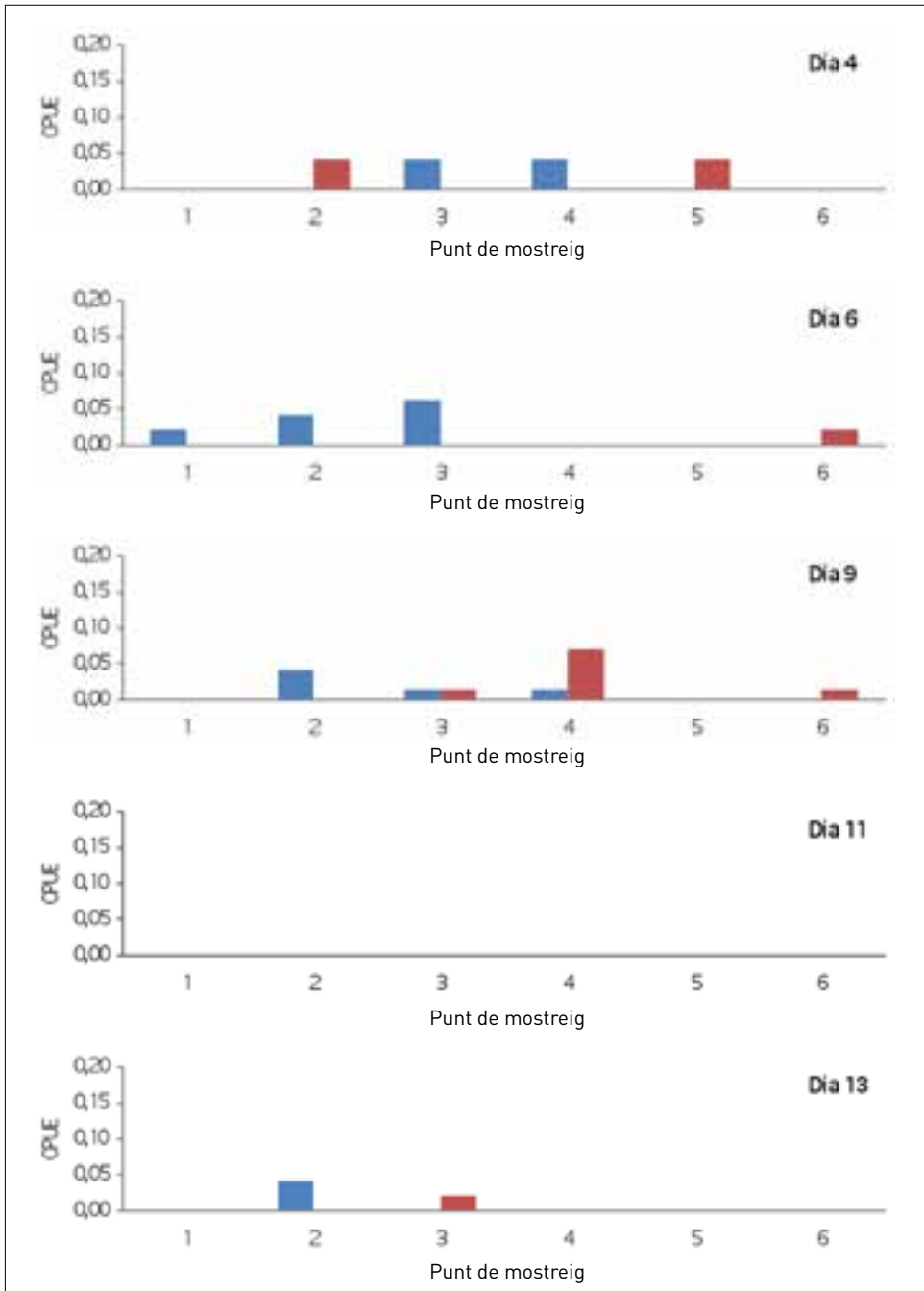
La figura 10 mostra les CPUE estimades com el nombre d'anguiles capturades per trampa i per hora que han estat parades. 24 h després del repoblament, alguns exemplars ja eren presents al punt 5, situat a l'aiguabarreig de la riera Riudaura, aproximadament a 2 km del punt d'alliberament. El fet de no capturar cap exemplar al punt 6, a Sant Joan les Fonts, pot ser degut que en aquest tram el riu s'eixampla molt i també assoleix més fondària, de manera que disminueix la capturabilitat de les trampes. No seria descartable, per tant, que alguns exemplars arribessin fins al riu Fluvià poques hores després del repoblament.



