



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID



POLITÉCNICA

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE PASOS PARA PECES EN LA PRESA DE EL PARDO Y FREZADEROS PARA LA FASE II DEL PROYECTO DE RESTAURACIÓN DEL MANZANARES

Máster universitario en Restauración de Ecosistemas

Presentado por:

D. Julián García Carrasco

Tutor académico:

D. Diego de Jalón

Director:

D. Fernando Soneira Martínez

Agradecimientos

A mi madre, mi padre y mi hermana, por ser el sostén de mi vida. A Diego de Jalón por enseñarme la asignatura de Ríos y Riberas y por aceptar ser mi tutor. A CIMERA, a su equipo y en especial a Fernando por darme la oportunidad de hacer las prácticas y el TFM con ellos

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

Resumen

Las estructuras transversales construidas en el cauce del río Manzanares para regular su caudal ocasionan multitud de problemas a la ictiofauna autóctona. Tanto es así que la mayoría de las especies presentes en el tramo son alóctonas. Por ello se plantea la construcción de un paso para peces en el embalse de El Pardo con el fin de restaurar la movilidad fluvial. Para ello se estudian las diferentes alternativas y se selecciona la más idónea según las características del río Manzanares y de la presa de El Pardo. Dicho paso, junto con una aproximación del régimen alterado de caudales al régimen natural, debería resultar en una mejora sustancial de las condiciones del tramo para la ictiofauna autóctona.

De forma paralela, se lleva a cabo el diseño de un frezadero para el barbo común (*Luciobarbus bocagei*) dentro de la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares.

Palabras clave: estructuras transversales, presa, ictiofauna autóctona, barbo común, régimen natural, régimen alterado, caudales.

Abstract

The transverse structures built in the Manzanares riverbed to regulate its flow cause a multitude of problems for the native ichthyofauna. So much so that most of the species present in the section are allochthonous. For this reason, the construction of a fish passage in the El Pardo reservoir is proposed in order to restore fluvial mobility. For this purpose, the different alternatives are studied and the most suitable one is selected according to the characteristics of the Manzanares river and the El Pardo dam. This step, together with an approximation of the altered flow regime to the natural regime, should result in a substantial improvement in the conditions of the stretch for the native ichthyofauna.

At the same time, the design of a pool for the common barbel (*Luciobarbus bocagei*) is being carried out within Phase II of the Manzanares Restoration Project.

Keywords: transverse structures, dam, native ichthyofauna, common barbel, natural regime, altered regime, flow rates.

**Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos
para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares**

ÍNDICE

Agradecimientos.....	1
Resumen	2
Abstract.....	2
Introducción.....	6
1. Marco legal.....	6
a) Directiva Marco del Agua o Directiva 2000/60/CE.....	7
b) Directiva Hábitats y Red Natura 2000	7
c) Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo	8
d) Estrategia Nacional de Restauración de Ríos.....	8
2. Estudios previos.....	8
Objetivos.....	9
Objetivos del proyecto del paso para peces:.....	9
Objetivos del frezadero:.....	9
Condicionantes del entorno	9
1. Situación del tramo de estudio	9
2. Medio Físico e hidrografía	10
a) Relieve.....	11
b) Geología	13
c) Climatología	14
d) Hidrografía e hidrología.....	15
e) Demografía.....	21
f) Infraestructuras cercanas a los tramos de estudio	21
g) Ecología del tramo	22
h) Caracterización de la comunidad piscícola:	23

**Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos
para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares**

INGENIERÍA DEL PROYECTO 1: Paso para peces en el Embalse de El Pardo.....	25
Condicionantes	26
Soluciones.....	27
Tipos de pasos para peces.....	27
Pasos naturalizados.....	27
Pasos técnicos	28
La Presa de El Pardo.....	30
Valoración de alternativas	31
1º) Instalación de un ascensor para peces.....	31
2º) Construcción de una esclusa para peces	32
3º) Construcción de un río artificial para sortear la presa	33
4º) Construcción de una escala de ralentizadores.....	33
Justificación y propuesta de actuaciones:.....	34
Diseño de Actuaciones	35
Dimensiones de la jaula.....	38
Planificación de ejecución del proyecto	39
Seguimiento.....	39
INGENIERÍA DEL PROYECTO 2: Frezaderos del proyecto de restauración del Río Manzanares.....	41
Condicionantes	43
Soluciones.....	43
Justificación y propuesta de actuaciones	44
Planificación de ejecución del proyecto	45
Seguimiento del éxito del proyecto	46
Conclusiones.....	47
Conclusiones específicas al paso para peces	48

**Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos
para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares**

Conclusiones específicas al frezadero	48
Bibliografía.....	49
ANEXO I Presupuestos	51
Presupuesto aproximado del proyecto del ascensor para peces	51
Presupuesto aproximado del proyecto del frezadero en el Manzanares.....	52
Material.....	52
Mano de obra	52
ANEXO II Imágenes del proyecto del ascensor para peces.....	53
ANEXO III Imágenes del proyecto del frezadero	56

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

Introducción

El río Manzanares, y concretamente la presa del Pardo y su parte baja, son el eje en torno al cual se ha desarrollado este proyecto. Para poder analizar todas las variables que permitan llevar a cabo las diversas actuaciones se ha seleccionado el tramo que comprende desde la presa hasta el lugar en el que se encontraba la antigua “Playa de Madrid”

Al ser un río que transcurre por una ciudad, ha sido modificado y regulado desde hace mucho tiempo. Ello ha desembocado en una serie de perturbaciones muy severas sobre los regímenes naturales de caudales, y en su distribución a lo largo del tiempo. Por tanto, las comunidades biológicas propias del río se han visto afectadas. A pesar del problema que supone esta alteración del agua circulante, no es el único, ya que otro problema de extrema importancia es el de la conectividad a lo largo del Manzanares. Esto se debe a que el principal mecanismo de regulación de los caudales es el diseño y construcción de azudes y presas, obstáculos transversales que en la mayoría de los casos son imposibles de sortear para la fauna piscícola. Como consecuencia la pérdida de hábitat es un factor que condiciona enormemente la recuperación de las especies autóctonas de peces (Aarts 2004).

Ante el proyecto de restauración del río Manzanares que se está llevando a cabo, es momento de preguntarse qué otras opciones hay para mejorar el estado actual de las poblaciones de peces existentes, ante lo cual se propone el diseño y construcción de un paso para peces en la presa del Pardo, junto con la construcción de un frezadero en la zona donde antes se ubicaba la famosa “Playa de Madrid”.

1. Marco legal

En este apartado se van a exponer las Directivas y las normativas que han determinado el rumbo de las actuaciones del proyecto de restauración del Manzanares y que van a marcar el desarrollo del presente proyecto.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

a) Directiva Marco del Agua o Directiva 2000/60/CE

Dada la dificultad de unificación de las actuaciones en lo referente a la gestión del agua en el seno de la Unión Europea, se crea la Directiva Marco del Agua (DMA). De esta forma se genera un marco comunitario que pretende hacer más eficaces y coherentes las diferentes actuaciones que se lleven a cabo. En España se incorporó esta directiva en la Ley 62/2003, a fecha 30 de diciembre en su artículo 129.

En la DMA se determinan una serie de parámetros con los que se evalúan las masas de agua, y se plantean objetivos medioambientales para las mismas para alcanzar el mayor potencial ecológico posible.

De las Normativas Comunitarias Sobre Protección de las Aguas las más relevantes para este proyecto son:

- Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, sobre conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.
- Directiva 85/337/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1985, concerniente a la evaluación de las repercusiones de proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.
- Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, concerniente a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.

b) Directiva Hábitats y Red Natura 2000

La Directiva Hábitats se creó con el fin de proteger los diferentes tipos de hábitats naturales o no y las poblaciones de especies silvestres de la Unión Europea. La forma de lograrlo era el establecimiento de una red ecológica bien defendida por un régimen jurídico específico y orientado a ello. La red ecológica consiste en zonas especiales con un estatus de conservación variable que conforman la Red Natura 2000.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

c) Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo

En el Plan Hidrológico se identifican las masas de agua superficiales en mal estado y se establecen metas medioambientales específicas para cada una. Son esenciales para su funcionamiento el Reglamento de Planificación Hidrológica (RPH) y la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH).

Es de especial interés que dentro del Plan Hidrológico se encuentre el Decreto 102/2014, del 3 de septiembre, por el que se declara “la Cuenca del Río Manzanares” como Zona de Especial Conservación y Lugar de Importancia Comunitaria. Aparte se aprueba en el mismo documento su Plan de Gestión y el de Zonas de Especial Protección para las aves como el Monte del Pardo y Soto de Viñuelas.

d) Estrategia Nacional de Restauración de Ríos

Ésta es una estrategia desarrollada por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de acuerdo con lo que se determina en la Directiva Marco del Agua y la Directiva de Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación. En ella se diseñan una serie de actuaciones con el objetivo de mantener un buen estado de conservación en nuestros ríos, impulsar el patrimonio cultural que ya de por sí brindan, minimizar los riesgos de inundación incontrolada, controlar y asegurar el uso racional del espacio fluvial y procurar el desarrollo sostenible del medio rural cercano.

2. Estudios previos

El río Manzanares, por cruzar su cauce toda la ciudad de Madrid ha sido históricamente muy modificado y alterado. Sin embargo, toda esa atención ha resultado en una cantidad saludable de estudios relativos a su estado ecológico, a su hidrología, a su geomorfología, etc. Todo ello culmina en el estudio más reciente elaborado por la Confederación Hidrográfica del Tajo y la Dirección General del Agua del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, junto con la colaboración de la Oficina Española de Cambio Climático. Dicho estudio es la antesala del proyecto de “Restauración fluvial del Río Manzanares en el entorno del Real Sitio de El Pardo”, que consta de varias fases y que aún está en desarrollo.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

En el estudio se diferencian dos tramos que copan la atención del mismo: el cauce de Río Manzanares entre el embalse de El Pardo y la confluencia con el Arroyo de la Trofa (6 km) y el Arroyo de la Trofa en sí (7 km). Los objetivos que se pretenden alcanzar en el proyecto en estos dos tramos son (TRAGSATEC, 2019):

- La restauración más completa posible del río, teniendo en cuenta aspectos como la hidrología, la morfología o la ecología, siempre cumpliendo las directrices de la Directiva Marco del Agua.
- Disminuir los riesgos de inundación en la zona y en los tramos de aguas abajo, concretamente en la ciudad de Madrid.

Objetivos

Objetivos del proyecto del paso para peces:

- Plantear el diseño de un paso para peces efectivo y funcional para las especies diana (ciprínidos autóctonos actuales y potenciales).
- Mejorar la conectividad de las poblaciones de peces autóctonos del río Manzanares.
- Promover la potencial recuperación de ciprínidos autóctonos en el tramo como la boga de río (*Chondrostoma polylepi*) o el cacho (*Squalius pyrenaicus*) gracias a posibilitar su acceso a zonas de freza río arriba.

Objetivos del frezadero:

- Posibilitar la freza del barbo común en un tramo en el que predominan las especies alóctonas.

Condicionantes del entorno

1. Situación del tramo de estudio

El tramo de estudio del paso para peces y del frezadero se ubica en el municipio de Madrid, concretamente en la parte inmediatamente inferior a la Presa de El Pardo, el principal foco de impacto en la zona para el río Manzanares.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

El municipio de Madrid forma parte de la Comunidad Autónoma de Madrid, la cual ocupa una superficie de 8028 km². El municipio que más superficie abarca es el de Madrid, con 60,44 km² de extensión.

Para mayor precisión, los tramos de estudio se encuentran en el Distrito de Fuencarral-El Pardo, uno de los 21 distritos con los que cuenta la ciudad de Madrid. Corresponde con el número 081 de la figura 1.

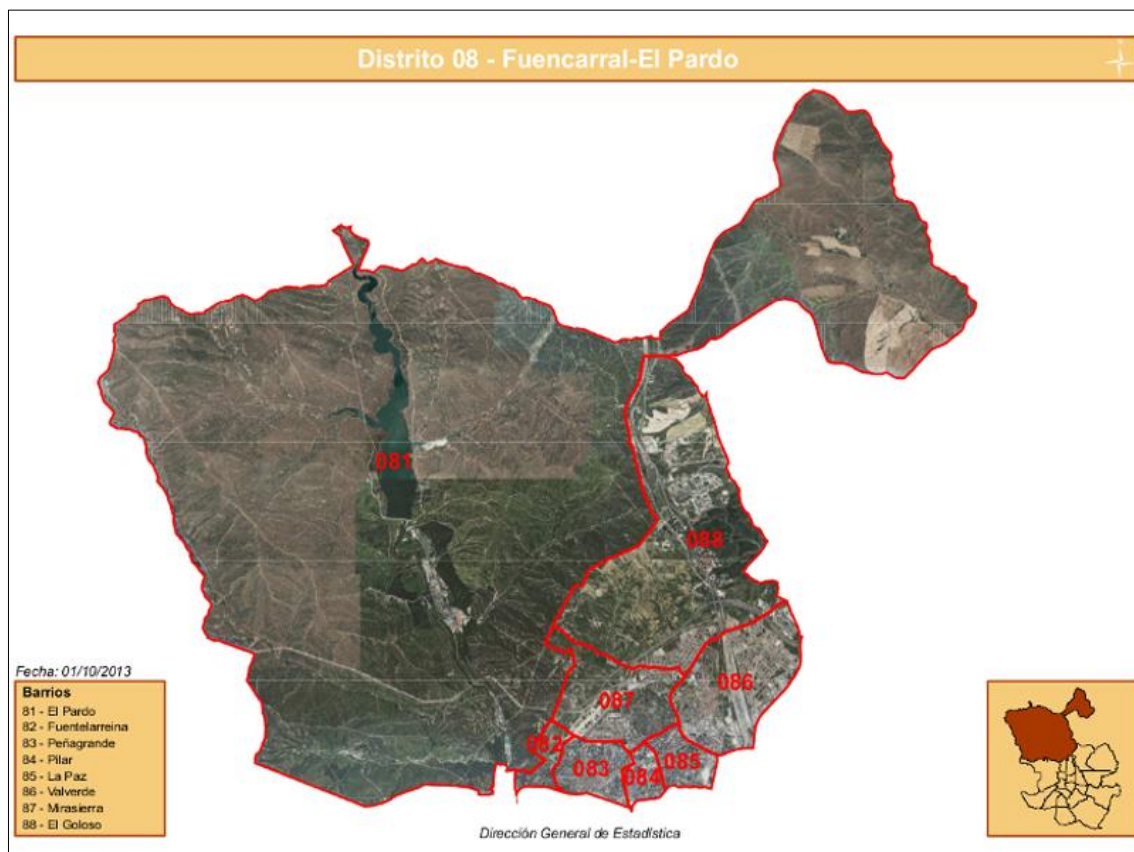


Figura 1. Imagen aérea del distrito 08 Fuencarral-El Pardo. Fuente: Dirección General de Estadística.

