

# Post-evaluación del plan de gestión de la anguila europea de Andalucía



**ÍNDICE**

<b>Introducción</b>	6
<b>1. MEDIDAS DEL PLAN DE RECUPERACIÓN</b>	8
1.1. Medidas de gestión y control y reducción de la pesca profesional y recreativa y efecto producido por las mismas	8
1.1.1. Prohibición de la pesca de la anguila en las aguas andaluzas por 10 años	8
1.2. Medidas estructurales y medioambientales de mejora de los hábitats fluviales	11
1.2.1. Medidas para evitar la entrada y mortalidad de anguila en las tomas de agua	11
1.2.2. Medidas destinadas a incrementar la cantidad y la calidad del hábitat	13
1.2.2.1. Propuesta de medidas destinadas a incrementar la cantidad y la calidad del hábitat	14
1.2.2.1.a. Propuesta de permeabilización de presas	14
1.2.2.1.b. Identificación de los primeros obstáculos en la migración anádroma de la anguila en las cuencas fluviales ubicadas por debajo de la presa de Alcalá del río	42



1.2.2.1.c. Catálogo de obstáculos a las rutas migratorias en el Espacio Natural Doñana	58
1.2.2.1.d. Propuesta de tramos fluviales y humedales para la reintroducción de la anguila en Andalucía	96
1.3. Medidas de repoblación	120
1.3.1. Puesta en marcha del Centro de Cría y Conservación de Peces Amenazados (CECCPA).	120
1.3.2. Repoblaciones	122
1.3.2.1. Repoblaciones de angulones tras cría y engorde	122
1.3.2.2. Repoblaciones de anguilas indiferenciadas >12 cm en cuencas distintas a las del origen	130
1.3.3. Recuperación de angulas tras la inspección del Servicio de Protección de la Naturaleza (SEPRONA) a las instalaciones de la empresa PESCACIAL S.L.	131
<b>2. RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN</b>	134
2.1. La proporción de la biomasa de anguilas plateadas que llega al mar para desovar, relativa al objetivo de nivel de fuga establecido en el artículo 2(4)	134
2.2. El nivel de capturas actual y la reducción alcanzada	141
2.3. El nivel de los factores de mortalidad ajenos a la actividad pesquera propiamente dicha, y la reducción efectuada con arreglo a lo dispuesto en	144



el artículo 2

2.4. La cantidad de anguilas de menos de 12 cm de longitud capturadas y la proporción de las mismas utilizadas para diferentes fines 148

**Bibliografía** 135



## Introducción.

El Reglamento (EC) No 1100/2007 en su artículo 9 requiere a los estados miembros a informar y evaluar la efectividad y el resultado de sus planes de gestión nacionales cada tres años empezando el 30 de junio del 2012:

### *Informes y evaluación*

1. Los Estados miembros informarán a la Comisión, inicialmente, cada tres años, y el primer informe se presentará a más tardar el 30 de junio de 2012. Una vez que se hayan presentado los tres primeros informes trienales, la frecuencia se reducirá a uno cada seis años. Los informes indicarán el tipo de control realizado, su eficacia y resultados, y proporcionarán, en particular, las mejores estimaciones de que se disponga respecto a:

a) para cada Estado miembro, **la proporción de la biomasa de anguilas plateadas que llega al mar para desovar**, o la proporción de biomasa de anguilas plateadas que abandona el territorio de dicho Estado miembro como parte de una migración mar adentro para desovar, **relativa al objetivo de nivel de fuga establecido en el artículo 2**, apartado 4;

b) **el nivel de esfuerzo pesquero dedicado anualmente a la captura de anguilas y la reducción efectuada** con arreglo a lo dispuesto en los artículos 4, apartado 2 y 5, apartado 4;

c) **el nivel de los factores de mortalidad ajenos a la actividad pesquera propiamente dicha, y la reducción efectuada con arreglo a lo dispuesto en el artículo 2**, apartado 10;

d) **la cantidad de anguilas de menos de 12 cm de longitud capturadas y las proporciones de estas utilizadas para diferentes fines.**

2. A más tardar el 31 de diciembre de 2013, la Comisión presentará al Parlamento Europeo y al Consejo una evaluación estadística y científica sobre los resultados de la aplicación de los planes de gestión de la anguila, junto con el dictamen del Comité Científico, Técnico y Económico de la Pesca.



*3. Teniendo en cuenta el informe mencionado en el apartado 2, la Comisión propondrá cualquier medida adecuada para lograr con una elevada probabilidad la recuperación de la población de anguila europea y el Consejo decidirá por mayoría cualificada medidas alternativas para lograr el objetivo de nivel de fuga establecido en el artículo 2, apartado 4, o la reducción del esfuerzo pesquero desplegado con arreglo al artículo 4, apartado 2 y al artículo 5, apartado 4.*

En el presente informe se recogen las medidas implementadas hasta la fecha para la Comunidad Autónoma Andaluza.



## 1. MEDIDAS DEL PLAN DE RECUPERACIÓN.

### 1.1. Medidas de gestión y control y reducción de la pesca profesional y recreativa y efecto producido por las mismas.

#### 1.1.1. Prohibición de la pesca de la anguila en las aguas andaluzas por 10 años.

La principal medida desarrollada en este sentido ha sido la publicación del Decreto 396/2010, de 2 de noviembre, por el que se establecen medidas para la recuperación de la anguila europea (*Anguilla anguilla*) (BOJA 221 de 12 de noviembre de 2010). El presente Decreto viene a desarrollar las previsiones legales en lo que respecta a la protección y recuperación de la anguila con sujeción a lo dispuesto en el Reglamento (CE) núm. 1100/2007 del Consejo, de 18 de septiembre de 2007 por el que se establecen medidas para la recuperación de la población de anguila europea. (ANEXO I).

Los aspectos a destacar del presente decreto son los siguientes:

#### Artículo 2. Medidas de recuperación.

*1. En virtud de lo dispuesto en el artículo 20 de la Ley 8/2003, de 28 de octubre, de la Flora y la Fauna Silvestres, y en el artículo 6.3 de la Ley 1/2002, de 4 de abril, de Ordenación, Fomento y Control de la Pesca Marítima, el Marisqueo y la Acuicultura Marina, queda prohibida la captura de la anguila europea (*Anguilla anguilla*), en cualquiera de sus fases de desarrollo, en las aguas marítimas interiores y continentales de Andalucía.*

*2. La prohibición contenida en el párrafo anterior se aplicará durante un período de diez años desde la entrada en vigor del presente Decreto.*

#### Artículo 3. Excepción al régimen general.



*2. No será de aplicación la prohibición prevista en el artículo anterior en aquellos casos en los que de forma excepcional y expresa, la conveniencia de captura se formalice mediante instrumentos de colaboración suscritos entre los titulares de instalaciones de acuicultura y la Consejería de Medio Ambiente.*

#### Artículo 5. Ayudas.

*La Administración de la Junta de Andalucía podrá otorgar ayudas destinadas al fomento de la acuicultura de la especie, así como otras destinadas a la recuperación de las poblaciones de la anguila europea.*

Teniendo en cuenta lo expuesto en los párrafos anteriores, en las Tablas 1 y 2 se muestra un resumen de las medidas contempladas de gestión, control y reducción de la pesca profesional y recreativa en Andalucía. Las casillas de reducción del esfuerzo de pesca y cambio en la cuota muestran las siglas NP (No Pertinente) en ambas Tablas, ya que en el Plan de Gestión de la anguila en Andalucía (en adelante PGA) no se contemplan dichas medidas.

Por otro lado, en lo referente al cierre temporal de la pesca de la anguila plateada, amarilla y angula, se especifica que en la situación pre-PGA se podía pescar durante los 365 días al año. Una vez introducida la veda de pesca, se incrementó el cierre temporal en 365 días al año entre 2010 y 2013. Durante la campaña 2013-2014, la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (en adelante CMAOT) y la piscifactoría PIMSA S.A. (la mayor explotación de anguilas en Andalucía) suscribieron un acuerdo a través del cual se le permitía la pesca de la especie (no diferenciada entre fase amarilla y plateada) siempre y cuando se reservase el 60% de la superficie de la piscifactoría sin explotar. En ese momento (considerado año 2014 en la Tabla 1) la veda de pesca de la anguila descendió a 216 días, ya que la campaña de pesca de la piscifactoría se extendió entre el 30-12-2014 hasta el 28-05-2014 (149 días). En el caso de la angula, se mantuvieron los 365 días de veda.



Tabla 1. Descripción de las medidas pesqueras implementadas anualmente en la pesquería comercial en el PGA de Andalucía.

	Unidades	Situación pre-PGA	Año					
			2009	2010	2011	2012	2013	2014
Reducción del esfuerzo en anguila plateada			NP	NP	NP	NP	NP	NP
Reducción del esfuerzo en anguila			NP	NP	NP	NP	NP	NP
Reducción del esfuerzo en anguila			NP	NP	NP	NP	NP	NP
Cambio en la cuota de anguila plateada			NP	NP	NP	NP	NP	NP
Cambio en la cuota de anguila amarilla			NP	NP	NP	NP	NP	NP
Cambio en la cuota de anguila			NP	NP	NP	NP	NP	NP
Introducción/incremento de cierres temporales en anguila plateada	Días	365	0	365	365	365	365	216
Introducción/incremento de cierres temporales en anguila amarilla	Días	365	0	365	365	365	365	216
Introducción/incremento de cierres temporales en anguila	Días	365	0	365	365	365	365	365
Introducción/incremento de tallas mínimas	mm		NP	NP	NP	NP	NP	NP

En el caso de la pesca deportiva (Tabla 2), la veda de la anguila se mantuvo los 365 días del año para la anguila amarilla, plateada y anguila.



Tabla 2. Descripción de las medidas pesqueras implementadas anualmente en la pesquería recreativa en el PGA de Andalucía.

	Unidades	Situación pre-PGA	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Reducción del esfuerzo en anguila plateada			NP	NP	NP	NP	NP	NP
Reducción del esfuerzo en anguila amarilla			NP	NP	NP	NP	NP	NP
Reducción del esfuerzo en angula			NP	NP	NP	NP	NP	NP
Cambio en la cuota de anguila plateada			NP	NP	NP	NP	NP	NP
Cambio en la cuota de anguila amarilla			NP	NP	NP	NP	NP	NP
Cambio en la cuota de angula			NP	NP	NP	NP	NP	NP
Introducción/incremento de cierres temporales en anguila plateada	Días	365	0	365	365	365	365	365
Introducción/incremento de cierres temporales en anguila amarilla	Días	365	0	365	365	365	365	365
Introducción/incremento de cierres temporales en angula	Días	365	0	365	365	365	365	365
Introducción/incremento de tallas mínimas	mm		NP	NP	NP	NP	NP	NP
Introducción de captura y liberación	%		NP	NP	NP	NP	NP	NP

## 1.2. Medidas estructurales y medioambientales de mejora de los hábitats fluviales.

### 1.2.1. Medidas para evitar la entrada y mortalidad de anguila en las tomas de agua.

En el informe de post-evaluación de 2012, se consideró la muerte por golpeo con estructuras metálicas de las tomas de agua, como el factor más determinante en la falta de conectividad necesaria para la migración catádroma de la anguila. En dicho informe, se asumió que la cantidad de anguila aguas arriba de estos embalses debiera ser mínima. Sin embargo, tras disponer de mayor información en esta fase del PGA, hemos registrado testimonios de responsables de presas como la del Guadalcaçín,



Guadarranque, Charco Redondo y Celemín, que afirman ver anguilas aguas arriba de la presa donde incluso atoran los conductos de base al llevar a cabo las descargas programadas entre octubre y marzo. Además, de entre las presas con centrales hidroeléctricas en Andalucía, la de Alcalá de Río en el Guadalquivir y la del Corchado en el Guadiaro, presentan un claro indicio de impacto a tener en cuenta. La primera debe de estar aumentando recientemente la mortandad, puesto que se han realizado varias migraciones asistidas justo aguas arriba de la presa. Y por otro lado, en la del Corchado, suponemos que existe una población considerable aguas arriba de las represas que hacen de cámaras de carga en el complejo hidroeléctrico Corchado-Buitreras, ya que todo parece indicar, que las anguilas que obstruyen los conductos de base del Guadalquivir, en realidad provengan del trasvase construido en el Guadiaro desde la represa de Buitreras al Majaceite, principal curso que aporta agua al embalse del Guadalquivir. Por lo tanto, en base a esta información, aceptamos que existe una mortalidad relacionada con las tomas de agua a tener en cuenta, pero que debido al reciente conocimiento de las anteriores presencias de anguila aguas arriba de las presas, junto con las sueltas descritas que comenzaron hace no más de un año, aún no se han proyectado medidas específicas para evitar la mortalidad por entrada en las tomas de agua (NP, Tabla 3).



Tabla 3. Descripción de las medidas para evitar la entrada y mortalidad de anguila en las tomas de agua (incluye instalaciones hidroeléctricas) en el PGA de Andalucía.

	Pantallas (n)	Otros evasores de entrada (n)	Atrapar y transportar (kg)	Desconexión temporal de turbinas (días)	Otras
Pre_PGA	NP	NP	NP	NP	
2009	NP	NP	NP	NP	
2010	NP	NP	NP	NP	
2011	NP	NP	NP	NP	
2012	NP	NP	NP	NP	
2013	NP	NP	NP	NP	
2014	NP	NP	NP	NP	

### 1.2.2. Medidas destinadas a incrementar la cantidad y la calidad del hábitat

A partir de 2014, la CMAOT ha llevado a cabo una serie de migraciones asistidas destinadas a incrementar la cantidad del hábitat disponible en la cuenca del Guadalquivir (Tabla 4). Éstas son un tipo de medidas que no pueden ser consideradas como repoblaciones propiamente dichas, ya que en realidad, al realizar la suelta de individuos en la misma cuenca de origen, ni aumenta el número de individuos en dicha cuenca, ni aumenta la probabilidad de supervivencia como se hace en un centro de cría, sino que simplemente, se les ayuda a superar un obstáculo. Las migraciones asistidas se han llevado a cabo con anguilas amarillas (> 12 cm de LT) y plateadas, capturadas en la piscifactoría Veta la Palma, propiedad de PIMSA S.A., situada en las marismas del Guadalquivir y transportadas aguas arriba de la primera gran presa del Guadalquivir en Alcalá del Río.



Tabla 4. Relación de las migraciones asistidas llevadas a cabo por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio hasta mayo de 2015 dentro del PGA.

<b>Fecha</b>	<b>Biomasa (kg)</b>	<b>Origen</b>	<b>Destino</b>
13/03/2014	46,00	Veta la Palma	Rio Guadalquivir
20/03/2014	38,20	Veta la Palma	Rio Guadalquivir
27/03/2014	27,50	Veta la Palma	Rio Guadalquivir
02/04/2014	15,50	Veta la Palma	Rio Guadalquivir
08/04/2014	23,00	Veta la Palma	Rio Guadalquivir
11/04/2014	41,25	Veta la Palma	Rio Guadalquivir
15/04/2014	53,50	Veta la Palma	Rio Guadalquivir
23/04/2014	23,25	Veta la Palma	Rio Guadalquivir
30/04/2014	73,50	Veta la Palma	Rio Guadalquivir
07/05/2014	82,50	Veta la Palma	Rio Guadalquivir
14/05/2014	38,75	Veta la Palma	Rio Guadalquivir
21/05/2014	26,50	Veta la Palma	Rio Guadalquivir

### **1.2.2.1. Propuesta de medidas destinadas a incrementar la cantidad y la calidad del hábitat.**

Aparte de las migraciones asistidas, el resto de medidas destinadas a incrementar la cantidad y calidad del hábitat están aún en fase de propuesta o de proyecto. La medida proyectada más próxima se llevará a cabo a partir de junio de 2015, cuando la CMAOT comience la permeabilización del primer obstáculo que se encuentra la anguila en su migración anádroma en el río Rivera de Huelva a la altura del municipio de Guillena (Sevilla), y posteriormente, otras dos permeabilizaciones similares en el río Guadaira. Por otro lado, dentro del PGA, se han estudiado una serie de propuestas cuyo objetivo principal es el incremento del hábitat disponible.

#### **1.2.2.1.a. Propuesta de permeabilización de presas.**

Uno de los principales impactos que provocan las presas sobre el ciclo biológico de la anguila es el bloqueo de sus rutas migratorias (Figura 1). En la migración anádroma



impiden el acceso a los hábitats de crecimiento situados aguas arriba de las presas. El hacinamiento de individuos aguas abajo provoca una disminución de la condición somática al aumentar la competencia por los recursos y un aumento del número de machos en la zona (Sinha y Jones 1966; Vøllestad y Jonsson 1988; Laffaille *et al.* 2003).



Figura 1. Presas del Celmín (izquierda) y del Guadarranque (derecha).

En la migración catádroma, estos obstáculos alteran el periodo migratorio y, aquellas dedicadas a la producción eléctrica, causan graves daños al stock reproductor al obligarlo a pasar por las turbinas provocando la consiguiente mortandad (Figura 2).

Conscientes de que un plan de recuperación de una especie tan peculiar como la anguila pasa obligatoriamente por recuperar las rutas migratorias hoy bloqueadas, en el presente apartado se hace un análisis de las grandes presas responsables de dichos bloqueos.





Figura 2. Anguilas muertas tras su paso por una turbina.

En primer lugar, se analizó el catálogo andaluz de centrales hidroeléctricas. Se incluyeron tanto las grandes presas con central hidroeléctrica (> 15 m de altura) como las minicentrales. Esta selección partió del inventario de unidades de producción energética ubicadas en el territorio andaluz

(<http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/ciudadania/energia-andalucia/cartografia-energetica/miea> visualizado el 15 de mayo de 2015) (Figura 3). De este inventario inicial se seleccionaron todas aquellas entidades ubicadas a menos de 1,5 km de algún cauce fluvial (ArcGIS v. 9.3), y las 396 estructuras resultantes fueron

inspeccionadas visualmente mediante ortofoto

(<http://www.ideandalucia.es/portal/web/ideandalucia/inicio>), seleccionando aquellas que constituían, *a priori*, un verdadero obstáculo para la migración de las anguilas (Tabla 5).



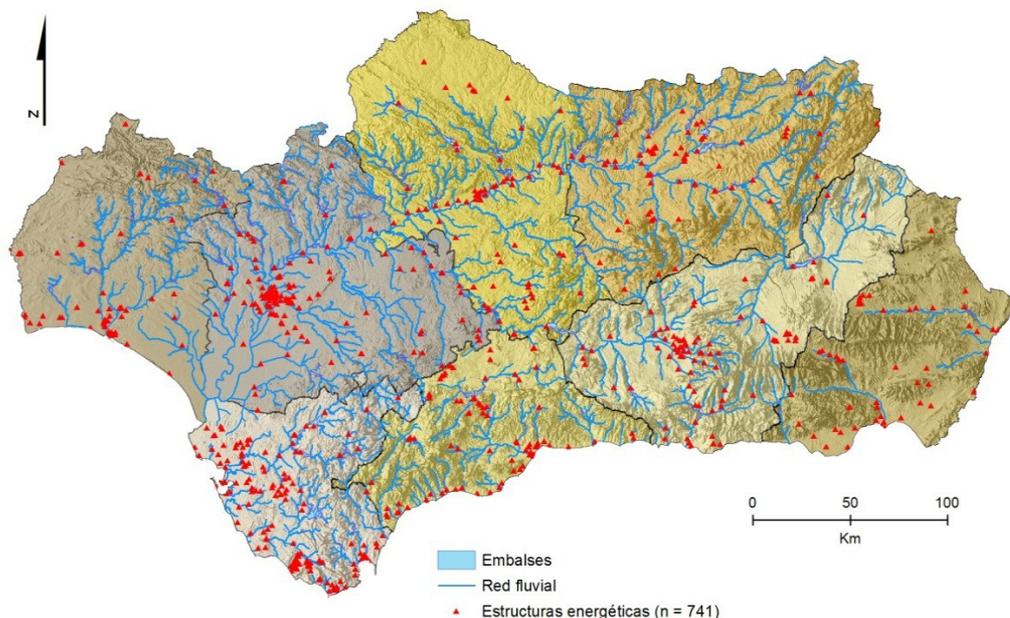


Figura 3. Estructuras energéticas en Andalucía.

Para ampliar este catálogo con las presas cuya finalidad no es el aprovechamiento eléctrico, se consultó el catálogo andaluz de presas (<http://www.chguadalquivir.es/opencms/portalchg/index.html>; <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam>) y, de la misma manera que en el caso anterior, se analizaron mediante ortofoto para ver cuáles verdaderamente constituían un obstáculo.

Una vez preseleccionadas las presas con y sin aprovechamiento energético que podrían suponer un obstáculo para la migración de la anguila, se filtraron las que se encontraban ubicadas sobre cauces fluviales con un buen estado de conservación (ver apartado 1.2.2.1.d) y las que se encontraban localizadas en la zona más baja del río, de tal forma que representasen el primer gran obstáculo que impediría la migración anádroma de las angulas. Los resultados se muestran en la Tabla 6 en el caso de las presas con turbina y Tabla 7 para las presas sin turbina (Figura 4).



Tabla 5. Centrales hidroeléctricas andaluzas con potencial impacto sobre la migración de la anguila.

<b>Nombre</b>	<b>Potencia (MW)</b>	<b>Nombre</b>	<b>Potencia (MW)</b>
Tajo de la Encantada	360	Izbor	10,4
CH Giribaile	20	San Rafael de Navallana	4,8
Negratín	6,6	Puente Nuevo	2,4
Pampaneira	12,8	La Breña	4,5
Guadalmena	15,2	Maitena	1,9
Diéchar	0,8	La Isabela	1,8
Tranvías	1,9	Los Órganos	1,9
Cordobilla	15,3	Salto Molino de Guadalén	2,6
Bermejales	2,4	San Augusto	2,6
Cubillas	0,8	El Rumblar	2
Quentar	0,6	Guadalmellato	5,1
Salto del Yeguas	4,8	Olvera	2
Guadalhorce-Guadalteba	5,2	Arquillos	1,4
Doña Aldonza	10,4	Chillar	0,7
Racioneros	2,2	P.E. Guadalfeo	0,9
Puente de la Cerrada	7,5	Tranco de Beas	39,8
Valtodano	3,2	Los Batanes (El Fargue)	0,23
La Fernandina	4,7	Salto de San Rafael	2,6
San Ramón	1,02	Alcolea	2,6
San Calixto	0,8	La Vega (Prod.Hidr.)	2,4
La Vega	1,9	Salto Casillas	0
Gobantes	3,3	Guadalteba	0
Pedro Marín	13,2	Arenoso	0
Jándula	15	Bembézar	15,1
Iznájar	76,8	Huesna	0,9



Nuevo Chorro	12,8	Bornos	4,6
Nacimiento	1,2	Alcalá del Río	6,1
Encinarejo	8	Pintado	33,2
Mengíbar	4,2	Ronda	2,3
Villafranca	4,3	Aracena	4,6
Canales	8,8	Minilla	2,2
Dílar	3,4	Cantillana	6,3
Cázuas	1,8	Cala	12,8
Poqueira	10,4	Corchado (Guadiaro)	11,6
Paredones	3,1	Hurones	5,4
Guadalén	5,1	Zufre	4,6
Marmolejo	17	Guadalcacín	0



Tabla 6. Centrales hidroeléctricas que representan el primer obstáculo en la ruta migratoria de las angulas; MW= megavatios.

<b>Nombre</b>	<b>Usos</b>
Alcalá del Río	Regulación, riego y producción eléctrica (6,08 MW)
Paredones	Riego y producción eléctrica (3,12 MW)
Chillar	Riego y producción eléctrica (0,7 MW)
San Augusto	Producción eléctrica (2,6 MW)
Corchado (Guadiaro)	Riego y producción eléctrica (11,56 MW)
Guadalcaçín	Riego, abastecimiento y producción eléctrica (0,1 MW)

Tabla 7. Presas andaluzas no turbinadas que representan el primer obstáculo en la ruta migratoria de las angulas.

<b>Nombre</b>	<b>Usos</b>
Presa de los Machos	Riego y abastecimiento
Presa de Barbate	Riego
Presa de Celemín	Riego
Presa de Charco Redondo	Riego y abastecimiento
Presa de Guadarranque	Riego y abastecimiento
Presa de Arcos	Riego
Presa de Gergal	Abastecimiento

Las 13 presas señaladas (Tablas 6 y 7; Figura 4) se analizaron en función de una serie de variables obteniendo para cada una de ellas una puntuación positiva, neutra o



negativa según su mayor o menor idoneidad al ciclo biológico de la anguila. Las variables analizadas fueron las siguientes:

- **Presencia de turbina:** La mayoría del caudal de agua liberado por la presa pasa a través de las turbinas, representando una trampa mortal para la anguila en su migración hacia el mar. La puntuación adjudicada osciló entre -1 (con turbina) y +1 (sin turbina).

- **Orden del río principal.** Las angulas siguen pistas químicas relacionadas con el caudal de los ríos durante la fase de entrada en aguas continentales (Gascuel *et al.* 1995). Por ello, se ha tenido en cuenta el orden de Strahler del segmento fluvial sobre el cual se halla ubicada la presa, entendiendo que los ríos de mayor orden llevarán un mayor caudal. A las presas localizadas en tramos de orden 6 o mayor se les asignaron 2 puntos; a las ubicadas en tramos de orden 5 se les sumó 1 punto mientras que las situadas en tramos de menor orden (< 4) no sumaron ningún punto.

- **Dimensiones del hábitat al que se da acceso.** El tramo fluvial al que se accede una vez permeabilizada la estructura es un criterio importante en la toma de decisiones. La puntuación en este caso se ha obtenido a partir del valor medio de las longitudes de los tramos liberados en las 13 presas seleccionadas. Si el valor del tramo era superior a la media, se le asignó 1 punto, si era inferior a la media 0 puntos, y si era inferior a dos veces la media se le asignó -1 punto.

- **QBR aguas arriba.** La calidad de los tramos fluviales liberados fue otro criterio considerado. El criterio de calidad ambiental se ha obtenido del índice QBR (Munné *et al.* 2003), y para su cálculo, se ha hecho la media de todas las estaciones de medición de calidad del Plan Director de Riberas de la Consejería de Medio Ambiente ([http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal\\_web/servicios\\_generales/doc\\_tecnicos/2003/plan\\_riberas/PDRi\\_riberas.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/servicios_generales/doc_tecnicos/2003/plan_riberas/PDRi_riberas.pdf)). Se asignó +1 a los tramos fluviales cuyo QBR era superior a la media y 0 a los que se encontraron por debajo.

- **Distancia al mar.** Durante la migración, ya sea anádroma o catádroma, los peligros incrementan con la distancia recorrida. Se les asignó una puntuación de +1 si la



distancia a recorrer era inferior a la media de la distancia de los tramos fluviales correspondientes de las 13 presas consideradas al mar y 0 si la distancia era superior.

- **Número de tributarios aguas arriba (Shreve 1966).** La densidad de tributarios es otro carácter complementario a la calidad del hábitat para la anguila. En definitiva se trata de aplicar otra clasificación jerárquica diferente de la de Strahler a los cursos fluviales que indica la densidad de cursos fluviales aguas arriba. Cuando el índice fue superior a 6 se asignó una puntuación de +1, inferior a este valor, se asignó 0 puntos.

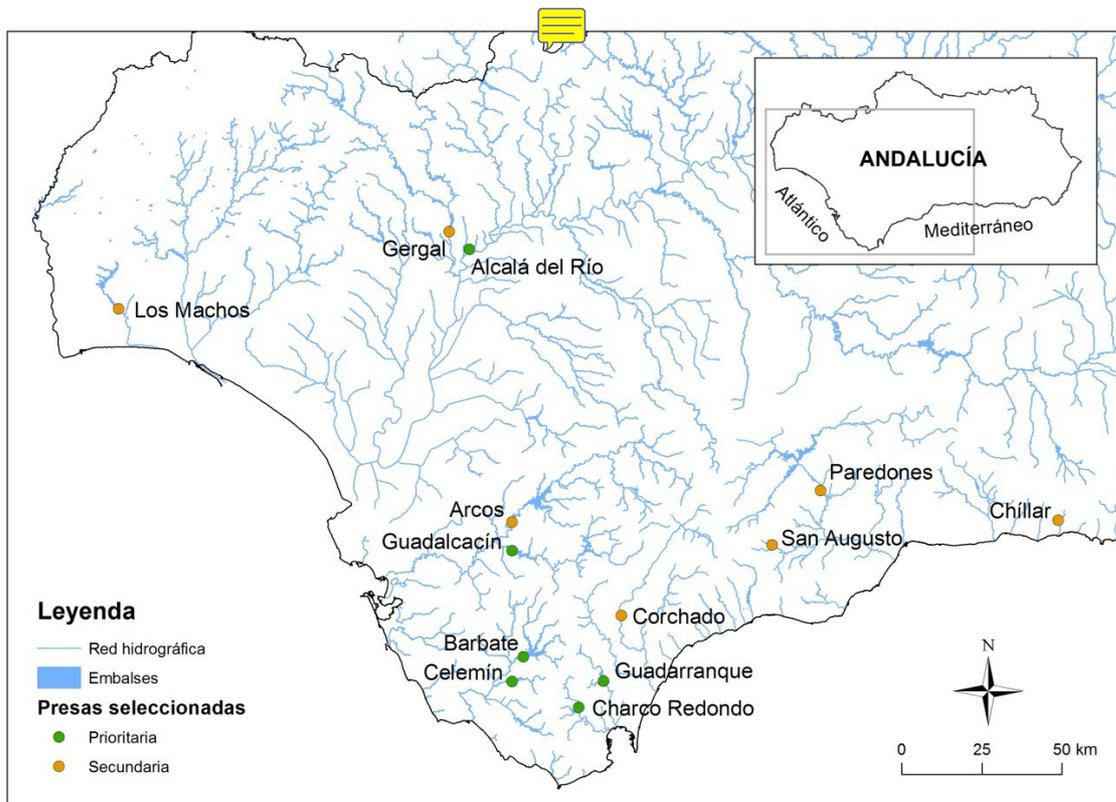


Figura 4. Localización de las 13 presas seleccionadas para su permeabilización dentro del plan de recuperación de la anguila. En verde, las presas que deberían permeabilizarse en primer lugar y en naranja, en una fase posterior.

La Tabla 8 recoge los resultados de este análisis, 6 presas destacan del resto de las seleccionadas. Sobre éstas habría que dirigir un programa de permeabilización: Guadarranque, Alcalá del Río, Barbate, Celemín, Charco Redondo y Guadalquivir. A continuación se describen las principales características de dichas presas, recogidas



tras un análisis *in situ* de sus características y reuniones con los responsables de explotación de las mismas.



Tabla 8. Puntuaciones asignadas a cada presa en función de las características que presentan y que condicionan su susceptibilidad a la permeabilización.

<b>Presa</b>	<b>Turbina</b>	<b>Orden</b>	<b>Longitud al permeabilizar</b>	<b>QBR arriba</b>	<b>Distancia al mar</b>	<b>Tributarios de entidad</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Guadarranque	1	0	1	1	1	1	<b>5</b>
Alcalá del Río	-1	2	1	1	0	1	<b>4</b>
Barbate	1	1	1	0	1	0	<b>4</b>
Celemín	1	1	0	1	1	0	<b>4</b>
Charco Redondo	1	0	0	1	1	1	<b>4</b>
Guadalcaçín	1	1	1	1	0	0	<b>4</b>
Gergal	1	2	0	1	-1	0	<b>3</b>
Paredones	1	1	0	0	1	0	<b>3</b>
Corchado	-1	1	-1	1	1	1	<b>2</b>
Los Machos	1	0	-1	1	1	0	<b>2</b>
San Augusto	1	1	-1	1	0	0	<b>2</b>
Arcos	-1	1	-1	0	0	0	<b>-1</b>
Chillar	-1	0	-1	0	1	0	<b>-1</b>

### Presa de Guadarranque

La presa de Guadarranque (Figura 5) se encuentra sobre el río Guadarranque (orden de Strahler 4), en el municipio de los Barrios (Cádiz), dentro de la UGA Mediterránea. Las coordenadas UTM X son 279065,11 y las UTM Y 4021133,51 (European Datum 1950 Zona 30 Norte). El titular de la presa es la Junta de Andalucía, y sus principales usos son regadío y abastecimiento, por lo tanto no tiene turbina.