◆ Figura 10

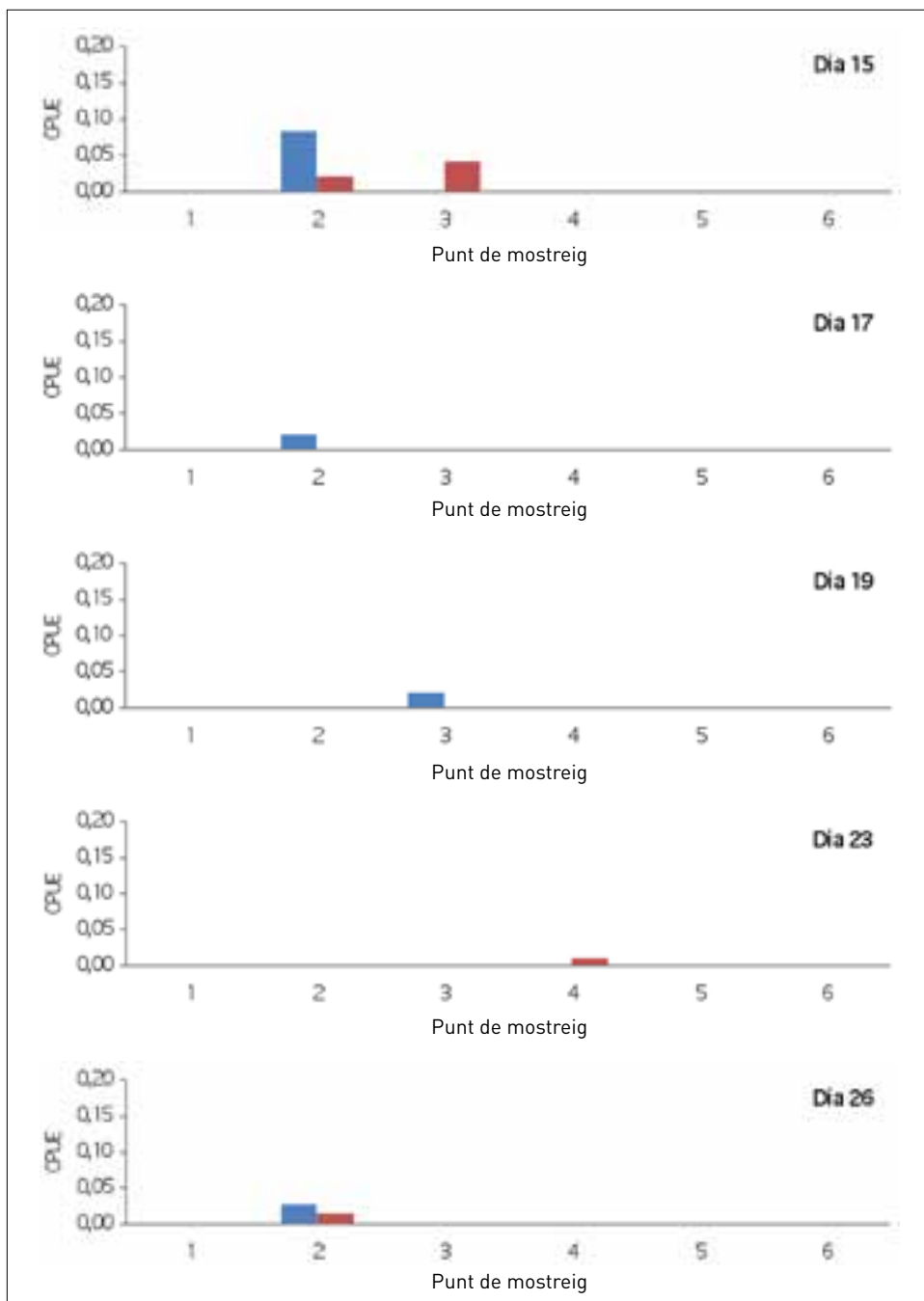
Variació temporal de l'abundància relativa de les anguiles alliberades (blau) i salvatges (vermell), estimada a partir de les captures per unitat d'esforç (CPUE) obtingudes amb nanses a cada punt de mostreig de la riera de Bianya. Nota: l'escala de l'eix vertical del dia 1 és diferent de la de la resta de dies.