2. Medio Físico e hidrografía

A la hora de analizar las condiciones y características del tramo de estudio, es imprescindible no limitarse al municipio de Madrid, sino analizar las de toda la Comunidad de Madrid, por su inevitable influencia sobre la zona objetivo.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

a) Relieve

La Comunidad de Madrid está conformada por dos grandes unidades de relieve: la Sierra, que incluye Guadarrama, Somosierra y los alrededores de Gredos, y las llanuras del Tajo, con sus vegas o sus páramos. Se puede contemplar una tercera unidad, de transición entre las dos anteriores. El punto de máxima altitud es el Pico de Peñalara, con 2429 metros.

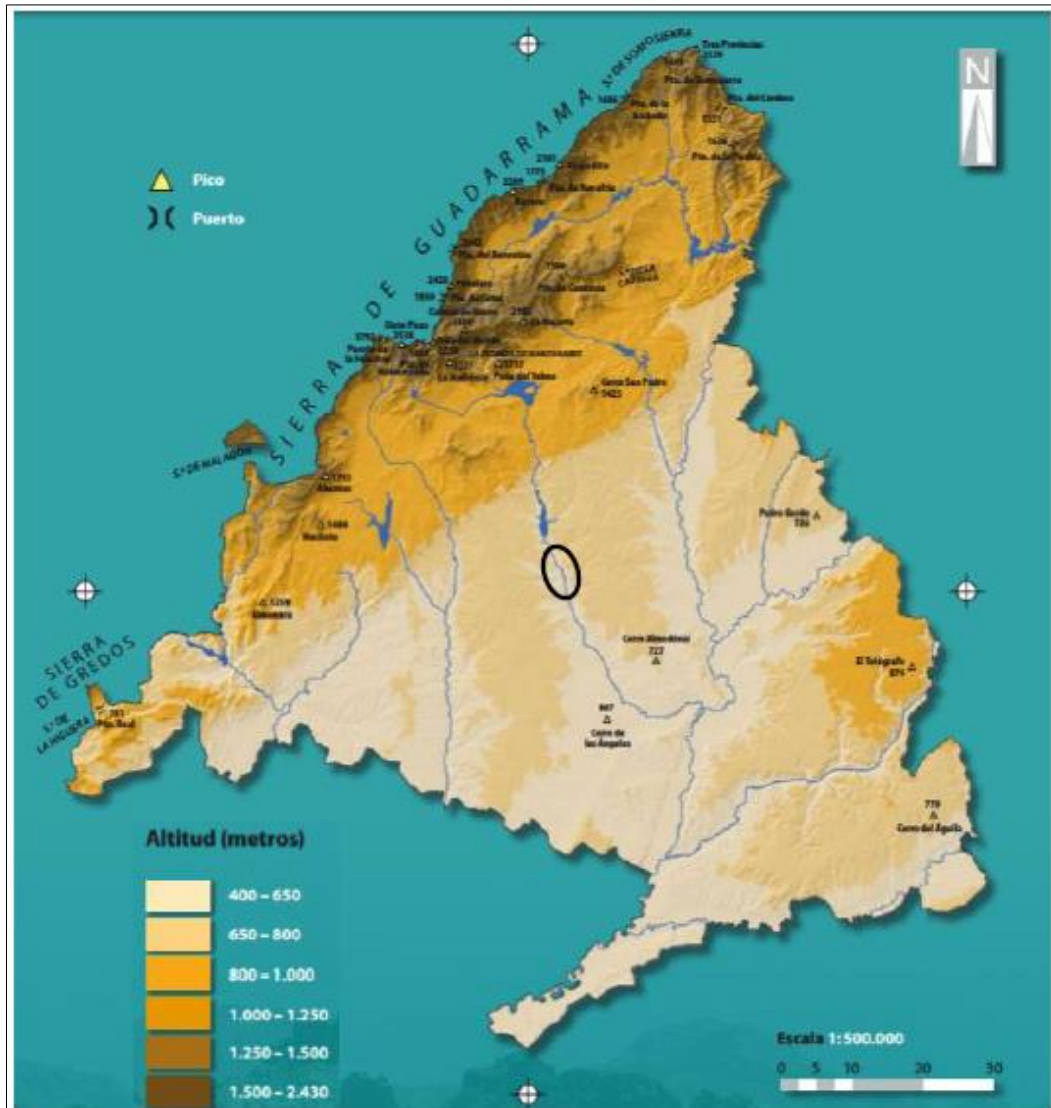


Figura 2. Mapa del relieve de la Comunidad de Madrid. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

La mínima corresponde al cauce del Río Alberche en su tránsito por Villa del Pardo con 430 metros. La unidad de la Sierra pertenece como frente montañoso al Sistema Central, y ocupa la parte noroccidental de la Comunidad de Madrid. Se originó a causa de la reactivación tectónica de una antigua meseta producida en el Terciario. Dicha

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

reactivación ocasiona una concatenación de acontecimientos geológicos que desembocan en un esquema morfológico de bloques elevados (horst) y hundidos (graben).

La unidad de la depresión o de la llanura se encuentra en las zonas central, este y sudeste de la Comunidad de Madrid, constituyendo la parte septentrional de la Cuenca del Tajo, también llamada Submeseta Sur. Los materiales que constituyen esta zona son de naturaleza detrítica pertenecientes al Terciario. En el Cuaternario se definen y encajan los valles de los ríos de la Comunidad, en procesos de arrastramiento y de erosión entre otros que comenzaron a finales del Terciario. Estos procesos dan lugar a formas observables

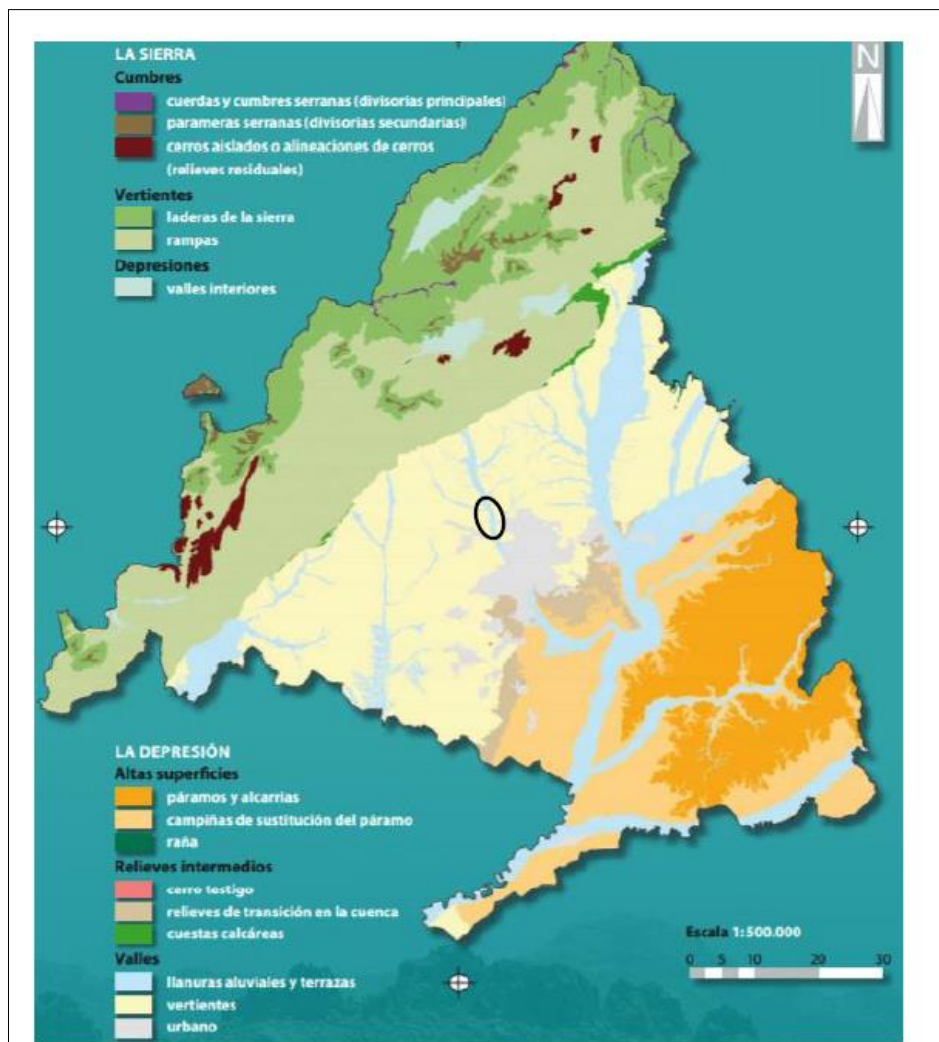


Figura 3. Mapa de unidades geomorfológicas. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio

hoy en día en la zona como los glaciares, las llanuras de inundación o las terrazas.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

La zona objetivo de este estudio se encuentra en la unidad de la depresión del Tajo, en una cota de altitud de entre 400 y 650 metros. La confluencia entre el Río Manzanares y el Arroyo de la Trofa está situada en un valle con evidente presencia de llanuras aluviales y terrazas.

b) Geología

La geología en la Comunidad de Madrid, como en tantos otros lugares, está determinada por las unidades de relieve que hay presentes. En la unidad de la Sierra son dominantes

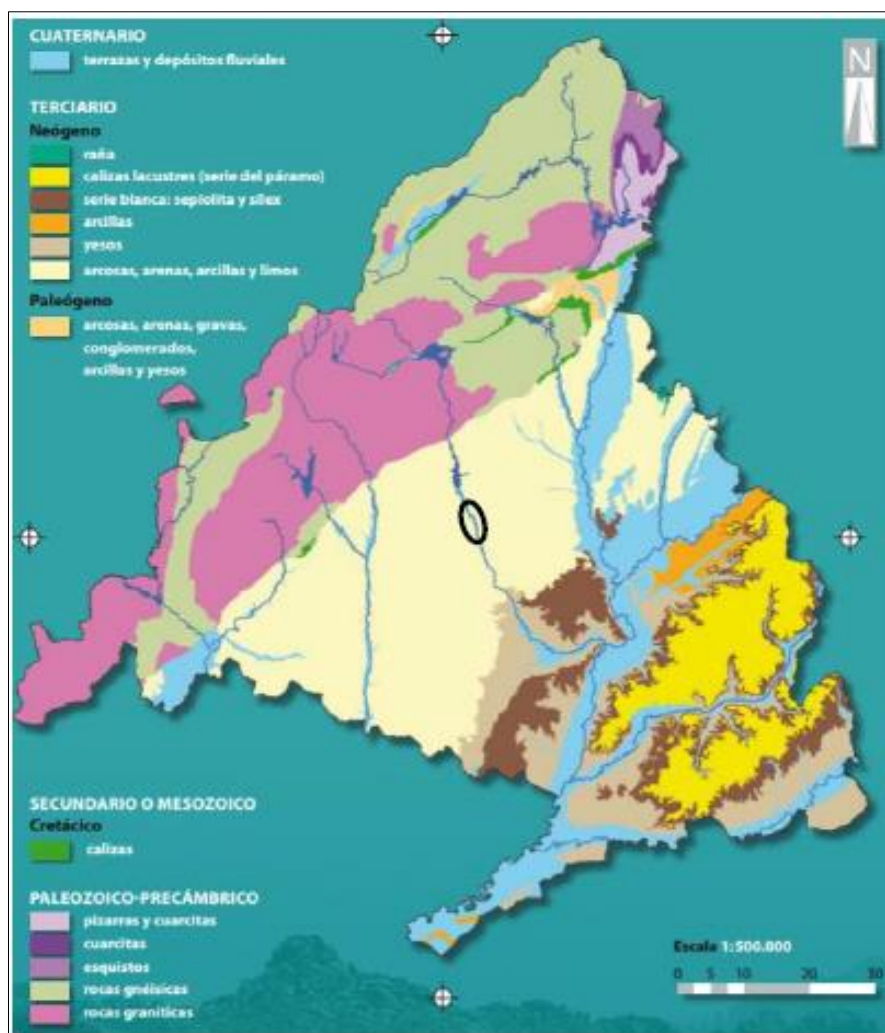


Figura 4. Mapa de litología. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

los granitos y gneises, salvo en la zona de Somosierra donde se encuentran pizarras y cuarcitas. Sin embargo, en la depresión del Tajo se pueden encontrar tres zonas de diferente litología: las campiñas (arenas, margas arenosas, margas yesíferas y arcillas), los páramos (calizas, arcillas, yesos y margas) y las vegas (gravas, arenas y limos). La

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

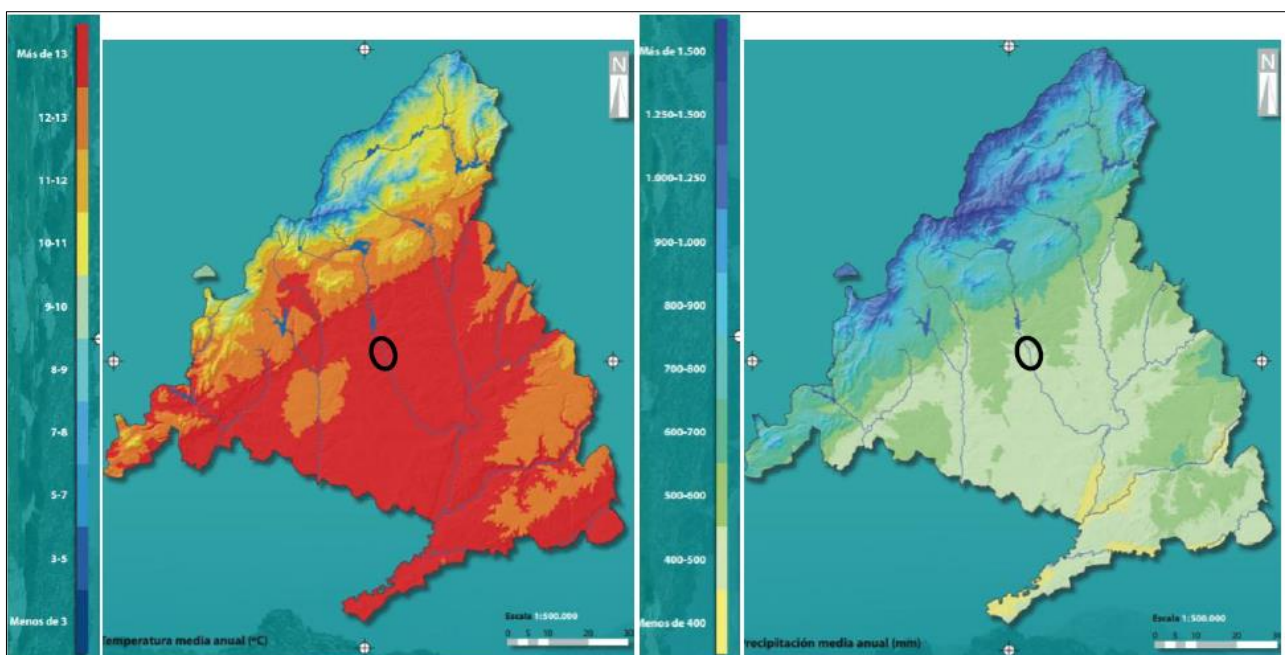
zona de transición entre las unidades de la Sierra y la depresión del Tajo está compuesta principalmente por materiales detríticos.

