

**UNIVERSIDAD DE ALCALÁ  
Y  
UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS**



Universidad  
de Alcalá



Universidad  
Rey Juan Carlos

**MASTER OFICIAL EN HIDROLOGÍA Y  
GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS**

**PROYECTO FIN DE MASTER**

**ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE LAS  
COMUNIDADES VEGETALES DE RIBERA Y EL  
RÉGIMEN DE CAUDALES: APLICACIÓN A UN  
TRAMO DEL RÍO JARAMA**

**AUTOR:**

Ana Fernández Santamarina

**DIRECTORES:**

Ángel Udias Moinelo

Fernando Magdaleno Mas

**Alcalá de Henares, 14 de junio de 2013**

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero darles las gracias a mis dos tutores. Muchas gracias, Ángel, por este cursillo avanzado de estadística y de R, por estar disponible en todo momento y por involucrarte tanto en el estudio. Gracias a ti, Fernando, por mostrarme y guiarme por la senda de la investigación, recordándome una y otra vez lo importante que es ser metódicos, tan difícil para mí en algunos momentos. Muchas gracias a ambos por vuestra paciencia y apoyo.

En segundo lugar gracias a los que me echasteis una mano (o dos) en campo, gracias Josemi, porque eres el mejor topógrafo del mundo y porque sin tu ayuda no hubiese sacado la topografía. Gracias Ramón por esforzarte con el jalón en un lugar tan inhóspito para una persona urbanita, este verano ya haré de ti todo un hombre de campo. Gracias Sergio y Helena por vuestro apoyo, y como no, gracias Marino por unas cuantas, entre ellas por tu aportación en el levantamiento topográfico y por dejarme el Tigre para las zonas menos accesible.

Y por último, agradeceros a los que estáis y espero sigáis acompañándome en este largo, pero a la vez corto camino de la tesis... ¡y mucho más allá! Gracias, Marino, por tu hombro y tu risa (no eches a correr después de dos Másters, ¡ahora queda lo mejor!). Gracias, familia, por lo de siempre, ojalá podamos seguir demostrándonoslo durante infinito tiempo... Y gracias, Granhermano por TODO, esto va por ti, porque de alguna manera sigues con nosotros. Nunca me dejas sola en campo y a veces creo verte pescar mientras mido mis arbolitos...¡hasta consigues pescar truchas en el Jarama!

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>6</b>
<b>3. MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
3.1 Selección de tramos y diseño de muestreo .....	11
3.2 Estudio de la alteración hidrológica .....	13
3.3 Recopilación de datos.....	15
3.3.1 Datos de inventario de vegetación.....	15
3.3.2 Datos de topografía.....	18
3.3.3 Variables registradas .....	23
3.4 Identificación de gremios de ribera.....	23
3.5 ANÁLISIS DE DATOS .....	26
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
4.2 Resultados de los análisis estadísticos .....	30
4.2.1. Resultados de los análisis exploratorios sobre el regenerado .....	31
4.2.2. Resultados de los análisis sobre la muestra de >1.30 m de altura.....	33
4.2.3. Resultados de los análisis exploratorios sobre la muestra dividida .....	39
4.2.4. Resultados de análisis multivariante de agrupamiento y clasificación.....	42
<b>5. DISCUSIÓN.....</b>	<b>48</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>50</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>51</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Capacidad de regulación de los embalses que regulan en el área de estudio .....	6
Figura 2 Ubicación general de la zona de estudio del Jarama y del tramo de muestreo.....	9
Figura 3 Ubicación concreta del tramo de estudio (IBERPIX 2013) .....	10
Figura 4 Procedimiento metodológico .....	11
Figura 5 Fajas muestreadas en campo sobre el mosaico de ortofotos del LIDAR .....	13
Figura 6 Procedimiento en campo.....	15
Figura 7 Medición de diámetros: aparato de medida utilizado (flexómetro) y esquema de procedimiento .	17
Figura 8 Medición de alturas: aparatos de medida utilizados, Suunto para las visuales a la copa y a la base del árbol, y cinta métrica para posicionarse a una distancia conocida.....	17
Figura 9 Ejemplo de una chopera naturalizada encontrada en la Faja 1 .....	18
Figura 10 Diferentes especies de ribera en la de la Faja 12 .....	18
Figura 11 y Figura 12 Estacionamiento en diversas fajas.....	19
Figura 13 Batimetría en una faja vadeable y en una poza, respectivamente.....	19
Figura 14 Ejemplo del MDT de elevaciones de dos fajas (elevaciones en metros sobre el nivel del mar).....	22
Figura 15 Resultado de la alteración del tramo según las indicaciones de la IPH (IPH 2008) .....	30
Figura 16 Box-Plot DV/SP (regenerado).....	32
Figura 17 Box-Plot DH/SP (regenerado).....	32
Figura 18 Scatter-Plot DV/ SP.....	32
Figura 19 Scatter-Plot DH/ SP.....	32
Figura 20 Distribución espacial de los individuos en función de DV y DH.....	34
Figura 21 Distribución de las especies en cuanto a DV y DH.....	34
Figura 22 Box-Plot DV/SP .....	35
Figura 23 Box-Plot DH/SP.....	35
Figura 24 Gráfico Normal Q-Q DV/ <i>Fraxinus angustifolia</i> (Fa).....	36
Figura 25 Gráfico de densidad DV/ <i>Fraxinus angustifolia</i> (Fa) .....	36
Figura 26 Gráfico Normal Q-Q DV/ <i>Crataegus monogyna</i> (Cm) .....	36
Figura 27 Gráfico de densidad DH/ <i>Crataegus monogyna</i> (Cm).....	36
Figura 28 Box-Plot DV grupo pies mayores.....	40
Figura 29 Box-Plot DV grupo pies menores.....	40
Figura 30 Pies mayores/DV .....	41
Figura 31 Pies menores/DV.....	41
Figura 33 Comparación respecto a DV/DH de la distribución original de la muestra por especies y de la distribución de los grupos obtenida mediante un análisis clúster jerárquico con distancia euclídea y aglomeración de Ward .....	44

Figura 34 Tres primeros niveles del árbol de clasificación de especies obtenido, en relación a DV, DH, diámetro y vigor .....	46
--	----

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Índice de regulación de los embalses .....	7
Tabla 2 Categorías y tamaños de las partículas consideradas para la variable del sustrato.....	18
Tabla 3 Resumen de variables utilizadas para el análisis.....	23
Tabla 4 Gremios propuestos en la bibliografía para grupos funcionales de vegetación de ribera.....	24
Tabla 5 Características más relevantes en cuanto al régimen hídrico de las especies muestreadas. Resumidos en base a la revisión bibliográfica (Bejarano et al. 2011b, Correia and Oliveira 1999, Serrada et al. 2008) de las especies, y criterio experto(a: años, m: metros, cm: centímetros) .....	25
Tabla 6 Resultado IAHRIS valores habituales .....	28
Tabla 7 Resultado IAHRIS valores avenidas.....	29
Tabla 8 Resultado IAHRIS valores sequías.....	29
Tabla 9 Inventario del regenerado muestreado.....	31
Tabla 10 Inventario de especies muestreadas .....	33
Tabla 11 Resultados de los test de normalidad para los datos sin transformar y transformados.....	37
Tabla 12 Resultados del Kruskal test por parejas para DV/SP.....	38
Tabla 13 Resultados del Kruskal test por parejas para DH/SP.....	38
Tabla 14 Pies mayores y menores en función del diámetro .....	39
Tabla 15 Primer análisis clúster con todas las especies (en valores relativos % según la totalidad de la especie).....	43
Tabla 16 Análisis clúster con siete especies (en valores relativos % según la totalidad de la especie).....	44
Tabla 17 Análisis clúster con siete especies (en valores relativos de tanto por uno según la totalidad de la especie).....	47

## RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos hasta la fecha de una tesis que tiene como objetivo buscar la relación entre la estructura y composición de las comunidades de vegetación de ribera y el régimen de caudales en el tramo alto del río Jarama, la agregación de especies en gremios de respuesta al flujo, y de una herramienta para cuantificar las necesidades hídricas de estos gremios

Esta publicación se adentra en uno de los tramos de estudio (tramo muy alterado hidrológicamente), seleccionado para investigar la existencia de esas relaciones. Se ha evidenciado, mediante test no paramétricos, que la distribución de especies muestreadas a lo largo del río responde principalmente a las variables de distancia y altura respecto al thalweg. Mediante test no paramétricos se han encontrado relaciones entre parejas de especies, y se han relacionado entre sí tres de las nueve especies del tramo. Se han aplicado técnicas multivariantes de agrupamiento y clasificación buscando asociaciones entre las especies (clúster jerárquico con distancia euclídea y aglomeración de Ward; Árboles de clasificación), sin obtener una clasificación válida hasta el momento. Se pretende seguir depurando la técnica utilizada, probando a introducir nuevas características de las especies de ribera que tienen relación directa con el flujo.

# 1. INTRODUCCIÓN

La investigación reciente ha destacado la importancia de los ecosistemas ribereños como centros de diversidad biológica y los vínculos entre los sistemas terrestres y acuáticos. Los ecosistemas ribereños pertenecen a los ambientes que están más degradados por los seres humanos y es necesaria la restauración para mantener su biodiversidad e integridad ecológica (Nilsson and Svedmark 2002).

Los modelos conceptuales de funcionamiento de los ríos reconocidos internacionalmente por la comunidad científica, tales como el concepto de río continuo (Vannote et al. 1980), el concepto de pulso de inundación (Junk and Wantzen 2004, Junk et al. 1989), o el Paradigma del Régimen de Caudales (Poff et al. 1997) , apoyan la visión ecosistémica de las corrientes continentales, proporcionando los principios de organización para estudios ecológicos.

El *marco legal europeo* que ha introducido la Directiva Marco del Agua<sup>1</sup> en cuanto a la calidad de las aguas continentales, supone un gran avance en tal materia, al reconocer por primera vez (en cuanto a los anteriores modelos legislativos en materia de aguas) el concepto de ecosistema, y como tal, la integración del ecosistema acuático con los ecosistemas terrestres dependientes y las aguas subterráneas, haciéndose eco de los conocimientos científicos desarrollados hasta el momento, y perdiendo de vista la noción de río como mero canal de suministro de agua.

Las mayores alteraciones hidrológicas de nuestros ríos se deben a la fragmentación de los cauces por las presas y a la regulación del régimen por los embalses. El *Concepto de la Discontinuidad Serial* (Ward and Stanford 1983) *sostiene que las represas actúan como agentes de perturbación generalizada*. Modifican la captura de los flujos líquidos y sólidos del río. En la actualidad, la gestión hídrica conlleva una importante regulación de los

---

<sup>1</sup> Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas DO L 327 22/12/2000. Modificada por la Decisión 2455/2001/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de noviembre de 2001, por la que se aprueba la lista de sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE, DO L 331 15-12-2001.



caudales circulantes, llegando a situaciones de inversión del régimen aguas abajo de embalses de riego, o embalses construidos para la protección de inundaciones, que laminan las puntas de caudales, alterando las características físicas del hábitat natural, e influyendo en todo el ecosistema ripario.

Para alcanzar el buen estado ecológico de nuestros ríos, es necesario que los ecosistemas asociados tengan una estructura y un funcionamiento hidromorfológico adecuados.

Tal y como desarrollan (Vaughan et al. 2009), para los cumplimientos del calendario de la DMA es necesaria una mejor comprensión entre la ecología y la hidromorfología; los indicadores biológicos de la modificación física son todavía preliminares, rara vez se describen o mal fundados

Históricamente, la protección de los ecosistemas fluviales se ha visto limitada en su ámbito, haciendo hincapié en la calidad de agua y sólo un aspecto de la cantidad: el caudal mínimo. El reconocimiento de la variabilidad natural de los ríos con sus cinco componentes de magnitud, frecuencia, duración, tiempo y tasa de cambio reconoce un avance importante en la mayor parte de la gestión de los ríos. La amplia variedad de flujos del régimen natural ha promovido la evolución de las especies que se aprovechan del mosaico de hábitats creados y mantenidos por esta variabilidad hidrológica (Poff et al. 1997).

Las perturbaciones naturales regulan el tamaño de la población y la diversidad de especies a través de escalas espaciales y temporales en los ecosistemas naturales. Las adaptaciones de los organismos acuáticos y ribereños que les han permitido sobrevivir a las perturbaciones del flujo natural (inundaciones, sequías), se han traducido en adaptaciones en su ciclo de vida, morfológicas y de comportamiento (Lytle and Poff 2004). Es por ello que la composición y estructura de la vegetación riparia ha evolucionado a lo largo de los años en función del régimen de caudales naturales del río, adaptándose a las perturbaciones naturales

La vegetación de ribera es un elemento fundamental en el ecosistema fluvial, ya que brinda diversos beneficios ambientales. El corredor ripario es la interfaz entre los sistemas terrestres y acuáticos, abarcando los gradientes ambientales, los procesos ecológicos, y las

comunidades (Naiman, 1993), regulando la transferencia de materia y energía entre estos sistemas, así como la regulación de la transmisión de la energía solar en el ecosistema acuático (Pusey and Arthington 2003). Estas zonas son conocidas como “bandas de vegetación tampón”, o como “corredores ribereños de movimiento de la fauna” (Fisher and Fischenich 2000).

Han sido muchos los científicos que han demostrado la relación existente entre la modificación de los caudales naturales de un río y la repercusión de éstos en la vegetación de ribera, desarrollándose diferentes modelos de funcionamiento.

La modelación de procesos a escala de ribera, puede partir tanto de una clasificación de su vegetación basada en la filogénesis como en otros sistemas tales como grupos funcionales de vegetación. La aplicación de esta última destaca en climas semiáridos (Morales and Fernández 2010).

Los grupos funcionales se refieren a agrupaciones no filogenéticas de organismos, con un comportamiento similar en respuesta a factores ambientales concretos (Wilson, J. B. 1999.; Terradas, 2001, Lavorel and Garnier, 2002; Merritt et al, 2010; Bejarano et al. 2011B, CEDEX, 2011).

Ha habido diferentes clasificaciones de grupos funcionales a lo largo del tiempo. Lavorel et al (1997) diferencia entre cuatro tipos básicos: grupos emergentes, estrategias, tipos funcionales estrictos y grupos específicos de respuestas (Terradas ,2011). Wilson (1999) distingue, básicamente entre gremios con una misma utilización de recursos y gremios con mismas condiciones ambientales. Dentro de esta última se encuentran los gremios de respuesta a factores ambientales (gremios de respuesta), y más concretamente los gremios de respuesta al flujo (Merritt et al. 2010).

El trabajo de Merritt et al.2011, se centra en los grupos de especies vegetales de ribera que responden de manera similar a los atributos cuantificables de flujo (en adelante gremio ribereño). Puesto que el enfoque de gremio proporciona información sobre las tendencias generales de las poblaciones de plantas y estructuras de ensamblaje, el concepto de gremio ribereño permite generalizaciones y comparaciones entre diferentes sistemas fluviales (Bejarano et al., 2011b).

Son pocos los estudios existentes y propuestas concretas de gremios de vegetación de respuesta al flujo, pero existen antecedentes en EEUU (Stromberg et al. 1996, Stromberg et al. 2010) y en España (CEDEX 2011), y más concretamente en la cuenca hidrográfica del Tajo (Bejarano et al. 2011b).

Adentrándonos en la legislación de nuestro país, son dos las leyes y una norma ministerial a destacar en cómo y dónde se trata la relación entre el régimen hídrico de los ríos y la vegetación de ribera en la reglamentación española. Ya en el Plan Hidrológico Nacional (Ley 11/2005) se expone la definición de caudal ecológico que se trata en el Reglamento de Planificación Hidrológica (RD 907/2007): *aquel que contribuye a alcanzar el buen estado o el buen potencial ecológico en los ríos o en las aguas de transición y mantiene, como mínimo, la vida piscícola que de manera natural habitaría o pudiera habitar en el río así como su vegetación de ribera*. Posteriormente, esta definición se plasma en la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH, 2008), Orden Ministerial que define, en el apartado 3.4. las metodologías a seguir para el establecimiento del régimen de caudales ecológicos en las Demarcaciones Intercomunitarias para las aguas de transición, lagos y masas de agua. Éstos se definen a partir de metodologías hidrológicas e hidrobiológicas, pero no existe una metodología específica para definir las necesidades hídricas de la vegetación de ribera.

La motivación de este estudio nace de la necesidad de una herramienta cuantitativa para la gestión y restauración de la vegetación de ribera, tras considerar la importancia de las especies riparias para el beneficio del ecosistema, de la evidencia de que la composición y estructura de la vegetación de ribera está fuertemente ligada a la variabilidad hidrológica natural (Richter and Richter ,2000) y de su patente degradación unida a la alteración del régimen de caudales. Se pretende enfocar el estudio a la búsqueda de gremios ribereños, puesto que se perfila como un instrumento para la extrapolación de resultados de requerimientos hídricos de unas especies a otras especies con exigencias similares, dentro del mismo gremio. Para ello, se ha estudiado la vegetación de ribera en un tramo del medio Jarama, sobre el que se ha aplicado la metodología de análisis cuantitativo con el que se pretende obtener respuestas a cuestiones como:

- ¿Existe una relación entre la estructura y composición de las comunidades de vegetación de ribera en el tramo estudiado en cuanto a las respuestas al régimen hídrico?
- ¿Se pueden agregar estas respuestas en grupos no filogenéticos?
- ¿Qué tipo de técnicas estadísticas se pueden utilizar para ello y qué consideraciones adicionales deben ser tenidas en cuenta?

El presente estudio está enmarcado dentro de una beca del Ministerio de Fomento, en la modalidad de formación de personal investigador, ligada a la realización de una tesis doctoral. La beca, con el título de “Estudio sobre métodos de cálculo de caudales ecológicos”, se está desarrollando en el Centro de Técnicas Aplicadas del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CETA-CEDEX), en la Consejería Técnica de Estudios Ambientales.

La tesis que se está realizando tiene como objetivos la investigación en i) la relación entre la estructura y composición de las comunidades de vegetación de ribera y el régimen de caudales en el tramo alto del río Jarama, ii) la posibilidad de agregación de especies en gremios de respuesta al flujo y iii) si es posible el apartado anterior, conseguir una herramienta metodológica para cuantificar las necesidades hídricas de estos gremios.

## 2. ÁREA DE ESTUDIO

El río Jarama es el afluente principal del río Tajo por su margen derecha. Nace en el Sistema Central, en el centro de la Península Ibérica. Tiene una longitud de 204.9 km y una superficie acumulada de 11,545.91 km<sup>2</sup> (CHT 2008). Su aportación en régimen natural es de 1,855 hm<sup>3</sup>/año, que corresponde al 18% sobre el total de la aportación de la cuenca del Tajo para la serie del modelo SIMPA, (CEDEX 2008, Ruiz-García 1999) desde 1940/41a 2005/06 (CHT 2013).

El área de estudio corresponde al tramo medio del río Jarama, después de la confluencia con el río Lozoya y antes de la del río Guadalix. Está regulado por varios embalses, siendo los más importantes en cuanto a la capacidad de regulación El Vado y El Atazar.

En la Figura 1 se muestran los embalses de la zona, indica el caudal acumulado máximo de los embalses, y el año de finalización de las obras (MAAMA 2013).

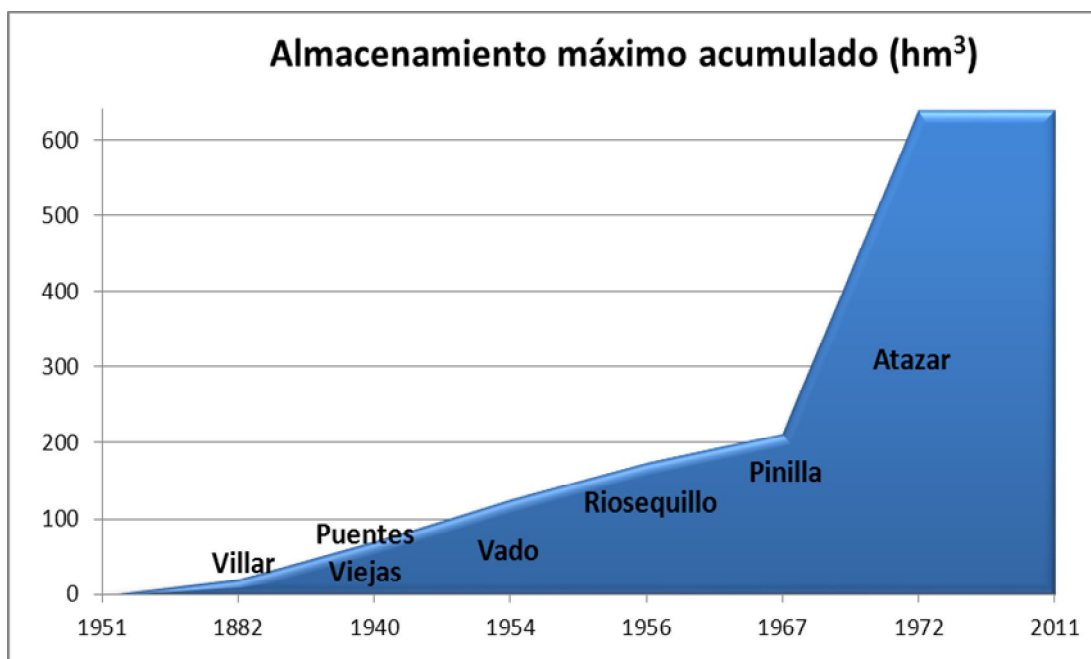


Figura 1 Capacidad de regulación de los embalses que regulan en el área de estudio

<b>EMBALSE</b>	<b>IR</b>
<b>El Villar</b>	7.4%
<b>Puentes Viejas</b>	16.9%
<b>El Vado</b>	32.9%
<b>Riosequillo</b>	25.8%
<b>La Pinilla</b>	29.4%
<b>El Atazar</b>	130.6%

**Tabla 1 Índice de regulación de los embalses**

En la Tabla 1 se muestra el índice de regulación,  $IR = \frac{\text{Captación embalse/Aportación media anual}}{\text{Captación natural}}$ , por el método de (Batalla et al. 2004). Para su cálculo, se ha tenido en cuenta las aportaciones en régimen natural mediante el modelo SIMPA, al final de las masas de agua de los embalses, desde el año de puesta en funcionamiento hasta el 2005.

