



**Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente**



**UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA**



Informe de I+D+i:

**Proyecto RIBERA: Modelación matemática de
ecosistemas de ribera para la determinación de
regímenes ecológicos en el río**

Valencia, 1 de diciembre de 2009

TABLA DE CONTENIDOS

1.-	INTRODUCCIÓN	1
1.1.-	MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS	2
1.2.-	PERSONAL DE LA UPV	3
1.3.-	ANTECEDENTES	4
1.4.-	METODOLOGÍA.....	6
1.4.1.-	<i>Curvas de idoneidad</i>	6
1.4.2.-	<i>Modelo matemático</i>	6
2.-	METODOLOGÍA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS EN CAMPO.....	7
2.1.-	VARIABLES PARA LA MODELACIÓN EMPÍRICA DE RELACIONES VEGETACIÓN-FLUJO	8
2.1.1.-	<i>Duración de la inundación</i>	8
2.1.2.-	<i>Duración de la inundación en el periodo de crecimiento</i>	9
2.1.3.-	<i>Duración de la inundación continua (número de días consecutivos)</i>	11
2.1.4.-	<i>Frecuencia de inundación</i>	11
2.1.5.-	<i>Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base</i>	11
2.2.-	INVENTARIO FLORÍSTICO, ABUNDANCIAS Y COBERTURAS	13
2.3.-	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA VEGETACIÓN.....	15
2.3.1.-	<i>Identificación del punto de muestreo</i>	15
2.3.2.-	<i>Características del cauce</i>	16
2.3.3.-	<i>Características de los márgenes</i>	20
2.3.4.-	<i>Características de la vegetación</i>	22
2.4.-	ÍNDICES DE CALIDAD DEL BOSQUE DE RIBERA.....	24
2.4.1.-	<i>Índice de calidad del bosque de ribera (QBR)</i>	24
2.4.2.-	<i>Riparian Quality Index (RQI)</i>	31
2.5.-	SIMULACIÓN HIDRÁULICA UNIDIMENSIONAL	34
2.5.1.-	<i>Trabajo de campo</i>	34
2.5.2.-	<i>Trabajo de gabinete</i>	39
2.6.-	MUESTREO GEORREFERENCIADO DE LA VEGETACIÓN RIPARIA.....	41
2.6.1.-	<i>Selección de pies y medición dasométrica</i>	41
2.6.2.-	<i>Extracción de los testigos de madera</i>	43
2.7.-	ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS.....	47

2.7.1.-	<i>Procesado de las muestras</i>	47
2.7.2.-	<i>Determinación dendrocronológica</i>	48
2.7.3.-	<i>Elaboración de las curvas de crecimiento</i>	48
2.7.4.-	<i>Elaboración de las curvas generalizadas por especie-variable</i>	49
3.-	INFORMACIÓN BÁSICA DE LOS TRAMOS DE ESTUDIO	53
3.1.-	LOCALIZACIÓN DE LOS TRAMOS DE ESTUDIO	54
3.1.1.-	<i>Río Serpis en Lorcha</i>	55
3.1.2.-	<i>Río Mijares en Cirat</i>	57
3.1.3.-	<i>Río Mijares en Tormo</i>	59
3.1.4.-	<i>Río Mijares en el Terde-1</i>	61
3.1.5.-	<i>Río Mijares en el Terde-2</i>	63
3.1.6.-	<i>Río Cabriel en el Rabo del Batán-1</i>	64
3.1.7.-	<i>Río Cabriel en el Rabo del Batán-2</i>	65
3.2.-	CARACTERIZACIÓN DE LOS TRAMOS DE ESTUDIO	66
3.2.1.-	<i>Río Serpis en Lorcha</i>	66
3.2.2.-	<i>Río Mijares en Cirat</i>	70
3.2.3.-	<i>Río Mijares en Tormo</i>	74
3.2.4.-	<i>Río Mijares en el Terde-1</i>	79
3.2.5.-	<i>Río Mijares en el Terde-2</i>	84
3.2.6.-	<i>Río Cabriel en el Rabo del Batán-1</i>	89
3.2.7.-	<i>Río Cabriel en el Rabo del Batán-2</i>	94
4.-	RELACIÓN ENTRE CAUDALES Y VEGETACIÓN RIPARIA	101
4.1.-	MUESTREO PARA SIMULACIÓN HIDRÁULICA 1D	102
4.1.1.-	<i>Río Serpis en Lorcha</i>	102
4.1.2.-	<i>Río Mijares en Cirat</i>	102
4.1.3.-	<i>Río Mijares en Tormo</i>	102
4.1.4.-	<i>Río Mijares en los tramos del Terde</i>	103
4.1.5.-	<i>Río Cabriel en los tramos del Rabo del Batán</i>	103
4.2.-	MUESTREO DE VEGETACIÓN	104
4.2.1.-	<i>Río Serpis en Lorcha</i>	104
4.2.2.-	<i>Río Mijares en Cirat</i>	105
4.2.3.-	<i>Río Mijares en Tormo</i>	106

4.2.4.-	Río Mijares en el Terde-1	107
4.2.5.-	Río Mijares en el Terde-2	108
4.2.6.-	Río Cabriel en el Rabo del Batán-1	110
4.2.7.-	Río Cabriel en el Rabo del Batán-2	111
5.-	ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS	113
5.1.-	CURVAS DE CRECIMIENTO POR ESPECIES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EDAD	114
5.1.1.-	<i>Populus nigra</i>	114
5.1.2.-	<i>Populus alba</i>	116
5.1.3.-	<i>Salix atrocinerea</i>	117
5.1.4.-	<i>Salix alba</i>	118
5.1.5.-	<i>Salix purpurea</i>	118
5.1.6.-	<i>Salix eleagnos</i>	120
5.1.7.-	<i>Nerium oleander</i>	121
5.1.8.-	<i>Salix triandra</i>	122
5.1.9.-	<i>Fraxinus angustifolia</i>	123
5.1.10.-	<i>Tamarix spp.</i>	124
5.2.-	CURVAS DE IDONEIDAD DE VARIABLES HIDROLÓGICAS PARA LA MODELACIÓN EMPÍRICA DE RELACIONES VEGETACIÓN-FLUJO	125
5.2.1.-	<i>Populus nigra</i>	127
5.2.2.-	<i>Populus alba</i>	149
5.2.3.-	<i>Salix atrocinerea</i>	159
5.2.4.-	<i>Salix alba</i>	169
5.2.5.-	<i>Salix purpurea</i>	184
5.2.6.-	<i>Salix eleagnos</i>	200
5.2.7.-	<i>Salix triandra</i>	220
5.2.8.-	<i>Nerium oleander</i>	235
5.2.9.-	<i>Fraxinus angustifolia</i>	246
5.2.10.-	<i>Tamarix spp.</i>	256
6.-	EL MODELO MATEMÁTICO RIBAV	267
6.1.-	ESTADO DEL ARTE	268
6.1.1.-	<i>Fundamentos Ecológicos e Hidrológicos del Modelo</i>	268
6.1.2.-	<i>Balance Hídrico Conceptual: Movimientos de Agua en la Ribera</i>	270
6.2.-	CONCEPTUALIZACIÓN DEL MODELO RIBAV	272

6.2.1.-	<i>Esquema general</i>	272
6.2.2.-	<i>Curva de humedad del suelo</i>	274
6.2.3.-	<i>Modelización de los flujos</i>	274
6.2.4.-	<i>El índice de ET</i>	278
6.2.5.-	<i>Resumen de variables y parámetros</i>	279
6.3.-	ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS.....	282
6.3.1.-	<i>Parámetros de Suelo</i>	282
6.3.2.-	<i>Datos Hidrometeorológicos</i>	285
6.3.3.-	<i>Parámetros de Vegetación</i>	286
6.4.-	TIPOS FUNCIONALES DE VEGETACIÓN.....	288
6.4.1.-	<i>Fundamentos de ecología, crecimiento y desarrollo de la vegetación</i>	288
6.4.2.-	<i>Clasificación de la vegetación de ribera</i>	302
7.-	CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO	311
7.1.-	SERIES HIDROMETEOROLÓGICAS.....	312
7.1.1.-	<i>Río Serpis en Lorcha</i>	317
7.1.2.-	<i>Río Mijares en Cirat y Tormo</i>	323
7.1.3.-	<i>Río Mijares en los tramos Terde 1 y Terde 2</i>	335
7.1.4.-	<i>Río Cabriel en los tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2</i>	342
7.2.-	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	348
7.2.1.-	<i>Planteamiento del análisis de sensibilidad</i>	348
7.2.2.-	<i>Modificaciones de los valores de los parámetros</i>	352
7.2.3.-	<i>Resultados del análisis de sensibilidad</i>	355
7.2.4.-	<i>Conclusiones del análisis de sensibilidad</i>	356
7.3.-	CALIBRACIÓN DEL MODELO.....	357
7.3.1.-	<i>Matriz de confusión</i>	358
7.3.2.-	<i>Proceso de Calibración en Lorcha del Río Serpis (Régimen alterado)</i>	360
7.3.3.-	<i>Proceso de Calibración en Terde 1 del Río Mijares (Régimen Natural)</i>	367
7.3.4.-	<i>Proceso de Calibración Conjunta</i>	372
7.4.-	VALIDACIÓN DEL MODELO.....	375
8.-	APLICACIÓN DEL MODELO	381
8.1.-	MODIFICACIONES DEL RÉGIMEN CONSIDERADAS.....	382
8.2.-	MODIFICACIONES DE LA VEGETACIÓN RIPARIA POR CAMBIO CLIMÁTICO.....	383

8.2.1.-	<i>Escenarios de cambio climático.....</i>	383
8.2.2.-	<i>Aplicación a tramos naturales.....</i>	388
8.2.3.-	<i>Cambios proyectados sobre la vegetación de ribera.....</i>	401
8.3.-	MODIFICACIONES POR EFECTOS ANTRÓPICOS.....	409
9.-	REFERENCIAS	415
	ANEXO I. ESTADÍSTICOS DE LAS SERIES INPUT DEL MODELO	427
	ANEXO II. TABLAS DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	433
	ANEXO III. TABLAS DE PARÁMETROS DE SUELO	443

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

El presente informe recoge los trabajos y resultados del Convenio firmado el 11 de abril de 2008 entre la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente (en la actualidad Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino) y el Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia (con la colaboración del Insitituto de Investigación para la Gestión Integrada de Zonas Costeras), con el objeto de de desarrollar nuevas herramientas que permitan conocer los condicionantes ambientales necesarios para la existencia de un determinado ecosistema de ribera.

Para ello se plantearon dos líneas de trabajo diferenciadas:

1. Estimación de curvas de idoneidad específicas para la vegetación de ribera. Para ello es necesario determinar la relación entre un conjunto de variables ambientales (entre la que destaca el régimen hídrico) y los patrones de distribución de ciertas especies vegetales de ribera, en los ríos seleccionados.
2. Desarrollo de un modelo matemático de comportamiento de la vegetación de ribera. Con este modelo se pretende simular la respuesta de la vegetación de ribera de un determinado tramo de río frente a cambios en el régimen hídrico.

Los resultados de este proyecto de I+D+i se recogen en el presente informe final.

1.2.- PERSONAL DE LA UPV

El personal que ha participado por parte de la Universidad Politécnica de Valencia ha estado constituido por (en orden alfabético):

- i) D. Félix Francés García, Dr. Ingeniero de Caminos, C. y P.
- ii) Dña. Alicia García Arias, Licenciada en Ciencias Ambientales
- iii) D. Jose Luis García Gallen, estudiante último curso de Ingeniero de Montes
- iv) Dña. Virginia Garófano Gómez, Licenciada en Ciencias Ambientales
- v) D. Francisco Martínez Capel, Dr. Ingeniero de Montes
- vi) D. Marco Morales de la Cruz, Ingeniero Agrónomo
- vii) D. Rafael Muñoz Mas, Ingeniero de Montes
- viii) D. Joaquín Real Llanderal, Ingeniero de Montes
- ix) D. Rui M. Soares Costa, Biólogo
- x) D. Juan Francisco Villanueva Garcia, Ingeniero de Montes

Además, han colaborado en los trabajos de campo los siguientes estudiantes: Jose Luis Pinar Arenas, Jaime Maestre, Marta Catalá Oltra, Pau Lucio Puig y Matias Peredo Parada.

La coordinación de los trabajos en la Universidad Politécnica de Valencia ha correspondido a D. Félix Francés García.

1.3.- ANTECEDENTES

Las riberas son una parte esencial de los ecosistemas fluviales. Representan una zona de transición entre el medio acuático, de caudales circulantes, y el medio terrestre de las inmediaciones del río, recibiendo la influencia hidrológica de ambos, al constituir un espacio compartido en el ciclo del agua, de los sedimentos y de los nutrientes (Bren, 1993; Hooper et.al. 1998; Lowrance et.al., 1983, 1998; González del Tánago 1998; Weltya et.al., 2002).

La modelación de procesos a escala de ribera, puede partir tanto de una clasificación de su vegetación basada en la filogénesis (Bernez et al, 2004; Capon, 2003; Corbacho et al, 2003; Ferreira et al, 2005; Karrenberger et al, 2002; Rodríguez-González et al, 2004; Tabacchi y Planty-Tabacchi, 2003) como en otros sistemas no filogenéticos e incluso de descripción genérica basada en teledetección (Congalton et al, 2002; Lite y Stromberg, 2005; Rasmussen et al, 2000; Suárez et al, 2002; Tabacchi et al, 1998; Webb y Leake, 2006; Welsch, 1991; Winward, 2000). En climas semiáridos destaca la aplicación de clasificación por grupos funcionales de vegetación (Baird y Maddock 2005; Brookes et al, 2000; Horton et al, 2001; Snyder y Williams, 2000; Stromberg et al, 1996) como marco propicio de análisis de la interacción de factores bióticos y abióticos.

Es claro que la supervivencia de las plantas no se debe exclusivamente a la disponibilidad de agua, si no también a la presencia de nutrientes, sales minerales, dióxido de carbono, etc (Lambers et al, 1998; Terradas, 2001). Sin embargo, en climas áridos y semiáridos, estas últimas juegan un papel prácticamente secundario, siendo la frecuencia de ocurrencia del límite de la disponibilidad de agua en el suelo, la responsable de que la vegetación entre en estado de estrés hídrico (Goodwin y Tarboton, 2001; Maddock III et al, 1998; Rodríguez-Iturbe y Porporato, 2004; Stromberg et al, 1996).

A escala de ribera el ciclo hidrológico debe estimarse con la suficiente precisión como para ser útil en la evaluación de recursos hídricos y de frecuencia de las crecidas (Altier et al, 2002; Capon, 2003; Richards et al, 1996; Snyder y Williams, 2000).

En la mayor parte de los modelos de vegetación, la ecuación que determina su crecimiento real en función del crecimiento potencial, selecciona el máximo estrés entre los de humedad, nutrientes y temperatura, de tal forma que si uno domina, el resto no juega ningún papel (Altier et al, 2002; Neitsch et al, 2002). En el caso de las riberas de los cauces, el contenido de humedad y la posición del nivel freático están marcados por el régimen hidrológico del río (Richards et al, 1996; Hughes et al, 2003), que depende tanto de la hidrología de la cuenca vertiente como de las modificaciones introducidas por el hombre a través especialmente de la construcción de embalses. Además, es crucial en el desarrollo de la vegetación de ribera la frecuencia y magnitud de las inundaciones (Tabacchi et al, 1998), ya que éstas generan rupturas bruscas en el crecimiento por arrastre de parte o toda la masa vegetal.

La situación actual de una buena parte de las riberas en España es mala (Ibero, 1996). Son numerosos los factores que han provocado esta situación (agricultura, transportes, urbanización, contaminación, canalizaciones...) dando lugar a que las riberas pierdan o experimenten un deterioro tanto en su estructura como en su funcionalidad. La limitación del caudal circulante así como la modificación de la frecuencia e intensidad de las avenidas se han constituido como algunos de los principales factores que impiden la regeneración natural de los bosques riparios.

Es por ello que los planes de restauración de riberas deben pasar necesariamente por dotar al río de libertad y de suministrarle los caudales adecuados para favorecer su correcto funcionamiento, la conexión con su llanura de inundación y la continuidad de los procesos ecológicos que en ella se desarrollan.

Estas ideas ya se reflejaron en el Plan Hidrológico del Júcar (1999). Según el artículo 18 se considera como caudal ecológico o medioambiental *la disponibilidad de caudales que permitan el mantenimiento y la recuperación de los ecosistemas propios de cada tramo de río*. En el mismo artículo, apartados d y e, se considera prioritario el mantenimiento del caudal medioambiental en los siguientes casos:

- Espacios naturales valiosos determinados por la Administración Medio Ambiental, con especial atención a casos singulares de bosque de ribera.
- Afección a zonas húmedas ó a tramos fluviales de interés ambiental.

Ya más recientemente, la Ley de Aguas, después de su modificación en 2005, establece que a efectos de la *“la asignación y reserva de recursos para usos y demandas actuales y futuros, así como para la conservación y recuperación del medio natural”*... *“ se determinarán los caudales ecológicos, entendiéndolo como tales los que mantiene como mínimo la vida piscícola que, de manera natural, habitaría o pudiera habitar en el río, así como su vegetación de ribera.”*

1.4.- METODOLOGÍA

1.4.1.- *Curvas de idoneidad*

Esta parte del estudio ha constado básicamente de tres actividades:

- *Toma de datos en los tramos de estudio.* Para la caracterización, inventario y determinación de la calidad de ribera de los tramos de estudio.
- *Relación entre caudales y vegetación riparia.* En esta fase se aplicaron dos muestreos complementarios: uno para llevar a cabo una simulación hidráulica 1D del tramo, y otro para referenciar e identificar la vegetación en función de su proximidad al cauce.
- *Análisis y tratamiento de los datos.* En esta actividad se llevaron a cabo la simulación hidráulica en una dimensión de los tramos seleccionados y se llevaron a cabo los análisis estadísticos oportunos para determinar si existen relaciones significativas entre las especies vegetales y las características hidráulicas e hidrológicas observadas. Por último, se elaboraron las curvas de idoneidad de las variables más significativas para cada especie.

1.4.2.- *Modelo matemático*

Las actividades de esta parte del estudio han sido las siguientes:

- *Desarrollo del modelo matemático.* A partir de conceptualizaciones existentes, fruto de la revisión de literatura, se ha desarrollado una nueva conceptualización matemática determinística centrada en la transpiración de la vegetación de ribera. El modelo se ha denominado RibAv y existen dos versiones: en hoja de cálculo y en un programa cerrado.
- *Calibración y validación del modelo.* Para la calibración y validación del modelo desarrollado se ha empleado la información obtenida en las actividades anteriores en todos los tramos de estudio.
- *Explotación del modelo.* A partir del modelo matemático validado, se han obtenido resultados de su aplicación en cada tramo de estudio con un escenario diferente en cada caso.

2.- METODOLOGÍA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS EN CAMPO

2.1.- VARIABLES PARA LA MODELACIÓN EMPÍRICA DE RELACIONES VEGETACIÓN-FLUJO

Las variables escogidas se han obtenido a partir de la revisión bibliográfica de estudios científicos que relacionan la presencia de bosques de ribera auto-sostenidos con el régimen de caudales, así como publicaciones relacionadas directamente con distintos métodos de simulación de variables registradas sobre vegetación riparia, a escala de individuos, gremios, o tipos de vegetación.

2.1.1.- *Duración de la inundación*

Una de las variables cuya importancia más se ha recalcado en bibliografía es la duración de la inundación, puesto que distintos estudios han demostrado que las especies y comunidades vegetales pueden ser ordenadas en función de ella (por ejemplo, Klimas *et al.*, 1981; Harris *et al.*, 1985; Hupp y Osterkamp, 1985). Esta variable no hay que confundirla con la duración de un determinado caudal (obtenido de curvas de duración), sino que es el tiempo que un determinado pie (arbusto o árbol) tiene cubierto de agua todo su sistema radicular, es decir que el agua le llega hasta la base o más arriba. Suele relacionarse con la capacidad de la planta para tolerar la anoxia, sin embargo en zonas áridas y semiáridas este fenómeno puede tener poca importancia (en régimen natural) por la escasez de agua, y su validez predictiva se debe más bien a su correlación con otras variables del flujo que también afectan a la distribución de la vegetación, como humedad del suelo, profundidad del nivel freático, tensión cortante del flujo, además de la concentración de oxígeno en el suelo (Auble *et al.*, 1994).

En cuanto a la elevación del pie de la planta conviene hacer una breve consideración. El pie de la planta podría sufrir un enterramiento por sedimentación, pero en dicho caso el trabajo de campo exige cavar en el sedimento hasta encontrar el pie original de la planta. En los tramos estudiados dichos casos se han producido en una proporción de casos muy poco representativa (menos del 5%).

Esta variable puede expresarse como un porcentaje de tiempo (respecto al total de una serie temporal estudiada) o bien en número medio de días al año, calculada sobre los años disponibles. El dato obtenido de este modo equivale a un promedio, y el tiempo de inundación es el mismo para una planta inundada 1 día al año cada siete años, que para otra que se inunda durante 1 semana cada 7 años. Por esta razón, en este trabajo se ha querido considerar cada dato anual individualmente (por año hidrológico), así en lugar de tomar directamente un promedio del periodo para el árbol, se ha considerado toda la nube de puntos, ajustándose una curva de densidad a los datos. Esta variable, la curva ajustada a la variable duración de la inundación por año, representa la tolerancia a la inundación de una especie. Cuando hablamos de años nos referimos en todo momento al año hidrológico, pues lo deseable es que los resultados sean directamente aplicables a la gestión del agua.

Los datos de caudales se han obtenido a partir de series temporales de caudal medio diario aportadas por la Confederación Hidrográfica del Júcar; en caso de los tramos regulados, se consideró el periodo tras la construcción de la presa, en los otros casos la serie completa disponible. Igualmente se procedió con todas las variables.

La duración de la inundación se ha utilizado en diversos modelos, por ejemplo modelos sencillos que describen la posición de tipos de vegetación a lo largo del gradiente de esta variable (Harris *et al.*, 1985; Auble *et al.*, 1994), y en curvas de respuesta por especies (Auble *et al.*, 2005). Asimismo en modelos más complejos a escala de población (Pearlstone *et al.*, 1985), de grupos funcionales (Toner y Keddy, 1997) y de tipos de vegetación (Primack, 2000).

Esta variable tendría una aplicación directa para la gestión del agua, considerando los rangos más idóneos, y su variabilidad asociada, para mantener franjas con valores significativamente distintos que favorezcan la diversidad de especies nativas. Además de su aplicación en modelos de diversos tipos, puede resultar útil entre otros criterios de diseño de restauraciones de ríos y riberas. Para ello, a partir de un modelo hidráulico pueden generarse mapas de duración de la inundación, por clases, donde ajustar la presencia o abundancia de las especies de ribera del proyecto.