En lo referente a la propia zona de estudio, como se trata de un tramo de río, está situada sobre terrazas y depósitos fluviales del Cuaternario. En los alrededores lo que se puede encontrar son arenas, arcosas, arcillas y limos del Terciario, concretamente del Neógeno.

c) Climatología

El clima de la Comunidad de Madrid es mediterráneo, con una estacionalidad de temperaturas muy marcada, con sequías estivales y con precipitaciones muy poco regulares. Esto es consecuencia de la latitud geográfica en la que se ubica y de su posición con respecto al mar en la Península, justo en el centro y a medio camino entre el mar Mediterráneo y el océano Atlántico.

Como puede anticiparse solamente con el análisis de las altitudes, el gradiente térmico y pluviométrico entre las llanuras del Tajo y la Sierra es muy acusado. Las precipitaciones



Figuras 5 y 6. Mapas de temperaturas y precipitaciones medias, respectivamente. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

se sitúan entre los 400 y los 2000mm, con unas temperaturas medias comprendidas entre 7°C y 15°C y temperaturas absolutas desde los -8°C y 44°C.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

La zona de la presa de El Pardo se encuentra en los alrededores de la ciudad de Madrid, en el rango de altitud que presenta las mayores temperaturas medias y las menores precipitaciones en la Comunidad de Madrid.

d) Hidrografía e hidrología

La cuenca del río Manzanares pertenece a la cuenca hidrográfica del río Tago, junto con el resto de los ríos de la Comunidad de Madrid. Los ríos Jarama, Guadarrama y Alberche son los afluentes principales, junto con todos sus afluentes.

La zona de estudio, tal y como está señalado en la figura 7 se encuentra aguas abajo del embalse de El Pardo, en el río Manzanares.



Figura 7. Mapa hidrológico de la Comunidad de Madrid. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

Los ríos de la Comunidad de Madrid, principalmente en la zona de la Sierra, están fuertemente regulados por embalses, con funciones como la producción hidroeléctrica, la laminación de avenidas o el abastecimiento.

Régimen natural

Aportaciones anuales

En la zona de El Pardo existe mucha variabilidad interanual e intranual en lo referente a las precipitaciones. Para facilitar su análisis se dividen los años en tres tipos: húmedo,

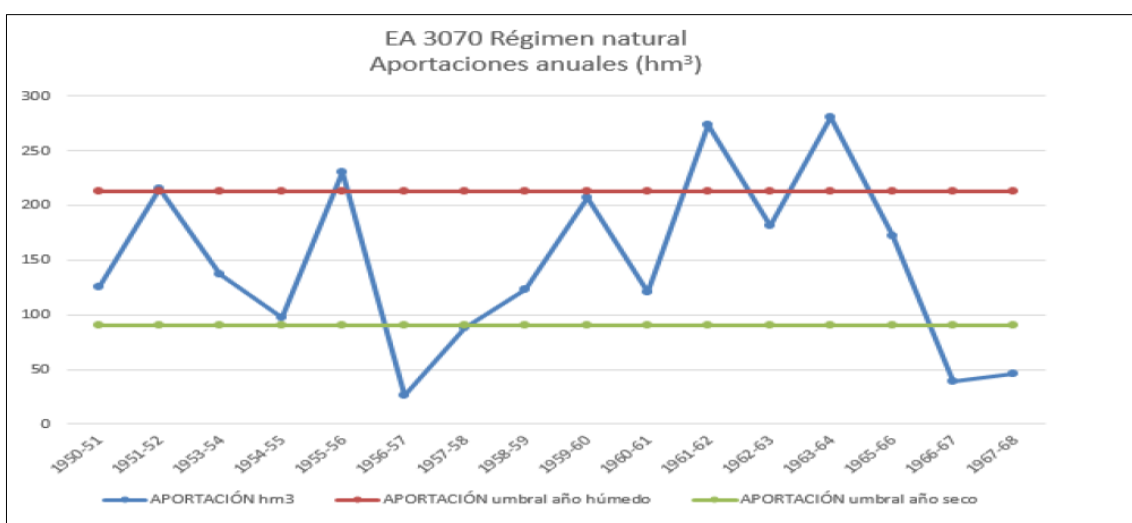


Figura 8. Gráfica de aportaciones anuales según la EA 3070. Fuente: Estudio hidrológico de

medio y seco. Tal y como se observa en la figura 8, a partir de los datos de la estación de aforo 3070 se pueden comparar los datos de las aportaciones en función del tipo de año en relación a las precipitaciones de cada año. Gracias a esos datos se pueden calcular las aportaciones medias anuales (hm³) por tipo de año, tal y como se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1. Tabla de aportaciones medias anuales en función del tipo de año. Fuente: Estudio hidrológico del Proyecto de Restauración del Manzanares.

Tipo de año	Aportación media anual (hm ³)
Húmedo	249.9
Medio	145.7
Seco	50.2
Ponderado	147.9

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

Aportaciones mensuales

La variabilidad intranual (hm^3) varía entre los 63 hm^3 en el año húmedo y $12,5 \text{ hm}^3$ en el año seco, siendo calculada como la diferencia entre la aportación mínima y máxima mensual para cada tipo de año.

Tabla 2. Tabla de caudales medios mensuales en función del tipo de año Fuente: Estudio hidrológico del Proyecto de Restauración del Manzanares.

Caudales medios mensuales (m^3/s)			
	Año húmedo	Año medio	Año seco
Octubre	3.1	1.8	0.6
Noviembre	11.9	2.8	0.6
Diciembre	13.6	6.8	0.7
Enero	15.5	5.2	0.6
Febrero	20.1	5.9	2.6
Marzo	19.1	8.2	1.6
Abril	16.0	5.6	1.8
Mayo	6.2	3.4	1.8
Junio	3.2	2.2	0.9
Julio	2.0	1.4	0.5
Agosto	2.0	1.0	0.3
Septiembre	2.1	1.1	0.4

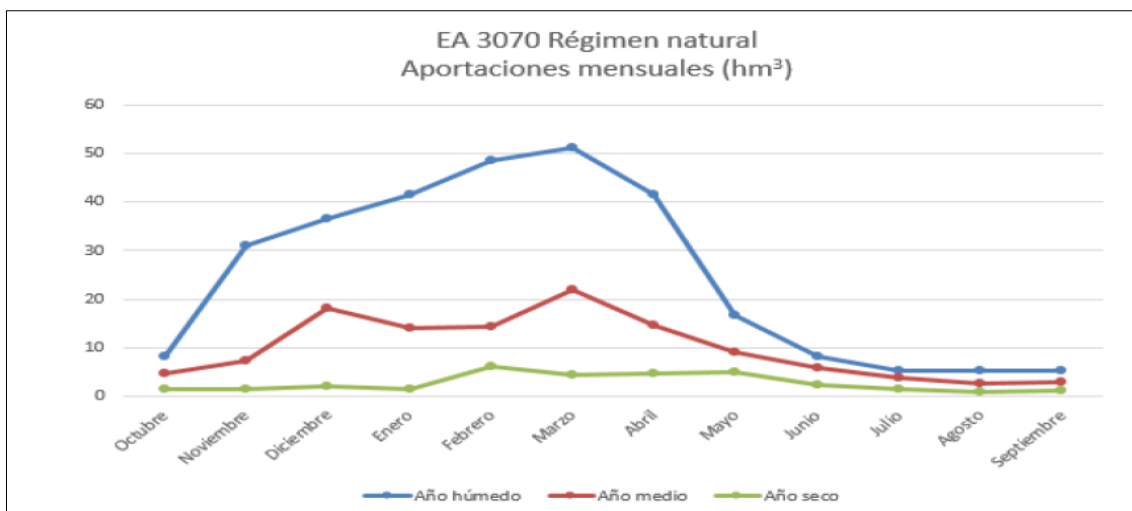


Figura 9. Gráfica de aportaciones mensuales del régimen natural. Fuente: Estudio hidrológico del Proyecto de Restauración del Manzanares.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

En este tramo las principales características del régimen natural son:

- Veranos secos en todos los tipos de año, con descensos muy marcados de los caudales en esta época del año.
- Los años más secos se caracterizan por caudales inferiores a $1 \text{ m}^3/\text{s}$, llegando incluso a $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Esta situación puede llegar a prolongarse hasta enero en situaciones excepcionales.
- La estacionalidad, como suele ser normal en climas mediterráneos de interior, es muy marcada con máximos en invierno y mínimos en verano.
- Las aportaciones tienen un claro carácter pluvionival, aún más destacado en años húmedos y medios. Las aportaciones medias anuales se sitúan en 148 hm^3 .
- Los días de caudal nulo existen, pero su porcentaje es despreciable.
- Las avenidas se distribuyen principalmente entre noviembre y abril.

Régimen alterado

Aportaciones anuales

Como se puede ver en la figura 10, el descenso de las aportaciones es evidente. Además, se puede observar que la variabilidad, ya sea en el régimen alterado o natural, es muy

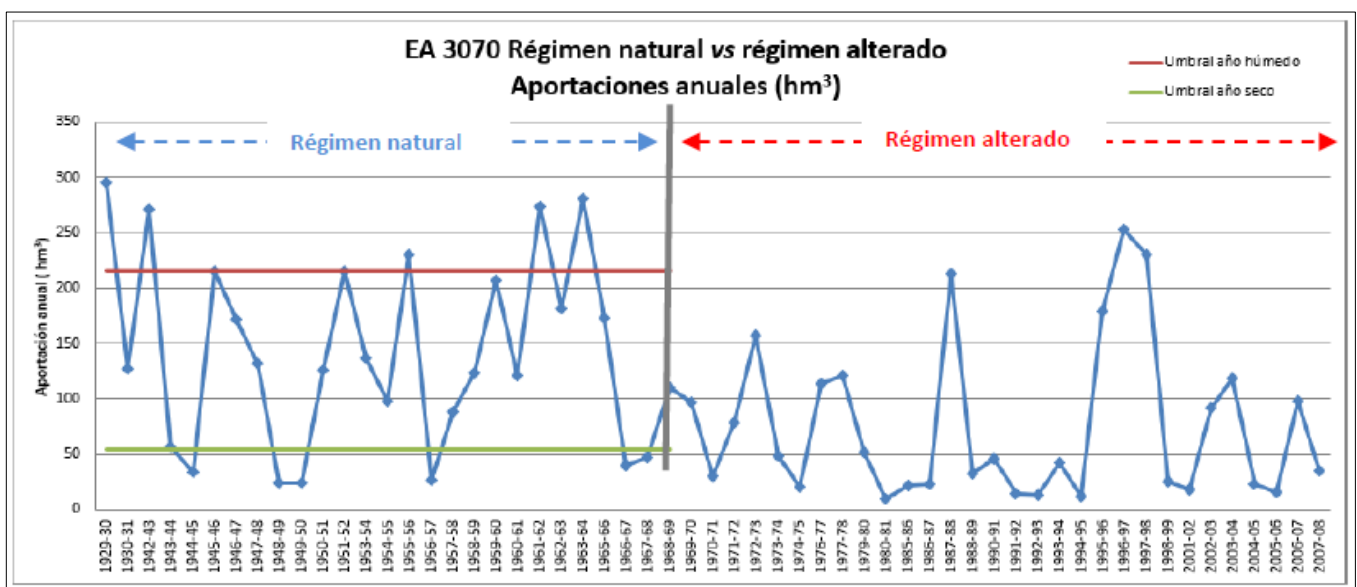


Figura 10. Gráfica de comparación de aportaciones anuales entre el régimen natural y el alterado. Fuente: Estudio hidrológico del Proyecto de Restauración del Manzanares.

marcada. Sin embargo, la variabilidad es menor en el régimen alterado, y esto es clave

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

para el ecosistema, pues la sostenibilidad de estos depende precisamente de esa variabilidad.

Tabla 3. Tabla con comparación entre aportaciones anuales de los regímenes natural y alterado. Fuente: Estudio hidrológico del Proyecto de Restauración del Manzanares.

Aportación anual (hm ³)	Régimen natural	Régimen alterado	Ratio de variación*
media	143.0	75.4	-0.47
mediana	129.2	46.2	-0.64
Coefficiente de variación	0.61	0.92	0.50

Aportaciones mensuales

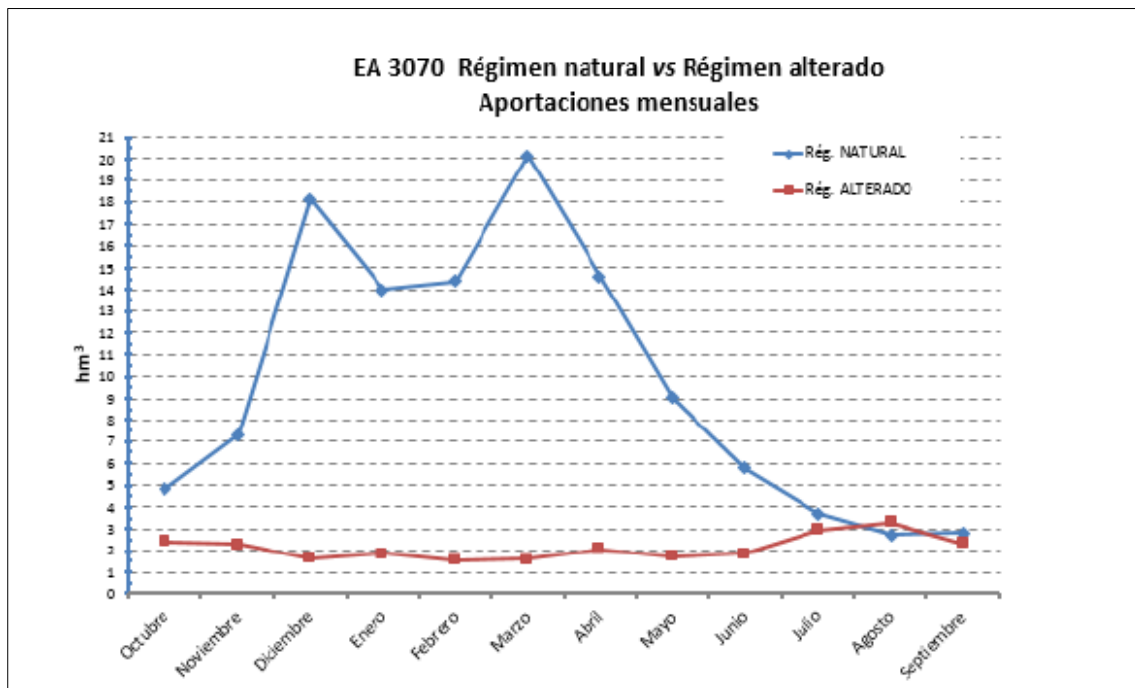


Figura 11. Gráfica de comparación de aportaciones mensuales en régimen natural y alterado.

Fuente: Estudio hidrológico del Proyecto de Restauración del Manzanares.

Tal y como se puede observar en la figura 11 y en la tabla 4, las aportaciones mensuales han disminuido de manera muy destacable en todos los meses menos agosto. La reducción de las aportaciones es un aspecto muy importante sin duda, pero también lo es el hecho de que se han invertido en cierto modo las dinámicas naturales. Esto es porque la tendencia natural es de un incremento en la etapa de lluvias y crecidas, y un descenso

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

acuciado conforme se acerca la época estival. Ahora sin embargo se produce al revés, con menores aportaciones en la época de lluvias que en la época estival. A ello hay que sumarle el hecho de que la calidad de las aportaciones en el verano será previsiblemente peor.

