

# Programa de medidas para alcanzar el buen estado de la masa de agua río Guadarrama desde río Aulencia hasta Bargas

Proyecto Fin de Máster de Ingeniería y Gestión del Agua

Año 2013

Tutor: Francisco Javier Sánchez Martínez

Autores:

Andrés Guerra-Librero Castilla

Daniel Martín Anta

Guillermo Serna García



Esta publicación está bajo licencia Creative Commons Reconocimiento, No comercial, Compartir igual, (by-nc-sa). Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte del mismo siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia.

Más información: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Tutor: Francisco Javier Sánchez Martínez

## 1. Propósito del proyecto

El objetivo de este proyecto comprende:

- Definir y localizar la masa de agua del río Guadarrama desde el río Aulencia hasta Bargas
- Obtener el estado de la masa de agua, incluyendo el estado ecológico y químico de acuerdo con la Directiva Marco del Agua del 2000 y el Texto Refundido de la Ley de Aguas 1/01 y a la Directiva de Inundaciones 2007.
- Identificar las presiones que existen en la masa de agua. Evaluar los impactos de estas presiones
- Proponer un programa de medidas con el objetivo de mitigar los impactos de estas presiones y alcanzar el buen estado de las aguas. El programa de medidas se dividirá en medidas para mejorar el estado físico- químico de la masa de agua, medidas para mejorar el estado hidromorfológico y la gestión del riesgo de inundación y finalmente medidas para mejorar el estado biológico de la masa de agua
- Crear un plan económico que desarrolle las acciones incluidas en el programa de medidas.

## 2. Caracterización de la masa de agua del río Guadarrama desde el río Aulencia hasta Bargas

### Localización

La masa de agua (con el código asignado en el Borrador del Plan Hidrográfico del Tajo como 402010) está situada en la cuenca baja y media del Guadarrama. La siguiente figura muestra la localización de la Cuenca del Guadarrama y de la masa de agua.

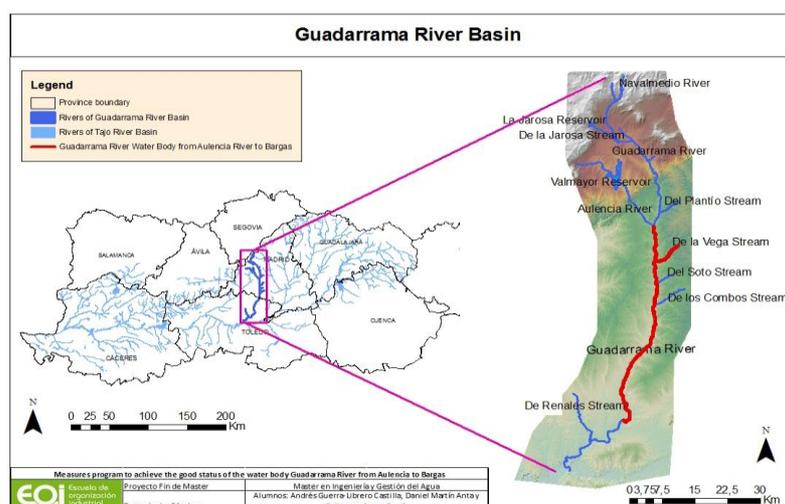


Figura 1: Localización de la Cuenca del Guadarrama

Tutor: Francisco Javier Sánchez Martínez

En el Borrador del Plan de Hidrológico del Tajo (a partir de ahora PHT) delimitan la masa de agua con el siguiente cuadro:

Código	Masa de Agua tabla	Categoría	Naturaleza	Código Tipo
ES030MSPF0 402010	Río Guadarrama desde R. Aulencia hasta Bargas	RW	Natural	115

Ecotipo	Longitud (km)	Coordenada X del centroide (ETRS89 Huso30)	Coordenada Y del centroide (ETRS89 Huso30)
Eje continental - mediterráneo poco mineralizado	64,5	418231,4673	4446988,135

### 3. Determinación del estado de la masa de agua en materia de la Directiva Marco del Agua

La Directiva Marco del Agua establece como prioridad principal para los Estados miembros alcanzar el buen estado de todas las masas de aguas teniendo como objetivos la prevención del deterioro adicional, la mejora del estado y la protección de los ecosistemas asociados mediante medidas específicas que reduzcan la emisión de vertidos y contaminantes. Asimismo promueve el uso sostenible del agua y las medidas que "contribuyan paliar los efectos de las inundaciones y sequías". Los objetivos se deben cumplir mediante el programa de medidas que deberá contener cada Plan Hidrológico de Cuenca. La planificación hidrológica y sus medidas se concretan en la legislación española en la Instrucción de Planificación Hidráulica (IPH) (Orden ARM/2656/2008).

La masa de agua de estudio, a pesar de estar parte de ella en el Parque Regional del Curso Medio del río Guadarrama, tiene establecidos objetivos menos rigurosos debido a las grandes presiones que sufre tanto de ocupación urbanística como de vertidos que afectan significativamente a la calidad del agua y del ecosistema.

El estado de la masa de agua se obtiene a partir del peor valor del estado químico y el estado ecológico. El estado químico se obtiene a partir de los límites establecidos en cada caso en la norma de calidad ambiental. El estado ecológico se obtiene a su vez del peor valor del estado, hidromorfológico, físico-químico y biológico:

- El estado biológico se mide, según la IPH, mediante el Índice de Poluosensibilidad Específica (IPS) para diatomeas, mediante el Índice Multimétrico de Diatomeas (MDIAT) y/o mediante el Iberian Bio-monitoring Working Party (IBMWP) para macroinvertebrados. Este estado se clasifica en muy bueno, bueno, moderado, deficiente y malo.

Tutor: Francisco Javier Sánchez Martínez

- El estado físico-químico está determinado por parámetros cuyos límites que se recogen en la IPH como la temperatura del agua, oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub>, pH, nitratos o fosfatos, entre otros. Estos límites se fijan para cada ecotipo, o, en su defecto se eligen los generales para todas las masas de agua. Este estado se clasifica en muy bueno, bueno y moderado.
- El estado hidromorfológico tiene en cuenta el régimen hidrológico, la continuidad del río y las condiciones morfológicas. Las condiciones morfológicas se miden mediante dos índices: el Índice de Vegetación de Ribera (QBR) y el Índice de Hábitat Fluvial (IHF).

### 3.1. Parámetros medidos en la masa de agua

La masa de agua 402010 tiene dos centros de control. Los parámetros ecológicos y químicos han sido medidos en estos puestos desde 2006 hasta 2010. La web de control donde se encuentran estos datos es la ICA (red integrada de Calidad de las Aguas). Esto son los datos medios (y pésimo en caso de hidromorfológico y biológico) recogidos desde 2006 hasta 2010<sup>1</sup>:

IBMWP	IPS	QBR	IHF	Oxígeno (mg/l)	DBO5 (mg/l)	pH	Nitrato (mg/l)	Amonio (mg/l)	Fósforo (mg/l)
7	6	20	38	7,64	8,75	7,2	32	3,43	1,4

### 3.2. Cálculo del estado ecológico de la masa de agua

El cálculo del estado ecológico sigue el proceso descrito en la DMA y la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH). Para obtener el estado se comparan los umbrales del buen estado para el ecotipo, o los generales establecidos en la IPH en su defecto, frente a los medidos. Para el estado hidromorfológico y biológico se cogen los valores pésimos y para el caso del físico - químico se toma la media de las mediciones de las dos estaciones.

ESTADO FÍSICO - QUÍMICO				
Elementos	Indicadores	Límite del buen estado	Valor de la masa de agua	Estado
Medida de oxígeno	Oxígeno (mg/l)	5	7,64	Buen estado
	DBO5 (mg/l)	6	8,75	No alcanza el buen estado
Estado de acidificación	pH	6-9	7,1 - 7,3	Buen estado

<sup>1</sup> Red de Control de Calidad Biológica - Resultados Analíticos, años 2006 al 2010. Confederación Hidrográfica del Tajo - MAGRAMA

Nutrientes	Nitratos	25	32	No alcanza el buen estado	
	Amoníaco (mg/l)	1	3,43	No alcanza el buen estado	
	Fósforo (mg/l)	0,4	1,4	No alcanza el buen estado	
<b>ESTADO HIDROMORFOLÓGICO</b>					
<b>Elemento</b>	<b>Indicador</b>	<b>Límite del buen estado</b>	<b>Valores de la masa de agua</b>	<b>Estado</b>	
Hidromorfología de la masa de agua	QBR	75	20	No alcanza el buen estado	
	IHF	70	38	No alcanza el buen estado	
<b>ESTADO BIOLÓGICO</b>					
<b>Elemento</b>	<b>Indicador</b>	<b>CR</b>	<b>Valores de la masa de agua</b>	<b>Valor</b>	<b>Estado</b>
Estado biológico de la masa de agua	IBMWP	110	7	0,06	No alcanza el buen estado
	IPS	16,4	5,8	0,35	No alcanza el buen estado

Por lo tanto, se deduce del análisis que la masa de agua 402010 no alcanza el buen estado ecológico.

### 3.3. Cálculo del estado químico de la masa de agua

Después de analizar el estado ecológico en el que no alcanza el buen estado, es seguro que la masa no alcanzará el buen estado aunque el estado químico sea bueno. El estado químico es definido mediante la medición de los valores de sustancias prioritarias dentro de las Normas de Calidad Ambiental (NCA)<sup>2</sup>. En este caso, el estado químico calculado en el Borrador del Plan de Cuenca del Tajo no alcanza el buen estado.

Código	Nombre	Estado ecológico*	Estado químico	Estado de la masa
ES030MSPF0402010	Río Guadarrama desde R. Aulencia hasta Bargas	Malo	No alcanza el buen estado	Peor que bueno

Figura 2: Estado de la masa 402010 en el Borrador del Plan de Cuenca del Tajo

El análisis realizado dictamina que no se alcanza el buen estado de la masa de agua.

<sup>2</sup> Priority substances under the WFD. European Commission. Web:

[http://ec.europa.eu/environment/water/water-dangersub/pri\\_substances.htm](http://ec.europa.eu/environment/water/water-dangersub/pri_substances.htm)

Tutor: Francisco Javier Sánchez Martínez

## 4. Determinación del estado de la masa de agua en materia de la Directiva de Inundaciones

### 4.1 Evaluación preliminar del riesgo de inundación

Partiendo de la información disponible en MAGRAMA y en el Borrador del Plan Hidrológico del Tajo, se han definido cinco zonas de la Masa de Agua 402010 como Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI).

