

# Comportament migratori de la tonyina vermella en el Mediterrani occidental basat en resultats de marcatge electrònic

Sergi Tudela<sup>1</sup>, Susana Sainz Trápaga<sup>1</sup>, Pablo Cermeño<sup>1</sup>, Eszter Hidas<sup>1</sup>, Esteban Graupera<sup>2</sup> i Gemma Quílez-Badia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> WWF Mediterranean Programme Office, Barcelona

<sup>2</sup> Pesca Recreativa Responsable, Mallorca

*MIGRATORY BEHAVIOR OF THE ATLANTIC BLUEFIN TUNA IN THE WESTERN MEDITERRANEAN BASED ON ELECTRONIC TAGGING. – During 2008 and 2009 several tagging expeditions were carried out in the Mediterranean in order to determine Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) trajectories and behavior. Tagging activities during 2008 were concentrated in the Western Mediterranean. In 2009 the Adriatic Sea area, where the use of pop-up tags on wild tuna had never been previously undertaken, was also included. Pop-up satellite archival tags and internal archival tags were used for adults and juveniles, respectively. In total, 4 pop-up and 21 archival tags were deployed in 2008, while 11 pop-up and 2 archival tags were used in 2009. Tagged bluefin tuna weights ranged from 12 to 200 kg. Data from all pop-up tags was successfully recovered and their retention rates ranged from 1 to 172 days. Additionally, a 2008 archival tag was recovered after 391 days at liberty. None of the tagged tunas left the Mediterranean Sea during the tracking period. Results suggest a residence pattern for large adults north of the Balearic Islands in late summer, and a link between the Gulf of Lions and the Tyrrhenian Sea, as well as another between the Adriatic Sea and the Libyan coast.*

## Introducció

La tonyina vermella de l'Atlàntic (*Thunnus thynnus*) habita a l'oceà Atlàntic del Nord i en mars adjacents, i s'ha estat pescant des de l'antiguitat (Fromentin i Powers, 2005; Rooker *et al.*, 2007). A causa de que en les últimes dècades els estocs d'aquesta espècie han arribat a nivells crítics, l'espècie està a punt de col·lapsar en l'Atlàntic occidental, i amb un elevat risc de col·lapse en l'Atlàntic oriental i al Mediterrani (Mackenzie *et al.*, 2008; Safina i Klinger, 2008; SCRS, 2008). Aquesta situació està demanant urgentment que es millorin els coneixements de la biologia de la tonyina vermella per poder així implementar les mesures més eficients de gestió.

No existeixen gaires estudis sobre marcatge electrònic de tonyina vermella en el Mediterrani. De Metrio *et al.* (2005a, 2005b, 2004) van marcar tonyina vermella amb "Pop-up Archival Tags" (PAT) dins d'almadraves i de granges de tonyina, però, a causa de certs problemes tècnics, els resultats que van obtenir són incomplets. Un altre estudi (Yamashita i Miyabe, 2001), sobre peixos marcats en una granja de tonyina a Croàcia, es va centrar en els desplaçaments verticals dels peixos. I en estudis més recents, on van utilitzar "Pop-up Satellite Archival Tags" (PSAT), es va ressaltar la importància del Mediterrani occidental, no

només per la posta, sinó també com a àrea ecològica d'alimentació i per passar l'hivern (Fromentin, 2010).

WWF, conjuntament amb Pesca Recreativa Responsable (una associació de pescadors recreatius que promouen la pràctica de captura i solta) i el C.N. *Sambenedettese* a Itàlia, van posar marques electròniques PSAT (d'ara en endavant "pop-up") i arxiu a tonyines vermelles en llibertat al Mediterrani occidental i al mar Adriàtic durant el 2008 i el 2009. En aquest article presentem alguns resultats preliminars de les trajectòries i els patrons de migració verticals dels peixos marcats amb "pop-ups" al 2008, de la trajectòria d'un peix marcat amb una marca arxiu al 2008, i de les trajectòries dels peixos marcats amb "pop-ups" al 2009.

## Mètodes

Al 2008 es van dur a terme dues campanyes, una a l'agost i una al setembre, mentre que al 2009 hi va haver un total de nou campanyes, entre maig i setembre. Les tonyines més grans es van pescar amb canya i rodet, utilitzant la tècnica del bromeig, que es basa en tirar sardines picades com a esquer per atraure el peix mentre s'està fondejat o a la deriva. Quan va ser possible, es van pujar les tonyines a bord per ser marcades, i es va mesurar la llargada total de cada peix, arrodonida als