Figura 5. Presa (izquierda) y aliviadero (derecha) de Guadarranque.

Se trata de una presa de tierra compacta, cuya cota de cimentación se encuentra a 7 metros sobre el nivel del mar. La altura de la presa son 71 metros. Tiene 1 aliviadero y una capacidad de 1000 m<sup>3</sup>/s.

La presa posee dos conductos de base y tres compuertas por cada conducto que se abren una vez al mes por motivos de mantenimiento (normalmente el primer viernes de cada mes). En los momentos de fuertes lluvias también se abren las compuertas para evitar que llegue a desaguar por el aliviadero. La influencia mareal no alcanza al pie de presa. El aliviadero mantiene pequeños hilos de agua por los que, gracias al detritus que se deposita, podrían estar subiendo algunas angulas (D. Aroca y J.A. Trigueros com. pers.).

Un operario de la presa afirmó durante la visita a la misma que de una tubería procedente del embalse de Guadarranque salió una cantidad importante de angulas hace aproximadamente 15 años, por lo tanto, algunas angulas deben superar el obstáculo de la presa, probablemente a través del aliviadero.



Al permeabilizar este obstáculo, se daría paso a 94,66 km de tramos fluviales hasta el siguiente obstáculo, con un índice QBR aguas arriba de 4,58. La distancia al mar es de 19,12 km y el río Turón (orden de Strahler 3) es el principal tributario de entidad aguas arriba.

**Presa de Alcalá del Río**

La presa de Alcalá del Río (Figura 6) se encuentra sobre el río Guadalquivir (orden de Strahler 6), en el municipio de Alcalá del Río (Sevilla), dentro de la UGA del Guadalquivir. Las coordenadas UTM X son 237170,29 y las UTM Y 4156769,73 (European Datum 1950 Zona 30 Norte). El titular de la presa es ENDESA Generación, S.A-U.P.H Sur. Sus principales usos son el hidroeléctrico y el regadío, por lo tanto tiene turbina.

El tipo de retención es de compuertas, cuya cota de cimentación se encuentra a 8 metros sobre el nivel del mar. La altura de la presa son 23 metros. Tiene 1 aliviadero y una capacidad de 8000 m<sup>3</sup>/s.

Este obstáculo, junto con la presa de Cantillana situada 11 km aguas arriba, constituyen un doble tapón que impide el acceso de la anguila al 74% del hábitat de crecimiento en la cuenca del Guadalquivir (Figura 7). Con la permeabilización de esta pareja de presas, se daría paso a 229,04 km de tramos fluviales hasta el siguiente obstáculo (Figura 8), con un índice QBR aguas arriba de 3,72. La distancia al mar es de 105,42 km, y su principal tributario de entidad aguas arriba es el río Viar (orden de Strahler 4).



Figura 6. Presa de Alcalá del Río (izquierda) y detalle de una de sus compuertas (derecha).



La presa de Alcalá del Río no se visitó (fotos correspondientes a otro proyecto), puesto que junto con la de Cantillana, se encuentran ya inmersas en un proyecto de permeabilización que está desarrollando la CMAOT.

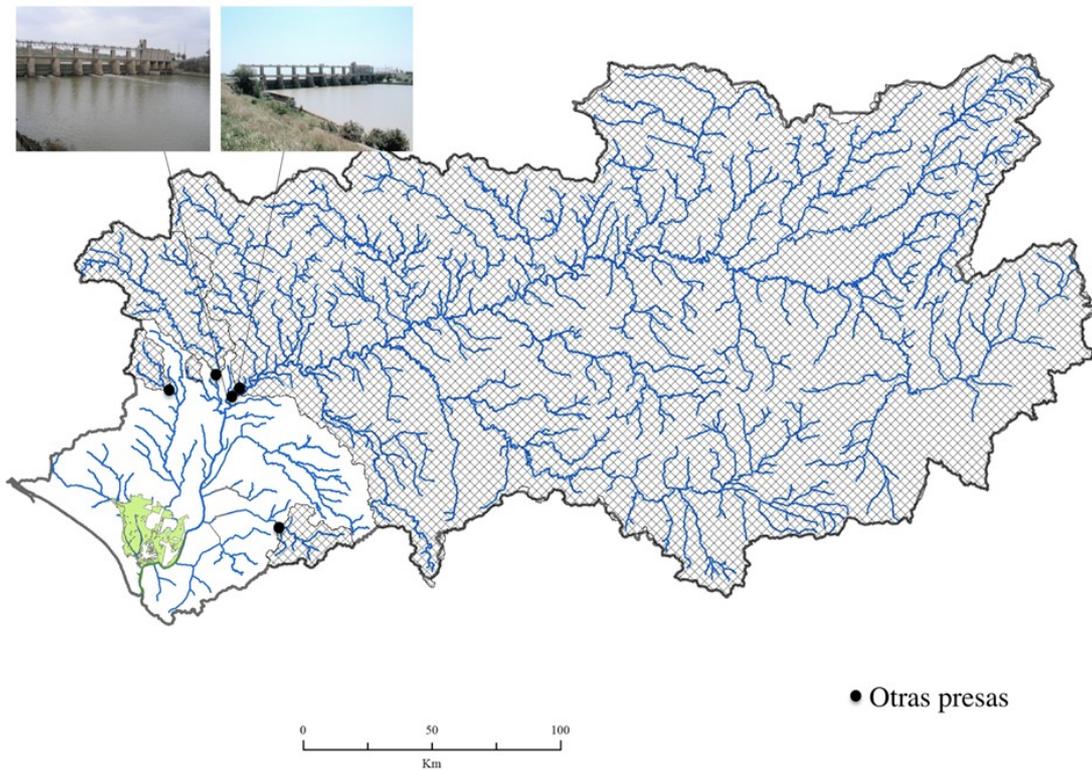


Figura 7. Las presas de Alcalá del Río y Cantillana, sobre el cauce principal del Guadalquivir constituyen un doble tapón que impiden que la mayor parte del hábitat de crecimiento para la anguila en esta cuenca no esté disponible.



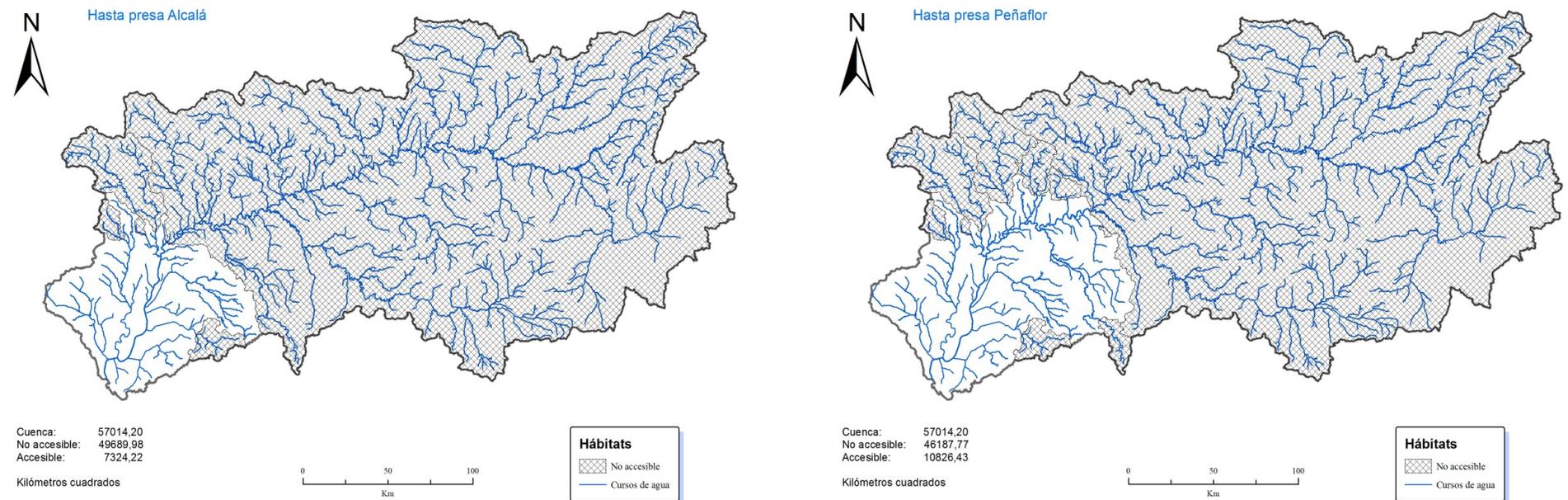


Figura 8. Área de distribución teórica de la anguila antes y después de permeabilizar las presas de Alcalá del Río y Cantillana.

### **Presa de Barbate**

La presa de Barbate (Figura 9) se encuentra sobre el río Barbate (orden de Strahler 5), en el municipio de Alcalá de los Gazules (Cádiz), dentro de la UGA Atlántica. Las coordenadas UTM X son 254026,19 y las UTM Y 4028800,85 (European Datum 1950 Zona 30 Norte). El titular de la presa es la Junta de Andalucía, y su principal uso es el regadío. No tiene turbina.

Se trata de una presa de escollera, cuya cota de cimentación se encuentra a 12 metros sobre el nivel del mar. La altura de la presa son 30 metros. Tiene 1 aliviadero y una capacidad de 109 m<sup>3</sup>/s.

La influencia mareal no llega al pie de presa, salvo en épocas de abundantes lluvias que el río está más conectado. Se realizan descargas ininterrumpidamente desde mayo hasta octubre para los arrozales de aguas abajo. Adicionalmente, una vez al mes abren el conducto de base por mantenimiento, pero se mantiene abierto otro conducto más pequeño para mantener un caudal ecológico. El aliviadero suelta agua sólo en años muy lluviosos, y el encauzamiento que va desde el aliviadero al río se encuentra seco hasta que llegan esos momentos de descargas.

Durante la visita, uno de los encargados de presa afirmó que por la salida no se ven anguilas muertas ni vivas, sin embargo, se ven angulas intentando subir por la presa. En la misma visita nos afirmaron que en la zona de regadío (arrozales mayormente) aguas abajo existe una gran cantidad de compuertas controladas por la comunidad de regantes, que son los que realmente controlan el caudal de río hasta su desembocadura (C. Mioflera com. pers.).





Figura 9. Aliviadero (izquierda) y conducto de base (derecha) de la presa de Barbate.

Al permeabilizar este obstáculo, se daría paso a 227,66 km de tramos fluviales hasta el siguiente obstáculo, con un índice QBR aguas arriba de 4,3. La distancia al mar es de 53,19 km. No tiene ningún tributario de entidad aguas arriba.

### **Presa del Celemín**

La presa del Celemín (Figura 10) se encuentra sobre el río Celemín (orden de Strahler 3), en el municipio de Medina Sidonia (Cádiz), dentro de la UGA Atlántica. Las coordenadas UTM X son 250492,14 y las UTM Y 4021025,95 (European Datum 1950 Zona 30 Norte). El titular de la presa es la Junta de Andalucía, y su principal uso es el regadío. No tiene turbina.

Se trata de una presa de hormigón de una altura de la presa de 34 metros. Tiene 1 aliviadero y una capacidad de 109 m<sup>3</sup>/s.

Desde mayo hasta octubre suelta agua por el conducto de base de presa para los arrozales que se encuentran pocos kilómetros aguas abajo. A su vez, los canales de riego de los arrozales tienen multitud de pequeñas compuertas, lo que podría suponer un laberinto para las angulas que pretendan remontar el río. Desde la torre de toma se distribuye agua por gravedad a un canal que abastece, por un lado, a una finca privada, y por otro al río aguas abajo para mantener algo de caudal ecológico. El encargado afirmó ver gran cantidad de angulas en el pie de presa intentando el remonte y anguilas de gran tamaño muertas tras pasar por el conducto de base, si bien dice que cuando se



disminuye el caudal de suelta ya no ve anguilas muertas (J. Carbadillo, com. pers.). Esto puede ser debido a que ya no sean golpeadas tan fuerte contra el embudo de salida o que se vean menos atraídas por ese desagüe.



Figura 10. Conducto de base (izquierda) y presa (derecha) del Celemin.

Al permeabilizar este obstáculo, se daría paso a 65,81 km de tramos fluviales hasta el siguiente obstáculo, con un índice QBR aguas arriba de 4. La distancia al mar es de 40 km. No tiene ningún tributario de entidad aguas arriba.

### **Presa de Charco Redondo**

La presa del Charco Redondo (Figura 11) se encuentra sobre el río Palmones (orden de Strahler 4), en el municipio de Los Barrios (Cádiz), dentro de la UGA Mediterránea. Las coordenadas UTM X son 271393,82 y las UTM Y 4012911,47 (European Datum 1950 Zona 30 Norte). El titular de la presa es la Junta de Andalucía, y su principal uso es el abastecimiento. No tiene turbina.

Se trata de una presa de escollera de una altura de la presa de 71 metros. La base de la presa se encuentra a 16 metros sobre el nivel del mar. Tiene 1 aliviadero y una capacidad de 500 m<sup>3</sup>/s.

La influencia mareal no llega hasta el pie de presa. Las descargas se realizan dependiendo de los niveles del embalse. En época de lluvias se abren las compuertas una vez al día, o rutinariamente 1 vez al mes. A través del aliviadero, sólo se descarga en años muy lluviosos.





Al permeabilizar este obstáculo, se daría paso a 61,03 km de tramos fluviales hasta el siguiente obstáculo, con un índice QBR aguas arriba de 4,17. La distancia al mar es de 23,04 km. No tiene ningún tributario de entidad aguas arriba.

### **Presa del Guadalcaén**

La presa del Guadalcaén (Figura 12) se encuentra sobre el río Majaceite (orden de Strahler 4), en el municipio de Jerez de la Frontera (Cádiz), dentro de la UGA Atlántica. Las coordenadas UTM X son 250534,98 y las UTM Y 4062096,98 (European Datum 1950 Zona 30 Norte). El titular de la presa es la Junta de Andalucía, y su principal uso es el riego. No tiene turbina.

Se trata de una presa de escollera de una altura de la presa de 82 metros. Tiene 1 aliviadero y una capacidad de 449 m<sup>3</sup>/s.

La influencia mareal no llega hasta el pie de presa. En esta presa existe un canal de riego que se encuentra abierto entre abril y octubre ininterrumpidamente. Únicamente en años extraordinariamente lluviosos se abre completamente el conducto de base que desagua al río, no obstante, durante el invierno se suele tener este conducto abierto unos centímetros. Según el responsable de presa (J. Muñoz), este conducto se obstruye constantemente con anguilas de gran tamaño muertas. Además, en las épocas de inundación del pasado año se observaron gran cantidad de angulones (20-30 cm) muertos. Se desconoce cuál es la vía de entrada de las anguilas en



esta presa, no obstante, el jefe de presa afirmó que en el embalse hay gran cantidad de anguilas de todos los tamaños.



Figura 12. Presa (izquierda) y aliviadero (derecha) del Guadalcacín.

Al permeabilizar este obstáculo, se daría paso a 205,03 km de tramos fluviales hasta el siguiente obstáculo, con un índice QBR aguas arriba de 4,27. La distancia al mar es de 76,17 km. No tiene ningún tributario de entidad aguas arriba.

### **Propuestas para facilitar la migración anádroma.**

El diseño de instalación es específico de cada situación y esto no constituye el objetivo de este apartado, sino más bien el dar unas reglas generales de estructuras utilizadas para facilitar la permeabilización adaptada a los obstáculos en cuestión. Existe una metodología general de eficacia contrastada (Solomon y Beach 2004b) que se puede aplicar al conjunto de presas seleccionadas.

Se propone la instalación de escalas (eel-ladders) constituidas por rampas, cajas o codos de reposo y substratos de apoyo adecuados para el tamaño de los individuos que se acumulen a pie de presa. En el mercado existen distintos tipos de substratos, pero el más polivalente con respecto al tamaño de los individuos y al diseño con diferentes pendientes, son las esteras de cerdas mixtas (Figura 13), compuestas por un soporte plástico de unos 400 mm de anchura y 1 m de longitud donde se anclan unas cerdas de nylon de unos 70 mm de altura y cuya separación entre ellas es variable dependiendo del



tamaño de los individuos que la vayan a usar, existiendo la opción de distintas separaciones en una misma estera para permitir la subida a un amplio rango de tamaños (Figura 13).



Figura 13. Detalle de estera de cerdas para la subida de anguilas (izquierda). Disposición de rampas y cajas o codos de reposo en una escala donde además se aprecian las esteras de cerdas mixtas con distinta separación entre cerdas para evitar la selectividad del paso (derecha) (Fotos: [www.fish-pass.fr](http://www.fish-pass.fr)).

La disposición de las escalas depende del obstáculo a salvar, para las presas seleccionadas, se podrían diferenciar dos tipos en función de la pendiente del elemento de la presa sobre el que se ancle la escala:

### - Pendiente > 50° (Celemín)

Son presas que poseen una contención vertical, aunque en ambos casos, no es muy elevada. En éstas, la escala se dispondría en rampas de pendientes no mayores a 50°, con cajas o codos de reposo en los que dichas rampas van cambiando la orientación hasta que se alcance la cabecera de la presa (Figura 14, izquierda).





Figura 14. Disposición de la escala en presas verticales (izquierda) y en presas de tierra compacta (derecha) (Fotos: [www.fish-pass.fi](http://www.fish-pass.fi)).

**- Pendiente < 50° (Barbate, Guadarranque, Charco Redondo y Guadalcazín)**

Presas de tierra compacta en forma de cuña, de pendiente suave pero presentando una mayor distancia entre la cabecera y el pie de presa. En éstas, la escala descansaría sobre la propia ladera que forma la presa, si bien, va interrumpida con cajas de reposo para minimizar la aceleración del agua con la distancia de la rampa (Figura 14, derecha).

**- Paso trampa**

Una alternativa a los diseños anteriores consistiría en una pequeña escala situada en la base de la presa que constase tan sólo de una rampa con una estera de cerdas mixta de aproximadamente 2 m de altura y un depósito con agua en la parte superior donde se fuesen acumulando los individuos que van subiendo (Figura 15). La ventaja de esta opción es su independencia del tipo de estructura que se encuentre aguas arriba y el mínimo coste. Sin embargo, ésta requiere una atención más continua por parte de los operarios, que deben revisar periódicamente la trampa y transportar los individuos aguas arriba de la presa. Puede ser determinante para esta alternativa que el acceso al pie de presa sea fácil a la vez que restringido al personal autorizado, favoreciendo por



un lado el control diario de la escala en época de migración y por otro, evitar el posible vandalismo sobre la instalación.

Cualquiera de las anteriores disposiciones debe cumplir una serie de requisitos específicos para favorecer la subida de anguilas por las escalas:

La longitud de cada rampa entre dos cajas o codos de reposo no debe exceder aquella que una anguila a velocidad punta de 1 m/s tarde más de 20 s en recorrer (por lo que dependerá a su vez de la pendiente y el caudal aplicado a la escala).

El caudal recomendado para la subida debe oscilar entre 5 y 50 l/min.

La anchura óptima para cada rampa es de 40 cm, si bien puede ampliarse hasta 1 m en función del caudal y la disposición de la estera.

Las esteras deben de colocarse sobre el fondo de las rampas y mantener un caudal que sumerja aproximadamente 1 cm de las cerdas a una pendiente de 30°. En caso de no poder mantener un caudal constante, las esteras deben colocarse sobre una de las esquinas de las rampas para que el agua cubra de distinta manera las cerdas.

Localizar la entrada de la escala de forma que quede sumergida incluso cuando el agua esté al nivel más bajo.

Disponer de un segundo aporte de agua mediante una tubería que desemboque justo por debajo de la entrada de la escala para ser usado como caudal de atracción.

Dotar la escala de una cubierta metálica que evite el acceso a depredadores (aves principalmente) sin que queden del todo cerradas para evitar posibles obstrucciones.





Figura 15. Apariencia externa de un paso trampa constituido por la rampa y la cabina protectora (izquierda). Interior de la cabina donde se observa el depósito receptor (con aireador) y las tuberías que aportan tanto el caudal de la rampa como el de atracción (derecha) (Fotos: [www.fish-pass.fr](http://www.fish-pass.fr)).

### **Propuesta para facilitar la migración catádroma.**

A la hora de permeabilizar obstáculos para la migración aguas abajo, las turbinas parecen ser el principal inconveniente (Coutant y Whitney 2000), sin embargo la mayoría de las presas seleccionadas (excepto la de Alcalá del Río) carecen de ellas. Aquí el problema estribaría en los conductos de base, grandes tubos localizados en la zona más baja de la presa por los que se libera agua a gran velocidad. Al pasar por estas estructuras las anguilas también pueden verse afectadas. La solución más recurrente en la literatura científica es la colocación de rejillas rodeando dichos conductos para evitar la entrada de anguilas, asociadas a un bypass que permita su migración segura por otra vía.

Éstas deben de estar colocadas de manera vertical y perpendicular a la corriente y el ángulo que forman las rejillas con respecto al agua también debe variar en función de la corriente que pasa a través de ellas y la separación entre las mismas (Calles *et al.* 2010). Los espacios entre rejillas deben ser lo suficientemente pequeños para no permitir el paso de las anguilas. La anchura puede variar entre los 20 mm (Calles *et al.* 2010) y 15 mm (Durif *et al.* 2002). La velocidad de la corriente a su paso por las rejillas debe de ser suficientemente



pequeña como para que las anguilas puedan nadar contracorriente y escapar de la zona enrejada. Las velocidades recomendadas oscilan entre 1 m/s (Calles *et al.* 2010; Behrmann-Godel y Eckmann 2003) y 0.5 m/s (Travade *et al.* 2010). En los casos en que la velocidad del agua sea mayor a lo sugerido, las rejas pueden ser contraproducentes ya que las anguilas no pueden salir para buscar el bypass y pueden morir aplastadas contra las rejas por la presión del agua.

Cuando los individuos chocan con las rejas inician un comportamiento de búsqueda que se conoce como “recurrente” o “cíclico” encaminado a localizar otra ruta migratoria descendente (Winter *et al.* 2006; Behrmann-Godel y Eckmann 2003), y es entonces cuando las anguilas deben localizar el bypass para continuar río abajo de manera segura. Existen otras opciones para evitar que las anguilas atraviesen las turbinas o conductos de base tales como las barreras comportamentales basadas en pistas químicas, luces y sonidos estridentes (Larinier y Travede 2002), aunque la mayoría están en fase experimental y/o son poco efectivas. De estas alternativas, la más efectiva parece ser la colocación de luces estroboscópicas en las inmediaciones de las salidas, que se fundamentan en el comportamiento nocturno y fotofóbico de las anguilas (Cullen y McCarthy 2000). Esta alternativa es menos costosa económicamente que las rejas, que suelen obstruirse en época de riadas debido a los restos de vegetación que arrastra el río. Sin embargo, los efectos de las luces parecen estar relacionados con la profundidad a que se encuentren y la turbidez del agua, por lo tanto sería necesaria más información y experimentación en nuestra área de estudio para seleccionar la metodología más efectiva.

Según Solomon y Beach (2004b) cabe la posibilidad de no instalar rejas, ni otros métodos de barrera ante las turbinas o conductos de base si el caudal que circula por el bypass es suficientemente alto (entre el 5-50% del caudal del río). Esta medida se basa en el comportamiento migratorio de las anguilas que migran dejándose llevar por el flujo del agua (Jansen *et al.* 2007). Si se opta por esta alternativa (el bypass) se reducirían los costes de la instalación y



mantenimiento de las rejillas, pero es necesario tener en cuenta que la mayoría de presas seleccionadas acumulan agua para el regadío, por lo que puede entrar en conflicto con los usuarios del agua de estos embalses.

Existe información contradictoria respecto a dónde se deben colocar los bypasses. Algunos estudios sugieren que el bypass debe estar situado en profundidad, ya que las anguilas suelen migrar por la zona del fondo del lecho (Durif *et al.* 2002; Gosset *et al.* 2005). No obstante, otros estudios sugieren que no existen diferencias en la eficacia de los mismos en función de dónde se coloquen si en profundidad o en superficie (Durif 2003; Travade *et al.* 2010).

No existe información sobre el caudal óptimo que debe circular por el bypass, pero ha de tenerse en cuenta que la presión del agua que circule a través de él no debe ser demasiado elevada para evitar daños en los individuos en migración. Watene y Boubée (2005) estudiaron la eficacia de mantener abiertas las compuertas del aliviadero de la presa durante la época de migración en Nueva Zelanda (para que actuara como bypass), y los resultados obtenidos fueron relativamente satisfactorios resultando ésta una opción de gestión a tener en cuenta hasta el diseño de tecnologías más eficaces. Según lo observado en nuestras visitas los aliviaderos de las de Guadarranque, Charco Redondo y Celemín podrían ser utilizados como bypasses. Estos podrían consistir en unas compuertas realizadas en el mismo aliviadero que se puedan bajar y subir en función de la lámina de agua del embalse, de la misma manera que se realizó en el río Gave de Pau en Francia (Travade *et al.* 2010) (Figura 16) donde el caudal en los bypasses fue de  $2,2 \text{ m}^3/\text{s}$  con una tasa de escape de entre el 40% y el 92%.



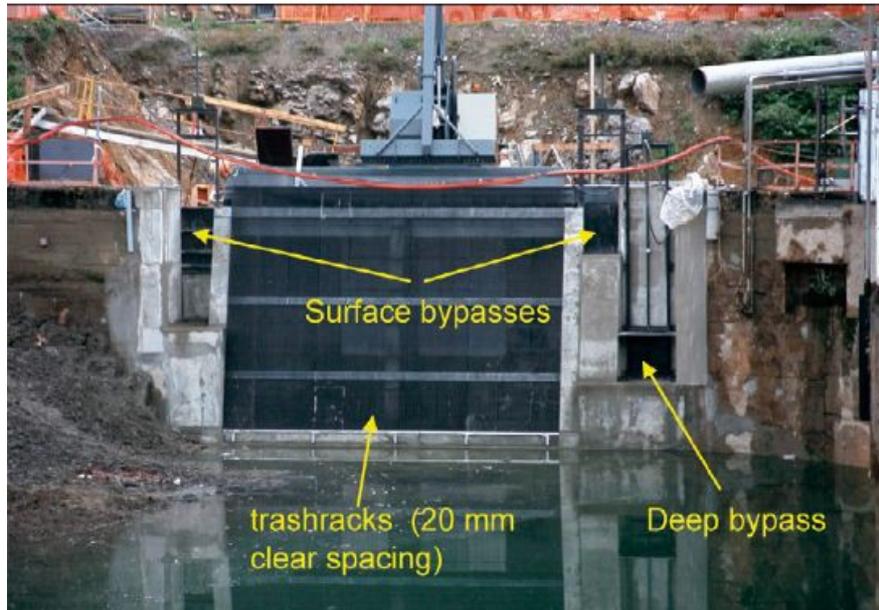


Figura 16. Bypasses de superficie y de profundidad sobre la presa del río Gave de Pau (Francia) (Travade *et al.* 2010).

Como alternativa a la construcción de bypasses, se podría estudiar la posibilidad de mantener abiertos los conductos de base de las presas durante los picos de épocas de migración de la anguila. Para ello, sería necesario realizar un estudio previo para conocer el proceso de plateamiento en esas zonas y detectar los períodos clave en la migración hacía el mar.

Otra posibilidad podría ser la colocación de nasas en las proximidades de las presas durante la época migratoria combinada con la colocación de luces estroboscópicas que ahuyentaran a las anguilas de los conductos de salida de agua. También podría diseñarse la construcción de unas trampas fijas que funcionaran sólo durante la época de migración unida a la colocación igualmente de luces estroboscópicas o ultrasonidos en los conductos de salida.



**1.2.2.1.b. Identificación de los primeros obstáculos en la migración anádroma de la anguila en las cuencas fluviales ubicadas por debajo de la presa de Alcalá del río.**

Como se ha comentado en el apartado anterior, la presa de Alcalá del Río supone el primer gran obstáculo para la anguila en su migración anádroma desde la desembocadura del Guadalquivir (Figura 17).

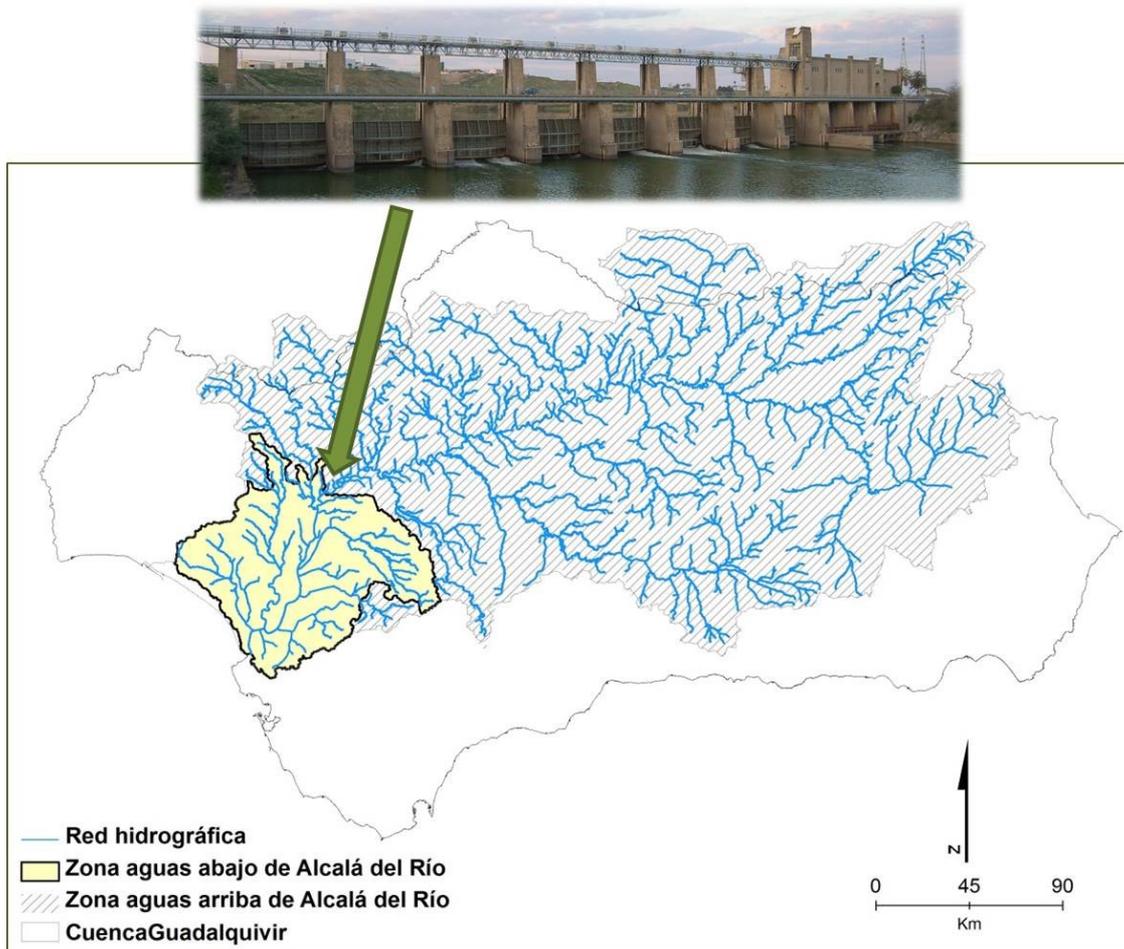


Figura 17. Áreas de la cuenca del Guadalquivir que quedan aguas abajo y aguas arriba de la presa de Alcalá del Río.

Sin embargo, la zona que queda aguas abajo de la presa de Alcalá del Río también presenta múltiples barreras que impiden la dispersión y establecimiento de la anguila (Figura 18) además de la existencia de cuatro grandes presas localizadas en varios tributarios: Embalse del Agrio (Guadiamar); Embalses del Gergal y del Esparragal (Riviera de Huelva) y Embalse de Torre del Águila (Salado de Morón). En este estudio se analizaron



las múltiples discontinuidades existentes en el área de distribución de la anguila que queda aguas abajo de la presa de Alcalá del Río.