Zonas afectadas	Identificador proyecto	Longitud (km)	Provincia	Tipo de consecuencias adversas	Zona de DPH delimitado	Mapa previo de inundación Tr=500 años
Recas y Yuncillos	ES030-15-04.2 (Sección 3 de 6)	2,5	Toledo	Agricultura y residencial. Salud humana.	No	No
El Viso de San Juan y Palomeque	ES030-15-04.2 (Sección 2 de 6)	2,87	Toledo	Agricultura y residencial. Salud humana.	No	No
Carranque	ES030-15-04.2 (Sección 2 de 6)	1,14	Toledo	Patrimonio cultural. Salud humana.	No	Parcialmente
Móstoles, Arroyomolinos, Villaviciosa de Odón, Navalcarnero, Batres	ES030-14-04.2 (Sección 3 de 3)	9,09	Madrid	Sector residencial, agricultura y económico. Impacto medioambiental y en la calidad de las aguas. Consecuencias en la salud humana	Si	Si
Villanueva de la Cañada, Brunete, Boadilla del Monte, Villaviciosa de Odón	ES030-14-04.2 (Sección 2 de 3)	2,54	Madrid	Impacto residencial, áreas protegidas y de la calidad de las aguas. Consecuencias en la salud humana.	Si	Si



### ARPSI y sistemas de regulación de la Masa de Agua 402010.

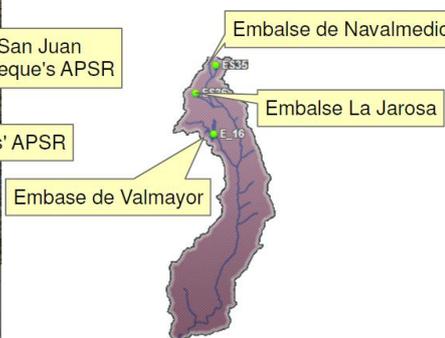
Regulation elements	Capacity	Year of construction	Use
Valmayor reservoir	124,4 hm <sup>3</sup>	1976	Urban supply
La Jarosa reservoir	7,2 hm <sup>3</sup>	1968	Urban supply
Navalmedio reservoir	0,7 hm <sup>3</sup>	1968	Navacerrada reservoir support
Molino de la Hoz reservoir	1 hm <sup>3</sup> approx.	1960 approx.	Recreational
Las nieves weir/channel	30 m <sup>3</sup> /s	1976	Valmayor reservoir support



Stations general data	Navalcarnero	Bargas
Current status	Out of service	Out of service
Number of hydrologic years with data	17	27
Number of hydrologic years with completed data	14	25
Number of hydrologic years with incompleted data	3	2
Series starting year	1965	1962
Series finishing year	1981	1992
Series Average flow		
Flow minimum annual average (m <sup>3</sup> /s)	1,30	1,41
Flow annual average (m <sup>3</sup> /s)	3,49	5,43
Flow maximum annual average (m <sup>3</sup> /s)	7,29	16,64
Flow minimum mensual average (m <sup>3</sup> /s)	0,05	0,06
Flow maximum mensual average (m <sup>3</sup> /s)	182,74	41,08

Figura 3: Resumen de los ARPSI y del sistema de regulación de la cuenca del Guadarrama.

### Mapa general de la cuencadel Guadarrama



Tutor: Francisco Javier Sánchez Martínez

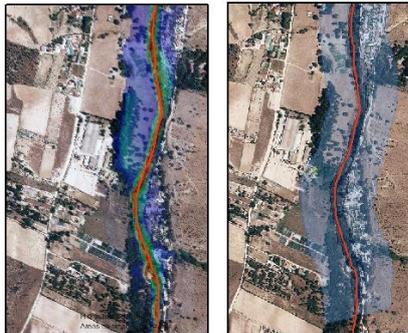
## 4.2 Mapas de peligrosidad y mapas de inundación

A partir de los ARPSI definidos en el estudio preliminar, se han realizado análisis detallado en aquellas zonas donde la inundación tiene un impacto significativo en la salud y en las actividades humanas.

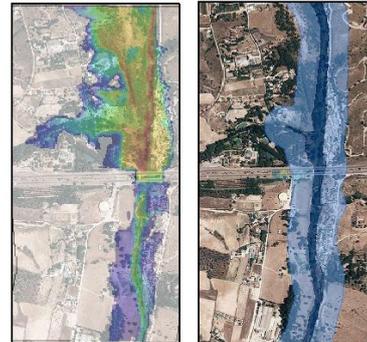
Mapa de inundación y DPH de la EDAR "Cuenca Media del Guadarrama"



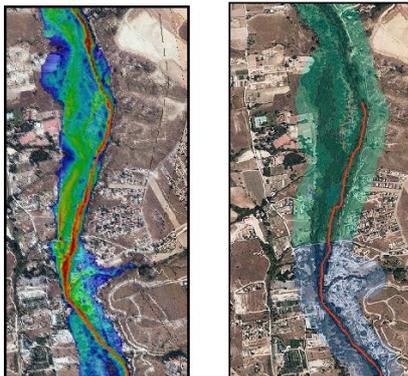
Mapa de inundación y DPH del tramo inferior del ARPSI "Poblado Coimbra"



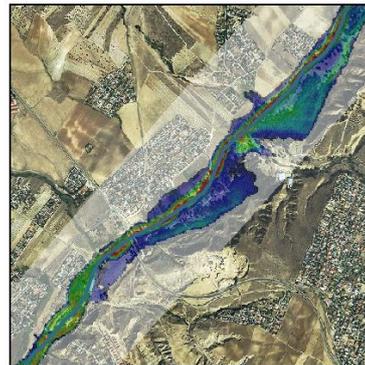
Mapa de inundación y DPH del tramo medio del ARPSI "Poblado Coimbra"



Mapa de inundación y DPH del tramo superior del ARPSI "Poblado Coimbra"



Mapa de inundación del ARPSI de Urb. de El Viso de San Juan



Cauces con DPH deslindado  
 ■ DPH Deslindado  
 ■ Zona de Servidumbre  
 ■ Zona de Policía

Cauces con DPH cartográfico o probable  
 ■ DPH Cartográfico o Probable  
 ■ Zona de Servidumbre  
 ■ Zona de Policía



Figura 4: Mapas de inundación y DPH de los ARPSI críticos de la Masa de Agua 402010

Tutor: Francisco Javier Sánchez Martínez

## 5. Programa de medidas

Se dividen en tres grandes grupos: medidas para la mejora del estado físico - químico, medidas para la gestión del riesgo de avenidas incluyendo la mejora del estado hidromorfológico y las medidas para la mejora del estado biológico.

### 5.1. Medidas para mejorar el estado físico - químico de la masa de agua

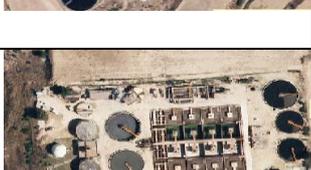
Las medidas incluidas en este grupo consiste en mejorar los tratamientos de las depuradoras que vierten directamente a la masa de agua 402010 además de las masas de agua 408021 y 407021 (arroyo del Soto y de los Combos), que se han incluido ya que son masas de agua de longitud reducida y que desembocan en la masa de agua 402010, por tanto se deduce que las depuradoras que vierten a estas masas influyen en el estado físico - químico de la masa de agua objeto de estudio.

#### 5.1.1. Plantas depuradoras en el área

El siguiente cuadro muestra las depuradoras albergadas en la Comunidad de Madrid

EDAR	Tratamiento	Foto	Vertido (m3/año)	H-e
Cuenca Media Guadarrama	Nitrificación - desnitrificación		6.387.500	70.000
Brunete (Proyecto)	Nitrificación - desnitrificación		9.125.000	90.000
Boadilla Del Monte	Nitrificación - desnitrificación		7.500.000	80.000
Villaviciosa De Odon	Nitrificación - desnitrificación		7.915.833	80.000

Tutor: Francisco Javier Sánchez Martínez

Sevilla La Nueva	Aireación prolongada		448.950	6.200
Arroyo De El Soto	Nitrificación - desnitrificación		37.843.200	604.800
Arroyo La Reguera	Nitrificación - desnitrificación		29.210.585	272.210
Navalcarnero	Nitrificación - desnitrificación		9.621.400	70.000
Batres	Aireación prolongada		169.650	1.400
Serranillos Del Valle	Nitrificación - desnitrificación		523.775	7.000

El siguiente cuadro muestra las EDARs de Castilla La Mancha (provincia de Toledo)

EDAR	Tratamiento	Foto	Vertido (m <sup>3</sup> /año)	H-e
Casarrubios	Aireación prolongada		450.410	6.600
Carranque	Nueva Planta		611.375	6.000

El Viso de San Juan	Nueva Planta		319.375	3.650
Palomeque	Nueva Planta		95.080	650
Chozas de Canales	Aireación prolongada		337.260	6.000
Recas	Nueva Planta		319.375	5.500
Yucillos	Nueva Planta		73.000	833

### 5.1.2. Costes de mejora y creación de EDARs

Los costes de inversión y de mantenimiento y explotación anual han sido calculados usando la guía técnica de estimación de programa de medidas del Cedex.

EDAR	Inversión inicial	Inv. Inicial actualizada	Coste de explotación anual	Coste Anual equivalente
Total	22.422.626,87 €	1.435.316,34 €	14.244.779,18 €	15.680.095,51€

### 5.1.3. Análisis económico

El análisis económico ha sido dividido en dos grupos: el primer grupo está compuesto por las EDARs de la Comunidad de Madrid, en el que la base para la mejora de las plantas y la creación de la depuradora de Brunete será financiado a partir de un canon de saneamiento que se incluirá en la factura del agua. No se ha conseguido determinar las empresas que gestionan todas las EDARs, así que se ha optado por proponer que sea el Canal de Isabel II la que gestione con las distintas compañías la distribución de los ingresos y gastos provenientes de la factura del agua y de las plantas depuradoras respectivamente. En el segundo grupo se incluyen las depuradoras de Castilla La Mancha, tampoco ha sido posible obtener el listado de empresas gestoras, por lo que se decide que sea la agencia autonómica del agua la que gestione los ingresos (a partir de facturas del agua incluyendo un canon de saneamiento) y los costes.

Para realizar el análisis se ha optado por usar un umbral de 25 años como vida útil de las instalaciones y un esquema de flujos de caja con inversión inicial, determinando una tasa de descuento del 6 % para los dos escenarios. Asimismo se ha incluido un factor de corrección en el proceso de obtención de los ingresos: el factor de pérdida determina qué

Tutor: Francisco Javier Sánchez Martínez

cantidad de vertido no se paga y se debe sufragar con el recaudado con el porcentaje que se registra.

Comunidad de Madrid	Población afectada	1.281.610 habitantes	Financiación: Canal de Isabel II
	Total vertido	108.745.893 m <sup>3</sup> /año	
	NPV	€ 64.313,40	
	IRR	6%	
	Porcentaje de pérdidas	30%	
	Precio del canon de saneamiento	<b>0,19 €/m<sup>3</sup></b>	
Castilla La Mancha (Toledo)	Población afectada	29.233 habitantes	Financiación: Agencia Autonómica de Castilla La Mancha
	Total vertido	2.205.875 m <sup>3</sup> /año	
	NPV	€ 90.349,99	
	IRR	6%	
	Porcentaje de pérdidas	20%	
	Precio del canon de saneamiento	<b>0,88 €/m<sup>3</sup></b>	

Teniendo en cuenta la población total abastecida, se deduce que la media de coste que supone por persona el programa de medidas para mejorar el estado físico - químico de la masa de agua 402010 en la Comunidad de Madrid es de **18,8 €/año\*persona** y para la provincia de Toledo es de **66,4 €/año\*persona**

## 5.2. Medidas para mejorar el estado hidromorfológico de la masa de agua y disminución riesgos de inundación.

### 5.2.1. Estructura lineal de protección de la EDAR “Cuenca Media del Guadarrama”

Se ha planificado la construcción de una estructura de protección en la periferia de la EDAR “Cuenca Media del Guadarrama”, para minimizar los riesgos de avenidas que pueda dejar la planta fuera de servicio o incluso provocar vertidos de contaminantes al medio.