0,5 cm més propers. Quan no va ser possible pujar-les a coberta, se'ls va inserir la marca a la base de la segona aleta dorsal amb un arpó, i es va fer una estima del pes. Es van utilitzar dos tipus de dards diferents: el Domeier (13) i el Prince (2). Per a la captura dels juvenils, es van arrossegat uns esquers i, un cop capturats, se'ls pujava a bord per marcar-los mitjançant la inserció quirúrgica d'una marca arxiu (Wildlife Computers MK9). CLS (Collecte Localisation Satellites) va estimar les trajectòries, aplicant els filtres de Kalman de les geolocalitzacions basades en llum, i utilitzant com a factors de restricció la temperatura superficial i la batimetria obtingudes per satèl·lit (Nielsen *et al.*, 2006; Nielsen i Sibert, 2007; Royer *et al.*, 2005; Sibert *et al.*, 2003). L'error de geolocalització pel Mediterrani es va estimar en un a dos graus (F. Royer pers. comm.).

Se'ns van facilitar les dades sobre el temps que les tonyines del 2008 van estar a cada fondària, com el percentatge del temps que cada peix va passar en les diferents capes de profunditat durant els intervals de 12h considerats com a dia i nit (és a dir, de les 6:00 fins a les 18:00 GMT i de les 18:00 fins a les 6:00 GMT, respectivament). Les marques del 2008 van ser programades per a què enregistrassin la pressió, la intensitat de llum i la temperatura de l'aigua en intervals de 60 segons. I quant a la profunditat, es van establir les següents capes: 0, 0-10, 10-20, 20-50, 50-100, 100-150, 150-200, a partir d'aquí i fins als 800 m a intervals de 100 m, i l'última per sota dels 800 m.

## Resultats

Totes les marques "pop-up" van transmetre la seva posició al satèl·lit, i es van dibuixar les trajectòries d'aquelles tonyines que van tenir les marques enregistrant informació durant més de 30 dies (figs. 1, 2 i 3). Inicialment, i un cop es posava la marca, el període d'enregistrament programat era de 12 mesos, així doncs, es van donar alliberaments prematurs en totes les marques (taules 1 i 2). A causa dels problemes de transmissió, que són un gran repte al Mediterrani, no sempre es van rebre les dades correctament. Les taules 1 i 2 mostren el percentatge i el nombre de dies durant els quals es van rebre amb èxit les dades de llum, fondària i temperatura, i el percentatge i el nombre de dies durant els quals el satèl·lit va rebre només un o dos dels tres tipus de dades.

A l'agost del 2008, davant de la costa nord de Mallorca, es van marcar quatre tonyines adultes en llibertat (d'entre 50 i 200 kg de pes estimat) amb marques "pop-up" (Wildlife Computers MK 10) (taula 1 i fig. 1), mentre que al setembre del 2008 es van marcar 21 juvenils (de  $14,9 \pm 4,1$  kg de pes mig total) amb

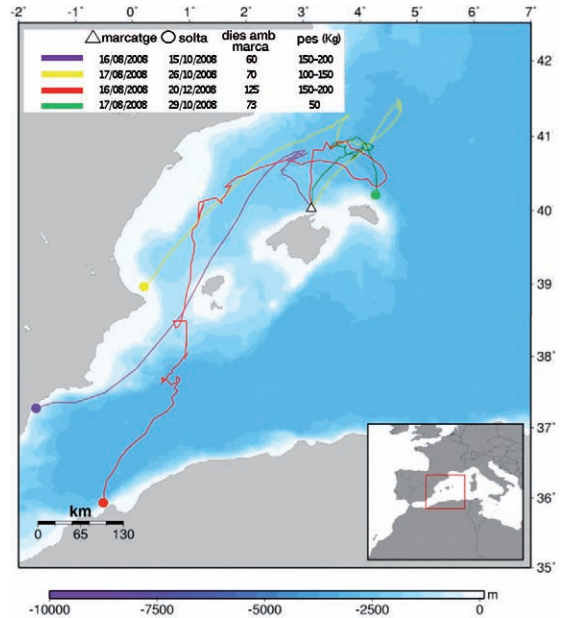


Figura 1. Estimació de les trajectòries de les quatre tonyines marcades amb "pop-ups" a mitjan agost del 2008 davant de Pollença (Mallorca).

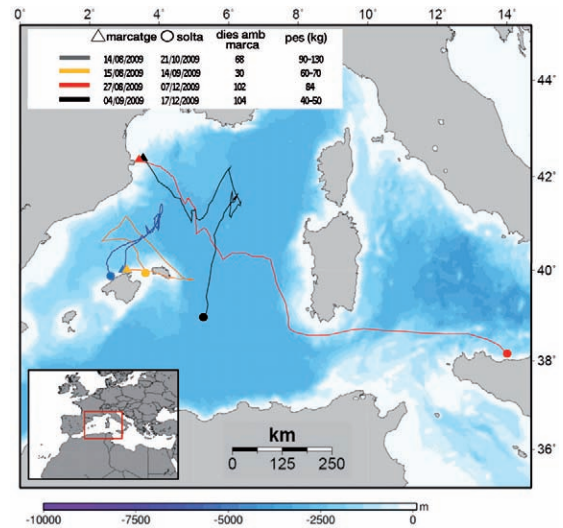


Figura 2. Estimació de les trajectòries de les quatre tonyines marcades (durant més de 30 dies) amb "pop-ups" al 2009. Les línies blava i groga: les dues tonyines adultes marcades a mitjan agost davant de la costa de Mallorca; les línies vermella i negra: les dues tonyines adultes marcades a començament de setembre davant de la costa de Roses al golf del Lleó.