La zona de estudio presenta un clima mediterráneo continental. La precipitación total anual del período 1940/41-2005/06 oscila entre 400 y 600 mm/año (CHT 2013). El trazado del río ha pasado de ser meandriforme (índice de sinuosidad de 1.51) a sinuoso (1.31) entre las fotografías aéreas del año 1956 y 1986 (Alonso and Garzón 1997).

En el aspecto geológico, el área de estudio se asienta sobre materiales detríticos del Cuaternario formados por gravas, arenas y arcillas (IGME, 1990,2000).

El emplazamiento, se ubica sobre el Sistema Acuífero del Terciario Detrítico de Madrid-Toledo- Cáceres (IGME, 2000), pero más cercano a la superficie, está el “Aluvial del Jarama: Madrid-Guadalajara (CHT 2013). Éstos, se hallan asociados a la red de drenaje principal y conectados hidráulicamente a ella. El río Jarama posee depósitos cuaternarios muy desarrollados (IGME, 2000), y sobre los que se sitúan un, dónde la masa de agua subterránea está en peligro de no poder alcanzar los objetivos ambientales propuestos por la DMA, debido al gran número de extracciones existentes (DMA, 2000, CHT, 2013).

Las comunidades vegetales de ribera características en esta zona son las alisedas continentales mesótrofas, alamedas hidrófilas, fresnedas mediterráneas hidrófilas, variantes oligótrofa y mesótrofa, saucedas mixtas, tarayales basófilos y saucedas blancas (Lara et al. 2004). En una primera banda puede encontrarse una aliseda mesótrofa (en algunos tramos es escasa), que llevan asociadas saucedas de sauce blanco (*Salix alba*), sauce de hoja de salvia (*Salix salviifolia*) y salzmimbre (*Salix fragilis*). En zonas aparece el taray (*Tamarix*

*gallica*), que llega a formar tarayales arbustivos o arborescentes en zonas alejadas del cauce principal, y que pueden llevar un dosel superior de álamo blanco (*Populus alba*) con fresno de hoja estrecha (*Fraxinus angustifolia*). En una segunda banda quedan restos de alameda-fresneda, un mosaico de choperas con rodales de fresno y álamo blanco (CEDEX 2013).

La zona pertenece a la masa de agua *Río Jarama desde Río Lozoya hasta Río Guadalix*. Corresponde al tipo 15 “Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados” (CHT 2013). Se encuentra incluida en el Lugar de Interés comunitario (LIC, 2000/60/CE) denominado “Cuencas de los ríos Jarama y Henares”

La zona ha sido muy modificada durante años debido a la actividad humana. Las presiones más significativas son debidas a la regulación, a usos del suelo por regadío y a usos extractivos derivados de la retirada de áridos (Alonso and Garzón 1997, CHT 2008, Domínguez et al. 2000).

Se ha seleccionado esta zona porque: i) conserva tramos con vegetación de ribera en buen estado (CHT 2013), ii) por interés estratégico (es un tramo cercano a Madrid, y está el afluente principal de la Cuenca del Tajo), iii) y por la disponibilidad de datos foronómicos y topográficos (se tienen datos de un vuelo LIDAR del 2009, de 29 Km).

Dentro de la zona descrita, se preseleccionaron varios tramos, estudiándose la vegetación natural de la zona de ribera. En el presente estudio se presenta el primer tramo de estudio. En la Figura 2 se muestra el área de estudio y los tramos seleccionados.

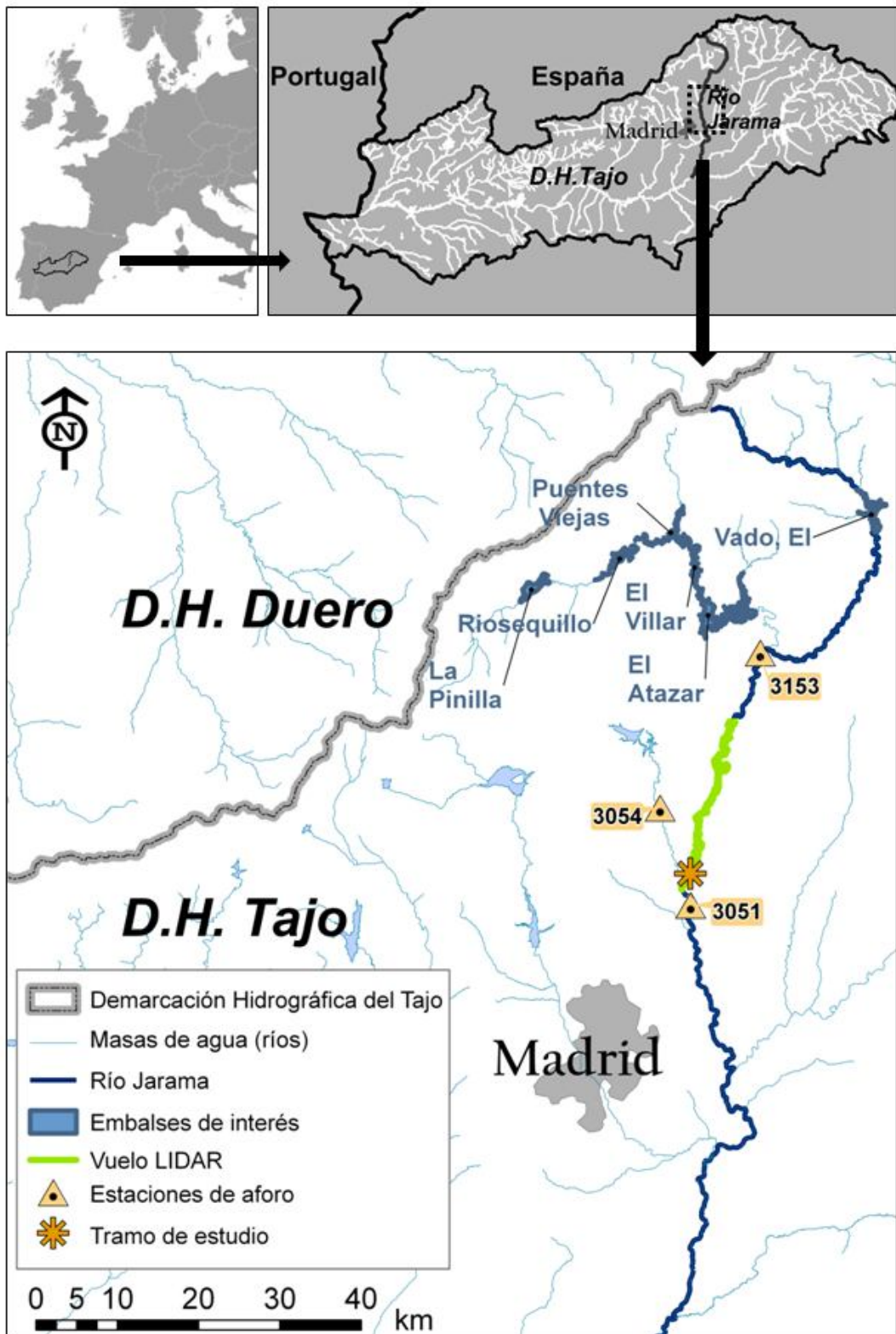


Figura 2 Ubicación general de la zona de estudio del Jarama y del tramo de muestreo



El tramo se encuentra en el municipio de Algete, cercano a la Urbanización de Santo Domingo, tiene una longitud de 750 m y una superficie de 51816 m<sup>2</sup>. La anchura media es de 65 m. Este es el primer tramo del que se han obtenido datos de vegetación de ribera, y corresponde a menos de la mitad de la muestra que se tomará en total en el conjunto de la selección del Jarama.

Se comenzó por aquí por cuestiones prácticas de puesta en marcha la metodología de muestreo. Es el tramo más sencillo ya que es el más corto y el de mejor accesibilidad y visibilidad.

A continuación se exponen las coordenadas del tramo de estudio y en la Figura 3 el acceso al mismo.

<b>COORDENADAS INICIO TRAMO</b>	X= 452253.0	Y= 4496962.6
<b>COORDENADAS FIN TRAMO</b>	X= 45173.4	Y= 4496838.4

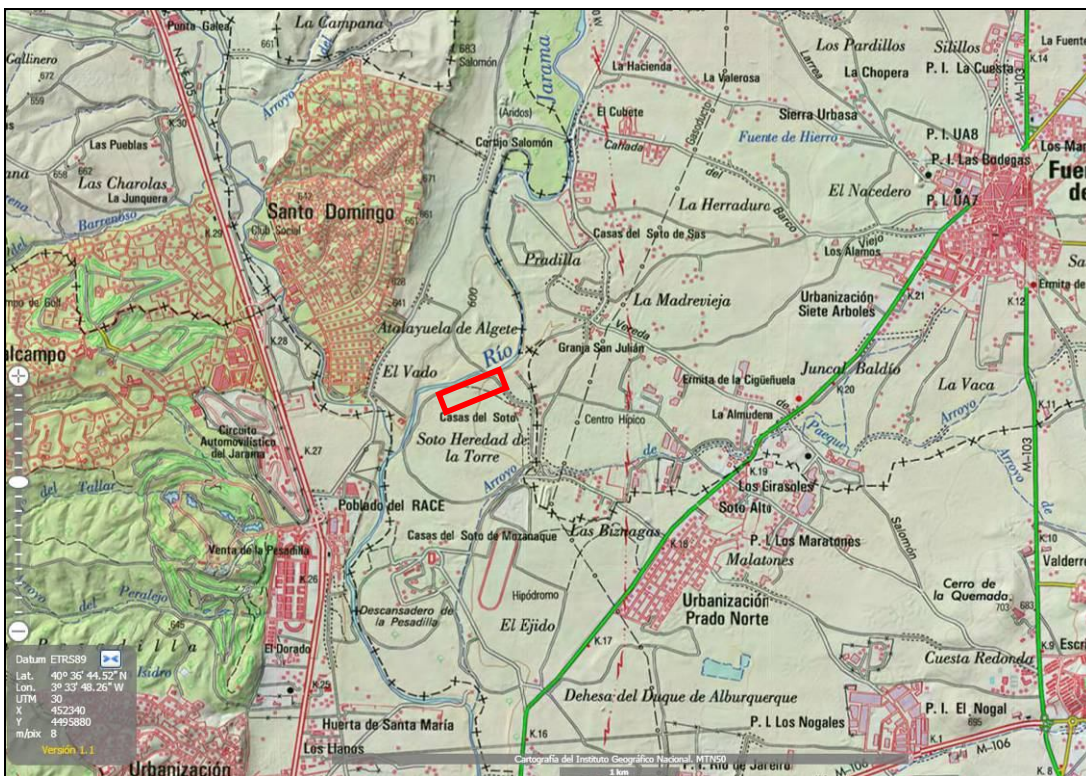
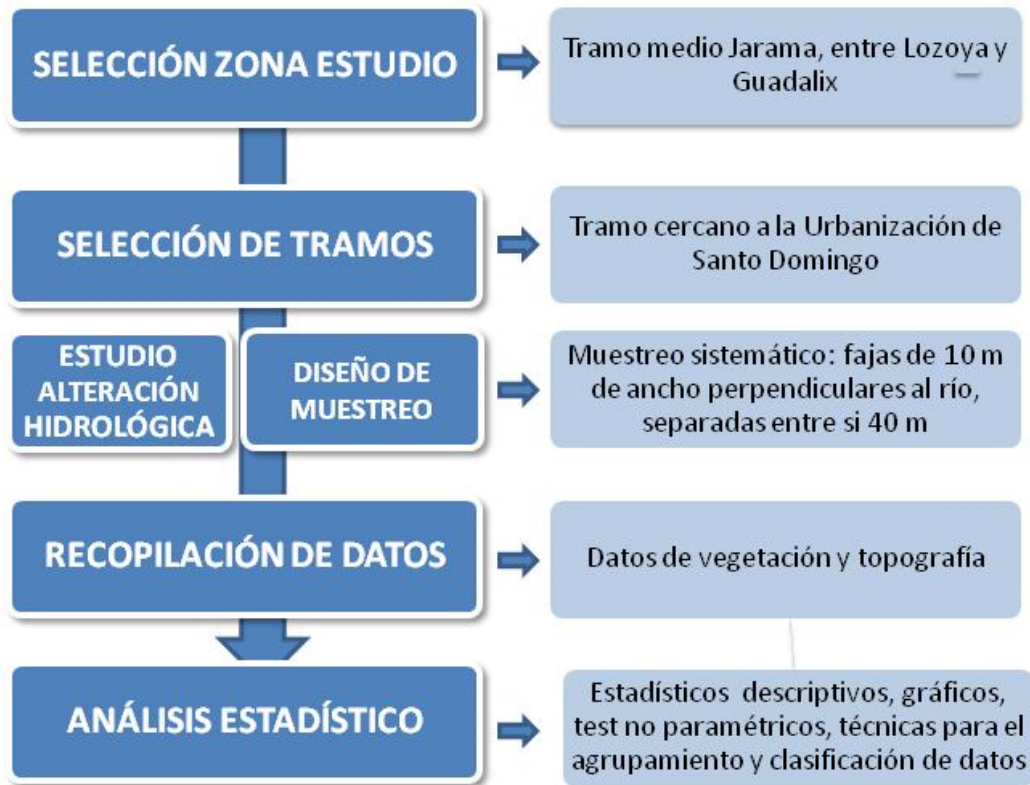


Figura 3 Ubicación concreta del tramo de estudio (IBERPIX 2013)

### 3. MÉTODOS

El procedimiento metodológico que se ha seguido en el estudio, se resume en la Figura 4 y posteriormente se desarrollan con detalle algunos de los puntos.



**Figura 4 Procedimiento metodológico**

#### 3.1 SELECCIÓN DE TRAMOS Y DISEÑO DE MUESTREO

Se buscaron tramos donde hubiese un buen desarrollo de la vegetación de ribera, y conectividad longitudinal y lateral. Fueron seleccionados varios tramos, mediante las ortofotos del vuelo LIDAR y del PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea) del 2009 (IGN 2012) y visitas a campo para confirmar su estado.

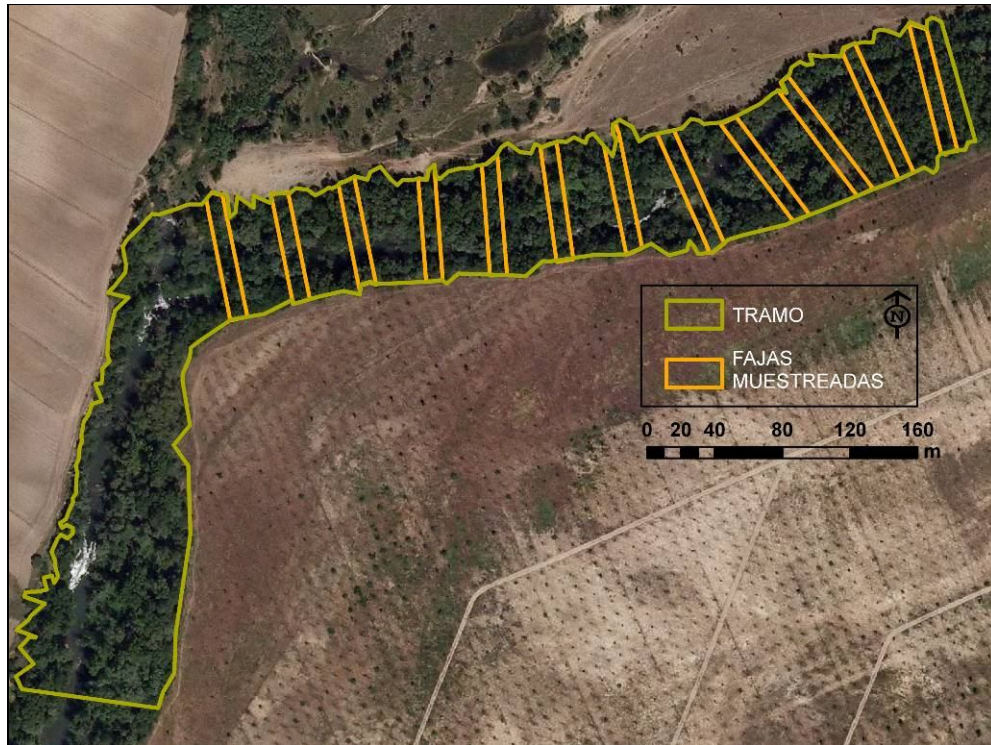
El diseño de muestreo se realizó para los tramos seleccionados, siguiendo la misma metodología, por lo tanto cada una de las decisiones tomadas del tipo de muestreo, tipo de unidades muestrales, anchura de las unidades y separación entre ellas las misma para

todos, no el número de unidades muestrales por ser uno de los tramos más largos y por lo tanto con mayor superficie.

Para la toma de datos, se ha realizado un muestreo sistemático (Beschta 2005), mediante transectos perpendiculares al eje del río (Auble et al. 2005, Bejarano et al. 2011a, Bejarano et al. 2011b, Merritt and Wohl 2006, Samuelson and Rood 2004, Stromberg et al. 1996, Stromberg et al. 2010) dispuestos a una equidistancia fija a través de la superficie de la ribera (Merritt and Cooper 2000).

Se consideraron fajas de un ancho específico (Arthington et al. 2012), tomando datos de todos los individuos de porte arbóreo o regenerado de árboles, existente en el transecto. Previa a la selección del ancho, se realizaron pruebas en campo tomando fajas en ubicaciones aleatorias de anchuras de 5 m, 10 m y 15 m. Finalmente se seleccionó aquella en la que entró un mayor número de especies y de pies de porte arbóreo por metro lineal, correspondiente a la de 10 m.

Para el cálculo de la distancia de separación entre las fajas, primero se calculó el número óptimo de fajas necesarias para cubrir la superficie de muestreo, cuyo error no superase el 15%, con un rango de confianza del 95%. La variable utilizada para el cálculo del error fueron las copas de los árboles, variable relacionada con las componentes del flujo (Merritt et al. 2011). Para ello se digitalizaron los huecos entre copas, no considerando polígonos de menos de 50 m<sup>2</sup>, y se restó a la superficie total, por un lado de las fajas a considerar, y por el otro a la superficie de tramo total. Se fue disminuyendo la distancia entre las fajas, a la vez que se aumentaban en número de fajas a muestrear, hasta conseguir el número óptimo de magnitud de muestra que cumplía lo anteriormente descrito. Finalmente se han obtenido un total de 12 fajas de muestreo, que se muestra en la Figura 5.



**Figura 5 Fajas muestreadas en campo sobre el mosaico de ortofotos del LIDAR**

### 3.2 ESTUDIO DE LA ALTERACIÓN HIDROLÓGICA

Se ha realizado el estudio de la alteración del régimen hidrológico superficial, mediante el programa informático IAHRIS 2.2 (Martínez and Fernández 2010a), software desarrollado por el CEDEX y por la Universidad Politécnica de Madrid, para comparar las condiciones de las componentes más importante del régimen desde el punto de vista de los ecosistemas fluviales antes y después de la regulación del río.

La **entrada** en el programa son una o varias series de caudales, en función de lo que se desee calcular. Si se quiere caracterizar el régimen natural y circulante, así como calcular los índices de alteración, se deberá de introducir una serie en régimen natural, y la otra en régimen alterado (circulante). Pueden introducirse datos diarios o mensuales, series coetáneas o no coetáneas (caudal que pasa y que “podría pasar a régimen natural” en el mismo periodo de tiempo, o en diferente periodos de tiempo). Para obtener el análisis más amplio posible, lo óptimo es introducir datos diarios coetáneos. En el análisis es necesario



un mínimo de 15 años (Martínez and Fernández 2010a) y un óptimo de 20, de registros, para garantizar la inclusión de los períodos húmedos, medios y secos (Belmar 2012).

La **salida** del programa es un fichero en Excel con diferentes solapas que corresponden a diferentes informes, el número de los mismos dependerá de las series introducidas (datos de ambas series mensuales o diarios, series coetáneas o no coetáneas...). Así, se obtienen informes con 19 parámetros que caracterizan el régimen de caudales, con Tablas y gráfico, y/o índices de evaluación del régimen en valores habituales y extremos. Se puede obtener hasta un total de 21 índices para series coetáneas y de 24 para no coetáneas, de las cuales los primeros índices evalúan la alteración hidrológica de valores habituales del régimen, y desde el índice 7 al 14 evalúan la alteración de avenidas, y del 15 al 21 la alteración producida en las sequías (Martínez and Fernández 2010b). Es muy importante conocer las alteraciones del régimen que se está estudiando, así como los años en los que han comenzado las alteraciones, para poder evaluar bien los resultados obtenidos.

Hay dos estaciones de aforo en el río Jarama cercanas al tramo: la EA 3153 Valdepeñas, que es la que se encuentra aguas arriba del tramo (Figura 2) con datos desde el año 1972 a la actualidad, y la EA 3051 de Algete (con datos desde el 1942), aguas abajo del tramo (Figura 2) y que recoge ya las aportaciones del río Guadalix.