Tutor: Francisco Javier Sánchez Martínez

La estructura tendrá una longitud total de 270 m en la periferia de la EDAR más cercana al río.

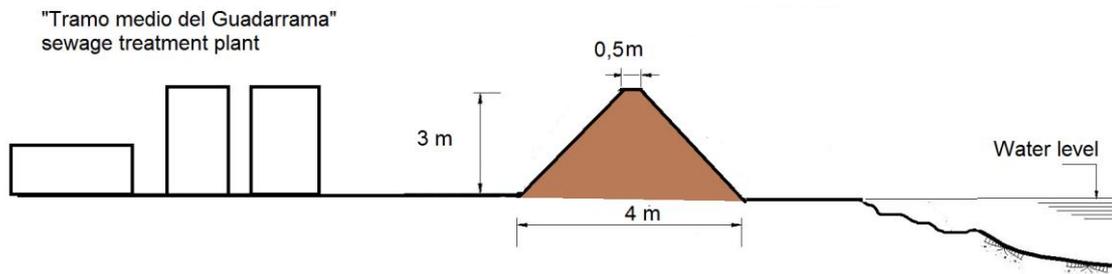


Figura 5: Diagrama de la defensa lineal diseñada para la EDAR.

Para comprobar la eficacia de las medidas se realizó un modelado IBER de la solución antes y después de la colocación de la defensa lineal.

Se puede observar con los resultados obtenidos que la media de prevención de inundación se comporta adecuadamente.

Flooding assessment of "Cuenca Media del Guadarrama" sewage plant

Currently situation

Modelization with lineal defence

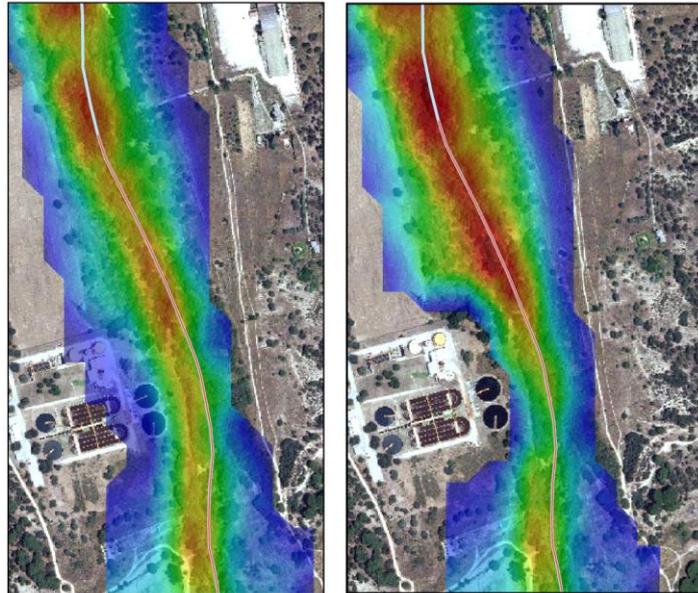


Figura 6: Mapas de inundación de IBER para la inundación de 500 años en la zona de la EDAR "Cuenca Media del Guadarrama"

### 5.2.2. Mejora de los sistemas de predicción de avenidas.

Con esta medida se aumenta la cobertura de la red SAIH (Sistema Automático de Información Hidrológica) en la parte alta de la cuenca del Guadarrama, incluyendo al menos un nuevo punto de control que permita complementar la información existente y generar predicciones de caudal más precisas que las que existen actualmente. De esta forma se facilita la gestión óptima del sistema

La cuenca del Guadarrama actualmente consta de los siguientes puntos asociados a la red SAIH.

Tutor: Francisco Javier Sánchez Martínez



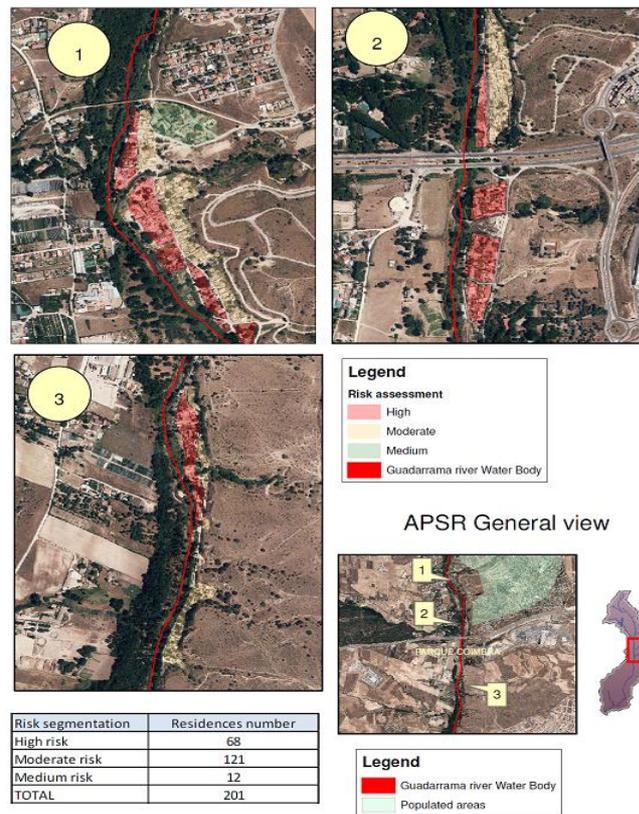
Con esta medida se aumenta la cobertura de la red con un nuevo punto de en la disposición superior, así se mejorará también los datos recogidos en la parte superior de la cuenca.

Figura 7: Puntos de control de la red SAIH en la cuenca del Guadarrama.

### 5.2.3. Planificación urbanística

El elevado riesgo del asentamiento ilegal hace necesario un plan de actuación para mitigar las consecuencias de una inundación. Se ha propuesto un programa de realojo para los habitantes de la zona, priorizando las actuaciones en tres fases según la exposición de cada vivienda a una avenida de 500 años.

Figura 8: Plan de acción para el realojo de los habitantes del poblado.



Este plan de realojo vendrá apoyado por las diferentes administraciones competentes que se describen en el análisis financiero, de forma que se les pueda garantizar a los afectados unas nuevas viviendas en unas condiciones económicas asumibles. La zona de destino de las personas que se acojan a este programa será Seseña. El criterio para escoger esta zona ha sido mantener una distancia respecto a Madrid similar a la zona reubicada y un precio económico de la vivienda asumible para este tipo de programa. Es necesario enfatizar en la

Tutor: Francisco Javier Sánchez Martínez

importancia de las campañas de concienciación social e información pública y de apoyar la recuperación de los terrenos con unas actuaciones de protección del cauce, para evitar una nueva ocupación del terreno.

#### **5.2.4. Campañas de promoción de los seguros.**

El “Consortio de Compensación de seguros” es un órgano estatal que dispone de un fondo que cubre los daños producidos por una catástrofe natural a los particulares, siempre y cuando el afectado este cubierto previamente por una empresa aseguradora. Por ello es importante que las familias cuya vivienda esté en una zona con un riesgo potencial significativo se adhieran a alguna compañía de seguros

Estas campañas deben apoyar activamente la contratación de seguros del hogar por parte de los potenciales afectados. Dado que un seguro del hogar medio español está entre 250-300 euros y las personas afectadas son de clase económica muy baja, el Ayuntamiento de Móstoles o la Comunidad de Madrid podrían subvencionar parte o la totalidad de la cuota.

#### **5.2.5. Restauración de ribera**

Una vez realizada la demolición del poblado chabolista cercano a Parque Coimbra y establecidos los límites del dominio público hidráulico, se procederá a realizar una restauración de ribera en la zona. Primero se procederá a eliminar el talud de protección de las viviendas rebajando la cota del terreno a una similar a la natural, y retirando la tierra existente y descompactándola para aplicar posteriormente una capa de tierra vegetal. El rebaje de cota será de 40 centímetros y se hará en los primeros 10 metros de anchura del río. Se realizará una plantación de vegetación autóctona de estructura parecida a la que hay en la ribera de enfrente con sauces, chopos, fresnos, olmos o tarayes. La restauración comprenderá 2,5 kilómetros de ribera y en 11 hectáreas

#### **5.2.6. Eliminación de azud**

Dentro de esta medida se contempla la destrucción de un azud en Navalcarnero. La infraestructura se creó dentro de una estación de aforos, pero desde 1981 está fuera de servicio. Esta infraestructura afecta a la continuidad longitudinal, complicando el movimiento de especies a través del canal e incrementando ligeramente los impactos de avenidas aguas arriba. La siguiente figura muestra una ortofoto de la infraestructura.



Figura 9: Foto del azud de la antigua estación de aforo de Navalcarnero.

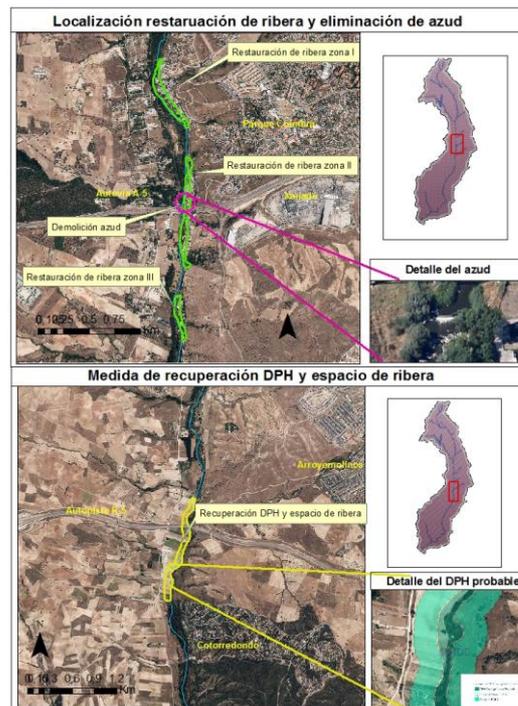


Figura 10: Localización de las medidas hidromorfológicas.

### 5.2.7. Recuperación del DPH y del espacio de ribera

Los cultivos de regadío situados en la margen derecha del río cerca de la autopista R-5 han invadido parte del dominio público hidráulico y de la ribera natural estrechando el cauce. Se ha construido un talud de protección a los cultivos de aproximadamente 1,6 kilómetros que ha reducido notablemente el desarrollo de la vegetación de ribera. La margen izquierda, poco alterada, tiene un buen bosque de ribera. Por lo tanto, se propone recuperar parte de ese espacio fluvial, 25 metros desde el cauce (4 hectáreas en total). Se realizará un deslinde del DPH, se recuperarán aquellos terrenos que estén dentro del DPH y los que estén fuera del DPH en esa franja de 25 metros se expropiarán. Posteriormente se rebajará la cota del terreno 0,5 metros y se construirá un talud de protección de cultivos de 1 metro de altura frente a inundaciones a 25 metros del cauce. No se realizará plantación ninguna ya que se considera que la vegetación presente cercana proporcionará las semillas suficientes como para que crezca de forma espontánea de nuevo el bosque de ribera.