marques arxiu al golf del Lleó (fig. 4). Quant al 2009, es van marcar un total d'11 adults (taula 2) i dos juvenils. De les tonyines adultes, dues, que pesaven 70 i 130 kg, van ser capturades i marcades a Pollença (al nord de Mallorca); cinc, que pesaven entre 40 i 130 kg, van ser marcades davant de la costa de Roses (Catalunya); i quatre, amb un pes d'entre 40 i 50 kg, van ser marcades a prop de la Fosa di Pomo, una zona ben coneguda de l'Adriàtic central on es pesca tonyina adulta. Les dues tonyines



Taula 1. Resum de quan es van posar i quan es van desprendre les marques 'pop-up' utilitzades al 2008 a la costa nord de Mallorca (illes Balears). 'Dies amb totes les dades' es refereix a la transmissió amb èxit dels tres tipus de dades (profunditat (P), llum (L) i temperatura (T)). 'P/L/T' vol dir els dies en els quals només es van rebre un o dos dels tres tipus de dades. 'Dies amb marca' significa els dies que va estar la marca posada a la tonyina, abans de deixar-se anar.

Número de marca	Àrea	Posició de marcatge	Posició de solta	Pes (kg)	Data de marcatge	Data de solta	Dies amb marca	Dies amb totes les dades	Perc (%)	P/L/T	Perc (%)	Dard
86241	Illes Balears	40°00'N 03°09'E	38°96'N 00°21'E	150-200	17/08/2008	26/10/2008	70	20	28,6	39	55,7	Domeier
86239	Illes Balears	40°00'N 03°09'E	35°88'N 00°49'W	150-200	16/08/2008	19/12/2008	125	17	13,6	12	9,6	Domeier
86246	Illes Balears	40°00'N 03°09'E	37°88'N 01°74'E	100-150	16/08/2008	15/10/2008	60	32	53,3	5	8,3	Domeier
86253	Illes Balears	40°00'N 03°09'E	40°26'N 04°29'E	50	17/08/2008	29/10/2008	73	8	11,0	34	46,6	Domeier

Taula 2. Resum de quan es van posar i quan es van desprendre les marques 'pop-up' utilitzades a les campanyes del 2009. Nota: (\*) Es van utilitzar dos dards per a subjectar la marca. 'Dies amb totes les dades' es refereix a la transmissió amb èxit dels tres tipus de dades (profunditat (P), llum (L) i temperatura (T)). 'P/L/T' vol dir els dies en els quals només es van rebre un o dos dels tres tipus de dades. 'Dies amb marca' significa els dies que va estar la marca posada a la tonyina, abans de deixar-se anar.

Número de marca	Àrea	Posició de marcatge	Posició de solta	Pes (kg)	Data de marcatge	Data de solta	Dies amb marca	Dies amb totes les dades	Perc (%)	P/L/T	Perc (%)	Dard
86245	Roses	42°20'N 03°20'E	39°04'N 07°09'E	80-90	03/09/2009	11/09/2009	8	-	-	-	-	Domeier
86254	Roses	42°18'N 03°19'E	41°39'N 04°17'E	70-80	03/09/2009	23/09/2009	20	-	-	-	-	Domeier
86248	Roses	42°20'N 03°20'E	41°25'N 04°03'E	60-70	04/09/2009	09/09/2009	5	-	-	-	-	Domeier
86256	Roses	42°23'N 03°20'E	38°58'N 05°19'E	40-50	04/09/2009	17/12/2009	104	15	14,4	58	55,8	Prince
86255	Illes Balears	40°01'N 03°01'E	39°46'N 02°40'E	90-130	14/08/2009	23/10/2009	70	42	60,0	5	7,1	Domeier
86238	Illes Balears	40°01'N 03°01'E	39°58'N 03°37'E	60-70	15/08/2009	14/09/2009	30	15	50,0	1	3,3	Domeier (*)
86247	Roses	42°20'N 03°20'E	38°09'N 14°00'E	84	27/08/2009	07/12/2009	102	1	1,0	83	81,4	Domeier (*)
86234	Adriàtic	42°48'N 14°35'E	43°46'N 13°42'E	40-50	13/09/2009	25/12/2009	103	4	3,9	68	66,0	Domeier
86235	Adriàtic	42°47'N 14°36'E	42°57'N 14°43'E	40-50	13/09/2009	14/09/2009	1	-	-	-	-	Domeier
86242	Adriàtic	42°49'N 14°37'E	30°38'N 19°02'E	47	14/09/2009	05/03/2010	172	21	12,2	135	78,5	Domeier (*)
86237	Adriàtic	42°48'N 14°37'E	42°37'N 15°42'E	37	14/09/2009	19/09/2009	5	-	-	-	-	Prince