La nomenclatura y código establecidos para cada subcuenca hidrográfica en las que se divide la cuenca del Guadalquivir, en este caso las localizadas aguas abajo de la presa de Alcalá del Río, se han obtenido a partir de la clasificación propuesta por el Centro de estudios y experimentación de obras públicas (CEDEX) y anteriores trabajos de nuestro Grupo (Fernández-Delgado *et al.* 2010) (Figura 19).





Figura 18. Ejemplos de barreras en la cuenca del Guadalquivir por debajo de la presa de Alcalá del Río. De arriba abajo y de izquierda a derecha: puente de carretera principal y secundaria, vado de camino y de vía pecuaria, dique y puente para el ferrocarril.



En la elaboración del listado, se tuvieron en cuenta todo tipo de barreras potenciales (presas, azudes, puentes, vados, etc.) que pudieran obstaculizar el paso de la anguila (Figura 1.2). Para ello se utilizó el software ArcGIS 9.3 cruzando capas de información *shapefile* facilitadas por el Instituto Cartográfico de Andalucía (ICA) y por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG). Aplicando la primera, se entendió como obstáculo potencial a tener en cuenta, cada intersección entre la red hidrográfica y las distintas vías de comunicación registradas: carreteras principales (autovías, autopistas y nacionales), carreteras secundarias (autonómicas, provinciales y municipales) y sin asfaltar (caminos y vías pecuarias) (Figura 1.3).

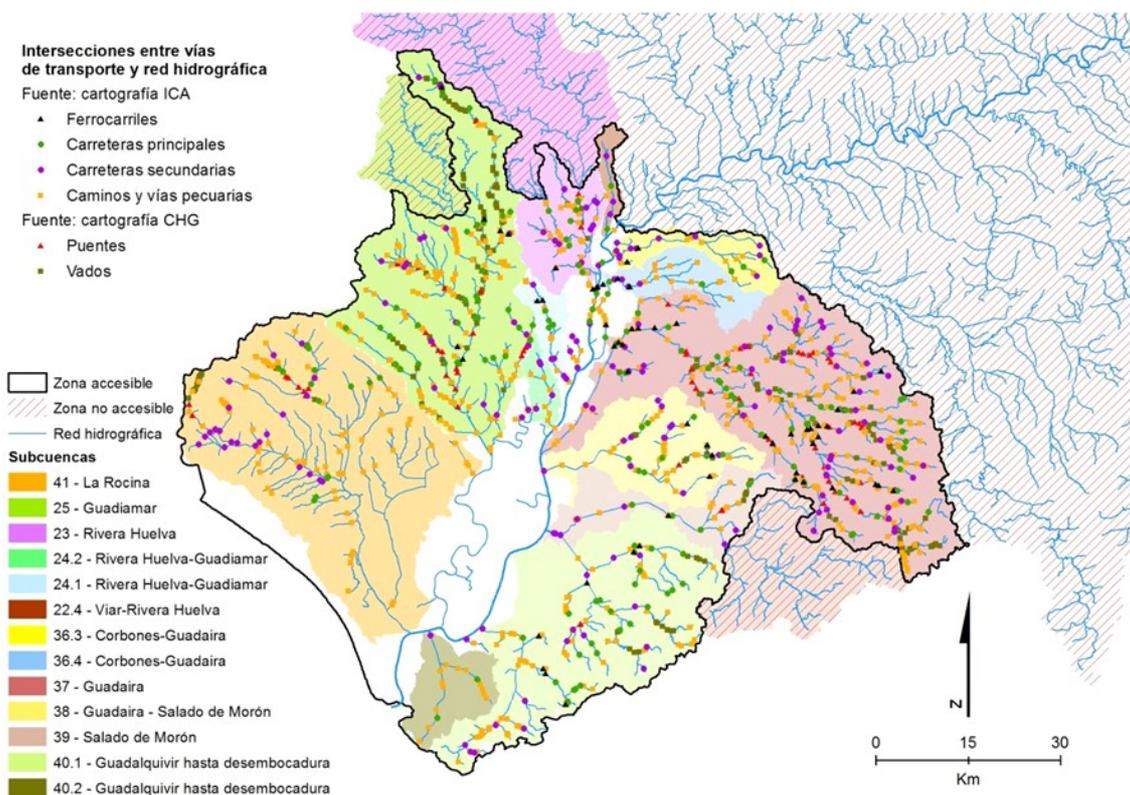


Figura 19. Intersecciones entre las vías de transporte y la red hidrográfica en la parte accesible a la anguila de la cuenca del Guadalquivir.

Por otro lado, se cruzó la red hidrográfica con la capa *shapefile* facilitada por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir correspondiente a puentes y vados, y se seleccionaron aquellos que no coincidían con los puntos de intersección de las vías de comunicación y la red hidrográfica señalados



anteriormente por la capa del Instituto Cartográfico de Andalucía (ICA) añadiendo igualmente todas las presiones transversales (presas, azudes y diques) que esa capa incluía (Figura 20). Finalmente se incluyeron los obstáculos transversales existentes en la cuenca del Guadiamar fruto de un proyecto de investigación anterior de este Grupo (Fernández-Delgado *et al.* 2002).

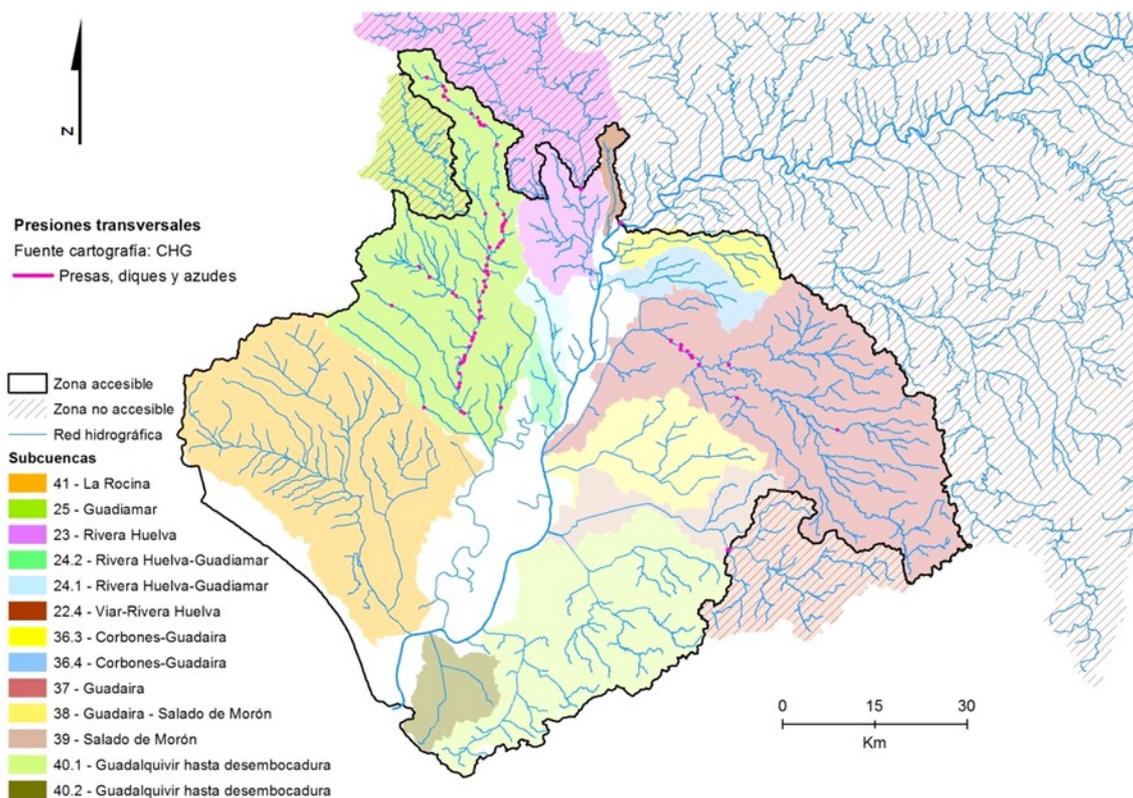


Figura 20. Presas, diques y azudes en la parte accesible a la anguila de la cuenca del Guadalquivir.

Reuniendo ambas capas de información, se identificaron un total de 1403 obstáculos potenciales, de los cuales, 947 fueron obtenidos mediante la información proporcionada por el Instituto Cartográfico de Andalucía y 456 por la correspondiente a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. En resumen, desde la capa del ICA se localizaron 650 intersecciones con caminos o vías pecuarias, 144 con carreteras secundarias, 124 con carreteras



principales y 29 con líneas de ferrocarril, y desde la capa de la CHG, se identificaron 254 vados y 132 puentes no señalados por las anteriores intersecciones, además de 70 presas, diques y azudes (Figura 21). Las coordenadas UTM correspondientes a tales localizaciones se adjuntan en el listado del Anexo I de este trabajo.

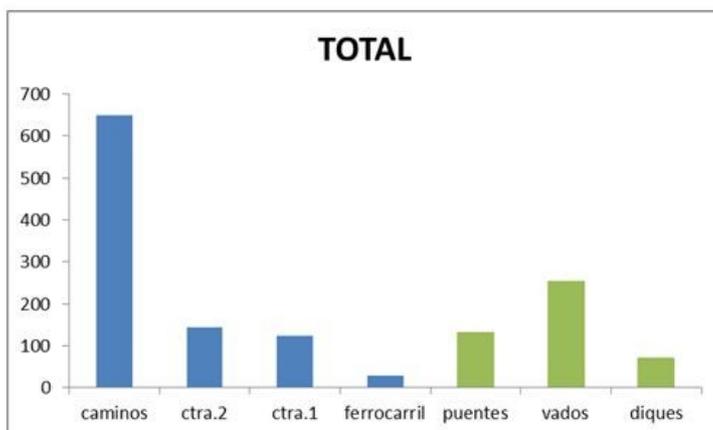


Figura 21. Número y tipo de obstáculos potenciales identificados aguas abajo de la presa de Alcalá del Río mediante la capa de información de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (azul) y la capa del Instituto Cartográfico de Andalucía (verde). La barra correspondiente a caminos incluye las vías pecuarias y los diques engloban presas, diques y azudes.

Los obstáculos potenciales más numerosos encontrados son las intersecciones de la red hidrográfica con caminos o vías pecuarias. Además, los vados, estructuras de cruce principalmente utilizadas para caminos, son la segunda opción mejor representada. La elevada presencia de estos obstáculos potenciales es debida a una mayor longitud de la red de caminos (4885,4 km) con respecto a la del resto de vías de comunicación (carreteras principales: 1038,2 km; carreteras secundarias: 1850,6 km; y líneas ferroviarias: 361,8 km). Por otro lado, el impacto que las de caminos o vados puedan causar en la migración de la anguila dependerá de cada caso, puesto que los materiales utilizados para tal estructura (tubos, prefabricados de cemento, etc.), así como los cambios de nivel que provoquen aguas arriba y abajo, son muy diversos.



Si estudiamos los obstáculos por subcuencas, observamos que para la correspondiente a Viar-Rivera de Huelva (22), son las intersecciones con carreteras secundarias y principales las más abundantes (Figura 1.6). Al tratarse de una pequeña cuenca (45,6 km<sup>2</sup>) no representa la probabilidad de vías descrita anteriormente para la totalidad, existiendo en este caso una mayor presencia de carreteras principales y secundarias en la cuenca.

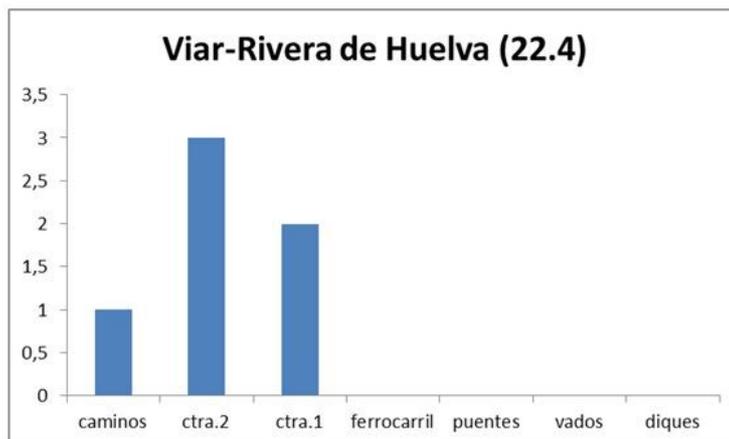


Figura 22. Número y tipo de obstáculos potenciales identificados en la subcuenca Viar-Rivera de Huelva (22.4) mediante la capa de información de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (azul) y la capa del Instituto Cartográfico de Andalucía (verde). La barra correspondiente a caminos incluye las vías pecuarias y los diques engloban presas, diques y azudes.

Por el contrario, en el caso del área accesible bajo los embalses en la subcuenca del Rivera de Huelva (23) (215,8 km<sup>2</sup>), la mayor superficie propicia una mayor similitud con la probabilidad de presencia de vías correspondientes a la totalidad, volviendo a ser el obstáculo potencial más numeroso la intercepción de caminos o vías pecuarias (Figura 23).



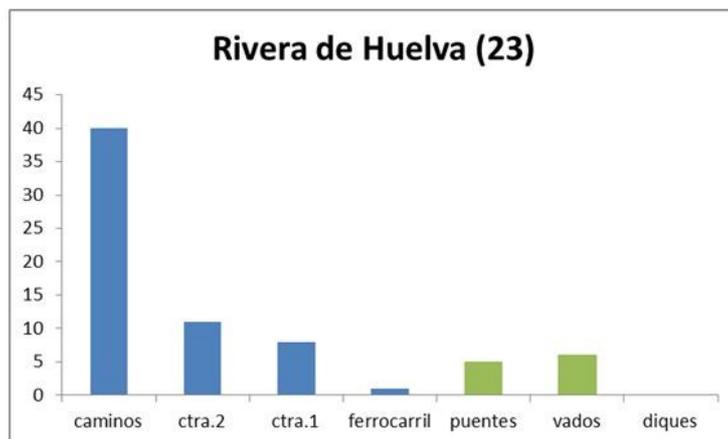


Figura 23. Número y tipo de obstáculos potenciales identificados en el área accesible a la anguila bajo los embalses en la subcuenca del Riviera de Huelva (23) mediante la capa de información de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (azul) y la capa del Instituto Cartográfico de Andalucía (verde). La barra correspondiente a caminos incluye las vías pecuarias y los diques engloban presas, diques y azudes.

A pesar de presentar la subcuenca Riviera de Huelva-Guadamar (24.1) un tamaño aproximado al de la anterior Viar-Riviera de Huelva (22.4) (75,1 km<sup>2</sup>), la vías de comunicación con mayor presencia coinciden con la red viaria de mayor longitud para la totalidad del área bajo la presa de Alcalá, por lo que una vez más, son las interacciones de caminos o vías pecuarias los obstáculos potenciales más frecuentes (Figura 24).

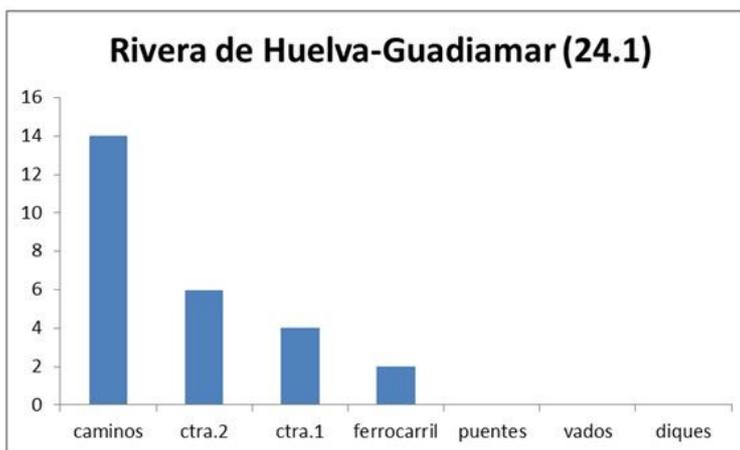


Figura 24. Número y tipo de obstáculos potenciales identificados en la subcuenca Riviera de Huelva-Guadamar (24.1) mediante la capa de información de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (azul) y la capa del Instituto Cartográfico de Andalucía (verde). La barra correspondiente a caminos incluye las vías pecuarias y los diques engloban presas, diques y



De igual forma ocurre con la cuenca Rivera de Huelva-Guadamar (24.1), que a pesar de su pequeña superficie (57,7 km<sup>2</sup>), la mayor presencia de caminos o vías pecuarias provocan que su intersección con la red fluvial sea el obstáculo potencial más frecuente (Figura 25).



Figura 25. Número y tipo de obstáculos potenciales identificados en la subcuenca Rivera de Huelva-Guadamar (24.2) mediante la capa de información de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (azul) y la capa del Instituto Cartográfico de Andalucía (verde). La barra correspondiente a caminos incluye las vías pecuarias y los diques engloban presas, diques y azudes.

La información analizada para la subcuenca del Guadamar (25), aportó además la localización de presas, diques y azudes. Sin embargo, debido a su considerable tamaño (1087,7 km<sup>2</sup>), la red de caminos o vías pecuarias está bien representada, por lo que su intersección con la red fluvial, vuelve a ser el obstáculo potencial más común en esta subcuenca (Figura 26).



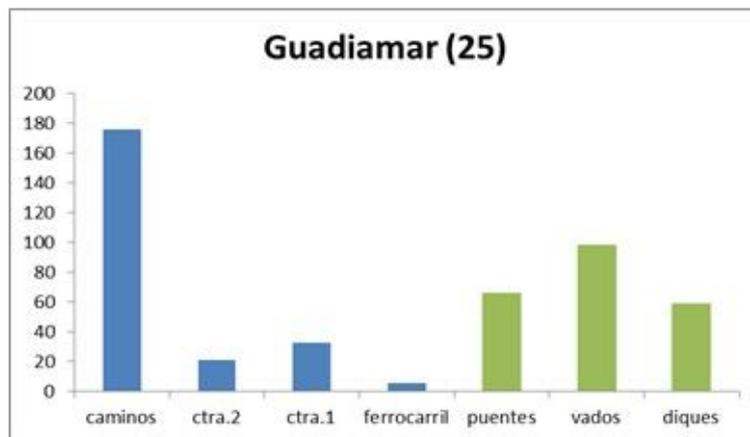


Figura 26. Número y tipo de obstáculos potenciales identificados en la subcuenca del Guadamar (25) mediante la capa de información de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (azul) y la capa del Instituto Cartográfico de Andalucía (verde). La barra correspondiente a caminos incluye las vías pecuarias y los diques engloban presas, diques y azudes.

La subcuenca Corbones-Guadaira (36.3) presenta una superficie intermedia (142,4 km<sup>2</sup>) donde la intersección de los caminos o vías pecuarias con la red fluvial, al igual que ocurre con el conjunto del área bajo la presa de Alcalá, son el obstáculo potencial más frecuente (Figura 27).

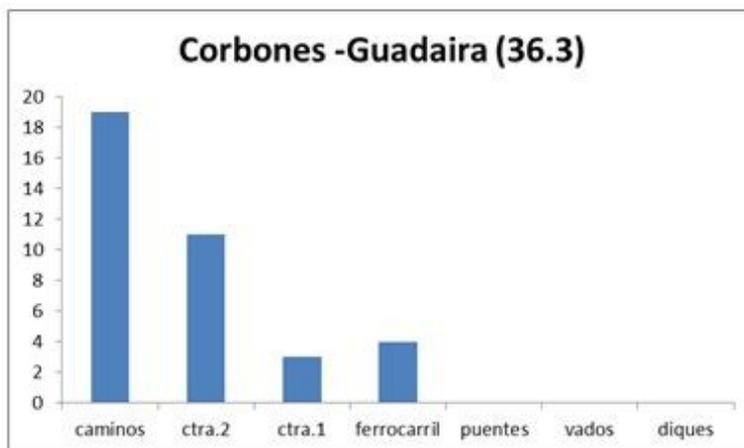


Figura 27. Número y tipo de obstáculos potenciales identificados en la subcuenca Corbones-Guadaira (36.3) mediante la capa de información de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (azul) y la capa del Instituto Cartográfico de Andalucía (verde). La barra correspondiente a caminos incluye las vías pecuarias y los diques engloban presas, diques y

De igual forma, la subcuenca Corbones-Guadaira (36.4), de superficie muy similar a la anterior (149,5 km<sup>2</sup>), presenta una mayor cantidad de intersecciones de caminos o vías pecuarias como obstáculos potenciales (Figura 28).

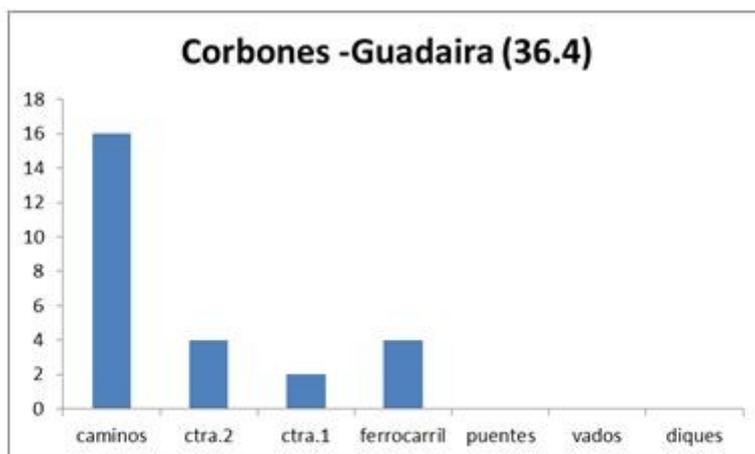


Figura 28. Número y tipo de obstáculos potenciales identificados en la subcuenca Corbones-Guadaira (36.4) mediante la capa de información de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (azul) y la capa del Instituto Cartográfico de Andalucía (verde). La barra correspondiente a caminos incluye las vías pecuarias y los diques engloban presas, diques y azudes.

Como ocurría con la subcuenca del Guadiamar (25), la información proporcionada por la capa correspondiente a la CHG para la subcuenca del Guadaira (37), aportó la localización de presas, diques y azudes. En este caso se presenta un resultado parecido al de la totalidad del área bajo la presa de Alcalá, donde el alto número de vados reafirma el elevado número de intersecciones con caminos y vías pecuarias (Figura 29). Este hecho es razonable si se tiene en cuenta que la subcuenca del Guadaira (37) es la de mayor superficie dentro del área accesible (1476,2 km<sup>2</sup>) y por tanto, la de mayor probabilidad de obtener resultados similares a los del conjunto, por lo que las intersecciones de caminos o vías pecuarias con la red fluvial, en muchos casos en forma de vados, van a suponer el obstáculo potencial más frecuente en la subcuenca del Guadaira (37).



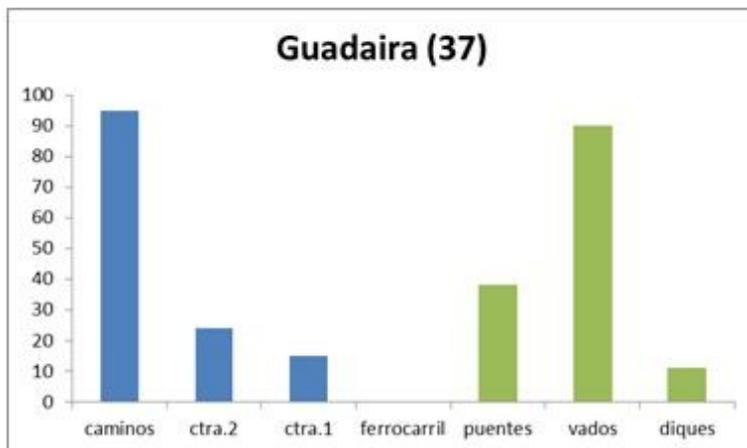


Figura 29. Número y tipo de obstáculos potenciales identificados en la subcuenca del Guadaira (37) mediante la capa de información de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (azul) y la capa del Instituto Cartográfico de Andalucía (verde). La barra correspondiente a caminos incluye las vías pecuarias y los diques engloban presas, diques y azudes.

La subcuenca Guadaira-Salado de Morón (38) tiene una superficie intermedia (382,2 km<sup>2</sup>) y comparte resultados con el resto de cuencas de este tamaño, prioridad de intersecciones con caminos o vías pecuarias como principal obstáculo potencial (Figura 30).



Figura 30. Número y tipo de obstáculos potenciales identificados en la subcuenca Guadaira-Salado de Morón (38) mediante la capa de información de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (azul) y la capa del Instituto Cartográfico de Andalucía (verde). La barra correspondiente a caminos incluye las vías pecuarias y los diques engloban presas, diques y azudes.



Igualmente, el área accesible de la subcuenca del Salado de Morón (39) por debajo del embalse de Torre del Águila (291,9 km<sup>2</sup>), comparte los resultados con el resto de subcuencas de superficie intermedia, presentando las intersecciones de caminos o vías pecuarias como el obstáculo potencial más frecuente (Figura 31).



Figura 31. Número y tipo de obstáculos potenciales identificados en la subcuenca del Salado de Morón (39) mediante la capa de información de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (azul) y la capa del Instituto Cartográfico de Andalucía (verde). La barra correspondiente a caminos incluye las vías pecuarias y los diques engloban presas, diques y azudes.

La red fluvial que se agrupa bajo la designación de subcuenca Guadalquivir-desembocadura (40.1) tiene una superficie considerable (977,8 km<sup>2</sup>), de este modo, a semejanza de las anteriores cuencas de gran tamaño, las intersecciones de caminos o vías pecuarias son el obstáculo potencial más frecuente (Figura 32).



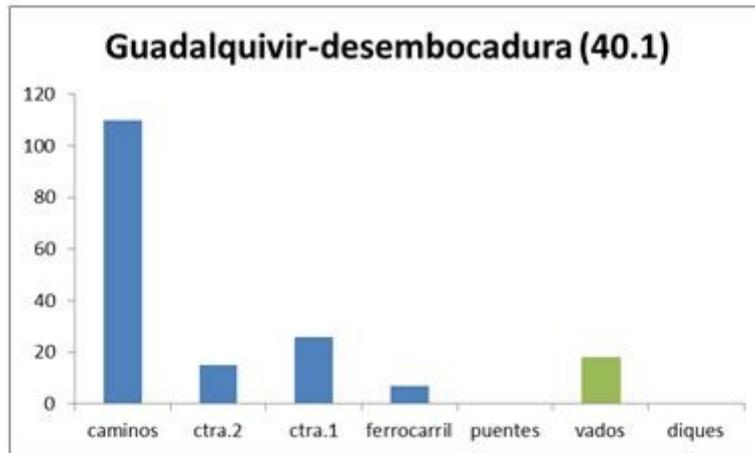


Figura 32. Número y tipo de obstáculos potenciales identificados en la subcuenca Guadalquivir-desembocadura (40.1) mediante la capa de información de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (azul) y la capa del Instituto Cartográfico de Andalucía (verde). La barra correspondiente a caminos incluye las vías pecuarias y los diques engloban presas, diques y azudes.

La subcuenca Guadalquivir-desembocadura (40.2), a pesar de presentar una superficie inferior (181,1 km<sup>2</sup>), presenta resultados similares a la anterior y al resto de cuencas de tamaño intermedio (Figura 33).



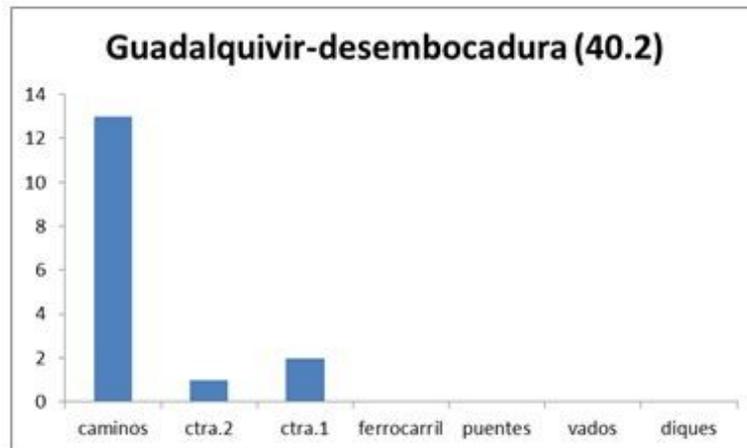


Figura 33. Número y tipo de obstáculos potenciales identificados en la subcuenca Guadalquivir-desembocadura (40.2) mediante la capa de información de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (azul) y la capa del Instituto Cartográfico de Andalucía (verde). La barra correspondiente a caminos incluye las vías pecuarias y los diques engloban presas, diques y azudes.

Por último, la subcuenca de la Rocina (41), es la segunda con mayor superficie dentro del área accesible bajo la presa de Alcalá (1419,1 km<sup>2</sup>). En este sentido, al igual que pasaba con las anteriores grandes cuencas, los resultados son similares a los del conjunto y se presentan las intersecciones de caminos o vías pecuarias como los obstáculos más frecuentes (Figura 34).



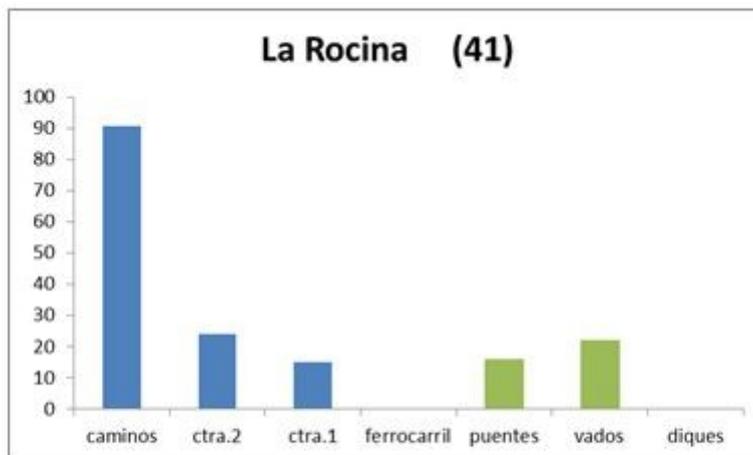


Figura 34. Número y tipo de obstáculos potenciales identificados en la subcuenca Guadalquivir-desembocadura (40.2) mediante la capa de información de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (azul) y la capa del Instituto Cartográfico de Andalucía (verde). La barra correspondiente a caminos incluye las vías pecuarias y los diques engloban presas, diques y azudes.

No obstante, para determinar si tales discontinuidades suponen un obstáculo real o no, sería conveniente visitar cada localidad para ver sus características *in situ* y poder establecer prioridades para la permeabilización.

### 1.2.2.1.c. Catálogo de obstáculos a las rutas migratorias en el Espacio Natural Doñana.

Se considera que uno de los hábitats ideales para el crecimiento de la fase continental de la anguila son las aguas superficiales, con dominio de agua dulce, cobertura vegetal y sustrato blando (ICES 2007). Este hábitat era sin duda uno de los predominantes en la originaria marisma del Guadalquivir. Por desgracia la mayoría de él se perdió durante las grandes transformaciones desarrolladas a mediados del siglo pasado (Del Moral-Ituarte 1991; González-Arteaga 1993). En la actualidad la mayor parte del territorio conocido como marismas del Guadalquivir, donde se engloban las incluidas dentro del Espacio Natural Doñana, se encuentra modificado mostrando una malla geométrica de diques y canalizaciones adaptadas a las distintas explotaciones agrícolas de



la zona. En la actualidad, la superficie original de las marismas del Guadalquivir ha descendido desde las 150000 ha primigenias a unas 28000 ha, la mayoría incluidas dentro del Parque Nacional de Doñana. En los últimos tiempos, varios proyectos de restauración han incrementado esta superficie y se les ha dotado de varios instrumentos para la gestión del agua de la marisma (Saura-Martínez *et al.* 2001; Serrano *et al.* 2006).