Las series de datos utilizadas han sido las siguientes (series coetáneas):

- ✓ RÉGIMEN NATURAL: serie de caudales que obtenidos mediante el modelo SIMPA (CEDEX 2008, Ruiz-García 1999). Los valores extraídos del modelo son aportaciones mensuales acumuladas en formato ráster, desde el año 1940- 2008. Para el estudio, se ha utilizado la serie de datos mensuales a final de masa de agua, es decir, antes de la confluencia con el río Guadalix, desagregada a datos diarios.
- ✓ RÉGIMEN ALTERADO: los datos de caudales diarios circulantes de la estación de aforo EA 3153 Valdepeñas tomando los datos aforados del Anuario de Aforos (CEDEX 2012).

Si bien es cierto que hay unos 35 Km de distancia entre la Estación de foro seleccionada (serie de caudales alterados) y el final de la masa de agua (serie de caudales a régimen

natural), no existe ningún afluente que aporte un caudal muy elevado. Se ha intentado seleccionar los datos de EA 3051 de Algete, “restándole” las aportaciones del río Guadalix, pero de esta manera no era posible el obtener una serie con, al menos, 15 años con datos, por lo que se dejó la opción anteriormente expuesta.

### 3.3 RECOPIACIÓN DE DATOS

El procedimiento seguido para la recopilación de datos de campo se resume en la Figura 6.



**Figura 6 Procedimiento en campo**

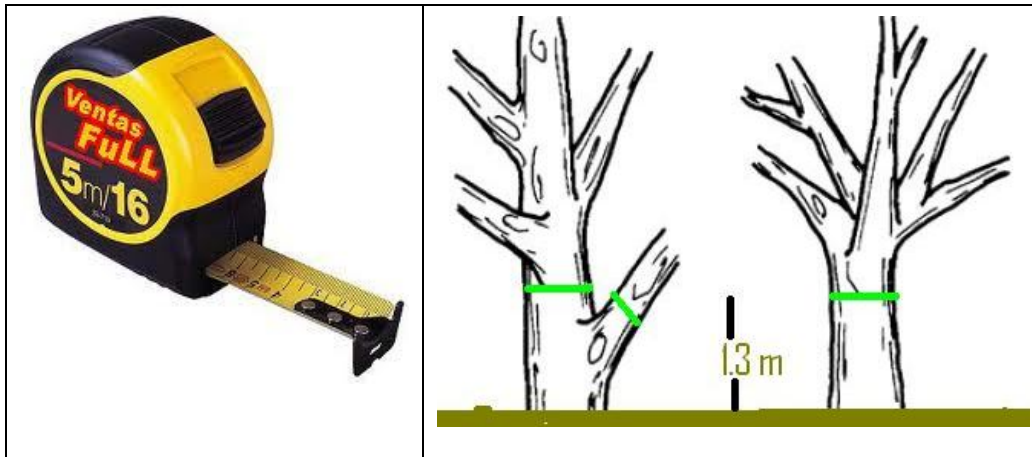
A continuación se desarrollan los aspectos metodológicos más importantes que se han utilizado en el registro de las variables.

#### 3.3.1 Datos de inventario de vegetación

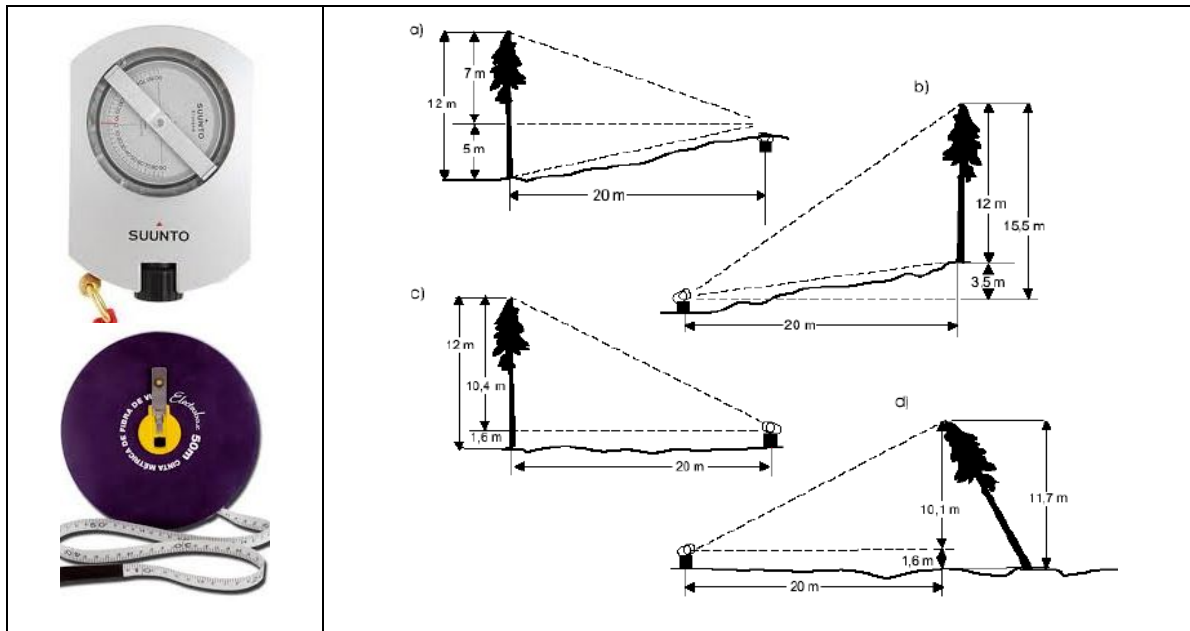
Durante los meses de julio, agosto y septiembre del 2012 se ha realizado la toma de datos de vegetación de ribera, recogiendo datos de cada una de las especies arbóreas encontradas y de su regenerado.

Se pasa a enumerar los datos registrados:

- ✓ Datos generales: número de faja, margen del río, día.
- ✓ Identificador numérico del individuo.
- ✓ Especie.
- ✓ Ubicación: distancias medidas con la cinta métrica en X e Y tomando un eje cuyo origen de referencia eran estacas colocadas al inicio y/o al fin de cada transecto y en el eje de cada faja y posteriormente han sido topografiadas.
- ✓ Lado de la faja: debido a lo anteriormente descrito, las fajas se dividían en lado derecho o lado izquierdo mirando al río.
- ✓ Diámetro de los árboles adultos: se recogió el diámetro a la altura del pecho con una cinta métrica (a 1.30 m), DAP, de todos los árboles ubicados dentro de la faja. Cuando el árbol se ramificaba antes de 1,30 m, se medían todas las ramas (Figura 7).
- ✓ Altura de los árboles adultos (H): En este caso, se han medido todas las alturas de los árboles de más de 1.30 m, con un hipsómetro Suunto. En los casos en los que no eran muy altos (menos de 2.5 m) medían con flexómetro (Figura 8).
- ✓ Número de pies de regeneración: se han ubicado todos aquellos pies de menos de 1.30 m de altura, registrando su ubicación (X e Y). Vigor (de 0 a 3): Se ha considerado tanto “fuerza” del árbol como su estado fitosanitario; el de menor valor corresponde a muerto, y el de mayor valor a aquel con más del 75% de la cubierta y el tronco en buen estado (Arthington et al, 2012), teniendo en cuenta la evidencia de enfermedades en tronco u hojas, ramas partidas o secas, o tronco dañado por alguna enfermedad.



**Figura 7 Medición de diámetros: aparato de medida utilizado (flexómetro) y esquema de procedimiento**



**Figura 8 Medición de alturas: aparatos de medida utilizados, Suunto para las visuales a la copa y a la base del árbol, y cinta métrica para posicionarse a una distancia conocida**

- ✓ Sustrato: Se ha evaluado el sustrato que se encuentra al lado del árbol, en limo, arena, grava, gravilla, cantos rodados y bolos, partiendo de la American Geophysical Union, tal y como se presenta en la Tabla 2.

Categoría	Diámetro medio partículas
Limo	< 0,062 mm
Arena	0,062 mm - 2 mm



<b>Categoría</b>	<b>Diámetro medio partículas</b>
Gravillas	2-8 mm
Gravas	8-64 mm
Cantos	64-256 mm
Bolos	256 -1024
Grandes bloques	1024 mm
Roca madre	Roca continua

**Tabla 2 Categorías y tamaños de las partículas consideradas para la variable del sustrato**

Se ha calculado el volumen para aquellos individuos con datos de diámetro y de altura.



**Figura 9 Ejemplo de chopera naturalizada encontrada en Faja 1**



**Figura 10 Diferentes especies de ribera en la de la Faja 12**

### 3.3.2 Datos de topografía

Durante los meses de octubre y noviembre del 2012 se ha realizado el levantamiento topográfico de cada una de las fajas inventariadas y del río, con el objetivo de obtener:

- ✓ las cotas de la base de los individuos inventariados
- ✓ la batimetría, para conocer la profundidad del thalweg (línea que une los puntos más bajos a lo largo de toda la longitud del lecho de un río) en cada faja.
- ✓ obtención de un MDT de las fajas inventariadas

Se tomaron puntos de la zona de ribera con una estación total Topcom y con un GPS diferencial Leyca para conocer las coordenadas de cierre de las fajas con una mayor precisión. Se definieron así las ubicaciones en X, Y y Z de los puntos característicos de la topografía de las fajas (batimetría del río, orillas, talud, líneas de rotura...), así como los relativos a las bases de los árboles y regenerado.



**Figura 11 y Figura 12 Estacionamiento en diversas fajas**



**Figura 13 Batimetría en una faja vadeable y en una poza, respectivamente**

La distribución de la vegetación se relacionará con la distancia y altura al thalweg, porque el gradiente vertical de elevación por encima del mismo es uno de los más importantes, al reflejar la disminución de la frecuencia, la duración y la profundidad de inundación experimentada en cualquier sección de la ribera (Rogers, K., 1995). Expresa las tolerancias relativas de las especies a las perturbaciones físicas y la capacidad de las especies para interceptar recursos tales como humedad, luz y nutrientes en diferentes posiciones a lo largo de la pendiente (James and Barns, 2012).

Para ello se calcularon la distancia sobre la horizontal (DH) y la distancia sobre la vertical (DV):

- ✓ cálculo de DH: mediante la raíz del cuadrado de la diferencia entre las coordenadas de la base del individuo y el thalweg,
- ✓ cálculo de DV: la diferencia de cotas entre la base del individuo y el thalweg

En la localización del thalweg se ha seleccionado el punto más profundo tomado en la batimetría. En las fajas con isla, se ha calculado el thalweg de cada lado del río bifurcado, y la distancia de cada individuo de la isla ha sido referida al punto más profundo de ambos. En cuanto a los individuos de las márgenes se han referido al thalweg del lado correspondiente.

A la hora de realizar el levantamiento topográfico, no fue posible tomar las bases de todos los individuos previamente inventariados. Fue debido a varias razones, entre las que se encuentran:

- ✓ No ha sido posible identificar algunos individuos: en algunos casos no se han podido identificar en campo porque el identificador se había borrado con el paso del tiempo.
- ✓ No había visibilidad suficiente para tomar la base del árbol. En la mayoría de las fajas existían una gran densidad de árboles y arbustos, y debido al tiempo, no era posible realizar muchos cambios de estacionamiento, por no ser rentable.
- ✓ No fue posible acceder a la base del árbol, debido a la gran cantidad de vegetación, sobre todo a la gran altura de las zarzas (*rubus spp.*). Se calculó la cota de aquellos



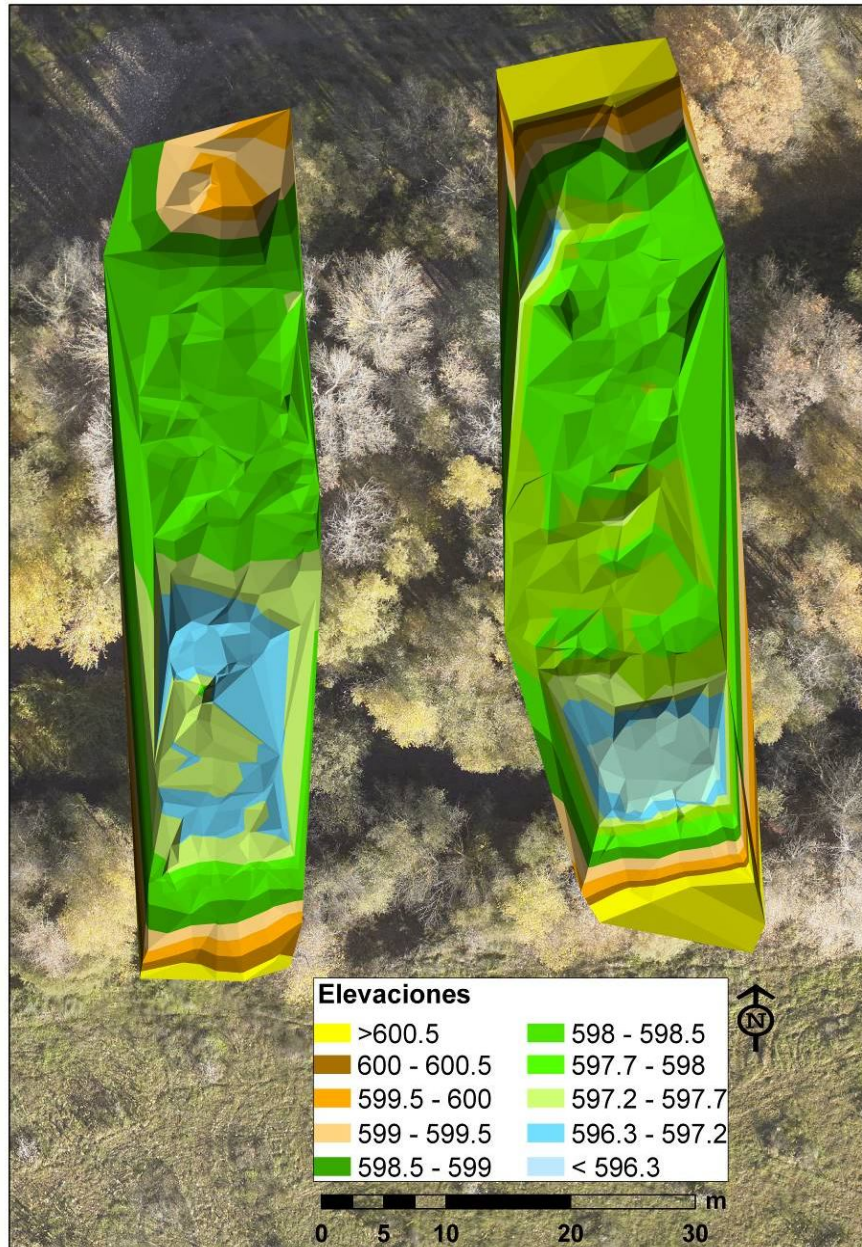
individuos de los que no se disponía, pero sí de los datos de X e Y, mediante el programa Arc-Gis 9.3. Primero se ubicó cada uno de los individuos en las fajas, mediante un shape de puntos. Después, se generó un modelo digital de elevaciones vectorial (TIN) de cada una de las fajas por separado, utilizando la aplicación *3D Analyst*. Para ello se utilizaron los puntos obtenidos en la topografía, eliminando los correspondientes a las estacas. Finalmente, mediante la aplicación *3D Analyst > Functionalsurface > Surface Spot* se calculó la cota del shape de puntos. En la Figura 14 se muestra un ejemplo del MDT de dos fajas, una de ellas con una pequeña isla, sobre la ortofoto del vuelo LIDAR.

Para la localización del thalweg se ha seleccionado el punto más profundo tomado en la batimetría.

Se obtuvieron directamente las coordenadas y la elevación sobre el terreno (cota) para los individuos topografiados,

Se calculó la Z, con ayuda del programa Arc-Gis 9.3 en aquellos ejemplares de los que no se disponía la cota, pero si los datos de X e Y a alguna referencia topografiada, a continuación se explica el procedimiento: i) primero se ubicó cada uno de los pies de las diferentes especies en las fajas, mediante la creación de un shape de puntos; ii) después, se generó un modelo digital de elevaciones vectorial (TIN) de cada una de las fajas utilizando la aplicación *3D Analyst*. Para ello se utilizaron los puntos obtenidos en la topografía, eliminando los correspondientes a las estacas; iii) finalmente, mediante la aplicación *3D Analyst > Functional surface > Surface Spot* se calculó la cota del shape de puntos.

En las fajas con isla, se ha calculado el thalweg de cada lado del río bifurcado, y la distancia de cada individuo de la isla ha sido referida al punto más profundo de ambos. En cuanto a los individuos de las márgenes se han referido al thalweg del lado correspondiente.



**Figura 14** Ejemplo del MDT de elevaciones de dos fajas (elevaciones en metros sobre el nivel del mar).

### 3.3.3 Variables registradas

Las variables registradas y utilizadas para el análisis se resumen en la Tabla 3.

DESCRIPCIÓN	ABREVIATURA	UNIDAD MEDIDA	INSTRUMENTO MEDIDA	OBSERVACIONES
Especie	SP			
Margen derecho, izquierdo o isla	D/IZ/IS			
Distancia horizontal al thalweg	DH	m	Cinta métrica y Estación total	
Distancia vertical al thalweg	DV	m	Estación total	
Diámetro a la altura del pecho (altura >1.3 m)	D	cm	Flexómetro	Individuo ramificado antes de 1.30 m, medidas de diámetros de todas las ramas
Altura individuos con altura >1.3 m	H	m	Suunto +cinta métrica para distanciarse (individuos < de 2 m)	Individuo ramificado antes de 1.30 m, medidas de las alturas de todas las ramas
Volumen individuos	VT	dm <sup>3</sup>	Calculado mediante diámetro y altura	Individuos altura >1.3 m
Vigor	VI			Individuos altura >1.3 m
Sustrato	S			Mediante la clasificación de <i>American Geophysical Union</i>

Tabla 3 Resumen de variables utilizadas para el análisis

### 3.4 IDENTIFICACIÓN DE GREMIOS DE RIBERA

Son pocos los estudios existentes y propuestas concretas de grupos funcionales de vegetación de respuesta al flujo. En la Tabla 4 se resumen los gremios propuestos según los autores.

AUTORES	GRUPOS FUNCIONALES	ESTUDIO
Stromberg et al. 1996	<i>Obligate Wetland,</i> <i>Facultative Wetland,</i>	Sobre los efectos la disminución de las aguas subterráneas sobre

AUTORES	GRUPOS FUNCIONALES	ESTUDIO
	<i>Facultative,</i> <i>Facultative Upland</i> <i>Obligate Upland</i>	vegetación de ribera en regiones semiáridas
Stromberg et al. 2010	<i>Hydric pioneer,</i> <i>Mesic pioneer,</i> <i>Mesic competitor,</i> <i>Xeric pioneer,</i> <i>Stress tolerato</i>	Clasificación de las especies leñosas en el río San Pedro, Arizona
Bejarano et al. 2011b	<i>Xeric/Torrential</i> <i>Mesic/Torrential</i> <i>Xeric/Semi-torrential</i> <i>Hydric/Torrential</i> <i>Hydric/Semi-torrential</i> <i>Generalist</i> <i>Hydric/Slow-water/Flood-tolerant</i> <i>Xeric/Slow-water/Flood-tolerant</i> <i>Xeric/Slow-water/Flood-sensitive</i>	Propuesta en el río Tiétar bajo el embalse de Rosarito, analizando las principales características de las especies leñosas y su distribución a través del río.
CEDEX 2011	<i>Obligate Wetland</i> <i>Facultative Wetland</i> <i>Facultative</i> <i>Facultative Upland</i> <i>Obligate Upland.</i>	Propuesta gremios de ribera en tres ríos diferentes, afluentes del Guadiana y del Guadalquivir

**Tabla 4 Gremios propuestos en la bibliografía para grupos funcionales de vegetación de ribera**

Para la identificación de los gremios de ribera, se pretende realizar un análisis de los rasgos más característicos relacionados con el régimen hídrico de las especies encontradas en el tramo de estudio y que tengan relación directa con el régimen de caudales.

Además, se tendrán en cuenta una serie de rasgos característicos de las especies de ribera, atributos clave de las especies ribereñas muestreadas, desarrollados a partir del estudio de Merrit et al, 2010 (se muestra una Tabla resumen en el Anexo II). Para ello se han seleccionando 11 características que se muestran en la Tabla 5, algunas de ellas tienen que ver con la especie, y se muestran en la Tabla (son generales de la especie) y otras son específicas del individuo (ind.).

VARIABLES	<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Fraxinus angustifolia</i>	<i>Salix salviifolia</i>	<i>Salix fragilis</i>	<i>Salix alba</i>	<i>Populus nigra</i>	<i>Populus alba</i>	<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Tamarix gallica</i>
Longevidad (a)	100	120	40	40	60	80	80	30	>100
Reproducción vegetativa/cap de rebrote	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si
Porte	Arbóreo	Arbóreo	Arbusto/Arbóreo	Arbóreo	Arbóreo	Arbóreo	Arbóreo	Arbusto	Arbusto
Altura (m)	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.
Diámetro (cm)	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.
Corteza surcada	No	No	Si	Si	Si	Si	No	No	No
Flexibilidad del tallo	Baja	Baja	Alta	Baja	Media	Alta	Baja	Baja	Alta
Resistencia a la sequía	Bajo	Media	Media	Baja	Baja	Media	Media	Alta	Alta
Tolerancia Anoxia	Alta	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Baja	Baja
Tolerancia a la inmersión	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Baja	Baja
Raíz de fijación	Alta	Alta	Alta	Baja	Baja	Alta	Alta	Media	Alta

**Tabla 5** Características más relevantes en cuanto al régimen hídrico de las especies muestreadas. Resumidos en base a la revisión bibliográfica (Bejarano et al. 2011b, Correia and Oliveira 1999, Serrada et al. 2008) de las especies, y criterio experto(a: años, m: metros, cm: centímetros)



### 3.5 ANÁLISIS DE DATOS

Se han utilizado los programas R (V.2.15.2), R Studio y SPSS 17.0, en los análisis estadísticos para la validación inicial de determinados tests estadísticos y para el desarrollo final de los análisis seleccionados.