### 5.2.8. Análisis financiero y de costes de las medidas estructurales

Se ha resumido el análisis de costes y fuentes de financiación de todas las medidas estructurales:

Medida	Elementos	Coste estimado	Financiación
Restauración de ribera	Eliminación de talud	120.620,00 €	Confederación Hidrográfica del Tajo
	Adecuación suelo vegetal	26.640,00 €	
	Plantación	275.625,00 €	
	Coste total	422.885,00 €	
Recuperación del DPH	Deslinde del DPH	308.080,00 €	Confederación Hidrográfica del Tajo
	Expropiación	64.404,00 €	
	Coste total	372.484,00 €	
Eliminación de Azud	Eliminación del azud de Navalcarnero	3.270,47 €	Confederación Hidrográfica del Tajo
Estructura protección EDAR	Creacion de la estructura	24.529 €	Gestor de la EDAR Guadarrama medio (Acciona)

### 5.2.9. Análisis financiero y de costes de las medidas no estructurales

Se ha resumido el análisis de costes y fuentes de financiación de todas las medidas no estructurales encaminadas a mejorar el estado hidromorfológico y de gestión de riesgo de inundaciones en el siguiente cuadro.

Medida	Fases	Coste estimado	Financiación
Mejora del sistema de predicción temprana de los fenómenos de inundación para la red SAIH.	1 fase	200.000 €	Confederación Hidrográfica del Tajo
Planificación urbana	1º Fase (68 familias)	4.765.000 €	Ayuntamiento de Móstoles. Comunidad de Madrid.
	2º Fase (121 familias)	8.485.000 €	
	3º Fase (12 familias)	845.000 €	
	Coste total de la planificación urbana	14.095.000 €	
Programa de seguros	1 era fase	5.000 €	Confederación Hidrográfica del
	2a fase	10.000 €	

	3era fase	5.000 €	Tajo
	Coste total de la medida	20.000 €	
Estructura protección EDAR	1 fase	24.529 €	Gestor de la EDAR Guadarrama medio (Acciona)

### 5.3. Medidas para mejorar el estado biológico de la masa de agua

#### 5.3.1. Adecuación del sustrato del lecho

Se ha elegido una zona de la masa de agua para realizar un tratamiento de adecuación del sustrato del lecho entre el puente del tren y la autopista A-5 cerca del poblado chabolista. El tramo tiene una longitud de 1,6 km.

El tratamiento consiste en la eliminación del sustrato superficial del cauce del río, que es donde se concentran mayor cantidad de contaminantes. Esta medida piloto será evaluada durante un período de tiempo determinado, de manera que si se constata una mejora en el estado biológico de la zona, la eliminación de sustratos contaminados se extenderá a la totalidad de la masa de agua 402010.

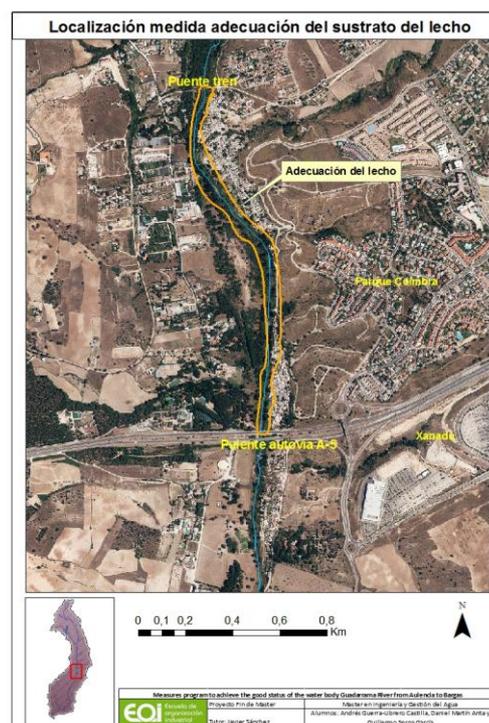


Figura 10: Zona de la actuación.

#### 5.3.2. Control y prevención de especies invasoras

Dentro de esta medida se realizará un programa de actividades con el objetivo de controlar las especies invasoras dentro de la masa de agua 402010. Se incluirá medidas de prevención (reuniones de sensibilización, sectores involucrados), de comunicación en prensa, talleres educativos, control por parte del Seprona, voluntarios, etc. Pueden enmarcarse dentro del

Tutor: Francisco Javier Sánchez Martínez

los proyectos LIFE + INVASEP, que apoyan todas aquellas medidas destinadas a evitar la degradación de los ecosistemas autóctonos.

### 5.3.3. Estudio financiero y de costes de las medidas biológicas

El siguiente cuadro conforma el estudio financiero y de cálculo de costes de las dos medidas de carácter biológico

Medida	Elementos	Coste estimado	Financiación
Acondicionamiento del lecho del río	Retirada del sedimento contaminado	69.600,00 €	Confederación Hidrográfica del Tajo
	Campaña de control y seguimiento biológico de la medida		
Control y prevención de las especies invasoras	Control	6.500,00 €	Confederación Hidrográfica del Tajo.
	prevención	Voluntariado (-)	

## 6. Estudio coste eficacia. Priorización de las medidas

El siguiente análisis es una simulación del estudio coste eficacia de todas las medidas incluidas en el programa para conseguir el buen estado de la masa de agua y la gestión de riesgos de inundación

Medida	Carácter	Inversión inicial	IE global
Plan de remodelación de EDARs	Básica - De obligado cumplimiento	€ 22.422.626,87	59,68%
Recuperación del DPH	Básica	372.484,00 €	13,20%
Restauración de ribera	Complementaria	422.885,00 €	11,90%
Eliminación de Azud	Complementaria	3.270,47 €	2,89%
Estructura protección EDAR	Complementaria	24.529 €	1,82%
Mejora del sistema de predicción temprana de los fenómenos de inundación para la red SAIH.	Complementaria	200.000 €	0,28%
Planificación urbanística	Complementaria	14.095.000 €	5,00%

Tutor: Francisco Javier Sánchez Martínez

Programa de seguros	Complementaria	20.000 €	2,00%
Acondicionamiento del lecho del río	Complementaria	69.600,00 €	0,23%
Control y prevención de las especies invasoras	Complementaria	6.500,00 €	3,00%
Total			100,00%

## 7. Conclusiones

- El punto base de una buena planificación está en disponer de los datos adecuados. Las distintas administraciones competentes no están suficientemente coordinadas, con lo que es habitual encontrarse con datos desactualizados o incongruentes.
- La masa de agua del río Guadarrama comprendida entre el río Aulencia y Bargas no llega al buen estado. Su régimen de caudales está alterado por el embalse de Valmayor y los vertidos de las depuradoras, que además históricamente no han tenido el tratamiento adecuado.
- Se debería realizar una ordenación urbana racional para que los usos de suelos sean compatibles con las zonas inundables y con el hábitat natural.
- Valorar la eficacia de las medidas es una tarea compleja, en especial cuando se trata de una recuperación biológica, como puede ser un acondicionamiento del lecho del río. En este caso, sería necesario una simulación continuada del rendimiento de la medida.
- Gran variabilidad de precios en el canon de saneamiento entre comunidades autónomas. Se puede establecer que ante más núcleos de población con alta densidad y con sistemas de depuración concentrados en menos depuradoras por habitante, el coste de depuración resulta mucho menor. En la Comunidad de Madrid hay una depuradora que vierte a la masa de agua 402010 por cada 128.161 personas, en Castilla La Mancha una por cada 4.176 personas. La diferencia se traduce en un aumento del precio por metro cúbico del 463%.
- Carencia de un catálogo de depuradoras a nivel nacional, con procesos, vertido medio o habitantes equivalentes de capacidad. Dificultad para visualizar el titular de autorización y la empresa gestora.

# Programa de medidas para alcanzar el buen estado de la masa de agua río Guadarrama desde el río Aulencia hasta Bargas

## Proyecto Fin de Master MAGUA

2013

### Tutor

Francisco Javier Sánchez Martínez

### Alumnos

Andrés Guerra-Librero Castilla, Daniel Martín Anta y  
Guillermo Serna García

# Índice

1. Marco legislativo
2. Localización y caracterización de la masa de agua
3. Determinación del estado de la masa de agua
4. Programa de medidas:
  1. Hidromorfológicas y de gestión de riesgo de inundaciones
  2. Biológicas
  3. Físico - químicas
5. Priorización de medidas y conclusiones

---

# Capítulo 1

## Marco legislativo

# Marco legislativo

## Directiva Marco del Agua (DMA)

Establece como objetivo principal **alcanzar el buen estado** de las masas de aguas.

## Instrucción Planificación Hidrológica (IPH)

Concreta la planificación hidrológica siguiendo la DMA.

Establece los límites para alcanzar el buen estado de las aguas.

## Directiva de Inundaciones

Su objetivo es disminuir los riesgos de las inundaciones sobre las personas y propiedades.

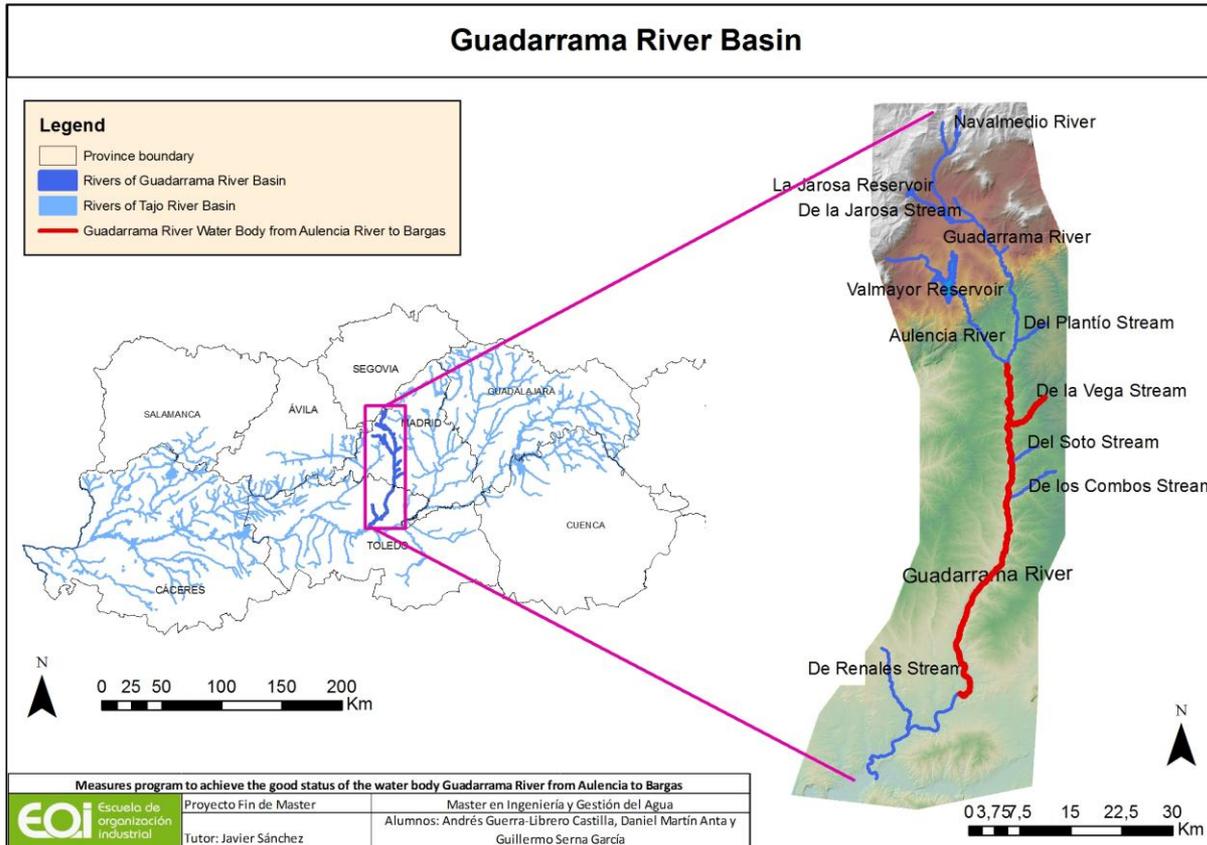
Define los procedimientos para la gestión los riesgos de inundación.