El principal obstáculo de la marisma y gran responsable de su aislamiento con el río y con el mar es la denominada Montaña del Río (Urdiales 1999). Se trata de una profunda modificación del levé o relieve perimetral que rodeaba el cauce principal del río Guadalquivir a lo largo de toda la extensión del Parque Nacional con el río Guadalquivir y Brazo de la Torre (Bayán-Jardín 2006; Serrano *et al.* 2006). En condiciones naturales, este levé estaba atravesado por los cauces de los caños naturales que permitían el llenado y vaciado de la marisma y, en definitiva, el intercambio de agua con el Bajo Guadalquivir. Posteriormente se construyeron una serie de compuertas en estas entradas-salidas naturales de la marisma para aislarla del agua contaminada del Guadalquivir así como permitir una gestión de la misma encaminada a favorecer la avifauna del Parque (Bayán-Jardín 2006; Rodríguez-Ramírez y Clemente-Salas 2002; García-Novo *et al.* 2007). Este obstáculo supone una de las principales barreras no sólo para la anguila sino para todas las comunidades acuáticas del Bajo Guadalquivir (Fernández-Delgado *et al.* 2011; Moreno-Valcárcel *et al.* 2013). Además de este gran obstáculo existen otros de menor entidad que fragmentan en mayor o menor grado el hábitat fluvial óptimo para el crecimiento de la anguila. Son estos obstáculos los que nos proponemos exponer y analizar en este apartado.

Para ello, en primer lugar, se realizó un examen detallado del Espacio Natural Doñana mediante ortofotografía a color de Andalucía de los años 2008-2009 con resolución de 0,5 m (Geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales de Andalucía; <http://www.ideandalucia.es/>). De esta manera, se observaron una serie de discontinuidades que *a priori* podrían suponer un obstáculo para la especie (Figura 35). Una vez localizadas estas



discontinuidades se procedió a visitarlas y analizarlas. El estudio de campo se realizó durante el mes de julio de 2013. Todas las coordenadas de los puntos visitados se encuentran en European Datum 1950 Zona 30 Norte.



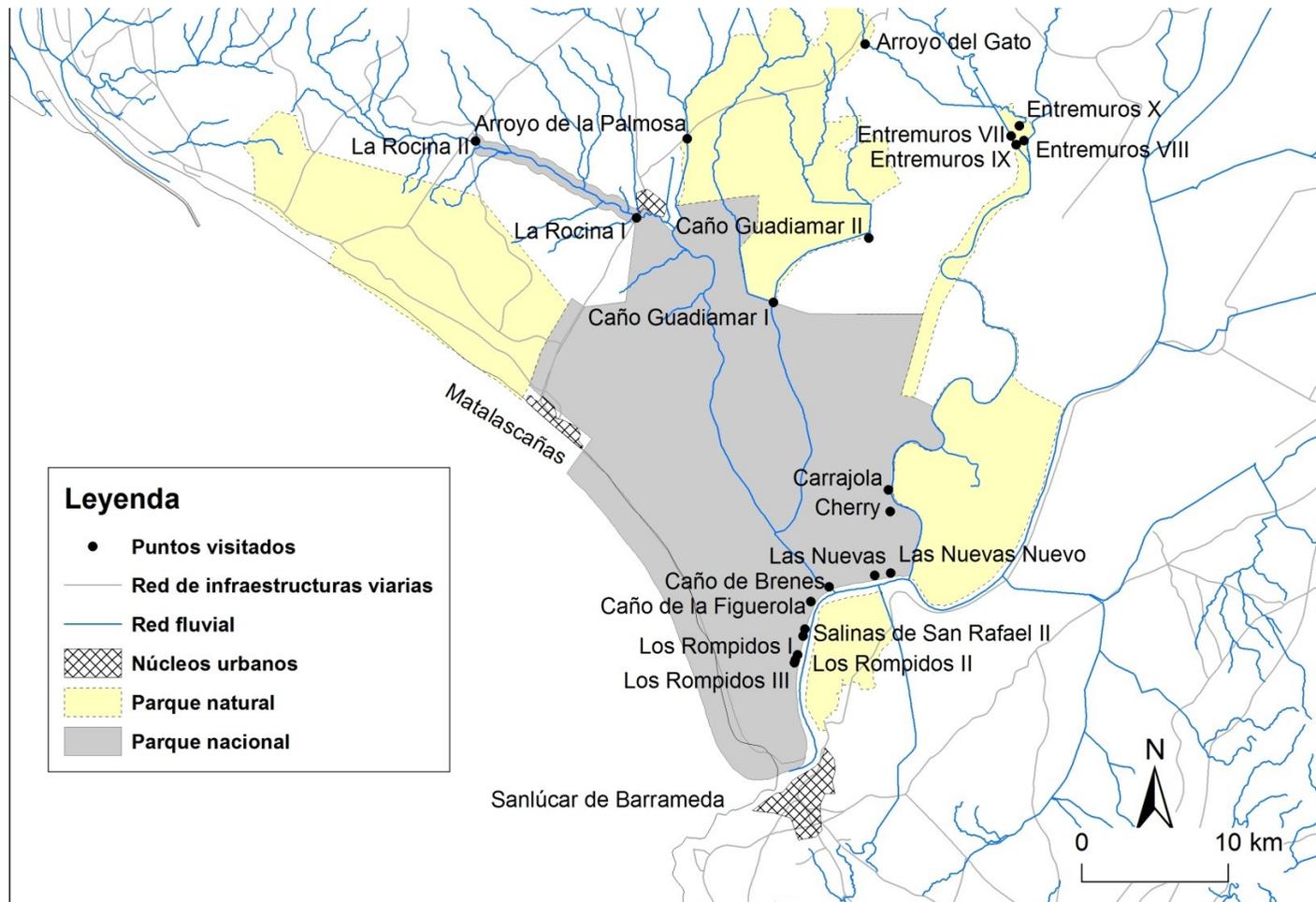


Figura 35. Posibles alteraciones a la conectividad fluvial en el Espacio Natural Doñana.

**Relación de infraestructuras analizadas**

A continuación se presenta el análisis detallado de los obstáculos hallados.

**La Rocina I**

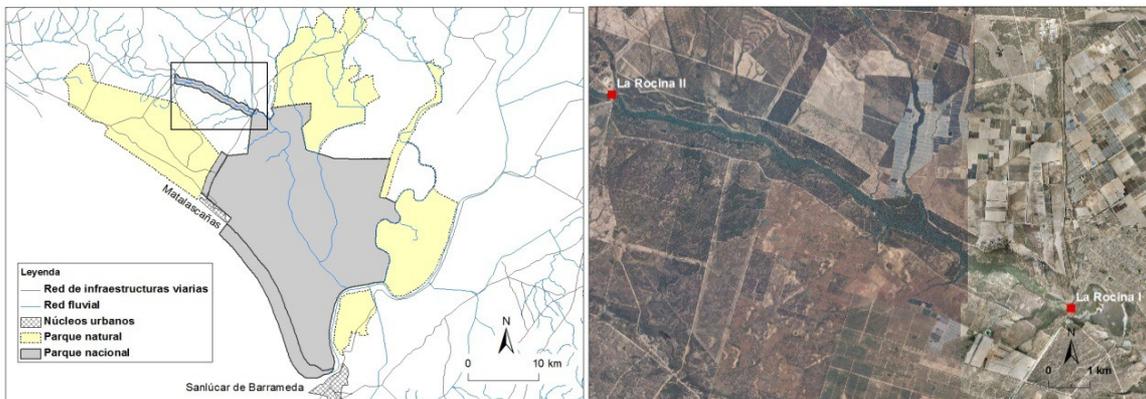


Figura 36. Localización de los puentes sobre La Rocina I y La Rocina II.

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
La Rocina I	189684,87	4114745,5 0	<u>S</u> í	No	Estación aforos

El obstáculo de la Rocina I (Figura 36; Figura 37) consiste en 2 puentes y una estación de aforos contiguos. Los puentes corresponden a la carretera de El Rocío-Matalascañas, pero no representan un obstáculo al continuo fluvial, sin embargo, la estación de aforos corta totalmente el arroyo de la Rocina justo antes de la entrada en la Madre de las Marismas. Está compuesta por un muro de escollera y dos pares de compuertas metálicas que, a juzgar por el óxido y los grandes tornillos que poseen, parecen estar siempre cerradas (Figura 38).





Figura 37. La Rocina I. Estación de aforos sobre el arroyo de la Rocina.

Con las lluvias otoñales el agua procedente de la cuenca del arroyo de la Rocina, pasa por encima de las compuertas, pero se genera un desnivel de casi dos metros. Difícilmente, las angulas en migración pueden superar este obstáculo. Esto no quiere decir que las angulas no lleguen a colonizar el arroyo, pues se ha comprobado que sí existe una población de angulas aguas arriba de estas compuertas. Es probable que éstas sean más bien un filtro y no un obstáculo, que deje pasar un número limitado de angulas aguas arriba. De ser así, la cuenca del arroyo de la Rocina podría tener menos densidad de angulas de las que naturalmente le correspondería. De la misma manera, la migración catádroma (o de aguas abajo) está igualmente anulada o reducida. Efectivamente, durante la migración catádroma, el agua del arroyo ha de superar las compuertas para que se restablezca la unión con la Madre de las Marismas y las angulas plateadas puedan salir hacia la marisma y finalmente al río Guadalquivir y al mar. El efecto debe ser especialmente acusado durante las épocas de escasez de lluvias otoñales, pues hasta que no se restablezca la unión, las angulas plateadas no podrán salir de los límites del arroyo de la Rocina.



Dimensiones:

- Longitud x anchura: 66 m x 7 m
- Altura: 1,5 m
- Anchura de las compuertas (4 compuertas): 4,5 m



Figura 38. Detalle del obstáculo de la Rocina I.

**La Rocina II**

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
La Rocina II	178652,35	4119939,6 6	Sí	<u>No</u>	Puente de carretera

El puente de la carretera Almonte-El Abalarío (HU 9016) constituye la discontinuidad catalogada como La Rocina II (Figura 35; Figura 39). En el momento en que se visitó este punto, el curso de agua (arroyo de la Rocina) se encontraba seco, aunque se puede intuir que el puente no presenta un obstáculo importante para los desplazamientos de la especie.

Dimensiones:

- Longitud x anchura: 35 m x 4,30 m
- Altura: 2 m





Figura 39. La Rocina II. Puente sobre el arroyo de la Rocina.

**Arroyo de la Palmosa I**

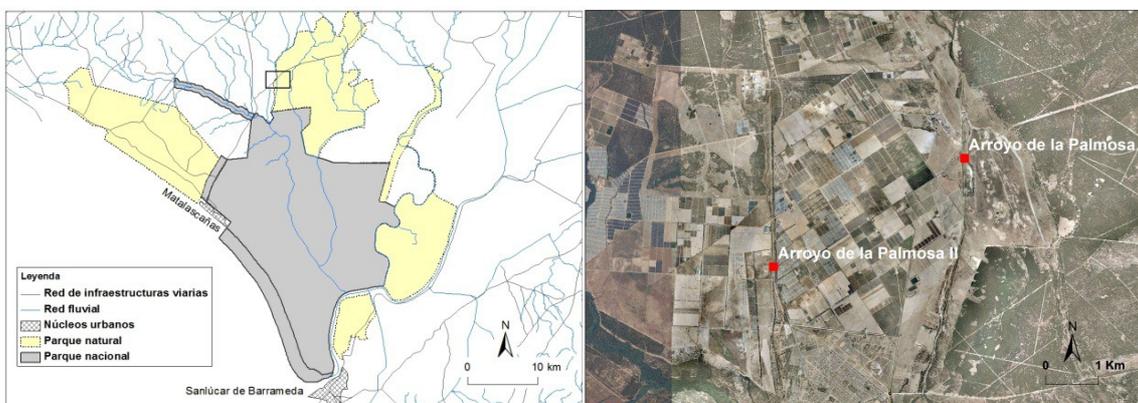


Figura 40. Localización de los puentes sobre el arroyo de la Palmosa.

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
Arroyo de la Palmosa I	193150,93	4120098,7 1	<u>Sí</u>	No	Puente de carretera

La carretera Villamanrique-El Rocío discurre sobre el arroyo de la Palmosa formando dos puentes en el trayecto (Figura 40). El puente nombrado como Arroyo de la Palmosa I (Figura 40, Figura 41), dispone de unos muros de hormigón que forman una balsa donde se queda el agua retenida. Estos muros son los que ejercen el verdadero obstáculo al tránsito.

Dimensiones:

- Longitud x anchura: 24 m x 4,30 m
- Altura: 2,5





Figura 41. Arroyo de la Palmosa I. Puente sobre el arroyo de la Palmosa.

**Arroyo de la Palmosa II**

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
			Sí	No	
Arroyo de la Palmosa II	189528,33	4117744,4 4	Sí	No	Puente de carretera

Muy cerca del anterior, y continuando por la carretera en dirección Villamanrique-El Rocío, nos encontramos con la segunda discontinuidad llamada Arroyo de la Palmosa II (Figura 40; Figura 42), y que consiste en otro puente sobre el propio cauce del arroyo de la Palmosa. Bajo el puente, se mantiene una lámina continua de agua estancada aunque el cauce permanezca seco. Aparentemente, este puente no supone un obstáculo para los movimientos de la anguila.

Dimensiones:

- Longitud x anchura: 45 m x 4,30 m
- Altura: 4 m





Figura 42. Arroyo de la Palmosa II. Puente sobre el arroyo de la Palmosa.

**Arroyo de Pilas**

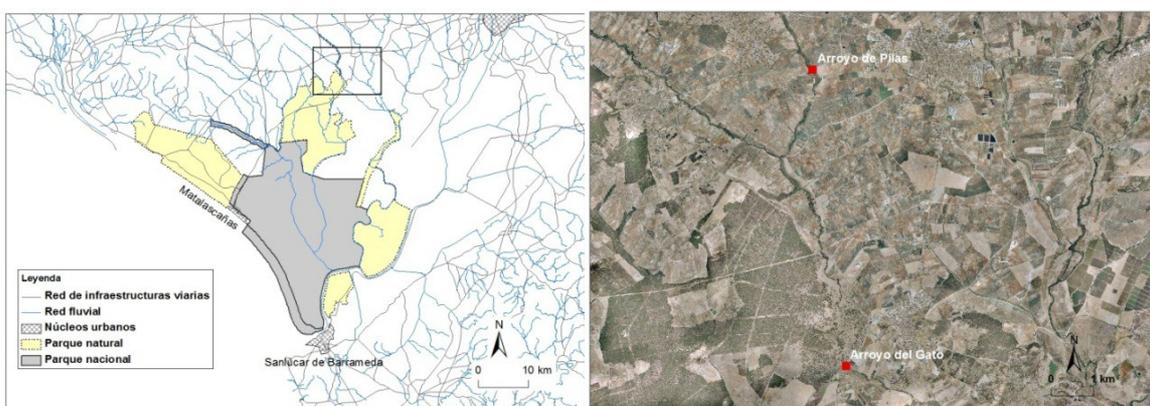


Figura 43. Localización de los puentes sobre el arroyo de Pilas y arroyo del Gato.

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
Arroyo de Pilas	204524,55	4133631,3 9	Sí	<u>No</u>	Puente de carretera

La discontinuidad sobre el arroyo de Pilas (Figura 43, Figura 44) la constituye el puente de la carretera de Pilas-Hinojos. Este puente está conformado por tres grandes tubos que no representan barrera para el paso de la anguila.

Dimensiones:

- Longitud x anchura: 22,5 m x 4,30 m
- Diámetro de los tubos: 5 m





Figura 44. Arroyo de la Pilas. Puente sobre el arroyo de Pilas.

**Arroyo del Gato**

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
Arroyo del Gato	205313,98	4126528,2 5	Sí	<u>No</u>	Puente de carretera

El puente de la carretera Villamanrique-El Rocío sobre el arroyo del Gato (Figura 45) tampoco constituye un obstáculo a tener en cuenta en los desplazamientos de la anguila. Bajo el puente se mantiene una lámina continua de agua estancada y aparentemente con excesiva carga orgánica. No obstante, cuando el arroyo se cargue de agua por las crecidas otoñales, el agua puede discurrir libremente a través de él.

Dimensiones:

- Longitud x anchura: 6 m x 4,30 m
- Altura: 1,7 m





Figura 45. Arroyo del Gato. Puente sobre arroyo del Gato.

**Entremuros I y II**



Figura 46. Localización de los puentes/vados Entremuros I-Entremuros IV.

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
			Sí	No	
Entremuros I	215662,94	4119682,5 9	Sí	No	Puente
Entremuros II	216167,77	4119972,8 4	Sí	No	Puente/Vado

Los obstáculos catalogados como Entremuros I (Figura 46, Figura 47) y Entremuros II (Figura 46, Figura 48) los conforman el puente conocido localmente como el Vado Simón. La lámina de agua fluye por debajo sin grandes cambios, por lo tanto no se considera que dichos puentes configuren una barrera para el paso de la anguila. Los vados están formados por grandes rectángulos de hormigón prefabricados que lo sustentan.



Dimensiones:

- Longitud x anchura: 18 m x 5 m (Entremuros I); 43 m x 5 m (Entremuros II)
- Altura: 3 m (Entremuros I); 1,5 m (Entremuros II)



Figura 47. Entremuros I. Puente del Vado Simón.



Figura 48. Entremuros II. Puente del Vado Simón.

### Entremuros III

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
Entremuros III	215313,16	4120290,8 7	Sí	<u>No</u>	Vad o

Entremuros III (Figura 2.12, Figura 2.15) se trata del vado de un camino que cruza por encima del encauzamiento del río Guadiamar. Dicho vado está compuesto por 6 tubos que dejan pasar el agua, de manera que ésta discurre a través de los mismos sin que generen un obstáculo al paso de los peces.



Dimensiones:

- Longitud x anchura: 10 m x 5 m
- Altura: 1,5 m
- Diámetro de los tubos: 1,1 m



Figura 49. Entremuros III. Vado sobre encauzamiento del Guadiamar.

**Entremuros IV**

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
Entremuros IV	215857,74	4120967,8 7	Sí	<u>No</u>	Vad o

De la misma manera que en el caso anterior, la discontinuidad Entremuros IV (Figura 46, Figura 50) es el vado de un camino que cruza por encima del encauzamiento del río Guadiamar. Éste está compuesto por 4 tubos que dejan pasar el agua y sin representar un obstáculo.

Dimensiones:

- Longitud x anchura: 10 m x 5 m
- Altura: 1,5 m
- Diámetro de los tubos: 1,1 m





Figura 50. Entremuros IV. Vado sobre encauzamiento del Guadamar.

**La Carrajola**

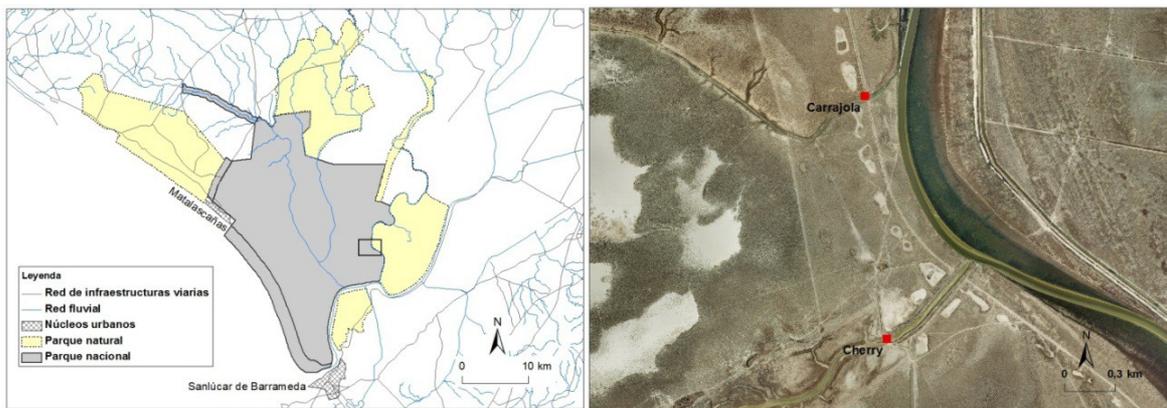


Figura 51. Localización de las compuertas de los caños de la Carrajola y el Cherry.

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
Carrajola	206900,69	4096238,0 5	Sí	<u>No</u>	Compuertas

Esta discontinuidad (Figura 51, Figura 52) se debe a unas antiguas compuertas que ponen en contacto el caño de la Carrajola de la marisma de Doñana con el Brazo de la Torre. En la actualidad, estas compuertas permanecen abiertas durante todo el año, no obstante, el estado de colmatación en que se encuentran hace que el agua no fluya completamente por el mismo con un caudal abundante. Sin embargo, no se puede decir que las compuertas constituyan un obstáculo para el paso de la anguila.

Dimensiones:



- Longitud x anchura: 4 m x 8 m
- Altura: 1,7 m
- Diámetro de los tubos: 1,2 m



Figura 52. Compuertas sobre el caño de la Carrajola.

**Cherry**

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
Cherry	207029,67	4094796,0 7	<u>S</u> í	No	Compuertas

La discontinuidad del caño del Cherry – o caño del Buen Tiro – (Figura 51, Figura 53) son grandes compuertas ubicadas sobre el cauce modificado del antiguo caño natural y cuya apertura y cierre están gestionados por el Espacio Natural Doñana. Dado que no hemos podido conocer el programa de gestión de estas compuertas no hemos podido cuantificar el impacto que generan sobre la población de anguilas. Es probable que esta gestión no se realice teniendo en cuenta los periodos migratorios de la especie. Además, su impacto puede ser elevado no sólo sobre la anguila sino sobre toda la comunidad acuática de la marisma.

**Dimensiones:**

- Longitud x anchura: 12 m x 3 m
- Altura: 3,1 m





Figura 53. Compuertas sobre el caño del Cherry.

**Las Nuevas nuevo**

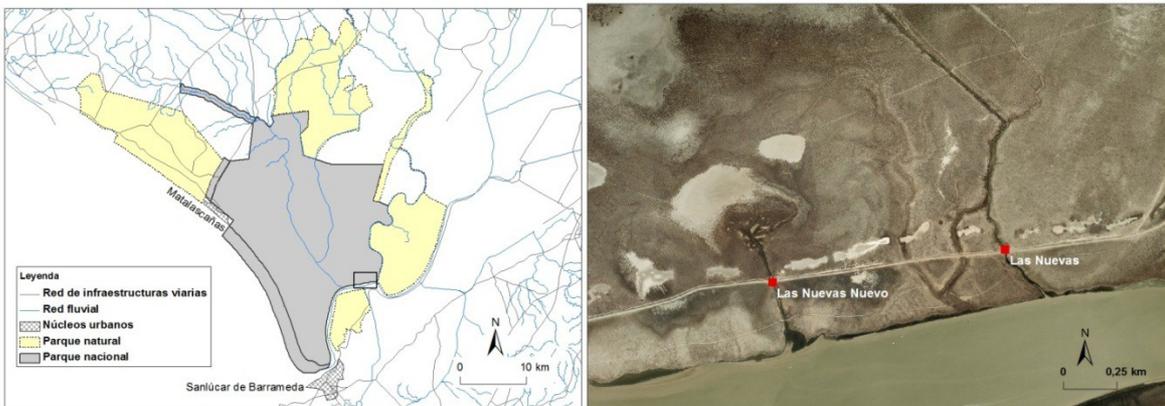


Figura 54. Localización de las compuertas de los caños de las Nuevas nuevo y de las Nuevas.

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
			Sí	No	
Las Nuevas Nuevo	205968,91	4090445,7 2	Sí	No	Compuertas



Las compuertas del caño de las Nuevas nuevo (Figura 54, Figura 55) se encuentran abiertas de manera permanente. No obstante, el canal está colmatado y no parece ejercer como conector entre la marisma y el cauce principal del río Guadalquivir, por lo tanto no se considera que las compuertas generen un obstáculo real para los desplazamientos de la anguila.

Dimensiones:

- Longitud x anchura: 4 m x 2,5 m
- Altura: 1,8 m



Figura 55. Compuertas sobre el caño de las Nuevas nuevo.

**Las Nuevas**

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
Las Nuevas	207059,27	4090599,5 8	Sí	<u>No</u>	Compuertas

La compuerta del caño de las Nuevas (Figura 54, Figura 56) se encuentra totalmente abierta. Esta compuerta conecta la marisma con el cauce principal del Guadalquivir a través del caño del mismo nombre, no obstante, en la actualidad se encuentra con un alto grado de colmatación y la circulación del agua a través del mismo es escasa.

Dimensiones:

- Longitud x anchura: 4 m x 2,3 m



- Altura: 1,9 m



Figura 56. Compuerta sobre el caño de las Nuevas.

**La Figuerola**

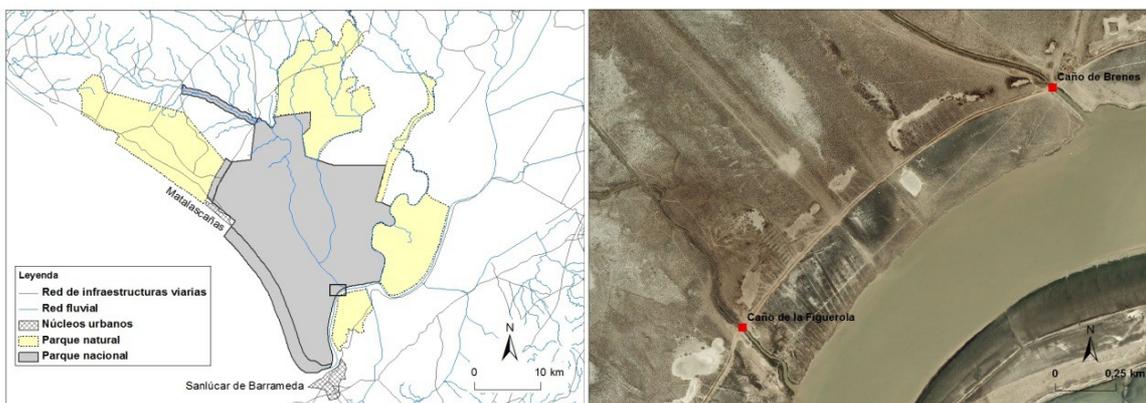


Figura 57. Localización de las compuertas sobre los caños de Brenes y la Figuerola.

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
La Figuerola	201589,95	4088676,8 3	<u>Sí</u>	No	Compuerta

Al igual que las compuertas del Cherry, la compuerta ubicada sobre el caño de la Figuerola (Figura 57, Figura 58) la maneja el Espacio Natural Doñana para gestionar el desagüe de la marisma. Dado que es probable que en el manejo no esté considerado el periodo migratorio de las especies acuáticas, esta compuerta podría representar un obstáculo para la migración anádroma de la angula. Dado que la marisma permanece seca durante el estiaje, es muy



probable que no se produzcan anguilas plateadas dentro de la misma, por lo que ésta y otras compuertas podrían tener pocos efectos sobre la migración catádroma de las anguilas plateadas.

Dimensiones:

- Longitud x anchura: 5,2 m x 3,3 m
- Altura: 2,2 m



Figura 58. Compuertas sobre el caño del Figuerola (arriba) y escotadura realizada en la Montaña del Río (abajo).

**Brenes**

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
Brenes	202860,96	4089667,8 4	<u>Sí</u>	No	Compuerta

Las compuertas sobre el caño de Brenes (Figura 57, Figura 59) representan otro obstáculo a la migración de la angula por las mismas razones que las señaladas para las compuertas del Cherry y La Figuerola.

Dimensiones:

- Longitud x anchura: 5,5 m
- Altura: 2,7 m





Figura 59. Compuertas sobre el caño de Brenes.

### Los Rompidos I, II y III

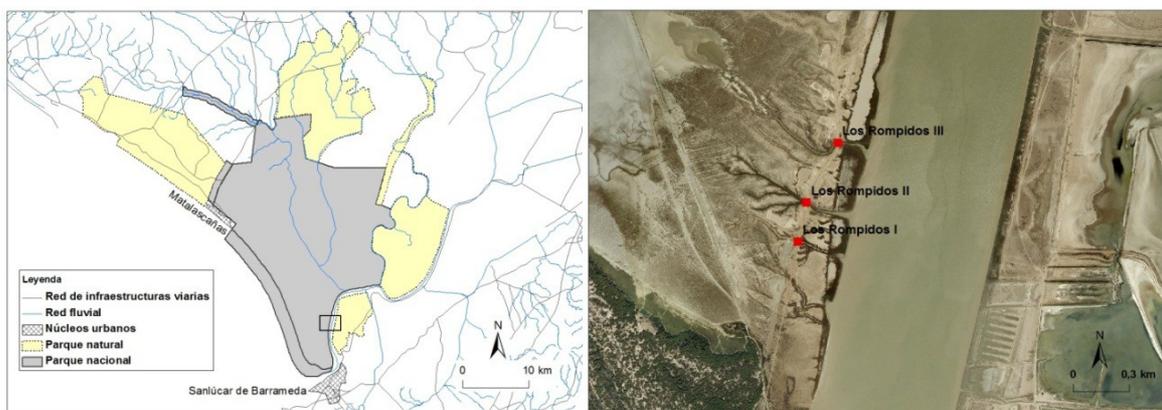


Figura 60. Localización de las compuertas sobre los caños de los Rompidos.

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
			Sí	No	
Los Rompidos I	200481,44	4084495,3 9	Sí	No	Tubos
Los Rompidos II	200525,85	4084706,9 0	Sí	No	Compuerta
Los Rompidos III	200695,05	4085032,5 5	Sí	No	Compuerta

Las compuertas sobre los caños de los Rompidos (Figura 60, Figura 61) están por lo general permanentemente abiertas durante todo el año. Por lo que salvo excepciones, apenas representarán un obstáculo a la migración de la anguila.





Figura 61. Compuertas sobre los caños de los Rompidos.

### Salinas de San Rafael I y II



Figura 62. Localización de las entradas de agua a las antiguas salinas de San Rafael.

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
			Sí	No	
Salinas de S. Rafael I	201065,05	4086333,1 5	Sí	No	Canales taponados
Salinas de S. Rafael II	201194,04	4086779,1 7	Sí	No	Canales taponados

Los canales de entrada y salida de agua en las antiguas salinas de San Rafael (Figura 62, Figura 63) se encuentran taponados por sedimentos. Por lo tanto, no se considera que representen un obstáculo en sí para la migración de las angulas.





Figura 63. Canales de las salinas de San Rafael.

### Caño Guadamar I y II

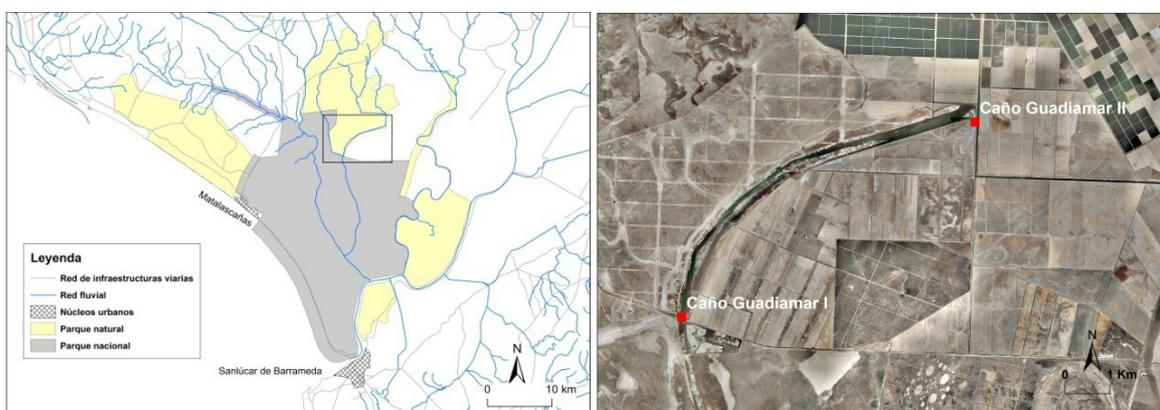


Figura 64. Localización de los puntos caño Guadamar I y caño Guadamar II.