Tabla 4. Aportaciones y caudales mes a mes en régimen natural y alterado. Estudio hidrológico del Proyecto de Restauración del Manzanares.

MES	Aportaciones medianas mensuales (hm ³)		Caudales medios mensuales (m ³ /s)		Ratio de variación*
	Rég. natural	Rég. alterado	Rég. natural	Rég. alterado	
Octubre	4.80	2.42	1.79	0.90	-0.50
Noviembre	7.31	2.29	2.82	0.88	-0.69
Diciembre	18.12	1.64	6.77	0.61	-0.91
Enero	13.98	1.87	5.22	0.70	-0.87
Febrero	14.39	1.54	5.95	0.64	-0.89
Marzo	20.14	1.60	7.52	0.60	-0.92
Abril	14.62	2.10	5.64	0.81	-0.86
Mayo	9.03	1.72	3.37	0.64	-0.81
Junio	5.76	1.86	2.22	0.72	-0.68
Julio	3.71	2.98	1.38	1.11	-0.20
Agosto	2.73	3.33	1.02	1.24	0.22
Septiembre	2.84	2.35	1.09	0.91	-0.17

**Ratio de variación= (valor alterado-valor natural)/valor natural*

La regulación sobre el caudal que producen los embalses de Santillana y de El Pardo genera una serie de consecuencias sobre la hidrología del tramo que quedan resumidas a continuación:

- Alteración extrema de la magnitud de todos los tipos de avenidas.
- Inversión de las dinámicas de las sequías, que pasan de un porcentaje despreciable a un número preocupante.
- Disminución alarmante de las aportaciones a nivel anual y mensual, salvo en la época estival.
- Aumento significativo de la duración de períodos secos.
- Modificación absoluta de las pautas estacionales a nivel mensual. El patrón pluvionival desaparece y la variabilidad intranual se ve seriamente reducida.
- Reducción extrema de los caudales mínimos anuales.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

e) Demografía

En los datos del año 2016, a 1 de enero concretamente, en la ciudad de Madrid había 3.165.883 habitantes. En el distrito de Fuencarral-El Pardo el número estaba en 235.482. A su vez, dentro de este distrito, el barrio de El Pardo cuenta con sólo 3375 habitantes, ya que cuenta sólo con la población de El Pardo.

f) Infraestructuras cercanas a los tramos de estudio

El primer tramo de estudio comprende el terreno entre la presa de El Pardo y el primer km de río abajo. Aun así, se van a enumerar las infraestructuras que se encuentran entre la presa y la confluencia con el Arroyo de la Trofa, ya que es un punto crucial por la acumulación de sedimentos que se produce allí, y que eleva el nivel del río aguas arriba de dicha acumulación (Esteban Díez, 2019). Enumeradas de norte a sur son las siguientes:

- Presa de El Pardo. Presa de materiales sueltos, con un desnivel de 35 metros y una capacidad de 45 hm³.
- Estación de aforos de Mingorrubio, con código 3243. Es una estación de aforos cuya entrada en funcionamiento se produjo en 1975, que en 2010 dejó de prestar servicio y que en 2013 fue demolida. El problema es que dejó el suelo sobreelevado a pesar de su demolición.
- Azud. Construido para regar un campo de golf cercano. Actualmente sigue en uso, pero ha sufrido modificaciones para reducir su impacto sobre la conectividad longitudinal del río (Esteban Díez, 2019).
- Estación de aforos 3187. Construida en 1969.
- Puente de los Capuchinos. Fue terminado en 1785 y acondicionado en 1961, siendo el único paso actualmente que conecte las dos márgenes en este tramo.
- Viaducto de Ferrocarril Manzanares. Es el viaducto que permite el paso de las líneas C-7 y C-8 de Renfe Cercanías.

El segundo tramo corresponde a la antigua Playa de Madrid (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Estudio histórico), 2016) y sus alrededores, con las siguientes infraestructuras cerca, ordenadas de norte a sur:

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

- Viaducto de la M-40 entre el km 50 y 51. Un gran viaducto con varios carriles. Da sombra al cauce.
- Hipódromo de la Zarzuela. Gran estructura con mantenimiento regular del césped y de animales. Posible desagüe proveniente del hipódromo.
- Edificio y estructuras de la antigua Playa de Madrid. Edificios semiabandonados al cargo de la Administración. Sin impacto en principio.
- Estructura del sistema de represas de la Playa de Madrid. Retirado hace menos de dos años. Ambiente estabilizado con gran cantidad de sedimentos. En principio no se van a tocar en el proyecto de restauración del Manzanares ya que están estabilizados por vegetación herbácea.

g) Ecología del tramo

El río Manzanares desde el Embalse de El Pardo hasta la confluencia con el arroyo de la Trofa (masa de agua ES030MSPF0428021) presenta un potencial ecológico deficiente según los últimos estudios que se han llevado a cabo (Arias Rodríguez, 2020). Tal y como parecen indicar las campañas de muestreo de años anteriores (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Estudio ecológico), 2016) la degradación se incrementa a medida que se aproxima a la confluencia con el Arroyo de la Trofa. Los valores de todos los indicadores biológicos descienden, con mayor o menor gradiente. Los valores de oxigenación y de pH son óptimos en todo el tramo. En el caso de los nutrientes, las concentraciones de fosfatos están por encima de la concentración límite en todos los puntos (0,5 mg PO₄/L), algo que se viene repitiendo en todas las campañas previas en el tramo de estudio. Esto es normal, ya que los valores de fosfatos suelen ser altos en los embalses, por lo que un tramo como éste que tiene una gran presa a una distancia corta tiene una probabilidad alta de presentar muchos fosfatos durante todo el año. Los valores de amonio y nitrato, por el contrario, se mantienen en niveles óptimos, a pesar del incremento del primero en la última campaña a la que se ha tenido acceso (2020).

En lo referente a los indicadores biológicos, los resultados de las campañas son variables en función de la época del año en la que se llevasen a cabo, sobre todo en cuanto a macroinvertebrados. En dichos informes se destaca la mejor condición de las diatomeas

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

a la hora de ser elegidas para determinar el estado ecológico, ya que se comportan como un indicador más estable en condiciones de variabilidad.

El tramo del frezadero (masa de agua ES030MSPF0427021) presenta un potencial ecológico deficiente, con valores altos de fosfatos en todo el cauce. A pesar de ello los indicadores de macroinvertebrados y diatomeas han mejorado en los últimos cuatro años, pasando de deficiente a moderado en ambos casos. El índice IBMR de macrófitos es lo que más baja la calidad de esta zona. Los valores de oxigenación son buenos, pero puede deberse a las labores de limpieza de sedimentos de la confluencia con el Arroyo de la Trofa (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Red Natura 2000), 2016).

h) Caracterización de la comunidad piscícola:

En la última campaña de pesca que se ha realizado en el Manzanares a la altura de El Pardo, por debajo de la presa, ha quedado reflejado lo siguiente:

- De la familia CYPRINIDAE se han capturado ejemplares de gobio (*Gobio lozanoi*; en grandes cantidades, el más representado), carpín (*Carassius auratus*), alburno (*Alburnus alburnus*) barbo común (*Luciobarbus bocagei*) y carpa común (*Cyprinus carpio*).
- De la familia CENTRARCHIDAE se ha capturado en grandes cantidades al pez sol (*Lepomis gibbosus*).
- De la familia ICTALURIDAE se ha capturado pez gato (*Ameiurus melas*).
- De la familia POECILIIDAE se ha capturado gambusia (*Gambusia holbrooki*).
- De la familia ESOCIDAE se ha capturado lucio (*Esox Lucius*; en muy pocas cantidades, previsiblemente procedentes del embalse de El Pardo).
- De la familia CENTRARCHIDAE se ha capturado black bass (*Micropterus salmoides*)

La dinámica poblacional general en este tramo del río Manzanares es muy inestable, con etapas en las que unas especies destacan claramente sobre otras, y que se invierten radicalmente con el tiempo (Morillo González Del Tánago, 1999). Lo que es evidente, y preocupante, es el porcentaje de especies exóticas. De las 10 especies que componen hoy en día la comunidad piscícola del río, 8 son especies exóticas, que son el alburno, el pez

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

gato, el pez sol, la gambusia, el lucio, el carpín, la carpa común y el black bass. Solamente el barbo y el gobio son especies consideradas autóctonas (existen dudas sobre la procedencia del gobio).

De las poblaciones ictiológicas originales, ampliamente estudiadas en el siglo XX, poco queda hoy en día. Originalmente estaba compuesta por la anguila (*Anguilla anguilla*), la boga de río (*Chondostroma polylepis*), el cacho (*Leuciscus cephalus*), la tenca (*Tinca tinca*), dos especies de barbo (*Barbus bocagei* y *Barbus comiza*) y la lamprehuela (*Cobitis paludica*) (Morillo González Del Tánago, 1999).

Las razones de este cambio tan acusado son abundantes, pero sin duda la regulación de los caudales, la construcción de barreras transversales en el cauce y la ruptura de las dinámicas naturales de inundaciones y sequías han supuesto la mayor parte del problema. En el nuevo contexto de mayor estabilidad, las especies generalistas exóticas prevalecen sobre las autóctonas, más especializadas y en general de menor tamaño.

INGENIERÍA DEL PROYECTO 1: Paso para peces en el Embalse de El Pardo

Los ecosistemas asociados al agua son medios donde encontramos una gran cantidad de especies, ya sea de flora o de fauna. A pesar de su riqueza, son muy vulnerables por su dependencia de los regímenes naturales de precipitación y de caudales, por lo que cualquier actuación humana puede suponer un perjuicio. A lo largo de la historia, y en especial a partir de mediados del siglo XX, el ser humano ha alterado las dinámicas hidrológicas e hidráulicas de los ríos mediante presas, canalizaciones, trasvases, centrales hidroeléctricas...cambiando aspectos clave en los ecosistemas acuáticos afectados. Una de las consecuencias de la construcción de los elementos mencionados anteriormente son las obras transversales en los cauces, que limitan o directamente impiden el movimiento de la fauna piscícola (Sanz Ronda, 2013). Por ello es necesario encontrar formas de que la fauna piscícola pueda sortear estos obstáculos y que pueda tener los patrones de movimiento que han tenido hasta el siglo pasado. En el caso del Manzanares la fauna piscícola autóctona es sobre todo de ciprínidos de pequeño-medio tamaño, por lo que el paso ha de tener unas dimensiones adecuadas para su tamaño y capacidad de remonte.

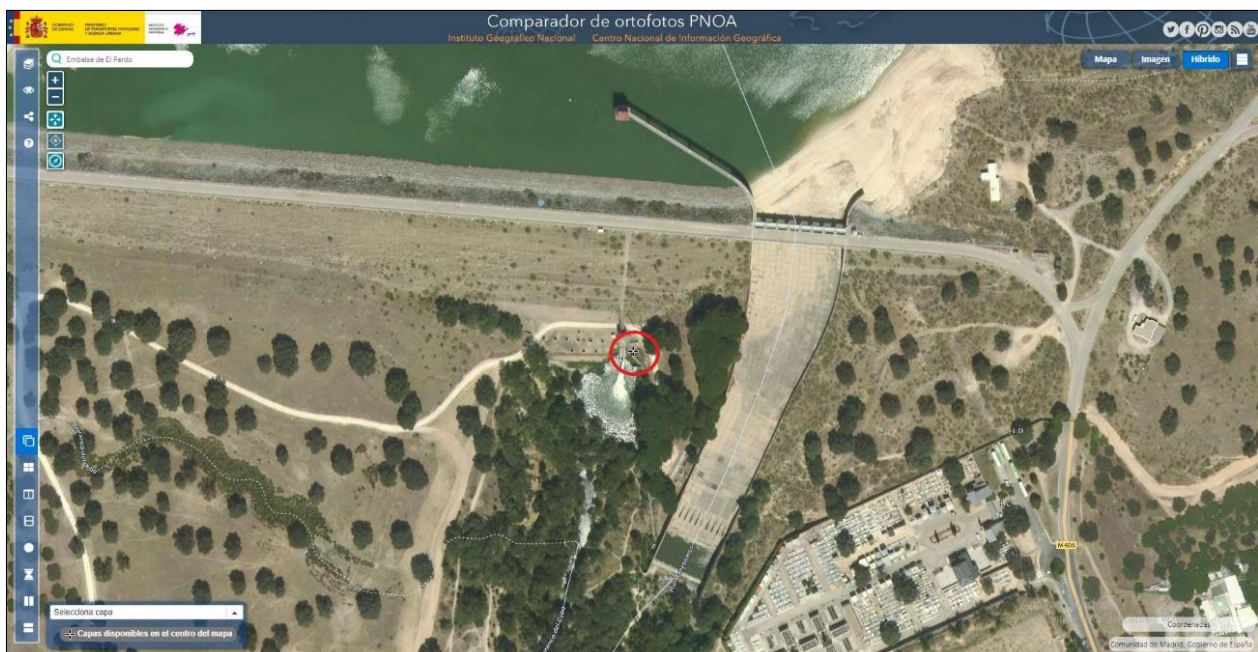


Figura 12. Ortofoto de la presa de El Pardo. En rojo la ubicación en reposo del ascensor. Fuente. PNOA

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

Condicionantes

A la hora de construir pasos para peces que sean exitosos, existen algunas condiciones que estos deben satisfacer (Martínez de Azagra Paredes, 1999):

- Una entrada que sea fácil de encontrar por su caudal de atracción y su ángulo con respecto al cauce)
- Salida segura que evite la muerte de los individuos mediante choques o depredación.
- Tránsito sencillo, para que los animales no sufran estrés, agotamiento o heridas por usar el paso para peces.
- Pasos utilizables por el mayor número posible de peces autóctonos durante todo el tiempo que sea posible. Al estar enfocado principalmente a ciprínidos, no puede ser excesivamente demandante en cuestiones físicas.
- Evitado de amontonamientos y colas para el uso del paso, para evitar retrasos en las migraciones.
- Ha de ser utilizable bajo condiciones de crecidas o de sequías.
- Ha de estar bajo una estricta supervisión para su mantenimiento periódico.

El medio en el que se va a instalar el paso para peces puede presentar una serie de factores que hay que tener en cuenta. De estos los más importantes a la hora de presentar un diseño son:

- Las dimensiones del obstáculo o estructura a superar.
- Facilidad de acceso a los obstáculos y al lugar elegido para la construcción del paso.
- Posible furtivismo o depredación en la zona del paso para peces.
- Propiedad de los terrenos en los que se lleva a cabo la obra, y en los colindantes. Salvo excepciones es recomendable que se ciña el proyecto al Dominio Público Hidráulico.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

Soluciones

Para solventar cualquier tipo de problema que pueda surgir a lo largo del proyecto, ya sea durante la construcción o durante el funcionamiento, existen tres pilares básicos que han de cumplirse:

- **Ubicación:** El punto en el que se encuentre el paso va a determinar su éxito, pues hay que considerar cuál es la trayectoria de la migración y la zona del cauce por la que transcurren los peces para atraerlos hacia la entrada del dispositivo de paso.
- **Diseño:** Debe estar justificado por el tamaño y forma de los peces a los que está destinado. Es imprescindible que sea acorde a los parámetros hidráulicos del río en cuestión, para evitar errores graves en el diseño.
- **Ejecución:** Es necesario contar con una dirección de obra especializada y con formación multidisciplinar, para poder superar cualquier obstáculo que se presente durante la construcción.
- **Evaluación:** En todos los proyectos, y aún más en los de índole científica, se es susceptible de cometer errores. Por ello es imprescindible para un resultado exitoso diseñar un plan de seguimiento y comprobación del grado de éxito del paso para peces. En caso contrario se modificaría lo que se considerase necesario. En caso afirmativo, pero no con el resultado esperado también se realizarían ajustes.