2.1.2.- Duración de la inundación en el periodo de crecimiento

Otra variable más específica, que hemos aplicado, es la duración de la inundación durante el periodo de crecimiento. Algunos autores han relacionado el tiempo de inundación durante el periodo de crecimiento con la presencia de cobertura leñosa (Toner y Keddy, 1997), y otros han utilizado variables de caudal específicas para dicho periodo en sus modelos (p. ej. Stromberg, 1993). El periodo de crecimiento y establecimiento de las plantas es crítico para su supervivencia, y los resultados pueden ser más significativos que el periodo de inundación durante todo el año (nº de días por año hidrológico), y es conveniente obtenerla y compararla con la anterior. Esta variable podría tener una mayor capacidad para discriminar grupos funcionales o gremios de vegetación, y podría relacionarse potencialmente con el crecimiento de la especie en un tramo de río. Además, puede resultar crítica para el establecimiento y supervivencia durante los primeros años de vida, en los que ciertas plantas pueden comportarse como freatófitas obligadas y otras como freatófitas facultativas.

En las regiones templadas u otras con periodicidad climática y estaciones contrastadas, el periodo vegetativo es la parte del año en que las plantas germinan, crecen y producen flores y frutos. En otras palabras, sería el periodo de tiempo a lo largo del año en el que se realiza el crecimiento y la reproducción de una planta. En la siguiente tabla se detalla la duración de las fases de floración y maduración de frutos y dispersión de las semillas para las especies ribereñas de estudio más representativas según el Manual de Propagación de Árboles y Arbustos de Ribera (Generalitat Valenciana, 2008).

De manera general, en la región mediterránea el periodo vegetativo coincide con la primavera y verano, esto es del 21 de marzo al 22 de septiembre. Este es el periodo que ha sido considerado para el cálculo de la duración de la inundación en el periodo de crecimiento ya que como se comprueba en la siguiente tabla la mayoría de las especies objetivo se encuentran en fase de floración y/o maduración durante dicho intervalo de tiempo.

Tabla 2.1. Fases del periodo vegetativo de las especies ribereñas de estudio más representativas.

Nombre científico	Código	Fase	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<i>Coriaria myrtifolia</i>	CM	Floración			■	■	■	■						
		Maduración							■	■	■	■		
<i>Cornus sanguinea</i>	CS	Floración				■	■	■	■				■	■
		Maduración							■	■	■	■		
<i>Crataegus monogyna</i>	CR	Floración			■	■	■	■						
		Maduración								■	■	■	■	
<i>Dorycnium rectum</i>	DR	Floración					■	■	■	■	■			
		Maduración							■	■	■	■		
<i>Fraxinus angustifolia</i>	FA	Floración		■	■	■	■	■						
		Maduración									■	■	■	
<i>Nerium oleander</i>	NO	Floración			■	■	■	■	■	■	■	■		
		Maduración	■	■	■	■								■
<i>Populus alba</i>	PA	Floración		■	■	■	■							
		Maduración			■	■	■	■	■					
<i>Populus nigra</i>	PN	Floración		■	■	■	■							
		Maduración			■	■	■	■	■					
<i>Rubus ulmifolius</i>	RB	Floración					■	■	■	■				
		Maduración								■	■	■	■	
<i>Salix alba</i>	SL	Floración	■	■	■	■								
		Maduración			■	■	■	■						
<i>Salix atrocinerea</i>	SA	Floración			■	■	■							
		Maduración					■	■	■	■				
<i>Salix eleagnos</i>	SE	Floración	■	■	■	■								
		Maduración			■	■	■	■						
<i>Salix purpurea</i>	SP	Floración		■	■	■	■							
		Maduración				■	■	■	■					
<i>Salix triandra</i>	ST	Floración	■	■	■	■								
		Maduración			■	■	■	■						
<i>Viburnum tinus</i>	VT	Floración	■	■	■	■	■						■	■
		Maduración								■	■	■	■	
<i>Tamarix sp.</i>	TA	Floración			■	■	■	■						
		Maduración					■	■	■	■				

2.1.3.- *Duración de la inundación continua (número de días consecutivos)*

Complementando a las anteriores, también se ha evaluado el número medio de días consecutivos en que se registra dicha inundación, relacionada con el umbral fisiológico de la planta de gran interés para la gestión del agua. Esta es una de las variables fundamentales que se cambia con la gestión del agua para riego, y también para la producción hidroeléctrica, por lo cual es importante su análisis.

En diversos estudios sobre los efectos de inundaciones en la distribución de plantas esta variable ha sido una de las más utilizadas. Destacan entre ellos los estudios de Bauder (2000), así como en los modelos de Toner & Keddy (1997) y Richter & Richter (2000).

2.1.4.- *Frecuencia de inundación*

Otra variable reflejada en bibliografía es la frecuencia de inundación, entendida como el número de crecidas independientes durante un año que producen una elevación del agua suficiente para inundar todas las raíces de la planta. Para una determinada planta, el cálculo de esta variable implica estimar el caudal que cubriría todas sus raíces llegando hasta su pie, y posteriormente calcular el número de crecidas independientes al año que igualan o superan dicho valor, a partir de los registros de caudal medio diario disponibles. No se ha considerado la variable de periodo de retorno, porque está asociada a sucesos que ocurren 1 vez al año o menos, que pueden asociarse a cotas elevadas de la ribera, lo cual tendría poca utilidad para distinguir entre especies de ribera con frecuencias de inundación que excedan de 1 vez al año. Por esta razón, se ha escogido analizar los datos tomando frecuencia de crecidas con caudal diario, que también se relaciona con el periodo de retorno; es decir, que este dato también permitirá identificar para una crecida, por ejemplo de $T=3$ años, que especies se inundan usualmente con una periodicidad mayor o menor.

Su importancia se ha indicado en diversos estudios (Merritt *et al.*, 2009), tanto de establecimiento de salicáceas (Cooper *et al.*, 2006), como en modelos de población (Lytle y Merritt, 2004), y en modelación dinámica más compleja, que utilizan esta variable para separar la ribera en distintas zonas, para un modelo basado en SIG (Corenblit *et al.*, 2008).

2.1.5.- *Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base*

Se conoce como caudal base de los ríos perennes aquel que procede del agua de los acuíferos o del flujo subsuperficial, durante periodos en que no hay precipitación efectiva. Dicho caudal varía según el estado de carga o cota del acuífero, y por tanto suele variar entre años medios, secos y húmedos.

Con el objetivo de obtener un dato aproximadamente medio o representativo de los años estudiados, el caudal base se ha calculado utilizando los años hidrológicos medios. La clasificación de años dentro de la serie hidrológica disponible, en cada tramo de estudio, se ha realizado mediante la ordenación del caudal medio anual de cada año hidrológico. Para el conjunto de caudales medios se han obtenido los percentiles 25, 50 y 75. Los años con un caudal medio comprendido entre los percentiles 25 y 75 han sido considerados como años medios y en ellos se ha hecho el cálculo para obtener el caudal base.

A continuación se han representado gráficamente los años medios y se ha determinado la época en la que se producen los caudales más bajos. De forma general se han eliminado algunos de los años con picos de caudal más pronunciados y en ocasiones se ha acortado el periodo de evaluación, evitando también los segmentos del hidrograma en que hubiera una tendencia positiva por picos al final del periodo (que por lo tanto no describen el proceso de descarga del acuífero cuando no hay lluvias). Seguidamente se ha analizado la tendencia de los caudales durante dicho periodo y se han primado para la determinación del caudal base aquellos años que presentaban una tendencia descendente o aproximadamente horizontal mantenida en el tiempo, al menos durante un mes.

Como media, en ríos naturales se han tomado 14 años de datos para realizar el cálculo del caudal base. En cambio en los tramos de ríos regulados, al tener series de caudal mucho más cortas, como mínimo se han tomado 5 años de datos para realizar el cálculo.

El análisis de esta variable se realizó de la siguiente manera: para cada transecto de cada tramo se obtuvo la elevación de cada unidad de vegetación respecto al caudal base restando a la cota promedio de la unidad de vegetación (sobre la línea del transecto) la cota que alcanzaba el caudal base para el mismo. Éste último se obtuvo realizando un pronóstico en las curvas de gasto.

En los tramos de río regulados, puesto que los caudales circulantes dependen de la gestión del agua, se han buscado épocas con el mismo patrón del hidrograma, aunque su magnitud no se relaciona con la descarga del acuífero. Por lo tanto, en tramos relativamente cercanos (Cirat y Tormo en el Mijares) puede variar bastante, debido a las distintas afecciones o regulaciones sobre el caudal.

La elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base ha sido considerada en la bibliografía internacional como una de las principales variables para conocer cómo se distribuyen espacialmente las especies en la ribera (Camporeale y Ridolfi, 2006). Harner y Stanford (2003) usaron esta variable junto a otras en el estudio de la diferencia de crecimiento del *Populus sp.* También ha sido usada para el estudio de patrones de establecimiento de otras especies leñosas por Cooper, Andersen y Chimner (2003).

2.2.- INVENTARIO FLORÍSTICO, ABUNDANCIAS Y COBERTURAS

Un elemento fundamental de la caracterización de la ribera fue la realización de un inventario florístico en cada uno de los tramos de estudio, utilizando para ello una parcela, de área similar en cada tramo, dentro de los mismos segmentos donde se calculó el índice de calidad del bosque de ribera (QBR).

La forma de la unidad muestral fue el rectángulo. Según Rodríguez (2001), aunque de forma tradicional el área muestral se ha aproximado a un cuadrado, cuando se usan círculos o rectángulos los datos obtenidos presentan varianzas menores. Condit *et al.* (1996), demostraron que si se trazaba una parcela rectangular y se mantenía constante el área pero se iba disminuyendo el ancho, se obtenían números de especies sucesivamente más grandes que en una parcela cuadrada, pues las parcelas rectangulares pueden llegar a cubrir mayor heterogeneidad de microhábitats.

Los inventarios estuvieron especialmente enfocados hacia la identificación de las especies arbóreas y arbustivas. Se realizaron durante la primavera y el verano de 2008 y 2009, de forma que se recogió la máxima diversidad vegetal por encontrarse la mayor parte de las plantas en fase de floración. La tabla que recoge los inventarios realizados puede consultarse en un anexo.

De los ejemplares sobre los que existían dudas, se recogieron muestras y se trasladaron en prensa hasta el laboratorio, donde fueron identificadas utilizando varias claves de determinación, entre ellas *Claves para la flora valenciana* (Mateo Sanz & Crespo Villalba, 1990) y bibliografía científica especializada. Para resolver los problemas de sinonimia se recurrió a la edición digital de *Flora Ibérica* (2007).

La ordenación de las familias botánicas en el catálogo se ha hecho por orden alfabético en cuatro categorías para facilitar su consulta. Para cada especie figura su nombre científico. Bajo el epígrafe *N.v.* se detallan los nombres vulgares, en castellano y valenciano, con los que dichas plantas son conocidas en el lugar, tomados principalmente de la bibliografía disponible sobre el tema, habiéndose considerado prioritarios los que figuran en la obra de Mateo Sanz & Crespo Villalba (1990), Pellicer i Bataller (1997), Roselló (1994), *Flora ibérica* (2007) y en el *Herbari Virtual del Mediterrani Occidental* (2007).

En la ficha de campo se detalló el nombre de cada especie y su abundancia, utilizando para ello la escala de Braun-Blanquet (1979), en la que se asignan visualmente diferentes valores de abundancia a cada especie vegetal en función de su grado de cobertura sobre el suelo y respecto al área total muestreada (véase tabla 2.2). El grado de cobertura vegetal se define como el porcentaje de suelo recubierto por la proyección perpendicular de cada especie dentro del área acotada para el muestreo.

Los valores de abundancia (Braun-Blanquet, 1979) obtenidos a través de la realización de los inventarios florísticos fueron convertidos al valor medio de cobertura (Van der Maarel, 1979), como puede verse en la siguiente tabla.

Tabla 2.2. Correspondencia entre los valores de abundancia de Braun-Blanquet (1979) y los porcentajes de cobertura media asociados según Van der Maarel (1979)

Valor de abundancia	Grado de cobertura	Grado de cobertura media
+	0-0.2 %	0.1 %
1	0-10 %	5 %
2	10-25 %	17.5 %
3	25-50 %	37.5 %
4	50-75 %	62.5 %
5	75-100 %	87.5 %

2.3.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA VEGETACIÓN

Se ha realizado un diagnóstico general de las riberas en cada uno de los tramos que forman el área de estudio. Los atributos, cualidades, características, alteraciones, etc., que se han evaluado y valorado para cada uno de los tramos han sido reunidos en 4 bloques, cada uno de ellos integrado por varios apartados. Dicha información está recogida en una ficha de campo que puede ser consultada en un anexo de este trabajo y que se elaboró siguiendo las indicaciones para el muestreo de macrófitos en sistemas fluviales (Ferreira & Aguiar, 2005), pero adaptándola a la vegetación presente en toda la zona que se consideraba ribera. En dicha ficha de campo también se realizó el inventario florístico de la zona de muestreo.

A continuación se detallan cada uno de los bloques.

2.3.1.- *Identificación del punto de muestreo*

A cada tramo de muestreo se le asignó un código (Tramo 1, Tramo 2, etc.) y se anotaron las coordenadas UTM y altitud que poseía en la zona central del mismo, obtenidas mediante un dispositivo GPS. Además de detallar en la ficha el nombre del río y la cuenca hidrográfica a la que pertenece se hizo una breve descripción de su localización dentro de la cuenca y de su accesibilidad.

El baremo utilizado para valorar la accesibilidad del tramo fue el siguiente:

- Accesibilidad alta: fácil acceso a múltiples puntos.
- Accesibilidad fácil: acceso fácil, limitado a algunos puntos.
- Accesibilidad baja: acceso complejo a algunos puntos.
- Accesibilidad nula: sin accesos aparentes.

Se recogieron además en este bloque una serie de datos generales como fecha, hora de inicio y fin del muestreo, muestreadores y la posibilidad o no de recorrer el cauce a pie, así como las condiciones adversas que pudieron afectar a la recogida de datos. También se recogieron otras características del tramo de muestreo como la longitud estudiada y la anchura media de la ribera.

La longitud de muestreo estuvo en torno a los 100m, la cual se considera suficiente para recoger la diversidad de especies existentes (Ferreira & Moreira, 1999). Esta longitud fue mantenida a lo largo del estudio, a fin de que los resultados obtenidos fuesen comparables entre tramos.

Por último, se anotaron en este apartado indicaciones sobre la litología de la zona, incluyendo el tipo geológico (silíceo/calcareo) y la génesis (ígne/metamórfica/sedimentaria).

2.3.2.- *Características del cauce*

A lo largo de la longitud del punto de muestreo (100 m representativos de cada tramo) se definieron 5 transectos transversales al cauce (uno cada 20 m aproximadamente), donde se midió la anchura del cauce, y 3 profundidades (al 25%, al 50% y al 75% de la anchura). En cada uno de estos tres puntos también se anotó el sustrato dominante y subdominante del lecho, codificando dicho sustrato según una clasificación simplificada a partir de la American Geophysical Union (Martínez Capel, 2000), que figura en la tabla adjunta.

También se determinaron otras características del cauce como los mesohábitats presentes, las modificaciones del cauce, el tipo de flujo, la transparencia del agua, la estabilidad del lecho y el grado de sombra sobre el cauce. Se describen a continuación cada una de estas características.

Mesohábitats. Se catalogaron los mesohábitats (unidades hidro-morfológicas) presentes en cada punto de muestreo, representando en el estadillo de campo mediante las letras A, E y P si se trataba de un mesohábitat ausente (A), presente (P) o extensivo (E). Únicamente se catalogaron los mesohábitats que poseían una representatividad superior al 5% del área del punto de muestreo.

Fueron los siguientes:

- Islas: formaciones de carácter permanente en medio del cauce que poseen vegetación leñosa.
- Depósitos con/sin vegetación: formaciones de carácter temporal en medio del cauce con/sin vegetación vivaz o anual.
- Bancos con/sin vegetación: formaciones laterales al cauce de carácter permanente con/sin vegetación tanto herbácea como leñosa.
- Brazos aislados: segmentos sin conexión con el curso principal.
- Cauces laterales: segmentos que mantienen una conexión con el curso principal.
- Zona remansada lateral.
- Remansos someros con vegetación semiterrestre.



Figura 2.1. Presencia de depósitos en medio del cauce, recubiertos con vegetación anual (Río Serpis).

- **Modificaciones del cauce.** Se tuvieron en cuenta en este apartado las modificaciones que el cauce presentaba, asignando a éstas el carácter de ausentes (A), presentes (P) o extensivas (E). Las posibles modificaciones que se consideraron fueron: no modificado, reperfilado, reforzado, profundizado, presencia de deflectores, presencia de azudes y represas, otras: motas laterales, canales de derivación, etc.



Figura 2.2. Modificación del cauce original mediante la construcción de una mota lateral (Río Serpis).

- **Tipo de flujo.** El tipo de flujo se estimó *de visu*, asignando porcentajes a las siguientes categorías: sin corriente, con corriente débil, con corriente media y con corriente fuerte.



Figura 2.3. Tramo con corriente media-fuerte (Río Serpis).

- Transparencia del agua. Las clases utilizadas para evaluar esta característica fueron:
 - Transparente: el sustrato y la vegetación acuática presente dentro del río es visible en toda su profundidad.
 - Turbio: ligeramente turbio, posee una baja concentración de sólidos en suspensión que dificultan la penetración de la luz. Es posible ver hasta un metro de profundidad.
 - Muy turbio: existe una gran cantidad de sólidos en suspensión y/o materia orgánica disuelta que dificultan la visión del lecho, el cual no es posible ver a profundidades inferiores a un metro.



Figura 2.4. Turbidez alta como consecuencia del alto contenido en materia orgánica disuelta (Río Serpis).

- Estabilidad del lecho. Las categorías utilizadas para evaluar esta característica fueron las siguientes:

- Sólido: el sustrato es rocoso y el aumento de la corriente no provoca erosión obvia.
- Estable: el sustrato del lecho está constituido por bloques, cantos y gravas. Son poco alterados por el aumento de la corriente.
- Inestable: el sustrato está más suelto, principalmente constituido por gravilla, arena y limos, los cuales pueden ser fácilmente arrastrados por el aumento de la corriente.
- Blando: el sustrato tiene un aspecto fangoso. El porcentaje de limo hace imposible recorrer el lecho a pie.



Figura 2.5. Lecho sólido con baja erosión (Río Serpis).

- Grado de sombra sobre el cauce. El grado de sombra que existe sobre el cauce es indicativo de la mayor o menor temperatura que puede llegar a alcanzar el agua, lo cual está directamente relacionado con la producción primaria del ecosistema fluvial. Esta variable se evaluó mediante las siguientes categorías:

- Inexistente: no existe sombra sobre el agua.
- Moderado: se trata de un sombreado con ventanas, es decir, aunque hay radiación directa sobre el agua existe un elevado sombreado directo e indirecto.

- Denso: apenas el 5% de la superficie del agua recibe radiación solar directa.



Figura 2.6. Zona del tramo 10 con sombreado moderado (directo e indirecto).

2.3.3.- Características de los márgenes

Con este bloque se han evaluado cuatro características de los márgenes: el sustrato, las alteraciones, los usos colindantes y las amenazas.

- **Sustrato.** Se estimó *de visu* el sustrato del margen derecho e izquierdo del punto de muestreo, asignando porcentajes a cada tipo según la clasificación detallada en la tabla 2.3. También se valoró la presencia de sustrato artificial y vegetación acuática en los márgenes.

- **Alteraciones.** Se evaluaron las alteraciones presentes en los márgenes del río, indicando si se trataba de alteraciones ausentes (A), presentes (P), o extensivas (E). Los tipos de alteración diagnosticados fueron: nula (márgenes no modificados), gaviones, pastoreo, pisoteo, erosión, graveras, canalización, basuras, deforestación y otras (canales de derivación, motas, etc.).



Figura 2.7. Pastoreo y pisoteo extensivo de la ribera (Río Serpis).

- Usos circundantes. Se evaluaron en este apartado los usos circundantes a la ribera, como reveladores de su estado de conservación. Los usos evaluados fueron los siguientes: urbano, industrial, transportes, graveras, construcciones, recreativo, agrícola, pastos, bosque, superficie mineral, zona abierta con poca vegetación y vegetación herbácea y arbustiva.



Figura 2.8. Zona agrícola colindante a la ribera (Río Serpis).

- Amenazas. Las amenazas que se evaluaron sobre cada tramo fueron las siguientes: pastoreo, azudes, canalización, embalses, riadas, régimen hídrico alterado por el hombre, forestación desconocida, presencia de especies invasoras y fragmentación del hábitat.



Figura 2.9. Dominancia de especies invasoras y alteración del régimen hídrico (Río Serpis).

2.3.4.- *Características de la vegetación*

En este bloque se analizaron varios rasgos de la vegetación ribereña como son la continuidad, su estructura vertical, complejidad y otras características asociadas a la vegetación arbórea, que se detallan a continuación.

- Continuidad de la galería ribereña. Este factor se estimó por separado para cada margen, como porcentaje de una de las siguientes categorías:

- Continua: existe vegetación leñosa en todo el margen, sin interrupción.
- Semicontinua: existe una masa vegetal leñosa en más del 75 % de la longitud del tramo.
- Interrumpida: existe vegetación leñosa en más del 50 % de la longitud del tramo.
- Dispersa: la galería ribereña está constituida por árboles aislados.
- Ausente: no existe vegetación arbórea o arbustiva.



Figura 2.10. Zona con galería ribereña interrumpida (Río Serpis).

- Estructura vertical y complejidad. Con este apartado se evaluaron aspectos de la cobertura vegetal del cauce y los márgenes. Se determinó *de visu* el porcentaje presente de las siguientes categorías: árbol alto (≥ 8 m), árbol bajo ($\geq 4-8$ m), arbusto alto ($\geq 2-4$ m), arbusto bajo (< 2 m), herbáceo (≥ 0.5 m), herbáceo (< 0.5 m), briófitos y vegetación acuática. Esta clasificación se hizo atendiendo al porte de los individuos presentes y no a lo que correspondería por su clasificación fisonómica.

- Características asociadas a la vegetación arbórea. Se valoró la ausencia (A) y presencia (P) en cada uno de los márgenes de raíces expuestas, árboles enfermos y árboles caídos tanto sobre el propio margen como sobre el cauce. Se determinó también la presencia de bloqueo vegetal en el cauce, provocado como consecuencia de un crecimiento excesivo de la vegetación macrófita.