Taula 3. Resum de quan es va posar i quan es va recuperar la marca arxiu utilitzada al 2008 al golf del Lleó. 'Dies amb marca' significa els dies que va estar la marca inserida dins de la tonyina, abans que la capturessin.

Número de marca	Àrea	Posició de marcatge	Posició de recuperació	Pes (kg)	Data de marcatge	Recuperació	Dies amb marca
890138	Roses	41°56'N 03°36'E	41°01'N 02°45'E	12,1	31/08/2008	26/09/2009	391





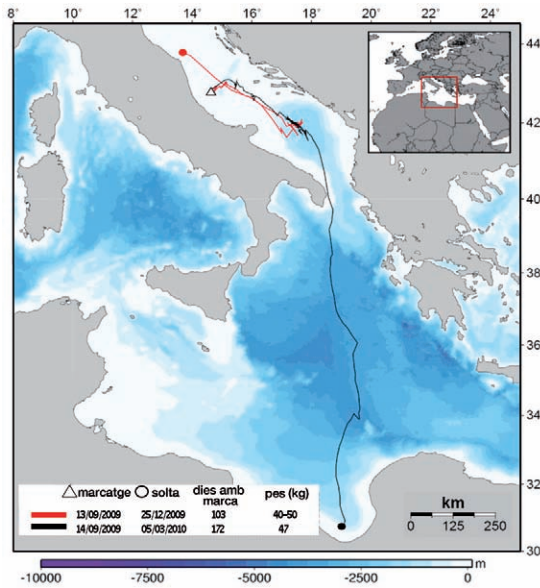


Figura 3. Estimació de les trajectòries de dues de les quatre tonyines marcades al mar Adriàtic al 2009.

juvenils (de 17 kg de pes mitjà) van ser marcades davant de Roses amb marques arxiu, a la mateixa zona que les que es mostren a la figura 4 de la campanya del 2008.

Les quatre marques “pop-up”, posades a mitjan agost del 2008, es van desprendre dels peixos i van transmetre les dades via satèl·lit al cap d'entre 60 i 125 dies (taula 1). Una anàlisi detallada de les seves trajectòries, que inclou la dimensió temporal (no inclosa aquí), mostra que tots van presentar un patró similar, en el qual romanien al nord de les illes Balears durant almenys 30 dies (fig. 1). A partir d'aquí, tres dels peixos van migrar cap al sud-oest i les seves marques es van desprendre davant de la costa sud-oriental d'Espanya i de la costa nord d'Algèria, entre mitjan octubre i mitjan desembre del 2008. La quarta tonyina va romandre al nord de Mallorca durant els 70 dies que va tenir la marca inserida, abans que es deixés anar al final d'octubre del 2008.

Una de les 21 marques arxiu utilitzades per marcar juvenils al 2008, va ser recuperada, en el Mediterrani occidental, per un palanquer professional, al cap de 391 dies d'haver estat inserida, i a unes 100 milles del lloc inicial del marcatge. Aquest juvenil, marcat davant de la costa de Roses el 31 d'agost del 2008, va passar dos mesos al voltant de les illes Balears abans de marxar veloçment cap a l'est, a començament de novembre, i estar els següents quatre mesos migrant lentament cap al sud, entre Còrsega i Sicília, en el mar Tirrè. A començament d'abril del 2009, quan estava a prop de la costa est de Tunísia, va tornar a migrar amb velocitat cap a l'oest, cap al mar Balear, on es va quedar donant voltes a les illes, fins que va ser capturat al final de setembre de 2009, a poques milles del punt de

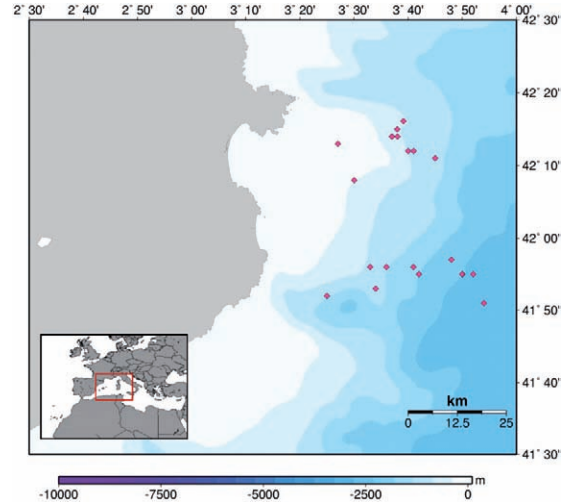


Figura 4. Distribució de les 21 tonyines juvenils marcades amb marques arxiu al 2008 davant de Roses (Catalunya).