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
Caño Guadamar I	199052,89	4108976,7 5	Sí	<u>No</u>	Puente

El Muro de la FAO sobre el caño Guadamar, justo en el límite Norte del Parque Nacional de Doñana, forma dos puentes contiguos, uno con bloques de hormigón cuadrangulares (puente I) y otro con grandes tubos (puente II) (Figura 64, Figura 65). El primero provoca un pequeño escalón que supone un salto a ambos lados del puente, mientras que el segundo mantiene el flujo de agua continuo. En cualquier caso, se considera que ambos permiten el intercambio de fauna con facilidad.



Dimensiones:

- Longitud x anchura: 6,5 m x 5 m (puente I); 59 m x 5 m (puente II)
- Altura: 1,5 m (puente I); 2,2 m (puente II)
- Diámetro de los tubos: 1,5 m (puente II)



Figura 65. Puentes del camino del muro de la FAO sobre el caño Guadamar.

Nombre	UTM X	UTM Y	Barrera		Tipo
			Sí	No	
Caño Guadamar II	205575,58	4113358,50	Sí	No	Estación de bombeo

El Caño Guadamar II es una estación de bombeo (Figura 64, Figura 66) que se encuentra en el extremo Norte del caño, y comunica el canal que sale de la estación de bombeo de Vuelta la Arena con canales de riego para campos de cultivo. El punto carece de interés para los movimientos de la anguila en la zona, dado que se encuentran permanentemente cerrados y además la conexión sería fundamentalmente con canales de riego.

Dimensiones:

- Longitud x anchura: 16 m x 4 m
- Altura: 4 m





Figura 66. Obstáculo caño Guadamar II.

### Obras de permeabilización de la marisma

Durante el verano de 2011 y 2012 se llevaron a cabo una serie de obras de permeabilización de la marisma frente al río. Estas obras consistieron en una serie de tres escotaduras de unos 100 metros de longitud sobre el muro de la Montaña del Río, entre las compuertas de la Figuerola y los Rompidos, y grandes tuberías que atravesaron dicho muro (Figura 67). Rebajando la cota de altitud de la Montaña del Río, se pretendió que el agua de las pleamares que desborda el río en las grandes mareas penetrase en la marisma, y que a su vez, el agua de la marisma rebose por estas escotaduras cuando se encuentre repleta de agua. El mismo objetivo se persiguió mediante el uso de grandes tuberías que atraviesan el muro de la Montaña del Río.

En cualquier caso, estas obras permitirían el intercambio de agua y/o fauna durante las épocas de grandes avenidas, fuertes periodos de lluvia y/o elevados coeficientes mareales. Los caños, que mantienen agua de manera casi permanente durante todo el año, quedan de la misma manera inconexos con el estuario.





Figura 67. Obras de permeabilización en la Montaña del Río: vados (arriba) y tuberías (abajo).

Adicionalmente, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir ha comunicado recientemente (20 diciembre de 2013; [www.chguadalquivir.es](http://www.chguadalquivir.es)) que se va a poner en marcha de forma inminente un proyecto para la recuperación de la funcionalidad del Brazo de la Torre y permeabilización de la marisma. De esta manera, la marisma recuperaría parte de los aportes del río Guadiamar y la conexión con el estuario del Guadalquivir. Está previsto que estas obras comiencen en enero de 2014.

**Consideraciones adicionales**

De las veintitrés discontinuidades detectadas sólo seis pueden ser catalogadas como obstáculos de entidad para la migración de la anguila. Tres se refieren a las compuertas del Cherry, Brenes y la Figuerola, ubicadas sobre los caños intermareales que comunican la marisma de Doñana con el Brazo de la Torre y el cauce principal del río Guadalquivir. Estas compuertas las gestiona el personal del Espacio Natural de Doñana y se abren y cierran en función de la cantidad de agua existente en la marisma, pero esta gestión es independiente del periodo migratorio no sólo de la anguila sino del resto de especies



migradoras que existe en la zona. Para solventar este problema, el personal del Parque argumenta que las compuertas se dejan abiertas entre 10 cm y 15 cm por lo que las distintas especies podrían, según ellos, moverse libremente entre la marisma y el río. Sin embargo esto no es así.

En efecto, entre los años 2009 y 2011 este Grupo de Investigación desarrolló el proyecto “*Los peces como organismos indicadores de la eliminación y permeabilización de la Montaña del Río*” (Fernández-Delgado *et al.* 2011). En él se realizó un estudio a escala local, y otro a escala regional, para mostrar los efectos de la Montaña del Río sobre la comunidad de peces de la marisma. A continuación se exponen los principales resultados que se obtuvieron:

#### Estudio a escala local

Para el estudio a nivel local se muestrearon cuatro puntos en el caño del Buen Tiro: uno situado fuera de las compuertas en contacto directo con el Brazo de la Torre (no impactado) y 3 situados dentro de la influencia de las compuertas (impactados). Estos puntos fueron muestreados en abril, junio, julio, agosto y septiembre de 2010 y enero de 2011.

Durante el transcurso de los muestreos de junio, julio y septiembre las compuertas del caño de Buen Tiro se mantuvieron un poco más abiertas que durante el resto de muestreos, llenando y vaciando el caño de agua diariamente con la influencia de las mareas. No obstante, la apertura de las compuertas fue mínima durante la mayor parte del tiempo (Figura 68), y el agua permaneció retenida en el caño quedando un volumen de agua diferente de compuertas hacia dentro y de compuertas hacia fuera (Figura 69). Esta diferencia de volumen crea una fuerte presión del flujo del agua de la zona de apertura, lo que dificulta en gran medida el paso de la fauna acuática.





Figura 68. Estado de apertura de las compuertas durante los meses de junio y julio de 2010.

Para la comparación entre localidades se aplicaron los parámetros descriptivos de riqueza de especies, índice de integridad zoogeográfica, gremios ecológicos de las especies, índice de diversidad de Shannon (aplicado a datos de abundancia y de biomasa), índice de bienestar de la comunidad e índice de bienestar modificado. Como análisis multivariantes, se utilizaron las técnicas de ordenación nMDS y Cluster. Se aplicó un test SIMPROF utilizando como base los análisis Cluster para detectar agrupaciones significativas en las muestras.



Figura 69. Estado del caño del Buen Tiro durante el muestreo de julio de 2010. La fotografía de la izquierda se tomó de la localidad situada de compuertas hacia fuera (CH01) donde el caño está completamente lleno con agua mareal y la fotografía de la derecha se tomó de compuertas hacia dentro (CH02), donde la compuerta impedía que la entrada libre del agua y de los organismos acuáticos.

La riqueza total de especies y de especies nativas fue mayor en la localidad conectada con el estuario (CH01) (Figura 70). Además, esta localidad mostró una composición de especies más acorde a los ambientes estuáricos con una mayor presencia de especies marinas migrantes y eventuales. De la misma manera, la proporción de biomasa de especies nativas fue considerablemente



mayor en la localidad situada de compuertas hacia fuera que en el resto de localidades (Figura 71).

Los índices de bienestar de la comunidad y de bienestar modificado mostraron un mejor estado de conservación de la comunidad de peces en la localidad no impactada que en el resto de localidades en la mayoría de los muestreos (Figura 72).

Cuando fueron calculados sobre los resultados del total de la comunidad de peces, los índices de integridad zoogeográfica e índices de diversidad de Shannon no mostraron grandes diferencias entre localidades. Sin embargo, el estudio de la diversidad de abundancia de especies nativas mostró mayores valores de la localidad no impactada con el resto en la mayoría de muestreos.

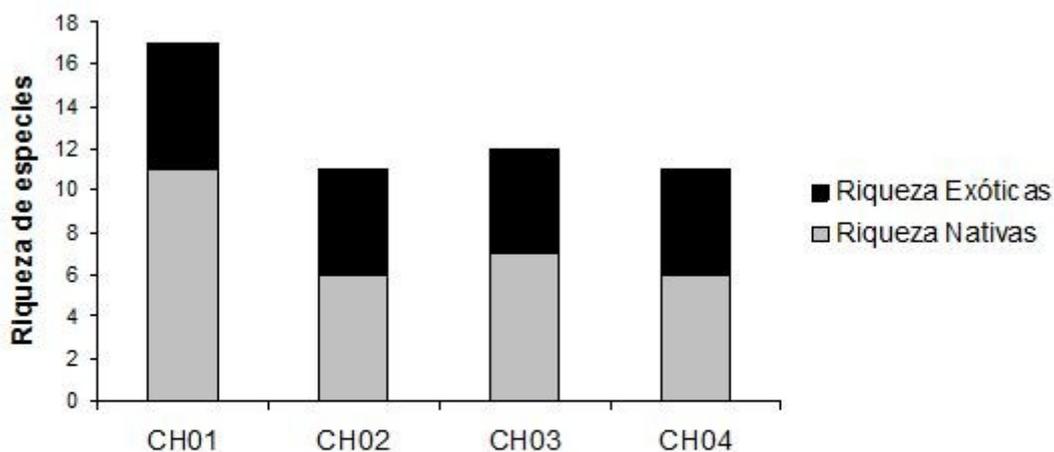


Figura 70. Riqueza de especies nativas y exóticas en las localidades de muestreo del Caño del Buen Tiro.



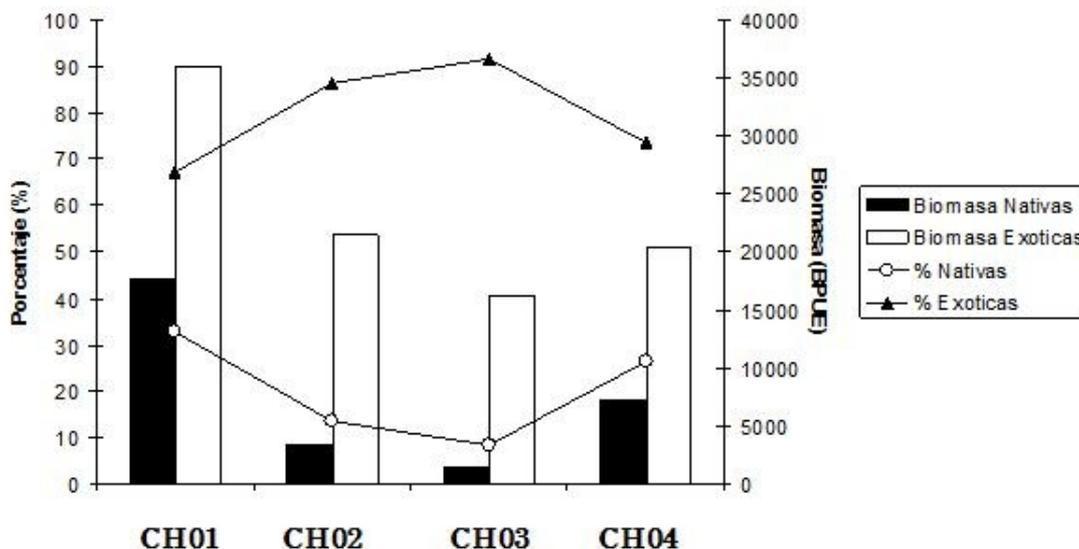


Figura 71. Representación gráfica de los valores de biomasa de especies nativas y de especies exóticas en las localidades de muestreo del Caño del Buen Tiro.

La ordenación de las muestras con análisis nMDS mostró una agrupación temporal de las muestras. Dentro de estas agrupaciones temporales, la localidad en contacto directo con el estuario tendía a diferenciarse del resto de localidades situándose más alejada en el plano. Este patrón se observó de manera más evidente en el análisis de biomasa.

Los análisis Cluster mostraron una agrupación de las localidades impactadas diferenciadas de la localidad no impactada en los casos de abundancia y biomasa. Estas agrupaciones fueron significativas en la mayor parte de los muestreos realizados (Figuras 73 y 74).



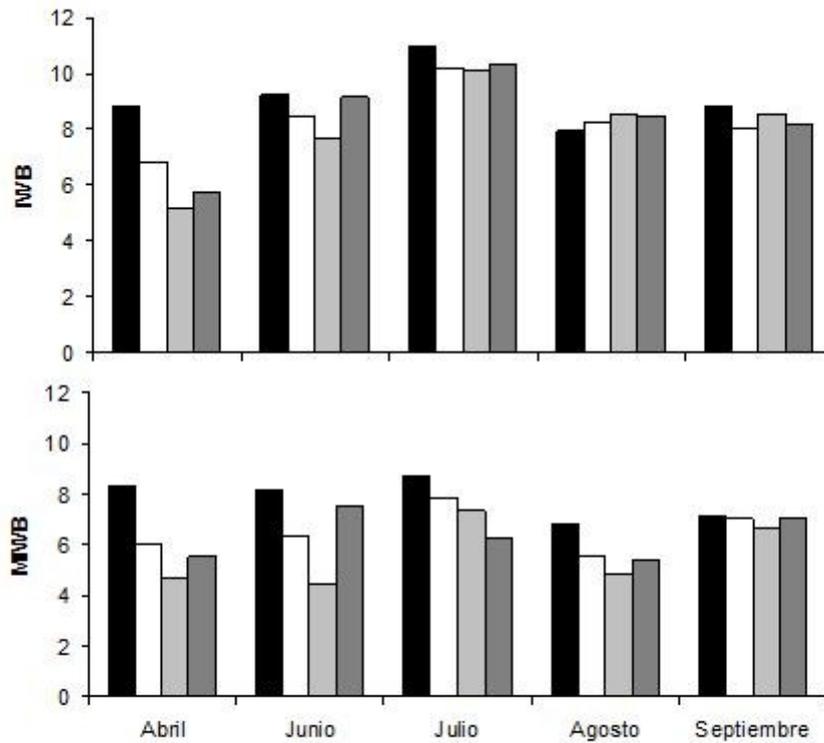


Figura 72. Graficas de los índices de bienestar de la comunidad (IWB) e índice de bienestar de la comunidad modificado (MIWB) en todas las localidades de muestreo (barras negras: CH01; barras blancas: CH02, barras grises: CH03 y barras gris oscuro: CH04).



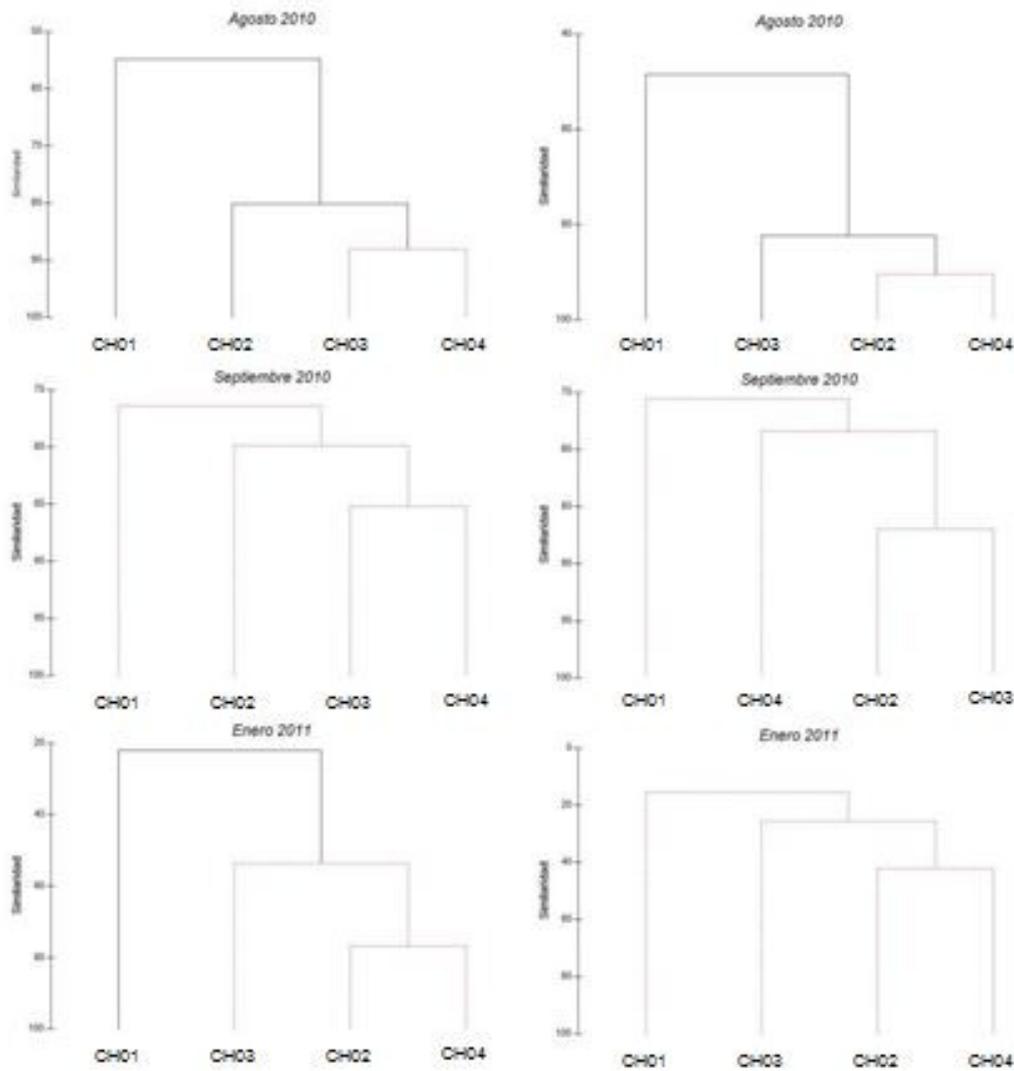


Figura 74. Análisis **Cluster** y SIMPROF realizados en base a los datos de abundancia (columna de la izquierda) y de biomasa (columna de la derecha) de los muestreos de agosto y septiembre de 2010 y enero de 2011.



### Estudio a escala regional

Para realizar este estudio se muestreó la marisma de Doñana como zona impactada y las marismas de Ayamonte, Piedras y Odiel como zonas control. Dentro de cada marisma se seleccionaron 3 caños, y dentro de cada caño se muestrearon 4 réplicas. Estos muestreos se llevaron a cabo en los meses de junio, julio, agosto y septiembre de 2011.

Para la comparación entre marismas se aplicaron los parámetros descriptivos de riqueza de especies, índice de integridad zoogeográfica, gremios ecológicos de las especies e índice de diversidad de Shannon (aplicado a datos de abundancia y de biomasa). Como análisis multivariantes, se utilizó la técnica de ordenación nMDS y análisis de la varianza multivariante por permutaciones (PERMANOVAs) anidados.

En la marisma de Doñana se capturó una menor riqueza de especies (11 especies) que en el resto de marismas muestreadas (14 especies en las marismas de Ayamonte y Odiel y 17 en la marisma del río Piedras). En cuanto a la composición de especies, Doñana mostró una menor riqueza de especies típicamente estuarinas, además de mostrar una proporción de especies exóticas mayor al resto de marismas (Figura 75).

El índice de integridad zoogeográfico mostró unos menores valores en Doñana que en el resto de marismas en todos los muestreos realizados (Figura 76). Las marismas del Odiel y del Piedras fueron las que contaron con unos mayores valores de este índice.



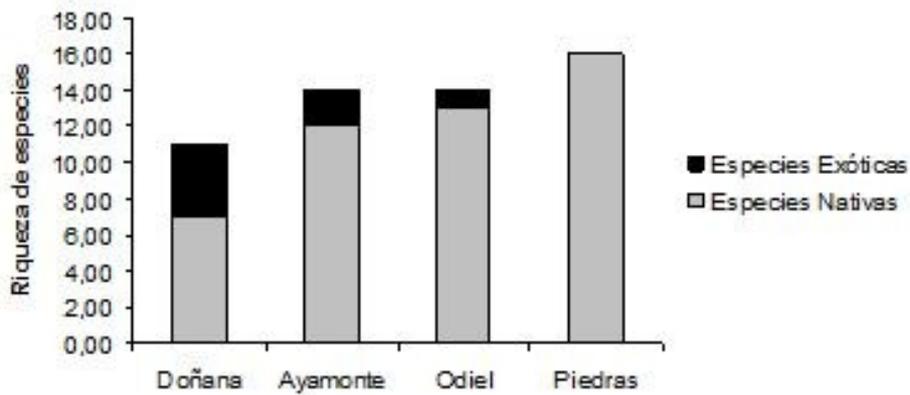


Figura 75. Riqueza de especies nativas y exóticas en las marismas de Doñana, Ayamonte, Odiel y Piedras.

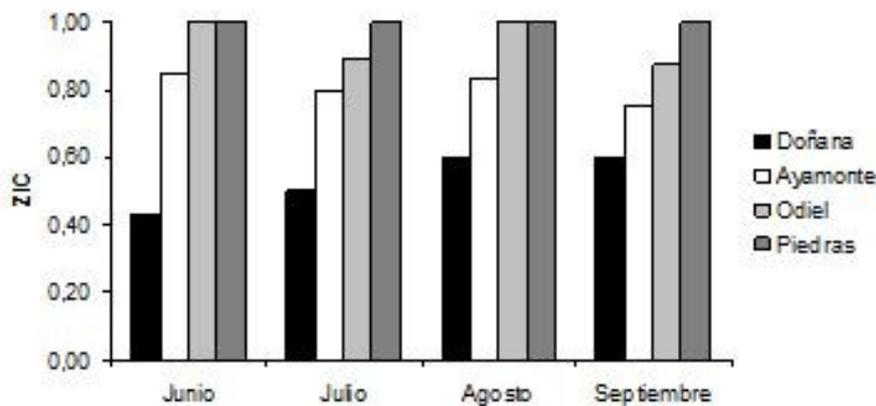


Figura 76. Índice de Integridad Zoogeográfica en las marismas de Doñana, Ayamonte, Odiel y Piedras durante los muestreos de junio, julio, agosto y septiembre de 2011.

En Doñana se obtuvieron unos valores extraordinariamente elevados de abundancia y biomasa en comparación con el resto de marismas estudiadas. Esto es resultado de que los peces quedan atrapados en la marisma ya que no existe un intercambio con el estuario a causa de los muros. Cuando se deseca la marisma en verano, todos estos peces quedan acumulados en los caños intermareales donde se realizaron los muestreos, por lo que las redes colocadas aquí capturaron unas abundancias y biomasa muy elevadas. Al analizar la calidad de esa abundancia y biomasa de peces aplicando el índice de integridad zoogeográfica a los datos, se observó cómo los valores de Doñana son muy inferiores al resto de marismas estudiadas (Figura 77).



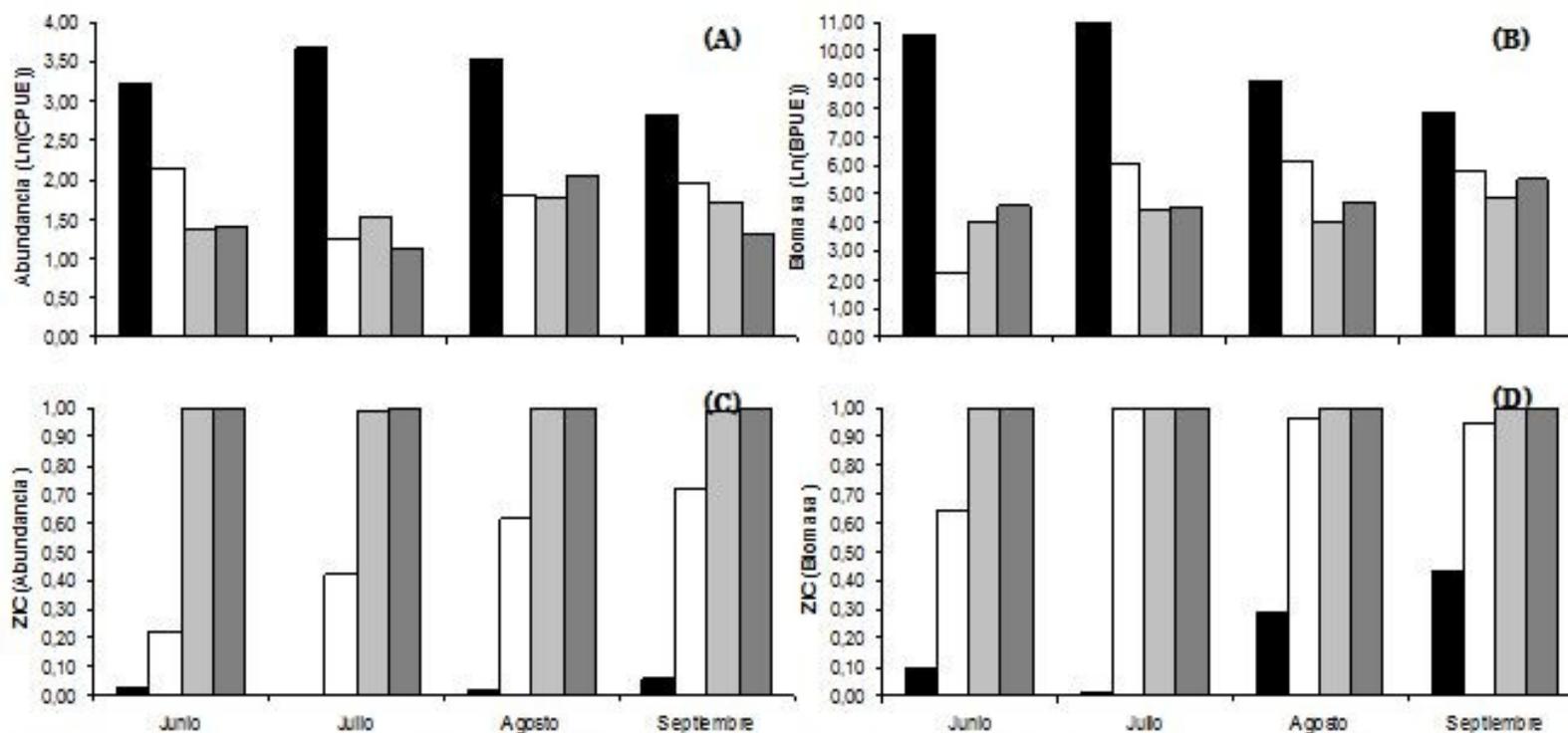


Figura 77. Gráficas de la abundancia y biomasa de peces (A y B) y del Índice de Integridad Zoogeográfica en base a la abundancia y la biomasa (C y D) en las marismas de Doñana (barras negras), Ayamonte (barras blancas), Odiel (barras grises) y Piedras (gris oscuro).

Los resultados de los análisis de ordenación multivariantes mostraron grupos diferenciados entre las marismas estudiadas. Estos grupos mostraron la marisma de Doñana distante en el plano del resto de localidades, lo que indica que esta marisma es muy diferente al resto (Figura 78).

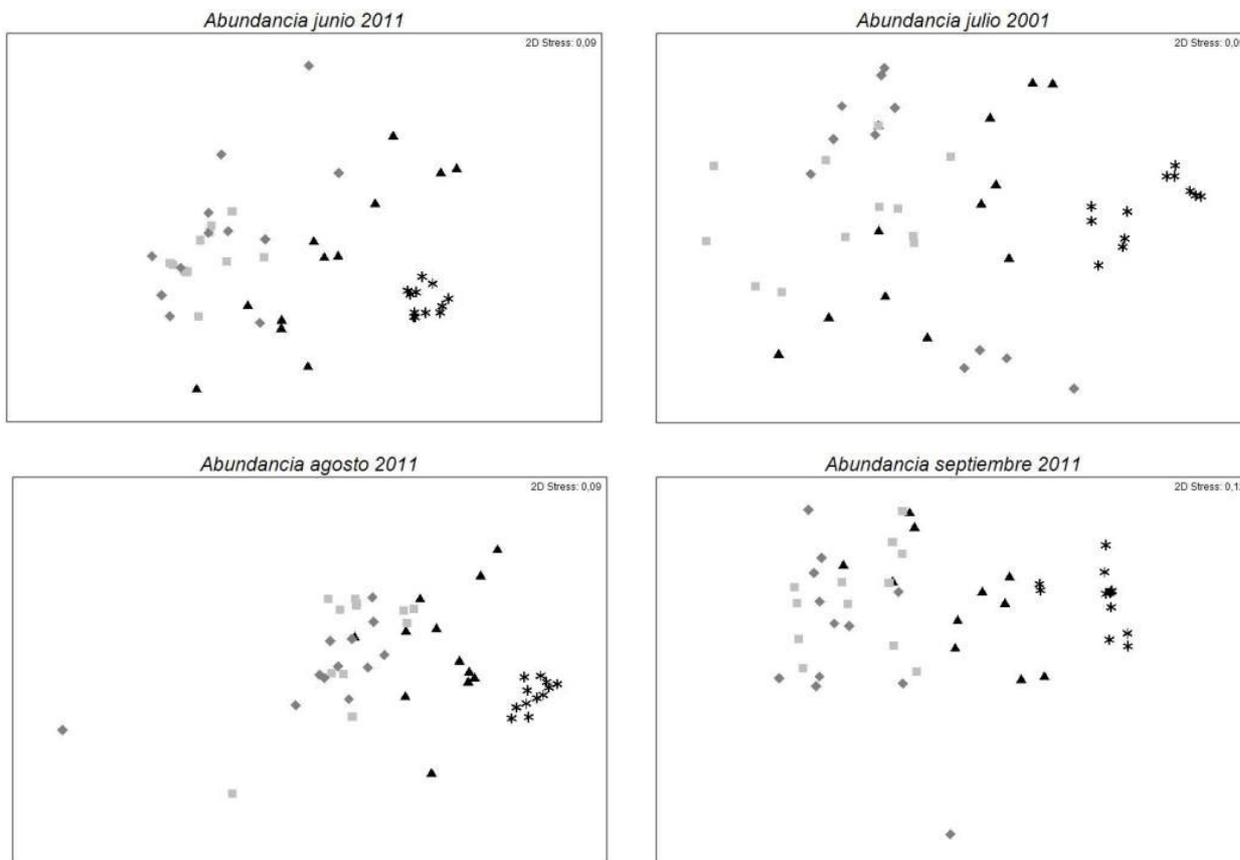


Figura 78. Análisis nMDS en dos dimensiones de los muestreos realizados con los datos de abundancia de la comunidad de peces en los meses de junio, julio, agosto y septiembre de 2011 en las marismas de Ayamonte (◊), Doñana (\*), Odiel (▲) y Piedras (◻).

La variabilidad espaciotemporal de la comunidad de peces de Doñana fue significativamente diferente a la variabilidad espacio temporal del resto de marismas control (para más detalle ver Fernández-Delgado *et al.* 2011). Esta variabilidad estará indicando un efecto de la Montaña del Río en la comunidad de peces de Doñana.



Las conclusiones obtenidas de este estudio fueron las siguientes:

- Los análisis de ordenación realizados en base a la comunidad de peces del Caño del Buen Tiro mostraron que las localidades situadas de compuertas hacia el interior del Parque Nacional son diferentes a la localidad situada fuera de las compuertas. Parámetros como riqueza de especies, composición de la comunidad, proporción de especies exóticas e índices de bienestar demuestran que la calidad de la comunidad de peces de compuertas hacia dentro (i.e. hacia el interior del Parque Nacional) es inferior a la existente de compuertas para fuera (i.e. hacia el exterior del Parque Nacional).

- Comparada con otras zonas limítrofes similares (marismas del Odiel, Piedras, Guadiana, etc..) la comunidad de peces de Doñana presentó menor riqueza de especies autóctonas, mayor número de especies exóticas, y valores más bajos del índice de integridad zoogeográfico aplicado a riqueza, abundancia y biomasa. Los análisis estadísticos realizados mostraron diferencias significativas de Doñana con respecto a las demás marismas estudiadas.

- Los datos confirman el aislamiento de la marisma del Parque Nacional respecto de su entorno inmediato y que, caso de existir algún modelo de gestión de compuertas para permitir el intercambio de fauna acuática, éste es claramente ineficaz en su cometido.