2.4.- ÍNDICES DE CALIDAD DEL BOSQUE DE RIBERA

Según la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE), para conocer la calidad ecológica de los ecosistemas fluviales se deben tener en cuenta las características fisicoquímicas del agua, las comunidades biológicas que viven en ellos y el estado del bosque de ribera. El estado de salud de los ecosistemas riparios es un elemento fundamental en la determinación de la calidad ecológica de los ríos, es por ello que han surgido numerosas metodologías para determinar dicho estado, entre ellas destacan las siguientes:

- Índex de Qualitat del Bosc de Ribera, QBR (Munné *et al.*, 1998)
- Riparian Quality Index, RQI (González del Tánago *et al.*, 2006)

2.4.1.- *Índice de calidad del bosque de ribera (QBR)*

La rapidez y sencillez con la que puede ser aplicado el Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR), ha hecho que sea el más utilizado en toda la península para evaluar la calidad de la vegetación riparia. No obstante, con su uso, se han puesto de manifiesto deficiencias que los nuevos índices propuestos (IVF y RQI) intentan solventar.

Para evaluar la calidad de la vegetación de las riberas de los tramos estudiados en este trabajo se ha utilizado el índice QBR, debido a su valor comparativo con otros trabajos (por ejemplo, Aguilera *et al.*, 2005). Dicho índice aborda el estado del río desde una perspectiva global, sin embargo está muy enfocado a la morfología y la vegetación de ribera, mientras que las comunidades animales, por ejemplo invertebrados acuáticos, pueden relacionarse mejor con otros índices más específicos.

Para aplicar el índice QBR, se tomó un punto representativo de cada uno de los tramos anteriormente definidos, para así tener una impresión global de la calidad y estado de conservación del bosque de ribera a lo largo de todo el curso fluvial, desde el embalse de Beniarrés hasta su desembocadura en el mar. Este índice fue publicado por A. Munné y sus colaboradores en 1998, y ha sido objeto de varias modificaciones, la última en 2006 para su inclusión en el Protocolo para la Valoración de la Calidad Hidromorfológica de los Ríos (HDRI) de la Agencia Catalana del Agua. Las indicaciones y comentarios que se hacen del índice en esta última publicación son las que han sido consideradas para la aplicación del mismo en el presente trabajo.

Para estimar el índice en cada punto de muestreo se utilizó un estadillo de campo estándar donde aparecen reflejados distintos bloques de valoración. Para la elaboración de dicho estadillo se han tomado como referencia los propuestos por el Protocolo HDRI (ACA, 2006) y por el Protocolo

Rápido de Evaluación de la Calidad Ecológica (PRECE), del proyecto GUADALMED (Jáimez-Cuéllar *et al.*, 2002). Un ejemplar de dicho estadillo de campo puede ser consultado en un anexo de este trabajo. Para aplicar el índice QBR en cada tramo se escogió un subtramo de longitud superior a los 100 m, el cual se consideró representativo del resto del tramo. En él se evaluó el estado del bosque de ribera abarcando transversalmente toda su anchura potencial.



Figura 2.11. Delimitación visual del cauce bajo, orilla y ribera.

En cada uno de los puntos de muestreo se diferenciaron y delimitaron visualmente el cauce bajo, la orilla y la ribera. Se considera cauce bajo la zona del cauce que permanece inundada durante la mayor parte del año, orilla la zona del cauce que se inunda en las crecidas periódicas que se producen cada dos años aproximadamente, y ribera la zona que se inunda en crecidas de gran magnitud (períodos de hasta 100 años), la cual puede incluir varias terrazas aluviales.

En ocasiones es complicado determinar los límites de la ribera a simple vista, por lo que se suelen utilizar unos indicadores útiles para diferenciarla. Para establecer el límite entre la orilla y la ribera se utilizan dos indicadores:

- **Talud.** Las avenidas que se producen cada dos años aproximadamente suelen definir la forma del cauce y resultan en la formación de un talud conocido como bankfull, el cual se convierte en el mejor indicador para determinar dónde se encuentra el final de la orilla y el inicio de la ribera.
- **Especies presentes.** Las orillas están sometidas a un mayor impacto provocado por el régimen de caudales, lo cual crea unas condiciones de hábitat particulares que no todas las especies pueden soportar. Las especies mejor adaptadas a estas condiciones y que nos indican la transición entre la orilla y la ribera son los helófitos y las especies arbustivas del género *Salix*.

Para establecer el límite externo de la ribera se suelen utilizar tres indicadores relativamente sencillos de reconocer en campo:

- **Composición específica de la comunidad vegetal.** El cambio gradual que se produce de unas comunidades vegetales dominadas por especies típicamente riparias a otras dominadas por especies típicamente forestales es el mejor indicador para determinar el borde de la ribera en zonas naturales.
- **Manchas residuales de vegetación de ribera.** La existencia de pequeños bosquetes aislados nos indica la proximidad del nivel freático y por lo tanto el límite de la ribera en zonas alteradas por usos agrícolas, urbanos o industriales.
- **Cambios en la orografía del terreno.** Los cambios de pendiente también son un buen indicador, ya que nos indican un distanciamiento entre la superficie y el nivel freático, reflejando a su vez un cambio en la vegetación presente.

No obstante, en ocasiones no es posible identificar ninguno de los indicadores anteriormente expuestos debido a la alteración del ecosistema fluvial. En estos casos, lo más recomendable para estimar la anchura de la ribera es utilizar otros referentes, es decir, tramos de referencia, los cuales son tramos fluviales que presentan unas características geomorfológicas similares a las de nuestro tramo de estudio, pero que se encuentran en "buen estado ecológico".

A continuación se explican con detalle los cuatro bloques de los que consta el índice QBR, haciendo mención a los diferentes aspectos cualitativos del estado de la zona de ribera que pretenden ser evaluados en cada uno de ellos. Cada bloque es independiente y su puntuación no puede ser negativa ni superior a 25. En cada bloque se comienza evaluando una de las cuatro opciones principales, puntuando 25, 10, 5 ó 0 puntos según si indican un estado de la zona de ribera más o menos alejado del valor de referencia (máxima calidad), considerando en cualquier caso ambos márgenes del río como una única unidad.

La puntuación inicial de cada bloque es modificada por ciertas condiciones de alteración humana especificadas en cada uno de ellos, las cuales restan puntuación tantas veces como se cumpla la condición (sumando o restando 5 ó 10 puntos tantas veces como sea necesario). El resultado final del índice se obtiene de la suma de las puntuaciones de los 4 bloques. Así, el QBR da una puntuación a la zona de ribera que varía desde 0 (mínima calidad) hasta 100 (máxima calidad), definiendo las cinco categorías intermedias que figuran en la siguiente tabla. Cada nivel de calidad lleva asignado un color, propuesto por la Directiva Marco del Agua, el cual facilita la apreciación visual del estado de la ribera, en los mapas realizados al efecto.

Tabla 2.3. Niveles de calidad del hábitat ripario en función del índice QBR (modificado de HIDRI (ACA, 2006) y Aguilera et al., 2007).

Calidad del hábitat ripario	Descripción	Valor índice QBR
Óptima	Hábitat ripario sin alteraciones, estado natural	≥ 95
Buena	Bosque ligeramente perturbado	75-90
Moderada	Inicio de una alteración considerable	55-70
Deficiente	Gran alteración	30-50
Pésima	Degradación extrema	≤ 25

Los cuatro bloques de los que consta el índice se detallan a continuación:

2.4.1.1.- Bloque 1: Grado de cobertura riparia

En este bloque se contabiliza el porcentaje de recubrimiento vegetal de la ribera de ambos lados del río, excluyendo las orillas y el cauce bajo. Se valora pues la presencia de los estratos arbóreo, arbustivo, lianoide y herbáceo (no anual), sin entrar en la evaluación de la calidad de dichos estratos.

Se considera como positivo el porcentaje de conectividad entre la zona de ribera y el ecosistema forestal adyacente. Se consideran como elementos que rompen dicha conectividad: la presencia de caminos anchos y asfaltados, campos de cultivo, construcciones, actividades extractivas, etc.



Figura 2.12. Conectividad total entre la ribera y el ecosistema forestal adyacente (Río Serpis).

2.4.1.2.- Bloque 2: Estructura de la cobertura riparia

En este apartado se evalúa la estructura de la vegetación, asignando la puntuación en función del porcentaje de cobertura de árboles y arbustos, valorando únicamente las riberas de ambos márgenes donde existe una cubierta vegetal. La puntuación de la entrada principal seleccionada (2a, 2b, 2c, 2d) está en función del grado de cobertura determinado en el bloque 1 (1a, 1b, 1c, 1d), de esta forma no se puede obtener una buena puntuación en los casos en que la cobertura sea baja, por muy bien estructurada que se encuentre la vegetación, evitando así la sobrevaloración de pequeñas islas de vegetación muy bien conservadas.

Hay que tener en cuenta que sobre una misma superficie, la suma del porcentaje de cobertura de árboles y arbustos puede ser superior al 100% dado que son estratos de vegetación diferentes que pueden superponerse. Otro aspecto a tener en cuenta es que cuando a causa de las características geomorfológicas o hidrológicas del tramo el bosque adyacente ocupa la zona de ribera, éste se contabiliza en los apartados de cobertura, estructura y calidad de la cubierta.

En este apartado del índice se penalizan elementos como la linealidad en los pies de los árboles (síntoma de plantaciones), o las coberturas distribuidas no uniformemente y formando manchas, mientras que la presencia de helófitos en la orilla y la interconexión entre árboles y arbustos en la ribera, se valoran positivamente.



Figura 2.13. Concentración de helófitos y arbustos en la orilla superior al 50% (Río Serpis).

2.4.1.3.- Bloque 3: Calidad de la cobertura riparia

Se evalúa como calidad de la cobertura riparia, el grado de naturalidad y complejidad que presenta la ribera con respecto a las especies y comunidades vegetales esperables en ella. Para rellenar este bloque, hay que determinar previamente el tipo geomorfológico (1, 2 ó 3) que presenta la zona riparia. Para ello, se puntúan independientemente el margen izquierdo y derecho en función de su desnivel y forma. La puntuación final se obtiene sumando los valores de ambos márgenes y se complementa con la evaluación de la existencia de islas y la presencia de un sustrato más o menos duro, que determina la potencialidad del suelo para soportar una masa vegetal permanente.

El tipo geomorfológico seleccionado obliga a continuar la evaluación del tercer bloque entrando por una columna u otra, en las que se contabiliza el número de especies arbóreas y arbustivas nativas presentes en la ribera. Suman como aspectos positivos la disposición de la vegetación arbórea en franjas paralelas y en forma de túnel, proporcionando un recubrimiento del cauce a lo largo del tramo.



Figura 2.14. Vegetación riparia dispuesta en forma de galería o túnel (río Serpis).

Las especies introducidas en la ribera y naturalizadas que aparecen de forma aislada o en pequeños grupos, penalizan en esta parte del índice. Sin embargo, no puntúa negativamente la presencia de especies introducidas en tiempos remotos que aparezcan de forma espontánea y aislada, como por ejemplo las higueras.

No se deben tener en cuenta estructuras de dimensiones reducidas, pero la existencia de estructuras de origen antrópico no integradas en el paisaje puntúan negativamente, ya que hacen disminuir la calidad. También penalizan en esta parte del índice la presencia de escombreras y zonas con acumulación de vertidos y basuras.



Figura 2.15. Comunidad monoespecífica de caña (Arundo donax) en ambos márgenes (río Serpis).

2.4.1.4.- -Bloque 4: Grado de naturalidad del canal fluvial

En este último bloque se evalúa la alteración del canal fluvial desde un punto de vista físico. Se valoran como aspectos negativos la modificación de las terrazas adyacentes al río por la presencia de cultivos y actividades extractivas, el aumento de la pendiente de los márgenes y la pérdida de sinuosidad.

Estructuras sólidas como paredes, muros, etc. a lo largo de toda la longitud del hábitat ripario tienen un efecto negativo sobre la puntuación, ya que la alteración es muy evidente, en cambio, recibe una penalización más moderada la presencia de estructuras más pequeñas y puntuales.

2.4.2.- *Riparian Quality Index (RQI)*

En índice RQI propone una nueva metodología para valorar la estructura y dinámica de las riberas fluviales con base hidrológica y geomorfológica. Se consideran siete atributos de fácil reconocimiento visual: la continuidad longitudinal de la vegetación leñosa; las dimensiones en anchura del espacio ripario ocupado por vegetación asociada al río; la composición y estructura de la vegetación riparia; la regeneración natural de las principales especies leñosas; la condición de las orillas; la conectividad transversal del cauce con sus riberas y llanura de inundación; y la conectividad vertical a través de la permeabilidad y el grado de alteración de los materiales y relieve de los suelos riparios. La valoración de cada atributo se lleva a cabo atendiendo a las condiciones de referencia de cada tramo fluvial según su tipología, relativa al régimen hidrológico, características geomorfológicas del valle y cauce y región biogeográfica en que se ubica. El índice propuesto constituye una herramienta muy útil en el contexto de la Directiva Marco del Agua, no solo para la valoración del estado ecológico de las riberas sino también para identificar los problemas existentes, formular estrategias de gestión para su recuperación y restauración ecológica y valorar con criterios cuantitativos las actuaciones realizadas

Este índice de calidad ecológica de las riberas intenta evaluar de una forma más exhaustiva (que la del anteriormente comentado QBR) las características ecológicas de las riberas fluviales, teniendo como condiciones óptimas o de mayor valor ecológico las de mayor naturalidad, o similitud con las definidas como “de referencia”.

Los objetivos definidos para este índice son:

1º. Disponer de una metodología sencilla y rápida para la evaluación con base hidromorfológica del estado ecológico de las riberas, que analice su estructura y funcionamiento en relación a unas condiciones de referencia variables según la respectiva tipología fluvial.

2º. Realizar una valoración que sirva para el diagnóstico de los principales problemas que afectan a las riberas, concretando las deficiencias observadas en la estructura y funcionamiento dinámico del sistema ripario, con el fin de facilitar el diseño de estrategias para su restauración y conservación.

3º. Ofrecer un método para la evaluación pre- y post-proyecto del sistema fluvial, aportando criterios para el reconocimiento de su evolución tras las intervenciones realizadas y la valoración del grado de cumplimiento de los objetivos propuestos en dichas intervenciones

Las principales diferencias de este índice con las otras metodologías que se utilizan reside en que el RQI es un índice que valora la calidad ambiental de las riberas a través de los procesos y la dinámica riparia, en contraste con otros métodos centrados casi exclusivamente en la valoración del

estado actual de la cubierta vegetal. La vegetación es considerada en el RQI un elemento dinámico de la estructura de las riberas, cuya “salud” debe estimarse no solo a partir de su composición y estructura actual, sino considerando también otros factores que determinan su persistencia en el tiempo, como son las dimensiones del espacio ripario, la tasa de regeneración natural ligada al régimen de caudales y conectividad transversal del cauce con su ribera, o la conectividad vertical del suelo ripario con el medio hiporreico, que puede condicionar los niveles de humedad edáfica requeridos por las especies presentes.

En el índice RQI las condiciones del estado ecológico “bueno” o “muy bueno” se establecen no tanto porque existen determinadas especies emblemáticas, sino porque las que existan son las que corresponden a la vegetación potencial del tramo correspondiente (condiciones de referencia), que pueden ser muy distintas en cada caso, dichas condiciones se establecen en función de la morfología del valle (influye en las dimensiones y estructura de la vegetación riparia), el régimen de caudales (define las características de la vegetación de ribera) y la región biogeográfica (permite valorar el carácter autóctono o alóctono de la vegetación existente, en relación a la establecida como “potencial” o de referencia para cada tramo).

Finalmente, con la aplicación de la mayoría de las metodologías existentes se obtiene una valoración global del estado de las riberas a menudo muy subjetiva, que no refleja el grado de alteración de los factores que determinan el actual funcionamiento de las mismas, el cual puede ser muy distinto en cada caso aunque se corresponda con un mismo valor global de calidad riparia. Respecto a este punto, el índice RQI analiza con detalle los síntomas de degradación o deterioro de las riberas a través de los diferentes atributos considerados, y con ello se facilita el diseño de estrategias de gestión para la mejora o restauración de cada tramo. Dichos atributos sirven a la vez de criterios para la evaluación continua de los efectos de las intervenciones realizadas, reflejando aspectos de la estructura o funcionamiento de las riberas que pueden ser muy sensibles a dichas intervenciones, y cuya mejora puede ser cuantificada gradualmente a través de ciertas características reconocibles fácilmente a corto, medio y largo plazo.

Para la aplicación del RQI se recomienda una longitud de entre 100 y 500 m del tramo en estudio, de la parte que se considere más representativa, esto es una medida estándar donde se puede mantener las condiciones homogéneas de los atributos considerados. Esta longitud puede ser variable según los objetivos de cada estudio, y debe indicarse de manera explícita, junto con los resultados obtenidos del índice.

Los atributos relativos a la estructura de la ribera se valoran en cada margen por separado, ya que las condiciones pueden ser muy diferentes entre los márgenes. Los atributos relativos al funcionamiento dinámico de las riberas se valoran de forma conjunta en ambos márgenes, considerando que las funciones riparias quedan aseguradas con tal de que tengan lugar al menos en uno de los dos márgenes.

Una vez realizado el análisis y puntuado el estado de la ribera en los siete parámetros anteriormente descritos (tres de ellos de forma doble, uno para cada margen del río) obtendremos una valoración entre 10 y 120, siendo 10 el estado más degradado, con necesidad de rehabilitación y restauración para reintroducir la funcionalidad hidrológica y ecológica de las riberas, donde se debería actuar para mejorar su situación. Y 120 el estado óptimo ecológico, con un gran interés de conservación de su estado actual y donde se aconseja prevenir la alteración de las funciones riparias. El baremo está dividido en los siguientes estados de ribera: muy bueno, bueno, regular, pobre y muy pobre. Para una mayor aproximación al estado real de la ribera el resultado numérico del índice irá acompañado de una breve descripción del estado ecológico de la zona.

2.5.- SIMULACIÓN HIDRÁULICA UNIDIMENSIONAL

La simulación hidráulica consta de dos fases, una de campo y otra de gabinete. Los aspectos más importantes de cada una de ellas se detallan a continuación.

2.5.1.- *Trabajo de campo*

2.5.1.1.- *Selección del tramo de estudio*

En el área de estudio se seleccionó un tramo representativo para realizar una simulación hidráulica unidimensional, con el fin de obtener curvas de gasto, también conocidas como curvas de altura-caudal, y poder establecer una relación entre el régimen de caudales y la elevación del agua en cada sección transversal del río.

Se considera que un tramo es representativo cuando refleja una proporción de unidades hidromorfológicas o mesohábitats similar a la que aparece en condiciones naturales dentro de una zona mayor de estudio, donde dicho tramo se encuentra incluido. Para la ubicación del tramo representativo se realiza un mapeo de hábitats por la zona de estudio, anotando la longitud, anchura media y secciones de control que aparecen. A partir de estas medidas es posible asignar una representatividad a cada tipo de mesohábitat. La longitud de dicho tramo no debe ser nunca inferior a 150 metros y se deben evitar tramos con efectos de azudes o que sean atravesados por vados o caminos que le hagan perder conectividad.

2.5.1.2.- *Localización de los transectos*

Una vez seleccionado el tramo de estudio, considerado representativo para los objetivos del trabajo, comienza la localización de las secciones transversales (transectos), los cuales constituyen una línea recta aproximadamente transversal al flujo, a lo largo de la cual se miden las condiciones topográficas (perfil del cauce y de la ribera), hidráulicas y biológicas (presencia de especies vegetales).

La distribución de los transectos a lo largo del tramo debe ser tal que registren los cambios de pendiente de la lámina de agua (perfil longitudinal) y los distintos tipos de mesohábitats del río. Además, en relación con la simulación hidráulica, los transectos deben localizarse antes y después de las principales pérdidas singulares de energía, como es el caso de la presencia de un resalto hidráulico, una contracción o expansión del cauce, o una bajada brusca del fondo. Se debe favorecer en lo posible que el tramo tenga una entrada y una salida hidráulicamente sencilla, es decir, similar a un canal simple, donde la calidad del aforo sea excelente (flujo permanente y uniforme).

Los transectos se marcan en el tramo utilizando varillas de acero corrugado, una por orilla, de manera que la línea imaginaria que une ambas orillas y define el transecto sea perpendicular al flujo. Con cinta americana se marca en cada varilla el número de transecto y la orilla en la que se encuentra. El orden de enumeración es siempre desde aguas abajo hacia aguas arriba y la orilla se asocia en función de la dirección del flujo. Por ejemplo: T1i (sería la varilla que se encuentra en la orilla izquierda del primer transecto aguas abajo).



Figura 2.16. Varilla de acero en la orilla izquierda (Río Serpis)

La correcta colocación de las varillas es de vital importancia, ya que éstas deben conservar la misma cota en sucesivas campañas de muestreo.

2.5.1.3.- Topografía

La toma de datos topográficos para la simulación hidráulica en una dimensión se realiza mediante estación total o nivel óptico. Consiste en la toma de puntos (distancia y elevación) dentro de cada una de las secciones transversales que se han definido.

Para este trabajo, las campañas de topografía e hidrometría se realizaron con nivel óptico. En la primera campaña de nivelación se tomó el perfil de la sección comprendida entre las varillas (área mojada), y en una segunda fase se realizaron los trabajos topográficos que abarcaron las orillas y la ribera (área no mojada), utilizando en este caso una estación total. En ambas campañas, los puntos de medición fueron escogidos para registrar los cambios en la topografía y la rugosidad del lecho, relevantes en la simulación del hábitat.



Figura 2.17. Trabajo topográfico de nivelación de varillas y toma de la lámina de agua.

Además de la topografía, en cada campaña de muestreo se recogió con sumo cuidado la cota de la lámina de agua en las orillas de cada transecto (necesaria para la elaboración de las curvas de gasto), y la cota de las varillas, las cuales constituyen la referencia fija y estable para evaluar los cambios que se producen en la elevación de la lámina de agua con distintos caudales circulantes.

En los transectos cuya lámina de agua está afectada por una curva de remanso, también es necesario anotar la elevación del caudal cero (SZF), incluso cuando la sección de control que crea el remanso pueda quedar aguas abajo de los límites del tramo de simulación escogido.

2.5.1.4.- Hidrometría

Para realizar la hidrometría, es decir, la medición de las condiciones hidráulicas y del caudal circulante, se utilizó el aforo por método directo conocido como método área-velocidad, que fue adaptado en el tramo de estudio para intentar realizar un modelo detallado y fiable en relación con la escala y alcance de este informe.

Este método utiliza la ecuación hidráulica clásica de cálculo del caudal, en una sección transversal de área A . Dicha ecuación se calcula aproximando la integral, mediante la suma de los caudales parciales calculados para i celdas virtuales en que se divide el área transversal, $i = 1, 2, \dots, n$, de ancho Δw_i , velocidad media V_i y profundidad D_i . En cada transecto, el número de mediciones (e igualmente "celdas" del modelo) dependió de la anchura de la lámina de agua. En la siguiente tabla se puede apreciar el número mínimo de celdas que se tomaron en función de la anchura de la lámina de agua. No obstante, en algunos casos fue necesario tomar puntos más cerca para reflejar la irregularidad topográfica del contorno del lecho.