---

# Capítulo 2

Localización y caracterización de la masa de  
agua

# Localización y caracterización de la masa de agua



Código	Masa de Agua tabla	Categoría	Naturaleza	Código Tipo	Ecotipo	Longitud (km)
ES030MSPF0402010	Río Guadarrama desde R. Aulencia hasta Bargas	RW	Natural	115	Eje continental - mediterráneo poco mineralizado	64,5

- Objetivos menos rigurosos

# Localización y caracterización de la masa de agua

Red natura 2000

Núcleos de población 770.000 habitantes

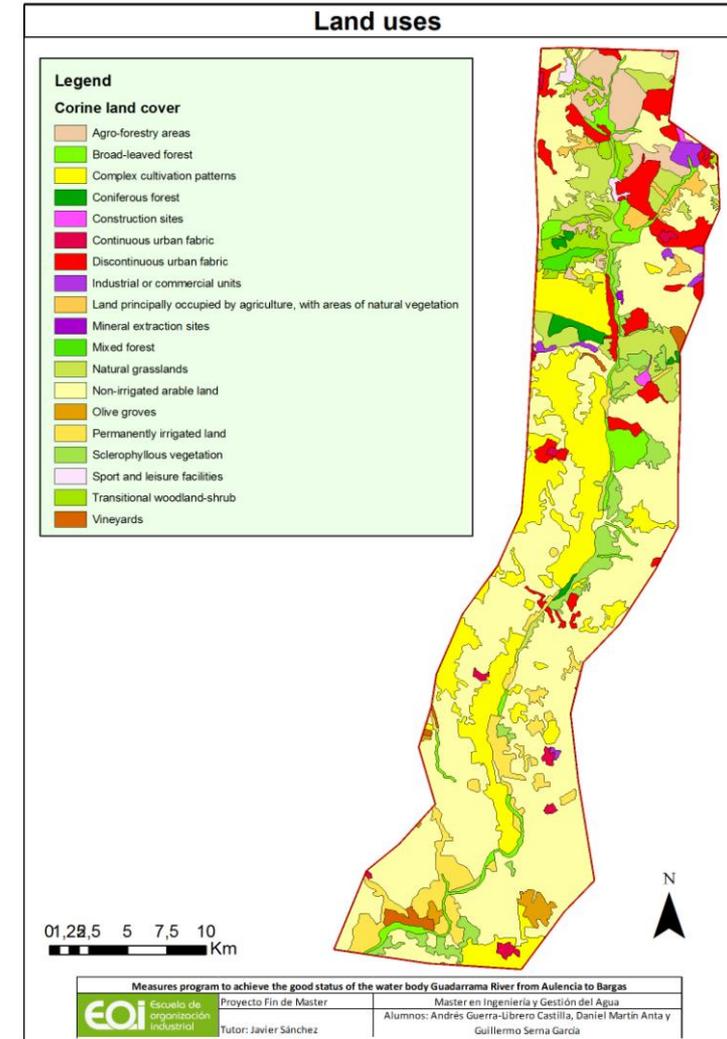
Usos del suelo



LOCALIDAD	Hab. 2012
Móstoles	206.031
Fuenlabrada	198.132
Alcorcón	169.308
Boadilla del Monte	47.037
Villaviciosa de Odón	26.708
Navalcarnero	25.453
Arroyomolinos	22.476

Zonas de protección de hábitat y especies

- LICS
- ZEPAS
- LICS y ZEPAS



# Determinación el estado de la masa de agua

- 12 EDARs + 5 en construcción
- Ocupación DPH y ribera:



---

# Capítulo 3

Determinación del estado de la masa de agua

# Determinación el estado de la masa de agua

Puede ser:

- Muy bueno
- Bueno
- Moderado
- Deficiente
- Malo

# Determinación el estado de la masa de agua

Puede ser:

- Muy bueno
- Bueno
- Moderado
- Deficiente
- Malo



# Determinación el estado de la masa de agua

Puede ser:

- Muy bueno ←————
- Bueno ←————
- Moderado
- Deficiente
- Malo

# Determinación el estado de la masa de agua

Se obtiene a partir de:

- Estado ecológico
  - Hidromorfológico
    - Muy bueno/bueno
  - Biológico.
    - Muy bueno/Bueno/Moderado/Deficiente/Malo
  - Físico-químico.
    - Muy bueno/Bueno/Moderado
- Estado químico
  - Normas de Calidad Ambiental. Sustancias prioritarias

# Determinación el estado de la masa de agua

## Estado hidromorfológico

Elemento	Indicador	Límite del buen estado	Valores de la masa de agua	Estado
Hidromorfología de la masa de agua	QBR	75	20	No alcanza el buen estado
	IHF	70	38	No alcanza el buen estado

## Estado biológico

Elemento	Indicador	Límite del buen estado	Valores de la masa de agua	Valor	Estado
Estado biológico de la masa de agua	IBMWP	110	7	0,06	No alcanza el buen estado
	IPS	16,4	5,8	0,35	No alcanza el buen estado

# Determinación el estado de la masa de agua

## Estado físico-químico

Elementos	Indicadores	Límite del buen estado	Valor de la masa de agua	Estado
Medida de oxígeno	Oxígeno (mg/l)	5	7,64	Buen estado
	DBO5 (mg/l)	6	8,75	No alcanza el buen estado
Estado de acidificación	pH	6-9	7,1 - 7,3	Buen estado
Nutrientes	Nitratos	25	32	No alcanza el buen estado
	Amoniaco (mg/l)	1	3,43	No alcanza el buen estado
	Fósforo (mg/l)	0,4	1,4	No alcanza el buen estado

## Según el PH Tajo

Código	Nombre	Estado ecológico*	Estado químico	Estado de la masa
		ES030MSPF0402010	Río Guadarrama desde R. Aulencia hasta Bargas	<b>Malo</b>

---

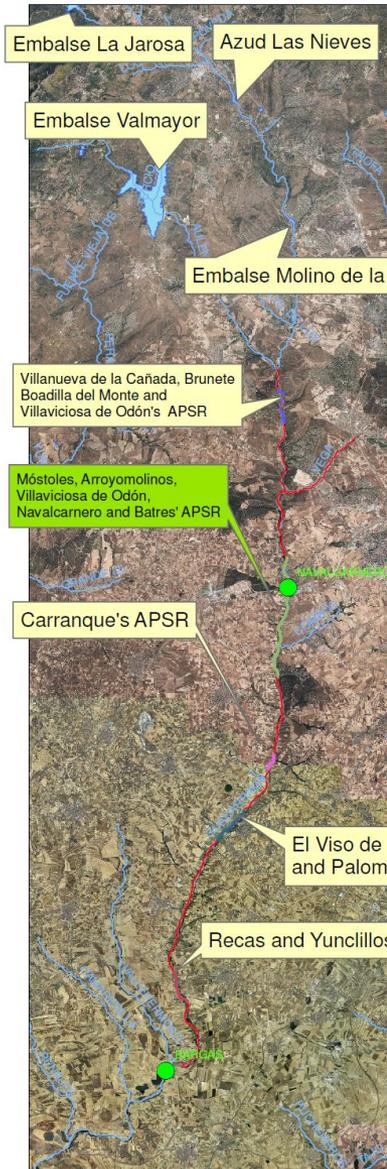
# Capítulo 4

## Programa de medidas

# Estructura de las medidas

- 1- Hidromorfológicas y de gestión del riesgo de inundaciones.
- 2- Biológicas.
- 3- Medidas físico-químicas.

# Medidas hidromorfológicas y de gestión del riesgo de inundación



ARPSI y sistemas de regulación de la Masa de Agua 402010.

Regulation elements	Capacity	Year of construction	Use
Valmayor reservoir	124,4 hm <sup>3</sup>	1976	Urban supply
La Jarosa reservoir	7,2 hm <sup>3</sup>	1968	Urban supply
Navalmedio reservoir	0,7 hm <sup>3</sup>	1968	Navalcarnero reservoir support
Molino de la Hoz reservoir	1 hm <sup>3</sup> approx.	1960 approx.	Recreational
Las nieves weir/channel	30 m <sup>3</sup> /s	1976	Valmayor reservoir support

**Legend**

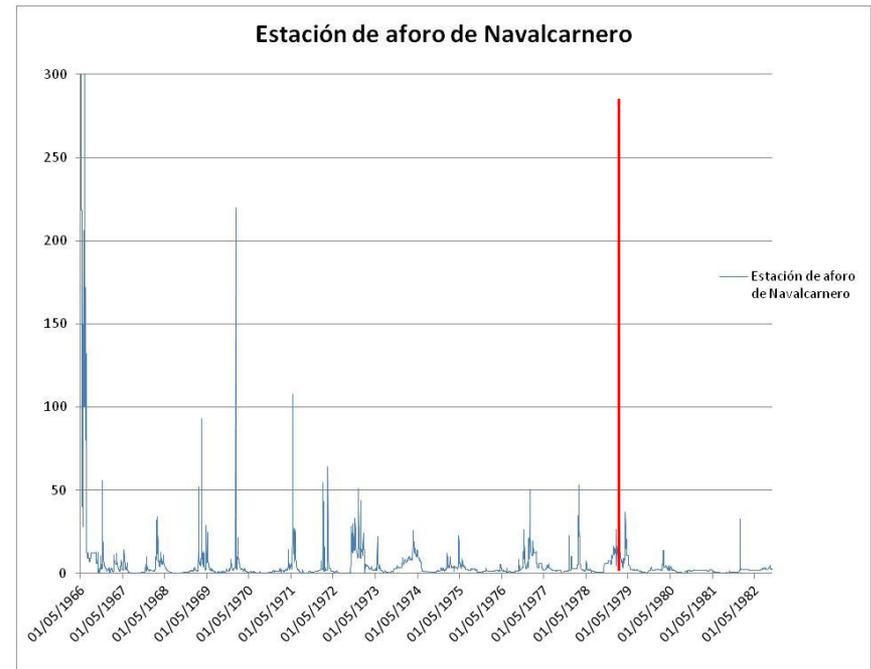
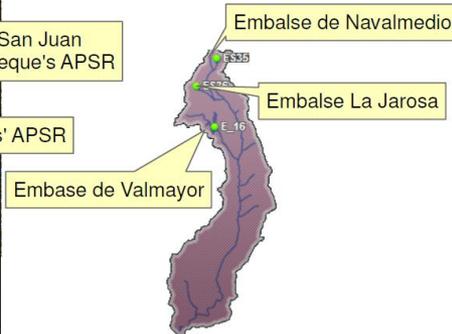
- Estaciones de control
- Guadarrama river Water Body
- Rivers
- Embalses

**ARPSI Estudio inundaciones EXTENSION**

- Carranque
- El Viso de San Juan, Palomeque
- Móstoles, etc.
- Recas, Yuncillos
- Villanueva de la Cañada, etc.