marcatge (taula 3 i fig. 5). Aquesta última trajectòria dona informació privilegiada sobre els desplaçaments de les tonyines juvenils al mar Mediterrani durant un període de 12 mesos, i actualment s'està duent a terme una anàlisi detallada del conjunt de les dades enregistrades per aquesta marca.

De les 11 marques “pop-up” utilitzades al 2009 (taula 2), cinc (tres de la costa de Roses i dues del mar Adriàtic) es van deixar anar abans de 20 dies, proporcionant poca informació sobre el comportament dels peixos. No obstant això, les altres sis “pop-ups” no es van desprendre fins al cap d'entre 30 i 172 dies després del marcatge (figs. 2 i 3). Quant a les dues marques arxiu utilitzades al 2009, encara no han estat recuperades.

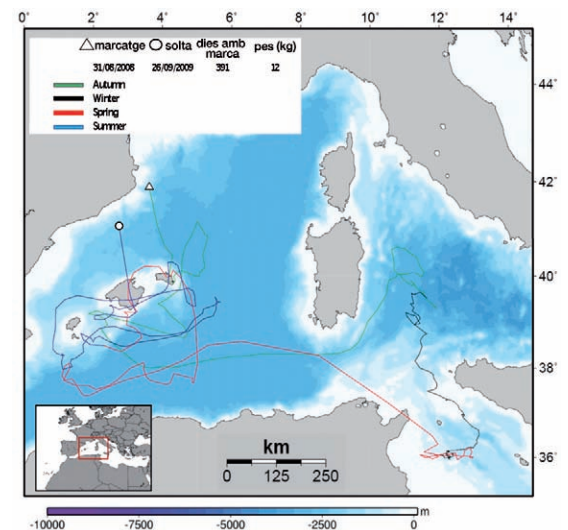


Figura 5. Estimació de la trajectòria de la tonyina juvenil marcada amb una marca arxiu a l'agost del 2008 al golf del Lleó. La marca es va recuperar prop de la posició inicial al cap de 391 dies d'estar inserida.



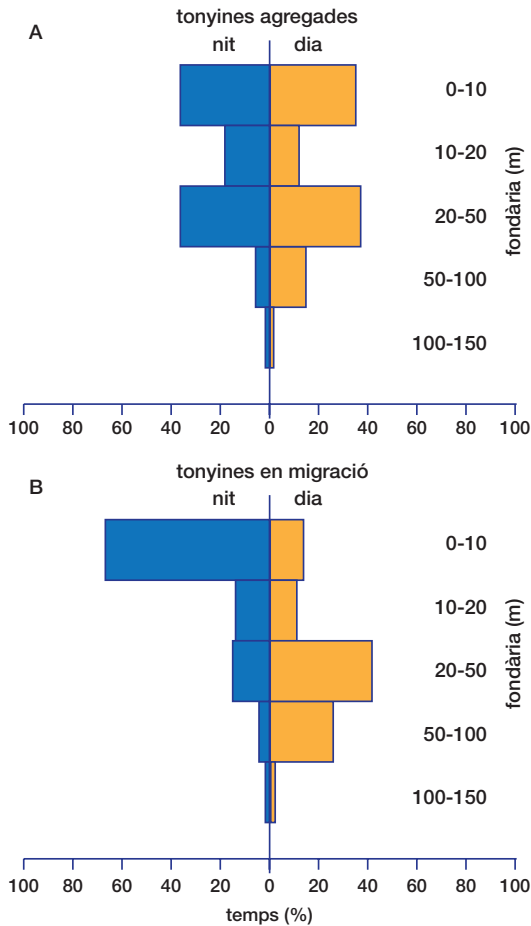


Figura 6. Percentatge del temps que van passar (a) les quatre tonyines mentre estaven agregades al nord de Mallorca i Menorca, i (b) les tres tonyines més grans (TagID 86246, 86241 and 86239) mentre migraven cap al sud-oest, a les diferents fondàries, durant el dia i la nit, al 2008.