Tabla 2.4. Relación entre la anchura de la lámina de agua y el número de celdas por transecto.

Anchura de lámina de agua (m)	Nº de celdas
< 2	10
2 – 4	15
4 – 8	20
> 8	25

De igual modo, en las orillas (áreas no mojadas) los puntos del transecto fueron escogidos para registrar los cambios en la topografía y rugosidad del lecho, relevantes en la simulación del hábitat con caudales mayores al de calibración.

La profundidad D_i se tomó en el centro de cada celda con precisión de 1 cm., mediante una vara graduada o mira topográfica. La velocidad V_i se midió en la dirección perpendicular al transecto utilizando un correntímetro electromagnético (Valeport 801®) de precisión 0.001 m/s. El tiempo de medición en cada celda fue de 15 segundos, ya que se considera un tiempo significativo para eliminar cualquier posible variación ambiental y temporal en las velocidades del agua.

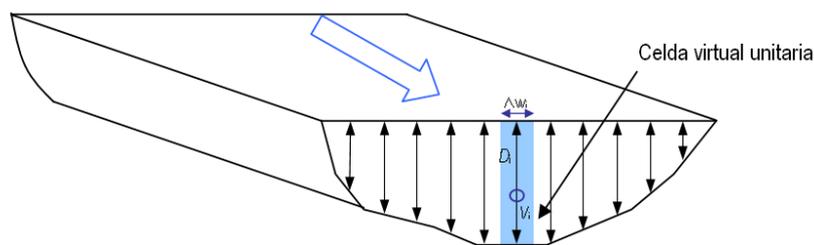


Figura 2.18. Método área-velocidad para la medida del caudal de un río.

Este método requiere calcular la velocidad media del agua en cada celda. Para ello, es necesaria la medición de la velocidad puntual en distintos puntos de la columna de agua, según sea el calado del río en cada celda. Estas especificaciones se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 2.5. Puntos de medición de la velocidad media según el calado

Calado (m)	Profundidad de medición
≤ 0.45	0.6 × Calado
0.45 – 0.80	0.2 y 0.8 × Calado
≥ 0.80	0.2, 0.6 y 0.8 × Calado

Para el río Serpis, cuando el calado fue igual o menor a 0.45 m sólo se realizó una medición de la velocidad a una profundidad del 60 % del calado. Cuando el calado estuvo comprendido entre 0.45 y 0.80 m se realizaron dos mediciones, al 20 % y al 80 % del calado, por lo que la velocidad media fue obtenida como la media de ambas velocidades. Cuando el calado fue superior a 0.80 m la velocidad se midió al 20 %, al 60 % y al 80 % del calado, calculándose la velocidad media de la celda como el promedio entre la media de las velocidades al 20 % y al 80 % con la tomada al 60 %.

Obtenidos estos datos, la velocidad, profundidad y distancia horizontal (anchura de las celdas virtuales) permiten calcular el caudal mediante la ecuación descrita anteriormente, que está implementada en el programa de simulación hidráulica empleado (RHYHABSIM), como se detalla más adelante en este apartado. Además de la medición de la velocidad y profundidad en cada celda del transecto también se anotó el sustrato dominante y subdominante del lecho. Para ello se siguió la clasificación del tipo de sustrato según el diámetro medio, simplificada a partir de la American Geophysical Union (Martínez Capel, 2000).

Tabla 2.6. Clasificación de los tipos de sustrato según su diámetro medio. Fuente: American Geophysical Union (simplificada). En Martínez Capel (2000).

Sustrato	Código	Tamaño de partícula
Limo	L	< 62 μm
Arena	A	62 μm-2 mm
Gravilla	GV	2-8 mm
Grava	GR	8-64 mm
Cantos rodados	CR	64-256 mm
Bloques	B	256-1024 mm
Grandes bloques	GB	> 1024 mm
Roca madre	RM	> 1024 mm continua

En la evaluación del sustrato también se consideró la presencia de vegetación acuática (macrófitas) en el lecho y en las orillas, así como la presencia de otros elementos que pudieran modificar la calidad del aforo, como por ejemplo la presencia de grandes bloques. Finalmente, según las condiciones generales del contorno en cada transecto y la presencia de elementos perturbadores del flujo, se anotó la calidad prevista para el dato de aforo: excelente, buena, regular o mala.

Es importante que todo el trabajo tanto de topografía como de hidrometría se realice siempre en un plazo breve de tiempo, para que no existan cambios relevantes en el caudal circulante durante el tiempo de trabajo. Para controlar estos cambios se recomienda colocar una varilla o regla clavada en una zona con agua, tomando la altura del agua en la misma cada varias horas.

La primera campaña de mediciones de campo para la obtención del modelo hidráulico es siempre la más intensiva, ya que se lleva a cabo una delineación detallada del área de estudio por transectos y se realiza la hidrometría de los mismos. En posteriores campañas de campo se mide la cota del agua en cada transecto, pero se aforan únicamente los transectos de mayor calidad con el objetivo de obtener una buena estimación del caudal circulante, para la elaboración de las curvas de gasto.

2.5.2.- *Trabajo de gabinete*

Una vez finalizado todo el trabajo de campo de la primera campaña, los estadillos fueron incorporados a una hoja de cálculo Excel y se prepararon los archivos de datos de entrada (*.hab y *.rhb) necesarios para el programa de simulación RHYHABSIM (Jowett, 1989), similar pero con mayores prestaciones de exportación, y más sencillo que el estándar PHABSIM.

El proceso de simulación consta básicamente de las siguientes fases:

2.5.2.1.- *Chequear archivo de datos, gráfica de transectos y velocidades*

Con esta acción se repasan los atributos complementarios introducidos por defecto en el programa (vegetación, limo, arena, etc.), y además se presentan mensajes de error/aviso para cada transecto si los hay, por ejemplo suma de porcentajes de atributos que no suman 100%, una distancia a la orilla menor que la anterior, interpolación cuando falta un dato de orilla del agua, etc. En la imagen de cada transecto pueden verse profundidades y velocidades en cada punto, para comprobar visualmente que los datos introducidos son correctos.

2.5.2.2.- *Calcular caudal y fijar caudal de calibración*

El programa calcula una tabla del aforo (caudal) en cada transecto. Como un transecto nunca puede reflejar perfectamente el lecho ni las velocidades medias, cada uno da valores distintos de caudal, considerándose los transectos de mayor calidad y en un rango de variación bajo. El programa calcula una media, que es el supuesto caudal que corría el día del muestreo: *caudal de calibración*

del modelo. Sin embargo, se puede escoger otro valor (media de los aforos de mayor calidad), o bien distinto valor según los transectos (por entrada de afluentes, derivaciones, etc.).

2.5.2.3.- *Calcular y editar Factores de Distribución de Velocidad (VDF)*

Se trata del factor que corrige la velocidad en cada celda, respecto de la velocidad media de la sección. Dicha velocidad media, al simular otros caudales distintos al de calibración, es obtenida a partir de la cota de lámina de agua, que procede de la curva de gasto. También puede manejarse en términos del número de Manning (N), ya que $V_{sección}/V_{celda} = N_{celda}/N_{sección}$. Como este factor se basa en medidas reales de campo (tanto media como en cada celda), supone el elemento fundamental de calibración de velocidades que distingue a los modelos de simulación del hábitat detallados de otros de simulación hidráulica. En consecuencia, el programa aplicará este coeficiente de corrección para cada celda cuando calcule las velocidades para distintos caudales. Dicho factor es invariable y no considera variaciones del caudal, ni viscosidad ni transmisión de energía de una celda otra. Por esta y otras razones, la simulación se ha realizado independientemente con modelos para caudales altos, medios y bajos.

2.5.2.4.- *Curvas de gasto o altura-caudal*

Aquí se calculan las distintas formas de curvas de gasto para cada transecto, que el programa ajusta a los puntos de altura/caudal tomados en campo. Estas curvas son la base del modelo hidráulico, ya que al pedir al programa que simule distintos caudales, lo primero que necesita son estas curvas para saber qué altura de agua tenemos con cada caudal.

2.5.2.5.- *Selección de curvas de altura-caudal en cada transecto*

Ya que las curvas de gasto se han calculado automáticamente de distintas formas, ahora hay que elegir cuál de ellas queremos emplear en cada transecto:

- la curva de mejor ajuste a los puntos,
- la curva de mejor ajuste pasando por el nivel de caudal cero o por sección mínima,
- la curva basada en la fórmula de Manning.

Una vez obtenidas estas curvas, nos permitirán obtener la altura de la lámina del agua para caudales incluidos dentro o cerca del rango de caudales medidos en campo. Por tanto, son la base para traducir las series hidrológicas de caudal en series temporales de elevación del agua.

2.6.- MUESTREO GEORREFERENCIADO DE LA VEGETACIÓN RIPARIA

Para estudiar los patrones de distribución espacial, es decir la situación y elevación a la que suelen aparecer dichas especies en relación a la cota de la lámina de agua, fue necesario en primer lugar, ampliar los transectos lineales obtenidos en hidrometría (modelo hidráulico), y prolongarlos hacia la ribera en ambas orillas para los tramos del Serpis, Mijares regulado y Rabo del Batán. En el caso del Terde los transectos de vegetación se realizaron desde el primer momento tomando toda la sección, incluida la ribera. Dicho muestreo consistió en capturar los puntos de inicio y fin, respecto la proyección de su copa, que reflejan la posible situación topográfica del cepellón (mata de raíces) de la unidad de vegetación interceptada por la línea que define el transecto, así como su cota.

El muestreo de vegetación utilizando transectos lineales ha sido descrito por numerosos autores como el “*Line intercept method*” (FIREMON, 2003), y para su realización fue utilizada una estación total de topografía.

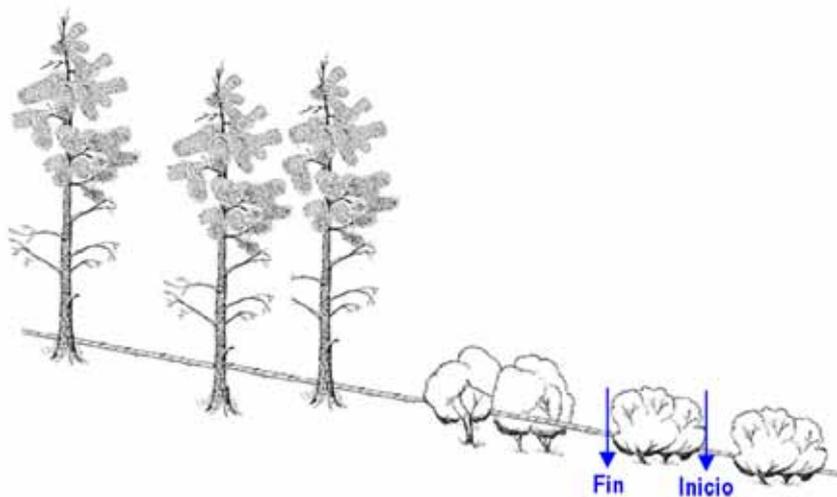


Figura 2.19. Muestreo de vegetación utilizando transectos lineales en la ribera. Modificado de FIREMON (2003), en Harris et al. (2005).

2.6.1.- Selección de pies y medición dasométrica

Para el muestreo se aprovechó el recorrido de trabajo de campo de la toma de datos topográficos para señalar y medir los pies para el estudio. En la medición dasométrica se cogieron todos los pies que entraban en la línea del transecto, aquellos que la proyección de su copa sobre el suelo entraba en esta línea, y aquellos que estaban muy cerca del transecto y se consideraron representativos para éste. El marcaje de los pies seleccionados se realizó anudando cinta señalizadora alrededor de dichos pies a la altura del pecho de los muestreados. En dicha cinta con rotulador permanente se

anotó un número identificativo para cada pie. Su posición (coordenadas UTM) se recogió mediante una estación total FOIF®, señalando dos puntos para cada pie, el de principio y fin.



Figura 2.20. Muestreo de vegetación utilizando estación total de topografía.

Las especies para las que se plantea el estudio fueron principalmente arbóreas, arbustivas y grandes helófitos, prestando una menor atención a las herbáceas. Las especies que finalmente se muestrearon, y su código de referencia con el que fue identificada cada una de ellas durante los trabajos de campo y posteriores análisis se detallan más adelante.

Para cada unidad de vegetación interceptada (árbol o mata de arbusto) en cada transecto, se registraron mediante PDA también las siguientes variables: transecto, especie, orilla, altura, diámetro a la base (DGH) y diámetro del tronco (a 1.30 m si se trataba de un árbol (DBH) y a 0.50 m si se trataba de una mata de arbusto (DH50)). Para la medición de los diferentes diámetros se empleó una forcípula (véase figura adjunta) tomando muestras en direcciones opuestas y realizando posteriormente un promedio de ambas mediciones.

En los casos en los que el tamaño de la forcípula era inferior al diámetro del árbol, se midió el perímetro de éste utilizando una cinta métrica y se estimó el diámetro mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Diámetro} = \text{perímetro}/\pi$$

De las especies seleccionadas para realizar los muestreos, se consideraron arbustos, y por tanto solo se tomaron diámetros DH50 para las especies: *Salix purpurea*, *Salix eleagnos*, *Salix triandra*, *Salix atrocinerea*, *Nerium oleander*, *Tamarix* spp. y *Coriaria myrtifolia*. La especie *Salix purpurea* ha sido considerada semiarbórea y por tanto se tomaron los diámetros a las tres alturas.



Figura 2.21. Medición del diámetro a la altura del pecho (DBH) en uno de los pies seleccionados.

Seguidamente se midió la altura de cada pie seleccionado. Para ello se utilizó un clinómetro-hipsómetro electrónico que realizó la medición de la altura y para determinar la distancia al árbol un distanciómetro láser y un target, o también una cinta métrica.



Figura 2.22. Medición de la altura del árbol utilizando un clinómetro-hipsómetro electrónico Hagloff®.

2.6.2.- Extracción de los testigos de madera

Con el objetivo de construir curvas de crecimiento de las principales especies muestreadas, que relacionaran el diámetro de las mismas con su edad, también se tomaron muestras de los anillos de crecimiento.

De entre todos los pies en los que se llevó a cabo el muestreo dasométrico, se seleccionaron los que se utilizarían para el estudio dendrocronológico. Se escogieron muestras representativas del mayor espectro de edades posible, desde brotes de primer año hasta pies maduros, todos ellos de las especies arbóreas y arbustivas que anteriormente habíamos elegido como objeto de estudio.

Para la extracción de los testigos de madera se empleó una barrena de Pressler. El procedimiento seguido se describe a continuación. En primer lugar se seleccionó la zona donde se introduciría la barrena tocando para ello el tronco y estimando *a visu* la posición de la médula. Una vez seleccionados los puntos por donde se introduciría la barrera (dos posiciones aproximadamente perpendiculares entre sí), utilizando las fisuras de la corteza, siempre que sea posible (ya que en dichos puntos es más fácil acceder a la madera), se procedió a descortezar el tronco en esos puntos mediante un pequeño hacha y un cuchillo especial para descortezar. Para los ejemplares de menor tamaño se utilizó unas tijeras podadoras para cortar una pequeña porción del tronco.

Una vez descortezado, se impregnó la hélice de la barrena con cera de abeja para facilitar la penetración reduciendo la fricción y se procedió a barrenar el árbol hasta una profundidad en la que se intuiera que ya había sido sobrepasada la médula (centro del árbol).



Figura 2.23. Barrenado del árbol en una de las direcciones hasta la posición de la médula.



Figura 2.24. Extracción del testigo de madera tras barrenar el árbol.

A continuación se extrajo el testigo con el extractor (véase figuras anteriores) y se depositó sobre un soporte (listón porta-muestras), y éste en una bolsita de papel secante, anotando en su exterior el código del árbol del cuál había sido extraído (véase figura 2.25).



Figura 2.25. Colocación del testigo de madera sobre un listón porta-muestras para facilitar su transporte y secado.

Una vez que el testigo fue extraído, se extrajo rápidamente la barrena del árbol ya que la cicatrización comienza rápidamente y se tapó la marca dejada por la barrena con pasta cicatrizante PASTOL MASSÓ®, que previene la pudrición y ayuda a la cicatrización mediante sustancias antifúngicas. El hueco dejado por la barrena se tapa con un pequeño palo de madera para impedir la entrada de insectos (véase figura 2.26).



Figura 2.26. Tapado e impregnación del hueco dejado por la barrena con pasta cicatrizante.

2.7.- ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS

El muestreo topográfico de la vegetación pudo acoplarse perfectamente con el trabajo de hidrometría gracias a las varillas ubicadas en campo, las cuales constituyeron el punto de enlace común entre las diferentes medidas en la zona de estudio. Al obtener las coordenadas de las plantas con las mismas referencias que los transectos hidráulicos, la variación del caudal y de la cota de agua (obtenidas por las curvas de gasto) se relacionaron con la situación del pie de cada planta.

2.7.1.- *Procesado de las muestras*

Tras la recogida de los testigos de madera en campo, se dejaron secar durante varios días en un lugar fresco y ventilado, depositándolos sobre su soporte (listón porta-muestras) definitivo acorde a su tamaño para evitar que no se deformaran. Se les asignó el código definitivo y éste se anotó sobre el listón.

Cuando las muestras estaban secas, se pegaron en sus propios soportes empleando para ello cola blanca especial para madera y procurando que las fibras transversales de la madera permanecieran siempre verticales, a fin de reconocer con mayor facilidad los anillos de crecimiento.

A continuación se procedió al traslado de las muestras al laboratorio donde fueron lijadas hasta quedar a ras de los soportes. Para un primer lijado se utilizó una herramienta DREMEL®, con dos piezas de lijado de distinto grano, y para un lijado más fino se utilizaron papel de lija de distinto grano. Para facilitar el lijado las muestras fueron ajustadas e inmovilizadas en un caballete (véase figura 2.27). Todo el trabajo de lijado fue realizado tomando las medidas de seguridad necesarias (bata, guantes, gafas protectoras y mascarilla).



Figura 2.27. Lijado de las muestras utilizando la herramienta DREMEL®.

2.7.2.- *Determinación dendrocronológica*

El conteo de los anillos de crecimiento se realizó utilizando una lupa binocular y se anotaron los resultados en una ficha (figura 2.28). Como en la mayoría de los casos se tomaron dos muestras en cada árbol, perpendiculares entre sí (aumentando las posibilidades de pasar por la médula del árbol), esto sirvió para estimar la edad del árbol con mayor exactitud. En las muestras en que los anillos centrales no fueron alcanzados por la barrera se realizó una estimación utilizando para ello la estimación *a visu* de la curvatura de los anillos presentes y los anillos centrales procedentes de muestras de pies cercanos de la misma especie.



Figura 2.28. Conteo de los anillos de crecimiento utilizando una lupa binocular en el laboratorio de la Escuela Politécnica Superior de Gandía.

2.7.3.- *Elaboración de las curvas de crecimiento*

Una vez ya han sido obtenidas todas las edades de las muestras se procede a la elaboración de las curvas de crecimiento, para cada especie de cada tramo. Estas curvas se realizan relacionando la edad de cada muestra con los datos dasométricos obtenidos para cada individuo muestreado. De esta relación se pueden obtener cuatro gráficas distintas; edad-DGH, edad-DBH, edad-DH50 para las matas de arbusto y edad-altura.

La realización de las curvas de crecimiento y su comparativa se realiza con el fin de asignar edades al resto de individuos estudiados en el trabajo de los cuales no se han obtenido muestras dendrocronológicas. Se pretende utilizar para cada tramo y especie su propia curva de crecimiento, en caso que el número de muestras tomadas sea muy bajo o que los datos sean similares se usará la curva obtenida mediante la unión de los datos de los tramos para cada especie.

Los criterios de unión de datos para la realización de las curvas de crecimiento siguen el siguiente orden de prioridad. Se unirán en primer lugar si pertenecen al mismo río, caso de los tramos Mijares regulado y Terde. En segundo lugar se comparan las curvas para su posible unión comparando tramos altos (Terde y Rabo Batán) y los bajos (Mijares regulado y Serpis). Las curvas se unirán siempre que las líneas de tendencia sean similares, no existiendo una distancia mayor de 5 años entre las líneas de los distintos tramos. Tendrán prioridad para la unión de los datos aquellos tramos cuyo tamaño muestral para cada especie sea muy bajo.

Para complementar los datos y como mejora de la tendencia de las curvas de crecimiento se añaden a las gráficas el dato de edad 0 para una altura y diámetro en la base (DGH) también 0. De esta forma se intenta incluir en las curvas un inicio más cercano a la realidad, solo en aquellas curvas cuya mejora de r^2 sea significativa.

2.7.4.- Elaboración de las curvas generalizadas por especie-variable

La elaboración de una curva general para una especie, basada en datos de diversos tramos, implica una problemática que debe comentarse aquí. En primer lugar, hay numerosos factores ecológicos que condicionan la presencia y la supervivencia de las especies leñosas de ribera. Estos factores deben considerarse a la hora de elegir tramos de estudio, de modo que en el caso ideal podrían elegirse un número elevado de tramos con unas características similares, constituyendo un estrato de estudio, para el cual se elaboraría una curva de respuesta ante una variable. En cada estrato, por tanto, sería deseable que la probabilidad de existir y sobrevivir, para una especie en estudio, fuese aproximadamente similar, para que los resultados de distintos tramos fuesen comparables entre sí. En cuanto a los factores mencionados, de forma general podemos citar algunos ejemplos, como la presencia o no de crecidas en la época de diseminación de la semilla, la composición de la comunidad (condiciona la competencia), la temperatura media del aire, la composición físico-química del agua y la radiación solar media anual.

Además, resulta importante que estos factores actúen de forma natural y con la mayor independencia posible del hombre. En este trabajo, la selección de tramos se ha visto condicionada, por encima de todo, por la disponibilidad de datos de aforo, en tramos no regulados de una calidad ambiental media o alta. Además, el tamaño del tramo estuvo condicionado por el presupuesto y marco temporal del estudio. La escasez de tramos que cumplieran con estos requisitos, en segmentos de río no regulados, hace que no sea posible diseñar un experimento comparativo en condiciones ideales, sino que nos veamos limitados a dos segmentos no regulados (4 tramos) y otros dos segmentos regulados (3 tramos). Por tanto, podemos decir que la hipótesis de igual probabilidad potencial de presencia de una especie no se cumple con total rigor, por las diferencias

ambientales entre tramos, pero en todo caso los datos para una cierta especie proceden de tramos donde su tamaño muestral era relevante, por lo cual no se apreciaba ninguna limitación relevante para su presencia o su capacidad de competir con otras especies leñosas.