Para conocer la correspondencia existente entre la composición de las comunidades vegetales de ribera y el régimen hídrico se ha estudiado la relación de aquellas con el gradiente de inundación, definido por la distancia y la altura de los ejemplares de cada especie respecto a la altura y distancia al thalweg (DV y DH respectivamente), de forma analítica y gráfica.

En un primer momento se hizo un análisis exploratorio de las variables inventariadas por fajas, para tener una primera aproximación relativa a la distribución de las variables DV y DH para cada especie. Para ello se estimaron los estadísticos descriptivos de tendencia central y variabilidad de dichas variables explicativas (media, mediana, desviación típica...) y gráficos con los que poder conocer la forma de la distribución estadística de esas variables (histogramas, boxplot, scatter plot).

Dado que, para la correcta aplicación de los test estadísticos de comparación de grupos uno de los requisitos iniciales es la normalidad de la distribución de los datos para las variables en estudio, fue necesario comenzar por dicha comprobación para cada especie. Para el estudio de la normalidad se han realizado estudios gráficos (Cuantiles normales y gráficos de densidad) y analíticos (test de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro), para los datos originales y datos a los que se le aplican transformaciones del tipo “función logarítmica” y similares para intentar conseguir comportamiento normal.

El gran tamaño de la muestra, implica que la normalidad de las variables no fuese absolutamente indispensable, pero si debían verificarse la igualdad de varianzas entre grupos de datos lo cual se comprobó mediante un test de igualdad de varianzas y otro para la homocedasticidad (homogeneidad de varianzas), para verificar si se cumplen los requerimiento básicos para la correcta aplicación del test del ANOVA (de comparación de medias de tres o más grupos).

No se cumplieron todos los requerimientos con todas las variables en todas las especies para la correcta aplicación de test paramétricos, así que fue necesaria la utilización de test no paramétricos, test de Kruskal-Wallis (análisis de varianza unifactorial por rangos). En el caso de existir diferencias significativas, se realizaron además análisis por parejas de especies y grupos para intentar reconocer los conjuntos de datos similares o que marcaban las diferencias (Kruskal-Wallis).

Así pues, para complementar los análisis anteriores se aplicaron técnicas multivariantes de agrupamiento y clasificación, para explorar si dichos procesos podrían agrupar las especies. Previamente, a las variables continuas (DV, DH y D) utilizadas para estos análisis multivariantes se les aplicó previamente una renormalización. Las técnicas han sido: i) de agrupamiento se utilizaron clúster jerárquico y k-medias; ii) de clasificación de datos fueron los Árboles de Clasificación y Regresión (Classification And Regression Trees, CART, Breiman et al. 1984).

En este apartado se ha tenido en cuenta también los diámetros (D) y el vigor (V), ya que el diámetro se puede relacionar directamente con la edad, y el vigor con la idoneidad del lugar ocupado por el individuo.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 ESTUDIO DE LA ALTERACIÓN HIDROLÓGICA

Se han analizado una serie de años desde el 1972-73 hasta el 1992-93 en el estudio del IAHRIS, ya que en el 1994 faltaban dos meses de datos, pero se consideran suficientes, porque tal y como se muestra en la Figura 1, una de las grandes regulaciones del tramo, el embalse de La Pinilla, entró en funcionamiento en el 1972.

En el ANEXO I se pueden consultar los informes más relevantes de la salida del programa IAHRIS, aquí se presenta un resumen de los índices de alteración y del significado biológico de los índices que peor valor presentan, en relación a la vegetación de ribera según Martínez and Fernández 2010b.

ASPECTO		INDICES DE ALTERACIÓN HIDROLÓGICA			NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV	NIVEL V
		VALOR	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	0.8 < I ≤ 1	0.6 < I ≤ 0.8	0.4 < I ≤ 0.6	0.2 < I ≤ 0.4	0 < I ≤ 0.2
VALORES HABITUALES AÑO MEDIO	magnitud	0.32	IAH1 med	Magnitud de las aportaciones anuales					
		0.31	IAH2 med	Magnitud de las aportaciones mensuales					
	variabilidad	0.33	IAH3 med	Variabilidad habitual					
		0.37	IAH4 med	Variabilidad extrema					
	estacionalidad	0.70	IAH5 med	Estacionalidad de máximos					
		0.72	IAH6 med	Estacionalidad de mínimos					

**Tabla 6 Resultado IAHRIS valores habituales**

Tal y como se muestra en la Tabla 6 de índices de alteración de valores habituales, fallan cuatro de seis índices evaluados, que tienen que ver con la magnitud y variabilidad de las aportaciones, a nivel anual y mensual. En general, estos índices se relacionan con el contenido de humedad en el suelo para las plantas.

ASPECTO	INDICES DE ALTERACIÓN HIDROLÓGICA			NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV	NIVEL V
	VALOR	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	0.8 < I ≤ 1	0.6 < I ≤ 0.8	0.4 < I ≤ 0.6	0.2 < I ≤ 0.4	0 < I ≤ 0.2
Magnitud	0.56	IAH7	Mag. avenidas máximas					
	0.84	IAH8	Mag. caudal generador del lecho					
	0.39	IAH9	Frecuencia del caudal de conectividad					
	0.51	IAH10	Mag. avenidas habituales					
Variabilidad	0.56	IAH11	Variab. avenidas máximas					
	0.45	IAH12	Variab. avenidas habituales					
Duración	0.48	IAH13	Duración de avenidas					
Estacionalidad	0.80	IAH14	Estacionalidad de avenidas					

**Tabla 7 Resultado IAHRIS valores avenidas**

En la Tabla 7 se muestran los índices referentes a las avenidas. El del valor más bajo corresponde a la frecuencia del caudal de conectividad, representativo de los caudales máximos que garantizan la conexión cauce-llanura de inundación, facilitando el acceso a esta zona y manteniendo las condiciones de humedad apropiadas. Se relaciona con el rejuvenecimiento general del hábitat ripario, con la creación de condiciones adecuadas para el desarrollo de especies vegetales en sus primeros estadios, y es un estímulo para la germinación de numerosas especies vegetales.

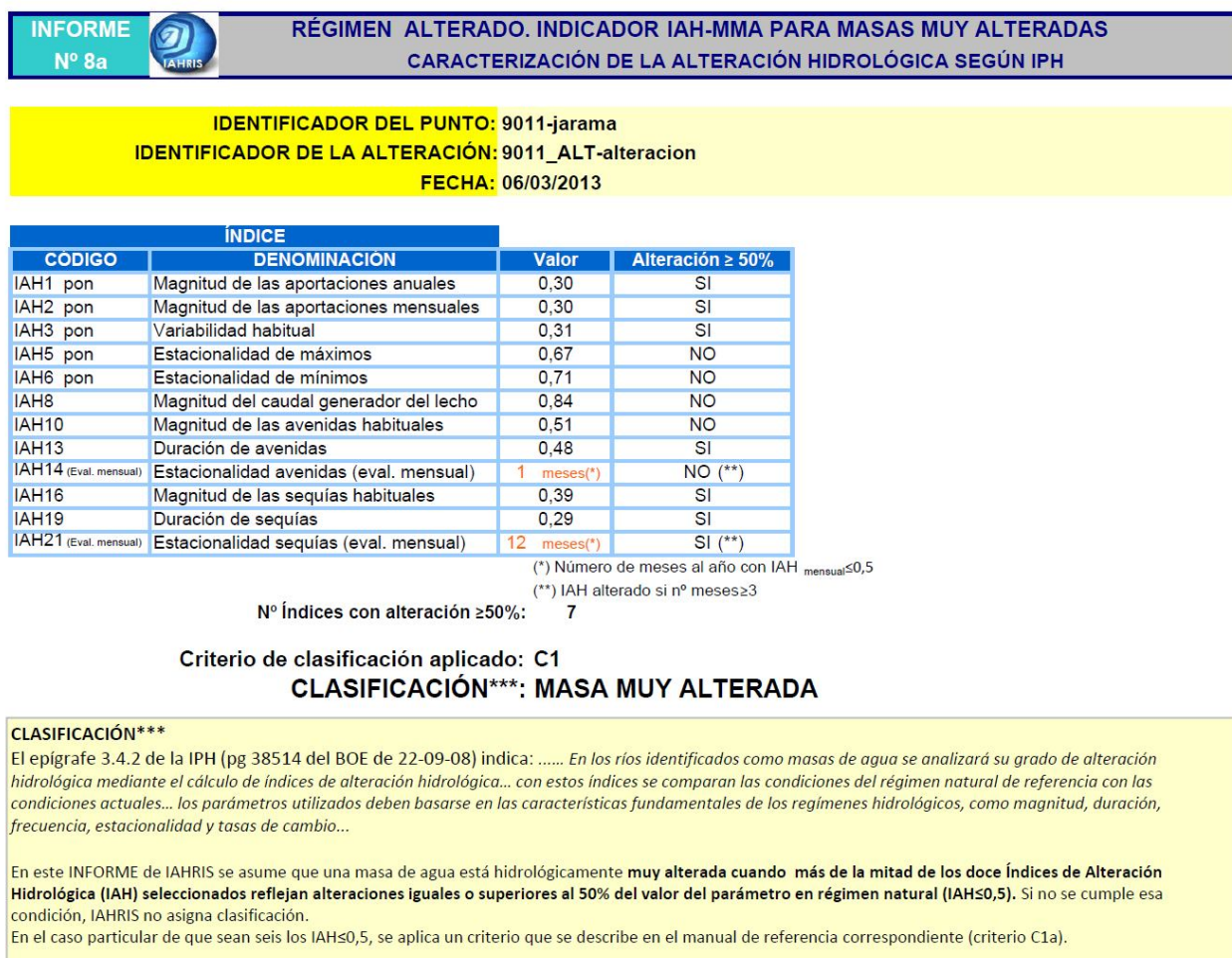
ASPECTO	INDICES DE ALTERACIÓN HIDROLÓGICA (IAH)			NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV	NIVEL V
	VALOR	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	0.8 < I ≤ 1	0.6 < I ≤ 0.8	0.4 < I ≤ 0.6	0.2 < I ≤ 0.4	0 < I ≤ 0.2
Magnitud y Variabilidad	0.41	IAH15	Mag. sequías extremas					
	0.39	IAH16	Magnitud sequías habituales					
	0.56	IAH17	Variabilidad de las sequías extremas					
	0.69	IAH18	Variabilidad de las sequías habituales					
Duración	0.29	IAH19	Duración de sequías					
	1.00	IAH20	Nº de días con Q=0					
Estacionalidad	0.04	IAH21	Estacionalidad de sequías					

**Tabla 8 Resultado IAHRIS valores sequías**

Los índices más bajos reflejados en la Tabla 8 de índices de sequías tienen que ver con la magnitud y duración de las mismas. La magnitud de los caudales mínimos se relaciona con

las oportunidades de crecimiento y desarrollo para muchas especies y en el control de la dinámica del ecosistema, regulando la intrusión de especies exóticas.

Finalmente, los informes aportados por el IAHRIS clasifican el presente tramo como “Masa Muy Alterada” (Figura 1 y ANEXO I).



**Figura 15 Resultado de la alteración del tramo según las indicaciones de la IPH (IPH 2008)**

## 4.2 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se presentan los resultados divididos en varias partes. Por un lado el análisis exploratorio realizado sobre el regenerado (ejemplares de < 1.3 m de altura), y por otro el realizado a la muestra de no regenerado (ejemplares de >1.3 m de altura). A su vez también se dividió esta muestra en función de su diámetro: pies mayores y pies menores, en un intento por ver si existían diferencias.

La mayoría de los test se centraron en la muestra total sin regenerado, sobre la que se aplicó los no paramétricos y las técnicas de agrupamiento y clasificación.

En cuanto a las condiciones del tramo, las doce fajas inventariadas presentaban una topografía muy diferente, y como es de esperar a lo largo de los 750 m muestreados, el río también presentaba una elevada heterogeneidad. Las más destacables se encontraban en las fajas con pozas, que no eran vadeables, como era el caso de la faja cuatro y de la faja diez. Tres de las doce fajas presentaban isla.

#### 4.2.1. Resultados de los análisis exploratorios sobre el regenerado

Se han inventariado 1045 ejemplares de regenerado, repartidos entre las siguientes especies:

<b>Especie (SP)</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Número</b>
<i>Alnus glutinosa</i>	Ag	3
<i>Crataegus monogyna</i>	Cm	15
<i>Fraxinus angustifolia</i>	Fa	595
<i>Populus alba</i>	Pa	294
<i>Populus nigra</i>	Pn	39
<i>Salix alba</i>	Sa	5
<i>Salix fragilis</i>	Sf	11
<i>Salix salviivolia</i>	Ss	24
<i>Tamarix gallica</i>	Tg	57

**Tabla 9** Inventario del regenerado muestreado

Lo más destacable del regenerado es que es muy heterogéneo a lo largo de las fajas. Se ha encontrado un gran número de regenerado de *Fraxinus angustifolia* y de *Populus alba* (de este último concentrado casi todo en dos fajas). Por otro lado, existe muy poco de *Alnus glutinosa*, de *Populus nigra* y del género *Salix spp.*

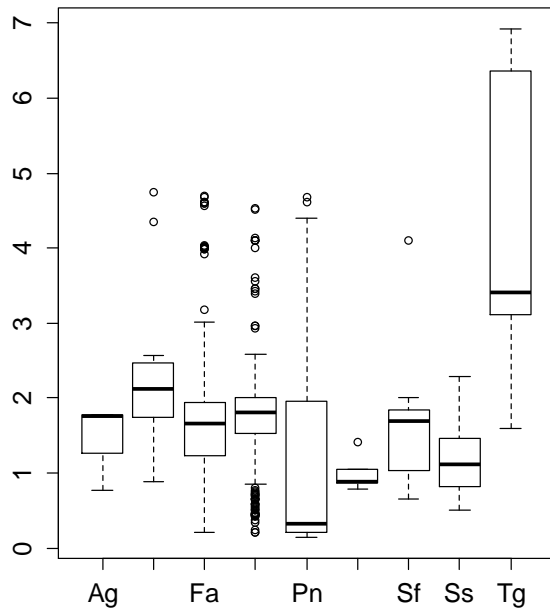


Figura 16 Box-Plot DV/SP (regenerado)

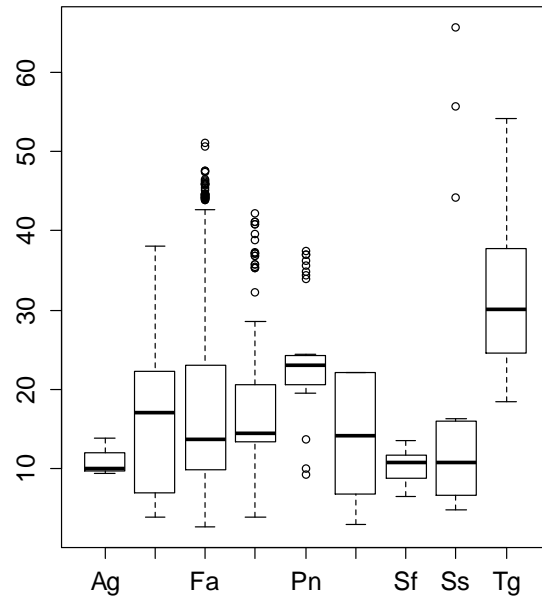


Figura 17 Box-Plot DH/SP (regenerado)

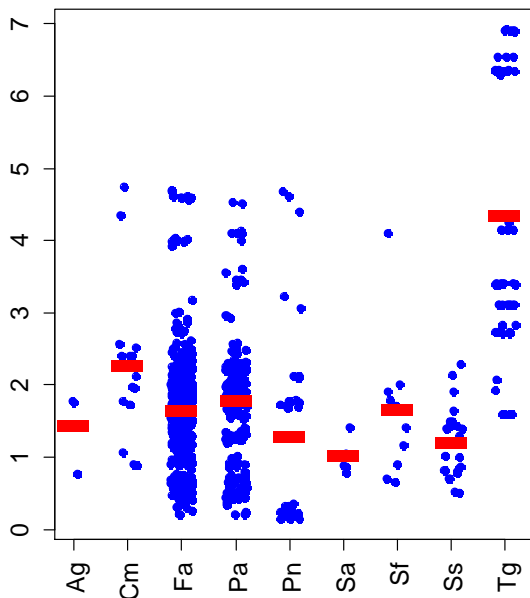


Figura 18 Scatter-Plot DV/ SP

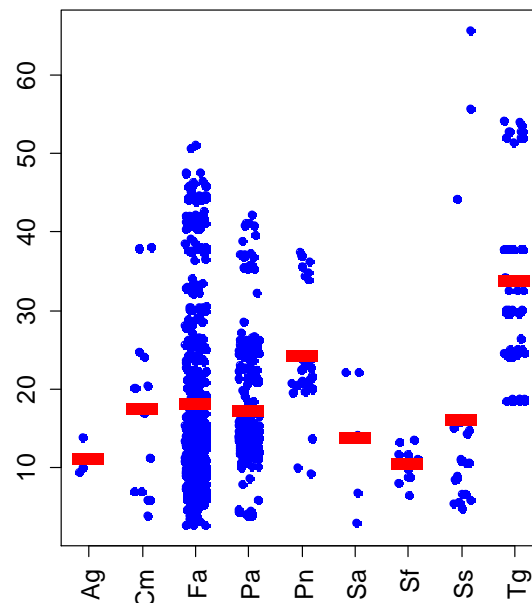


Figura 19 Scatter-Plot DH/ SP

En cuanto al Box-Plot se observan algunos datos atípicos, sobre todo en las dos muestras con elevados datos. En las Figuras 17 y 19 se muestran los *Scatter plots* de la distribución del regenerado en cuanto a DV y DH, con la media de los valores en rojo. Lo más destacable es que regenerado de *Fraxinus angustifolia*, *Populus alba* y *Populus nigra*

“comienzan” a unos valores bajos de DV. También ocurre con DH para la mayoría del regenerado.

#### 4.2.2. Resultados de los análisis sobre la muestra de >1.30 m de altura

Se han tomado datos de 1525 ejemplares de los árboles mayores de 1.3 m, repartidos en nueve especies. En la Tabla 10 se muestra un resumen con las especies, según se muestrearon en el margen derecho (D), margen izquierdo (IZ) o en las islas (IS), donde puede observarse que se ha obtenido un elevado número de muestra para la mayoría de las especies.

<b>Especie</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>D</b>	<b>IZ</b>	<b>IS</b>	<b>Total</b>
<i>Alnus glutinosa</i>	Ag	7	39	3	<b>49</b>
<i>Crataegus monogyna</i>	Cm	5	11	1	<b>17</b>
<i>Fraxinus angustifolia</i>	Fa	224	194	46	<b>464</b>
<i>Populus alba</i>	Pa	92	9	5	<b>106</b>
<i>Populus nigra</i>	Pn	117	162	9	<b>288</b>
<i>Salix alba</i>	Sa	26	52	7	<b>85</b>
<i>Salix fragilis</i>	Sf	86	54	35	<b>175</b>
<i>Salix salviivolia</i>	Ss	162	100	16	<b>278</b>
<i>Tamarix gallica</i>	Tg	51	12	0	<b>63</b>

**Tabla 10** Inventario de especies muestreadas

Se observaron diferencias entre las variables estudiadas DV/DH entre las fajas, siendo la faja cuatro la de mayores diferencias para la variable DV. En la Figura 20 se muestra la distribución espacial de los individuos en cada faja, los diferentes colores corresponden a las fajas, siendo el azul oscuro el de la faja cuatro.