Tipos de pasos para peces

Los tipos de pasos se pueden dividir en dos grandes grupos: de funcionamiento continuo (operan de forma ininterrumpida) y discontinuo (el movimiento de los peces va por fases, como captura, ascenso y suelta).

Los pasos de funcionamiento continuo, a su vez, se pueden separar en pasos naturalizados o pasos técnicos.

Pasos naturalizados

Los pasos naturalizados son construcciones que se denominan así por su buena integración en el entorno fluvial. Cuando presentan el diseño correcto, permiten el paso ascendente y descendente de todos los peces, sea cual sea su tamaño o especie. Su

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

concepción reside en la mínima intervención, por lo que precisan de un bajo mantenimiento. Su principal inconveniente reside en su poca eficiencia a la hora de salvar obstáculos con desniveles muy grandes. Ello se debe a que son muy sensibles a los cambios en el nivel del agua. Para obstáculos de mediana altura, de alrededor de 3m o menos, son muy efectivos. Los tipos de pasos naturalizados son:

- Rampas de piedras. Pendientes integradas en el propio talud, con una pendiente del 5 al 10% que tienen como objetivo ralentizar el flujo del agua. Si se hacen a lo largo de todo el azud se mimetizan muy bien con el entorno. Están limitadas a desniveles de máximo 3 m.
- Río artificial. Es un canal situado en el lateral del obstáculo a sortear, con una pendiente oscilante entre el 3 y el 5%. El objetivo es ofrecer un camino alternativo a los peces, para que así puedan evitar el obstáculo. En el lecho del cauce se depositan piedras con el fin de frenar la corriente, ofrecer descanso y cobijo a los peces, con el resultado secundario de una mayor naturalización. Son muy efectivos, pero tremendamente costosos.
- Pre-presas. En este caso se opta por salvar el obstáculo mediante una serie de pequeñas presas que dividen el desnivel en saltos menores más fáciles de sortear por los peces, dejando una poza de grandes dimensiones entre cada salto. Es corriente que abarquen una parte importante de la anchura del río. Este sistema tiene el problema de presentar saltos más grandes que pueden no ser aptos para todas las especies.

Pasos técnicos

Los pasos técnicos son pasos para peces con un diseño hidráulico más complejo, y están contruidos con hormigón y metal. Por esto mismo están mucho menos integrados en el medio, pero suelen abarcar menos terreno y están diseñados para funcionar en condiciones más extremas. Los tipos son los siguientes:

- Escala de ralentizadores (escala Denil). Es un canal rectilíneo con fuerte pendiente, con estructuras de reducción de la corriente. Permite el paso de peces con muy buenas aptitudes natatorias, como los salmónidos. Aunque no hay apenas experimentación y datos con los ciprínidos ibéricos (Cabral, 2013), los tamaños y la musculatura de estos últimos apuntan a que no es el mejor

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

paso para ello (Prenda, 2008). Requieren un mantenimiento periódico por su tendencia a la obstrucción, y son muy sensibles a los cambios en el nivel de superficie del agua aguas arriba.

- Escala de artesas (estanques sucesivos). Uno de los pasos para peces más emblemáticos. Es un canal escalonado con estanques de aproximadamente 2-3 metros de largo y 1-2 de ancho (generalmente), por donde circula el agua. El agua es frenada por hendiduras verticales que pueden tener o no orificios extras para que circule el agua por ellos. Son un buen tipo de paso para los ciprínidos ibéricos, siempre y cuando se elija bien el tipo de hendiduras y de orificios. Es muy sensible a las variaciones en el nivel del agua en la toma de la misma.

El coste de ejecución de estas obras depende del país donde se lleven a cabo, pero sobre todo de las condiciones en las que se vayan a llevar a cabo las obras (accesibilidad, protecciones...). En el caso de los pasos rústicos suele ser inferior a los 5.000 €/m de desnivel, 10.000-15.000 €/m en sistemas de ralentizadores y entre 15.000-30.000€/m en pasos naturalizados y escalas de artesas (Sanz Ronda, 2013).

Cuando el desnivel del obstáculo es muy pronunciado, de 10 metros o más, las medidas anteriores se vuelven demasiado caras y difíciles de gestionar para que sean rentables en la mayoría de los casos. Por eso se recurre a otros pasos, o incluso procedimientos de captura, transporte y suelta, que son poco selectivas y necesitan poco caudal para funcionar. El punto negativo es que requieren de un manejo y seguimiento aún más riguroso que los anteriores. Los más destacados son los siguientes:

- Ascensor para peces. Es una jaula o caja de ascensor que sube y vuelca su contenido aguas arriba del obstáculo cada cierto tiempo, en función del número de migradores que haya en cada momento.
- Esclusa para peces. Similar a las esclusas que se utilizan para los barcos, pero con un diseño que incluya un caudal de atracción para los peces.
- Captura y transporte de los peces. Los ejemplares de las especies en migración se capturan aguas abajo del obstáculo mediante el uso de pesca eléctrica en la mayoría de los casos, y se transportan en camiones cisterna río arriba.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

La Presa de El Pardo

La presa de El Pardo es una construcción inaugurada en 1970, cuyo fin es regular las aportaciones de la cuenca intermedio entre la misma y el embalse de Manzanares el Real, situado en un tramo unos kilómetros más arriba. Su función es, como ya se ha dicho, regular las aportaciones del río Manzanares y laminar las avenidas para reducir las inundaciones en la ciudad de Madrid.

La presa de El Pardo es una presa de materiales sueltos, en la que el cuerpo de la presa se construye con materiales no sometidos a procesos de transformación, y que generalmente son procedentes de la excavación del propio vaso. Estos materiales pueden ser escollera, gravas, rocas, arenas, limos o arcillas. No cuentan con ningún tipo de ligantes o conglomerantes hidráulicos, y su colocación se lleva a cabo con procedimientos de compactación propios de mecánica de suelos.

A pesar de ser construcciones grandes, suelen ser más baratas que las presas de fábrica precisamente por el origen de los materiales. El mecanismo por el cual permanecen resistentes a la presión del agua estas presas es la gravedad, gracias a su enorme volumen.

La forma y el volumen de una presa de estas características está condicionado por el tipo de materiales que se hayan usado, ya que es imprescindible conseguir una estructura que no tenga deslizamientos en los taludes laterales. Ésta es la razón por la que la sección transversal de este tipo de presas es parecida a un triángulo isósceles. Ambos taludes presentan una inclinación similar con respecto a la horizontal.

Además, se trata de una presa de núcleo, pues incluye un núcleo impermeable que en este caso está situado ligeramente en el lateral del cuerpo de la presa, como se puede observar en el esquema de la figura 13. Un aspecto importante de estas presas es que presentan el vertedero principal (de superficie) en un lateral, no en el centro como en muchas presas

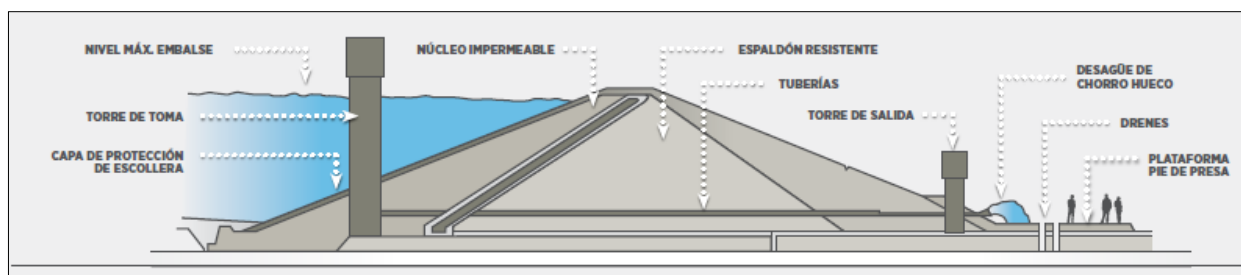


Figura 13. Esquema de la presa de El Pardo. Fuente: Panel 6 del Proyecto de Restauración del Manzanares.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

de fábrica. Esto es debido al tipo de materiales que se utilizan en su construcción, ya que no puede haber deslizamientos en los taludes.

Su capacidad es de 43 hm³, mas como se indica en el gráfico de la figura 14 su media de llenado de los últimos 10 años no supera en ningún momento los 25 hm³, por lo que es sin ninguna duda una presa sobredimensionada. Esto tiene como consecuencia que no se

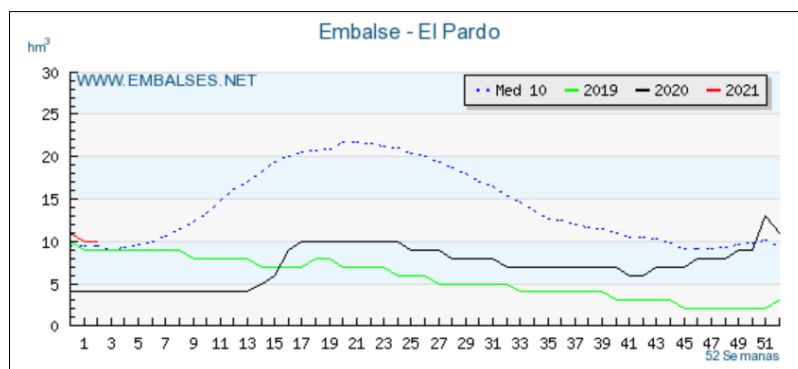


Figura 14. Gráfica de cantidad de agua del embalse de El Pardo desde 2019. Fuente: Embalses.net

utilicen nunca los vertederos laterales de la presa, sino que se usen desagües de fondo que parten de la torre de toma y que terminan en dos válvulas de chorro hueco. Estas válvulas desaguan en una especie de “piscina”, que es clave para el proyecto.

Valoración de alternativas

Las opciones que se han contemplado para salvar el desnivel de la presa de El Pardo son las siguientes:

1º) Instalación de un ascensor para peces

Ventajas

- Es un paso válido para cualquier desnivel
- Su coste no se incrementa de manera proporcional al desnivel que se va a salvar, por lo que resulta muy económico a partir de ciertas alturas.
- Los niveles del agua a pie de presa no condicionan su funcionamiento en igual medida que en otro tipo de pasos.
- El espacio que ocupa es muy pequeño, y no requiere en la mayoría de los casos de grandes excavaciones que encarezcan el proyecto.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

- Medir el éxito del ascensor es fácil, ya que el conteo de peces es sencillo.
- El sistema solamente necesita caudal de llamada, no requiere de un caudal mínimo de funcionamiento.
- Se asegura el ascenso de todos los peces que entren en la jaula, al contrario que en otros dispositivos (como las esclusas).

Desventajas

- El funcionamiento es discontinuo, por lo que pueden darse acumulaciones de peces durante las migraciones que resulten en la muerte de individuos.
- Requiere de un mantenimiento y vigilancia activos y diarios, para que todos los mecanismos funcionen de la manera que deben.
- El gasto de energía es elevado (de 6,0 a 7,5 kWh en instalaciones con gran desnivel) (Martínez de Azagra Paredes, 2006).
- No sirven para el retorno de los peces, algo tan importante como que sean capaces de remontar.

2º) Construcción de una esclusa para peces

Ventajas

- Sirve para salvar cualquier desnivel.
- Se necesita poca agua para su funcionamiento, aunque en este caso sí que es necesario un mínimo.
- Es ideal para peces pequeños por no necesitar ningún tipo de reja, no necesita ningún diseño específico para ser viable para especies pequeñas.

Desventajas

- Su funcionamiento es discontinuo, con una capacidad de paso escasa.
- Requiere de un mantenimiento y vigilancia activos y diarios.
- No sirven para el retorno.
- Es mucho más fácil construirlas en presas de nueva construcción, junto con el resto de la presa. Su construcción en presas de materiales sueltos antiguas y no de fábrica es más complicado.
- La construcción de un sistema de esclusas desde cero en una presa ya construida es muy cara.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

3º) Construcción de un río artificial para sortear la presa

Ventajas

- Es perfecto como método de paso para peces, sirve para el remonte y para el retorno de los peces.
- Tiene una integración excepcional en el entorno.
- En casos excepcionales puede diseñarse para ser un lugar de freza para los peces.

Desventajas

- Es un paso que es únicamente viable por factores económicos, ya que en obstáculos de más de 3 metros los desarrollos longitudinales requieren un desembolso astronómico.
- Cuidado extremo de las pendientes y de la altura de los saltos que se produzcan en el río artificial, ya que cualquier fallo puede hacer que sea inservible.
- Los niveles de agua han de ser muy estables en la cabecera del mismo para que sea funcional.

4º) Construcción de una escala de ralentizadores

Ventajas

- La pendiente máxima que admite es muy elevada, de en torno a un 25% de desnivel, lo cual permite reducir en gran medida la longitud de la construcción. Dicha pendiente hace necesarias pozas intermedias para que los peces puedan reposar.
- El diseño es sencillo ya que existen modelos prefabricados ya diseñados.
- Son fácilmente integrables en estructuras ya construidas, como puede ser la presa de El Pardo.
- Necesitan mantenimiento, pero no tanto como otros pasos.
- Son diseños robustos y duraderos en el tiempo.
- Están muy estudiados en su eficacia para salmónidos, y en general peces de musculatura fuerte.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

Desventajas

- Requieren niveles de agua muy estables en la toma de agua y en la salida. En general condiciones poco cambiantes.
- Son pasos muy selectivos, ya que no permite el paso de la mayoría de los ciprínidos (los peces autóctonos de mayor interés en la Península Ibérica son casi todos ciprínidos de pequeño tamaño).
- Los desniveles que permiten salvar son reducidos, de máximo 4 metros.

Justificación y propuesta de actuaciones:

La presa de El Pardo no es un obstáculo sencillo de salvar mediante un paso para peces, pues el desnivel que presenta es muy pronunciado (35m), y el nivel del agua es siempre muy bajo. Esto provoca que en la práctica haya que salvar dos desniveles para el paso para peces. por lo que el acceso al agua para el funcionamiento del diseño elegido es complicado. Por ello es recomendable elegir un sistema que no dependa plenamente de una buena disponibilidad de agua, y que no tenga unos niveles de agua demasiado exigentes para funcionar.

Solamente este condicionante ya permite descartar la opción de la escala de ralentizadores, a causa de su dependencia de unos niveles de agua muy estables en la toma de presa. Aparte este tipo de paso es poco indicado para ciprínidos en general por su menor capacidad muscular y tamaño que los salmónidos, y las especies diana de este proyecto son ciprínidos.