Durante el verano de 2012 se llevaron a cabo ciertas obras de permeabilización de la Montaña del Río en el Parque Nacional acorde con lo establecido dentro del “Plan de regeneración hídrica de las cuencas y cauces vertientes a las marismas del Parque Nacional de Doñana” (Saura-Martínez *et al.* 2001). En él se contemplaba una actuación denominada “Control y permeabilización de la marisma frente al Río, al Brazo de la Torre y a Entremuros” (Actuación nº 8) que quedaba pendiente desde entonces, y que como se ha comentado anteriormente, parece ser se está desarrollando en estos momentos y/o están previstas para el próximo año. De cualquier manera, esta permeabilización siempre será parcial, ya que son los caños intermareales por donde se mantiene en mayor medida el flujo del agua y los que constituyen,



en definitiva, las principales rutas migratorias de las especies acuáticas. Dado que los caños van a continuar bloqueados por compuertas que son manejadas según necesidades ajenas a las comunidades acuáticas, los efectos de estas permeabilizaciones serán limitados.

Por este motivo proponemos una integración de los periodos migratorios fundamentalmente de la angula en el Plan de Manejo de las compuertas, creemos que no sería muy complicado esta integración y los beneficios para la especie no se harían esperar.

La estación de aforos localizada en el arroyo de la Rocina antes de entrar en el caño Madre de las Marismas (La Rocina I) es la cuarta infraestructura que debe ser considerada a la hora de mejorar la conectividad del Espacio Natural Doñana para la anguila. Ya hemos descrito esta discontinuidad que impide la recolonización del arroyo de la Rocina por las angulas en migración. Las compuertas se encuentran selladas y favorece la formación de un espacio lagunar aguas arriba de este punto. La conexión de las aguas del arroyo con el resto de la marisma sólo se produce por desbordamiento una vez el nivel del agua ha sobrepasado el de las compuertas. La eliminación de estas compuertas, actualmente en desuso, facilitaría la colonización natural de la cuenca por parte de las angulas en migración aguas arriba, así como la salida de angulas plateadas aguas abajo. Esta eliminación podría hacerse de forma escalonada reduciendo cada año unos centímetros la altura de las compuertas hasta su total eliminación. De esta forma, la vegetación iría colonizando progresivamente el espacio ahora inundado. Otra alternativa podría ser la construcción de una pequeña escala en cepillo para las angulas (ver apartado 1.2.2.1.a).

La discontinuidad catalogada como caño Guadiamar II que consiste en una estación de bombeo que conecta el antiguo caño Guadiamar con los canales de agua procedentes de la estación de bombeo de Vuelta la Arena, no se considera prioritario a tener en cuenta a la hora de una posible



permeabilización ya que estos canales conectan con campos de cultivo y la conectividad con estos cuerpos de agua carece de sentido.

Finalmente, el puente de la carretera Villamanrique-El Rocío sobre el arroyo de la Palmosa (Arroyo de la Palmosa I) representa un obstáculo para el libre movimiento de la especie. No obstante, debido al escaso caudal que presenta el arroyo no se considera que este obstáculo esté incidiendo en gran medida en la conservación de la especie y su permeabilización no se considera una actividad prioritaria.

En definitiva proponemos la inclusión del periodo migratorio de la angula en el plan de manejo de las compuertas, fundamentalmente en las del Cherry, la Figuerola y Brenes y la eliminación de las compuertas en la estación de aforos del arroyo de la Rocina o en su defecto la construcción de un pequeño paso que facilite la colonización por las angulas de la cuenca de este arroyo.

#### **1.2.2.1.d. Propuesta de tramos fluviales y humedales para la reintroducción de la anguila en Andalucía.**

A la hora de llevar a cabo las medidas de repoblación contempladas en el plan de gestión, es necesaria la localización de los hábitats residuales que aún permanezcan en su área de distribución. El presente apartado aborda esta cuestión en el caso de la anguila tanto para tramos fluviales como para humedales y hábitats artificiales.

##### **Tramos fluviales**

El primer paso fue llevar a cabo un examen exploratorio de los cursos fluviales andaluces mediante ortofotos obtenidas a través del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA 2012), de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG 2011) y de la Agencia Andaluza de la Energía (AAE 2011).

Este análisis dio origen a un primer catálogo de tramos que posteriormente fueron sometidos a una segunda criba tras tener en cuenta cierta información



adicional procedente de diferentes colectivos como Agentes de Medio Ambiente, científicos, pescadores, ecologistas, etc., todos ellos bien conocedores de tales cuerpos de agua. Como norma general se seleccionaron tramos y cuencas fluviales que cumpliesen al menos las siguientes 4 condiciones: tener libre conexión con el mar; mantener un mínimo caudal en época de estiaje; ausencia de obstáculos transversales que impidieran la migración catádrroma; y aparentemente no presentar niveles de contaminación elevados o baja probabilidad de sufrir un episodio contaminante a corto plazo (8-10 años).

Una vez realizada esta segunda criba, se procedió a una visita de campo que terminó de perfilar los cuerpos de agua seleccionados. En estos tramos la longitud y anchura fueron medidas *in situ*, siendo tomada ésta última al 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de la longitud de cada tramo. La media de estas anchuras se multiplicó por la longitud del fragmento para obtener la superficie total del tramo. El resultado final fue un catálogo de 153 tramos clasificados entre prioritarios y secundarios. Los prioritarios tendrían un entorno natural con riberas bien conservadas, una cuenca poco humanizada y buena calidad de agua, mientras que los secundarios, serían tramos igualmente bien conservados pero de una calidad ambiental inferior. Los primeros serían los idóneos para la recepción de individuos en primer lugar, y los segundos, los que recibirían ejemplares una vez terminada la repoblación de los tramos prioritarios (Figura 79). En total se localizaron 87 tramos prioritarios y 66 secundarios pertenecientes a 20 cuencas fluviales (Tabla 9), sumando entre todos una superficie total 7327 hectáreas. En el Anexo II se presentan las coordenadas UTM de cada tramo de los descritos en la Tabla 9.

Teniendo en cuenta que la determinación del sexo de la anguila es dependiente de la densidad (bajas densidades producen fundamentalmente hembras y elevadas densidades machos) y el objetivo es la producción de hembras, se recomienda una tasa de repoblación no superior a 100 g/ha (ICES 2007). Con estas medidas se necesitarán aproximadamente 732,70 kilogramos



de angulones indiferenciados (i.e. no superiores a 12 cm de longitud total) para la repoblación de estos tramos (Tabla 9).



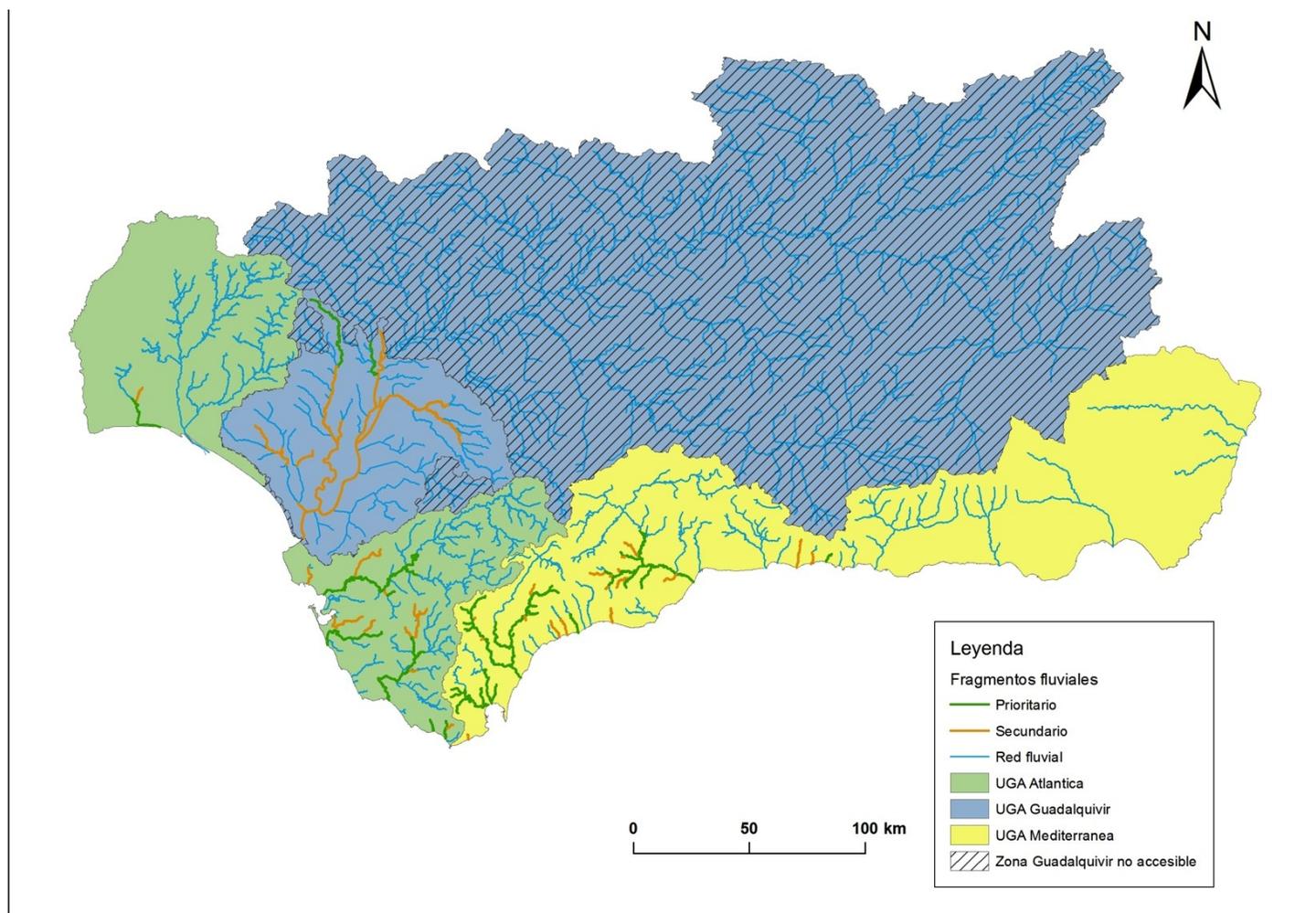


Tabla 9. Tramos seleccionados para la suelta de angulones. UGA, Unidad de gestión de anguila; COD, código de identificación (ver Anexo II).

UGA	Cuenca	COD.	Curso	Anchura media	Longitud (m)	Superficie (ha)	Superficie total (ha)	Angulones (g)	Angulones totales (g)	Categoría	Criterios
Guadalquivir	Rocina	R212	A° de la Cañada	2,40	12.703,16	3,05	3,05	304,88	304,88	Secundario	2b
Guadalquivir	Guadamar	R152	Río Guadamar	7,20	47.694,72	34,34	432,62	3.434,02	43.263,64	Prioritario	1b
		R166	Río Guadamar	15,20	3.436,47	5,22		522,34		Secundario	2a
		R173	Río Guadamar	9,50	10.131,08	9,62		962,45		Secundario	2a
		R182	Río Guadamar	8,10	2.629,04	2,13		212,95		Secundario	2a
		R190	Río Guadamar	10,00	11.229,20	11,23		1.122,92		Secundario	2a
		R208	Río Guadamar	13,30	11.567,57	15,38		1.538,49		Secundario	2a
		R210	A° de Majaberraque	4,10	12.595,68	5,16		516,42		Secundario	2b
		R222	Canal del Guadamar	4,60	4.711,36	2,17		216,72		Secundario	2a
R230	Brazo de la Torre	75,80	45.827,61	347,37	34.737,33	Secundario	2a				
Guadalquivir	Guadalquivir	R229	Río Guadalquivir	312,50	2.987,16	93,35	4.510,80	9.334,89	451.080,91	Secundario	2c
		R160	Río Guadalquivir	157,10	3.203,36	50,32		5.032,48		Secundario	2c
		R165	Río Guadalquivir	133,60	4.439,57	59,31		5.931,27		Secundario	2c
		R168	Río Guadalquivir	147,80	4.587,07	67,80		6.779,69		Secundario	2c
		R175	Río Guadalquivir	169,90	1.884,96	32,03		3.202,54		Secundario	2c
		R178	Río Guadalquivir	160,90	12.553,65	201,99		20.198,82		Secundario	2c
		R188	Canal de Alfonso XII	188,00	5.561,89	104,56		10.456,35		Secundario	2c
		R197	Río Guadalquivir	239,60	5.362,30	128,48		12.848,06		Secundario	2c
		R206	Río Guadalquivir	278,00	8.202,49	228,03		22.802,92		Secundario	2c
		R219	Río Guadalquivir	290,00	4.977,63	144,35		14.435,12		Secundario	2c
		R236	Río Guadalquivir	392,50	9.959,09	390,89		39.089,44		Secundario	2c
		R250	Río Guadalquivir	622,50	20.498,39	1.276,02		127.602,48		Secundario	2c
		R263	Río Guadalquivir	667,20	8.282,87	552,63		55.263,34		Secundario	2c

		R266	Río Guadalquivir	656,90	3.097,73	203,49		20.349,02		Secundario	2c
		R267	Río Guadalquivir	685,40	12.425,44	851,64		85.163,97		Secundario	2c
Guadalquivir	Bco. Hondo	R153	Aº de Bco. Hondo	3,50	15.925,50	5,57	5,57	557,39	557,39	Secundario	2a
Guadalquivir	Rivera de Huelva	R155	Rivera de Huelva	51,10	4.594,04	23,48	86,29	2.347,56	8.628,23	Prioritario	1ª
		R159	Rivera de Huelva	26,00	7.752,66	20,16		2.015,69		Prioritario	1ª
		R167	Rivera de Huelva	40,90	2.415,66	9,88		988,00		Prioritario	1ª
		R172	Rivera de Huelva	54,60	6.001,79	32,77		3.276,98		Prioritario	1a
Guadalquivir	Guadaira	R185	Río Guadaira	14,00	14.498,01	20,30	218,08	2.029,72	21.807,57	Secundario	2a
		R186	Río Guadaira	63,20	27.257,56	172,27		17.226,78		Secundario	2a
		R193	Aº Salado	6,10	16.116,63	9,83		983,11		Secundario	2a
		R198	Río Guadaira	4,10	5.391,20	2,21		221,04		Secundario	2a
		R199	Río Guadaira	4,60	13.787,44	6,34		634,22		Secundario	2a
		R209	Río Guadaira	3,80	8.550,44	3,25		324,92		Secundario	2a
		R214	Río Guadaira	3,80	10.204,74	3,88		387,78		Secundario	2a

UGA	Cuenca	COD.	Curso	Anchura media	Longitud (m)	Superficie (ha)	Superficie total (ha)	Angulones (g)	Angulones totales (g)	Categoría	Criterios
Atlántica	Piedras	R1	Río Piedras	289,88	21.430,50	621,23	629,28	62.122,75	62.927,90	Prioritario	1a
		R24	Río Piedras	17,70	2.463,95	4,36		436,12		Prioritario	1b
		R126	Aº Tariquejo	4,38	8.425,40	3,69		369,03		Secundario	2a
Atlántica	Guadalete	R2	Río Guadalete	66,80	15.714,04	104,97	243,75	10.496,98	24.376,37	Prioritario	1a
		R31	Aº de las Salinillas	3,45	22.751,60	7,86		785,84		Secundario	2a
		R33	Río Guadalete	14,46	16.725,40	24,18		2.418,49		Prioritario	1b
		R36	Río Guadalete	9,08	1.931,10	1,75		175,34		Prioritario	1b
		R38	Río Majaceite	6,56	5.229,40	3,43		343,05		Prioritario	1b
		R39	Río Guadalete	10,42	8.868,60	9,24		924,11		Prioritario	1b
		R40	Río Majaceite	8,66	5.241,80	4,54		453,94		Prioritario	1b
		R42	Río Guadalete	12,66	6.273,20	7,94		794,19		Prioritario	1b
		R43	Río Guadalete	13,06	18.095,10	23,63		2.363,22		Prioritario	1b
		R45	Río Guadalete	10,38	3.458,10	3,59		358,95		Prioritario	1b
		R46	Aº Salado de Paterna	3,38	3.487,40	1,18		117,87		Secundario	2a
		R47	Río Guadalete	10,32	2.355,50	2,43		243,09		Prioritario	1b
R91	Río Guadalete	41,80	11.725,60	49,01	4.901,30	Prioritario	1b				
Atlántica	Aº Salado y Hondo	R16	Aº del Salado y Hondo	10,48	9.439,22	9,89	9,89	989,23	989,23	Secundario	2a
Atlántica	Sancti Petri	R59	Caño Sancti-Petri	47,68	23.033,20	109,82	109,82	10.982,23	10.982,23	Secundario	2a
Atlántica	Iro	R4	Río Iro	302,60	1.769,76	53,55	245,38	5.355,28	24.539,02	Prioritario	1a
		R62	Río Iro	2,50	9.971,80	2,49		249,30		Secundario	2b
		R66	Río Iro	84,10	21.448,70	180,38		18.038,36		Prioritario	1a
		R67	Aº del Saltillo	5,06	11.284,90	5,71		571,02		Prioritario	1b
		R68	Río Iro	4,42	7.354,30	3,25		325,06		Prioritario	1b
Atlántica	Guadalmesí	R95	Río Guadalmesí	3,56	2.854,30	1,02	1,02	101,61	101,61	Secundario	2b
Atlántica	Del Valle	R86	Río del Valle	7,86	6.580,20	5,17	5,17	517,20	517,20	Prioritario	1b

Atlántica	De La Jara	R88	Aº de los Molinos	3,34	4.721,00	1,58	14,87	157,68	1.485,93	Secundario	2b
		R89	Río de la Jara	16,84	6.618,40	11,15		1.114,54		Prioritario	1b

UGA	Cuenca	COD.	Curso	Anchura media	Longitud (m)	Superficie (ha)	Superficie total (ha)	Angulones (g)	Angulones totales (g)	Categoría	Criterios
Atlántica	Barbate	R3	Río Barbate	27,00	35.212,01	95,07	149,10	9.507,24	14.910,32	Prioritario	1a
		R12	Río Barbate	22,48	6.540,70	14,70		1.470,35		Prioritario	1a
		R76	Río Celemin	11,30	7.172,80	8,11		810,53		Secundario	2a
		R111	Río del Álamo	2,70	8.907,05	2,40		240,49		Secundario	2a
		R112	Gta. de las Viñas de las Alquerías	2,04	5.832,37	1,19		118,98		Secundario	2a
		R113	Gta. de los Ballesteros	1,82	1.140,30	0,26		26,21		Secundario	2a
		R114	Gta. de las Viñas de las Alquerías	3,16	3.208,30	1,01		101,38		Secundario	2a
		R115	Río del Álamo	3,18	1.184,94	0,38		37,68		Secundario	2a
		R117	Río del Álamo	4,78	12.140,27	5,80		580,30		Secundario	2a
		R118	Aº Salado	1,78	7.496,78	1,33		133,44		Secundario	2a
		R120	Río del Álamo	5,64	8.099,85	4,57		456,83		Prioritario	1b
		R123	Río Barbate	8,02	7.164,50	5,75		574,59		Prioritario	1b
		R124	Río del Álamo	8,90	2.649,22	2,36		235,78		Prioritario	1b
		R125	Río Barbate	19,66	3.135,91	6,17		616,52		Prioritario	1b
Mediterránea	Palmones	R18	Río Guadacortes	76,20	1.113,07	8,48	96,95	848,16	9.693,30	Prioritario	1a
		R78	Aº de Valdeinfierno	4,62	5.840,70	2,70		269,84		Prioritario	1b
		R79	Río Guadacortes	8,00	9.456,30	7,57		756,50		Prioritario	1b
		R80	Río de Palmones	8,38	2.015,30	1,69		168,88		Prioritario	1b
		R81	Aº de Valdeinfierno	7,08	1.957,10	1,39		138,56		Prioritario	1b
		R82	Aº de la Hoya	4,86	5.683,60	2,76		276,22		Prioritario	1b
		R83	Río de Palmones	5,38	1.944,60	1,05		104,62		Prioritario	1b
		R84	Río de Palmones	34,04	18.712,20	63,70		6.369,63		Prioritario	1b
		R85	Aº del Raudal	6,94	10.963,90	7,61		760,89		Prioritario	1b

Mediterránea	Guadarranque	R75	Río Guadarranque	28,62	18.213,50	52,13	62,72	5.212,70	6.271,72	Prioritario	1b
		R77	Aº de la Madre Vieja	7,06	8.875,60	6,27		626,62		Prioritario	1b
Mediterránea	Del Castor	R149	Río del Castor	4,94	9.849,40	4,87	4,87	486,56	486,56	Secundario	2b
Mediterránea	Guadalmanza	R148	Río Guadalmanza	5,50	9.356,90	5,15	5,15	514,63	514,63	Secundario	2b
Mediterránea	Río Real	R144	Río Real	4,88	7.774,80	3,79	3,79	379,41	379,41	Secundario	2b
Mediterránea	Guadalmina	R147	Río Guadalmina	12,82	10.482,59	13,44	13,44	1.343,87	1.343,87	Prioritario	1b
Mediterránea	De Torrox	R127	Río de Torrox	2,82	13.645,55	3,85	3,85	384,80	384,80	Secundario	2a
Mediterránea	Chillar	R128	Río Chillar	4,40	5.935,70	2,61	2,61	261,17	261,17	Secundario	2a
Mediterránea	Barranco De La Miel	R130	Bco. de la Miel	2,26	4.883,45	1,10	1,10	110,37	110,37	Prioritario	1b

Tabla 9. Continuación.

UGA	Cuenca	COD.	Curso	Anchura media	Longitud (m)	Superficie (ha)	Superficie total (ha)	Angulones (g)	Angulones totales (g)	Categoría	Criterios
Mediterránea	Guadiaro-Hozgarganta	R5	Río Guadiaro	74,38	6.733,18	50,08	235,02	5.008,14	23.502,71	Prioritario	1a
		R7	Río HozGta.	15,40	26.408,41	40,67		4.066,90		Prioritario	1b
		R15	Río Guadiaro	12,80	7.775,05	9,95		995,21		Prioritario	1b
		R26	Río HozGta.	10,00	1.539,78	1,54		153,98		Prioritario	1b
		R52	A. de Pasada Blanca	4,12	6.156,50	2,54		253,65		Prioritario	1b
		R55	A° de la Saucedá	5,36	4.520,80	2,42		242,31		Prioritario	1b
		R56	Río HozGta.	7,30	3.890,80	2,84		284,03		Prioritario	1b
		R60	Gta. de la Balsa	2,16	1.648,60	0,36		35,61		Secundario	2b
		R61	Río HozGta.	7,86	1.443,10	1,13		113,43		Prioritario	1b
		R63	Gta. de Moracha	3,06	4.479,90	1,37		137,08		Prioritario	1b
		R64	A° del Huevo	2,92	5.919,40	1,73		172,85		Prioritario	1b
		R65	Río HozGta.	12,28	9.376,70	11,51		1.151,46		Prioritario	1b
		R69	A° del Cañuela	2,88	1.517,90	0,44		43,72		Secundario	2b
		R96	A° del Gorgote	2,88	5.207,40	1,50		149,97		Secundario	2b
		R97	A° de los Lobos	2,98	2.625,80	0,78		78,25		Prioritario	1b
		R98	Río Genal	3,14	4.797,30	1,51		150,64		Prioritario	1b
		R99	Río Genal	6,78	11.643,60	7,89		789,44		Prioritario	1b
		R100	Río Genal	9,78	6.186,10	6,05		605,00		Prioritario	1b
		R101	Río Monardilla	2,90	3.735,40	1,08		108,33		Prioritario	1b
		R102	Río Genal	11,20	3.128,70	3,50		350,41		Prioritario	1b
R103	Río Almachal	3,12	7.938,70	2,48	247,69	Prioritario	1b				
R104	Río Genal	10,90	4.400,60	4,80	479,67	Prioritario	1b				
R105	Río Genal	10,36	15.230,56	15,78	1.577,89	Prioritario	1b				
R106	Gta. de la Cuesta	1,96	1.757,10	0,34	34,44	Secundario	2b				

	R109	Río Genal	12,82	4.862,74	6,23		623,40	Prioritario	1b
	R110	Río Guadiaro	26,52	2.755,28	7,31		730,70	Prioritario	1b

Tabla 9. Continuación.

UGA	Cuenca	COD.	Curso	Anchura media	Longitud (m)	Superficie (ha)	Superficie total (ha)	Angulones (g)	Angulones totales (g)	Categoría	Criterios
Mediterránea	Guadalhorce	R6	Río Guadalhorce	32,40	13.672,46	44,30	232,85	4.429,88	23.282,17	Prioritario	1a
		R8	Río Guadalhorce	39,00	9.660,51	37,68		3.767,60		Prioritario	1a
		R9	Río Guadalhorce	11,00	18.671,70	20,54		2.053,89		Prioritario	1b
		R10	Río Guadalhorce	36,00	4.929,25	17,75		1.774,53		Prioritario	1a
		R11	Río Grande	16,00	10.055,27	16,09		1.608,84		Prioritario	1b
		R13	Río Grande	30,20	4.497,01	13,58		1.358,10		Prioritario	1a
		R14	Río Guadalhorce	21,60	5.313,82	11,48		1.147,79		Prioritario	1a
		R17	A° de las Cañas	8,40	11.473,01	9,64		963,73		Secundario	2b
		R19	Río de Pereilas	15,40	5.180,71	7,98		797,83		Prioritario	1b
		R21	Río Grande	14,40	4.202,59	6,05		605,17		Prioritario	1b
		R22	Río Seco	4,40	10.899,35	4,80		479,57		Secundario	2b
		R23	Río Grande	13,00	3.666,34	4,77		476,62		Prioritario	1b
		R27	Río Guadalhorce	12,60	1.104,89	1,39		139,22		Prioritario	1b
		R28	Río Guadalhorce	25,00	142,46	0,36		35,62		Prioritario	1b
		R129	A° de Casarabonela	4,58	3.121,30	1,43		142,96		Prioritario	1b
		R131	A° de Casarabonela	6,80	8.191,33	5,57		557,01		Prioritario	1b
		R132	A° de Hedionda	2,72	1.843,50	0,50		50,14		Secundario	2b
		R134	Río Fahala	5,72	13.692,07	7,83		783,19		Prioritario	1b
		R135	A° del Lugar	3,86	3.367,70	1,30		129,99		Secundario	2a
		R136	Río de los Horcajos	3,18	8.658,90	2,75		275,35		Secundario	2b
R137	A° de la Breña Higuera	7,12	7.637,60	5,44	543,80	Secundario	2a				
R138	Río Grande	16,68	1.448,50	2,42	241,61	Prioritario	1b				
R139	A° de la Fuente de la Teja	3,00	1.357,10	0,41	40,71	Secundario	2b				

	R141	Río de Pereilas	4,40	6.530,50	2,87		287,34		Prioritario	1b
	R143	Aº del Rosal	2,28	1.639,90	0,37		37,39		Secundario	2b
	R151	Río Grande	6,90	908,60	0,63		62,69		Prioritario	1b

## Humedales

Los criterios seguidos para la selección de humedales susceptibles de albergar poblaciones de anguilas, fueron los de hidroperiodo permanente, endorreicos, de sustrato blando y vegetación sumergida, con bajos niveles de contaminación, escasez de predadores (fundamentalmente cormoranes) y preferiblemente bajo alguna figura de protección legal. Un primer catálogo se obtuvo por medio de fuentes bibliográficas (CMA 2004; 2005) y consultas en el *Inventario de humedales de Andalucía por provincias* de la página web de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/>).

La idoneidad de los humedales preseleccionados se consultó con técnicos de la Consejería de Medio Ambiente, el resultado fue un catálogo final (Tabla 10) de 16 humedales sobre los que se propone su uso dentro del programa de recuperación de la anguila en Andalucía. La superficie total del conjunto de los humedales seleccionados es de 377 ha, lo que representará una capacidad de acogida próxima a los 38 kg de angulones.

Es obvio que los ejemplares deberán ser recapturados una vez haya pasado el tiempo de permanencia en aguas continentales y el estado de maduración haya alcanzado la fase migrante, lo que requerirá un programa de seguimiento que implique muestreos periódicos para conocer la evolución de los ejemplares liberados.



Tabla 10. Humedales seleccionados para el programa de reintroducción de la anguila.

<b>COD humedal</b>	<b>Nombre</b>	<b>Figura protección</b>	<b>Cuenca</b>	<b>UTM X del centroide</b>	<b>UTM Y del centroide</b>	<b>Hoja del 10.000</b>	<b>Carretera</b>	<b>Municipio</b>	<b>Provincia</b>	<b>Superficie (ha)/angulones (kg)</b>	<b>Fuente</b>
1058006	Cañada de las Norias	No incluida en la RENPA	Mediterránea	523634	4068657	1058-2-2	A-1050, de A-7 a Cortijos de Marín por La Mojonera	El Ejido	Almería	126,47/ 12,64	Web inventario humedales por provincias CMA
1062012	Laguna de Medina (reoblación efectuada)	Reserva Natural Laguna de Medina. RAMSAR. LIC. ZEPA	Atlántica	227295	4056966	1062-2-2	A-381, de Jerez de la Frontera a Los Barrios	Jerez de la Frontera	Cádiz	102,86/ 10,28	Caracterización ambiental de humedales en Andalucía
999998	Dehesa del Estero	Paraje Natural Estero de Domingo Rubio. LIC. ZEPA	Atlántica	156659	4124792	999-4-4 y 1000-1-4	A-494, de San Juan del Puerto a Matalascañas por Mazagón	Palos de la Frontera, Moguer	Huelva	66,84/6,68	Web inventario humedales por provincias CMA

<b>COD humedal</b>	<b>Nombre</b>	<b>Figura protección</b>	<b>Cuenca</b>	<b>UTM X del centroide</b>	<b>UTM Y del centroide</b>	<b>Hoja del 10.000</b>	<b>Carretera</b>	<b>Municipio</b>	<b>Provincia</b>	<b>Superficie (ha)/angulones (kg)</b>	<b>Fuente</b>
999014	Laguna de las Madres	Paraje Natural Laguna de Palos y Las Madres. LIC	Atlántica	157399	4119245	1016-4-1 y 1017-1-1	N-442	Palos de la Frontera, Moguer	Huelva	64,70/6,47	Caracterización ambiental de humedales en Andalucía
988001	Laguna de Zóñar	Reserva Natural Laguna de Zóñar. Ramsar. LIC. ZEPA	Guadalquivir	350679	4150014	988-2-1 y 988-3-1	A-304, de Aguilar a Puente Genil	Aguilar de la Frontera	Córdoba	33,69/3,37	Caracterización ambiental de humedales en Andalucía
1057002	Albufera Nueva de Adra	Reserva Natural Albufera de Adra. RAMSAR. LIC. ZEPA	Mediterránea	504604	4067560	1057-3-3	N-340	Adra	Almería	26,89/2,69	Caracterización ambiental de humedales en Andalucía
1033002	Laguna del Tarelo	Parque Natural Doñana. LIC. ZEPA. Reserva de la Biosfera	Guadalquivir	204054	4083264	1033-3-4	A-471, de El Torbiscal a Sanlúcar de Barrameda	Sanlúcar de Barrameda	Cádiz	17,00/1,70	Plan Andaluz de Humedales
926001	Laguna Grande (Jaén)	Paraje Natural Laguna Grande. LIC	Guadalquivir	451014	4198689	926-4-2	A-316, de Úbeda a carretera Granada-Córdoba	Baeza	Jaén	9,37/0,94	Caracterización ambiental de humedales en Andalucía

Tabla 10. Continuación.