◆ Figura 10 (continuació)

Variació temporal de l'abundància relativa de les anguilles alliberades (blau) i salvatges (vermell), estimada a partir de les captures per unitat d'esforç (CPUE) obtingudes amb nanses a cada punt de mostreig de la riera de Bianya. Nota: l'escala de l'eix vertical del dia 1 és diferent de la de la resta de dies.

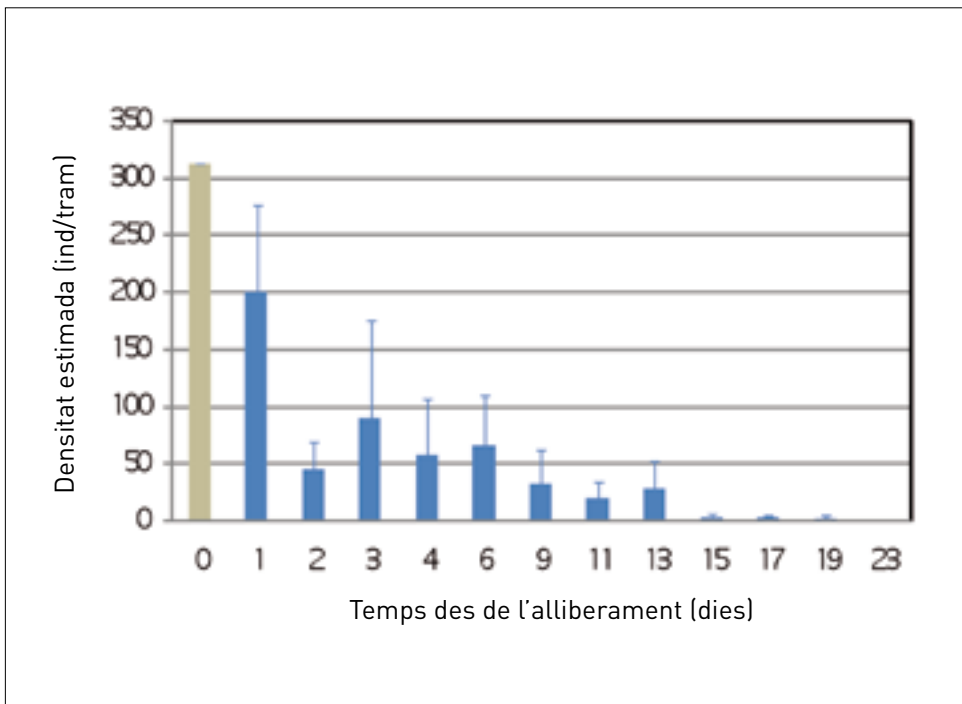


◆ Figura 10 (continuació)

Variació temporal de l'abundància relativa de les anguilles alliberades (blau) i salvatges (vermell), estimada a partir de les captures per unitat d'esforç (CPUE) obtingudes amb nanses a cada punt de mostreig de la riera de Bianya. Nota: l'escala de l'eix vertical del dia 1 és diferent de la de la resta de dies.

A partir del quart dia ja no es detecten més anguiles marcades més enllà del punt 4, situat a Cap Sec (1 km del punt d'alliberament), i només es capturen exemplars salvatges. No considerem que sigui probable que en realitat fossin individus provinents del repoblament pel fet que això suposaria la pèrdua de les dues marques (CWT i PIT tag). Un percentatge de les anguiles va restar entre els punts 2 i 3, on es varen detectar fins a 26 dies després de l'alliberament. Es va fer un segon esforç de pesca 120 dies després del repoblament (febrer de 2008) i no es va capturar cap exemplar marcat a cap dels trams monitoritzats.

L'estimació del nombre d'individus presents al tram d'alliberament per a cadascuna de les ocasions de recaptura (fig. 11) mostra com la densitat disminueix ràpidament les primeres 48 h amb una pèrdua d'aproximadament el 63% de les anguiles. A partir del dia 15 ja s'assoleixen els valors més baixos de densitat, amb una supervivència de només l'1% dels exemplars alliberats. Aquest mètode permet estimar també la probabilitat o taxa de supervivència per a cadascuna de les ocasions, però en el nostre cas no ha estat possible calcular-la pel baix nombre de recaptures a partir de les primeres 72 h.



◆ Figura 11

Variació temporal de la densitat d'anguiles alliberades a la riera de Bianya (entre els punts 2 i 3) estimada a partir del mètode de Jolly-Seber, basat en el marcatge-recaptura per a poblacions obertes. La densitat del moment 0 correspon al nombre absolut d'anguiles alliberades. Les barres verticals indiquen l'interval de confiança (95%).