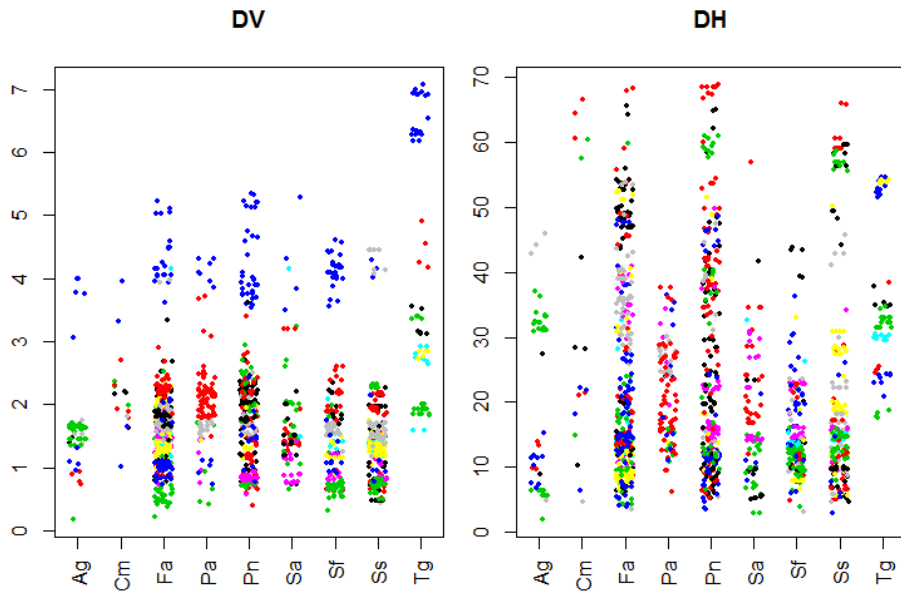


Figura 20 Distribución espacial de los individuos en función de DV y DH

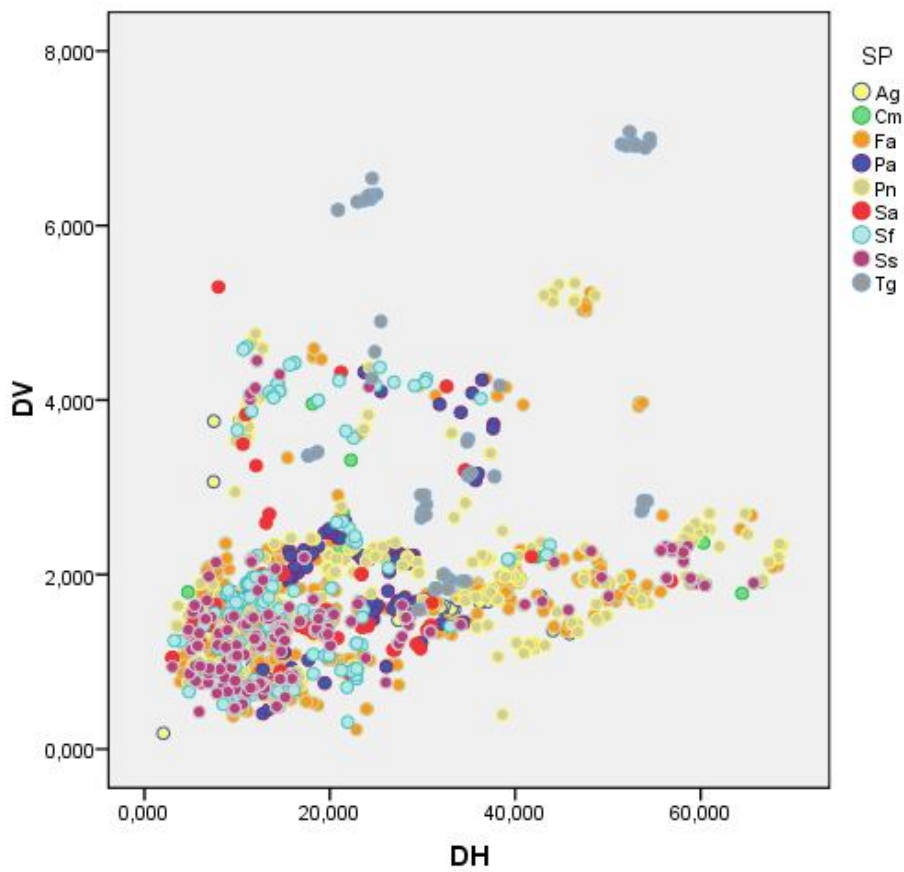
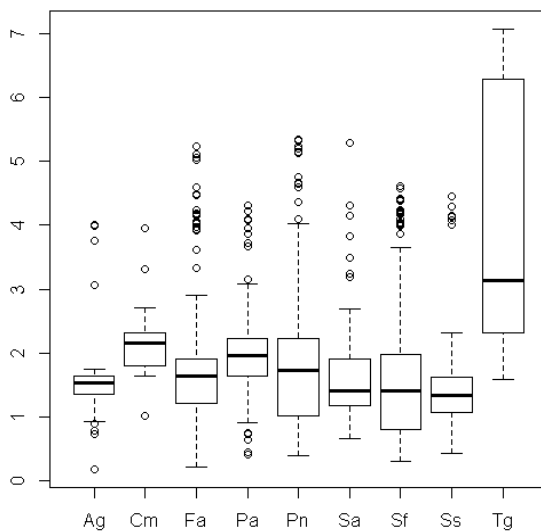


Figura 21 Distribución de las especies en cuanto a DV y DH

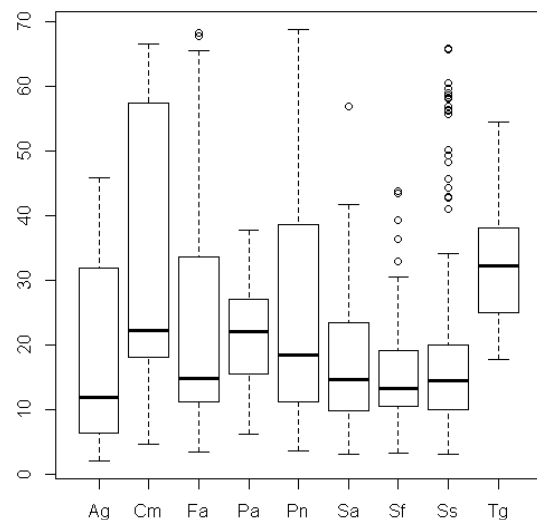
En cuanto a la distribución de los datos totales frente a DV y DH (Figura 21) y a grandes rasgos, la mayoría de los individuos prefieren una posición de 2.5 m por encima del thalweg y menos de 30 m de distancia del mismo. En la misma gráfica se observa que para los grupos más numerosos como *Salix salviifolia* (Ss) y *Populus nigra* (Pn), una preferencia por rangos de DV y DH, (no una disposición aleatoria), aunque exista algún grupo con pocos individuos disperso.

En las Figuras 22 y 23 se exponen los Box-Plot, Figura 22 y Figura 23, se representan los datos de DV y del DH por especie, observando que cada especie tiene unos rangos de DV y de DH, lo que implica que tienen comportamientos distintos frente a las variables estudiadas.

Se observan bastantes datos atípicos, lo que parece indicar que, aunque las especies riparias tengan unos rangos idóneos de DV y DH, también se pueden desarrollar en otras zonas donde encuentren una serie de variables idóneas, como presencia de luz o requerimientos edáficos, pero es el caso de pocos individuos sobre la totalidad.



**Figura 22 Box-Plot DV/SP**

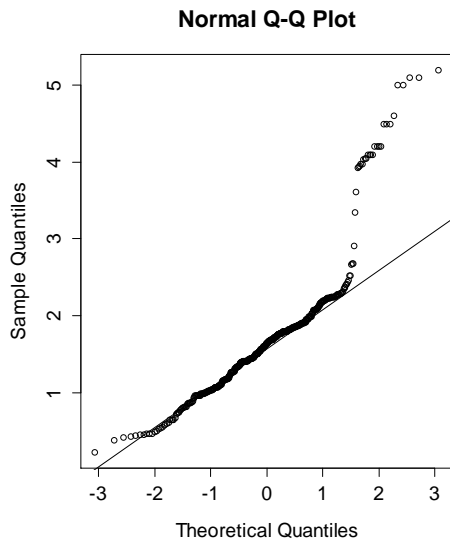


**Figura 23 Box-Plot DH/SP**

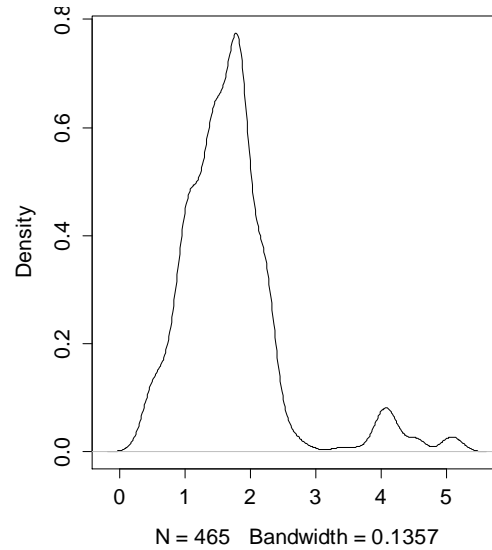
Previo al estudio de si existen diferencias significativas entre especies, se ha realizado la comprobación de la normalidad de los datos, mediante gráficos (de Cuantiles y de

densidad) y tests de normalidad (Shapiro-Wilk para las muestras menores de 30 individuos, y Kolmogorov-Smirnov para mayores).

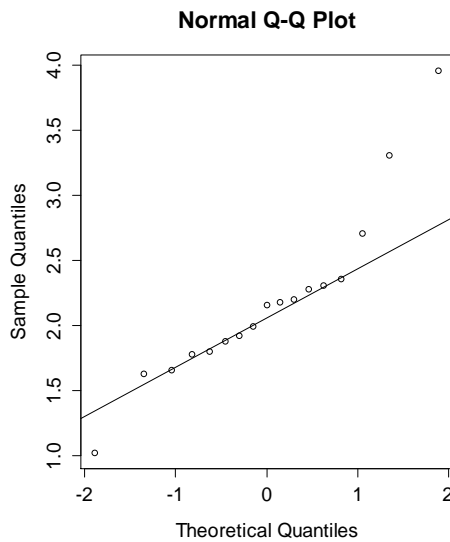
En las Figuras de la 24 a la 27 y en la Tabla 11 se muestran los resultados obtenidos.



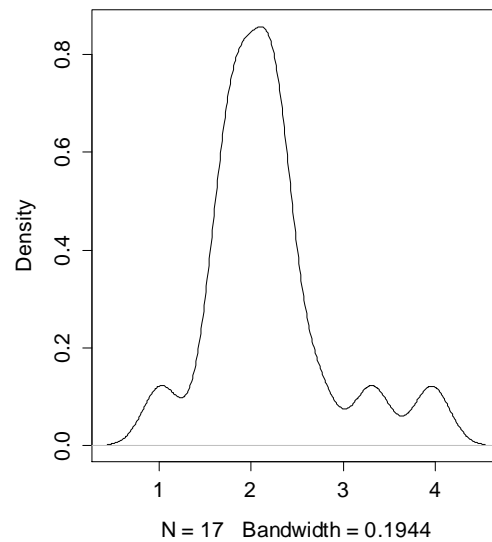
**Figura 24** Gráfico Normal Q-Q DV/*Fraxinus angustifolia* (Fa)



**Figura 25** Gráfico de densidad DV/*Fraxinus angustifolia* (Fa)



**Figura 26** Gráfico Normal Q-Q DV/*Crataegus monogyna* (Cm)



**Figura 27** Gráfico de densidad DV/*Crataegus monogyna* (Cm)

Variable	Sp	Nº ejemplares muestreados	Tests	P-valor datos sin modificar	P-valor datos modificados log	P-valor datos otras modificaciones
DV	Ag	49	Kolmogorov-Smirnov	0.000	0.000	0.000
	Cm	17	Shapiro-Wilk	<b>0.062</b>		
	Fa	465	Kolmogorov-Smirnov	0.000	0.000	0.000
	Pa	106	Kolmogorov-Smirnov	0.000	0.000	0.000
	Pn	288	Kolmogorov-Smirnov	0.000	0.000	0.000
	Sa	85	Kolmogorov-Smirnov	0.000	0.000	0.020
	Sf	175	Kolmogorov-Smirnov	0.000	0.000	0.000
	Ss	277	Kolmogorov-Smirnov	0.000	0.000	0.000
	Tg	63	Kolmogorov-Smirnov	0.000	0.000	0.000
DH	Ag	49	Kolmogorov-Smirnov	0.000	0.000	0.000
	Cm	17	Shapiro-Wilk	0.030	0.000	<b>0.214</b>
	Fa	465	Kolmogorov-Smirnov	0.000	0.000	0.000
	Pa	106	Kolmogorov-Smirnov	<b>0.006</b>	<b>0.002</b>	<b>0.012</b>
	Pn	288	Kolmogorov-Smirnov	0.000	0.000	0.000
	Sa	85	Kolmogorov-Smirnov	0.000	<b>0.218</b>	<b>0.788</b>
	Sf	175	Kolmogorov-Smirnov	0.000	<b>0.008</b>	<b>0.009</b>
	Ss	277	Kolmogorov-Smirnov	0.000	0.000	0.000
	Tg	63	Kolmogorov-Smirnov	0.000	<b>0.006</b>	<b>0.001</b>

**Tabla 11 Resultados de los test de normalidad para los datos sin transformar y transformados**

A rasgos generales, la única especie que se comporta como normal es la que menos datos tiene, el *Crataegus monogyna*. El resto, exceptuando los datos modificados de DH de *Salix alba* no pasan los tests (P-Value=0.05). Si se observa la Figura 24 y la Figura 25, el *Fraxinus angustifolia*, con 421 datos, podría comportarse normal si no fuesen por unos pocos datos. Esto es debido a que, con muestras de gran tamaño, la potencia estadística del test es muy elevada, y unos pocos datos atípicos pueden impedir que el test sea positivo.

Aun así se hicieron pruebas eliminando los datos de la Faja 4, porque como se observó al principio es la faja que más se diferencia del resto, mejorando algunos datos, pero sin convertirse en normales. Casualmente mejoran las especies con menos datos, pero no se obtienen cambios relevantes.

En cualquier caso, como ya se indicó, con los tamaños de muestras suficientemente grandes, por el teorema central del límite se puede asumir dicho comportamiento aunque el

resultado del test no sea positivo. Sin embargo la igualdad de varianzas (var.test) y la homogeneidad de varianzas (mediante el Test de Barlet) para cada par de valores, dando como muy significativo el P-Value, y rechazando las hipótesis nulas de igualdad de varianzas y/o de homogeneidad de varianzas para la mayoría de los pares de datos. Por ello se ha trabajado con test no paramétricos, más en concreto, el test de Kruskal-Wallis.

La técnica de Kruskal-Wallis prueba la hipótesis nula de que las k muestras provienen de la misma población o de poblaciones idénticas con la misma mediana.

En las Tablas 12 y 13 se presentan los resultados por parejas de datos mediante código de colores, **en verde** el test ha dado no significativo (aceptamos H0); **en naranja**: ha salido como significativo (no aceptamos H0).

DV	AG	CM	FA	PA	PN	SA	SF	SS	TG
AG									
CM									
FA									
PA									
PN									
SA									
SF									
SS									
TG									

**Tabla 12 Resultados del Kruskal test por parejas para DV/SP**

DH	AG	CM	FA	PA	PN	SA	SF	SS	TG
AG									
CM									
FA									
PA									
PN									
SA									
SF									
SS									
TG									

**Tabla 13 Resultados del Kruskal test por parejas para DH/SP**

Referente a la DV, y por grupos, Sf, Sa y Ag no han sido significativas (p-value = 0.58), por lo que se acepta la hipótesis nula. Para el grupo de los tres Salix y Ag el p-value = 0.04, por lo que se rechaza la hipótesis nula. Esto es debido a que p-value = 0.01 para el par de especies de AgSs.

Por lo tanto puede afirmarse que las especies con similares medianas en cuanto a las variables de posicionamiento con respecto al thalweg, DV y DH, son la siguientes: Pa-Cm: *Populus alba* y *Crataegus monogyna*; Sa-Ag: *Salix alba* y *Alnus glutinosa*; Sf-Ag: *Salix fragilis* y *Alnus glutinosa*; Sf-Sa: *Salix fragilis* y *Salix alba*; Ss-Sf: *Salix salviifolia* y *Salix fragilis*; el grupo de Sf, Sa y Ag de *Salix fragilis*, *Salix alba* y *Alnus glutinosa* y Sa-Fa, *Salix alba* y *Fraxinus angustifolia*. En cuanto a Pn-Fa (*Populus nigra* y *Fraxinus angustifolia*) es significativa (p-value = 0.02) en DH, pero no para DV.

#### 4.2.3. Resultados de los análisis exploratorios sobre la muestra dividida

Después de este análisis, se ha planteado si existe alguna variable dentro de la especie, que influya en su posicionamiento, y más en concreto, el diámetro.

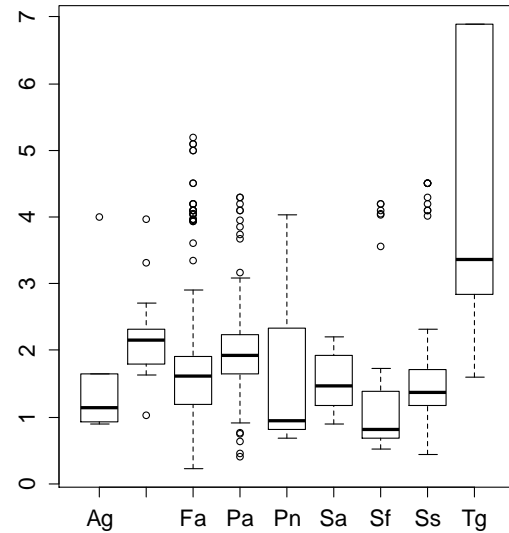
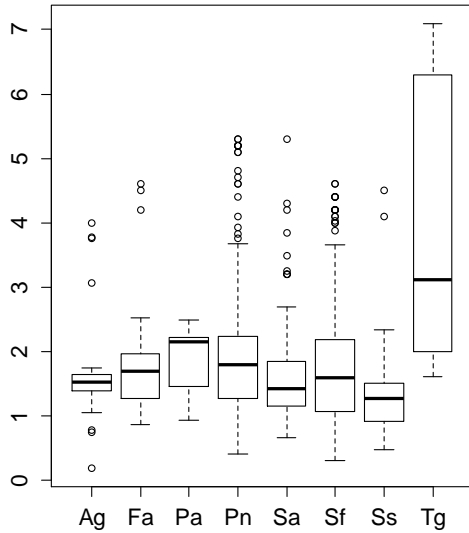
Por lo tanto, se ha dividido la muestra en pies menores y pies mayores (Villanueva, J, 2007). El límite se ha puesto en 7.5 de diámetro en árboles, y en arbustos (*Tamarix gallica* y *Crataegus monogyna*) en 2.5. En la Tabla 14 se muestra la división.

<b>Especie</b>	<b>Pies mayores</b>	<b>Pies menores</b>	<b>Total</b>
<i>Alnus glutinosa</i>	43	6	<b>49</b>
<i>Crataegus monogyna</i>	-	17	<b>17</b>
<i>Fraxinus angustifolia</i>	66	399	<b>464</b>
<i>Populus alba</i>	17	89	<b>106</b>
<i>Populus nigra</i>	224	64	<b>288</b>
<i>Salix alba</i>	71	14	<b>85</b>
<i>Salix fragilis</i>	128	47	<b>175</b>
<i>Salix salviifolia</i>	90	187	<b>278</b>
<i>Tamarix gallica</i>	49	14	<b>63</b>
<b>TOTAL</b>	<b>688</b>	<b>837</b>	<b>1531</b>

**Tabla 14 Pies mayores y menores en función del diámetro**

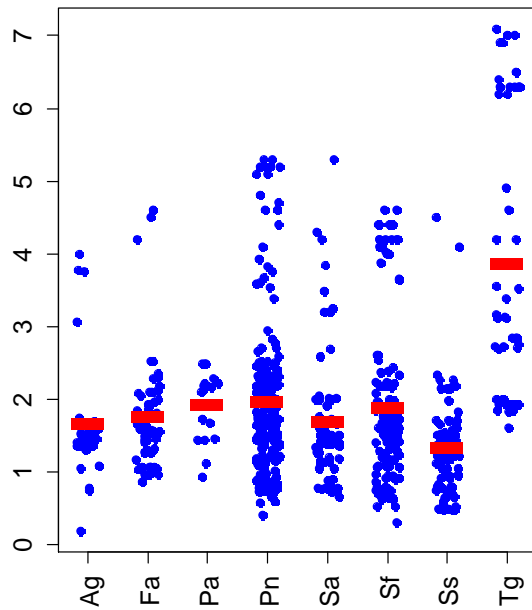
Se hicieron las pruebas de normalidad, y las de igualdad de varianzas. De nuevo, tan solo los grupos con pocos datos pasan los test. Así pues, para estos grupos se realizaron tests no paramétricos dado que no sería correcto aplicar el test ANOVA de comparación de medias sin que se cumplan al menos el requisito de homocedasticidad.

Para explorar un poco las diferencias entre pies mayores y menores, se muestran en la Figura 28 y Figura 29 los Box-Plot de la variable DV para ambos grupos, y en las 30 y 31 los gráficos de dispersión por especie de la variable DV, con el valor de la media en rojo.

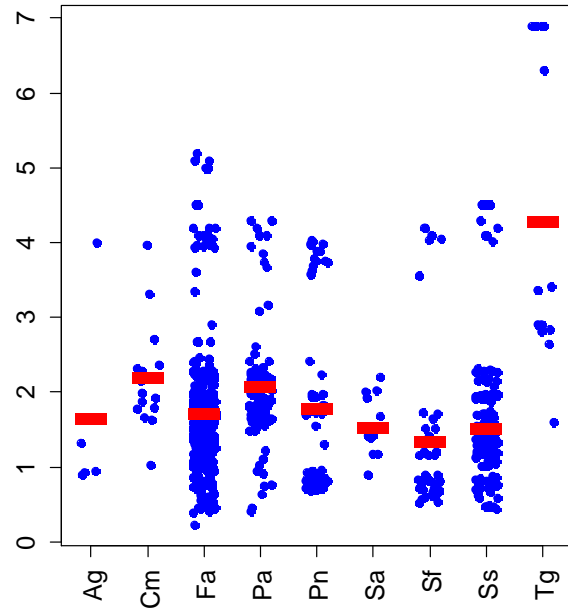


**Figura 28 Box-Plot DV grupo pies mayores    Figura 29 Box-Plot DV grupo pies menores**

En el Box-Plot se observa que en la mayoría de las especies, las medianas de los pies menores son menores que las de los pies mayores, exceptuando *Salix alba*, *Salix salviifolia*, *Fraxinus angustifolia* y *Tamarix gallica*.