Otro factor relevante en el diseño de estudios de idoneidad o de curvas de respuesta ante una variable, es la posibilidad de realizar un muestreo de igual esfuerzo. Esto supone que, al evaluar distintas curvas, para compararlas y realizar una curva final, conviene que dichas curvas procedan de un muestreo realizado en una proporción similar de hábitats que tienen distintos rangos o características en cuanto a la variable evaluada. Por ejemplo, para la variable “duración de la inundación” convendría realizar un muestreo en zonas de muy baja frecuencia de inundación, baja, alta, y muy alta, con áreas de muestreo aproximadamente similares, de forma que la frecuencia de una especie en las distintas zonas reflejaría por sí misma la “idoneidad” de los distintos hábitats (o distintas zonas) para dicha especie. La estratificación del área de estudio debería ser lo más acorde posible con la precisión deseada, pues de hecho la precisión del resultado depende de los estratos realizados y de los métodos de medición de las variables. En este estudio, cada transecto recorre toda la amplitud de la ribera, desde el inicio de la vegetación de ribera en una orilla hasta su fin en la orilla contraria, por lo que se abarcan las distintas frecuencias de inundación que afectan a dicha ribera. Por tanto, el transecto se ha considerado como la unidad elemental de trabajo, a lo largo del cual se tomaron los datos. Para que la representatividad de datos de los distintos tramos sea similar, al elaborar la curva final, y que cada curva represente unas condiciones ambientales aproximadamente homogéneas, los tramos se han agrupado de la siguiente manera:

- Tramo alto del Mijares (no regulado): tramos Terde 1 y 2 (20 transectos)
- Tramo alto del Cabriel (no regulado): tramos Rabo de Batán 1 y 2 (20 transectos)
- Tramo bajo del Mijares (regulado): tramos Cirat y Tormo (18 transectos)
- Tramo bajo del Serpis (regulado): tramo Serpis (11 transectos, que para equiparar el esfuerzo de muestreo con el de otros tramos, será ponderado por 2 en la comparativa de histogramas)

Así pues, para cualquier variable, la curva general se ha realizado comparando los histogramas procedentes de estos grupos de tramos. Los dos primeros grupos proceden de tramos no regulados, por lo cual representan en teoría los tramos donde los procesos fluviales están menos alterados y podríamos encontrar más variabilidad de las variables hidrológicas analizadas. Los otros 2 grupos proceden de tramos regulados, donde cabe esperar una menor variabilidad de caudales, pero donde igualmente cada especie y cada planta deberían localizarse en el lugar ecológicamente más beneficioso con respecto a las zonas accesibles para su implantación.

Cada grupo de datos, para cada variable, tiene su histograma que se comenta en el momento de elaborar la curva de cada especie y variable. Cabe anotar que, por su potencial importancia para la gestión del agua, el intervalo del cero se ha separado de los demás, suponiendo una inundación prácticamente nula; después se separaron los intervalos por 10 o por 15 días, según el caso. Algunas especies no tienen un número apreciable de datos en los 4 grupos de tramos, por lo cual 4 es el número máximo de histogramas a comparar.

Los 4 histogramas (en caso de haberlos) se han observado y sobre ellos se ha realizado una línea envolvente, ya que en este estudio generalmente se observaron diferencias apreciables en el tamaño muestral entre tramos, y esta opción se consideró mejor que hacer la media (que sería excesivamente deformada por los huecos de ausencia de datos). La línea envolvente se ha dibujado de forma suavizada, para mejorar intuitivamente la sensación de que los intervalos son de 10 o 15 días, y evitar que al ver una poligonal que une los centroides de las clases, el lector malinterprete los datos, pues realmente cada punto representa una franja de dicha anchura. Por lo tanto, los datos correctos de la curva de idoneidad de cada especie, para cada variable, están reflejados en la correspondiente tabla de datos (que son realmente escalonados de acuerdo con la anchura de intervalo mencionada), y no en la curva que es un suavizado aproximado de dichos datos.

3.- INFORMACIÓN BÁSICA DE LOS TRAMOS DE ESTUDIO

3.1.- LOCALIZACIÓN DE LOS TRAMOS DE ESTUDIO

Los tramos finalmente estudiados se recogen de forma resumida en la siguiente tabla y se describen en los siguientes apartados.

Tabla 3.1. Tabla resumen de los tramos de estudio.

Tramo	Río	Régimen	Nº transectos	Longitud	X	Y
Lorcha	Serpis	Regulado	11	239	733362.20	4304164.78
Cirat	Mijares	Regulado	9	177	716428.58	4437572.91
Tormo	Mijares	Regulado	9	147	720570.64	4437675.73
Terde-1	Mijares	Natural	10	218	689463.54	4448872.32
Terde-2	Mijares	Natural	10	321	689236.83	4448961.06
Rabo del Batán-1	Cabriel	Natural	10	528	609510.99	4420647.97
Rabo del Batán-2	Cabriel	Natural	10	373	609197.25	4420528.58

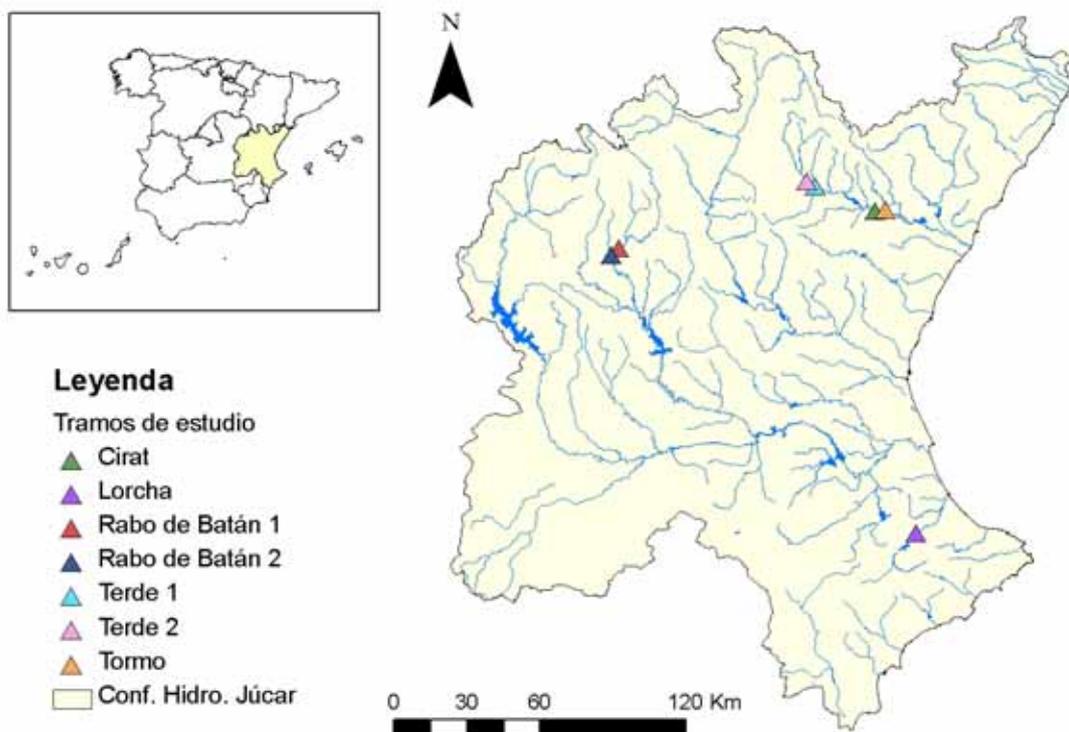


Figura 3.1. Localización de los tramos de estudio.

3.1.1.- *Río Serpis en Lorcha*

El tramo de estudio localizado en el río Serpis se encuentra situado bajo la presa de Beniarrés, en las proximidades del municipio de Lorcha, a la entrada del paraje conocido como “Barranc del Infern”. En él el río empieza a encajarse, tallando un espectacular cañón en forma de V, aprovechando las diferentes fallas y otras debilidades geológicas de los terrenos calizos de la zona.

El tramo está incluido dentro del LIC Serra de la Safor y de la masa de agua 21.06. Su altitud media es de unos 229 msnm. La accesibilidad es relativamente sencilla, gracias a la vía verde (antiguo trazado de la línea férrea Alcoy-Gandia) que recorre una de las orillas del río a lo largo del tramo. Es posible recorrer casi todo el cauce a pie debido a su poca profundidad y las orillas son fácilmente transitables, a excepción de algunas zonas con zarzal y cañaveral de alta densidad.

Durante los trabajos de campo (veranos de 2007 y 2008), la anchura media de la lámina de agua fue de 13.98 m, con una profundidad media de 0.41 m, con máximos de unos 0.60 m. La turbidez del tramo es alta. El lecho es bastante estable, en ocasiones completamente sólido, por los afloramientos de roca madre. La mayor parte del tramo tiene una corriente media-débil, que se hace fuerte cuando el cauce se estrecha y el sustrato se hace más grueso. Predominan los cantos y las gravas, con excepción del margen derecho, más elevado, donde las arenas son el sustrato predominante. La acumulación de gravas y gravilla en el centro y márgenes del cauce condiciona la formación de depósitos y bancos que se cubren con herbáceas anuales cada primavera y que desaparecen con las primeras lluvias del otoño.

En las zonas arboladas, el porcentaje de sombra sobre el cauce es elevado, en el resto predominan los grandes claros. La presencia de troncos y ramas sobre el agua, así como raíces expuestas aportan heterogeneidad de hábitats. Están presentes las 4 categorías de regímenes de velocidad/profundidad: lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero, aunque la frecuencia de rápidos es escasa, predominando las corrientes y tablas.

Geomorfológicamente se trata de una ribera con potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada, ya que existen varias zonas con sustrato duro, no apto para el enraizamiento de la vegetación. No obstante, el sustrato predominante es grava y arena, con presencia ocasional de bloques y grandes bloques coluviales, procedentes de las laderas próximas. La zona riparia tiene un desnivel comprendido entre los 20 y 45°, en ocasiones escalonado, y una cobertura vegetal superior al 50 %.



Figura 3.2. Foto aérea del tramo de estudio Lorcha (río Serpis).

3.1.2.- *Río Mijares en Cirat*

El tramo se encuentra situado frente a la población de Cirat, en la masa de agua 10.06. La geomorfología de la zona determina que se trate de una ribera propia de los tramos medios de los ríos, con una potencialidad intermedia para mantener una zona vegetada. El grado de naturalidad del tramo es bueno, siendo únicamente afectado por la presencia de un vado y la ocupación de una parte de la ribera por parcelas agrícolas, que hacen que no exista conexión de la ribera con la vegetación forestal adyacente.

La zona es de fácil acceso, desde un camino asfaltado que parte del pueblo y discurre por una zona de cultivos hasta llegar al río. El cauce es de fácil recorrido, por sendas paralelas al río y limítrofes a los cultivos, aunque hay puntos de difícil acceso debido a manchas de alta densidad en cañas y zarzas.

La longitud del tramo de estudio es de unos 180 m y tiene su comienzo aguas abajo del vado que cruza el río. La anchura del cauce (en el momento del muestreo) varió en torno a los 6 y 9 m, y la profundidad media en torno a los 45 cm. Las aguas son transparentes, fluyendo una corriente débil en la mayor parte del tramo, si bien existe una zona de rápidos aguas abajo del vado. La alternancia de zonas remansadas y otras rápidas, la diversidad del sustrato, la presencia en el cauce de ramas, y raíces expuestas y la cobertura de vegetación acuática, propician una buena diversidad de fauna.

El perfil del tramo es bastante homogéneo, sin presencia de islas, ni depósitos, bancos, brazos o canales. Únicamente existe una zona de remanso lateral en la zona más alejada aguas abajo con vegetación de carrizo.

En la orilla izquierda y a unos pocos metros del agua encontramos antiguas motas que fueron levantadas para proteger los cultivos y que actualmente han sido totalmente cubiertas por la vegetación de ribera. No obstante dicha mota está limitando el movimiento lateral del cauce y creemos que podría ser la causa de la incisión que sufre en cauce.

Prácticamente no existen zonas de mucha corriente en todo el tramo, el fondo del cauce esta compuesto por bloques y cantos que le dan estabilidad. La ausencia de una gran vegetación de porte arbóreo hace que tenga una sombra moderada y el agua goza de una saludable transparencia.

Los márgenes están compuestos por cantos, grava, gravilla, arena y grandes bloques.

A parte de la presencia de las motas anteriormente comentadas también existen otros elementos de alteración como son el pisoteo y la erosión, producidas por ser una zona de cultivo, y por tanto de frecuente paso de vehículos y personas. También existen caminos asfaltados alguna construcción

agrícola aislada en las zonas limítrofes, con una vegetación arbustiva más abierta y masas de coníferas.

Las principales amenazas a las que está expuesto el tramo son la presencia de plantas invasoras, (como las cañas) y la alteración de su régimen hídrico debido a la presencia de un gran embalse aguas arriba.

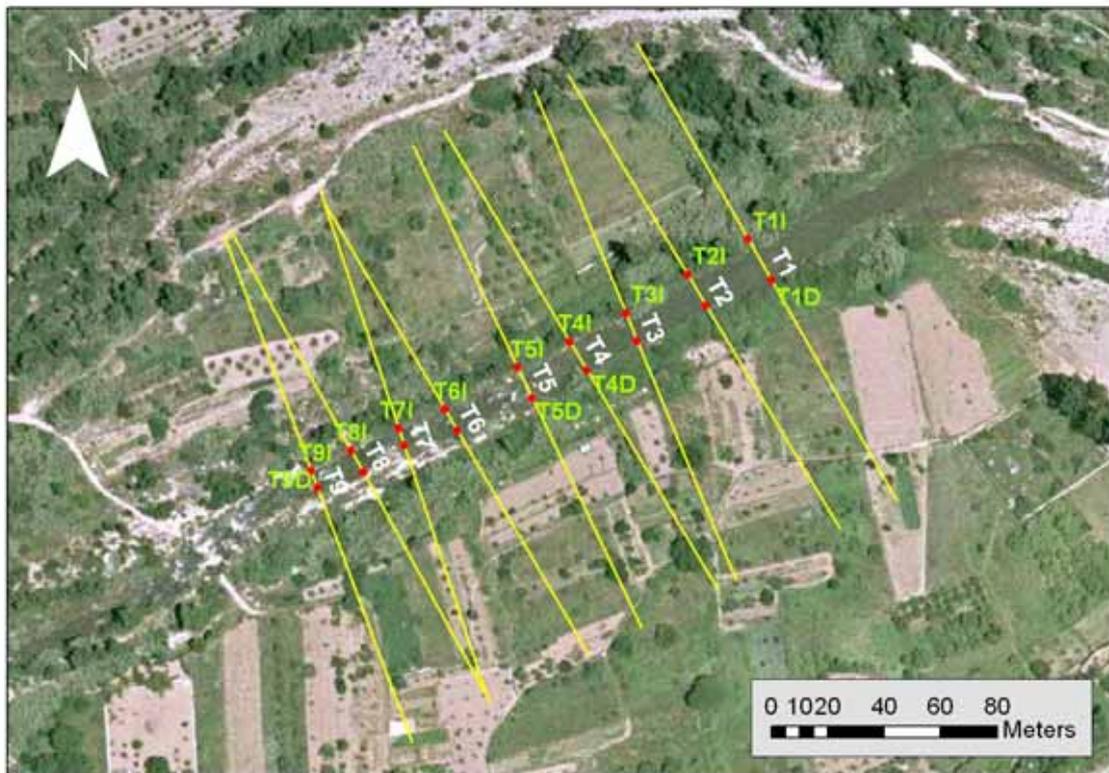


Figura 3.3. Foto aérea del tramo de estudio Cirat (río Mijares).

3.1.3.- Río Mijares en Tormo

Se encuentra situado frente a la pedanía de El Tormo, en la masa de agua 10.07. Tiene una longitud de unos 150 m. Se accede a él a través de la carretera CV-20. La llanura de inundación es más estrecha en este tramo en relación al tramo de Cirat. Existe una conexión prácticamente total entre la ribera y el ecosistema forestal adyacente.

La presencia de rápidos es ocasional debido al bajo caudal circulante en este tramo, haciendo que predominen las zonas remansadas. El sustrajo es bastante variado, predominando la grava, cantos y bloques. Los elementos de heterogeneidad en el cauce son diversos, destaca la presencia de troncos, ramas y diques naturales.

El muestreo se ha realizado en el río Mijares, el 18 de noviembre de 2009, cerca de la población de El Tormo, cuyo nombre usaremos para asignar el tramo. La accesibilidad hasta el lugar es sencilla, desde la carretera siguiendo una pista forestal asfaltada que lleva cerca del río hasta unos cultivos. Todo lo contrario a las riberas, que es prácticamente inaccesible debido a la cantidad de vegetación existente, que forma un corredor denso e impenetrable, con gran proporción de lianas y zarzas. El tramo es más accesible por el cauce, aunque encontramos dos zonas de pozas profundas que obligan a caminar por la orilla, trepando en ocasiones sobre roca madre.

Es un tramo corto (180 m.) con la presencia de una pequeña isla y un lecho lateral que muere en una poza, en la orilla izquierda encontramos dos cauces secundarios secos, inundables en las grandes avenidas. Los usos del suelo circundantes son en su mayoría agrícola y forestal.

El río tiene una corriente débil principalmente, de agua turbia, suelo estable compuesto en su mayoría por bloques, algunas zonas con acumulación de limos sobre estos, que los hacen especialmente resbaladizos. Con sombra moderada ya que no existen muchas especies arbóreas muy altas. También en los márgenes encontramos estos bloques, junto a roca madre.

La principal amenaza que observamos es la existencia de una presa aguas arriba, a muy poca distancia, que altera el régimen hídrico del tramo, y que puede fragmentarlo y favorecer la masificación de especies alóctonas.

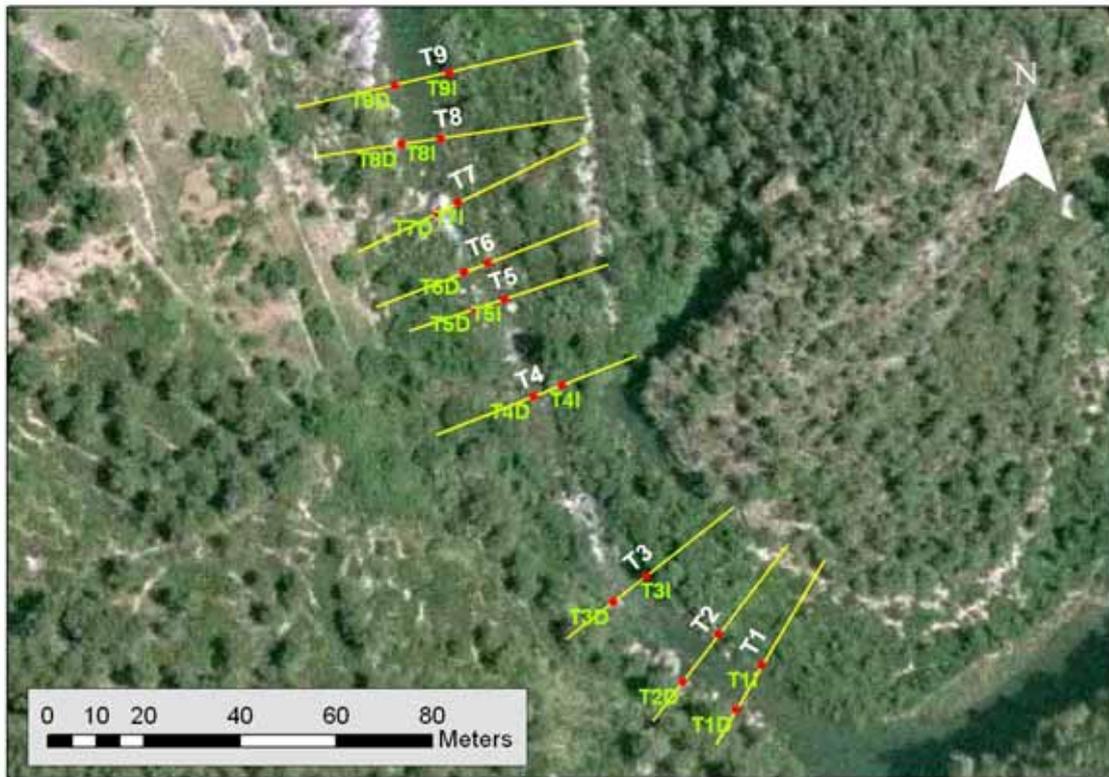


Figura 3.4. Foto aérea del tramo de estudio Tormo (río Mijares).

3.1.4.- *Río Mijares en el Terde-1*

Se encuentra en las inmediaciones del Molinete, antiguo molino transformado actualmente en casa de turismo rural. A estas instalaciones se accede desde la carretera que une Mora de Rubielos con la autovía A-23 desviándonos a la derecha pasados 10.5 kilómetros desde Mora de Rubielos. Ambos tramos del Mijares alto pertenecen a masa de agua 10.03. Tiene una longitud de unos 218.2 m. La llanura de inundación es relativamente estrecha en comparación con el tramo Terde 2, teniendo mayor anchura de ribera en la margen derecha. La accesibilidad al tramo es sencilla. Una vez en la casa rural El Molinillo es posible acceder al río, se desciende unos 500 m aguas abajo encontrando la cola del tramo de Terde 1.

Este tramo, como es propio de tramos no regulados, tiene una presencia mayoritaria de corrientes. El sustrato es bastante variado, predominando la grava, cantos y bloques. Los elementos de heterogeneidad en el cauce son diversos, destaca la presencia de troncos, ramas y diques naturales así como la presencia de cauces secundarios por los que circula habitualmente el agua.

Es un tramo corto (218.2 m.) con la presencia de una isla. Las laderas como se ha mencionado antes son escarpadas en la margen izquierda. En la margen derecha se aprecia la presencia de antiguas terrazas. Actualmente no se pueden observar restos de actividades agrícolas ni pies de especies agrícolas asilvestrados.



Figura 3.5. Foto aérea del tramo de estudio Terde-1 (río Mijares).

3.1.5.- Río Mijares en el Terde-2

El tramo del Terde 2 se encuentra aguas arriba del tramo del Terde 1. Se accede del mismo modo que el tramo anteriormente explicado. Pertenece también a la masa de agua 10.03 y tiene una longitud ligeramente superior al Terde 1 (320 m).

Este tramo posee unas características similares al tramo anterior. Predominan las corrientes a excepción de una poza que aparece en la zona media del tramo. El sustrato es predominantemente de granulometría media-gruesa, abundando las gravas y cantos rodados.

En general es un tramo menos angosto, por lo que las llanuras de inundación son en ambas márgenes más anchas que en el tramo anterior. Es de destacar que al inicio del tramo se encuentra la desembocadura de un torrente donde se puede apreciar claramente el aporte de gravas que arrastra en los fenómenos de intensa precipitación.