Stations general data	Navalcarnero	Bargas
Current status	Out of service	Out of service
Number of hydrologic years with data	17	27
Number of hydrologic years with completed data	14	25
Number of hydrologic years with incompleted data	3	2
Series starting year	1965	1962
Series finishing year	1981	1992
Series Average flow		
Flow minimum annual average (m3/s)	1,30	1,41
Flow annual average (m3/s)	3,49	5,43
Flow maximum annual average (m3/s)	7,29	16,64
Flow minimum mensual average (m3/s)	0,05	0,06
Flow maximum mensual average (m3/s)	182,74	41,08

Mapa general de la cuenca del Guadarrama



# Medidas hidromorfológicas y de gestión de riesgo de inundación



1975

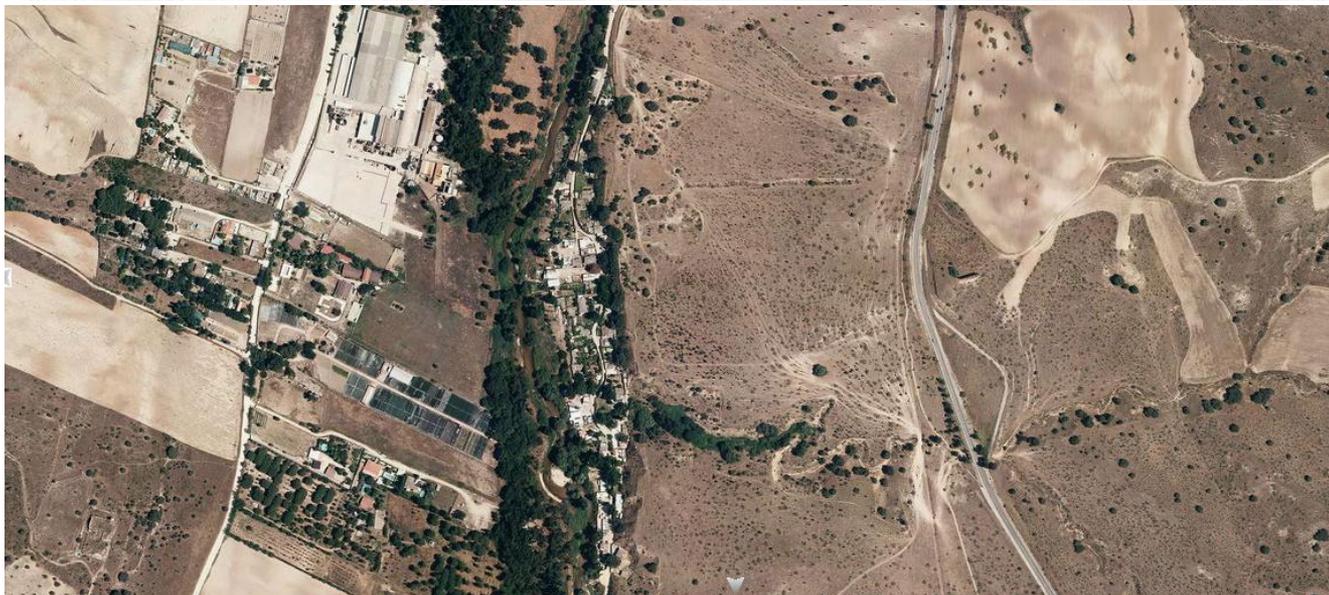


2011

# Medidas hidromorfológicas y de gestión de riesgo de inundación



1975

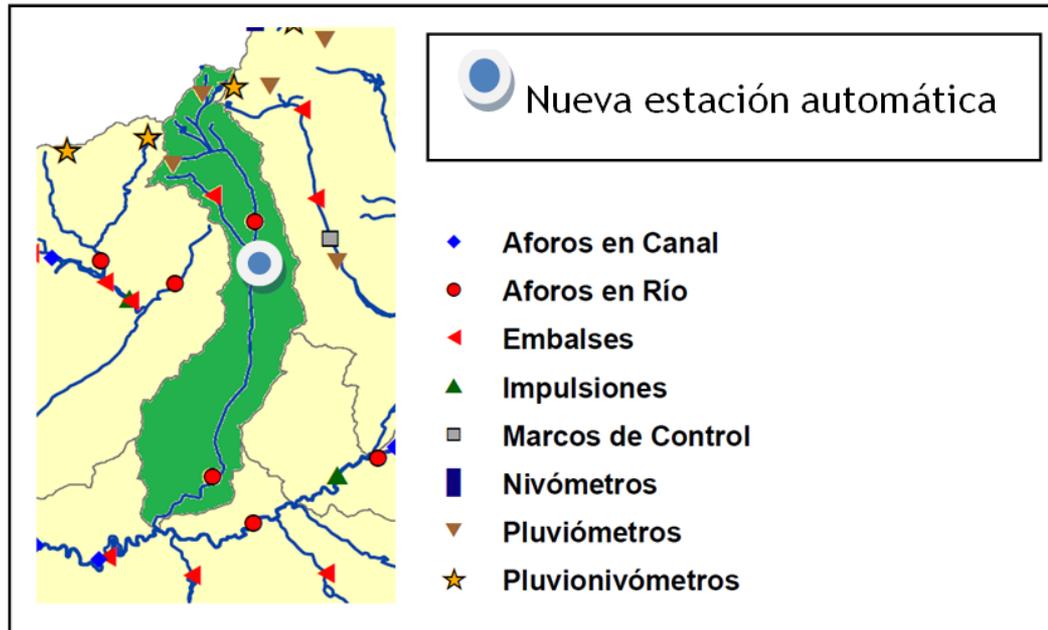


2011

# Medidas hidromorfológicas y de gestión de riesgo de inundación

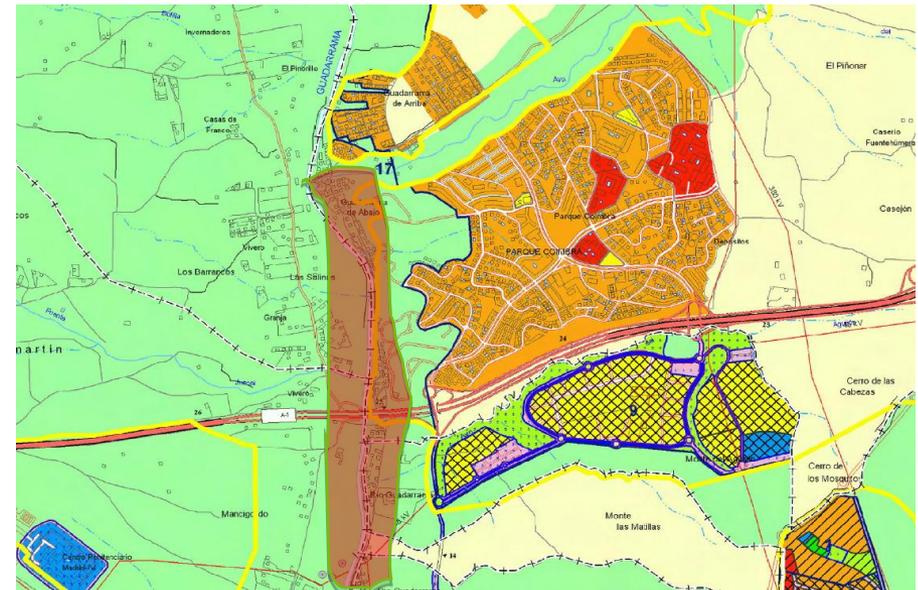
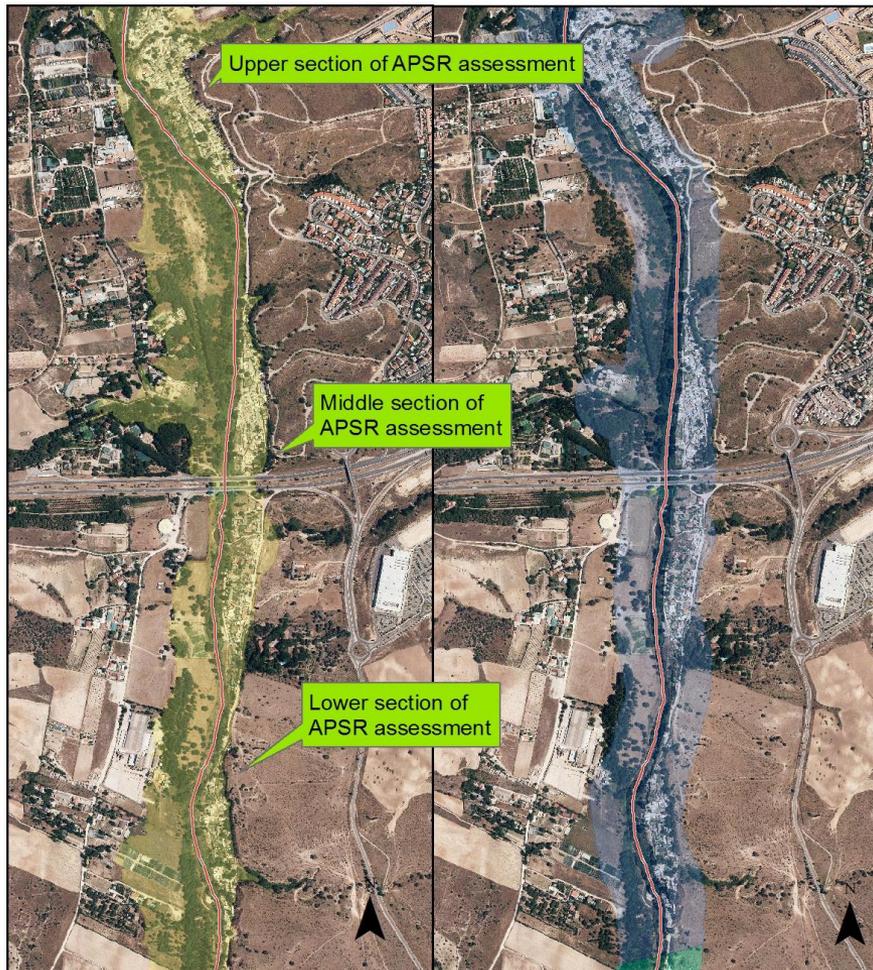
## Medidas de gestión de riesgos de inundación

- Mejora en el sistema de alerta temprana del SAIH.