El tipo de presa que es la de El Pardo, de materiales sueltos, y que además no sea de nueva construcción, hace que la alternativa de la esclusa sea poco realista. Los materiales que conforman los taludes harían muy difícil construir una estructura con materiales muy pesados para mover grandes volúmenes de agua. Por ello queda descartada la alternativa de la esclusa para peces.

Otra opción posible es la del río artificial, una alternativa de buen encaje en el paisaje y con otros posibles usos, como zonas de pesca o incluso, dependiendo del diseño, con posibilidad de ser navegable. Sin embargo, en el río Manzanares el caudal es muy variable, y al estar tan regulado es menor de lo que correspondería. Esto condiciona el

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

diseño del río, que con muy poco margen de maniobra con respecto a los caudales habría que hacer un cauce con una enorme longitud para poder sortear el gran desnivel de la presa. El astronómico precio del diseño y construcción de un cauce así hace inviable el proyecto.

Por último, se encuentra el ascensor para peces, la alternativa con menos capacidad de integración en el entorno probablemente, pero que reúne la mayor cantidad de características deseables para las condiciones de la presa de El Pardo. Su poca dependencia de los niveles superiores e inferiores de agua lo hace muy aconsejable para un río mediterráneo. El relativo poco espacio que ocupa la estructura (y por tanto su peso), no son suficientes para afectar a los taludes. La capacidad de salvar grandes desniveles por una cantidad económica es el factor, junto con la poca dependencia de volúmenes estables de agua, que determina la elección del ascensor como alternativa idónea para el proyecto. Su principal problema es el retorno de los peces, algo que se podría solucionar (o al menos paliar) mediante el cambio de válvulas de desagüe.

Diseño de Actuaciones

Una vez elegido el ascensor como paso más idóneo para la zona en cuestión, es momento de hablar del diseño del sistema.

El ascensor va a contar con las siguientes partes:

- Estanque de estabulación de los peces. Situado en el fondo, debajo de las válvulas de desagüe de fondo, pretende usar el agua procedente de éstas como caudal de atracción para los peces de la parte baja. Se construirá con forma de cono amplio para guiar con más facilidad a los peces hacia la jaula.
- Zona donde se encuentra el ascensor en reposo. Dentro del estanque de estabulación.
- Cabina o jaula del ascensor. Estructura metálica en rejilla en la parte de media a superior y una “bañera” donde se sitúan los peces y el agua que los contiene durante la elevación. El tamaño depende de los peces que puedan potencialmente transportarse. Su entrada cuenta con un dispositivo antirretorno para los peces, también llamado vulgarmente botrino.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

En los ascensores para peces más comunes en la bibliografía, las presas en las que se sitúan son de fábrica, o son obstáculos con paredes muy verticales. Esto ocasiona que la jaula del ascensor tenga que ser levantada “a pulso” mediante un cable reforzado de acero y un sistema de poleas. En el caso de la presa de El Pardo, los taludes tienen una inclinación mucho menos acusada, por lo que se plantea un esquema ligeramente diferente. En este esquema se construirá un par de raíles en el talud que vayan desde el estanque de estabulación hasta la canalización de vaciado, situada en la cresta de la presa. Estos raíles, a diferencia de las guías más “clásicas”, sostendrán una gran cantidad de peso, para que el cable y el sistema en general sufran menos y tengan una mayor durabilidad.

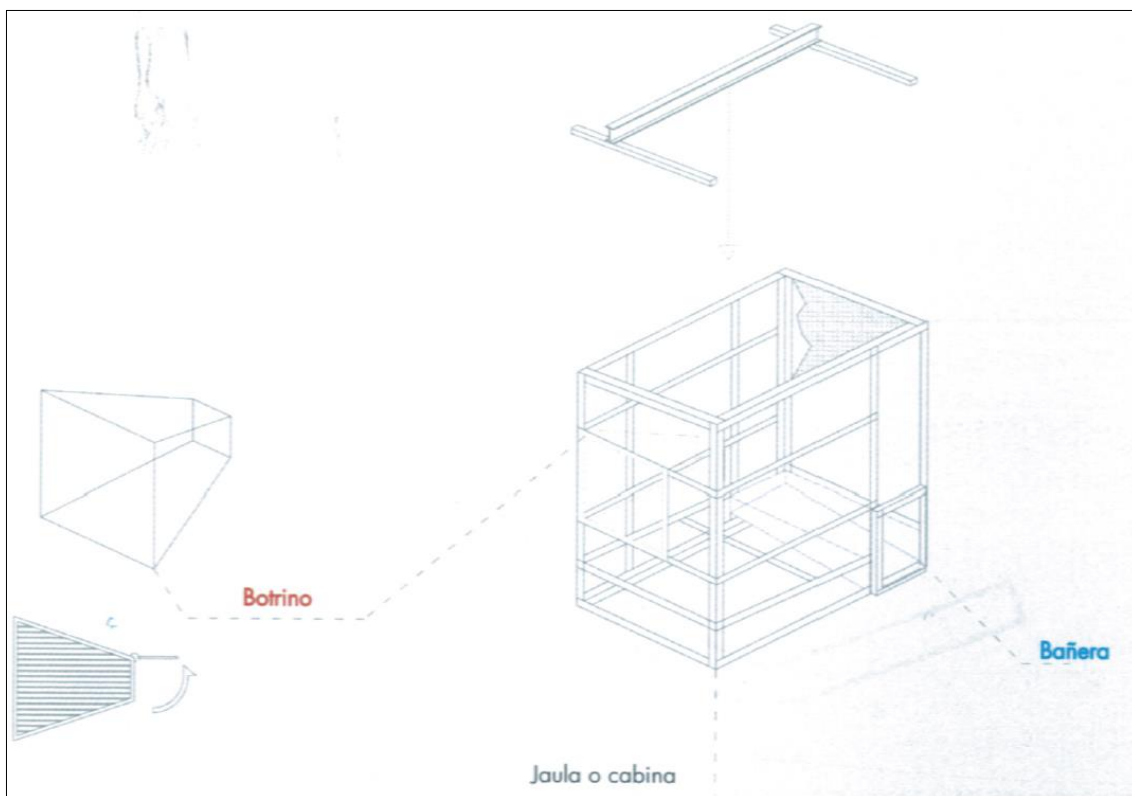


Figura 15. Esquema de diseño de ejemplo de una jaula de ascensor. Fuente: MartinezdeAzagraParedes2006

- Rejilla mecanizada de acceso al estanque de estabulación. Con capacidad de subirse y bajarse, su función es controlar el acceso de los peces al estanque, para que no puedan entrar mientras el ascensor sube o baja.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

- Raíles de guía para la cabina del ascensor. Semejantes a los raíles de un vagón de tren, pretenden facilitar el transporte de la cabina en los taludes de la presa de El Pardo. Han de recorrer un total de 94 metros hasta la carretera de la presa, la parte superior de la misma. Un ejemplo de cómo funcionarían estos raíles, aunque con una inclinación mucho menor, y por tanto con mayor facilidad de desplazamiento, es el de la figura 16.



Figura 16. Fotografía de ascensor para peces de la presa de Palombera (Cantabria).
Fuente: <https://blogs.20minutos.es/cronicaverde/2021/01/09/inauguran-en-cantabria-el-primer-ascensor-espanol-para-salmones/>

- Sistema de poleas y estructura de sostén. Sistema mecánico que asegura el movimiento controlado de la cabina. Constará de uno o más cables reforzados de acero enganchados a un sistema de poleas de alta resistencia (materiales de empresas de ascensores contrastadas), a su vez sujeto por una estructura situada en la zona alta de la presa. Para que sea posible circular por la carretera de la presa es necesario que se haga una estructura en forma de “puente”, donde se encontrara la zona de vaciado y el comienzo del canal de evacuado. Será una estructura metálica que intentará ahorrar el máximo de peso posible. Se propone el uso de placas solares para que parte de la energía utilizada sea renovable.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

- Zona de vaciado y canal de evacuado. Situados en la cresta de la presa. Consiste en un sistema que eleva ligeramente la jaula para que se vacíe la bañera con los peces. El vaciado se lleva a cabo en un canal construido en el lado opuesto de la presa. Este canal debe tener un fácil acceso para los operarios en caso de obstrucción, y protección frente a depredadores que aprovechen la posible desorientación de los peces. En la estructura de vaciado se instalará un sistema de conteo de peces similar al de otros ascensores para peces ya en funcionamiento en otros países. El vaciado se llevará a cabo mediante la apertura de una compuerta de vaciado en la cabina. El canal de evacuado será perfectamente liso, de sección circular, y contará con un sistema de bombeo auxiliar de agua para facilitar la bajada de los peces.
- Cabina de control de los mecanismos, con acceso a los sistemas de vigilancia y de automatización.

Dimensiones de la jaula

Las dimensiones de la bañera de la cabina serán 150 cm de largo* 100cm de ancho* 75 cm de profundidad.

Volumen de la bañera en litros: 1.125 L

Las dimensiones de la cabina total serán 150 cm de largo* 100 cm de ancho* 150 cm de alto.

Volumen de la cabina total en litros: 2.250 L

Se ha calculado en base a la regla aproximada de 15 litros por kg de pez (Travade, 2002)

El espacio entre barrotes va a ser de 0,5 cm, ya que no se quiere limitar el diseño del ascensor a peces medianos o grandes, también debe funcionar para alevines con un cierto desarrollo o peces muy pequeños. Serán de rejilla cuadrada o rectangular, no circular, para evitar el estancamiento de los peces.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

Planificación de ejecución del proyecto

La ejecución de las actuaciones pertinentes ha de ser convenientemente explicada para su correcto desarrollo. El proyecto se llevará a cabo fuera de las épocas de reproducción de la ictiofauna (fuera de abril-junio).

- 1.** Salida a concurso del proyecto, buscando una empresa que se haga cargo del proyecto y del seguimiento a largo plazo.
- 2.** Mediante un estudio técnico previo, se determinará el punto exacto de construcción de las estructuras propuestas. El estudio lo llevará a cabo un equipo multidisciplinar de ingenieros y biólogos, en colaboración con el Canal de Isabel II para evitar daños en la estructura de la presa.
- 3.** Se hará acopio del material necesario para las construcciones previstas, con total antelación para poder abordar el proyecto con la mayor rapidez posible.
- 4.** Una vez elegido el espacio y las dimensiones exactas de la estructura, se procederá a preparar los accesos para la maquinaria, mediante retirada de obstáculos y desbroces.
- 5.** Construcción de la estructura del ascensor y pruebas de su correcto funcionamiento.
- 6.** Modificación de las válvulas de desagüe de fondo de la presa de El Pardo para facilitar el retorno de los peces.
- 7.** Seguimiento para determinar el éxito de la medida.

Seguimiento

El seguimiento constará de varias partes que serán complementarias. Como primera herramienta está el sistema de conteo que se instalará en la estructura de vaciado situada en la parte alta de la presa. En ella se recabarán datos que serán analizados por uno o más biólogos para determinar qué especies utilizan el paso, y qué tamaños tienen. Además, se vigilará periódicamente el estado de la entrada al ascensor, para evitar acumulaciones excesivas de peces (y por tanto posibles muertes).

En caso de que se observe un éxito aceptable en el ascensor, se ampliarán las medidas de seguimiento mediante el uso de sistemas de radiofrecuencia o marcadores

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

electromagnéticos (PIT), como se ve en la figura 17. Esto se llevará a cabo no solamente en las épocas de migración, sino a lo largo de todo el año, mediante campañas de corta duración.

En caso contrario se evaluarán las diferentes opciones posibles para que el ascensor sea eficaz.

Como es natural en una construcción de estas características, el mantenimiento y la vigilancia han de ser diarios. A pesar de que se pretende automatizar en la medida de lo posible los procesos del ascensor, siempre ha de haber dos operarios, uno para manejar los controles en caso de fallo y otro como apoyo.

Uno de los aspectos en los que suelen fallar los proyectos de este tipo es la falta de cuidado de las estructuras, y en la falta de modificaciones posteriores a la construcción. Por ello se hace especial hincapié una vez más en que el seguimiento y los cambios en caso de errores no son un símbolo de fracaso, sino de eficacia en la identificación y resolución de los problemas. No se plantea un cese en el seguimiento ni en el mantenimiento.



Figura 17: Boga de río con un dispositivo PIT en la cavidad intraperitoneal. Fuente: Sanz-Ronda 2013

INGENIERÍA DEL PROYECTO 2: Frezaderos del proyecto de restauración del Río Manzanares

Los frezaderos son zonas del lecho de un río en las que los fondos están constituidos por gravas de diversos tamaños, lo cual fomenta la reproducción de diferentes especies de peces. Uno de los motivos es que son lugares de gran abundancia de macroinvertebrados acuáticos, que son claves en el desarrollo de los alevines.

Los frezaderos, al ser lugares de reproducción, han de tener una serie de características muy específicas para ser aptos para fomentar la actividad reproductiva de los peces. Estas características, a su vez, dependen en gran medida en función de las especies. Con carácter general para las especies exclusivamente de río (potamódromos) de nuestro país, prefieren aguas de poca profundidad, con lechos de arenas gruesas y gravas de diferentes tamaños, con buena oxigenación, iluminación y que no sean zonas de aguas demasiado rápidas.

Por este mismo motivo desde el Proyecto de Restauración del río Manzanares Fase II se plantea la necesidad de rehabilitar los lechos de esta zona para favorecer una freza viable para los peces del tramo. Para ello se pretende acondicionar los lechos mediante aporte de gravas de diferentes tamaños y hacer talas de poca entidad en los márgenes para permitir a la vegetación de ribera desarrollarse.



Figura 18. Ortofoto del tramo del frezadero. Fuente: PNOA.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

Uno de los problemas más recurrentes en los frezaderos es la colmatación del medio intersticial de las gravas por acumulación de lodos y limos. Esto se produce por varios motivos, pero es consecuencia sobre todo de la presencia de presas grandes en tramos superiores del río a poca distancia. Las presas retienen todo tipo de pequeñas gravas y sedimentos cuando no liberan agua, pero cuando la sueltan por los desagües de fondo (ya sea por no tener demasiada agua o por querer reducir la colmatación) lo hacen con un nivel de oxígeno que suele ser bajo, junto con sedimentos finos que colmatan con facilidad los frezaderos. Eso se suma a la falta de crecidas sustanciales que puedan llevarse los sedimentos finos y limpiar los lechos.

Los frezaderos de este proyecto, a diferencia de lo que es habitual, no están enfocados a salmónidos, sino a ciprínidos. Por desgracia no existen apenas estudios sobre los requerimientos en lo que respecta a frezaderos para las especies autóctonas de ciprínidos que podemos (o podríamos potencialmente) encontrar en el río. Las especies de ciprínidos autóctonas no tienen apenas valor comercial, a diferencia de los salmónidos, que suelen tener mucha más atención por su mayor valor económico.

El ciprínido autóctono diana de este frezadero es el barbo común, el único presente históricamente que aún aguanta en el tramo.