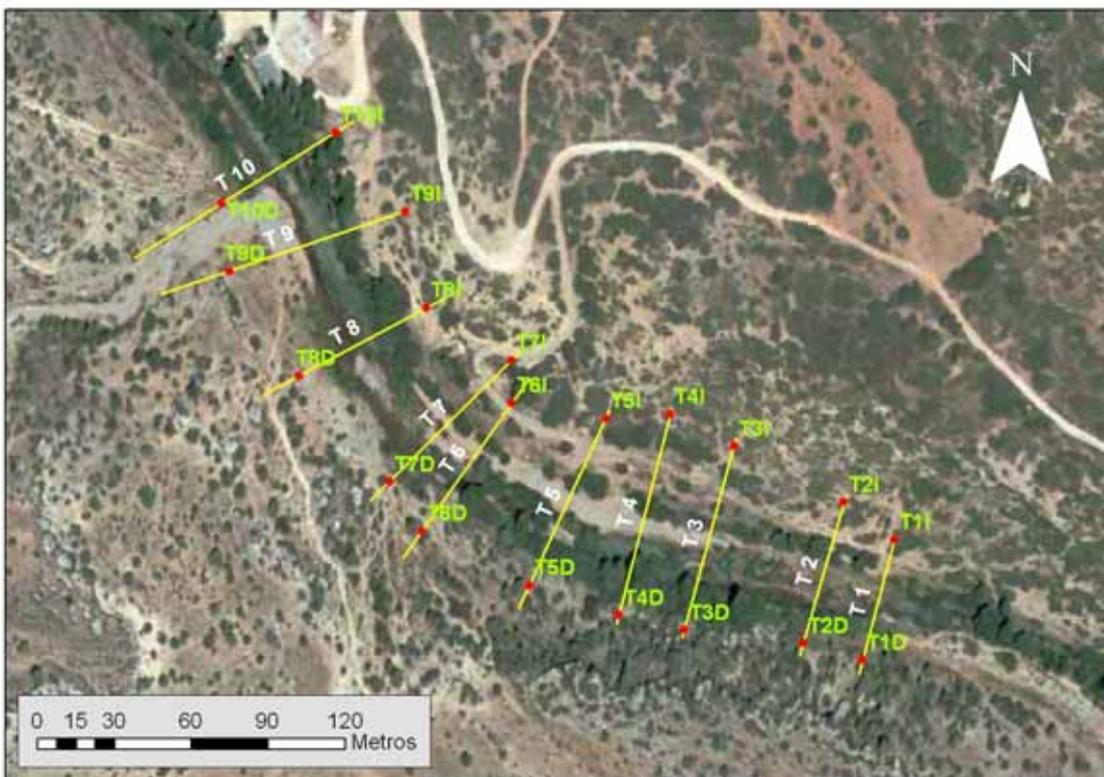


Figura 3.6. Foto aérea del tramo de estudio Terde-2 (río Mijares).

3.1.6.- Río Gabriel en el Rabo del Batán-1

El tramo del Rabo del Batán 1 se encuentra en las inmediaciones del Azud de Cristinas en el río Gabriel. Se accede desde la carretera N-420 entre las localidades de Cañete y Carboneras de Guadazaón. Situado en el término municipal de Pajaroncillo a 3.5 km de este municipio. El tramo pertenece a la masa de agua cuyo código es, 18.21.01.04. Tiene una longitud de 527.8 m, siendo uno de los más largos del presente estudio. El acceso se realiza al cruzar el puente situado aguas abajo del azud de cristinas. Se continúa por la senda en la margen derecha hasta superar el azud. Entonces se desciende hasta las inmediaciones de la antigua central hidroeléctrica llegando a la parte central del tramo. Este tramo es utilizado como cañada de forma habitual por los ganaderos de la zona.

El tramo se encuentra encajonado en su cola apreciándose una llanura de inundación más ancha en la margen derecha a su inicio. La conectividad con las formaciones forestales adyacentes es total. Es fácil observar la presencia de pies del género *Pinus*, de diversas especies, intercalados con las especies propias de ribera.

El tramo presenta predominancia de corrientes, si bien es de destacar la presencia de una gran poza en la zona central del tramo. El sustrato predominante está formado por un lecho franco-arenoso. Las zonas de sedimentación de grandes avenidas presentan una granulometría mayor, se observan cantos rodados y bolos en una matriz de gravas.

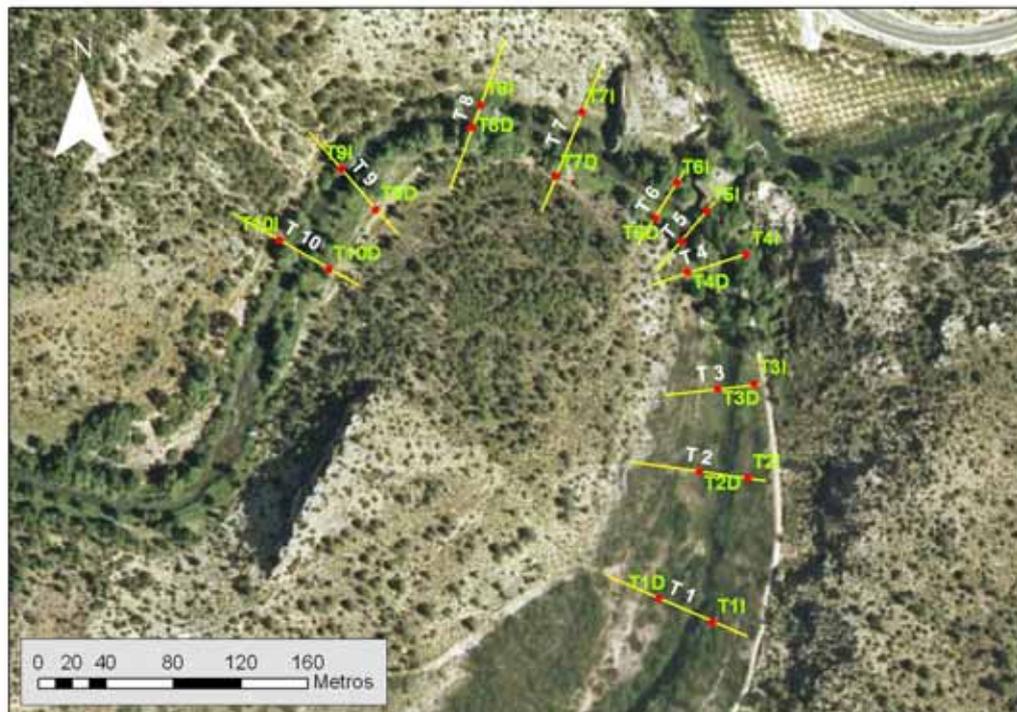


Figura 3.7. Foto aérea del tramo de estudio Rabo del Batán-1 (río Gabriel).

3.1.7.- Río Gabriel en el Rabo del Batán-2

El tramo del Rabo del Batán 2 se encuentra aguas arriba del tramo del Rabo del Batán 1. Se accede del mismo modo que al tramo anterior, aunque es necesario ascender aguas arriba para encontrar el inicio del tramo.

Presenta abundancia de corrientes y un sustrato similar al del tramo anterior, con un sustrato en el lecho del río franco-arenoso y mantos de gravas, en cauce y en llanura de inundación. Este tramo presenta varios canales secundarios que en condiciones normales no circula agua. Las llanuras de inundación tiene aproximadamente la misma anchura en ambas márgenes.

Al igual que el tramo anterior presenta una buena conexión con las formaciones forestales adyacentes, presenta pies de especies propiamente forestales intercaladas con la vegetación de ribera.

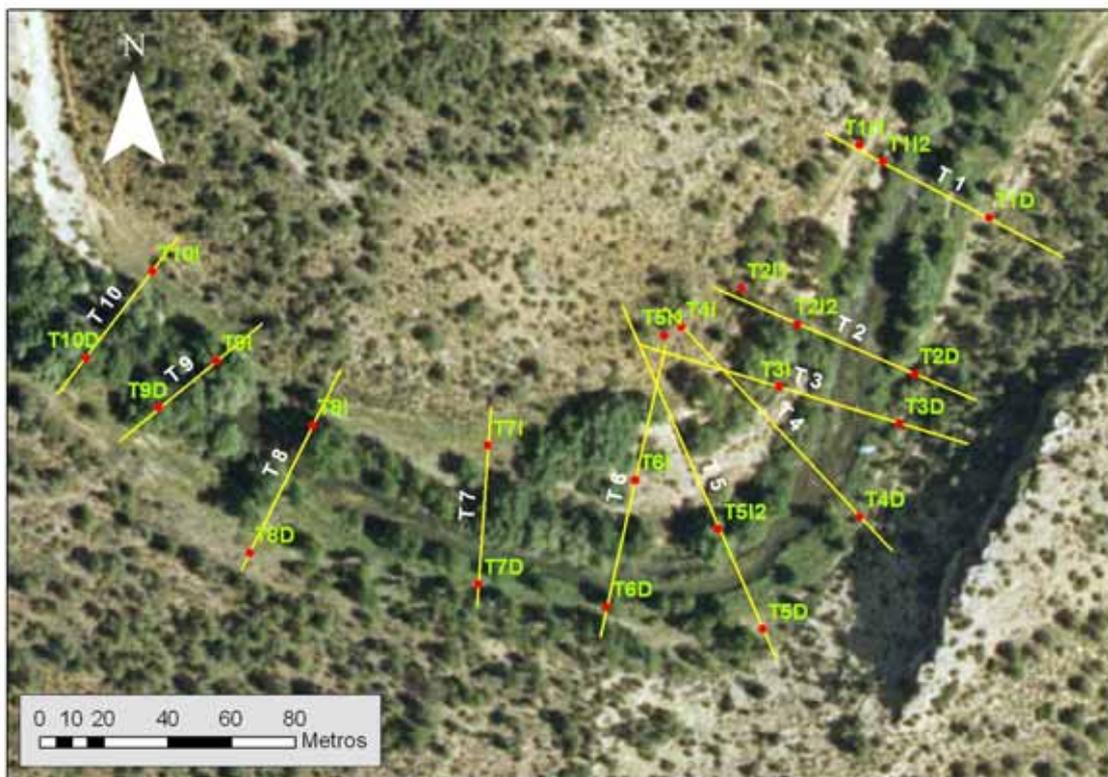


Figura 3.8. Foto aérea del tramo de estudio Rabo del Batán-2 (río Gabriel).

3.2.- CARACTERIZACIÓN DE LOS TRAMOS DE ESTUDIO

3.2.1.- Río Serpis en Lorcha

3.2.1.1.- Caracterización hidrológica

Tabla 3.2. Caudales representativos en el tramo Serpis, procedentes de la Estación de Aforo Lorcha (Qc: caudal medio diario máximo del año)

Año	Caudal medio anual (m ³ /s)	Qc (m ³ /s)	Fecha Qc (d/m/a)
1998 - 1999	0.758	3.234	15/03/1999
1999 - 2000	0.545	1.637	12/11/1999
2000 - 2001	0.480	4.513	16/02/2001
2001 - 2002	0.975	17.208	07/05/2002
2002 - 2003	1.022	16.467	16/04/2003
2003 - 2004	1.461	9.892	17/04/2004
2004 - 2005	2.504	64.064	08/12/2004
2005 - 2006	0.920	2.403	31/01/2006
Media	1.083	14.927	

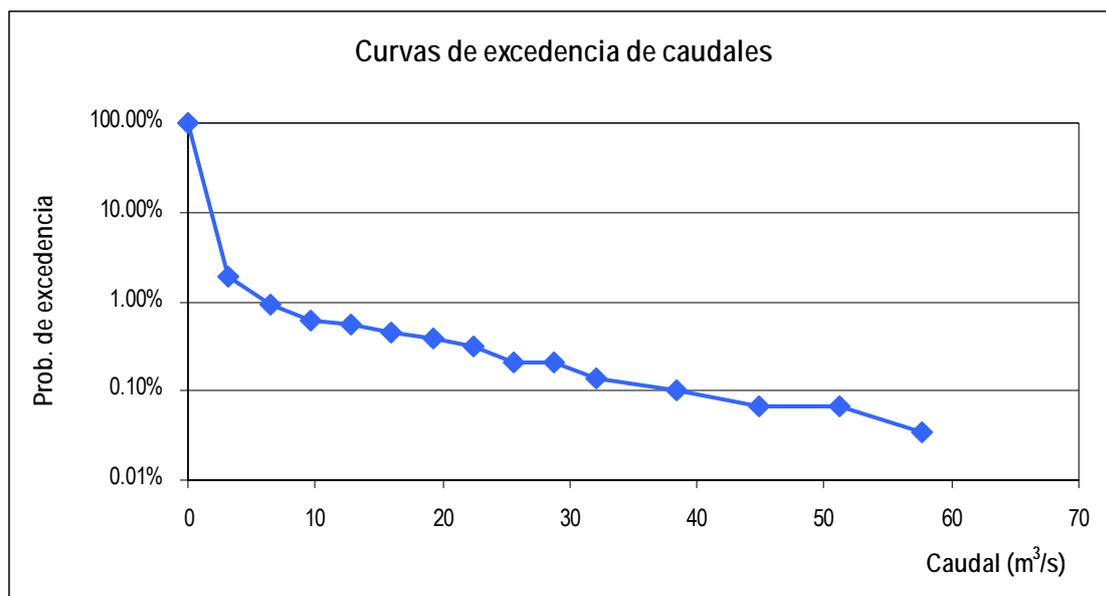


Figura 3.9. Curva de excedencia del tramo de estudio Serpis.

3.2.1.2.- Inventario florístico, abundancias y coberturas

Tabla 3.3. Tabla de inventario florístico

Descripción de la parcela de inventario	
Fecha	23/08/2006
Área (m ²)	215
Cobertura general (%)	90
Altitud (m)	229
Pendiente	10%
Orientación	SE
Sustrato	GV-A
Especie	Abundancia
<i>Equisetum ramosissimum</i>	3
<i>Phragmites australis</i> subsp. <i>australis</i>	3
<i>Salix atrocinerea</i>	3
<i>Apium nodiflorum</i>	2
<i>Calystegia sepium</i>	2
<i>Dorycnium rectum</i>	2
<i>Rubus ulmifolius</i>	2
<i>Polypogon viridis</i>	1
<i>Polypogon monspeliensis</i>	1
<i>Polygonum persicaria</i>	1
<i>Foeniculum vulgare</i>	1
<i>Typha latifolia</i>	1
<i>Bidens tripartita</i>	1
<i>Dittrichia viscosa</i>	1
<i>Epilobium hirsutum</i>	1
<i>Juncus articulatus</i>	1
<i>Oryzopsis miliacea</i> subsp. <i>miliacea</i>	1
<i>Rumex conglomeratus</i>	1
<i>Scirpus holoschoenus</i>	1
<i>Scrophularia valentina</i>	1
<i>Trifolium repens</i>	1
<i>Nerium oleander</i>	1
<i>Potentilla reptans</i>	+
<i>Plantago major</i>	+

<i>Lycopus europaeus</i>	+
<i>Geranium dissectum</i>	+
<i>Carex otrubae</i>	+
<i>Lythrum salicaria</i>	+
<i>Mentha suaveolens</i>	+
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	+
<i>Ranunculus repens</i>	+
<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i>	+
<i>Torilis arvensis</i>	+
<i>Trifolium fragiferum</i>	+
<i>Trifolium pratense</i>	+

3.2.1.3.- Descripción general de la vegetación

La zona estudiada presenta una estructura de valle abierto, típica de un curso fluvial medio-bajo, la vegetación ripícola cubre más de la mitad de la zona de ribera, sin aparecer ésta de una manera muy densa, más bien como un corredor aclarado con discontinuidades. Los bosquetes a lo largo del tramo están acompañados de vegetación arbustiva y herbácea.

Existe una plantación abandonada de *Populus x canadensis*, que constituye la principal vegetación arbórea en el tramo superior a los 8 m de altura. Principalmente predominan bosquetes arbustivos (altura entre 4 y 8 m) acompañados de hierbas altas. El ancho medio de la ribera es de 20 m.

La vegetación de ribera está constituida por saucedas mixtas de *Salix eleagnos* y *Salix atrocinerea*, con pequeños fragmentos aislados de alamedas. Son abundantes también los adelfares (*Rubus-Nerietum*) y zarzales densos (*Rubus-Crataegetum*). La diversidad de especies en la zona de muestreo fue elevada. La conectividad con el ecosistema forestal (matorrales termófilos calcícolas de óptimo litoral con pino halepo) es superior al 50%. Se ve interrumpida por la presencia ocasional de algunos cultivos abancalados de secano como almendro, cerezo, algarrobo y olivo. Se trata de antiguos bancales de piedra que añaden un excepcional valor paisajístico a esta zona.

3.2.1.4.- Índices de calidad del bosque de ribera

En el tramo no existe una continuidad en la distribución de árboles y arbustos, predomina especialmente una distribución por manchas o en mosaico, dando al tramo un índice de calidad "moderado" (QBR=65). En las orillas, la concentración de helófitos y arbustos es superior al 50%, destacando las manchas de carrizal, eneas, comunidades de *Sparganium* y herbazales húmedos.

Existen algunas modificaciones de las terrazas adyacentes al río con reducción del cauce, también se ha detectado la presencia de antiguos banales construidos con gaviones de piedras para la plantación de chopos. Una de las amenazas de este tramo radica en el pisoteo y ramoneo que efectúa el ganado caprino sobre la zona de ribera, afectando a las zonas de regeneración e incrementando notablemente la erosión tanto del tramo como de las laderas colindantes. Otra de las amenazas radica en la presencia de especies exóticas, destacando el establecimiento de una comunidad muy densa de caña (*Arundo donax*) en la orilla izquierda.

Tabla 3.4. Valoración del índice QBR en el río Serpis (tramo Lorcha)

	Puntuación
Grado de cobertura de la zona de ribera	15
Estructura de la cubierta	15
Calidad de la cobertura	25
Grado de naturalidad del canal fluvial	10
Calidad Moderada (inicio de una alteración considerable)	65

Tabla 3.5. Valoración del índice RQI en el río Serpis (tramo Lorcha)

	Puntuación	
	Orilla izquierda	Orilla derecha
Continuidad longitudinal de la vegetación riparia natural	7	8
Dimensiones en anchura del espacio ripario con vegetación natural asociada al río	10	10
Composición y estructura de la vegetación riparia	10	11
Regeneración natural de la vegetación riparia	8	
Condición de las orillas	10	
Conectividad lateral de la ribera con el cauce	9	
Permeabilidad y grado de alteración del relieve y suelo ripario	11	
Calidad Buena (bosque ligeramente perturbado)	93	

3.2.2.- Río Mijares en Cirat

3.2.2.1.- Caracterización hidrológica

Tabla 3.6. Caudales representativos en el tramo Cirat, obtenidos mediante estimación de los datos procedentes de los modelos Aquatool y Patrical (Qc: caudal medio diario máximo del año)

Año	Caudal medio anual (m ³ /s)	Qc (m ³ /s)	Fecha Qc (d/m/a)
1987 - 1988	2.871	35.777	11/06/1988
1988 - 1989	2.210	64.505	11/11/1988
1989 - 1990	5.369	67.335	29/12/1989
1990 - 1991	2.023	21.304	10/10/1990
1991 - 1992	1.058	40.547	15/06/1992
1992 - 1993	1.040	17.091	01/02/1993
1993 - 1994	0.768	30.095	27/10/1993
1994 - 1995	0.891	15.137	16/09/1995
1995 - 1996	0.842	25.420	27/08/1996
1996 - 1997	1.242	11.877	10/08/1997
1997 - 1998	1.154	52.434	19/08/1998
1998 - 1999	0.790	47.269	04/09/1999
1999 - 2000	0.708	25.198	09/06/2000
2000 - 2001	2.451	71.729	22/10/2000
2001 - 2002	1.076	33.079	11/04/2002
2002 - 2003	1.797	27.926	26/02/2003
2003 - 2004	1.676	22.661	29/05/2004
2004 - 2005	0.790	8.262	01/12/2004
2005 - 2006	1.891	37.849	11/11/2005
2006 - 2007	0.847	21.745	26/04/2007
2007 - 2008	0.742	27.929	20/12/2007
Media	1.535	33.579	

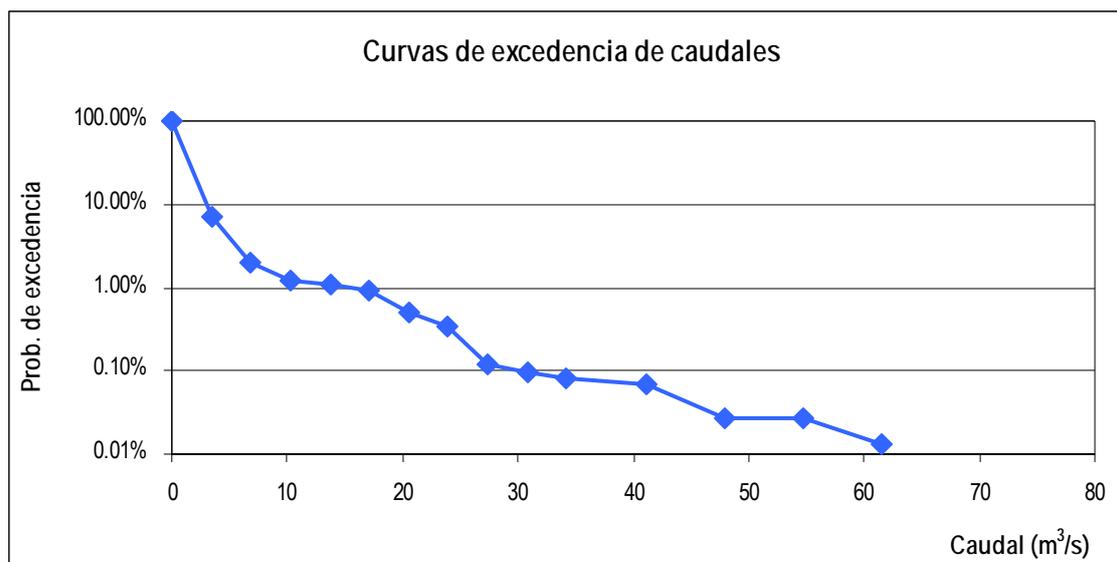


Figura 3.10. Curva de excedencia del tramo de estudio Cirat.