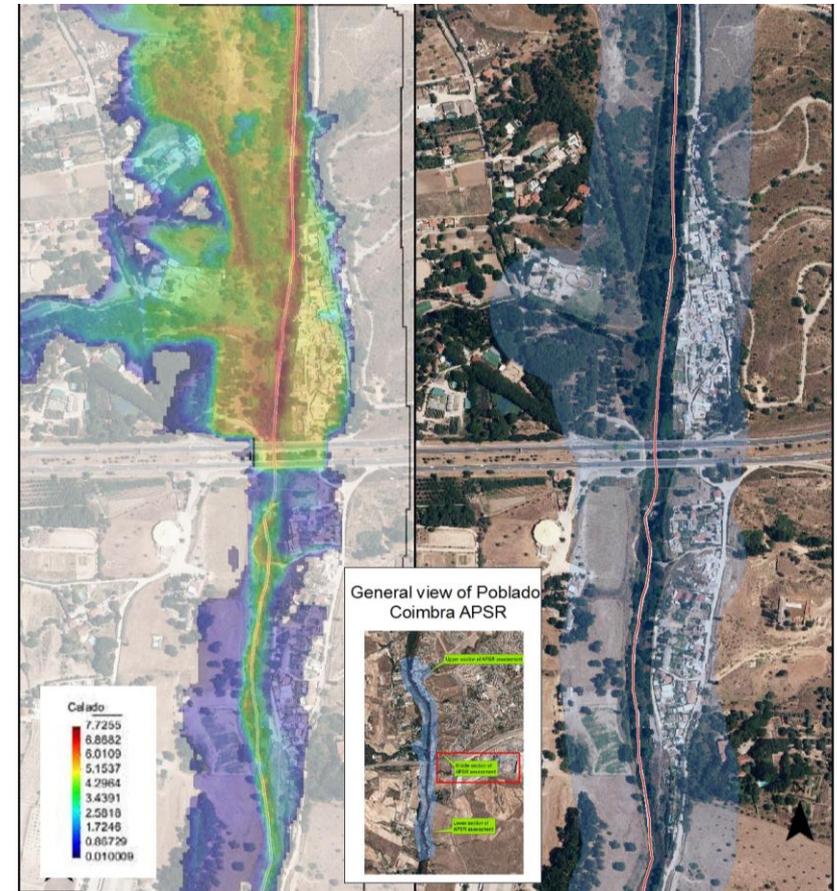
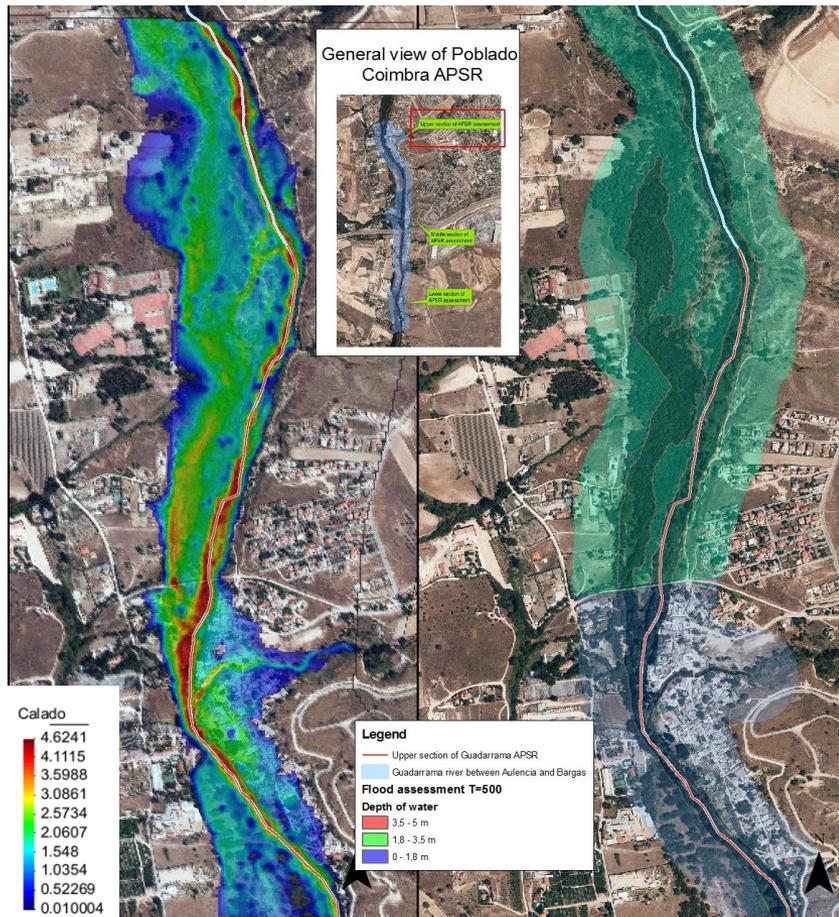
# Medidas hidromorfológicas y de gestión de riesgo de inundación

## Planificación urbana - Móstoles - Poblado Coimbra



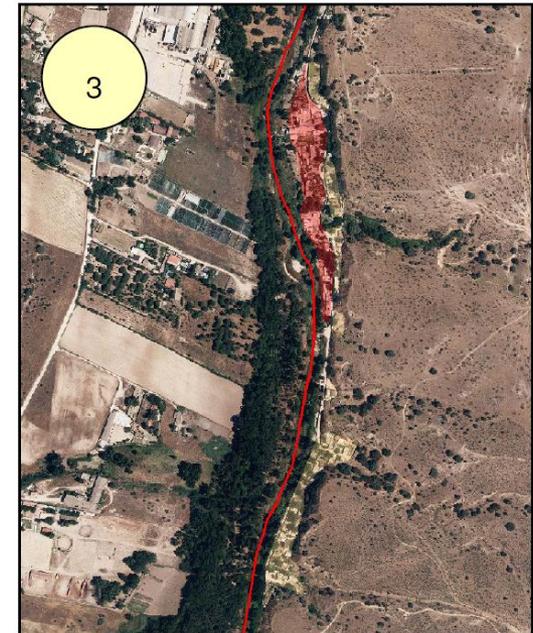
# Medidas hidromorfológicas y de gestión de riesgo de inundación

## Planificación urbana



# Medidas hidromorfológicas y de gestión de riesgo de inundación

## Planificación urbana - Priorización



**Legend**

**Risk assessment**

- High
- Moderate
- Medium
- Guadarrama river Water Body

Risk segmentation	Residences number
High risk	68
Moderate risk	121
Medium risk	12
<b>TOTAL</b>	<b>201</b>

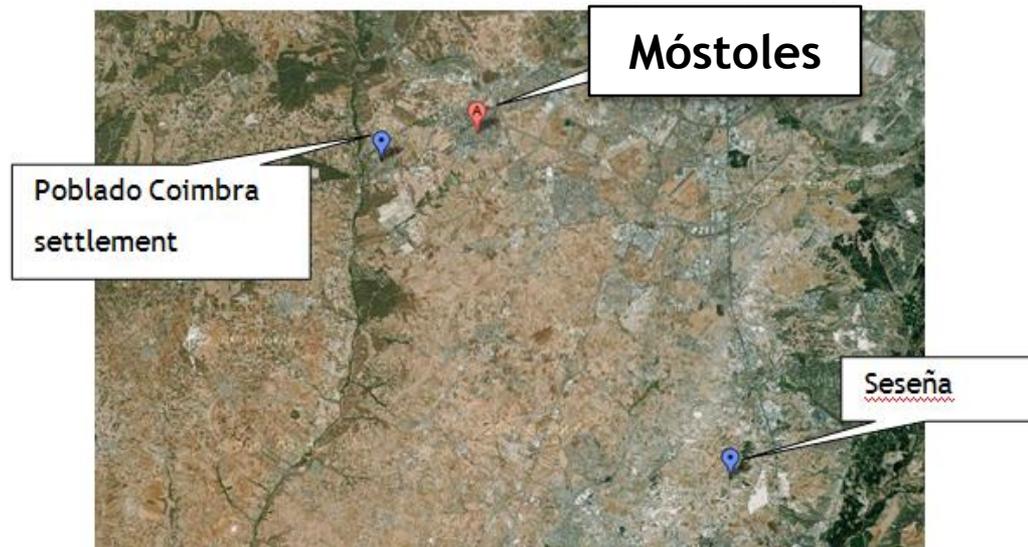
# Medidas hidromorfológicas y de gestión de riesgo de inundación

## Medidas de gestión de riesgos de inundación

### o Planificación urbana.

#### Resumen de actuaciones:

- Reubicación de las familias adheridas al programa.
- Intensas campañas de información pública.
- Consolidación de los terrenos recuperados.



# Medidas hidromorfológicas y de gestión de riesgo de inundación

## Medidas de gestión de riesgos de inundación

- Campañas de promoción de seguros.
  - Se ejecuta en 3 fases, de acuerdo al avance del programa de planificación urbana.
  - Se pueden plantear actividades de voluntariado en contraprestación de facilitar subvenciones en las primeras cuotas.

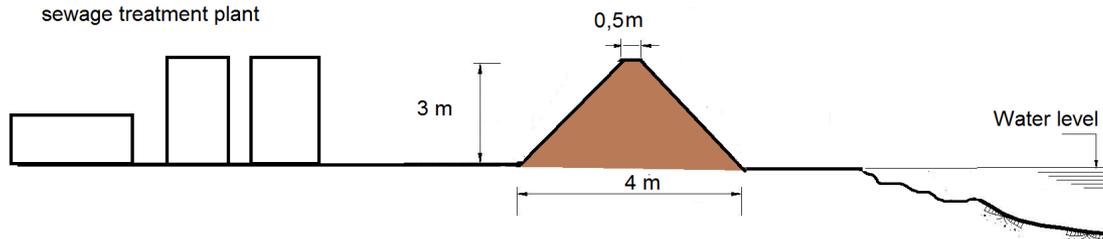


# Medidas hidromorfológicas y de gestión de riesgo de inundación

## Protección de la EDAR "Cuenca Media del Guadarrama."

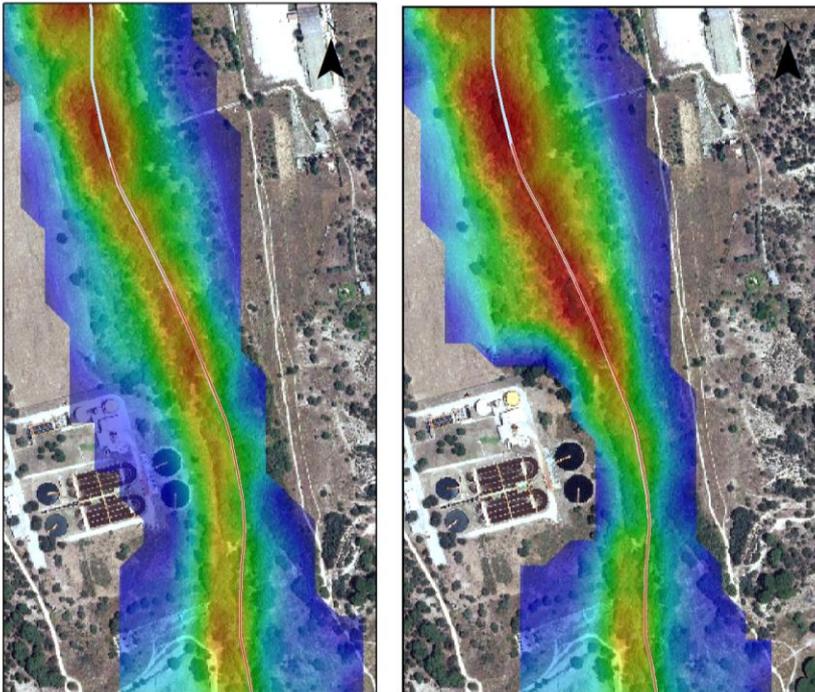


"Tramo medio del Guadarrama" sewage treatment plant



# Medidas hidromorfológicas y de gestión de riesgo de inundación

Protección de la EDAR “Cuenca Media del Guadarrama.