<b>COD humedal</b>	<b>Nombre</b>	<b>Figura protección</b>	<b>Cuenca</b>	<b>UTM X del centroide</b>	<b>UTM Y del centroide</b>	<b>Hoja del 10.000</b>	<b>Carretera</b>	<b>Municipio</b>	<b>Provincia</b>	<b>Superficie (ha)/angulones (kg)</b>	<b>Fuente</b>
1057001	Albufera Honda de Adra	Reserva Natural Albufera de Adra. RAMSAR. LIC. ZEPA	Mediterránea	504512	4068026	1057-3-2	N-340	Adra	Almería	8,18/0,82	Caracterización ambiental de humedales en Andalucía
999008	Laguna de El Portil	Reserva Natural Laguna de El Portil. LIC	Atlántica	141122	4126405	999-2-3	A-5052, de El Rompido a Punta Umbría	Cartaya	Huelva	7,66/0,77	Caracterización ambiental de humedales en Andalucía
1034005	Laguna del Taraje (Sevilla)	Reserva Natural Complejo Endorreico Lebrija-Las Cabezas. ZEPA	Guadalquivir	242847	4089920	1034-4-2 y 1034-4-3	SE-5207, ramal de la A-4 a Espera (límite provincial Cádiz)	Las Cabezas de San Juan	Sevilla	6,61/0,66	Caracterización ambiental de humedales en Andalucía

<b>COD humedal</b>	<b>Nombre</b>	<b>Figura protección</b>	<b>Cuenca</b>	<b>UTM X del centroide</b>	<b>UTM Y del centroide</b>	<b>Hoja del 10.000</b>	<b>Carretera</b>	<b>Municipio</b>	<b>Provincia</b>	<b>Superficie (ha)/angulones (kg)</b>	<b>Fuente</b>
102600	Turberas de Padul	Parque Natural Sierra Nevada. LIC. ZEPA. Reserva de la Biosfera	Mediterránea	445569	4095605	1026-3-4	A-44	Padul	Granada	3,53/0,35	Caracterización ambiental de humedales en Andalucía
1024004	Laguna Grande (Málaga)	Reserva Natural Lagunas de Archidona	Mediterránea	384382	4107947	1024-3-2	A-92M, de Estación de Salinas a Villanueva del Cauche	Archidona	Málaga	2,89/0,29	Caracterización ambiental de humedales en Andalucía
1058007	Laguna de la Gravera	Paraje natural. ZEPA. LIC.	Mediterránea	531988	4063825	1058-3-3	AL-3300, de RNE en Roquetas de Mar a Punta Sabinal en El Ejido	Roquetas de Mar	Almería	1,33/0,13	Web inventario humedales por provincias CMA
1055001	Charca de Suárez	Reserva natural concertada	Mediterránea	451820	4064757	1055-4-3	N-323	Motril	Granada	1,16/0,12	Web inventario humedales por provincias CMA
946003	Lagunas de Naranjeros	No incluida en la	Guadalquivir	409644	4178070	946-2-3 y	A-6052, de Martos a	Martos	Jaén	0,72/0,07	Web inventario humedales por

y  
Rumpisaco

RENPA

946-3-3

Porcuna

provincias CMA

**Balsas**

El número de balsas de riego en Andalucía supera las 16000 (Junta de Andalucía 2009) por lo que era probable que algunas de ellas pudieran reunir los requisitos básicos para ser incluidas dentro del programa de repoblaciones. Para ello, al catálogo inicial de balsas se le aplicaron los criterios de aguas permanentes, superficie superior a 20 ha, ausencia de contaminación y suficiente naturalidad para cubrir los requisitos biológicos mínimos de la anguila (Figura 80).

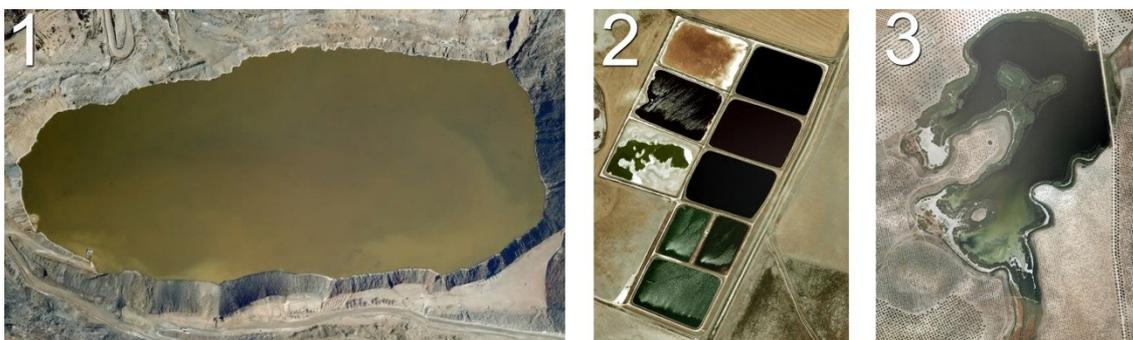


Figura 80. Ejemplo de balsas descartadas (1 y 2) y seleccionadas (3)

El resultado final fue la selección de 5 balsas (Tabla 11) con una superficie total de 141 ha que representan la posible aceptación de 14 kg de angulones. Al igual que en el caso anterior de humedales, la liberación de ejemplares supondrá un seguimiento y la posterior recaptura para el traslado y liberación de los individuos a los estuarios andaluces una vez hayan alcanzado la fase plateada.

Si comparamos la superficie seleccionada de tramos fluviales (7327 ha) frente a la de humedales y balsas (377 y 141 ha), se observa cómo el aporte de éstas últimas es muy inferior. Sin embargo, el interés de estas últimas recae en la posibilidad de poder estudiar la evolución de los individuos introducidos y la viabilidad de la población, puesto que no hay la posibilidad de dispersión que encontramos para los tramos fluviales.



Tabla 11. Baisas propuestas para el programa de reintroducción de la anguila.

<b>ID balsa</b>	<b>1097</b>	<b>1098</b>	<b>2209</b>	<b>5215</b>	<b>3642</b>
<b>Uso</b>	Riego	Riego	Riego	Agrícola y Ganadero	Riego
<b>Origen</b>	Escorrentía natural	Escorrentía natural	Escorrentía natural	Escorrentía natural	Escorrentía natural
<b>Accesibilidad</b>	Media	Media	Media	Fácil	Fácil
<b>Vegetación en el margen</b>	Sin vegetación en el margen	Completamente cubierto			
<b>Tipo de vegetación</b>	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Leñoso
<b>Nivel de llenado</b>	100% de su capacidad	100% de su capacidad			
<b>Cuenca</b>	Guadalquivir	Guadalquivir	Guadiana	Guadiana	Guadalquivir
<b>UTM X del centroide</b>	250668	250881	276817	305916	296384
<b>UTM Y del centroide</b>	4169749	4169120	4256525	4253667	4130855
<b>Hoja del 10.000</b>	963-1-1	963-1-1	856-4-2	857-4-3	1004-3-1

<b>Carretera</b>	A-702, de Carmona a Alanís	A-702, de Carmona a Alanís	A-9277, de La Granjuela a límite provincia Badajoz	CC-0400, de Hinojosa del Duque a Valsequillo	SL-7201, de Puebla de Cazalla a La Lantejuela
------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------------------------------	----------------------------------------------	-----------------------------------------------

Tabla 11. Continuación.

<b>ID balsa</b>	<b>1097</b>	<b>1098</b>	<b>2209</b>	<b>5215</b>	<b>3642</b>
<b>Municipio</b>	Cantillana	Cantillana	Fuente Obejuna	Hinojosa del Duque	Marchena
<b>Provincia</b>	Sevilla	Sevilla	Córdoba	Córdoba	Sevilla
<b>Superficie (ha)</b>	17,81	11,29	49,68	30,75	31,53
<b>Angulones (kg)</b>	1,78	1,13	4,97	3,07	3,15

En base a los apartados anteriores, la Tabla 12 resume el resultado final de las medidas destinadas a incrementar la cantidad y la calidad del hábitat, teniendo en cuenta tanto las ya realizadas, como las que aún son sólo propuestas.

Tabla 12. Descripción de las medidas destinadas a incrementar la cantidad y la calidad del hábitat en el PGA de Andalucía.

	Instalación de pasos descendentes (n)	Instalación de pasos ascendentes (n)	Obstáculos eliminados (n)	Cantidad de hábitat mejorado (ha)	Control de depredadores (n)	Establecimiento de áreas protegidas (ha)	Otras: Migración asistida (kg)
Pre_PGA	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	0	0
2012	0	0	0	0	0	0	0
2013	0	0	0	0	0	0	0
2014	0	0	0	0	0	0	489

### 1.3. Medidas de repoblación.

#### 1.3.1. Puesta en marcha del Centro de Cría y Conservación de Peces Amenazados (CECCPA).

En marzo de 2011 se puso en marcha en las instalaciones del Centro de Recuperación de Especies Amenazadas (CREA) de Los Villares en Córdoba un centro de cría de peces continentales amenazados. El Centro consta de tres módulos, uno de ellos ha sido destinado a la producción de anguilas. Se trata de recepcionar angulas y transformarlas en angulones de unos 12 cm con el fin de repoblar distintos cuerpos de agua de Andalucía. Las instalaciones son capaces de albergar 40 kg al año de angulas (Figuras 81 y 82).





Figura 81. Centro de cría y conservación de peces amenazados (CECCPA) ubicado en el CREA "Los Villares" en Córdoba.

**- Cría experimental de 4 kg de angulas en el CECCPA.**

Con el objetivo de obtener experiencia en el manejo de la especie, a finales de Abril de 2011, la Consejería de Medio Ambiente compró 4 kg de angulas que se encontraban en su primera fase de desarrollo continental (Estado de maduración Vb). En septiembre de 2011 ya había un lote cuya longitud media se aproximaba a los 12 cm por lo que se decidió llevar a cabo su liberación. Otro lote de angulas más pequeñas se liberó en octubre. La supervivencia fue del 65%.



Figura 82. Módulo producción anguila en el CECCPA.

La cría experimental ha permitido interactuar con la especie en su manejo y cría. En base a esta experiencia se calcula que la producción máxima de angulones del CECCPA rondará los 250 kg.



### **1.3.2. Repoblaciones.**

En este apartado se describen las repoblaciones llevadas a cabo por la CMAOT desde la puesta en funcionamiento del centro de cría hasta la fecha contemplada para el presente informe de post-evaluación (2011-2014). Éstas, pueden clasificarse en dos tipos e interpretarse de forma distinta conforme a la cantidad final de anguilas plateadas que producirían. El primer tipo de repoblación llevada a cabo en la UGA andaluza (Anguilas engordadas liberadas de acuerdo al PGA), consistió en la captura o compra de angulas para criarlas en el centro hasta la fase de angulón o anguila amarilla y posteriormente liberarlas en cualquier cuenca de la UGA. El otro tipo (Anguilas amarillas salvajes liberadas de acuerdo al PGA), contemplaría una mezcla de individuos de mayor tamaño indiferenciados entre las fases amarilla y plateada, que han sido capturados en una cuenca y soltados en otra diferente sin período de cría en cautividad.

#### **1.3.2.1. Repoblaciones de angulones tras cría y engorde - Liberación experimental de los ejemplares criados en cautividad en el CECCPA.**

Aún a sabiendas que las épocas no eran las más apropiadas y ante el temor de que continuar en el hacinamiento propio del CECCPA podría influir en el desvío del sexo de los ejemplares hacia machos, se decidió su liberación en un hábitat apropiado.

La liberación de los ejemplares se realizó en dos fases la primera en septiembre y la segunda en octubre. El hábitat receptor fue la laguna de Medina (Cádiz), un humedal endorreico de 106 ha de aguas permanentes con sustrato blando, vegetación sumergida, bajos niveles de contaminación y prácticamente libre de cormoranes. La laguna posee diversas figuras de protección (Reserva Natural, RAMSAR, LIC, ZEPA)

(<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb>).

En la primera fase, se liberaron un total de 4.800 angulones con un peso total de 12 kg y en la segunda, 3.131 con un peso total de 5,7 kg (Figura 83).



La densidad de suelta ha sido de alrededor de 166 g/ha o 75 individuos/ha. Quizás relativamente elevado, pero teniendo en cuenta que las fechas no eran las más apropiadas es probable que la mortalidad sea elevada y finalmente se alcancen densidades bajas que faciliten la formación de hembras.

Los ejemplares liberados se someterán a un programa de seguimiento donde una vez al año se pescará una muestra que se pesará, medirá y estudiará su grado de plateamiento. Una vez que la mayoría de la población haya alcanzado la fase de anguila plateada, se capturarán y trasladarán al Bajo Guadalquivir donde se liberarán para que inicien su viaje de retorno hacia su lugar de reproducción. En este programa de captura, traslado y suelta podrían estar implicados escolares de la zona, sirviendo el acto como un programa complementario de educación ambiental.



Figura 83. Tanques de aclimatación y liberación de angulones en la Laguna de Medina (Cádiz).



**- Segunda fase del programa de cría en cautividad.**

El 10 de febrero de 2012 llegaron al CECCPA 27 kg de angulas decomisadas en el Aeropuerto de Barajas por funcionarios de Vigilancia Aduanera (Tabla 13). Estos ejemplares se utilizarán en 2012 para repoblar distintos cuerpos de agua en Andalucía.

Tabla 13. Parámetros biológicos de las angulas decomisadas en el Aeropuerto de Barajas tras dos meses de estancia en el CECCPA.

<b>Fecha</b>	<b>10/02/2012</b>	<b>16/04/2012</b>
<b>Longitud total media</b>	68,31 mm	71,50 mm
<b>Peso medio</b>	0,30 g	0,50 g
<b>Nº individuos</b>	90.000	68.000
<b>Peso total</b>	27.000 g	34.000 g

**- Liberación de angulas decomisadas.**

El 30 de noviembre de 2011 el Servicio de Protección de la Naturaleza (SEPRONA) de la Guardia Civil de Cádiz inmovilizó un lote de anguilas capturadas ilegalmente. Este lote de 131 kg de anguilas desarrolladas (algunas > 1 m LT) fue liberado en las marismas del Guadalquivir el 2 de febrero de 2012.

**Cuenca del río Palmones (Cádiz)**

El 26 de julio de 2012 se liberaron en diversos puntos de la cuenca del río Palmones 4448 individuos pertenecientes a dos lotes, uno de 2757 individuos con un peso medio de 2,14 g y una longitud total media de 10,9. La biomasa total de este lote fue de 5,9 kg.

El segundo lote estaba compuesto por 1691 individuos con un peso medio de 4,14 g y una longitud total media de 13,7 g. La biomasa total liberada fue de 7,04 kg



En la Figura 84 y Tabla 14 se muestran los tramos de suelta y las características de cada tramo donde se llevó a cabo la liberación. La Figura 85 muestra el grupo que desarrolló la liberación.

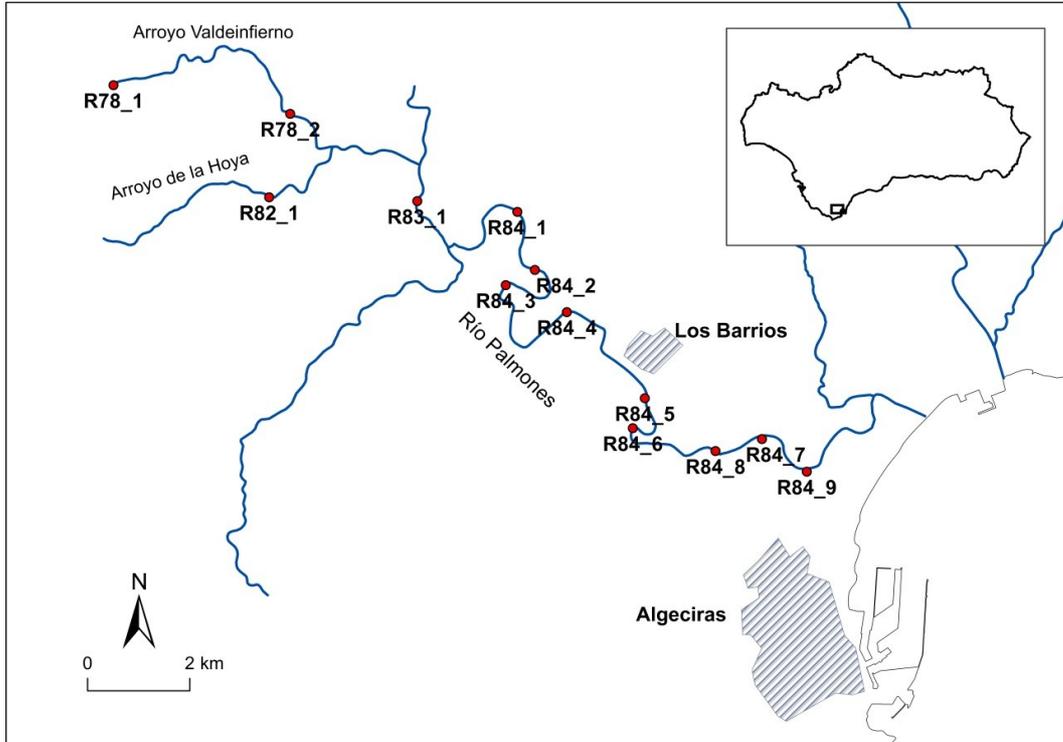


Figura 84. Tramos de liberación de angulones en la cuenca del río Palmones.



Tabla 14. Características de la liberación de angulones en la cuenca del río Palmones.

Río	Referencia	UTM X*	UTM Y*	Número bolsas (g aprox.)	Aclimatación
Aº Valdeinfierno	R78_1	265543	4012561	1 (500 g)	Agua dulce
Aº Valdeinfierno	R78_2	269002	4011995	1 (500 g)	Agua dulce
Aº de la Hoya	R82_1	268591	4010352	1 (500 g)	Agua dulce
Río Palmones	R83_1	271488	4010276	1 (500 g)	Agua dulce
Río Palmones	R84_1	273447	4010063	1 (500 g)	Agua dulce
Río Palmones	R84_2	273791	4008920	2 (1000 g)	Agua dulce
Río Palmones	R84_3	273220	4008619	1 (500 g)	Agua dulce
Río Palmones	R84_4	274414	4008088	2 (1000 g)	Agua dulce
Río Palmones	R84_5	275941	4006391	2 (1000 g)	Agua dulce
Río Palmones	R84_6	275705	4005801	2 (1000 g)	Agua salobre
Río Palmones	R84_7	278233	4005587	2 (1000 g)	Agua salobre
Río Palmones	R84_8	277324	4005349	2 (1000 g)	Agua salobre
Río Palmones	R84_9	279111	4004944	4 (2000 g)	Agua salobre

\* Sistema de coordenadas European Datum 1950 Zona 30N.



Figura 85. Personal implicado en la liberación de angulones en la cuenca del río Palmones.



**Río Guadalquivir: cauce principal**

El 19 de septiembre de 2012 se llevó a cabo la liberación de 28540 angulones con un peso medio de 1,91 g y una longitud total media de 11,2 cm. Conformando una biomasa total de suelta de 66,24 kg.

La zona de suelta fue el cauce principal del Guadalquivir por encima de la presa de Alcalá del Río (Sevilla). En la Figura 86 y la Tabla 15 se muestran la ubicación de las zonas de suelta y las características de esas sueltas.

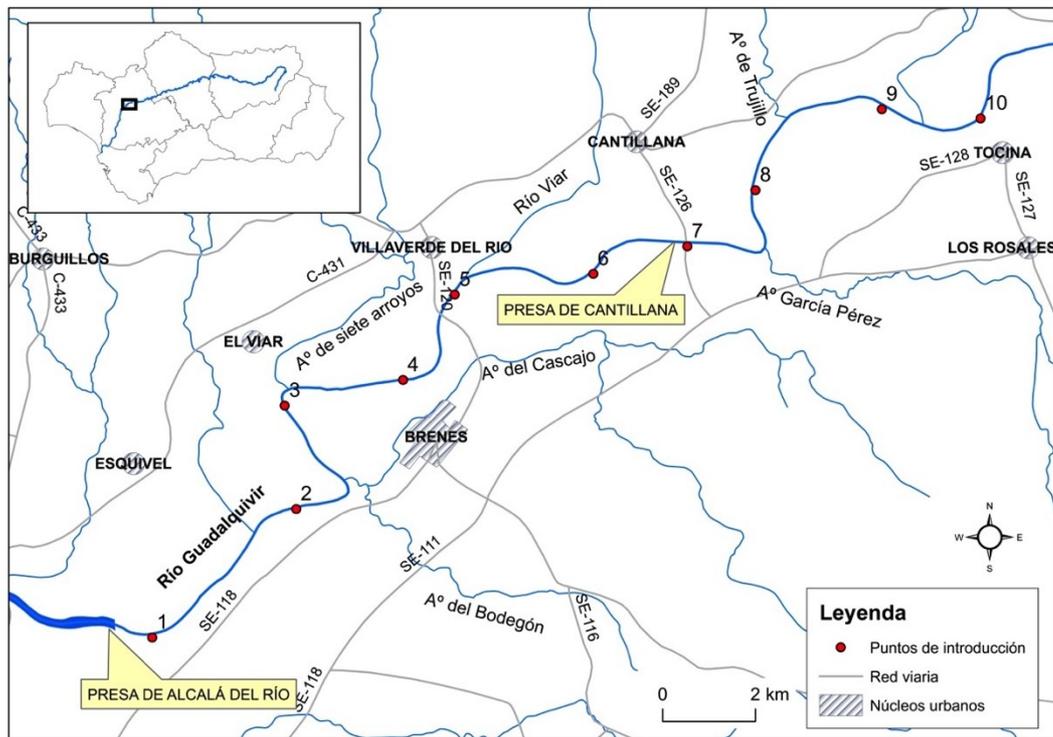


Figura 86. Tramos de liberación de angulones en el río Guadalquivir.

Tabla 15. Tramos donde se llevó a cabo la liberación de angulones.

Río	Referencia	UTM X*	UTM Y*	Biomasa (kg aprox.)
Guadalquivir	1	240563	4155930	6,3
Guadalquivir	2	243664	4158722	9,5
Guadalquivir	3	243416	4160968	6,3
Guadalquivir	4	245967	4161523	6,3
Guadalquivir	5	247082	4163377	6,3
Guadalquivir	6	250067	4163828	6,3



Guadalquivir	7	252095	4164423	6,3
Guadalquivir	8	253563	4165644	6,3
Guadalquivir	9	256288	4167402	9,5
Guadalquivir	10	258416	4167204	9,5

\* Sistema de coordenadas European Datum 1950 Zona 30N.

**Río Guadalquivir: cauce principal**

El 12 de junio de 2013 se liberaron en tres tramos del cauce principal del Guadalquivir por encima de la presa de Alcalá del Río 1,33 kg de angulones con una media de 21 cm de longitud total y 6 g de peso. En la Figura 87 se muestran la ubicación de los tramos de suelta.

Estos angulones se habían capturado previamente en varios puntos del Bajo Guadalquivir del programa de capturas que desarrolla la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio a través de la Agencia de Medio Ambiente y Agua. Según el ICES esto no puede ser considerado como una repoblación propiamente dicha ya que se han capturado en una zona del Guadalquivir y se han soltado en otra del mismo río.



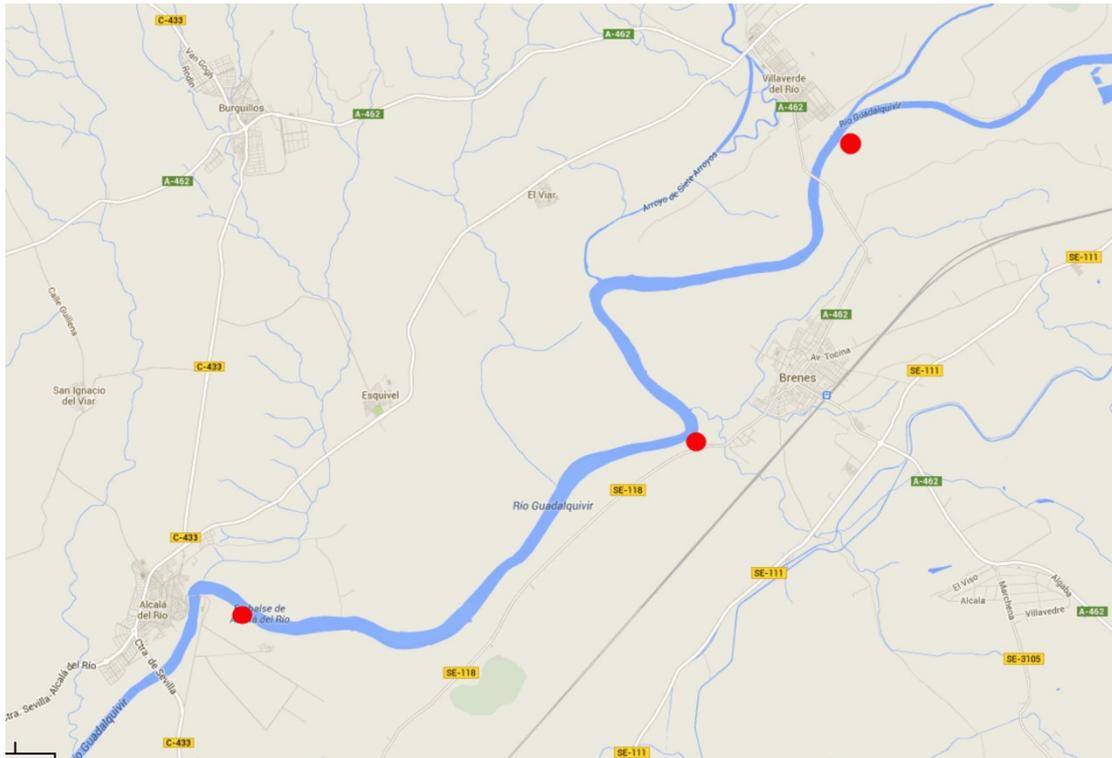


Figura 87. Tramos de liberación de angulones en el río Guadalquivir. De izquierda a derecha: tramo 1: en el embarcadero de piraguas que hay a 200 metros de la presa de Alcalá del Río en el margen izquierdo del río; tramo 2: al final del segundo camino que sale a la derecha de la carretera Brenes-San José de la Rinconada, justo a la salida de Brenes; tramo 3: a 1,5 kilómetros del puente de la carretera Brenes-Villaverde del Río.

El 7 de agosto de 2013 se liberaron en los tres mismos tramos que la anterior suelta 3,33 kg de angulones con una longitud media de 14 cm y un peso medio de 3,8 g (Figura 87).

### Río Guadalquivir: cauce principal

El 14 de octubre de 2013 se llevó a cabo una suelta de 2460 individuos de unos 10,5 cm de longitud media y 1,7 g de peso. La biomasa total liberada fue de unos 4,19 kg.

La suelta se llevó a cabo en los mismos tramos que la desarrollada en agosto de 2013 y al acto asistió la Excm. Sra. Consejera de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (Figura 88).





Figura 88. Liberación de angulones por parte de la Excm. Consejera de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

### **Río Guadalete:**

Entre el 1 de julio y el 15 de septiembre de 2014, se han llevado a cabo 4 sueltas de angulones de aproximadamente 12 cm en el río Guadalete, aguas abajo de las primeras grandes presas, conformando una biomasa total liberada de 35,82 kg.

### **Río Guadalquivir: cauce principal**

El 13 de noviembre de 2014 se llevó a cabo la suelta de 5,5 kg de angulones en el cauce principal del río Guadalquivir, aguas arriba de la presa de Alcalá. Éstos presentaron una longitud media de 11,5 cm y un peso medio de 2 g.

### **1.3.2.2. Repoblaciones de anguilas indiferenciadas >12 cm en cuencas distintas a las del origen.**

La CMAOT tan sólo ha llevado a cabo una repoblación de este tipo hasta el último período de estudio para el presente informe de post-evaluación (2014). Ésta se realizó el 26 de noviembre de 2014, con 28.62 kg de individuos procedentes de la cuenca del Guadalquivir pero liberados en el caño de Sancti Petri (cuenca atlántica).



Tabla 16. Cantidad de individuos liberados en equivalentes de angula (GEE\*) en el marco del PGA por año y estadio en el PGA de Andalucía.

	Angulas salvajes (GEE)	Angulas liberadas tras cuarentena (GEE)	Anguilas amarillas salvajes liberadas (GEE)	Anguilas engordadas liberadas (GEE)
2009	0	0	1118	0
2010	0	0	0	0
2011	0	0	0	43955
2012	0	0	0	192920
2013	0	0	0	13118
2014	0	0	0	92605

**1.3.3. Recuperación de angulas tras la inspección del Servicio de Protección de la Naturaleza (SEPRONA) a las instalaciones de la empresa PESCACIAL S.L.**

En enero de 2013, la empresa dedicada a la comercialización de pescados, mariscos y crustáceos, PESCACIAL S.L. recibió una inspección de agentes del Seprona e inspectores de la Dirección General de Pesca de la Junta de Andalucía. Durante la inspección, los agentes detectaron una suelta de angulas por uno de los canales de desagüe de las instalaciones de la empresa (Figura 89). Los agentes calculan que salieron por el desagüe entre 250 kg y 300 kg de angulas.





Figura 89. Agentes del Servicio de Protección de la Naturaleza de la Guardia Civil recogiendo muestras de angulas de los tubos de desagüe de las instalaciones de Pescacial.

Los individuos liberados acabaron en un cauce de derivación de aguas donde murieron en cantidades no determinadas pero que tuvieron que ser elevadas debido a la diferencia de temperaturas y salinidades entre el agua de las instalaciones y las del canal de recepción. Al día siguiente aún eran evidentes grandes cantidades de angulas muertas en los canales de desagüe (Figura 90).

Miembros del grupo de Investigación de la Universidad de Córdoba y de la Agencia de Medio Ambiente y Agua acudieron al lugar de los hechos al día siguiente a la suelta para intentar recuperar la mayor cantidad de ejemplares posibles. Sin embargo apenas quedaban angulas en el canal receptor, es probable que acabaran siendo presa de las aves.





Figura 90. Angulas muertas en el canal de desagüe de las instalaciones de Pescacial.

De las angulas halladas muertas, se recogió una muestra para determinar si las que aún había en el interior de las instalaciones de Pescacial pertenecían al mismo lote detectado por los agentes del Seprona en los canales de desagüe. De ambas zonas se tomaron muestras certificadas y se analizaron a petición de los agentes del Seprona. Ello dio origen a un informe que se adjunta a continuación.



## 2. RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN.

### 2.1. La proporción de la biomasa de anguilas plateadas que llega al mar para desovar, relativa al objetivo de nivel de fuga establecido en el artículo 2(4).

#### • Escape prístino, biomasa que escapa al año en ausencia de perturbaciones antrópicas ( $B_0$ ).

Para determinar el escape prístino, se ha utilizado la aproximación propuesta en el Reglamento (CE) No. 1100/2007 en el artículo 2(5) en su punto b: “... una evaluación basada en el hábitat de la producción potencial de anguila en ausencia de factores de mortalidad antropogénica.”

Para realizar este cálculo se ha utilizado la superficie húmeda o fluvial prístina calculada a partir de los mapas de uso del suelo del Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España 1:10.000 (SIOSEA; [www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam)). Se ha calculado la superficie húmeda y cursos fluviales potencialmente productores de anguila plateada por dejada de los 1000 m de altura en la UGA Atlántica y por debajo de 600 m en la Mediterránea. Los usos del suelo que se han considerado como humedales o transformaciones de humedales (por lo tanto, humedales prístinos), han sido: salinas industriales, marisma mareal con vegetación, marisma no mareal con vegetación, marisma reciente sin vegetación y arrozales. De la misma manera, los usos del suelo que se han considerado para el cálculo de las superficies fluviales han sido: estuarios y canales de marea, cauce sin vegetación, ríos y cauces naturales (bosques de galería), ríos y cauces naturales (otras formaciones riparias) y cursos de agua naturales (láminas de agua). Los usos del suelo “ríos y cauces naturales (bosques de galería)” y “ríos y cauces naturales (otras formaciones riparias)” se han multiplicado por un factor de corrección de 0,1 al considerarse que no toda la superficie de estos usos del suelo es lámina de agua. La superficie de humedales prístina total



para Andalucía es de 101.099,55 ha, mientras que la superficie total de cursos fluviales es de 25.377,43 ha.

A continuación, a estas superficies de humedales y cursos fluviales, se les ha asignado un valor de producción de anguila plateada. Dichos cálculos teóricos han sido obtenidos a partir de zonas que puedan asimilarse, en la medida de lo posible, a Andalucía. De acuerdo al informe del CIEM (ICES en sus siglas en inglés) (2001) para las cuencas atlánticas (Atlántica y Guadalquivir) se puede asumir un valor de 50 kg/ha para humedales y 20 kg/ha para tramos fluviales y por extensión aplicarlo a la Mediterránea. Por lo tanto, el valor de  $B_0$  para Andalucía se estima en 5.562.526,12 kg de anguila plateada (Tabla 17).