3.2.2.2.- Inventario florístico, abundancias y coberturas

Tabla 3.7. Tabla de inventario florístico

Descripción de la parcela de inventario	
Fecha	06/11/2009
Área (m ²)	150
Cobertura general (%)	80%
Altitud (m)	370
Pendiente	5-15%
Orientación	SE
Sustrato	Gravas y arenas
Especie	Abundancia
<i>Populus nigra</i>	3
<i>Coriaria myrtifolia</i>	2
<i>Equisetum ramossissimum</i>	2
<i>Inula viscosa</i>	2
<i>Pinus halepensis</i>	2
<i>Sorghum halepense</i>	2
<i>Arundo donax</i>	1
<i>Foeniculum vulgare</i>	1

<i>Oryzopsis miliacea</i>	1
<i>Phragmites australis</i>	1
<i>Poa annua</i>	1
<i>Rubus ulmifolius</i>	1
<i>Salix atrocinerea</i>	1
<i>Salix eleagnos</i>	1
<i>Sedum sediforme</i>	1
<i>Tamarix</i> sp.	1
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	+
<i>Brachypodium retusum</i>	+
<i>Carex</i> sp.	+
<i>Celtis australis</i>	+
<i>Cladium mariscus</i>	+
<i>Dorycnium rectum</i>	+
<i>Euphorbia</i> sp.	+
<i>Hedera helix</i>	+
<i>Lythrum salicaria</i>	+
<i>Osyris alba</i>	+
<i>Psoralea bituminosa</i>	+
<i>Rhamnus alaternus</i>	+
<i>Rosmarinus officinalis</i>	+
<i>Sanguisorba minor</i>	+
<i>Scirpus holoschoenus</i>	+

3.2.2.3.- Descripción general de la vegetación

La vegetación se presenta de manera continua como un corredor paralelo al río en las dos orillas del cauce, de un ancho medio un poco más elevado en la parte izquierda (20 m por 15 del derecho).

Encontramos raíces expuestas por todo el tramo y poca presencia de árboles caídos o enfermos. Pero los macrófitos tienen un crecimiento avanzando de la orilla hacia dentro del cauce observándose pues, un bloqueo vegetal importante.

Las estructuras vegetales dominantes son los arbustos altos junto con herbáceas, encontrándose también bastantes ejemplares de árboles altos y bajos y arbustos bajos.

Las comunidades vegetales predominantes son de tipo arbustivo (saucedas de *Salix eleagnos*, saucedas basófilas de *Salix purpurea* y tarayales subhalófilos de *Tamarix africana*). La chopera de *Populus nigra* conforma el estrato arbóreo.

3.2.2.4.- Índices de calidad del bosque de ribera

La vegetación en el tramo de Cirat presenta una cobertura arbórea y arbustiva del 75%. El espacio ripario tiene una anchura media aproximada de 15 m, con fluctuaciones para cada orilla donde la cobertura vegetal (también de herbáceas) llega a superar normalmente el 50%, allí donde no se encuentra roca madre en el sustrato.

Los pies arbóreos son menos frecuentes que los arbustivos, que no llegan a superar los 2.5 m de altura en su mayoría. Las zarzas cubren un 30% del tramo y la presencia de especies invasoras como la *Arundo donax* es bastante abundante, llegando a formar comunidades monoespecíficas densas. También hay cultivos de frutales de los cultivos próximos al río.

La estructura de la cubierta (con una buena representación de arbóreas, arbustivas y helófitos), la elevada presencia de especies autóctonas, y la continuidad de la galería de ribera a lo largo del cauce, sólo se ven contrarrestados por la existencia de alguna comunidad vegetal alóctona y la alteración de la naturalidad que representan el vado y los cultivos.

Tabla 3.8. Valoración del índice QBR en el tramo Cirat (Río Mijares)

	Puntuación
Grado de cobertura de la zona de ribera	5
Estructura de la cubierta	20
Calidad de la cobertura	10
Grado de naturalidad del canal fluvial	10
Calidad Deficiente (alteración fuerte)	45

Tabla 3.9. Valoración del índice RQI en el tramo Cirat (Río Mijares)

	Puntuación	
	Orilla izquierda	Orilla derecha
Continuidad longitudinal de la vegetación riparia natural	8	10
Dimensiones en anchura del espacio ripario con vegetación natural asociada al río	10	7
Composición y estructura de la vegetación riparia	4	4
Regeneración natural de la vegetación riparia		7
Condición de las orillas		7
Conectividad lateral de la ribera con el cauce		6
Permeabilidad y grado de alteración del relieve y suelo ripario		6
Calidad moderada (inicio de alteración importante)		69

3.2.3.- Río Mijares en Tormo

3.2.3.1.- Caracterización hidrológica

Tabla 3.10. Caudales representativos en el tramo Tormo, obtenidos mediante estimación de los datos procedentes de los modelos Aquatool y Patrical (Qc: caudal medio diario máximo del año)

Año	Caudal medio anual (m ³ /s)	Qc (m ³ /s)	Fecha Qc (d/m/a)
1987 - 1988	1.672	36.749	11/06/1988
1988 - 1989	1.372	71.725	11/11/1988
1989 - 1990	5.047	75.727	29/12/1989
1990 - 1991	0.787	20.132	10/10/1990
1991 - 1992	0.448	40.517	15/06/1992
1992 - 1993	0.368	8.840	01/02/1993
1993 - 1994	0.343	27.352	27/10/1993
1994 - 1995	0.314	12.091	16/09/1995
1995 - 1996	0.330	25.460	27/08/1996
1996 - 1997	0.372	8.952	10/08/1997
1997 - 1998	0.572	60.309	19/08/1998

1998 - 1999	0.396	50.212	04/09/1999
1999 - 2000	0.303	22.817	09/06/2000
2000 - 2001	1.411	76.252	22/10/2000
2001 - 2002	0.453	27.930	11/04/2002
2002 - 2003	1.270	32.430	07/05/2003
2003 - 2004	0.863	25.977	29/05/2004
2004 - 2005	0.261	3.034	07/02/2005
2005 - 2006	0.846	33.614	11/11/2005
2006 - 2007	0.453	22.601	26/04/2007
2007 - 2008	0.386	26.195	20/12/2007
Media	0.870	33.758	

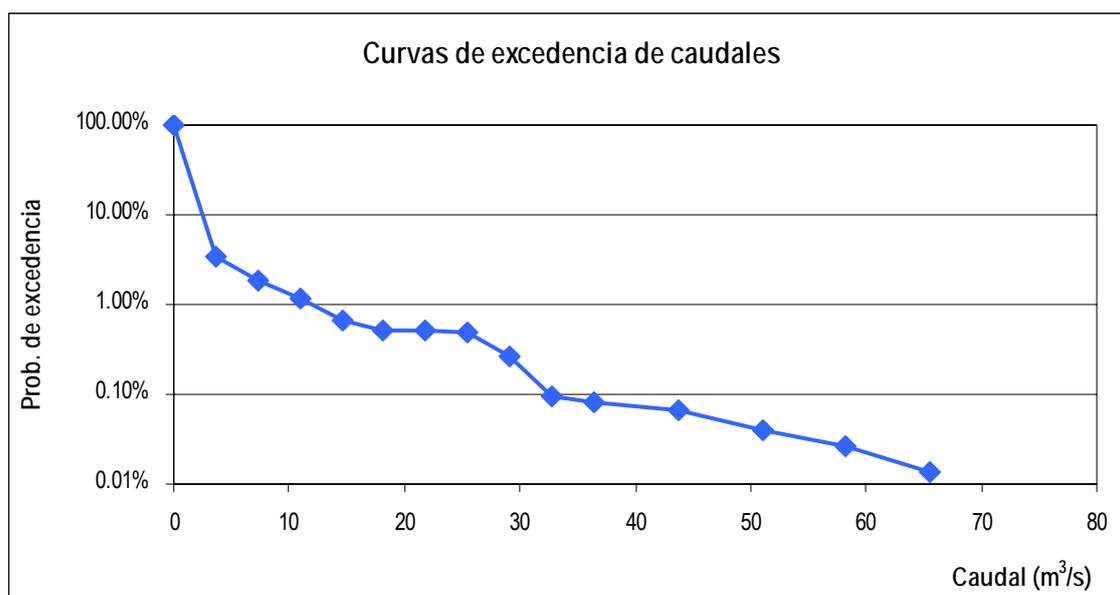


Figura 3.11. Curva de excedencia del tramo de estudio Tormo.

3.2.3.2.- Inventario florístico, abundancias y coberturas

Tabla 3.11. Tabla de inventario florístico

Descripción de la parcela de inventario	
Fecha	18/11/2009
Área (m ²)	50
Cobertura general (%)	75%
Altitud (m)	320
Pendiente	25%
Orientación	NE
Sustrato	Roca madre
Especie	Abundancia
<i>Pinus halepensis</i>	3
<i>Coriaria myrtifolia</i>	2
<i>Nerium oleander</i>	2
<i>Ulex parvifolius</i>	2
<i>Scirpus holoschoenus</i>	+
<i>Brachypodium sp.</i>	2
<i>Rubus ulmifolius</i>	1
<i>Ulex parvifolius</i>	2
<i>Rhamnus alaternus</i>	1
<i>Ulex parvifolius</i>	2
<i>Rhamnus licioides</i>	+
<i>Thymus spp.</i>	+
<i>Pistacea lentiscus</i>	+
<i>Dorignium rectum</i>	1
<i>Populus nigra</i>	+
<i>Gladium ariscus</i>	2
<i>Gallium aparine</i>	+
<i>Sorgum halepense</i>	+
<i>Sedum sediforme</i>	+
<i>Inula viscosa</i>	+
<i>Asparagus acutifolius</i>	+
<i>Osiris alba</i>	+
<i>Smilax aspera</i>	+
<i>Cistus sp.</i>	+
<i>Sanguisorba minor</i>	+

Litrum salicalea

+

3.2.3.3.- Descripción general de la vegetación

Las especies más relevantes en este tramo son la adelfa (*Nerium oleander*), el sauce (*Salix eleagnos*), el taraje (*Tamarix africana*) y el chopo negro (*Populus nigra*). La cobertura de árboles en el tramo es superior al 50%. Es destacable la concentración de helófitos en las orillas, principalmente de *Cladium mariscus*. El sotobosque arbustivo es muy rico, en especial dominado por *Viburnum tinus*, los de mayor porte encontrados en el río Mijares. La presencia de especies alóctonas es reducida, destacando únicamente la presencia de caña (*Arundo donax*), pero sin llegar a formar comunidades densas.

3.2.3.4.- Índices de calidad del bosque de ribera

La naturalidad del canal fluvial en este tramo es de las más altas del río Mijares. Su baja accesibilidad ha favorecido que hoy día cuente con una vegetación bien conservada, prueba de ello es el elevado valor que alcanza el índice de calidad del bosque de ribera. Durante los trabajos de campo se constató la presencia de un cauce secundario en la ribera, normalmente seco, pero por el que circula agua en periodos de avenida.

Tabla 3.12. Valoración del índice QBR en el tramo Tormo (Río Mijares)

	Puntuación
Grado de cobertura de la zona de ribera	25
Estructura de la cubierta	25
Calidad de la cobertura	15
Grado de naturalidad del canal fluvial	25
Calidad Buena (Bosque ligeramente perturbado)	90

Tabla 3.13. Valoración del índice RQI en tramo Tormo (Río Mijares)

	Puntuación	
	Orilla izquierda	Orilla derecha
Continuidad longitudinal de la vegetación riparia natural	12	11
Dimensiones en anchura del espacio ripario con vegetación natural asociada al río	11	8
Composición y estructura de la vegetación riparia	10	10
Regeneración natural de la vegetación riparia	5	
Condición de las orillas	10	
Conectividad lateral de la ribera con el cauce	7	
Permeabilidad y grado de alteración del relieve y suelo ripario	11	
Calidad Buena (Interés de protección)	95	

La zona del Mijares en su tramo por el tormo, como resultado de estos índices presenta una calidad buena, cercana a la óptima. Realmente el tramo tiene una apariencia natural, con un corredor de vegetación continuo que cubre casi completamente las dos riberas (exceptuando las zonas de roca madre más extensa), y con la presencia de vegetación de ribera en contacto con la forestal. No hay pruebas físicas de alteración humana, asimismo, existe poca vegetación invasora, solo unos pequeños grupos de cañas que se distribuyen a lo largo del tramo. Pero a pesar de estos resultados, hay que decir que no existe una estructura de la vegetación que correspondería a las características de la climax, para el Mijares. Esto es que al no existir variaciones de caudal (no hemos encontrado prácticamente evidencias de avenidas recientes) la vegetación se entremezcla a orillas del río, formando marañas de plantas de los diferentes estratos de ribera, junto con la vegetación forestal, a la misma distancia del agua, todo mezclado con zarzas y lianas que hacen prácticamente imposible su penetración. También podemos predecir que si continua el régimen hídrico actual, como ha pasado en otras zonas estudiadas, puede ser que las cañas ganen terreno y puedan convertirse, ahora sí, en una amenaza.

3.2.4.- Río Mijares en el Terde-1

3.2.4.1.- Caracterización hidrológica

Tabla 3.14. Caudales representativos en el tramo Terde-1, procedente de la Estación de Aforo Terde (Qc: caudal medio diario máximo del año)

Año	Caudal medio anual (m ³ /s)	Qc (m ³ /s)	Fecha Qc (d/m/a)
1946 - 1947	1.451	22.440	02/09/1947
1947 - 1948	0.820	10.560	22/04/1948
1948 - 1949	0.721	4.780	28/09/1949
1949 - 1950	0.555	6.600	04/10/1949
1950 - 1951	1.987	19.000	20/09/1951
1951 - 1952	2.121	11.200	21/09/1951
1952 - 1953	0.441	2.500	07/02/1952
1953 - 1954	1.166	10.560	13/03/1954
1954 - 1955	0.804	18.885	11/08/1955
1955 - 1956	0.981	7.125	22/05/1956
1957 - 1958	2.286	149.144	13/10/1957
1958 - 1959	1.148	4.994	05/09/1959
1959 - 1960	1.688	7.658	26/01/1960
1960 - 1961	0.971	4.270	10/09/1961
1961 - 1962	1.167	13.500	25/05/1962
1962 - 1963	1.606	9.790	16/10/1962
1963 - 1964	0.949	7.660	26/06/1964
1964 - 1965	0.833	4.420	23/12/1964
1965 - 1966	1.013	7.980	29/01/1966
1966 - 1967	0.512	2.888	09/11/1966
1967 - 1968	0.832	22.500	08/08/1968
1968 - 1969	1.155	5.524	29/04/1969
1969 - 1970	1.101	7.126	15/01/1970
1970 - 1971	0.916	11.200	19/05/1971

1971 - 1972	1.395	9.250	22/09/1972
1972 - 1973	1.046	8.750	06/06/1973
1973 - 1974	1.048	7.750	29/04/1974
1974 - 1975	0.595	6.760	27/05/1975
1975 - 1976	0.857	8.440	06/07/1976
1976 - 1977	1.454	14.420	20/05/1977
1977 - 1978	0.847	4.180	30/05/1978
1978 - 1979	0.534	8.140	18/09/1979
1979 - 1980	0.687	4.010	27/10/1979
1980 - 1981	0.452	5.720	11/08/1981
1981 - 1982	0.451	4.520	04/06/1982
1982 - 1983	0.640	11.660	23/10/1982
1983 - 1984	0.593	6.240	19/05/1984
1984 - 1985	0.481	5.720	14/11/1984
1985 - 1986	0.421	5.200	13/07/1986
1986 - 1987	0.690	6.500	26/02/1987
1987 - 1988	2.043	22.800	11/06/1988
1988 - 1989	1.031	36.400	12/11/1988
1989 - 1990	1.167	8.480	30/12/1989
1990 - 1991	1.224	6.760	02/10/1990
1991 - 1992	0.589	3.500	09/08/1992
1992 - 1993	0.384	1.000	01/07/1993
1993 - 1994	0.163	0.900	29/09/1994
1994 - 1995	0.325	2.314	10/10/1994
1995 - 1996	0.433	4.067	10/05/1996
1996 - 1997	0.800	7.100	18/06/1997
1997 - 1998	0.497	2.017	05/02/1998
1998 - 1999	0.359	16.660	14/09/1999
1999 - 2000	0.328	4.141	10/05/2000
2000 - 2001	0.505	19.665	24/10/2000

2001 - 2002	0.403	4.707	15/08/2002
2002 - 2003	0.792	7.815	07/05/2003
2003 - 2004	0.709	3.161	30/03/2004
2004 - 2005	0.282	0.658	10/10/2004
2005 - 2006	0.350	16.513	11/09/2006
2006 - 2007	0.428	3.770	05/06/2007
2007 - 2008	0.385	3.632	19/05/2008
2008 - 2009	0.680	24.641	09/08/2009
2009 - 2010	0.264	1.228	01/10/2009
Media	0.858	11.067	

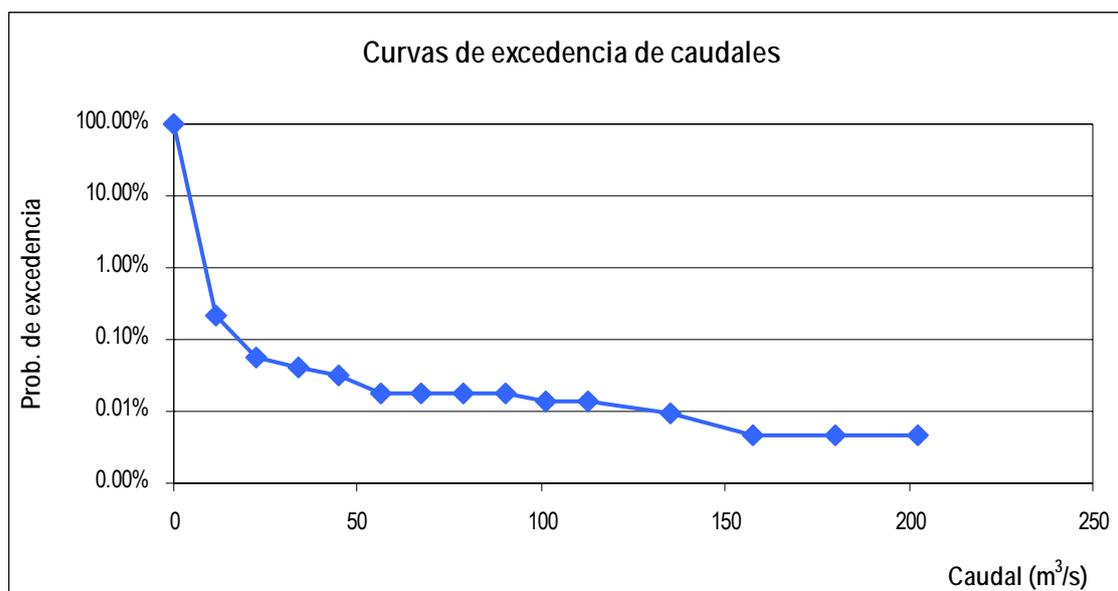


Figura 3.12. Curva de excedencia del tramo de estudio Terde-1.

3.2.4.2.- Inventario florístico, abundancias y coberturas

Tabla 3.15. Tabla de inventario florístico

Descripción de la parcela de inventario	
Fecha	20/10/2009
Área (m ²)	100
Cobertura general (%)	60%

Altitud (m)	850
Pendiente	5-10%
Orientación	SE
Sustrato	Gravo-arenoso
Especie	Abundancia
<i>Rosmarinus officinalis</i>	3
<i>Salix eleagnos</i>	2
<i>Scirpus holoschoenus</i>	2
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	2
<i>Genista scorpius</i>	1
<i>Juniperus oxycedrus</i>	1
<i>Juniperus phoenicea</i>	1
<i>Rosa canina</i>	1
<i>Salix purpurea</i>	1
<i>Phragmites australis</i>	1
<i>Berberis hispanica</i>	+
<i>Populus nigra</i>	+
<i>Trifolium</i> sp.	+
<i>Euphorbia</i> sp.	+
<i>Viola</i> sp.	+
<i>Psoralea bituminosa</i>	+
<i>Rubus ulmifolius</i>	+
<i>Quercus rotundifolia</i>	+
<i>Quercus coccifera</i>	+

3.2.4.3.- Descripción general de la vegetación

Este tramo se encuentra en una zona donde el valle del río se estrecha entre terrenos rocosos, aunque sin llegar a formar un cañón, tratándose de un curso fluvial de montaña. La vegetación ripícola cubre principalmente la parte externa de la curva del río, así como las zonas inestables entre los pequeños brazos secundarios, debido a que la parte interna de la curva presenta barras de sedimento más inestables. La vegetación cubre con mayor densidad la parte baja del tramo, en ambas orillas. Se observa una franja de vegetación más o menos continua, alternándose arbustos de mayor o menor talla con los árboles, que predominan en la parte más baja.

La conectividad con el ecosistema forestal es total, pues el sabinar comienza a relativamente pocos metros del propio cauce, observándose en las sabinas restos de crecidas recientes. La vegetación de ribera está constituida por saucedas mixtas de *Salix eleagnos* y *Salix purpurea*, con pies aislados

de *Populus nigra*. Podemos decir que el grado de naturalidad y diversidad en este tramo es muy elevada, en comparación con otros tramos que fueron observados durante la selección de tramos de estudio, y con un régimen natural de caudales.

3.2.4.4.- Índices de calidad del bosque de ribera

Tabla 3.16. Valoración del índice QBR en el tramo Terde-1 (Río Mijares)

	Puntuación
Grado de cobertura de la zona de ribera	20
Estructura de la cubierta	15
Calidad de la cobertura	25
Grado de naturalidad del canal fluvial	25
Calidad Buena (bosque ligeramente perturbado)	85

Tabla 3.17. Valoración del índice RQI en el tramo Terde-1 (Río Mijares)

	Puntuación	
	Orilla izquierda	Orilla derecha
Continuidad longitudinal de la vegetación riparia natural	8	9
Dimensiones en anchura del espacio ripario con vegetación natural asociada al río	10	10
Composición y estructura de la vegetación riparia	11	11
Regeneración natural de la vegetación riparia	10	
Condición de las orillas	11	
Conectividad lateral de la ribera con el cauce	12	
Permeabilidad y grado de alteración del relieve y suelo ripario	10	
Estado de la ribera muy buena	102	

En el tramo del Terde-1 la vegetación arbórea y arbustiva ocupa cerca del 75% de la superficie riparia, alternándose con espacios de roca madre o grandes bloques y depósitos de cantos y gravas típicos aluviales. La vegetación en este tramo la hemos considerado en su estado clímax, ya que encontramos las típicas estructuras de sauces seguidas de una línea de chopos, conectando después con la vegetación forestal autóctona, bosque de sabinas en la orilla derecha y coscojares en la izquierda. La regeneración de las especies características está asegurada por la presencia de

individuos jóvenes, alternados con otros adultos y llegando a encontrarse pies maduros de gran porte.