**Figura 30 Pies mayores/DV**



**Figura 31 Pies menores/DV**

En todos los gráficos anteriores se observan bastantes valores atípicos en la parte superior, que en su mayoría se corresponden con la faja cuatro (Figura 15).

En los gráficos se observan diferencias en algunas especies, particularizando:

- En *Alnus glutinosa* existen pocos pies menores, y de la especie *Crataegus monogyna* son todos pies menores.
- Los adultos de *Fraxinus angustifolia* se encuentra más localizados entre 1 m y 2 m de altura, mientras que los pies menores se localizan entre 0.3 y 2.5 m de altura.
- Con la especie *Populus alba* ocurre un poco lo mismo, los pies más pequeños están más dispersos, llegando desde zonas más bajas a más altas que los mayores.
- En *Populus nigra* los pies mayores siguen siendo muy numerosos, por eso se encuentra en un rango amplio de DV, pero se ve que la mayoría de los datos se encuentran entre 0.5 y 3 metros de altura, y con los menores hay un grupo cercano a 1 metro de altura.



Como ocurre en el caso anterior, las muestras de las especies que se comportan de forma normal son las de menor número de datos, por lo tanto no se pueden aplicar tests paramétricos.

#### **4.2.4 Resultados de análisis multivariante de agrupamiento y clasificación**

Así pues se aplicaron técnicas de análisis mutivariable para intentar categorizar o clasificar los datos con el objetivo de buscar similitudes entre unas y otras especies. Si el resultado es que dos especies son categorizadas en el mismo grupo, esto se debería a que hay grandes similitudes en lo relativo a las variables en estudio.

Existen dos grandes técnicas para el agrupamiento de muestras: jerárquico y no jerárquico. En este trabajo se probaron diferente configuración y algoritmos de cada una de las técnicas, obteniendo en general resultados bastante similares. Una de las cuestiones que se debe resolver inicialmente, es decidir el número de agrupaciones que debería generar la técnica en cuestión. En un principio se decidió hacer tantas agrupaciones como especies, para ver en dónde se posiciona cada especie, con qué especies, y explorar las correspondencias entre ellas.

En primer lugar, se consideraron únicamente las variables de DV y DH y se ha aplicado una técnica de agrupamiento (clustering) a la muestra global (con todas las especies). Para este primer estudio, no se consiguió clasificar las especies en grupos que se diferenciase de una clasificación aleatoria con ninguna de las técnicas utilizadas.

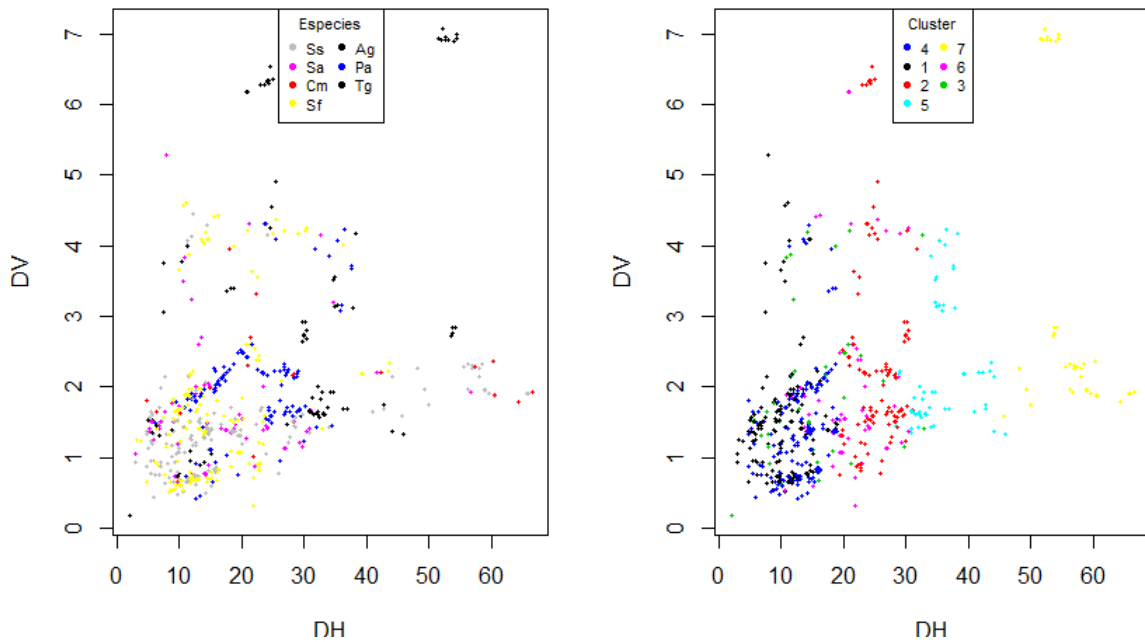
En la Tabla 15 se muestra el resultado de la aplicación de la técnica de clúster a la muestra total. Las celdas de la Tabla indica el porcentaje de cada especie que es asignado a cada uno de los nueve clúster. En general este agrupamiento no consigue identificar más de un 30% de la muestra de una especie en el mismo clúster.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Ag</b>	2%	33%	8%	35%	0%	8%	0%	2%	12%
<b>Cm</b>	0%	12%	6%	12%	29%	6%	24%	12%	0%
<b>Fa</b>	11%	9%	11%	7%	2%	17%	8%	15%	21%
<b>Pa</b>	0%	27%	7%	1%	0%	3%	24%	22%	17%
<b>Pn</b>	9%	6%	16%	8%	8%	13%	11%	13%	16%
<b>Sa</b>	0%	13%	5%	14%	1%	14%	14%	25%	14%
<b>Sf</b>	0%	3%	3%	4%	0%	23%	18%	16%	32%
<b>Ss</b>	3%	8%	1%	11%	9%	16%	6%	24%	21%
<b>Tg</b>	24%	33%	14%	0%	0%	0%	22%	6%	0%

**Tabla 15 Primer análisis clúster con todas las especies (en valores relativos % según la totalidad de la especie)**

Se ha encontrado con importantes dificultades para conseguir resultados interesantes con las técnicas de clústering. La principal dificultad proviene del elevado número de especies consideradas simultáneamente y que en la muestra de alguna de ellas cubran todo el rango de las variables, además de la dificultad que supone la heterogeneidad de las condiciones en las que se toma la muestra (por ejemplo, la faja cuatro, Figura 32) Así, las especies más numerosas, *Faxinus angustifolia* y *Populus nigra*, eran “repartidas” entre los diferentes grupos, y estaban presente en todos ellos, por lo que se decidió quitar estas dos especies y repetir los análisis con la nueva muestra.

En la Figura 32 se muestran los resultados de la agrupación con siete de las nueve especies. En la primera gráfica, en un lado se muestra cómo se distribuyen las especies por separado respecto a DV y DH, y por otro lado como se distribuyen las especies en los clústers planteados (7).



**Figura 33 Comparación respecto a DV/DH de la distribución original de la muestra por especies y de la distribución de los grupos obtenida mediante un análisis clúster jerárquico con distancia euclídea y aglomeración de Ward**

	1	2	3	4	5	6	7
<b>Ag</b>	43%	2%	6%	8%	41%	0%	0%
<b>Cm</b>	0%	35%	0%	29%	6%	0%	29%
<b>Pa</b>	3%	42%	6%	35%	10%	4%	0%
<b>Sa</b>	42%	4%	13%	11%	5%	25%	1%
<b>Sf</b>	36%	7%	13%	21%	3%	21%	0%
<b>Ss</b>	21%	10%	1%	48%	4%	3%	12%
<b>Tg</b>	0%	35%	0%	6%	32%	3%	24%

**Tabla 16 Análisis clúster con siete especies (en valores relativos % según la totalidad de la especie)**

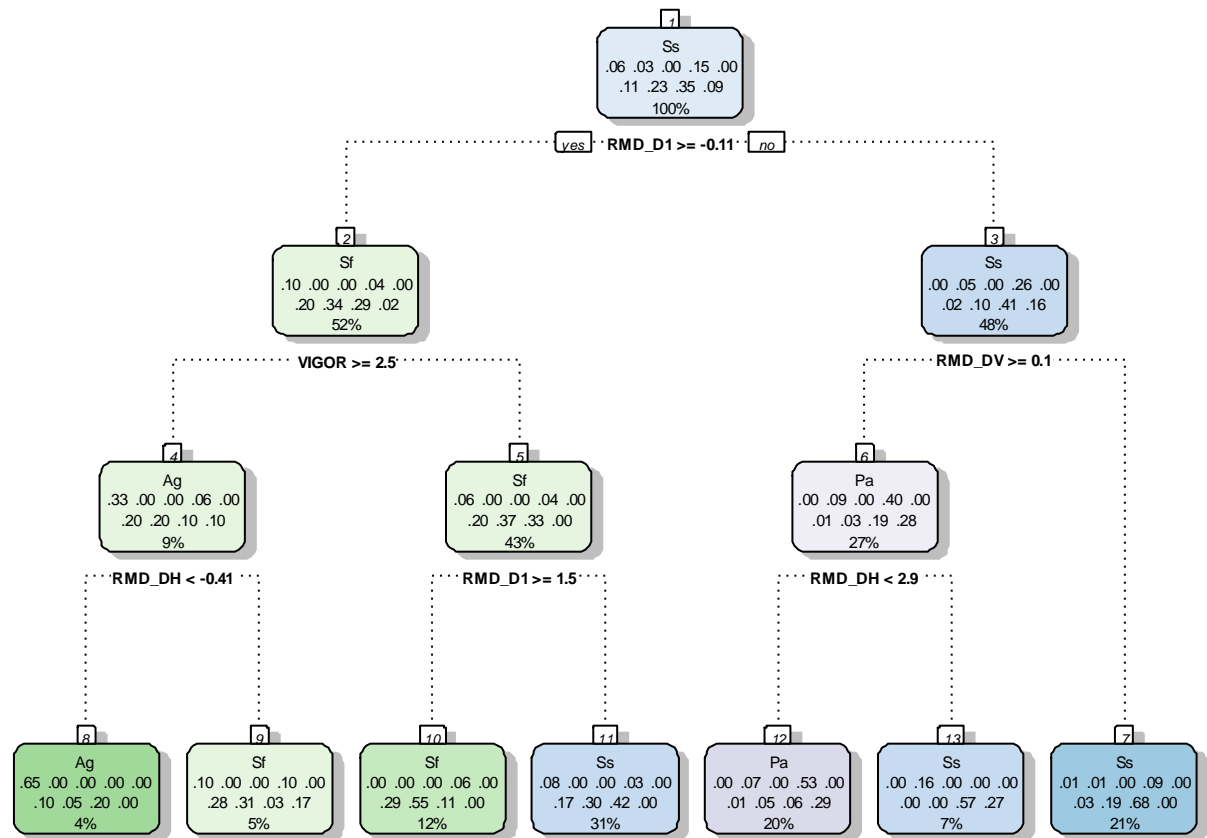
Los resultados obtenidos con este análisis son los siguientes:

- Casi todos los Ag fueron asignados al clúster 5 y al 1. Este ultimo clúster contiene además un porcentaje muy elevado de Sa, Sf y Ss (lo que indica que son similares para las variables evaluadas y pueden “confundirse” entre si).

- En el clúster número 2 (en rojo en la Figura 32 derecha) contiene a la mayoría de los Pa, también la mayoría de los Cm y Tg. Esto indica que estas especies se pueden confundir. Los Pa asociados a este clúster son los de menor diámetro, por ello se han agrupado con los Cm y Tg.
- El número 3 no tiene muy definida una especie asignada, hay parte de Sa y Sf.
- El clúster número 4 (azul en la Figura 32 derecha), identifica bastante bien los Ss, y se introducen Sf y Pa. Se pueden confundir Ss, Sf y Pa.
- En el clúster 6 (rosa en la Figura 32 derecha) podría clasificar los Sa y Ss más alejados del río que los del clúster 1.
- El clúster número 7 (amarillo en la Figura 33) se corresponde bastante con Tg, Cm y con Ss, aunque la mayoría de ellos se reparten en el clúster 4. Lo que esto podría indicar que Ss, Tg y Cm se pueden confundir entre sí.

En cuanto al árbol de clasificación (técnica de agrupamiento), después de diversas pruebas, también se han optado por retirar el *Fraxinus angustifolia* a y el *Populus nigra* debido a que no se conseguía nada interesante. En este caso, las variables cuantitativas también se han renormalizado.

El árbol de clasificación de las especies se muestra en la Figura 34.



**Figura 34 Tres primeros niveles del árbol de clasificación de especies obtenido, en relación a DV, DH, diámetro y vigor**

Se observa como organiza las distintas ramas de clasificación dependiendo de ciertos valores de las cuatro variables que estamos usando, clasificando aquellas especies con un cierto diámetro y vigor, y que comparten altura y distancia respecto al thalweg. Estos árboles se corresponden con reglas con las que se van identificando cada uno de los grupos. Por ejemplo, una regla para identificar el Ag, sería que tenga un diámetro  $< -0.11$  (renormalizado) un vigor menor de 2.5 (es decir distinto de 3) y un DH  $<$  de  $-0.41$  (también renormalizado).

Para ver la similitud entre especies lo mejor es ver la matriz de confusión del modelo generado en el árbol (Tabla 17), y examinar qué especies no son bien clasificadas por el modelo. En la siguiente Tabla se resume (en tanto por uno), la diagonal, sombreada en gris, debería de ser 1 si la predicción fuese perfecta. Hay que señalar que dado que se están clasificando 7 especies y las dificultades procedentes de la heterogeneidad de las fajas

(comentada anteriormente), conseguir que identificar adecuadamente a los arboles de una especie en más del 70% de los casos indica que el modelo de clasificación se ha comportado muy bien a la hora de identificar la mayoría de individuos de una especie. También hay que señalar que parece razonable considerar que cuando aparece un porcentaje superior al 10% de los miembros de una especie clasificados como miembros de otra especie, esto puede interpretarse como que estas especies no son identificables por el modelo. Es decir, que con las variables consideradas y en el contexto de estudio son especies similares.

Si no es así, el modelo identifica la especie como otra especie, esas son las denominadas “confusiones” en este caso:

- El Cm se confunde con algunos Sf y con Pa (con los que tienen menor diámetro de estas dos especies), compartiendo hábitat.
- El Sa se confunde con el Ss y el Sf.
- El que más puede llamar la atención es la confusión del Tg con algún Sf, pero se debe a 8 individuos (5 de los cuales están en la faja 4), los de mayor diámetro de Tg. Las demás especies puede decirse que las clasifica razonablemente bien, y el resto de valores tan bajos se deben a errores esperables en la técnica de clasificación.

		Predecido por el modelo						
		Ag	Cm	Pa	Sa	Sf	Ss	Tg
Actual	Ag	0.76	0	0	0	0.12	0.12	0
	Cm	0	0	0.59	0	0	0.41	0
	Pa	0.02	0	0.66	0.01	0.14	0.14	0.03
	Sa	0.06	0	0.01	0.16	0.48	0.28	0
	Sf	0.03	0	0.03	0.06	0.54	0.34	0
	Ss	0.03	0	0.07	0.03	0.07	0.8	0
	Tg	0.02	0	0.06	0	0.13	0	0.79

**Tabla 17** Análisis clúster con siete especies (en valores relativos de tanto por uno según la totalidad de la especie)

## 5. DISCUSIÓN

Todos los resultados obtenidos hasta ahora evidencian la enorme complejidad del funcionamiento ecológico de los ecosistemas de ribera en general, y el del tramo de estudio en particular. En este caso se manifiestan desde que cada unidad de muestreo presenta unas condiciones heterogéneas, hasta que las muestras no presentan una distribución normal. Si a esto se le añade que el tramo de estudio es un tramo muy alterado hidrológicamente, como se ha confirmado con el IAHRIS, el elenco de factores que influyen en la muestra es muy variado, y se debe de estudiar con detalle cada uno de los rasgos de las especies que tienen que ver directamente con el régimen hídrico para definir cuidadosamente las relaciones que pueden existir.

En este trabajo se ha evidenciado que la distribución de especies del tramo de estudio responden, principalmente al gradiente de inundación, definido por la distancia y altura respecto al thalweg (DV y DH respectivamente). Los resultados de la aplicación del test de Kruskal-Wallis a la muestra indican que las respuestas de las especies del tramo con respecto a estas dos variables se pueden agregar por parejas, existiendo una pequeña relación entre sauces y alisos. El mismo test, no da claras evidencias de que haya fuertes relaciones entre otros grupos con respecto a las variables DH y DV, aunque es probable que si existan, pero que estos test no-paramétricos no sean capaces de detectarlos, porque quedan ocultas debido a problemas anteriormente descritos, diversidad y heterogeneidad de la región de estudio, en la que otros factores deben ser incluidos en el análisis.

Las especies de vegetación de ribera pueden presentar zonas idóneas de DV y DH, diferentes según el momento de desarrollo ó madurez en el que se encuentren. Al dividir la muestra en pies mayores y pies menores en función al diámetro, se han observado diferencias en cuanto al posicionamiento de las especies. También en la distribución del regenerado, como puede verse en la especie *Fraxinus angustifolia*. Los pies de regenerado y pies menores han aparecido más cercanos al cauce y a alturas más bajas que los pies mayores. Para la regeneración, las especies riparias precisan de parches abiertos de sustratos aluviales, tales como los creados por las inundaciones (Richards et al. 2002), parches húmedos de sedimento fluvial desnudo con presencia de luz (Cooper and Andersen 2012). A medida que van creciendo, sus requerimientos son diferentes, y se van quedando

aquellos individuos que tienen las mejores condiciones en su hábitat, compitiendo por la luz y los nutrientes. El diámetro, variable relacionada directamente con la edad y la idoneidad de estación, influirá, pues, en la posición de los individuos.

Se han aplicado otras técnicas no-paramétricas (*Clustering* y *Regresión Tree*) para confirmar la anterior relación entre especies y encontrar otras. Para este análisis se añaden más variables explicativas diámetro y el vigor (indicador del estado fitosanitario y de la idoneidad del hábitat en el que se encuentra el individuo) con el fin de solventar, al menos en parte, las dificultades anteriormente comentadas. Aunque los resultados no son completamente concluyentes, si han mostrado con bastante confianza algunas relaciones interesantes entre las especies consideradas, Con todo lo anterior queda claro que las dificultades son importantes, pero estos primeros resultados son esperanzadores en lo relativo a la línea de investigación a seguir.

Por lo tanto, los avances aquí descritos abren las puertas a seguir en la dirección planteada: definir los patrones introduciendo variables que tengan relación directa con el régimen hídrico, como es el diámetro, e introduciendo nuevas como puede ser la altura y otras generales de la especie.



## 6. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- En este estudio se ha puesto de manifiesto que la distribución de las especies a lo largo del río no es aleatoria, que tiene una gran influencia el gradiente de inundación, definido por la distancia y altura respecto al thalweg.
- Existen relaciones entre especies en función a las respuestas de las mismas con respecto a las dos variables consideradas, también con respecto a un grupo de aliso y sauces, pero todavía no se ha definido con claridad relaciones entre otros grupos.
- Se ha evidenciado que rasgos de las especies como el diámetro, pueden influir en el posicionamiento. El diámetro es una característica vinculada a la edad, tamaño y madurez de la vegetación, ambos son rasgos de respuesta al flujo. Se han explorado técnicas de agrupamiento multivariantes (Clúster) y Árboles de Clasificación y Regresión teniendo en cuenta otras variables como el diámetro y el vigor, además de las de posición con respecto al thalweg. Los resultados no son concluyentes, pero muestran el camino al perfeccionamiento de la técnica y se han definido otras vías de experimentación.
- Estas futuras líneas de estudio van encaminadas a definir claramente las características más destacables que se relacionan con las componentes relevantes del flujo (Tabla 5), e introducirlas en las técnicas clúster y árboles de clasificación.
- Por último, se pretende definir un análisis espacial de hábitat disponible y de hábitat usado por las especies en el tramo, que podrá aportar mayor información en cuanto a los requerimientos de las especies.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Alonso A, Garzón G. 1997. Efectos sedimentarios de las inundaciones en un río fuertemente antropizado: El Jarama, Madrid. Cuadernos de Geografía Ibérica 22: 265-282.

Arthington A, James C, Mackay S, Rolls R, Sternberg D, Barnes A. 2012. Hydro-ecological relationships and thresholds to inform environmental flow management,.

Auble G, Scott M, Friedman J. 2005. Use of individualistic streamflow- vegetation relations along the fremont river, UTAH, USA to assess impacts of flow alteration on wetland and riparian areas. WETLANDS 25: 143-154.

Batalla R, Gomez C, Kondolf M. 2004. Reservoir-induced hydrological changes in the Ebro River basin (NE Spain). Journal of Hydrology 290(1-2): 117-136.

Bejarano MD, Nilsson C, González del Tánago M, Marchamalo M. 2011a. Responses of riparian trees and shrubs to flow regulation along a boreal stream in northern Sweden. Freshwater Biology 56: 853–866.

Bejarano MD, González del Tánago M, García de Jalón D, Marchamalo M, Sordo-Ward A, Solana-Gutiérrez J. 2011b. Responses of riparian guilds to flow alterations in a Mediterranean stream. Journal of Vegetation Science 23: 443-458.

Belmar O. 2012. Bases Ecológicas para el Establecimiento de Regímenes de Caudales Ambientales en la Cuenca del Segura Universidad de Murcia, Murcia.

Beschta R. 2005. Reduced cottonwood recruitment following extirpation of wolves in Yellowstone's Northern range. Ecology 86(2): 391-403.