Les dues tonyines adultes marcades a mitjan agost del 2009, davant de la costa de Mallorca, van mostrar un patró similar a les marcades durant el mateix mes al 2008 (fig. 2), i es van quedar durant 30 i 70 dies a les aigües al nord de Mallorca, fins que les marques es van desprendre a mitjan setembre i al final d'octubre del 2009, respectivament (taula 2). Les dues tonyines (que van proporcionar dades durant més de 30 dies) marcades al final d'agost i començament de setembre del 2009 davant de Roses, al golf del Lleó, van viatjar cap al sud-est (fig. 2), i es van quedar per les aigües entre les illes Balears, Sardenya i Còrsega durant un temps. Quan les marques es van deixar anar a mitjan desembre (després de 102 i 104 dies d'haver fet el marcatge), una de les tonyines seguia en aquesta zona, mentre que l'altra havia viatjat cap al nord de Sicília, al mar Tirrè. Aquest comportament s'assembla al que es va observar en el juvenil marcat al 2008 amb la marca arxiu (fig. 5).

De les dues marques "pop-up" posades al mar Adriàtic (davant de la costa de San Bene-

detto del Tronto, al centre est d'Itàlia), que van estar subjectes durant més de 30 dies (taula 2), una es va deixar anar al cap de 103 dies, i va mostrar que el peix, no només no va sortir del mar Adriàtic, sinó que a més semblava preferir les zones de més fondària (fig. 3). L'altra va mostrar un patró similar durant el primer mes, però després va sortir del mar Adriàtic en direcció sud i la seva trajectòria enregistrada va acabar al cap de 172 dies a prop de la costa de Líbia (fig. 3).

L'anàlisi dels desplaçaments verticals de les quatre tonyines marcades amb "pop-ups" al 2008, va mostrar que, durant el període en què van romandre al nord de les illes Balears (fig. 1), van utilitzar sobretot els primers 50 m de fondària, tant durant el dia com durant la nit (fig. 6A). Els perfils de temperatura obtinguts a partir de les marques (no presentats aquí) van mostrar una marcada termoclina entre els 20 i els 50 m, tal i com és d'esperar al Mediterrani en aquesta època de l'any. Per a les tres tonyines més grans (de pes superior als 100 kg: TagIDs 86246, 86241 i 86239; taula 1), que van migrar cap al sud-oest, el patró va ser diferent (figs. 1 i 6B). Durant la seva migració, i coincidint amb un afebliment de la termoclina, aquestes tonyines van mostrar una preferència evident a romandre a la capa dels 0-10 m, durant la nit, i dels 20 als 100 m, durant el dia (quasi un 70 % del temps en tots dos casos, fig. 6B). Quant a la fondària, la tonyina de 50 kg que no va migrar, no va mostrar cap canvi en la seva preferència durant tot l'enregistrament de la seva trajectòria.

## Discussió

Els nostres resultats preliminars han evinciat que cap de les tonyines adultes va sortir del Mediterrani, al cap d'entre 30 i 391 dies després de ser marcades. Aquest descobriment no concorda amb la coneguda hipòtesi que, immediatament després de la posta, la tonyina vermella del Mediterrani comença una migració tròfica cap a l'oceà Atlàntic (De la Serna *et al.*, 2004; De Metrio *et al.*, 2005a; De Metrio *et al.*, 2005b). Els resultats de marcatges electrònics anteriors, que no van comprendre les illes Balears, van concloure que, després de la posta, les tonyines grans de més de 150 kg migraven cap a fora del Mediterrani, tot i que alguns individus es quedaven a l'oest de l'estret de Gibraltar (De Metrio *et al.*, 2005a).

Les dades del 2008 van mostrar un patró més complex, amb una fase de residència temporal cap al final d'estiu, al nord de les illes Balears, seguit d'una migració cap al sud-oest del Mediterrani fins, com a mínim, al desembre (fig. 1). A més, les marques "pop-up" del 2009 i la marca arxiu recuperada al mar Català després de 391 dies, van mostrar un patró



oposat de migració. Les trajectòries resultants van mostrar que, en comptes de sortir del mar Mediterrani, la tonyina juvenil amb la marca arxiu (TagID 890138) va anar desplaçant-se cap al sud-est, va travessar el Mediterrani occidental, passant l'hivern en el Mar Tírrè i al sud de Sicília, i, a la primavera, va tornar cap al sud del mar Balear (fig. 5). Aquest patró de migració és similar a l'observat per una de les tonyines adultes marcades al 2009 al golf del Lleó, que es va quedar dins del mar Mediterrani, mantenint-se allunyada de l'estret de Gibraltar (fig. 2).

Aquests resultats suggereixen que per a certes tonyines associades amb el mar Balear, pot ser que la migració cap a l'Atlàntic es doni considerablement més tard durant l'any, o pot ser que durant un any determinat ni tan sols es doni. Fromentin (2010) també ho recolza, suggerint un temps de residència en el Mediterrani superior al que s'esperava. Les tonyines marcades durant l'estudi de Fromentin al sud de França, estaven relacionades amb una possible zona d'alimentació o per passar l'hivern, situada mar endins al golf del Lleó, i una d'elles va migrar cap al Mediterrani central.