# Medidas hidromorfológicas y de gestión de riesgo de inundación

## Medidas hidromorfológicas

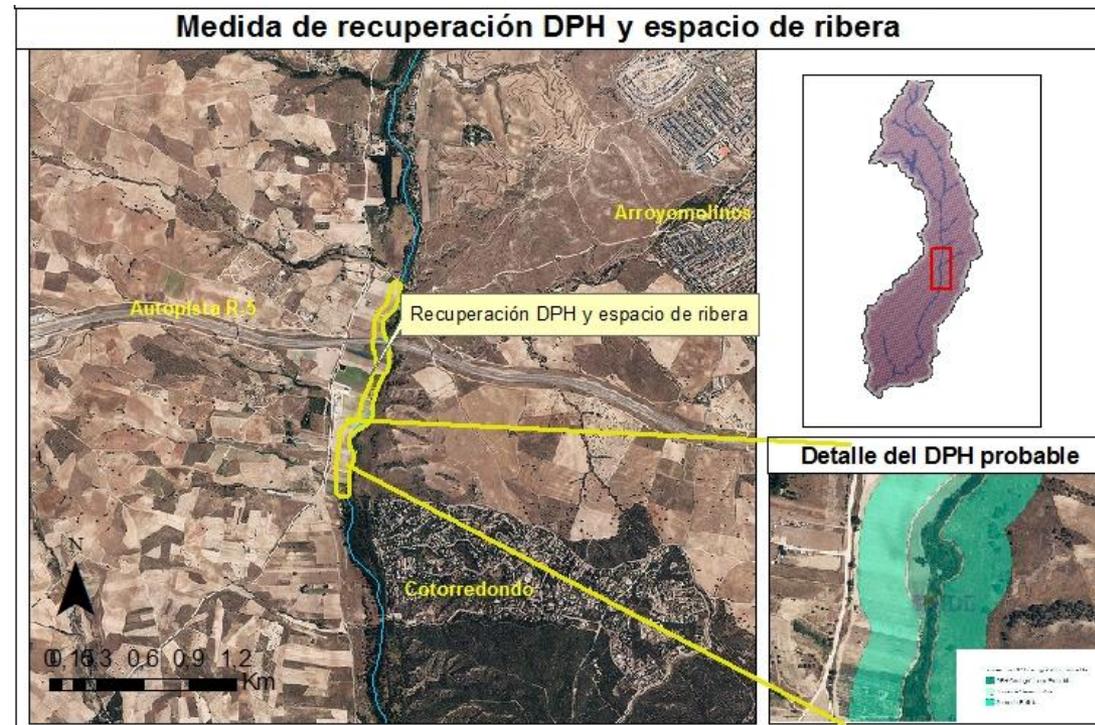
- Restauración de ribera
- Demolición azud



# Medidas hidromorfológicas y de gestión de riesgo de inundación

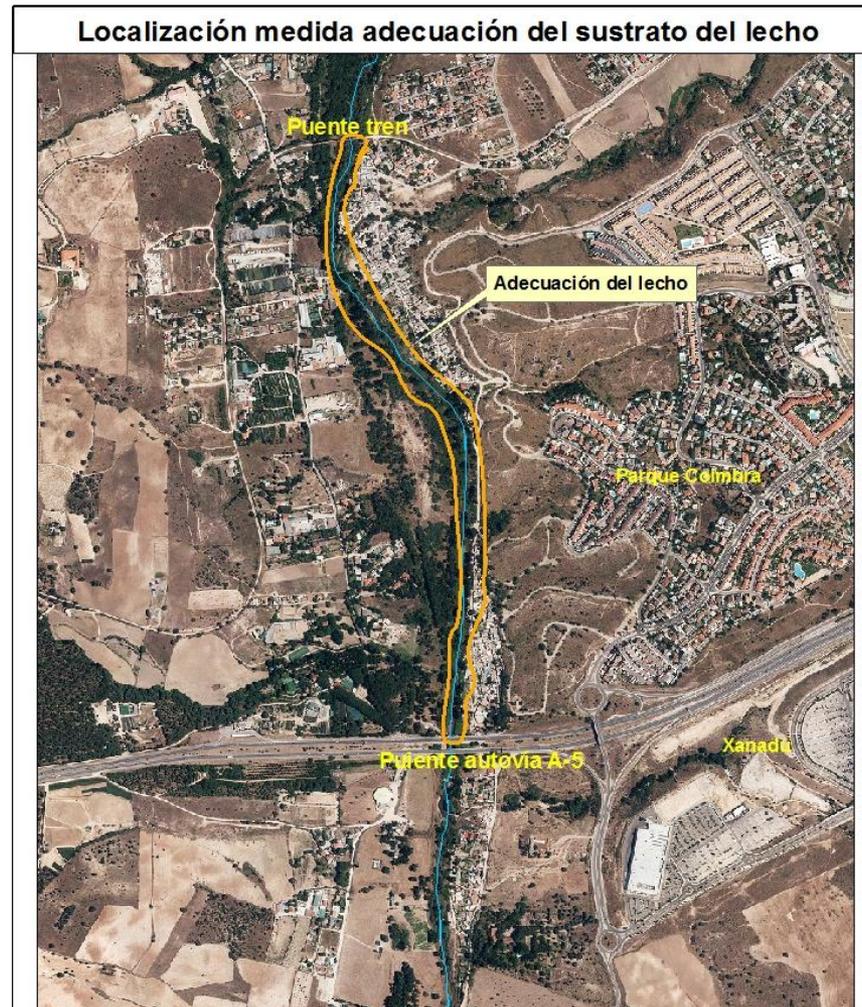
## Medidas hidromorfológicas

- Recuperación DPH y ribera



# Medidas biológicas

- Adecuación del lecho



# Medidas biológicas

- Control y prevención de especies invasoras



# Medidas inundación, hidromorfológicas y biológicas

## Análisis económico

- Medidas estructurales

Medida	Elementos	Coste estimado	Financiación
Restauración de ribera	Eliminación talud, suelo vegetal, plantación	464.228,75 €	Confederación Hidrográfica del Tajo
Recuperación del DPH	Rebaje cota, expropiación	372.484,00 €	Confederación Hidrográfica del Tajo
Eliminación de Azud	Derribo del azud	3.270,47 €	Confederación Hidrográfica del Tajo
Estructura protección EDAR	Creación de la estructura	24.529 €	Gestor de la EDAR Guadarrama medio (Acciona)
Coste total		864.512,22 €	

# Medidas inundación, hidromorfológicas y biológicas

## Análisis económico

- Medidas no estructurales

Medida	Elementos	Coste estimado	Financiación
Mejora del sistema de predicción temprana de los fenómenos de inundación para la red SAIH.	Nueva estación SAIH	200.000 €	Confederación Hidrográfica del Tajo
Planificación urbana	Realojo de familias en 3 fases	14.095.000 €	Ayuntamiento de Móstoles. Comunidad de Madrid.
Programa de seguros	Promoción de seguros en 3 fases	20.000 €	Confederación Hidrográfica del Tajo
<b>Coste total</b>		<b>14.339.529 €</b>	

# Medidas inundación, hidromorfológicas y biológicas

## Análisis económico

- Medidas biológicas

Medida	Elementos	Coste estimado	Financiación
Acondicionamiento del lecho del río	Retirada sedimento, seguimiento medida	71.600,00 €	Confederación Hidrográfica del Tajo
Control y prevención de las especies invasoras	Control especies, prevención	6.500,00 €	Confederación Hidrográfica del Tajo.
Coste total		78.100,00 €	

# Medidas físico - químicas

PFM / Magua



# Medidas físico - químicas

PFM / Magua

## Características EDARs Comunidad de Madrid

EDAR	Tratamiento	Foto	Vertido(m <sup>3</sup> /año)	H-e
Cuenca Media Guadarrama	Nitrificación - desnitrificación		6.387.500	70.000
Brunete (proyecto)	Nitrificación - desnitrificación		9.125.000	90.000
Boadilla del Monte	Nitrificación - desnitrificación		7.500.000	80.000
Villaviciosa de Odón	Nitrificación - desnitrificación		7.915.833	80.000

# Medidas físico - químicas

PFM / Magua

## Características EDARs Comunidad de Madrid

EDAR	Tratamiento	Foto	Vertido(m3/año)	H-e
Sevilla la Nueva	Aireación prolongada		448.950	6.200
Arroyo de El Soto	Nitrificación - desnitrificación		37.843.200	604.800
Arroyo La Reguera	Nitrificación - desnitrificación		29.201.585	272.210
Navalcarnero	Nitrificación - desnitrificación		9.621.000	70.000

# Medidas físico - químicas

PFM / Magua

## Características EDARs Comunidad de Madrid

EDAR	Tratamiento	Foto	Vertido(m3/año)	H-e
Batres	Aireación prolongada		169.650	1.400
Serranillos del Valle	Nitrificación - desnitrificación		523.775	7.000

## Características EDARs Castilla-La Mancha

EDAR	Tratamiento	Foto	Vertido(m3/año)	H-e
Casarrubios	Aireación prolongada		450.410	6.600
Carranque	Nueva Planta		611.375	6.000

# Medidas físico - químicas

## Características EDARs Castilla-La Mancha

EDAR	Tratamiento	Foto	Vertido(m3/año)	H-e
El Viso de San Juan	Nueva Planta		319.375	3.650
Palomeque	Nueva Planta		95.080	650
Chozas de Canales	Aireación prolongada		337.260	6.000
Recas	Nueva Planta		319.375	5.500
Yuclillos	Nueva Planta		73.000	833

EDAR	Inversión Inicial	Coste anual de explotación	Coste Anual equivalente
Total	22.422.626 €	1.435.316 €	15.680.095,51 €

# Medidas físico - químicas

## Analisis económico

Comunidad de Madrid	Población afectada	1.281.610 habitantes	Financiación: Canal de Isabel II
	Total vertido	108.745.893 m <sup>3</sup> /año	
	Precio del canon de saneamiento	0,19 € /m <sup>3</sup>	
Castilla-La Mancha	Población afectada	29.233 habitantes	Financiación: Agencia del Agua de Castilla-La Mancha
	Total vertido	2.205.875 m <sup>3</sup> /año	
	Precio del canon de saneamiento	0,88 €/m <sup>3</sup>	

---

# Capítulo 5

## Priorización de medidas y conclusiones

# Priorización de medidas

Medida	Caracter	Inversión inicial	Total
Plan de depuración	Básica de obligado cumplimiento	22.422.626 €	21
Demolición del azud	Complementaria	3.270 €	20
Protección de la EDAR cuenca del Guadarrama	Complementaria	24.529 €	18
Mejora del sistema SAIH	Complementaria	200.000 €	17
Recuperación del DPH	Básica	372.484 €	16
Planificación Urbanística	Complementaria	14.095.000 €	16
Control y prevención de especies invasoras	Complementaria	65000 €	16
Restauración de ribera	Complementaria	422.885 €	15
Adecuación del lecho	Complementaria	69.600 €	14
Programa de seguros	Complementaria	20.000 €	12
<b>Total</b>		<b>37.636.895 €</b>	

## Conclusiones

- Datos incongruentes entre administraciones. Falta de un catálogo nacional de depuradoras
- Masa de agua no alcanza el buen estado, medio muy antropizado
- Complejidad de medición de la eficacia de las medidas
- Importancia de la ordenación urbana
- Variabilidad de precios en el canon de saneamiento