Figura 19. Fotografía de la ubicación del ascensor y de las válvulas de desagüe. Fuente: Google Maps.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

Condicionantes

- Requieren zonas abiertas y con buena iluminación.
- La cobertura vegetal de los márgenes debe ser limitada para que no supongan una zona de refugio para depredadores.
- El lecho debe tener gravas de diferentes tamaños y arenas para permitir la freza y la proliferación de macroinvertebrados.
- Las zonas de limos y cienos suponen un problema.
- El control de agua del embalse de El Pardo ha de ser cuidadoso para respetar más los regímenes naturales. En la época de freza los caudales disminuyen tras la etapa de crecidas, y eso se interpreta como un desencadenante por los peces.
- Cualquier tipo de vertido de aguas residuales en la zona ha de ser regulado y preferiblemente eliminado.

Soluciones

- El/los lugares escogidos presentan de base amplitud y buena iluminación.
- Se eliminarán algunos de los árboles de los márgenes para reducir la cantidad de raíces que penetren en el río, dejando las plantas autóctonas de media y baja entidad.
- Se llevará a cabo una campaña de remoción de los limos de forma manual en la zona elegida y en un pequeño trecho aguas arriba.
- Se añadirán gravas de diferentes tamaños para que sea posible la freza.
- Se sellarán y desviarán todos aquellos desagües que viertan en este tramo de río, con especial vigilancia de que se cumplan las medidas de protección del tramo. Especial atención al que vierte procedente del Hipódromo.
- Se buscará aumentar ligeramente los caudales durante la etapa de acumulación de agua de los embalses (pre-freza), para estimular el remonte de los peces y la freza cuando finalice la época de crecidas.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

Justificación y propuesta de actuaciones

En un río en el que el 80% de las especies es alóctona, es necesario llevar a cabo medidas compensatorias. Por eso el frezadero está enfocado a la reproducción de la especie autóctona más emblemática del tramo (la que queda), el barbo común (*Luciobarbus bocagei*).

Ante la falta de estudios sobre los ciprínidos ibéricos en la Península (Boavida,2018), se llevará a cabo una estimación de los diámetros de grava que necesitan para llevar a cabo la freza, junto con un énfasis en el respeto a los caudales de estimulación que la desencadenan. Además, se acondicionará la zona mediante una mejora de las inmediaciones. Para ello se tendrá en cuenta el estado de la ribera, sobre todo en la margen izquierda, en términos de vegetación principalmente. Con su mejora, sin revegetación activa, al menos en principio, se busca asegurar los márgenes para reducir la erosión y la caída de tierras al cauce en la que es una zona de terrenos arcillosos alrededor del cauce.

Antes de la adición de gravas, se llevará a cabo la excavación manual de unos 20 cm del lecho actual en el tramo exacto del frezadero (15-30 m² de extensión), para retirar la mayor cantidad de limos existentes. Después se rellenará exactamente el mismo volumen con la grava elegida. Para facilitar la creación de una zona con varios ambientes se depositarán algunas rocas de mayor entidad de forma aleatoria, con el fin de que se generen pozas de pequeño tamaño que sirvan de reposo para los adultos de barbo. Además, estas pozas contribuyen a una mayor variedad de microambientes, que se espera que sirvan para una mayor estimulación y éxito de la freza.

El presupuesto destinado a esta cuestión en la Fase II del proyecto de Restauración del Río Manzanares es limitado, por lo que se busca la mayor eficiencia con el menor coste posible, en una zona en la que la presencia de la presa de El Pardo aguas arriba condiciona enormemente el tramo.

Aunque en la fotografía del tramo de la figura 20 y de los ANEXOS aparecen rápidos en el cauce, en la época de freza (coincidente con una reducción de los caudales), no se espera la formación de rápidos.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares



Figura 20. Fotografía del tramo del frezadero con dirección a la presa. Fuente: Realización propia.

Planificación de ejecución del proyecto

El proyecto se llevará a cabo de la siguiente manera, comenzando después de la época de migración y freza y finalizando antes de que empiece la siguiente:

1. Inicialmente se limpiarán los accesos para maquinaria al tramo de río, para poder llevar a cabo el resto de las actuaciones.
2. Limpieza de los márgenes mediante un talado selectivo de árboles, priorizando especies alóctonas. Se busca un mayor crecimiento de vegetación de ribera de pequeña entidad, recuperando iluminación en la zona y asentando el suelo con sus raíces. Se busca también un aumento en la productividad primaria.
3. Excavación manual (20 cm de profundidad) en el propio frezadero (50 metros de longitud por unos 12 de ancho), y limpieza de limos en éste y en las inmediaciones aguas arriba (entre 10 y 30 metros).

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

4. Adición de gravas de entre 6 y 40 mm en todo el frezadero, con parcheados aleatorios de gravas de entre 40 y 70 mm, hasta rellenar los 20 cm excavados en el paso anterior.
5. Añadido de 2 o 3 piedras grandes (tamaño variable), sin especial cuidado en su ubicación, pero separadas unas de otras, con el fin de crear pequeñas pozas de descanso para los adultos.
6. Negociaciones con el Canal de Isabel II para permitir un mayor caudal justo antes del final de la época de crecidas, para luego ir reduciendo de manera progresiva para incentivar la migración y la freza. Los desencadenantes de la migración y de la freza son el descenso del caudal y el aumento de temperatura (Boavida, 2018).
7. Señalización del frezadero con carteles informativos de las medidas llevadas a cabo y de las especies que hay en el río.
8. Seguimiento del grado de éxito del proyecto.

Seguimiento del éxito del proyecto

Para determinar el grado de éxito de las medidas adoptadas es imprescindible llevar a cabo un seguimiento. Con este fin se plantean las siguientes medidas:

- Inspección del sustrato del frezadero y de las ramas o rocas que haya en el mismo para encontrar puestas. Identificación in situ siempre que sea posible.
- Medición de aspectos como la profundidad del agua, su velocidad a diferentes profundidades, la temperatura, el grado de sombra/iluminación del cauce o la cantidad de agua fluyendo.
- Estado del sustrato del cauce (ver si hay acumulación de limos, si se han desplazado las gravas o si se han generado pequeñas pozas).
- Medición de la erosión de los márgenes y del propio cauce.
- Evaluación del estado de la vegetación de ribera (composición y salud de la vegetación).
- Análisis de las aportaciones de agua del embalse de El Pardo. Si la curva de aportaciones no se asemeja, aunque sea ligeramente al régimen natural, no es

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

posible achacar un hipotético fracaso del frezadero exclusivamente a su diseño.

El seguimiento del frezadero no se contempla como algo temporal, pues su ubicación y la periodicidad de mediciones que se llevan a cabo en este tramo facilitan su inspección recurrente. Por ello se propone incorporar estas directrices a las campañas de estudio del Manzanares que oferta la Confederación Hidrográfica del Tajo, y que suele gestionar TRAGSA a través de subcontratas de otras empresas.

Conclusiones

Como ya se ha expresado anteriormente, la necesidad de recuperar nuestros ríos es cada vez más imperiosa. Esto se puede llevar a cabo de muchas maneras, no todas ellas relacionadas con la biología. Sin embargo, es innegable que nuestro patrimonio biológico es algo que se está perdiendo, y cuya supervivencia depende ahora mismo de nuestra gestión. En España los ríos han sufrido modificaciones extremas en el último siglo, sin medidas de compensación o de recuperación que tengan ni por asomo el mismo impacto. Esto ha desembocado en unas dinámicas mucho más estáticas en el tramo (y en el río Manzanares en general), que han beneficiado a las especies alóctonas por encima de las autóctonas. Además, la restricción de movimientos que generan las estructuras transversales ha acentuado aún más esta situación. Por eso se ha propuesto en este trabajo la construcción de un paso para peces y de un frezadero. Ambas medidas, en especial el paso para peces, pueden marcar una tendencia a la hora de mitigar los impactos producidos por las presas españolas. De propagarse, y llevada a cabo de la forma correcta, reforzaría la conectividad de las poblaciones de peces autóctonas y con ello la salud de sus poblaciones.

Ello, junto con una mejora significativa en el manejo de caudales, podría permitirles plantar cara a las especies alóctonas (en su mayoría especies generalistas), que se benefician más de ambientes con pocas alteraciones.

Sin embargo, cualquier proyecto de restauración o de mejora del hábitat tendrá serias dificultades para tener éxito si no se observa de cerca su progreso y se hace un esfuerzo en adaptarlas en caso de que su resultado no sea el esperado.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

Conclusiones específicas al paso para peces

A pesar de no ser la opción posible más integrada en el ambiente, se ha considerado como la única viable sin un desembolso de dinero astronómico. Aunque es la opción más adecuada por caudales disponibles, por tipo de presa y por presupuesto, no aborda un tema fundamental que es importante solucionar, y es el retorno de los peces. Al ser una presa que siempre está por debajo de la mitad de su capacidad, eso imposibilita el retorno de los peces si no es por las válvulas. Estas válvulas causan un número de muertes en los peces aún sin cuantificar en este embalse.

Conclusiones específicas al frezadero

El tramo del frezadero no es el idóneo para la freza del barbo común casi con total seguridad, principalmente por las consecuencias de tener una presa grande tan cerca. Sin embargo, se considera posible en este proyecto crear un lugar lo más apto posible para la freza para una especie autóctona cuyas poblaciones son inestables en la zona.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

Bibliografía

- Aarts, B.G.W., Van Den Brink, F.W.B., Nienhuis, P.H. 2004. Habitat loss as the main cause of the slow recovery of fish faunas of regulated large rivers in Europe: The transversal floodplain gradient. *River Research and Applications* 20: 3-23.
- Arias Rodríguez, L.C. 2020. *Seguimiento del estado ecológico y la ictiofauna en el río Manzanares a su paso por El Pardo*, Informe Técnico, Cimera, España.
- Boavida, I., Jesus, J.B., Pereira, V., Santos, C., Lopes, M., Cortes, R.M.V. 2018. Fulfilling spawning flow requirements for potamodromous cyprinids in a restored river segment. *Science of the Total Environment* 635: 567-575.
- Cabral, U., M., Marinho, A., L.Branco, E., M. Santos, J. M.Pádua, J. 2013. Fish lift performance for upstream fish passage at a large hydroelectric power plant in Touvedo, Portugal.
- Esteban Díez, R., Maza Vera, M.D., González Sánchez, M., Ramírez de Dampierre Bertet, F., Álvarez Tutor, C., Negueruela Sánchez, J., R. 2019. *Proyecto de Restauración Fluvial del río Manzanares entre el Arroyo de la Trofa y el Puente de San Fernando*. Informe técnico, Tragsatec, España.
- Martínez de Azagra Paredes, A. 1999. Escalas para peces. *Publicaciones E.T.S.II.AA. Universidad de Valladolid* 26: 1-36.
- Martínez de Azagra Paredes, A., García Molinos, J. 2006. Los ascensores para peces: una alternativa olvidada. *Revista Montes* 47-53.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2016. *Estudio histórico-cartográfico para el proyecto de restauración fluvial del río Manzanares en el entorno del Real Sitio de El Pardo*, Informe Técnico, Tragsatec, España.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2016. *Evaluación del Estado Ecológico en tramos fluviales del río Manzanares y en el Arroyo de la Trofa*, Informe Técnico Anejo 4, Tragsatec, España.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2016. *Proyecto de Restauración Fluvial del Río Manzanares a su paso por El Pardo* (Madrid), Documento Ambiental, Anejo Red Natura 2000.
- Morillo González Del Tánago, M., Giménez Miró, A., García De Jalón Lastra, D. 1999. Evolución de las poblaciones piscícolas del río Manzanares aguas abajo del embalse de El Pardo. *Limnetica* 17: 13-26.
- Prenda, J. La adecuación de las escalas para peces para salvar obstáculos de distintas dimensiones: el caso de la presa de Los Melonares y el azud de Gargantafría. *Ciecema*14, 155-168.
- Sanz-Ronda, F.J., Bravo-Córdoba, F.J., Fuentes-Pérez, J.F., Ruiz-Legazpi, J., García-Vega, A., Ramos-González, N., Salgado-González, V.M., Martínez de Azagra Paredes, A. 2013. Pasos para peces : escalas y otros dispositivos de paso. *Notas técnicas del CIREF* 7: 17.
- Travade, F., Larinier, M. 2002. Fish Locks and Fish Lifts. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*102-118.

ANEXO I Presupuestos

Presupuesto aproximado del proyecto del ascensor para peces

La complejidad técnica del proyecto hace estrictamente necesario un estudio técnico multidisciplinar realizado por ingenieros y biólogos para determinar el presupuesto requerido. Por ello no se incluye un desglose de precio de las medidas a realizar. Para orientar en el margen de precios se van a dar presupuestos generales de proyectos ya realizados:

Ascensor para peces de Paradise Dam (Australia). Con un coste final de 12 millones de dólares australianos. Las condiciones no son las mismas y este coste es exagerado para el proyecto de este trabajo.

Ascensor para peces de la presa de Palombera (Cantabria). Con un coste de 1,7 millones de euros en las cuestiones puramente relacionadas con el ascensor, pero superando los 3 millones de euros sumando el conjunto de las acciones llevadas a cabo en el río. Este proyecto se acerca mucho más a lo que podría ser un presupuesto aceptable (1,7 millones). A pesar de ello, las condiciones de la presa de El Pardo son menos complicadas por tener unos taludes extensos y con menor inclinación, por lo que es muy probable que el precio presupuestado fuese aún inferior.

En la bibliografía relacionada (Martínez de Azagra Paredes, A., 2006) se pueden ver intervalos de precios en función del lugar y de la sensibilidad de las especies diana. Por ejemplo, para ascensores enfocados a la trucha se ofrece un intervalo entre 100.000 francos y de 300.000 a 800.000 francos. En el caso del sábalo, una especie más exigente en cuanto a condiciones de concentración en la jaula, el precio se incrementa a los 1.500.000-2.500.000 francos. Estos precios son del año 1992-2002, por lo que son meramente orientativos.

**Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos
para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares**

**Presupuesto aproximado del proyecto del frezadero en el Manzanares
(precios TRAGSA)**

Material

Código	Descripción	Medida	Unidades	Precio unitario	Total
P02016	Gravilla AG-6/12	Toneladas	84	8,93€	750,12€
P02018	Gravilla AG-12/20	Toneladas	84	9,95€	835,8€
P02021	Grava AG-20/40	Toneladas	48	8,12€	389,76€
P02052	Grava 40/70	Toneladas	24	9,97€	239,28€
P02038	Escollera roca, tamaño >60cm	m ³	3	14,65€	43,95€
P38001	Cartel informativo CN-00		1	515,05	515,05
P38003	Soporte de madera para cartel CN-00		1	761,23	761,23

Total	3.535,19€ (IVA incluido)
--------------	---------------------------------

Mano de obra

Código	Descripción	Medida	Nº	Unidades	Precio unitario	Total
O01001	Capataz	Horas	80	1	26,69€	2.135,2€
O01003	Maquinista o conductor	Horas	80	3	25,86€	6.206,4€
O01009	Peón	Horas	80	10	20,45€	16.360€
O01025	Acceso a tajo	Jornadas	15	14	20,45€	4.294,5€
O01038	Plus emergencia festivo	Jornadas	4	15	92,21€	5.532,6€
O03005	Titulado superior o máster con menos de 1 año de experiencia	Horas	80	1	23,41€	1.872,2€

Total	36.400,9€ (IVA incluido)
--------------	---------------------------------

Total del frezadero	39.936,09€ (IVA incluido)
----------------------------	----------------------------------

ANEXO II Imágenes del proyecto del ascensor para peces

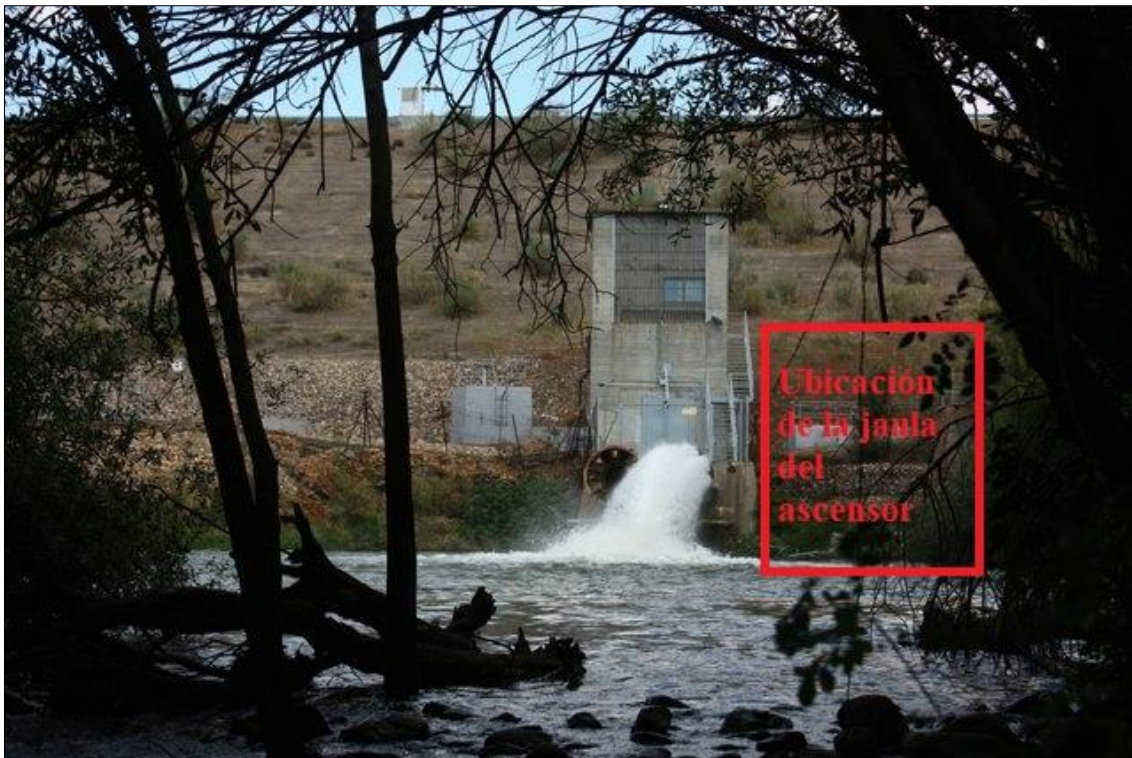


Figura 21. Fotografía de la ubicación futura del ascensor, junto con el desagüe de la presa. Fuente: Google Earth.



Figura 22. Imagen del puesto de control de las válvulas de desagüe de la presa de El Pardo. Fuente: Google Earth

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

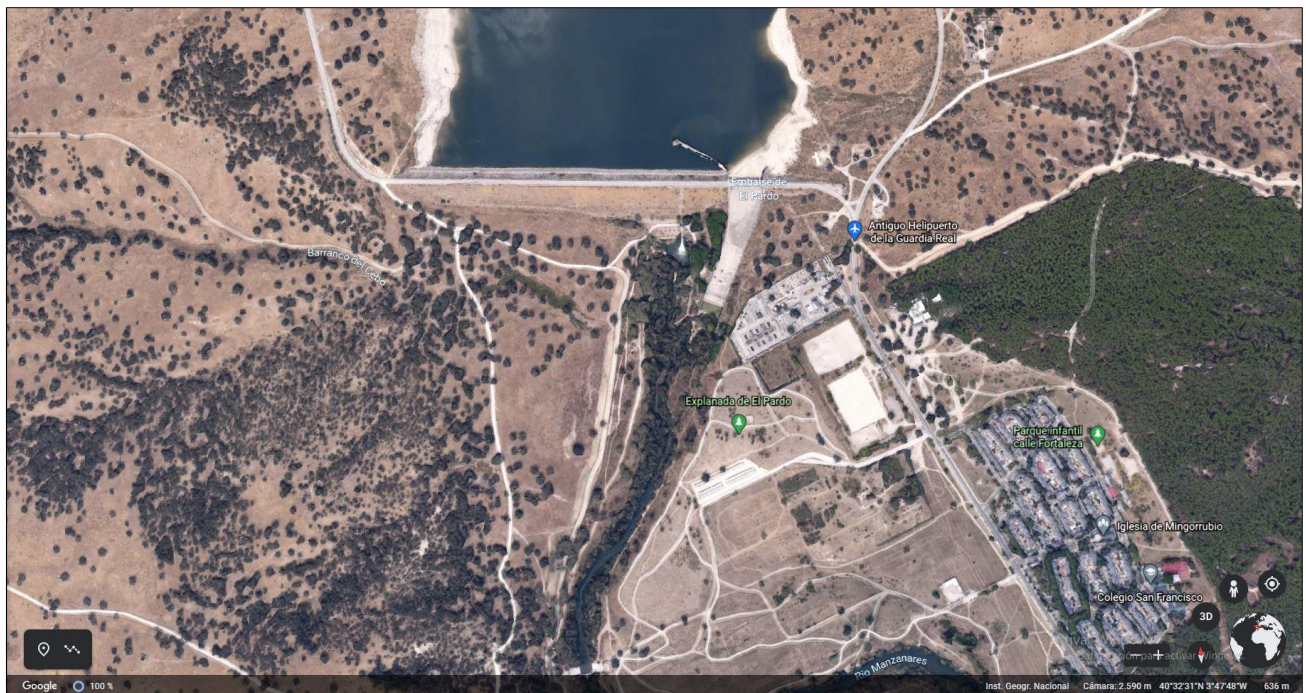


Figura 23. Ortofoto de la presa de El Pardo. Fuente: Google Earth.

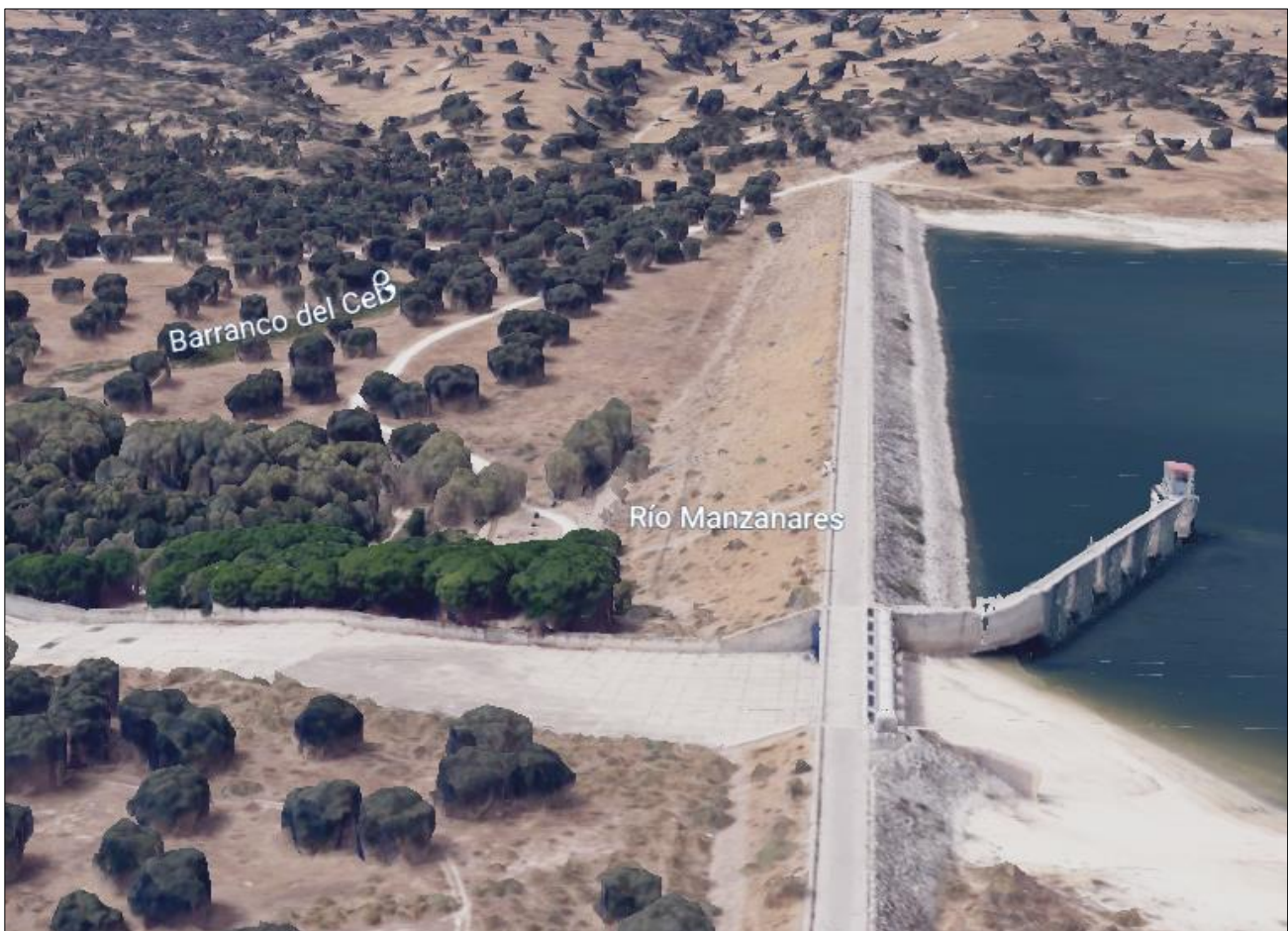


Figura 24. Imagen 3D de la presa de El Pardo. En ella se observa la forma triangular de la misma, con los dos taludes. Fuente: Google Earth.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares

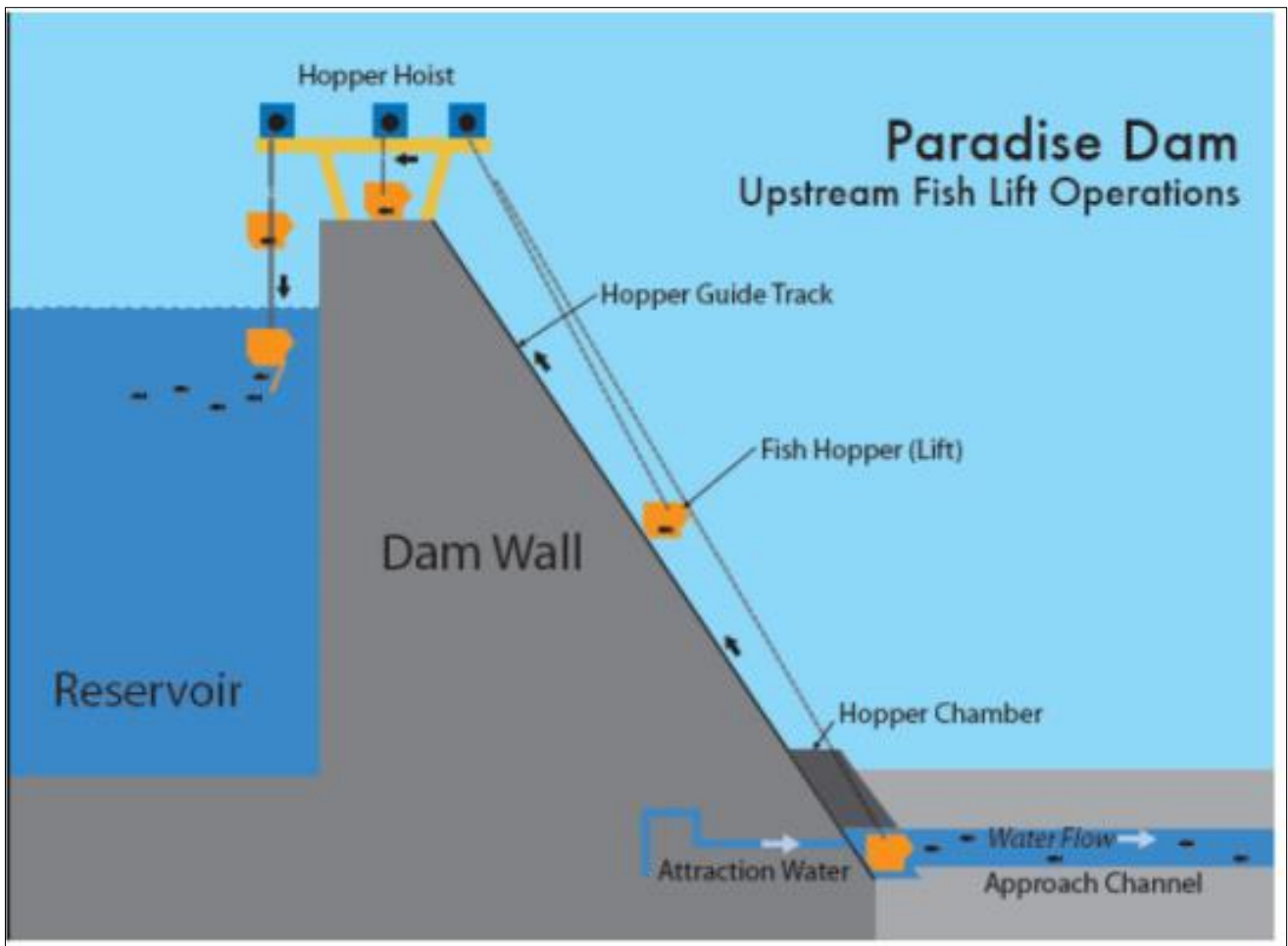


Figura 25. Esquema del funcionamiento de un ascensor parecido al propuesto, del ascensor para peces de Paradise Dam. Fuente: https://www.sunwater.com.au/wp-content/uploads/Home/About/Publications/Paradise_Dam_Upstream_Fishway_Monitoring_Program.pdf

ANEXO III Imágenes del proyecto del frezadero



Figura 26. Fotografía del tramo del frezadero. Se observa una canalización que vierte agua de dudoso contenido en el cauce. Ha de ser sellada y redirigida. Fuente: Realización propia.



Figura 27. Fotografía del tramo del frezadero. Se observa un espacio amplio y libre de sombras, con pequeños rápidos. Profundidad máxima de 0,8 metros en el tramo, mínima 0,2 metros. Fuente: Realización propia.

Estudio de alternativas de pasos para peces en la presa de El Pardo y frezaderos para la Fase II del Proyecto de Restauración del Manzanares



Figura 28. Fotografía del tramo del frezadero. Perspectiva amplia en la que se observa una acumulación de sedimentos en la parte izquierda, bien sujetos por vegetación. Son sedimentos consecuencia de la Playa de Madrid. Fuente: Realización propia.



Figura 29. Fotografía del tramo del frezadero. Vista de sedimentos asentados de la margen izquierda y un pequeño remanso con menor calidad de agua que el cauce principal. Fuente: Elaboración propia.