Amb relació als desplaçaments verticals, una anàlisi més detallada de la tonyina marcada amb una "pop-up" al 2008 davant l'illa de Mallorca, va mostrar dos patrons de comportament ben diferenciats (figs. 6a i b). En el primer, el patró "residencial", es va observar un ús continu de l'hàbitat des de la superfície fins a la termoclina, a 50 m de fondària en zones d'aigües profundes, tant durant el dia com la nit, durant més d'un mes en la zona d'agregació (al nord de les illes Balears). Salat (1996) va indicar que aquesta regió està dominada per característiques dinàmiques de mesoescala, representades per un gir ciclònic, ben definit i possiblement permanent, i un front tèrmic. I Fromentin i Powers (Fromentin i Powers, 2005) van relacionar aquestes agregacions amb alimentació, el que suggereix que l'agregació al nord de les illes durant el 2008 va ser per motius alimentaris i no reproductors, ja que, segons el descrit, la zona, el període de temps i les condicions oceanogràfiques no eren els òptims per a la reproducció. Malgrat que encara no s'han analitzat els desplaçaments verticals dels individus marcats al mateix lloc al 2009, les trajectòries són similars a les enregistrades al 2008.

En el segon patró, el "migratori", que només es va observar en les tres tonyines més grans ( $\geq 150$  kg) mentre viatjaven cap al sud-oest, es va advertir una preferència per aigües superficials durant la nit, i visites freqüents a fondàries més profundes durant el dia. Sembla que aquest canvi està relacionat amb la modificació que es va donar en les condicions hidrològiques predominants. Per altra banda, la tonyina més petita, que no va migrar,

va seguir mostrant el primer comportament, el "residencial", fins que se li va desprendre la marca (taula 1).

Amb els antecedents del 2008, es pot plantejar la hipòtesi que, després de la reproducció, almenys algunes de les tonyines vermelles associades amb l'àrea de posta de les Balears, realitzin una migració tròfica cap al sud-oest del Mediterrani i que puguin arribar a l'Atlàntic. Es tractaria doncs d'un patró de migració esglaonada, a través del qual les tonyines adultes, primer passarien bastant de temps alimentant-se en les aigües al nord de les illes Balears i després, i de vegades, en altres zones adequades. A més, sembla que existeix una zona d'alimentació o per passar l'hivern al sud del mar Tírrè, tal i com ho suggereixen el juvenil marcat al 2008 al golf del Lleó, i els adults marcats amb "pop-ups" a la mateixa zona al 2009.

Les marques de l'Adriàtic també indiquen que en aquest mar els peixos podrien preferir les zones més profundes, probablement relacionades amb característiques hidrològiques, més productives biològicament. Així mateix, la marca que va estar inserida durant més de cinc mesos, o sigui, la que va durar més, va mostrar una possible relació entre les tonyines que habiten al mar Adriàtic i les que s'agreguen davant la costa de Líbia. Aquests resultats coincideixen amb la descripció de la trajectòria d'un juvenil marcat en una granja de Croàcia al 1999, el qual, després d'anar cap als mars Adriàtic, Iònic i Egeu, va acabar a les aigües de davant de Líbia (FAO, 2005), el que estableix, per tant, una probable relació entre la població demogràfica de l'Adriàtic i una de les zones de posta principals per a l'espècie, situada davant de Líbia.

L'alliberament prematur detectat en les "pop-ups" podria ser la combinació d'almenys dos factors: la utilització d'un sol punt d'ancoratge (excepte en dues tonyines, vegeu la taula 1), que pot afectar la integritat de la marca i de l'ancoratge; i la utilització d'un arpó per marcar les tonyines dins l'aigua, que pot resultar en una inserció del dard menys precisa. Una altra dificultat seria la relacionada amb la transmissió de les dades, segons la qual, el percentatge més baix de dades transmises va correspondre a la zona propera a Sicília.

Avui dia se segueixen portant a terme les activitats de marcatge, les quals seguiran durant els propers anys. També s'està realitzant una anàlisi més detallada del conjunt de dades enregistrat per les marques al 2008 i 2009, la qual integrarà dades hidrològiques per ajudar a entendre els patrons verticals i horitzontals.

## Agraïments

Els autors volen expressar la seva gratitud, sobretot a la Fundació Príncep Albert II, que va





aportar l'ajuda financera necessària per al projecte. Els autors també estan realment agraïts a la Confederació Espanyola de Pesca Recreativa Responsable i a la tripulació de totes les seves embarcacions que van ajudar en el marcatge, als ports que van participar en les competicions de pesca i marcatge, així com a la col·laboració del vaixell "Columbus" de WWF França i a la seva tripulació. Tots els aquí mencionats van ser peces essencials per fer possible la iniciativa de marcatge "On the med Tuna Trail". Igualment ens agradaria agrair l'accés gratuït al programa Maptool (seaturtle.org).