Breiman L, Friedman J, Olsehn R, Stone C. 1984. Classification and regression trees. Wadsworth International Group.

CEDEX. 2008. Proyecto SIMPA. <http://hercules.cedex.es/hidrologia/pub/proyectos/simpa.htm>.

CEDEX. 2011. Propuesta metodológica para el estudio de la relación existente entre las comunidades vegetales de ribera y el régimen de caudales: Aplicación a tramos fluviales del Sur de España. Madrid: Ministerio de Fomento y Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Report no.

CEDEX. 2012. Anuario de Aforos 2009-2010. <http://hercules.cedex.es/anuarioaforos/default.asp>.

CEDEX. 2013. Guía visual Interactiva de la vegetación de ribera española. <http://vegetacionderibera.cedex.es/>.

Cooper DJ, Andersen DC. 2012. Novel plant communities limit the effects of a managed flood to restore riparian forests along a large regulated river. *River Research And Applications* 28: 204-215.

Correia A, Oliveira A. 1999. Principais espécies florestais com interesse para Portugal: zonas de influência mediterrânica: Direcção-Geral das Florestas. *Estudos e Informação*

CHT. 2008. Información de los Artículos 5 y 6 DMA. <http://www.chtajo.es/DemarcaTajo/dma/Paginas/Articulos5Y6.aspx>.

CHT. 2013. Propuesta de proyecto de Plan hidrológico de cuenca de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo. <http://www.chtajo.es/Informacion%20Ciudadano/NuevoPlanHidrologico/Propuesta%20de%20proyecto/Paginas/default.aspx>.

Domínguez JA, Peña R, Sastre A. 2000. Evaluación de áreas de graveras mediante tratamiento multitemporal de imágenes aéreas y espaciales. *Tecnologías Geográficas para el Desarrollo Sostenible. Tecnologías Geográficas para el Desarrollo Sostenible: 240-255.*

Fisher RA, Fischenich JC. 2000. Design recommendations for riparian corridors and vegetated buffer strips. [www.wes.army.mil/el/emrrp](http://www.wes.army.mil/el/emrrp).)

IGN. 2012. Instituto Geográfico Nacional. <http://www.ign.es/ign/main/index.do>.

IPH. 2008. Instrucción de Planificación Hidrológica. Orden Ministerial.ORDEN ARM/2656/2008.

Junk W, Wantzen K. 2004. The flood pulse concept: new aspects, approaches and applications - an update. Paper presented at Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries; 2004, Bangkok.

Junk W, Bayley P, Sparks R. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 106: 110-127.

Lara F, Garilleti R, Calleja JA, eds. 2004. La vegetación de ribera de la mitad norte española: Ministerio de Fomento, CEDEX. Centro de Publicaciones.

Lytle D, Poff NL. 2004. Adaptation to natural flow regimes. *TRENDS in Ecology and Evolution* 19: 94-100.

MAAMA. 2013. Visor del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables e Inventario de Presas. <http://sig.marm.es/snczi/visor.html?herramienta=Presas>.

Martínez C, Fernández JA. 2010a. Programa IAHRIS. [http://www.ecogesfor.org/IAHRIS\\_es.html](http://www.ecogesfor.org/IAHRIS_es.html).

Martínez C, Fernández JA. 2010b. IAHRIS 2.2 Índices de alteración hidrológica en ríos. Manual de referencia metodológica.

- Merritt D, Cooper D. 2000. Riparian vegetation and channel change in response to river regulation: a comparative study of regulated and unregulated streams in the Green River basin, USA. *Regulated Rivers: Research & Management* 16: 543-564.
- Merritt D, Wohl E. 2006. Plant dispersal along rivers fragmented by dams. *River Research And Applications* 22: 1-26.
- Merritt D, Scott M, Poff L, Auble G, Lytle D. 2010. Theory, methods and tools for determining environmental flows for riparian vegetation: riparian vegetation-flow response guilds. *Freshwater Biology* 55: 206-225.
- Morales M, Fernández J. 2010. Aspectos relevantes de la interacción entre la vegetación de ribera, la hidráulica y la morfología de cauces. III Congreso De Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente. Agua, Biodiversidad E Ingeniería. Zaragoza.
- Nilsson C, Svedmark M. 2002. Basic Principles and Ecological Consequences of Changing Water Regimes: Riparian Plant Communities. *Environmental Management* 30: 468-480.
- Poff NL, Allan D, Bain M, Karr J, Prestegard K, Richter B, Sparks R, Stromberg J. 1997. The Natural Flow Regime. A paradigm for river conservation and restoration. *BioScience* 47.
- Pusey B, Arthington A. 2003. Importance of the riparian zone to the conservation and management of freshwater fish: a review. *Marine and Freshwater Research* 54: 1-16
- Richards K, Brasington J, Hughes F. 2002. Geomorphic dynamics of floodplains: ecological implications and a potential modelling strategy. *Freshwater Biology* 47: 559-579.
- Ruiz-García JM. 1999. Modelo distribuido para la evaluación de recursos hídricos: Centro de Estudios Hidrográficos, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Centro de Publicaciones, Ministerio de Fomento.
- Samuelson G, Rood S. 2004. Differing influences of natural and artificial disturbances on riparian cottonwoods from prairie to mountain ecoregions in Alberta, Canada. *Journal of Biogeography* 31: 435-450.
- Serrada R, Montero M, Reque J. 2008. Compendio de Selvicultura Aplicada en España. Madrid: INIA y FUCOVASA.
- Stromberg JC, Tiller R, Richter B. 1996. Effects of Groundwater Decline on Riparian Vegetation of Semiarid Regions: The San Pedro, Arizona. *Ecological applications* 6: 113-131.
- Stromberg JC, Lite SJ, Dixon MD. 2010. Effects of stream flow patterns on riparian vegetation of a semiarid river: implications for a changing climate. *River Research And Applications* 26: 712-729.

Tabacchi E, Correll D, Hauer R, Pinay G, Planty-Tabacchi A-M, Wissmar R. 1998. Development, maintenance and role of riparian vegetation in the river landscape. *Freshwater Biology* 40: 498-516.

Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR, Borbotones CE. 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 37 130-137.

Vaughan IP, Diamond M, Gurnell AM, Hall KA, Jenkins A, Milner NJ, Naylor LA, Sear DA, Woodward G, Ormerod SJ. 2009. Integrating ecology with hydromorphology: a priority for river science and management. *Aquatic Conservation: Marine And Freshwater Ecosystems* 19: 113-125

Villanueva,JA. 2007. Tercer Inventario Forestal Nacional: 1997-2007,Comunidad de Madrid. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid (España).

Ward JV, Stanford JA. 1983. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems.: *Ann Arbor Science*.

## **8. ANEXOS**

- I. INFORMES RELEVANTES PROGRAMA IAHRIS
- II. TABLA RESUMEN DE LOS RASGOS DE LAS ESPECIES MUESTREADAS

## **8. ANEXOS**

- I. INFORMES RELEVANTES PROGRAMA IAHRIS
- II. TABLA RESUMEN DE LOS RASGOS DE LAS ESPECIES MUESTREADAS

# I. INFORMES SALIDA PROGRAMA IAHRIS





**IDENTIFICADOR DEL PUNTO:** 9011-jarama

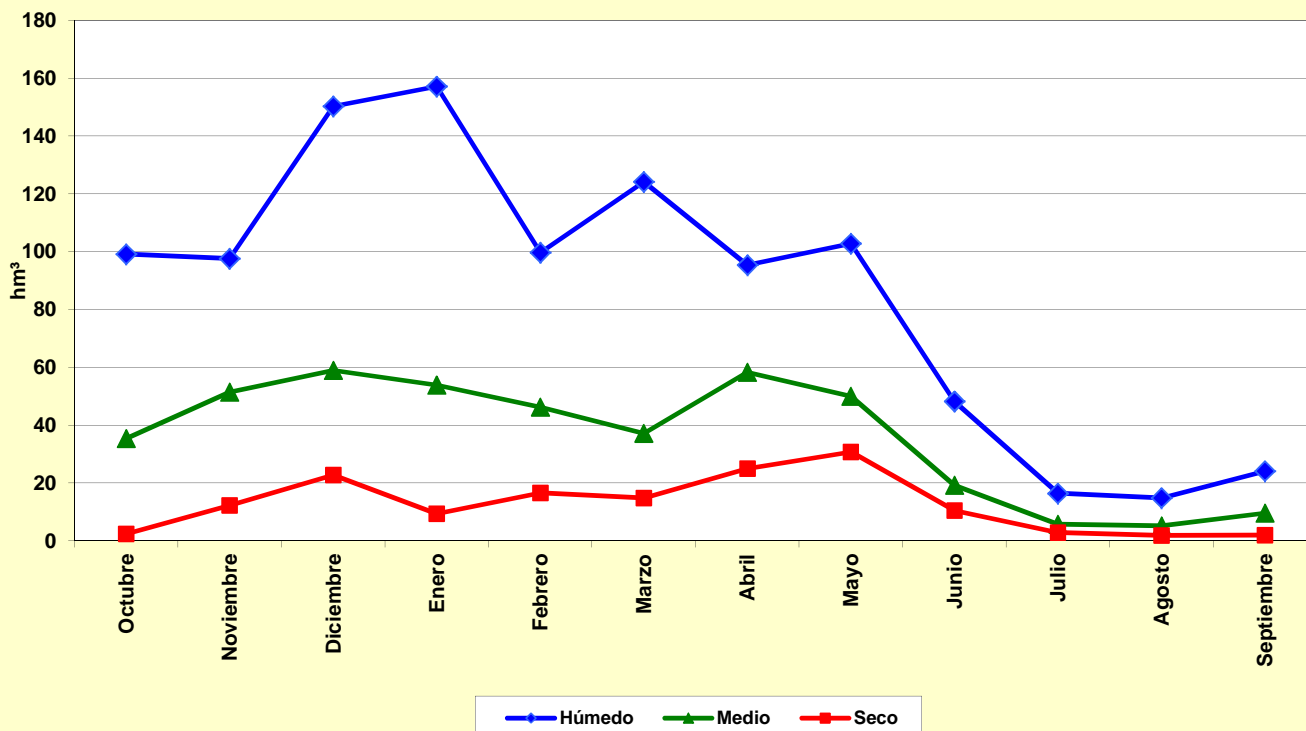
**IDENTIFICADOR DE LA ALTERACIÓN:** 9011\_ALT-alteracion

**FECHA:** 06/03/2013

**RESULTADOS**

TIPO DE AÑO MES	APORTACIONES MENSUALES (hm <sup>3</sup> )			CAUDALES DIARIOS MENSUALES (m <sup>3</sup> /s)		
	HÚMEDO	MEDIO	SECO	HÚMEDO	MEDIO	SECO
Octubre	99,199	35,401	2,456	37,037	13,217	0,917
Noviembre	97,646	51,420	12,282	37,672	19,838	4,738
Diciembre	150,336	58,958	22,785	56,129	22,013	8,507
Enero	157,161	53,941	9,443	58,678	20,139	3,526
Febrero	99,697	46,241	16,575	41,211	19,114	6,852
Marzo	124,158	37,167	14,805	46,355	13,877	5,528
Abril	95,455	58,282	24,983	36,826	22,485	9,638
Mayo	102,863	50,002	30,724	38,405	18,669	11,471
Junio	48,243	19,291	10,530	18,612	7,443	4,062
Julio	16,436	5,776	2,883	6,137	2,156	1,076
Agosto	14,873	5,246	1,870	5,553	1,959	0,698
Septiembre	24,142	9,679	1,977	9,314	3,734	0,763

**APORTACIONES MENSUALES EN RÉGIMEN NATURAL, SEGÚN TIPO DE AÑO**

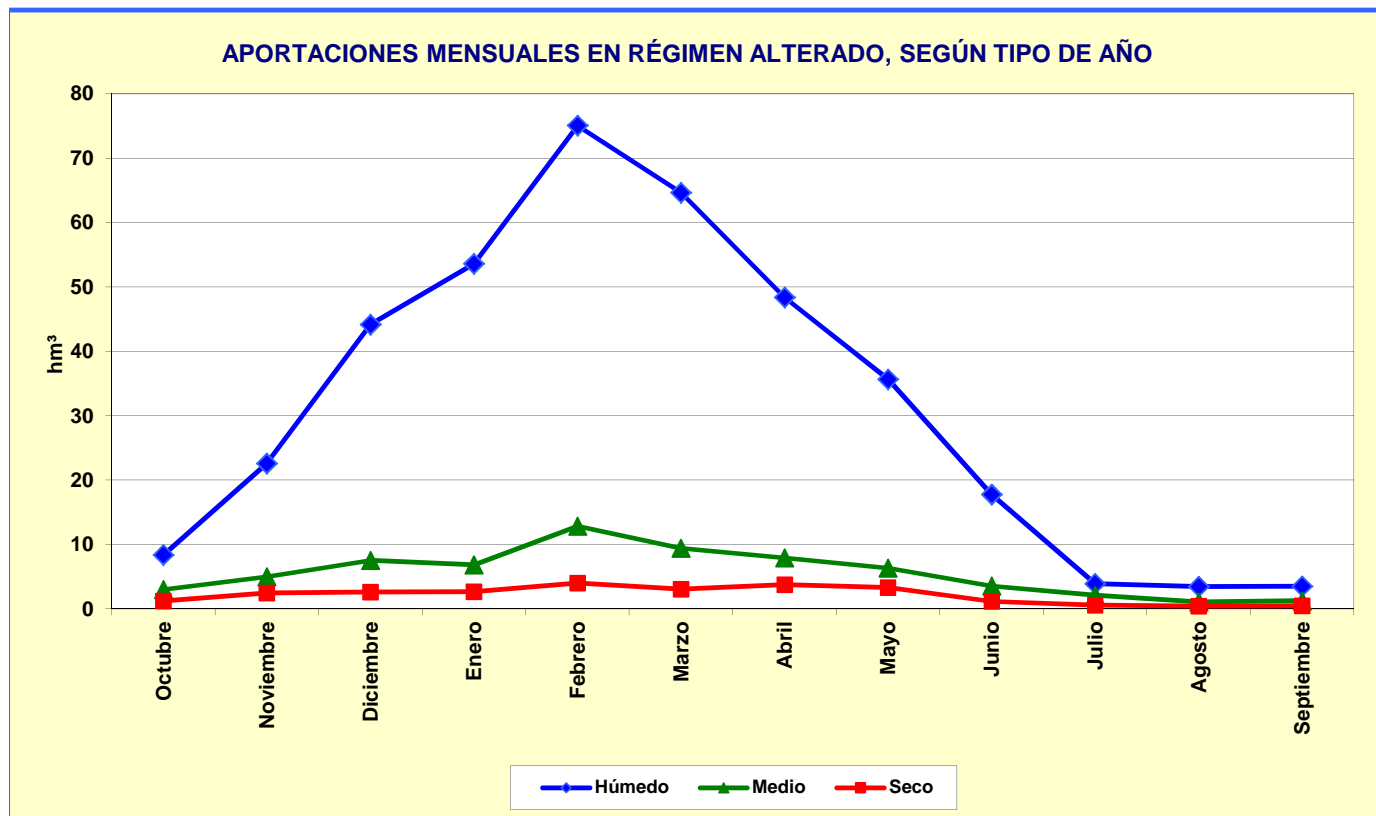




**IDENTIFICADOR DEL PUNTO:** 9011-jarama  
**IDENTIFICADOR DE LA ALTERACIÓN:** 9011\_ALT-alteracion  
**FECHA:** 06/03/2013

**RESULTADOS**

TIPO DE AÑO MES	APORTACIONES MENSUALES (hm <sup>3</sup> )			CAUDALES DIARIOS MENSUALES (m <sup>3</sup> /s)		
	HÚMEDO	MEDIO	SECO	HÚMEDO	MEDIO	SECO
Octubre	8,354	3,020	1,206	3,119	1,128	0,450
Noviembre	22,606	4,969	2,444	8,721	1,917	0,943
Diciembre	44,181	7,543	2,600	16,495	2,816	0,971
Enero	53,582	6,826	2,654	20,005	2,549	0,991
Febrero	75,067	12,832	3,978	31,030	5,304	1,644
Marzo	64,647	9,417	3,024	24,137	3,516	1,129
Abril	48,385	7,907	3,744	18,667	3,051	1,444
Mayo	35,649	6,315	3,305	13,310	2,358	1,234
Junio	17,764	3,565	1,170	6,853	1,375	0,451
Julio	3,881	2,098	0,567	1,449	0,783	0,212
Agosto	3,428	1,060	0,426	1,280	0,396	0,159
Septiembre	3,499	1,233	0,465	1,350	0,476	0,179





IDENTIFICADOR DEL PUNTO: 9011-jarama

IDENTIFICADOR DE LA ALTERACIÓN: 9011\_ALT-alteracion

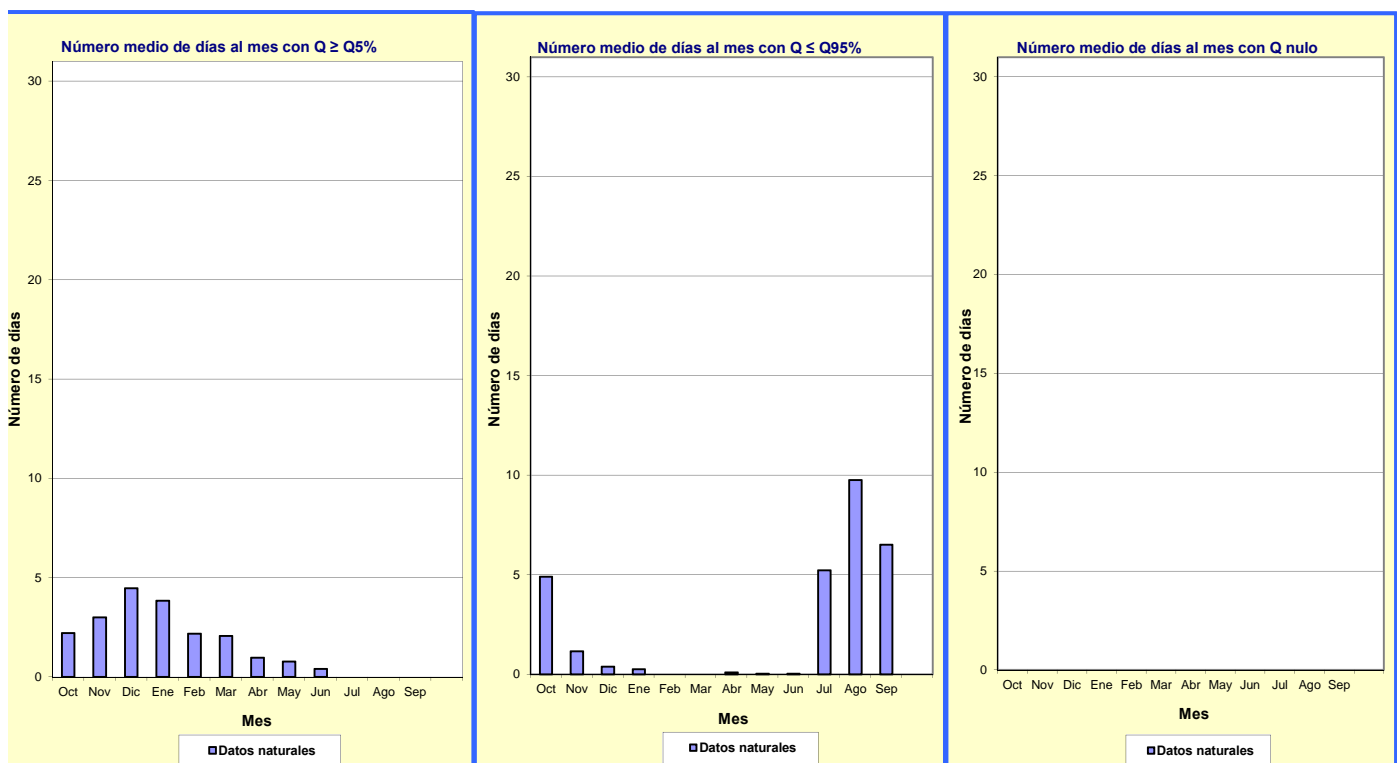
FECHA: 06/03/2013

RESULTADOS

COMPONENTE DEL RÉGIMEN NATURAL		ASPECTO	PARÁMETRO		
			DESCRIPCIÓN	VALOR (hm <sup>3</sup> ó m <sup>3</sup> /s)	
VALORES HABITUALES	Aportaciones anuales y mensuales	Magnitud	Media de las aportaciones anuales	Año húmedo 836,59 Año medio 559,97 Año seco 285,94 Año pond. 560,62	
		Variabilidad	Diferencia entre aportación mensual máxima y mínima en el año	Año húmedo 202,92 Año medio 147,65 Año seco 70,57 Año pond. 142,20	
		Estacionalidad	Mes de máxima y mínima aportación	Año húmedo ENE-AGO Año medio DIC-AGO Año seco MAY-AGO	
	Caudales diarios	Variabilidad	Diferencia entre los caudales medios diarios correspondientes a los percentiles de excedencia del 10% y 90%	Q 10% 42,27 Q 90% 1,59	
	VALORES EXTREMOS	Caudales máximos (avenidas)	Magnitud y frecuencia	Media de los máximos caudales diarios anuales	Qc 165,21
				Caudal generador del lecho; Período de retorno	QGL; T 172,1 2
Caudal de conectividad; Período de retorno				QCONEC;T 232,8 5	
Variabilidad			Caudal de la avenida habitual (percentil de excedencia del 5%)	Q 5% 59,63	
			Coefficiente de variación de máximos caudales diarios anuales	CV(Q <sub>c</sub> ) 0,57	
			Coefficiente de variación de la serie de avenidas habituales	CV(Q 5%) 0,51	
VALORES EXTREMOS	Caudales mínimos (sequías)	Magnitud y frecuencia	Número medio de días al mes con caudal medio diario ≥ Q5%	Ver tabla y gráfico al pie	
			Máximo nº de días consecutivos con caudal medio diario ≥ Q5%	10,19	
		Variabilidad	Media de los mínimos caudales diarios anuales	Qs 0,75	
			Caudal de la sequía habitual (percentil de excedencia del 95%)	Q 95% 1,08	
Estacionalidad	Coefficiente de variación de mínimos caudales diarios anuales	CV(Qs) 0,48			
	Coefficiente de variación de la serie de sequías habituales	CV(Q 95%) 0,54			
Duración	Número medio de días al mes con caudal medio diario ≤ Q95%	Ver tabla y gráfico al pie			
	Máximo nº de días consecutivos con caudal medio diario ≤ Q95%	23,59			
			Número medio de días al mes con caudal medio diario nulo	Ver tabla y gráfico al pie	