## Conclusions

- Els mètodes de marcatge utilitzats, les micromarques CWT i els PIT tag, van resultar ser eficients, ja que s'estima un percentatge inferior a l'1% de pèrdua de marques. La seva detecció al camp va ser ràpida i fiable.
- Com a conseqüència dels repoblaments, es varen assolir densitats instantànies de 16.500 anguiles/ha al riu Llémena i 33.000 anguiles/ha a la riera de Bianya, de manera que aquests valors són semblants a les densitats d'anguiles estimades per a d'altres estudis al tram mitjà del riu Fluvià.
- A partir de les recaptures realitzades aproximadament un mes després de l'alliberament, s'ha estimat que les densitats inicials disminueixen fins a 120 anguiles/ha al riu Llémena i 93 anguiles/ha a la riera de Bianya.
- La supervivència estimada (30 dies després del repoblament) va ser del 0,73% al riu Llémena i 0,28% a la riera de Bianya.
- Només es van recapturar anguiles (marcades) al tram on van ser alliberades. A més de la possible mortalitat natural, un percentatge important de les anguiles es va desplaçar a altres zones de la conca, fora de les subconques corresponents, i aquesta dispersió es va produir en un interval de temps inferior als 30 dies.
- Els exemplars recapturats tenien una longitud total mitjana de 310 mm, significativament superior a la longitud mitjana del total d'exemplars alliberats. Així, les anguiles de menor longitud són les que presentaven una major mortalitat «aparent» (i.e. mortalitat natural i migració).
- Les recaptures realitzades amb nanses durant la segona fase d'alliberament van mostrar com la dispersió es produeix immediatament després del repoblament, ja que es van detectar anguiles marcades a la part baixa de la subconca durant les primeres 48 h després del fet. A partir del dia 15, la densitat d'anguiles al tram inicial era només de l'1% dels exemplars alliberats.

## Agraïments

Volem agrair la col·laboració de totes aquelles persones que han participat durant les diverses etapes d'aquest estudi. Anna Vila, Joan Nasplesa, Mireia Casas, Carles Feo, Miguel Clavero, Josep Benito i Joaquim Carol van col·laborar en les feines de camp. Emili Bassols, del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa, ens va facilitar l'autorització per fer les captures dins l'àmbit de la zona protegida, així com informació sobre anteriors repoblaments a la zona. Per últim, Enric Gisbert (IRTA) i Aleix Serrat (DAR, Generalitat de Catalunya) van fer tot el seguiment del projecte oferint la seva col·laboració sempre que va ser requerida. Aquest treball ha estat realitzat gràcies al finançament del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya.