El cálculo de la  $B_0$  no ha variado respecto al presentado a la comisión en la anterior evaluación de 2012.

**• Escape actual, biomasa que escapa el año en el que se realiza la evaluación ( $B_{curr}$ ).**

El cálculo del escape actual de biomasa de anguila plateada en Andalucía ha ido variando con el paso del tiempo a razón que se adquiría mayor información sobre el estado de la anguila en esta comunidad autónoma y se recalculaban los datos de la superficie de agua productora de anguila.

- **Cálculos en post-evaluación de 2010.**

En el primer informe que se envió a Bruselas en junio de 2010, se presentaron datos de la producción de anguila plateada en base a cálculos teóricos teniendo en cuenta las láminas de agua, y la capacidad de acceso a esos hábitats por parte de la anguila. De este modo se estimó una producción total de anguilas de 626.150 kg para el conjunto de UGAs andaluzas (282.350 kg UGA Guadalquivir; 292.710 kg UGA Atlántica y 51.090 kg UGA Mediterránea).

- **Cálculos en post-evaluación de 2012.**

Posteriormente, en el informe que se entregó a la Comisión Europea en junio de 2012, se recalculó el escape actual siguiendo criterios más científicos. Para ello, todos los cursos fluviales y humedales seleccionados para el informe de



2010 (área húmeda en conexión libre con el mar hasta el primer obstáculo infranqueable, considerando infranqueables las barreras físicas como químicas -caso del Tinto y el Odiel-) se visitaron y analizaron. El análisis *in situ* y la consulta con expertos permitió localizar y desechar muchos cursos y tramos fluviales fuertemente contaminados o secos durante la mayor parte del año. La estima de la superficie húmeda actual se calculó a partir de la superficie prístina (calculada a partir de los usos del suelo tal y como se ha explicado en el apartado anterior), a la que se le restó el área actualmente anulada por transformación, degradación, destrucción o imposibilidad de acceso para la anguila. Así, los usos de suelo denominados “salinas tradicionales” y “arrozales” no se tuvieron en cuenta para el cálculo del área húmeda actual, ya que no se consideró que estos cuerpos de agua sean productores de anguila. En el caso de los cursos fluviales, se tuvo en cuenta la diferenciación entre tramos mejor y peor conservados (tramos prioritarios y secundarios). Así, la superficie húmeda de Andalucía que se calculó fue de 67.088,97 ha de humedales, 8.556,15 ha para cursos fluviales prioritarios, y 4.994,14 ha de cursos fluviales secundarios.

Ya que se carecía de información de la producción de anguila plateada en humedales y ríos de Andalucía, se consultó con diversos acuicultores de amplia experiencia en el cultivo de diversas especies de peces incluida la anguila (M. Medialdea y S. Algarín com. pers.). De acuerdo a estos comentarios se optó por asignar unos valores de 10 kg/ha de anguila plateada para los humedales andaluces. En el caso de los cursos fluviales, se estimó una productividad de 2,91 kg/ha para los tramos fluviales seleccionados como de mejor calidad (prioritarios), mientras que a los secundarios se le asignó una productividad de anguila de 0,49 kg/ha. Estos valores de producción fueron obtenidos de muestreos propios realizados en 60 tramos fluviales durante la primavera de 2012. El valor del escape actual de anguila plateada ( $B_{curr}$ ) presentado en el informe para Europa en 2012 fue de 562.732,25 kg de anguila plateada.



- **Cálculos en post-evaluación de 2015.**

En la presente post-evaluación, los cálculos han sufrido variaciones respecto a los presentados en el último informe de la Comisión Europea en junio de 2012. La superficie húmeda se ha obtenido de los mismos cálculos que en el año 2012, no obstante, el valor de la superficie de cursos fluviales ha variado ligeramente al aumentar la precisión de los cálculos (53.538,67 ha de humedales y 7.227,67 ha en cursos fluviales). Además, en el presente informe se ha optado por no diferenciar entre cuerpos de agua prioritarios y secundarios.

Por otro lado, se ha avanzado notablemente en el conocimiento sobre la biomasa de anguila presente en los cuerpos de agua de Andalucía. Los valores de biomasa que se han utilizado en el caso de los cursos fluviales, derivan de los resultados preliminares de un estudio de captura-recaptura que se está llevando a cabo en el río Guadiaro desde octubre de 2014. El valor asignado de producción de biomasa de anguila plateada en cursos fluviales ha sido de 1,13 kg/ha. Por otro lado, la información de la biomasa de anguila plateada en humedales se ha actualizado en función de los datos obtenidos procedentes de un estudio de plateamiento de la anguila durante la campaña de pesca 2013-2014 en una pesquería del bajo Guadalquivir (PIMSA S.A), cuya explotación es semi-extensiva y donde no se cultiva la anguila, de manera que los valores de biomasa de anguila presentes pueden considerarse naturales. El valor de biomasa de anguila plateada asignado a las zonas de humedales ha sido de 2,49 kg/ha. Atendiendo a estos valores de producción de anguila plateada y de superficie húmeda, el valor de  $B_{curr}$  en la presente post-evaluación es de 141.478,56 kg.



Tabla 17. Indicadores de la población de la anguila en la UGA de Andalucía.

	Biomasa (kg)			% objetivo	Área húmeda (ha)		
	B <sub>0</sub>	B <sub>curr</sub>	B <sub>best</sub>	(B <sub>curr</sub> / B <sub>0</sub> )	B <sub>0</sub>	B <sub>curr</sub>	B <sub>best</sub>
Pre_PGA							
2009							
2010							
2011							
2012	5.562.526,12	141.478,56	312.126,84	2,54	126.476,98	60.766,34	78.916,10
2013	5.562.526,12	141.478,56	319.224,02	2,54	126.476,98	60.766,34	78.916,10
2014	5.562.526,12	141.478,56	332.279,93	2,54	126.476,98	60.766,34	78.916,10

En la Tabla 17, se ha considerado que los valores de B<sub>curr</sub> van a ser los mismos entre los años 2012 y 2014. Los valores de este indicador podrían variar de un año para otro debido a las variaciones en superficie húmeda y a cambios en la producción de anguila. En nuestro caso, las variaciones en la superficie húmeda en las distintas post-evaluaciones se debe a mejoras en los cálculos, no a la variación en superficie debido a permeabilización de obstáculos, roturación de terrenos, u otros motivos. Por lo tanto, se considera que el área húmeda disponible para la especie era la misma en 2012 que en la actualidad. Por otro lado, la producción de anguila plateada en los cuerpos de agua podría haber variado desde el año 2012 debido principalmente a la reducción de las pesquerías y a la variabilidad interanual intrínseca de las poblaciones. No obstante, se considera que el calcular de la producción de biomasa de anguila plateada en Andalucía en base anual no resulta viable hasta el momento debido principalmente a motivos técnicos. Por lo tanto, se considera que la producción de biomasa de anguila plateada es la misma desde el año 2012 hasta la actualidad.



**• Mejor escape posible ( $B_{best}$ ).**

El indicador  $B_{best}$  hace referencia al mejor escape posible de anguila plateada que podría darse en caso de que se eliminasen los impactos antrópicos. En nuestro caso, los impactos antrópicos que se podrían eliminar son los derivados de las pesquerías y los relativos al aumento de la superficie húmeda al permeabilizarse todas las presas de los cursos fluviales de Andalucía.

Los cálculos de la  $B_{best}$  también han variado respecto al anterior informe de 2012, tanto en lo referente al área húmeda, como en la producción de biomasa de anguilas en los cuerpos de agua y a lo referente a la mortalidad por pesquerías. En anteriores informes se consideró que el área-húmeda $_{best}$  era igual al área-húmeda $_{curr}$ . En las actuales Tablas, por recomendación del propio ICES, se considera área-húmeda $_{best}$  a toda la red fluvial de Andalucía (sería equivalente al área fluvial prístina), ya que existen medios técnicos para la permeabilización de los obstáculos y por lo tanto, sería posible recuperar este espacio para la especie. Por otro lado, el área-húmeda $_{best}$  referente a humedales es la misma que área-húmeda $_{curr}$ , ya que no se considera que sea posible el revertir el cambio de usos del suelo para volver a obtener una superficie de humedales prístina. Así, el área-húmeda $_{best}$  pasaría de ser 60.766,34 ha (área-húmeda $_{curr}$ ) a 78.916,10 ha (Tabla 17). Esta superficie se multiplicó por los valores de producción de biomasa de anguila actual comentados en el apartado anterior (2,49 kg/ha en humedales y 1,13 kg/ha en cursos fluviales).

A esta producción de anguila plateada de cada año calculada en base al área-húmeda $_{best}$ , habría que sumarle la biomasa equivalente de anguila plateada que escaparía ese año si no se hubiese pescado la anguila 6 años antes (años que tendrían que pasar hasta que la anguila crezca hasta anguila plateada) y la anguila amarilla 3 años (tiempo que tendría que pasar hasta que la anguila amarilla crezca hasta anguila plateada). La veda de pesca impuesta sobre la anguila desde el año 2010 (Decreto 396/2010 de 2 de noviembre, BOJA nº 221) incide en que la mortalidad antrópica por pesquerías en la actualidad sea reducida, sin embargo, la legislación tardó unos años en ser aplicada y se ha seguido pescando aunque los valores de capturas totales se



han reducido progresivamente. Se puede decir que la primera temporada en que las piscifactorías dejaron de comerciar con la especie fue en 2012-2013, y la primera temporada en que no se ha dado pesca ilegal de angula en el río ha sido en la temporada 2014-2015. No obstante, como se ha comentado anteriormente, esta reducción de la pesca se apreciará en el escape de anguila plateada dentro de 3 (en el caso de la anguila amarilla) y de 6 años (en el caso de la anguila plateada). Para el cálculo de la biomasa equivalente de anguila plateada en los años que se requieren en las Tablas, se utilizó la herramienta “Calculadora de equivalentes de anguila plateada”, facilitada por la Comisión Europea. Esta herramienta considera una tasa de mortalidad anual para la especie de 0,138 (Dekker 2000), y además se contempla una mortalidad del 80% en la fase de asentamiento de angula.

Otros factores de mortalidad, como el debido a las turbinas de las centrales hidroeléctricas y el relativo a los bombeos, no se han considerado en los cálculos de  $B_{best}$  debido al desconocimiento sobre la misma.

Por lo tanto, los valores de  $B_{best}$  serían el resultado de multiplicar el área-húmeda<sub>best</sub> por la producción actual de anguila, sumándole la biomasa de anguila plateada equivalente que hubiese escapado en caso de no darse pesquería de angula 6 años antes y de anguila amarilla 3 años antes. Los valores de la  $B_{best}$  varían de unos años a otros en función de la intensidad de las pesquerías en sus años correspondientes. Así, el valor de  $B_{best}$  en el año 2012 fue de 312.126,84 kg, en 2013 fue 319.224,02 kg, y en 2014 fue de 332.279,92 kg.



## 2.2. El nivel de capturas actual y la reducción alcanzada.

En la Tabla 18 se muestran los equivalentes de anguila plateada que habría en un año concreto de no haberse dado la pesca de la angula 6 años antes, la pesca de la anguila amarilla 3 años antes, y la pesca de la anguila plateada en ese mismo año.

De manera previa a la veda impuesta sobre la anguila en el año 2010, no existía ninguna regulación sobre la pesca de la especie. Por lo tanto, no se fijaban cupos y/o temporadas de veda, y las cantidades de angula que se pescaba nunca pasaba por lonja. De esta manera, en Andalucía existe un vacío de información respecto a la compra-venta de la angula, por lo que resulta de gran dificultad estimar la cantidad de anguila que se extraía del medio. No obstante, se ha recopilado información de dicha pesquería en base a distintos censos de los barcos de pesca presentes en el río Guadalquivir (la totalidad de la angula capturada en Andalucía puede atribuirse a la UGA del Guadalquivir, ya que es la única donde ésta tiene una relevancia social y económica considerable). La información de los censos procede de distintas fuentes como son la Consejería de Medio Ambiente, Consejería de Agricultura y Pesca, el SEPRONA y datos propios. La información concreta de las cantidades estimadas de angulas pescadas se muestran en el apartado siguiente (Estima de la pesca ilegal e infradeclaración). En función de datos obtenidos de pesca científica, se estimó que cada barco pescó un volumen de  $60,04 \text{ cm}^3$  de angulas en cada marea creciente entre los meses de noviembre y marzo (en total 268 mareas). A partir de esta información se calculó la biomasa de angulas pescada por temporada teniendo en cuenta que en cada  $\text{cm}^3$  hay una media de 2,91 angulas, y que se considera que cada angula tiene un peso 0,2439 g.

Por otro lado, la información de las pesquerías de anguila adulta (indistintamente anguila amarilla y anguila plateada) se obtuvo de los registros de pesquería que existen en la página web de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.



Acorde con lo indicado por el ICES, el indicador de mortalidad antrópica acumulada para todos los rangos de edad para cada año (F) se calculó acorde a la fórmula:

$$F = \text{Ln}(B_{\text{curr}} / (B_{\text{curr}} + \text{capturas en equivalentes de anguila plateada}))$$

Observando los valores de mortalidad debido a la pesca comercial de la Tabla 18, se puede ver cómo la mortalidad desciende entre 2009 y 2011 con respecto a la situación pre-PGA. Sin embargo, paradójicamente, se da un incremento de la misma entre los años 2012 y 2014, cuando la veda de pesca ya se encontraba vigente. El motivo de este incremento se debe a que la pesquería de angula de 6 años antes (entre 2006-2008) fue intensa y por lo tanto esas angulas no pudieron escapar al mar para reproducirse en esos años.

Tabla 18. Equivalentes de anguila plateada extraídos del medio por pesca comercial y por pesca recreativa.

	Pesca comercial		Pesca recreativa	
	SEE (kg)	ΣF	SEE (kg)	ΣF
Pre_PGA	210.034,4256	0,910	NC	NC
2009	145.769,437	0,708	NC	NC
2010	143.897,504	0,702	NC	NC
2011	145.758,326	0,708	NC	NC
2012	153.592,915	0,735	NC	NC
2013				
160.099,505	0,757	NC	NC	
2014	172.612,918	0,798	NC	NC

En lo referente a la pesca deportiva de la anguila, no se tienen datos sobre la misma aunque no se considera que sea una especie objetivo. Por tanto, las capturas de anguila en la pesca deportiva son capturas accidentales.



**Estima de la pesca ilegal y la infra declaración.**

Como se ha indicado en el apartado anterior, la pesca de la angula en Andalucía puede considerarse ilegal al no estar regulada por ninguna legislación concreta. Pese a no contarse con datos oficiales de lonja, se realizó una estima a partir de los barcos de pesca de angula presentes en el río (Figura 91).

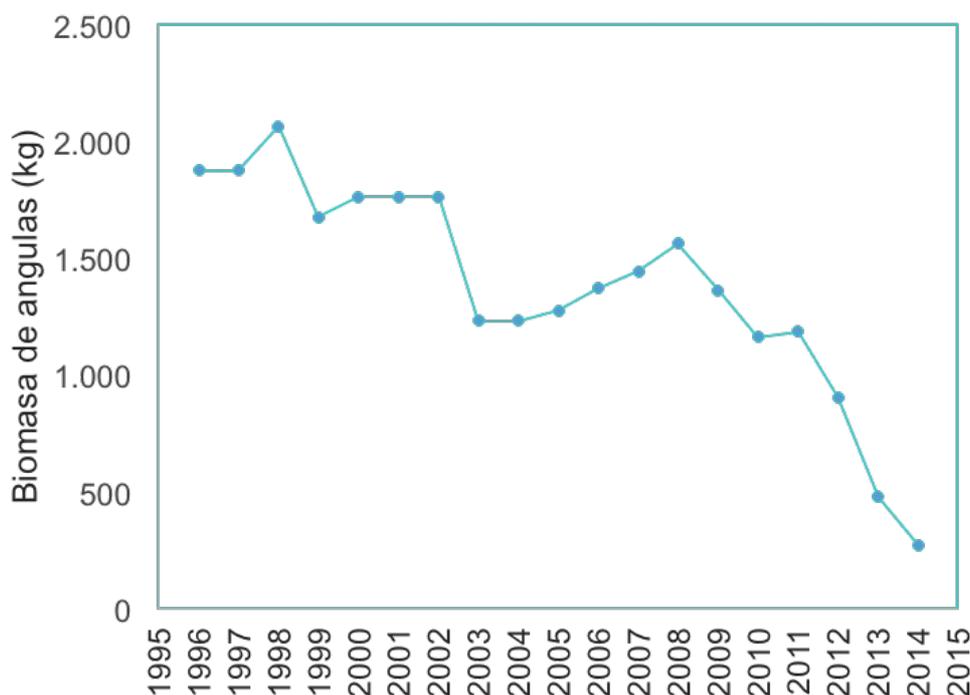


Figura 91. Estimación de la biomasa de angula sustraída del río Guadalquivir fuera de la legalidad desde el año 1995.

Por otro lado, no se tienen datos de la pesca de anguila (indistintamente amarilla y plateada) capturada accidentalmente en las redes destinadas a la pesca del cangrejo americano. Esta anguila también se ha comercializa, no obstante no se tienen estimas de las cantidades que pueden entrar al mercado negro por esta vía.



### **2.3. El nivel de los factores de mortalidad ajenos a la actividad pesquera propiamente dicha, y la reducción efectuada con arreglo a lo dispuesto en el artículo 2.**

Como se ha hecho referencia en el apartado 1.2.1, en el informe de post-evaluación de 2012, se consideró la muerte por golpeo con estructuras metálicas, bien por aspas de turbinas en centrales hidroeléctricas, bien por aristas de conductos de base en otros embalses, como la causa de mortalidad antrópica no pesquera más destacada en la migración catádroma de la anguila. En dicho informe, se asumió que la cantidad de anguila aguas arriba de estos embalses debiera ser despreciable, y por lo tanto, un valor de impacto antrópico no pesquero cercano a 0. Sin embargo, tras disponer de la información que comentábamos en el anterior apartado sobre la constatación de anguilas aguas arriba de determinadas presas, aceptamos que existe una mortalidad no pesquera relacionada con las estructuras hidráulicas a tener en cuenta, pero que aún carecemos de datos para estimarla cuantitativamente (código ND en las tablas electrónicas aportadas). No obstante, en orden a obtener un valor numérico final para la suma de las mortalidades antropogénicas ( $\Sigma A = \Sigma F + \Sigma H$ ), consideramos esta mortalidad despreciable (0) con respecto a la mortalidad por pesca.

Con el objetivo de contrarrestar la mortalidad no pesquera en Andalucía, la CMAOT ha proyectado y comenzado una serie de medidas, descritas anteriormente en el apartado 1.2.2, destinadas a incrementar la cantidad o calidad del hábitat. No obstante, como anteriormente se detallaba, la mayoría de ellas aún no se han llevado a cabo (código 0 en las tablas electrónicas aportadas), sólo se han realizado las migraciones asistidas enumeradas en el apartado 1.2.2. Dichas migraciones asistidas, a diferencia de las repoblaciones, no producen ningún aumento neto en la cantidad de individuos en la cuenca, por lo que no se tienen en cuenta para el balance de mortalidad antropogénica no pesquera ( $\Sigma H$ ), y por lo tanto, no necesitan tal estandarización, basta con registrar los 489 kg de anguila que se han translocado en 2014.



Otro tipo de medidas que ayudan a contrarrestar la mortalidad no pesquera son las repoblaciones que anteriormente se han descrito en el punto 1.3. Éstas, han sido clasificadas en los dos tipos explicados en el anterior apartado: Anguilas engordadas liberadas de acuerdo al PGA y Anguilas amarillas salvajes liberadas de acuerdo al PGA. Las repoblaciones se han estandarizado para poder ser evaluadas por la Comisión, por lo tanto, la medida de cada repoblación queda expresada como la biomasa de anguila plateada que se produciría en un año determinado procedente de sueltas de angulas 6 años antes o amarilla mezclada con plateadas ese mismo año. Debido a que en Andalucía sólo se llevan 4 años repoblando (desde 2011, ver apartado 1.3), el valor de la repoblación con angulones estandarizado a anguilas plateadas va a ser 0 antes de 2017, mientras que para el de repoblación con mezcla indiferenciada de amarillas y plateadas, se ha recurrido al SEE\_calculator para obtener la cantidad final de plateadas. Así, de los 28,6 kg que se han reintroducido de mezcla de anguilas >12cm en cuencas diferentes a las que fueron capturadas (Anguilas amarillas salvajes liberadas de acuerdo al PGA), mediante el SEE\_calculator, se obtienen 2,7 kg de plateada y por tanto, una tasa de mortalidad antropogénica no pesquera ( $\Sigma H$ ) de 0,00002. Este valor se introduce en el balance de mortalidad antropogénica no pesquera como negativo, ya que en realidad contrarresta tal mortalidad.

Aparte de las anteriores medidas para contrarrestar la mortalidad no pesquera, no hay ninguna otra medida contemplada hasta la fecha (mayo 2015) que aporte valores considerables a tener en cuenta para el balance de impacto antrópico (código ND en las tablas electrónicas aportadas). Sin embargo, de forma similar a como se ha explicado en apartado anterior de mortalidad por tomas de agua, con el objetivo de obtener un valor numérico final para la suma de las mortalidades antropogénicas ( $\Sigma A = \Sigma F + \Sigma H$ ), se ha optado por el código 0.

Finalmente, los resultados de la suma de las mortalidades antropogénicas ( $\Sigma A$ ) prácticamente coinciden con los de mortalidad pesquera acumulada en todos los grupos de edad de la población (Tabla 19). Esto es debido a que como anteriormente hemos descrito, la mortalidad por tomas de agua es despreciable con respecto a la de pesca, la cantidad de angulas engordadas



reintroducidas aún no tienen un equivalente en anguila plateada y por último, a que las amarillas indiferenciadas con plateadas, es una cantidad mínima como para que se observe un cambio en el valor de la suma.

Tabla 19. Tasas de mortalidad antropogénicas anuales en la UGA de Andalucía.

	$\Sigma F$	$\Sigma H$	$\Sigma A$
Pre_PGA	0,910	0	0,910
2009	0,708	0	0,708
2010	0,702	0	0,702
2011	0,708	0	0,708
2012	0,735	0	0,735
2013	0,757	0	0,757
2014	0,798	-0,00002	0,798

#### **2.4. La cantidad de anguilas de menos de 12 cm de longitud capturadas y la proporción de las mismas utilizadas para diferentes fines.**

Hasta la imposición de la veda de pesca sobre la anguila a finales del año 2010 (Decreto 396/2010 de 2 de noviembre, BOJA nº 221), no ha habido ningún control en la pesca de anguila y por tanto, no existían datos oficiales de capturas. Ha si do a partir de 2011, cuando a raíz del gran esfuerzo en la persecución de la pesca ilegal, la cantidad de anguila pescada principalmente recae en las capturas que lleva a cabo la CMAOT con el único fin de engordarlas en el centro de cría y usarlas para repoblación.



Tabla 20. Cantidad (kg) de anguilas de menos de 12 cm de longitud capturadas y la proporción de las mismas utilizadas para diferentes fines a nivel nacional, que se exportan a países de la UE y fuera de la misma.

	Angulas(kg)	Nacional						Países UE						Países no UE					
		Kg			%			Kg			%			Kg			%		
		Repoblación	Consumo directo	Acuicultura	Repoblación	Consumo directo	Acuicultura	Repoblación	Consumo directo	Acuicultura									
Pre-PGA	NC	0	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC									
2009	NC	0	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC									
2010	NC	0	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC									
2011	4	4	NC	NC	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2012	27	27	NC	NC	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	16	16	NC	NC	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2014	38	38	NC	NC	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



## Bibliografía.

- AAE 2011. Agencia Andaluza de la Energía. Disponible en <http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/> (accedido diciembre 2011).
- Bayán-Jardín BJ. 2006. The paths of water in the marshes: changes in the hydrological network. En: Marín-Cabrera C y García-Novo F (Ed.). *Doñana Water and Biosfere*. UNESCO- MaB (Man and Biosfere Programme), Junta de Andalucía (Consejería de Medio Ambiente).
- Behrmann-Godel J, Eckmann R. 2003. A preliminary telemetry study of the migration of silver European eel (*Anguilla anguilla* L.) in the River Mosel, Germany. *Ecology of Freshwater Fish*, 12 (3): 196-202.
- Calles O, Olsson IC, Comoglio C, Kemp PS, Blunden L, Schmitz M, Greenberg LA. 2010. Size-dependent mortality of migratory silver eels at a hydropower plant, and implications for escapement to the sea. *Freshwater Biology*, 55 (10): 2167-2180.
- CHG 2011. Geoportal de la Infraestructura de datos espaciales de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Disponible en <http://idechg.chguadalquivir.es/> (accedido diciembre 2011).
- CMA (Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía). 2004. *Plan Andaluz de Humedales*. Sevilla.
- CMA (Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía). 2005. *Caracterización Ambiental de Humedales en Andalucía*. Sevilla.



- Coutant CC, Whitney RR. 2000. Fish behavior in relation to passage through hydropower turbines: A review. *Transactions of the American Fisheries Society*, 129 (2): 351-380.
- Cullen P, McCarthy TK. 2000. The effects of artificial light on the distribution of catches of silver eel, *Anguilla anguilla* (L.), across the Killaloe eel weir in the Lower River Shannon. *Biology and Environment*, 100 (3): 165-169.
- Del Moral-Ituarte L. 1991. *La Obra Hidráulica en la Cuenca Baja del Guadalquivir (Siglos XVIII-XX)*. Universidad de Sevilla. Sevilla.
- Dekker W. 2000. A Procrustean assessment of the European eel stock. *ICES Journal of Marine Science* 57: 938-947.
- Durif C, Elie P, Gosset C, Rives J, Travade F. 2002. Behavioral study of downstream migrating eels by radio-telemetry at a small hydroelectric power plant, 343-356. En: *Biology, management, and protection of catadromous eels*. Dixon DA (Ed.). American Fisheries Society Symposium.
- Fernández-Delgado, C., C. Arribas, P. Guarnizo, T. Saldaña, J. A. Carmona, D. García de Jalón y C. Granado-Lorencio. 2002. *Fauna piscícola de la cuenca del río Guadamar: estado de conservación, problemática y directrices de restauración*. Programa de Investigación del Corredor Verde (PICORVE). Junta de Andalucía. Informe Final. 2 Vols.
- Fernández-Delgado C, Arribas C, Aranda F, De Miguel R, Peña JP, Pino E, Ramiro A. 2008. *Plan de Conservación de anguila (Anguilla anguilla) en la cuenca del río Guadalquivir*. Memoria Final. Diciembre de 2008. Consejería de Medio Ambiente.



Fernández-Delgado C, Rincón PA, De Miguel R, Aranda F, Pino E, Peña JP, Arribas C, Moreno-Valcárcel R, Gálvez L, Oliva-Paterna FJ. 2010. *Estado y problemática de conservación de los peces continentales autóctonos de la cuenca del Guadalquivir e inventario de los tramos fluviales más importantes para su protección. Memoria final. Marzo de 2010.* Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Dirección General del Agua. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

Fernández-Delgado C, Moreno-Valcárcel R, Aranda F, De Miguel R, Arribas C, Oliva-Paterna FJ. 2011. *Los peces como indicadores de la eliminación y la permeabilización de la Montaña del Río. Informe final. Diciembre 2011. Documento científico-técnico.* Agencia Andaluza del Agua-Universidad de Córdoba.

García-Novo F, Martín-Vicente A, Toja-Santillana J. 2007. *La frontera de Doñana.* Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla.

Gascuel D, Feunteun E, Fontenelle G. 1995. Seasonal dynamics of estuarine migration in glass eels (*Anguilla anguilla*). *Aquatic Living Resources*, 8 (2): 123-133.

González-Arteaga A. 1993. *Las Marismas del Guadalquivir: etapas de su aprovechamiento económico.* Antonio Cuevas (Ed.), Ayto. de Puebla del Río (Sevilla).

Gosset C, Travade F, Durif C, Rives J, Elie P. 2005. Tests of two types of bypass for downstream migration of eels at a small hydroelectric power plant. *River Research and Applications*, 21 (10): 1095-1105.

ICES. 2001. Report of the ICES/EIFAC Working Group on Eels. ICES Headquarters 28-31 August 2001. Copenhagen. Denmark. *ICES CM 2002/ACFM:03*. 58 pp.



- ICES. 2007. Report of the 2007 Session of the joint EIFAC/ICES Working Group on Eels, 3–7 September 2007, Bordeaux, France. *ICES CM2007/ACFM*, 23. Disponible en [www.ices.dk/reports/ACFM/2007](http://www.ices.dk/reports/ACFM/2007) (accedido diciembre 2011).
- IECA. 2012. *Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía*. Disponible en <http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia> (accedido febrero 2012).
- Jansen HM, Winter HV, Bruijs MCM, Polman HJG. 2007. Just go with the flow? Route selection and mortality during downstream migration of silver eels in relation to river discharge. *Ices Journal of Marine Science*, 64 (7): 1437-1443.
- Junta de Andalucía. 2009. Geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales de Andalucía. Disponible en <http://www.ideandalucia.es/> (accedido noviembre 2011).
- 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 (4): 254-264.
- Larinier M, Travede F. 2002. Downstream migration: problems and facilities. *BFPP-Connaissance et Gestion du Patrimoine Aquatique*, 364 supplément. ISSN 1297-6318.
- Moreno-Valcárcel R, Oliva-Paterna FJ, Arribas C, Fernández-Delgado C. 2013. Fish composition and assemblage in the anthropogenic-modified tidally-restricted Doñana (Spain) marshlands. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 119: 56-63.



- Munné A, Prat N, Solà C, Bonada N, Rieradevall M. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13 (2): 147-163.
- Rodríguez-Ramírez A, Clemente-Salas L. 2002. Hidrología superficial. En: *Parque Nacional de Doñana*. Canseco (Ed.). Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente.
- Saura-Martínez J, Bayán-Jardín B, Casas-Grande J, Ruiz de Larramendi A y Urdiales-Alonso C. 2001. *Documento Marco para el Desarrollo del Proyecto Doñana 2005. Regeneración hídrica de las cuencas y cauces vertientes a las marismas del Parque Nacional de Doñana*. Ministerio de Medio Ambiente (Ed.). Madrid.
- Serrano L, Reina M, Reyes I, Arechederra A, León D, Toja J. 2006. The aquatic systems of Doñana (SW Spain): watersheds and frontiers. *Limnetica*, 25(1-2): 11-32.
- Sinha VRP, Jones JW. 1966. On the sex and distribution of the freshwater eel (*Anguilla anguilla*). *Journal of Zoology*, 150 (3): 371-385.
- Solomon DJ, Beach MH. 2004. *Manual for provision of upstream migration facilities for Eel and Elver*. Environment Agency, Bristol, UK.
- Travade F, Larinier M, Subra S, Gomes P, De-Oliveira E. 2010. Behaviour and passage of European silver eels (*Anguilla anguilla*) at a small hydropower plant during their downstream migration. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 398: 01p1-01p19.



Urdiales C. 1999. *El sistema de la Montaña del Río en la Marisma del Parque Nacional de Doñana: función, estado y propuestas de actuación*. Parque Nacional de Doñana.

Vøllestad LA, Jonsson B. 1988. A 13-year study of the population dynamics and growth of the European eel *Anguilla anguilla* in a Norwegian river: evidence for density-dependent mortality, and development of a model for predicting yield. *Journal of Animal Ecology*, 57 (3): 983-997.

Watene EM, Boubée JAT. 2005. Selective opening of hydroelectric dam spillway gates for downstream migrant eels in New Zealand. *Fisheries Management and Ecology*, 12 (1): 69-75.

Winter HV, Jansen HM, Bruijs MCM. 2006. Assessing the impact of hydropower and fisheries on downstream migrating silver eel, *Anguilla anguilla*, by telemetry in the River Meuse. *Ecology of Freshwater Fish*, 15 (2): 221-228.