## Referències

- De la Serna, J.M., Alot, E., Majuelos, E. i Rioja, P. (2004). La migración trófica post reproductiva del atún rojo (*Thunnus thynnus*) a través del estrecho de Gibraltar. *ICCAT Collective Volume of Scientific Papers*, 56(3): 1196-1209.
- De Metrio, G., Arnold, G.P., De la Serna, J.M., Block, B.A., Megalofonou, P., Lutcavage, M., Oray, I.K. i Deflorio, M. (2005a). Movements of bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L) tagged in the Mediterranean Sea with pop-up satellite tags. *ICCAT Collective Volume of Scientific Papers*, 58(4): 1337-1340.
- De Metrio, G., Arnold, G.P., De la Serna, J.M., Megalofonou, P., Sylos Labini, G., Deflorio, M., Buckley, A., Cort, J.L., Yannopoulos, C. i Pappalepore, M. (2005b). Movements and migrations of North Atlantic Bluefin tuna tagged with pop-up satellite tags. A: Spedicato, M.T., Lembo, G. i Marmulla, G. (eds.), *Aquatic Telemetry: advances and applications*. Proceedings of the 5th Conference on Fish Telemetry held in Europe. FAO/COISPA, Rome.
- De Metrio, G., Oray, I.K., Arnold, G.P., Lutcavage, M., Deflorio, M., Cort, J.L., Karakulak, S., Anbar, N. i Ultanur, M. (2004). Joint Turkish-Italian research in the eastern Mediterranean: bluefin tuna tagging with PopUp satellite tags. *ICCAT Collective Volume of Scientific Papers*, 56(3): 1163-1167.
- FAO (2005). *General Fisheries Commission for the Mediterranean. Commission Générale des pêches pour la Méditerranée*. Report of the eighth session of the Scientific Advisory Committee. FAO Fisheries Report No. 789. FIPL/R789 (Bi). Tirana, Albania, 25-28 October 2005. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0455b/a0455b00.pdf>.
- Fromentin, J.M. (2010). Tagging bluefin tuna in the Mediterranean Sea: Challenge or Mission: Impossible? *ICCAT Collective Volume of Scientific Papers*, 65(3): 812-821.
- Fromentin, J.M. i Powers, J.E. (2005). Atlantic bluefin tuna: population dynamics, ecology, fisheries and management. *Fish and Fisheries*, 6: 281-306.
- Mackenzie, B.R., Mosegaard, H. i Rosenberg, A.A. (2008). Impending collapse of bluefin tuna in the northeast Atlantic and Mediterranean. *Conservation Letters*, 2: 26-35.
- Nielsen, A., Bigelow, K.A., Musyl, M.K. i Sibert, J.R. (2006). Improving light-based geolocation by including sea surface temperature. *Fisheries Oceanography*, 15(4): 314-325.
- Nielsen, A. i Sibert, J.R. (2007). State-space model for light-based tracking of marine animals. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 64(8): 1055-1068.
- Rooker, J.R., Alvarado Bremer, J.R., Block, B.A., Dewar, H., De Metrio, G., Corriero, A., Kraus, R.T., Prince, E.D., Rodriguez-Marin, E. i Secor, D.H. (2007). Life history and stock structure of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Reviews in Fisheries Science*, 15(4): 265-310.
- Royer, F., Fromentin, J.M. i Gaspar, P. (2005). A state-space model to derive bluefin tuna movement and habitat from archival tags. *Oikos*, 109: 473-484.
- Safina, C. i Klinger, D.H. (2008). Collapse of bluefin tuna in the Western Atlantic. *Conservation Biology*, 22(2): 243-246.
- Salat, J. (1996). Review of hydrographic environmental factors that may influence anchovy habitats in northwestern Mediterranean. *Scientia Marina*, 60(Supl. 2): 21-32.
- SCRS (2008). *Report of the 2008 Atlantic bluefin tuna stock assessment session*. Madrid, Spain, June 23 to July 4, 2008. [http://www.iccat.int/Documents/Meetings/Docs/2008\\_BFT\\_STOCK\\_ASSESS\\_REP.pdf](http://www.iccat.int/Documents/Meetings/Docs/2008_BFT_STOCK_ASSESS_REP.pdf).
- Sibert, J.R., Musyl, M.K. i Brill, R.W. (2003). Horizontal movements of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) near Hawaii determined by Kalman filter analysis of archival tagging data. *Fisheries Oceanography*, 12(3): 141-151.
- Yamashita, H. i Miyabe, N. (2001). Report of bluefin tuna archival tagging conducted by Japan in 1999 in the Adriatic Sea. *ICCAT Collective Volume of Scientific Papers*, 52(2): 809-823.