**BIBLIOGRAFIA**

- CEN (2002). *Water quality - Sampling of fish with electricity*, European Committee for Standardization, ICS 13.060.70; 65.150.
- CICOTTI, E. (1997); «Italy», *Management of the European eel fisheries*, (C. MORIARTY & W. DEKKER, ed.), *Irish Fisheries Bulletin*, 15, p. 91-100.
- CLAVERO, M., BLANCO-GARRIDO, F. & PRENDA, J. (2006); «Monitoring small fish populations in streams: A comparison of four passive methods», *Fisheries Research*, 78, p. 243-251.
- DEKKER, W. (2000); «The fractal geometry of the European eel stock», *ICES Journal of Marine Science*, 57, p. 109-121.
- (2003a); «Did lack of spawners cause the collapse of the European eel, *Anguilla anguilla*?», 10, p. 365-376.
- (2003b); «On the distribution of the European eel (*Anguilla anguilla*) and its fisheries», *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60, p. 787-799.
- (2004); *Slipping through our hands. Population dynamics of the European eel*, University of Amsterdam, The Netherlands.
- DEPLAN (2006); «Diagnosi de la qualitat de l'espai fluvial i proposta d'actuacions: riera de Llémena i riera de Canet», informe inèdit.
- DURIF, C., DUFOUR, S. & ELIE, P. (2005); «The silvering process of *Anguilla anguilla*: a new classification from the yellow resident to the silver migrating stage», *Journal of Fish Biology*, 66, p. 1.025-1.043.
- FEUNTEUN, E. (2002); «Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*): An impossible bargain», *Ecological Engineering*, 18, p. 575-591.
- FEUNTEUN, E., ACOU, A., LAFFAILLE, P. & LEGAULT, A. (2000); «European eel (*Anguilla anguilla*): prediction of spawner escapement from continental population parameters», *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57, p. 1.627-1.635.
- GINNEKEN, V.J.T. van & MAES, G.E. (2005); «The european eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), its lifecycle, evolution and reproduction: a literature review», *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 15, p. 367-398.
- GINNEKEN, V.J.T. van, DURIF, C., BALM, S.P., BOOT, R., VERSTEGEN, M.W.A., ANTONISSEN, E. & THILLART, G. van den (2007); «Silvering of European eel (*Anguilla anguilla* L.): seasonal changes of morphological and metabolic parameters», *Animal Biology*, 57, p. 63-77.
- KIRK, R.S. (2003); «The impact of *Anguillicola crassus* on European eels», *Fisheries Management and Ecology*, 10, p. 385-394.
- LAFFAILLE, P., FEUNTEUN, E., BAISEZ, A., ROBINET, T., ACOU, A., LEGAULT, A. & LEK, S. (2003); «Spatial organisation of European eel (*Anguilla anguilla* L.) in a small catchment», *Ecology of Freshwater Fish*, 12, p. 254-264.
- LAFFAILLE, P., CARAGUEL, J.M. & LEGAULT, A. (2007); «Temporal patterns in the upstream migration of European glass eels (*Anguilla anguilla*) at the Couesnon estuarine dam», *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73, p. 81-90.
- LOBON-CERVIÁ, J. (1991); *Dinámica de poblaciones de peces en ríos. Pesca eléctrica y métodos de capturas sucesivas en la estima de abundancias*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- MORIARTY, C. & DEKKER, W. (1997); «Management of the European eel fisheries», *Irish Fisheries Bulletin*, 15.
- PEDERSEN, M. I. (1997); «Recapture rate, growth and sex of stocked cultured eels *Anguilla anguilla* (L.)», *Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture*, p. 153-162.

- PÉREZ, L., BARRERA, R., ASTURIANO, J.F. & JOVER, M. (2004); «Producción de anguilas: pasado, presente y futuro», *Revista AquaTIC*, 20, p. 51-78.
- PINE, W.E., POLLOK, K.H., HIGHTOWER, J.E., KWAK, T.J. & RICE, J.A. (2003); «A review of tagging methods for estimating fish population size and components of mortality», *Fisheries*, 28, p. 10-23.
- ROSELL, R., EVANS, D. & ALLEN, M. (2005); «The eel fishery in Lough Neagh, Northern Ireland - an example of sustainable management?», *Fisheries Management and Ecology*, 12, p. 377-385.
- SCHNUTE, J. (1983); «A new approach to estimating populations by the removal method», *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40, p. 2.153-2.169.
- SEBER, G.A. & WHALE, J.F. (1970); «The removal method for two and three samples», *Biometrics*, 26, p. 393-400.
- SIMON, J. & DORNER, H. (2005); «Marking the European eel with oxytetracycline, alizarin red and coded wire tags: an evaluation of methods», *Journal of Fish Biology*, 67, p. 1.486-1.491.
- SIMONSON, T.D. & LYONS, J. (1995); «Comparison of catch per effort and removal procedures for sampling stream fish assemblages», *North American Journal of Fisheries Management*, 15, p. 419-427.
- SOSTOA, A., CAIOLA, N. M., VINYOLES, D., SÁNCHEZ, S., FRANCH, C., CASALS, F., GODÉ, L. & MUNNÉ, A. (2003); *Desenvolupament d'un índex d'integritat biòtica (IBICAT) basat en l'ús dels peixos com a indicadors de la qualitat ambiental dels rius a Catalunya*, Agència Catalana de l'Aigua, Generalitat de Catalunya.
- STARKIE, A. (2003); «Management issues relating to the European eel, *Anguilla anguilla*», *Fisheries Management and Ecology*, 10, 361-364.
- STIRRATT, H. M. (2001); «Proceedings of the Workshop on aging and sexing American eel. Atlantic States Marine», *Fisheries Commission*, 72.
- THOMASSEN, S., PEDERSEN, M.I., & HOLDENGAARD, G. (2000); «Tagging the European eel *Anguilla anguilla* (L.) with coded wire tags», *Aquaculture*, 185, p. 57-61.
- WESTIN, L. (2003); «Migration failure in stocked eels *Anguilla anguilla*», *Marine Ecology-Progress Series*, 254, p. 307-311.