\*\* Parámetro que no se ha podido calcular

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Nº MEDIO DÍAS AL MES CON Q ≥ Q5%	2,2	3,0	4,5	3,8	2,2	2,1	1,0	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0
Nº MEDIO DÍAS AL MES CON Q ≤ Q95%	4,9	1,2	0,4	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	5,2	9,8	6,5
Nº MEDIO DÍAS AL MES CON Q NULO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



IDENTIFICADOR DEL PUNTO: 9011-jarama

IDENTIFICADOR DE LA ALTERACIÓN: 9011\_ALT-alteracion

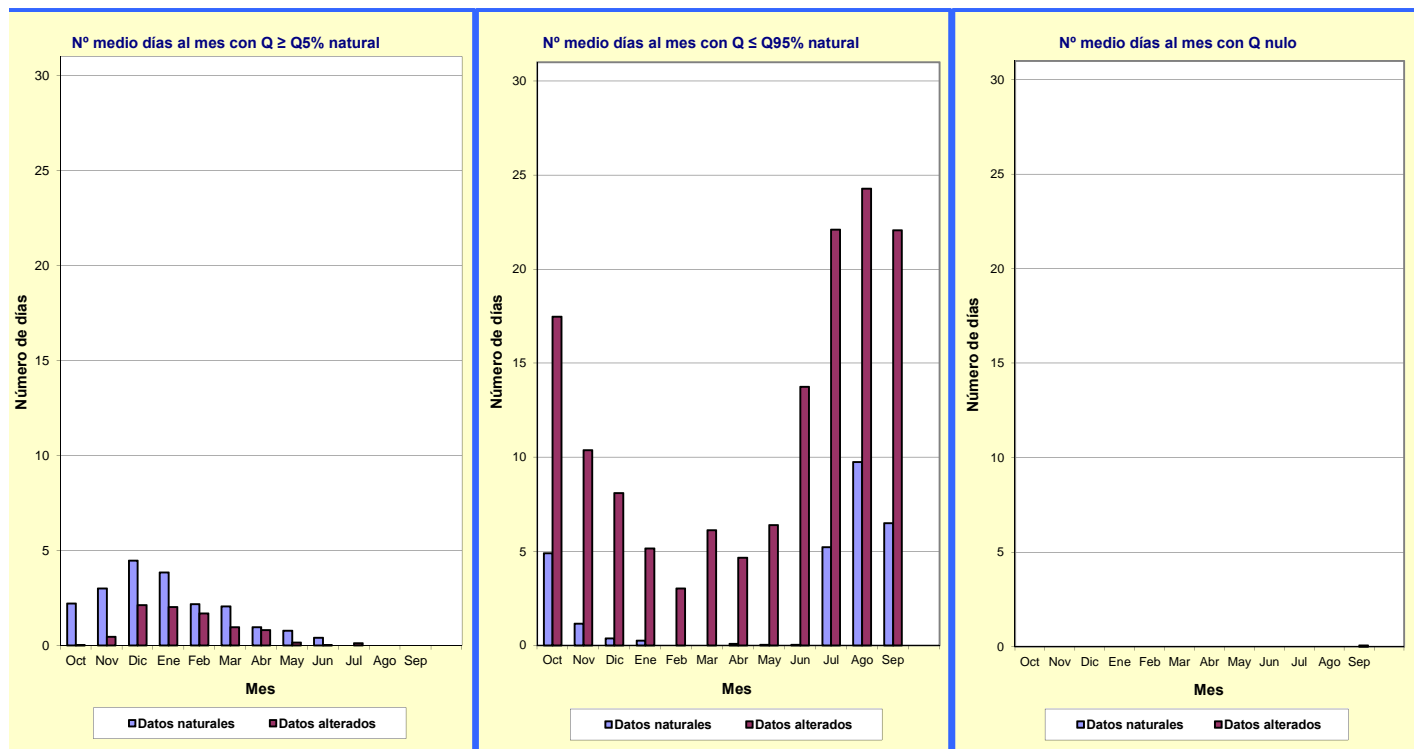
FECHA: 06/03/2013

RESULTADOS

COMPONENTE DEL RÉGIMEN ALTERADO		ASPECTO	PARÁMETRO		
			DESCRIPCIÓN	VALOR (hm <sup>3</sup> ó m <sup>3</sup> /s)	
VALORES HABITUALES	Aportaciones anuales y mensuales	Magnitud	Media de las aportaciones anuales	Año húmedo 362,70 Año medio 211,74 Año seco 34,70	
		Variabilidad	Diferencia entre aportación mensual máxima y mínima en el año	Año húmedo 147,77 Año medio 67,46 Año seco 5,12	
		Estacionalidad	Mes de máxima y mínima aportación	Año húmedo FEB-AGO Año medio FEB-AGO Año seco FEB-AGO	
	Caudales diarios	Variabilidad	Diferencia entre los caudales medios diarios correspondientes a los percentiles de excedencia del 10% y 90%	Año húmedo 205,22 Año medio 71,95 Año seco 71,95	
		Caudales máximos (avenidas)	Magnitud y frecuencia	Media de los máximos caudales diarios anuales	Qc 92,21
				Caudal de conectividad	Q <sub>GL</sub> 120,61
Caudal de la avenida habitual (percentil de excedencia del 5%)	Q <sub>CONEC</sub> 178,35				
VALORES EXTREMOS	Caudales máximos (avenidas)	Magnitud y frecuencia	Caudal de la avenida habitual (percentil de excedencia del 5%)	Q <sub>5%</sub> 30,69	
			Variabilidad	anuales	CV(Q <sub>c</sub> ) 1,01
			Estacionalidad	Coefficiente de variación de la serie de avenidas habituales	CV(Q <sub>5%</sub> ) 1,12
	Caudales mínimos (sequías)	Magnitud y frecuencia	Número medio de días al mes con caudal medio diario ≥ Q <sub>5%</sub> natural	Ver tabla y gráfico al pie	
			Duración	Máximo nº días consecutivos con caudal medio diario ≥ Q <sub>5%</sub> natural	4,91
			Caudales mínimos (sequías)	Magnitud y frecuencia	Media de los mínimos caudales diarios anuales
Variabilidad	Caudal de la sequía habitual (percentil de excedencia del 95%)	Q <sub>95%</sub> 0,42			
Estacionalidad	Coefficiente de variación de mínimos caudales diarios anuales	CV(Q <sub>s</sub> ) 0,86			
Caudales mínimos (sequías)	Magnitud y frecuencia	Coefficiente de variación de la serie de sequías habituales	CV(Q <sub>95%</sub> ) 0,78		
		Duración	Núm. medio de días al mes con caudal medio diario ≤ Q <sub>95%</sub> natural	Ver tabla y gráfico al pie	
		Duración	Máximo nº días consecutivos con caudal medio diario ≤ Q <sub>95%</sub> natural	81,16	
Duración	Número medio de días al mes con caudal medio diario nulo	Ver tabla y gráfico al pie			

\*\* Parámetro que no se ha podido calcular

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Nº MEDIO DÍAS CON Q <sub>c</sub> ≥ Q <sub>5%</sub> natural	0,0	0,5	2,1	2,0	1,7	1,0	0,8	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0
Nº MEDIO DÍAS CON Q <sub>s</sub> ≤ Q <sub>95%</sub> natural	17,5	10,4	8,1	5,2	3,0	6,1	4,7	6,4	13,8	22,1	24,3	22,1
Nº MEDIO DÍAS CON Q NULO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1

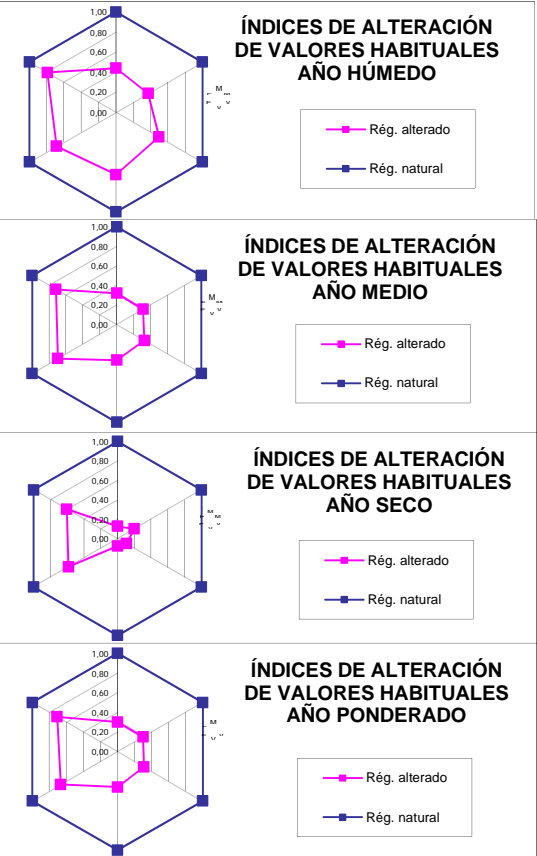




IDENTIFICADOR DEL PUNTO: 9011-jarama  
IDENTIFICADOR DE LA ALTERACIÓN: 9011\_ALT-alteracion  
FECHA: 06/03/2013

RESULTADOS

ASPECTO	INDICES DE ALTERACIÓN HIDROLÓGICA (IAH)			NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV	NIVEL V
	VALOR	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	0,8 < I ≤ 1	0,6 < I ≤ 0,8	0,4 < I ≤ 0,6	0,2 < I ≤ 0,4	0 < I ≤ 0,2
VALORES HABITUALES AÑO HÚMEDO	magnitud	0,44	IAH1 húm	Magnitud de las aportaciones anuales				
		0,37 *	IAH2 húm	Magnitud de las aportaciones mensuales				
	variabilidad	0,50	IAH3 húm	Variabilidad habitual				
		0,63 **	IAH4 húm	Variabilidad extrema				
	estacionalidad	0,69	IAH5 húm	Estacionalidad de máximos				
		0,79	IAH6 húm	Estacionalidad de mínimos				
VALORES HABITUALES AÑO MEDIO	magnitud	0,32	IAH1 med	Magnitud de las aportaciones anuales				
		0,31 *	IAH2 med	Magnitud de las aportaciones mensuales				
	variabilidad	0,33	IAH3 med	Variabilidad habitual				
		0,37 **	IAH4 med	Variabilidad extrema				
	estacionalidad	0,70	IAH5 med	Estacionalidad de máximos				
		0,72	IAH6 med	Estacionalidad de mínimos				
VALORES HABITUALES AÑO SECO	magnitud	0,13	IAH1 sec	Magnitud de las aportaciones anuales				
		0,20	IAH2 sec	Magnitud de las aportaciones mensuales				
	variabilidad	0,11	IAH3 sec	Variabilidad habitual				
		0,08	IAH4 sec	Variabilidad extrema				
	estacionalidad	0,58	IAH5 sec	Estacionalidad de máximos				
		0,60	IAH6 sec	Estacionalidad de mínimos				
VALORES HABITUALES AÑO PONDERADO	magnitud	0,30	IAH1 pon	Magnitud de las aportaciones anuales				
		0,30	IAH2 pon	Magnitud de las aportaciones mensuales				
	variabilidad	0,31	IAH3 pon	Variabilidad habitual				
		0,36	IAH4 pon	Variabilidad extrema				
	estacionalidad	0,67	IAH5 pon	Estacionalidad de máximos				
		0,71	IAH6 pon	Estacionalidad de mínimos				



\* Inverso \*\* Indeterminación \*\*\* Inverso e Indeterminación # No se puede calcular

ÍNDICES DE ALTERACIÓN GLOBAL			NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV	NIVEL V
ASPECTO	VALOR	CÓDIGO	0,64 < I ≤ 1	0,36 < I ≤ 0,64	0,16 < I ≤ 0,36	0,04 < I ≤ 0,16	0 < I ≤ 0,04
VALORES HABITUALES AÑO HÚMEDO	0,32	IAG <sub>H</sub> AÑO HÚMEDO					
VALORES HABITUALES AÑO MEDIO	0,20	IAG <sub>H</sub> AÑO MEDIO					
VALORES HABITUALES AÑO SECO	0,07	IAG <sub>H</sub> AÑO SECO					
VALORES HABITUALES AÑO PONDERADO	0,20	IAG <sub>H</sub> AÑO PONDERADO					

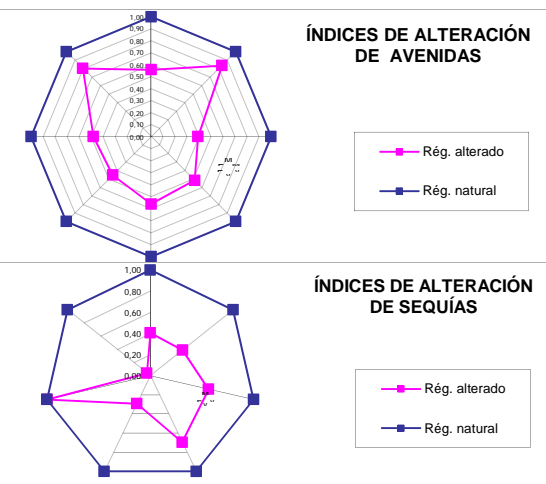
IDENTIFICADOR DE LA ALTERACIÓN: 9011\_ALT-alteracion

FECHA: 06/03/2013

## RESULTADOS

ASPECTO	INDICES DE ALTERACIÓN HIDROLÓGICA (IAH)			NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV	NIVEL V
	VALOR	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	0,8 < I ≤ 1	0,6 < I ≤ 0,8	0,4 < I ≤ 0,6	0,2 < I ≤ 0,4	0 < I ≤ 0,2
AVENIDAS	magnitud	0,56	IAH7	Magnitud de las avenidas máximas				
		0,84	IAH8	Magnitud del caudal generador del lecho				
		0,39 *	IAH9	Frecuencia del caudal de conectividad				
	variabilidad	0,51	IAH10	Magnitud de las avenidas habituales				
		0,56 *	IAH11	Variabilidad de las avenidas máximas				
	duración	0,45 *	IAH12	Variabilidad de las avenidas habituales				
estacionalidad	0,48	IAH13	Duración de avenidas					
SEQUIAS	magnitud	0,80	IAH14	Estacionalidad de avenidas				
		0,41	IAH15	Magnitud de las sequías extremas				
	0,39	IAH16	Magnitud de las sequías habituales					
	variabilidad	0,56 *	IAH17	Variabilidad de las sequías extremas				
		0,69 *	IAH18	Variabilidad de las sequías habituales				
	duración	0,29 *	IAH19	Duración de sequías				
estacionalidad	1,00	IAH20	Nº de días con Q=0					
	0,04	IAH21	Estacionalidad de sequías					

\* Inverso \*\* Indeterminación \*\*\* Inverso e Indeterminación # No se puede calcular



ASPECTO	ÍNDICES DE ALTERACIÓN MENSUALES			
	MES	IAH14	IAH20	IAH21
AVENIDAS Y SEQUIÁS (duración y estacionalidad)	Octubre	0,56	1,00	0,00
	Noviembre	0,49	1,00	0,00
	Diciembre	0,53	1,00	0,00
	Enero	0,64	1,00	0,02
	Febrero	0,90	1,00	0,39
	Marzo	0,78	1,00	0,00
	Abril	0,97	1,00	0,09
	Mayo	0,88	1,00	0,00
	Junio	0,93	1,00	0,00
	Julio	0,98	1,00	0,00
	Agosto	1,00	1,00	0,00
	Septiembre	1,00	0,99	0,00

En estos índices no se indica si se ha invertido el cálculo

ÍNDICES DE ALTERACIÓN GLOBAL			NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV	NIVEL V
ASPECTO	VALOR	CÓDIGO	0,64 < I ≤ 1	0,36 < I ≤ 0,64	0,16 < I ≤ 0,36	0,04 < I ≤ 0,16	0 < I ≤ 0,04
AVENIDAS	0,29	IAG <sub>A</sub>					
SEQUIÁS	0,22	IAG <sub>S</sub>					



IDENTIFICADOR DEL PUNTO: 9011-jarama  
IDENTIFICADOR DE LA ALTERACIÓN: 9011\_ALT-alteracion  
FECHA: 06/03/2013

ÍNDICE			
CODIGO	DENOMINACION	Valor	Alteración ≥ 50%
IAH1 pon	Magnitud de las aportaciones anuales	0,30	SI
IAH2 pon	Magnitud de las aportaciones mensuales	0,30	SI
IAH3 pon	Variabilidad habitual	0,31	SI
IAH5 pon	Estacionalidad de máximos	0,67	NO
IAH6 pon	Estacionalidad de mínimos	0,71	NO
IAH8	Magnitud del caudal generador del lecho	0,84	NO
IAH10	Magnitud de las avenidas habituales	0,51	NO
IAH13	Duración de avenidas	0,48	SI
IAH14 (Eval. mensual)	Estacionalidad avenidas (eval. mensual)	1 meses(*)	NO (**)
IAH16	Magnitud de las sequías habituales	0,39	SI
IAH19	Duración de sequías	0,29	SI
IAH21 (Eval. mensual)	Estacionalidad sequías (eval. mensual)	12 meses(*)	SI (**)

(\*) Número de meses al año con  $IAH_{mensual} \leq 0,5$

(\*\*) IAH alterado si nº meses  $\geq 3$

Nº Índices con alteración  $\geq 50\%$ : 7

Criterio de clasificación aplicado: C1

**CLASIFICACIÓN\*\*\*: MASA MUY ALTERADA**

**CLASIFICACIÓN\*\*\***

El epígrafe 3.4.2 de la IPH (pg 38514 del BOE de 22-09-08) indica: ..... *En los ríos identificados como masas de agua se analizará su grado de alteración hidrológica mediante el cálculo de índices de alteración hidrológica... con estos índices se comparan las condiciones del régimen natural de referencia con las condiciones actuales... los parámetros utilizados deben basarse en las características fundamentales de los regímenes hidrológicos, como magnitud, duración, frecuencia, estacionalidad y tasas de cambio...*

En este INFORME de IAHRIS se asume que una masa de agua está hidrológicamente **muy alterada cuando más de la mitad de los doce Índices de Alteración Hidrológica (IAH) seleccionados reflejan alteraciones iguales o superiores al 50% del valor del parámetro en régimen natural ( $IAH \leq 0,5$ )**. Si no se cumple esa condición, IAHRIS no asigna clasificación.

En el caso particular de que sean seis los  $IAH \leq 0,5$ , se aplica un criterio que se describe en el manual de referencia correspondiente (criterio C1a).

## II. TABLA RASGOS CARACTERÍSTICOS DE LAS ESPECIES DE RIBERA



<b>GREMIOS RESPUESTA AL FLUJO</b>	<b>RASGOS</b>	<b>COMPONENTES RELEVANTES DEL FLUJO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS SELECCIONADAS</b>
HISTORIA DE VIDA	Edad Anual/bianual/perenne	Frecuencia de las inundaciones extremas	Edad
ESTRATEGIA DE REPRODUCCIÓN	Vegetativa/Sexual/Combinadas Reproducción en sintonía con la componente del flujo	Magnitud de caudal extremo Estacionalidad (momento) del flujo alto, bajo	Tipo de reproducción
MORFOLOGÍA	Árboles/Arbustos Profundidad de las raíces (FREATOFITAS) Morfología de las raíces Tamaño y madurez (altura de dosel, volumen de la vegetación)	Duración del flujo Magnitud y duración del flujo bajo y alto Prof. del agua y variabilidad inter-e intra-anual Permanencia de flujo, la profundidad del agua subterránea, la variabilidad del flujo	Porte  Altura y diámetro
Perturbación fluvial	Corteza surcada Tallos flexibles Capacidad de rebrote Raíces adventicias y tallos (enterramiento)	Magnitud y la frecuencia de flujo alto Alto flujo de sedimentos	Corteza surcada Flexibilidad del tallo
Balance de agua	Control estomático Resistencia a la sequía Tolerancia a la anoxia Difusión de oxígeno a las raíces Inactividad inducida por sequía Tolerancia de inmersión Tasa/tipo de la extensión de raíz	Magnitud / duración de flujo bajo Magnitud / duración de flujo bajo Duración de flujo alto Alt. lámina agua y variabilidad inter-e intra-anual La tasa de disminución	Resistencia a la sequía Tolerancia Anoxia  Tolerancia a la inmersión Raíz de fijación

Rasgos característicos de las especies de ribera, desarrollados a partir del estudio de Merrit et al, 2010. Las primeras tres columnas han sido extraídas del estudio de los autores, la última columna corresponde a las características seleccionadas para el presente estudio.