3.2.5.- Río Mijares en el Terde-2

3.2.5.1.- Caracterización hidrológica

Tabla 3.18. Caudales representativos en el tramo Terde-2, procedentes de la Estación de Aforo Terde (Qc: caudal medio diario máximo del año)

Año	Caudal medio anual (m ³ /s)	Qc (m ³ /s)	Fecha Qc (d/m/a)
1946 - 1947	1.451	22.440	02/09/1947
1947 - 1948	0.820	10.560	22/04/1948
1948 - 1949	0.721	4.780	28/09/1949
1949 - 1950	0.555	6.600	04/10/1949
1950 - 1951	1.987	19.000	20/09/1951
1951 - 1952	2.121	11.200	21/09/1951
1952 - 1953	0.441	2.500	07/02/1952
1953 - 1954	1.166	10.560	13/03/1954
1954 - 1955	0.804	18.885	11/08/1955
1955 - 1956	0.981	7.125	22/05/1956
1957 - 1958	2.286	149.144	13/10/1957
1958 - 1959	1.148	4.994	05/09/1959
1959 - 1960	1.688	7.658	26/01/1960
1960 - 1961	0.971	4.270	10/09/1961
1961 - 1962	1.167	13.500	25/05/1962
1962 - 1963	1.606	9.790	16/10/1962
1963 - 1964	0.949	7.660	26/06/1964
1964 - 1965	0.833	4.420	23/12/1964
1965 - 1966	1.013	7.980	29/01/1966
1966 - 1967	0.512	2.888	09/11/1966
1967 - 1968	0.832	22.500	08/08/1968

1968 - 1969	1.155	5.524	29/04/1969
1969 - 1970	1.101	7.126	15/01/1970
1970 - 1971	0.916	11.200	19/05/1971
1971 - 1972	1.395	9.250	22/09/1972
1972 - 1973	1.046	8.750	06/06/1973
1973 - 1974	1.048	7.750	29/04/1974
1974 - 1975	0.595	6.760	27/05/1975
1975 - 1976	0.857	8.440	06/07/1976
1976 - 1977	1.454	14.420	20/05/1977
1977 - 1978	0.847	4.180	30/05/1978
1978 - 1979	0.534	8.140	18/09/1979
1979 - 1980	0.687	4.010	27/10/1979
1980 - 1981	0.452	5.720	11/08/1981
1981 - 1982	0.451	4.520	04/06/1982
1982 - 1983	0.640	11.660	23/10/1982
1983 - 1984	0.593	6.240	19/05/1984
1984 - 1985	0.481	5.720	14/11/1984
1985 - 1986	0.421	5.200	13/07/1986
1986 - 1987	0.690	6.500	26/02/1987
1987 - 1988	2.043	22.800	11/06/1988
1988 - 1989	1.031	36.400	12/11/1988
1989 - 1990	1.167	8.480	30/12/1989
1990 - 1991	1.224	6.760	02/10/1990
1991 - 1992	0.589	3.500	09/08/1992
1992 - 1993	0.384	1.000	01/07/1993
1993 - 1994	0.163	0.900	29/09/1994
1994 - 1995	0.325	2.314	10/10/1994
1995 - 1996	0.433	4.067	10/05/1996
1996 - 1997	0.800	7.100	18/06/1997
1997 - 1998	0.497	2.017	05/02/1998

1998 - 1999	0.359	16.660	14/09/1999
1999 - 2000	0.328	4.141	10/05/2000
2000 - 2001	0.505	19.665	24/10/2000
2001 - 2002	0.403	4.707	15/08/2002
2002 - 2003	0.792	7.815	07/05/2003
2003 - 2004	0.709	3.161	30/03/2004
2004 - 2005	0.282	0.658	10/10/2004
2005 - 2006	0.350	16.513	11/09/2006
2006 - 2007	0.428	3.770	05/06/2007
2007 - 2008	0.385	3.632	19/05/2008
2008 - 2009	0.680	24.641	09/08/2009
2009 - 2010	0.264	1.228	01/10/2009
Media	0.858	11.067	

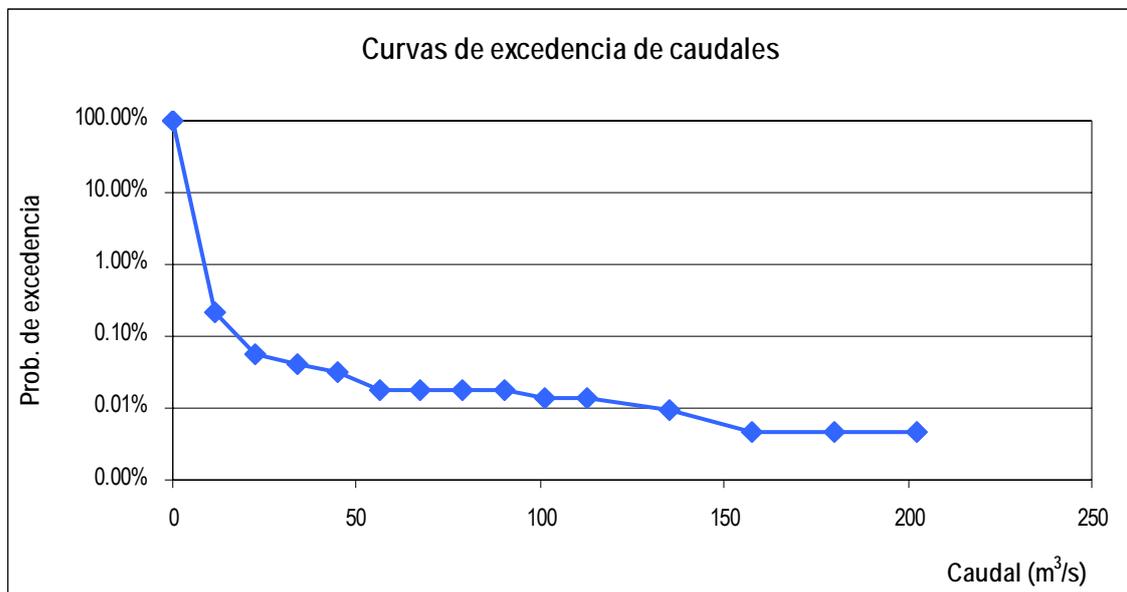


Figura 3.13. Curva de excedencia del tramo de estudio Terde-2.

3.2.5.2.- Inventario florístico, abundancias y coberturas

Tabla 3.19. Tabla de inventario florístico

Descripción de la parcela de inventario	
Fecha	20/10/2009
Área (m ²)	100
Cobertura general (%)	60%
Altitud (m)	850
Pendiente	5-10%
Orientación	SE
Sustrato	Gravo-arenoso
Especie	Abundancia
<i>Rosmarinus officinalis</i>	3
<i>Salix eleagnos</i>	2
<i>Scirpus holoschoenus</i>	2
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	2
<i>Genista scorpius</i>	1
<i>Juniperus oxycedrus</i>	1
<i>Juniperus phoenicea</i>	1
<i>Rosa canina</i>	1
<i>Salix purpurea</i>	1
<i>Phragmites australis</i>	1
<i>Berberis hispanica</i>	+
<i>Populus nigra</i>	+
<i>Trifolium</i> sp.	+
<i>Euphorbia</i> sp.	+
<i>Viola</i> sp.	+
<i>Psoralea bituminosa</i>	+
<i>Rubus ulmifolius</i>	+
<i>Quercus rotundifolia</i>	+
<i>Quercus coccifera</i>	+

3.2.5.3.- Descripción general de la vegetación

Este tramo se encuentra en un curso fluvial de montaña, donde el río se encuentra en un valle estrecho, y relativamente encajonado entre laderas bastante rocosas, aunque sin formarse un cañón. La vegetación ripícola cubre ambas orillas, con bastante densidad, aunque también se observan barras de sedimento móviles. Se observa una franja de vegetación más o menos continua, aunque en algunas zonas predominan los arbustos de considerable talla, en otras los árboles y en otras zonas especies herbáceas.

La conectividad con el ecosistema forestal es total, pues el sabinar comienza a relativamente pocos metros del propio cauce. La vegetación de ribera está constituida por saucedas mixtas de *Salix eleagnos* y *Salix purpurea*, con pies aislados de *Populus nigra*. También hay hábitats representativos de fragmites (*Phragmites Australis*). Podemos decir que el grado de naturalidad y diversidad en este tramo es muy elevada, en comparación con otros tramos que fueron observados durante la selección de tramos de estudio, y con un régimen natural de caudales.

3.2.5.4.- Índices de calidad del bosque de ribera

Tabla 3.20. Valoración del índice QBR en el tramo Terde-2 (Río Mijares)

	Puntuación
Grado de cobertura de la zona de ribera	20
Estructura de la cubierta	15
Calidad de la cobertura	25
Grado de naturalidad del canal fluvial	25
Calidad Buena (bosque ligeramente perturbado)	85

Tabla 3.21. Valoración del índice RQI en el tramo Terde-2 (Río Mijares)

	Puntuación	
	Orilla izquierda	Orilla derecha
Continuidad longitudinal de la vegetación riparia natural	8	9
Dimensiones en anchura del espacio ripario con vegetación natural asociada al río	10	10
Composición y estructura de la vegetación riparia	11	11
Regeneración natural de la vegetación riparia	10	

Condición de las orillas	11
Conectividad lateral de la ribera con el cauce	12
Permeabilidad y grado de alteración del relieve y suelo ripario	10
Estado de la ribera muy buena	102

En el tramo del Terde-1 la vegetación arbórea y arbustiva se encuentra en cerca del 75% de la superficie riparia, alternándose con espacios de roca madre o grandes bloques y depósitos de cantos y gravas típicos aluviales. La vegetación en este tramo la hemos considerado en su estado clímax, ya que encontramos las típicas estructuras de sauces seguidas de una línea de chopos, conectando después con la vegetación forestal autóctona, bosque de sabinas en la orilla derecha y coscojares en la izquierda. La regeneración de las especies características está asegurada por la presencia de individuos jóvenes, alternados con otros adultos y llegando a encontrarse pies maduros de gran porte.

3.2.6.- *Río Cabriel en el Rabo del Batán-1*

3.2.6.1.- *Caracterización hidrológica*

Tabla 3.22. Caudales representativos en el tramo Rabo del Batán-1, procedentes de la Estación de Aforo Pajaroncillo (Qc: caudal medio diario máximo del año)

Año	Caudal medio anual (m ³ /s)	Qc (m ³ /s)	Fecha Qc (d/m/a)
1949 - 1950	3.291	17.715	23/11/1949
1950 - 1951	8.831	40.755	13/03/1951
1951 - 1952	8.170	24.987	02/04/1952
1952 - 1953	3.619	7.928	27/06/1953
1953 - 1954	2.654	6.448	17/03/1954
1954 - 1955	5.115	47.586	17/02/1955
1955 - 1956	8.833	81.496	29/03/1956
1956 - 1957	4.412	19.421	15/06/1957
1957 - 1958	6.044	38.245	14/10/1957
1958 - 1959	9.058	151.278	18/12/1958
1959 - 1960	15.247	134.255	27/01/1960
1960 - 1961	8.675	46.331	29/10/1960

1961 - 1962	10.452	59.485	27/05/1962
1962 - 1963	10.923	54.721	07/01/1963
1963 - 1964	10.085	55.912	19/02/1964
1964 - 1965	6.443	64.238	02/03/1965
1965 - 1966	10.836	99.505	20/01/1966
1966 - 1967	5.855	22.985	10/11/1966
1967 - 1968	5.608	28.255	17/11/1967
1968 - 1970	10.709	177.817	17/03/1969
1970 - 1971	9.353	32.229	17/03/1970
1971 - 1972	7.297	59.957	14/05/1971
1972 - 1973	6.934	58.728	12/02/1972
1973 - 1974	6.060	23.324	04/11/1972
1974 - 1975	5.616	24.041	26/03/1974
1975 - 1976	3.667	18.235	20/05/1975
1976 - 1977	3.051	15.520	06/02/1976
1977 - 1978	9.699	59.500	01/01/1977
1978 - 1979	8.576	46.427	26/02/1978
1979 - 1980	11.333	55.800	11/02/1979
1980 - 1981	6.524	22.693	06/05/1980
1981 - 1982	3.224	6.852	12/05/1981
1982 - 1983	2.861	9.757	01/01/1982
1983 - 1984	2.717	20.316	08/11/1982
1984 - 1985	5.361	35.914	15/05/1984
1985 - 1986	7.365	56.700	11/02/1985
1986 - 1987	4.756	43.679	15/02/1986
1987 - 1988	5.120	20.719	31/01/1987
1988 - 1989	9.847	50.779	30/01/1988
1989 - 1990	5.450	17.486	28/02/1989
1990 - 1991	6.273	42.209	27/12/1989
1991 - 1992	6.957	74.450	16/04/1991

1992 - 1993	3.182	13.591	22/05/1992
1993 - 1994	2.224	4.699	21/10/1992
1994 - 1995	1.794	5.795	10/01/1994
1995 - 1996	1.690	3.483	20/02/1995
1996 - 1997	5.831	35.986	10/01/1996
1997 - 1998	9.725	148.555	21/01/1997
1998 - 1999	7.612	133.600	18/12/1997
1999 - 2000	2.041	3.660	03/05/1999
2000 - 2001	2.301	16.710	25/10/1999
2001 - 2002	7.370	63.342	03/03/2001
2002 - 2003	3.140	36.228	12/04/2002
2003 - 2004	7.779	52.990	26/02/2003
2004 - 2005	6.939	34.118	06/05/2004
2005 - 2006	2.695	5.530	20/11/2004
2006 - 2007	1.967	4.913	07/03/2006
2007 - 2008	2.917	17.757	09/04/2007
2008 - 2009	3.892	40.154	20/04/2008
2009 - 2010	5.451	26.284	06/02/2009
Media	6.191	43.701	

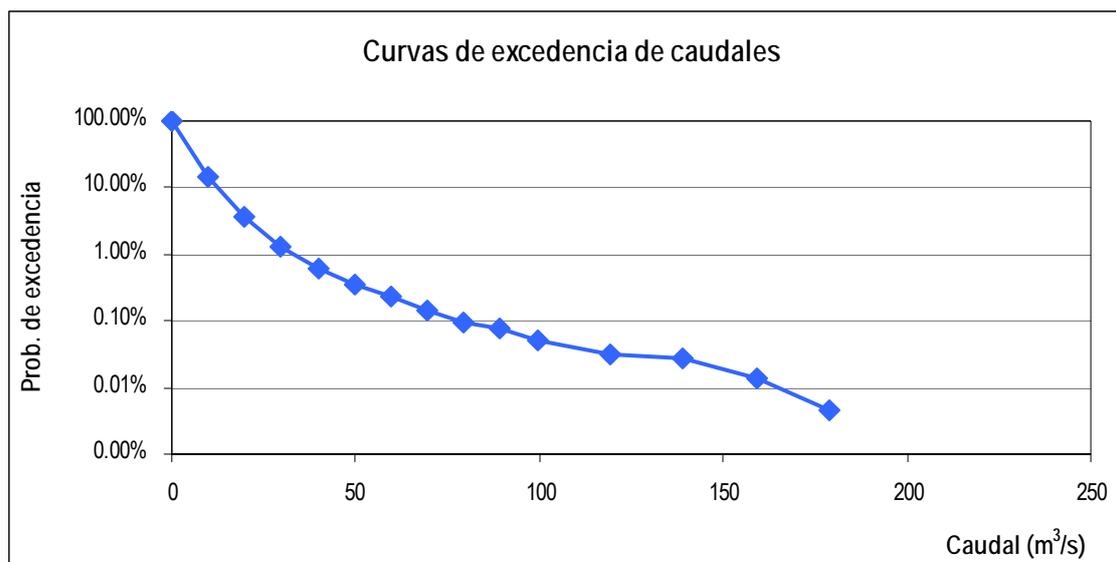


Figura 3.14. Curva de excedencia del tramo de estudio Rabo del Batan -1.

3.2.6.2.- Inventario florístico, abundancias y coberturas

Tabla 3.23. Tabla de inventario florístico

Descripción de la parcela de inventario	
Fecha	04/11/2009
Área (m ²)	150
Cobertura general (%)	70%
Altitud (m)	930
Pendiente	5-10%
Orientación	SE
Sustrato	Areno-limoso
Especie	Abundancia
<i>Rosmarinus officinalis</i>	3
<i>Populus alba</i>	3
<i>Salix eleagnos</i>	2
<i>Fraxinus angustifolia</i>	2
<i>Scirpus holoschoenus</i>	2
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	2
<i>Genista scorpius</i>	1
<i>Juniperus oxycedrus</i>	1

<i>Juniperus phoenicea</i>	1
<i>Rosa canina</i>	1
<i>Salix purpurea</i>	1
<i>Phragmites australis</i>	1
<i>Pinus nigra</i>	1
<i>Berberis hispanica</i>	+
<i>Populus nigra</i>	+
<i>Trifolium</i> sp.	+
<i>Euphorbia</i> sp.	+
<i>Viola</i> sp.	+
<i>Psoralea bituminosa</i>	+
<i>Rubus ulmifolius</i>	+
<i>Quercus rotundifolia</i>	+
<i>Lavandula latifolia</i>	+
<i>Andryala ragusina</i>	+
<i>Pilosella</i> sp.	+
<i>Sanguisorba</i> sp.	+
<i>Silene vulgaris</i>	+
<i>Crataegus monogyna</i>	+

3.2.6.3.- Descripción general de la vegetación

Este tramo se encuentra en una zona donde el valle del río se estrecha entre terrenos muy rocosos, llegándose casi a formar un cañón; se trata de un curso fluvial de montaña. La vegetación ripícola cubre densamente ambas orillas del río, que forma un meandro pronunciado. La vegetación cubre con gran densidad ambas orillas, formándose una franja continua de árboles y arbustos.

La conectividad con el ecosistema forestal es total, ya que el pinar comienza a relativamente pocos metros del propio cauce, entremezclándose casi el pinar con las especies de ribera. La vegetación de ribera está constituida por saucedas mixtas de *Salix eleagnos* y *Salix purpurea*, así como algunas zonas de fresneda y de alameda, además de pies aislados de *Populus nigra* y algunas plantaciones (no inventariadas) de chopo. Las formaciones vegetales naturales mencionadas (sucedas, fresnedas y alamedas) se encuentran protegidas en el Catalogo Regional de Castilla La Mancha.

Podemos decir que el grado de naturalidad y diversidad en este tramo es muy elevada, al igual que en el Mijares no regulado, en comparación con otros tramos que fueron observados durante la selección de tramos de estudio, y con un régimen natural de caudales.

3.2.6.4.- Índices de calidad del bosque de ribera

Tabla 3.24. Valoración del índice QBR en el tramo Rabo del Batán-1 (Río Cabriel)

	Puntuación
Grado de cobertura de la zona de ribera	25
Estructura de la cubierta	25
Calidad de la cobertura	25
Grado de naturalidad del canal fluvial	25
Calidad óptima (bosque de ribera sin alteraciones, estado natural)	100

Tabla 3.25. Valoración del índice RQI en el tramo Rabo del Batán-1 (Río Cabriel)

	Puntuación	
	Orilla izquierda	Orilla derecha
Continuidad longitudinal de la vegetación riparia natural	11	11
Dimensiones en anchura del espacio ripario con vegetación natural asociada al río	11	12
Composición y estructura de la vegetación riparia	9	11
Regeneración natural de la vegetación riparia		10
Condición de las orillas		8
Conectividad lateral de la ribera con el cauce		9
Permeabilidad y grado de alteración del relieve y suelo ripario		9
Calidad Buena (bosque ligeramente perturbado)		101

3.2.7.- Río Cabriel en el Rabo del Batán-2

3.2.7.1.- Caracterización hidrológica

Tabla 3.26. Caudales representativos en el tramo Rabo del Batán-1, procedentes de la Estación de Aforo Pajaroncillo (Qc: caudal medio diario máximo del año)

Año	Caudal medio anual (m ³ /s)	Qc (m ³ /s)	Fecha Qc (d/m/a)
1949 - 1950	3.291	17.715	23/11/1949
1950 - 1951	8.831	40.755	13/03/1951
1951 - 1952	8.170	24.987	02/04/1952
1952 - 1953	3.619	7.928	27/06/1953
1953 - 1954	2.654	6.448	17/03/1954
1954 - 1955	5.115	47.586	17/02/1955
1955 - 1956	8.833	81.496	29/03/1956
1956 - 1957	4.412	19.421	15/06/1957
1957 - 1958	6.044	38.245	14/10/1957
1958 - 1959	9.058	151.278	18/12/1958
1959 - 1960	15.247	134.255	27/01/1960
1960 - 1961	8.675	46.331	29/10/1960
1961 - 1962	10.452	59.485	27/05/1962
1962 - 1963	10.923	54.721	07/01/1963
1963 - 1964	10.085	55.912	19/02/1964
1964 - 1965	6.443	64.238	02/03/1965
1965 - 1966	10.836	99.505	20/01/1966
1966 - 1967	5.855	22.985	10/11/1966
1967 - 1968	5.608	28.255	17/11/1967
1968 - 1970	10.709	177.817	17/03/1969
1970 - 1971	9.353	32.229	17/03/1970
1971 - 1972	7.297	59.957	14/05/1971
1972 - 1973	6.934	58.728	12/02/1972
1973 - 1974	6.060	23.324	04/11/1972
1974 - 1975	5.616	24.041	26/03/1974
1975 - 1976	3.667	18.235	20/05/1975
1976 - 1977	3.051	15.520	06/02/1976
1977 - 1978	9.699	59.500	01/01/1977
1978 - 1979	8.576	46.427	26/02/1978

1979 - 1980	11.333	55.800	11/02/1979
1980 - 1981	6.524	22.693	06/05/1980
1981 - 1982	3.224	6.852	12/05/1981
1982 - 1983	2.861	9.757	01/01/1982
1983 - 1984	2.717	20.316	08/11/1982
1984 - 1985	5.361	35.914	15/05/1984
1985 - 1986	7.365	56.700	11/02/1985
1986 - 1987	4.756	43.679	15/02/1986
1987 - 1988	5.120	20.719	31/01/1987
1988 - 1989	9.847	50.779	30/01/1988
1989 - 1990	5.450	17.486	28/02/1989
1990 - 1991	6.273	42.209	27/12/1989
1991 - 1992	6.957	74.450	16/04/1991
1992 - 1993	3.182	13.591	22/05/1992
1993 - 1994	2.224	4.699	21/10/1992
1994 - 1995	1.794	5.795	10/01/1994
1995 - 1996	1.690	3.483	20/02/1995
1996 - 1997	5.831	35.986	10/01/1996
1997 - 1998	9.725	148.555	21/01/1997
1998 - 1999	7.612	133.600	18/12/1997
1999 - 2000	2.041	3.660	03/05/1999
2000 - 2001	2.301	16.710	25/10/1999
2001 - 2002	7.370	63.342	03/03/2001
2002 - 2003	3.140	36.228	12/04/2002
2003 - 2004	7.779	52.990	26/02/2003
2004 - 2005	6.939	34.118	06/05/2004
2005 - 2006	2.695	5.530	20/11/2004
2006 - 2007	1.967	4.913	07/03/2006
2007 - 2008	2.917	17.757	09/04/2007
2008 - 2009	3.892	40.154	20/04/2008

2009 - 2010	5.451	26.284	06/02/2009
Media	6.191	43.701	

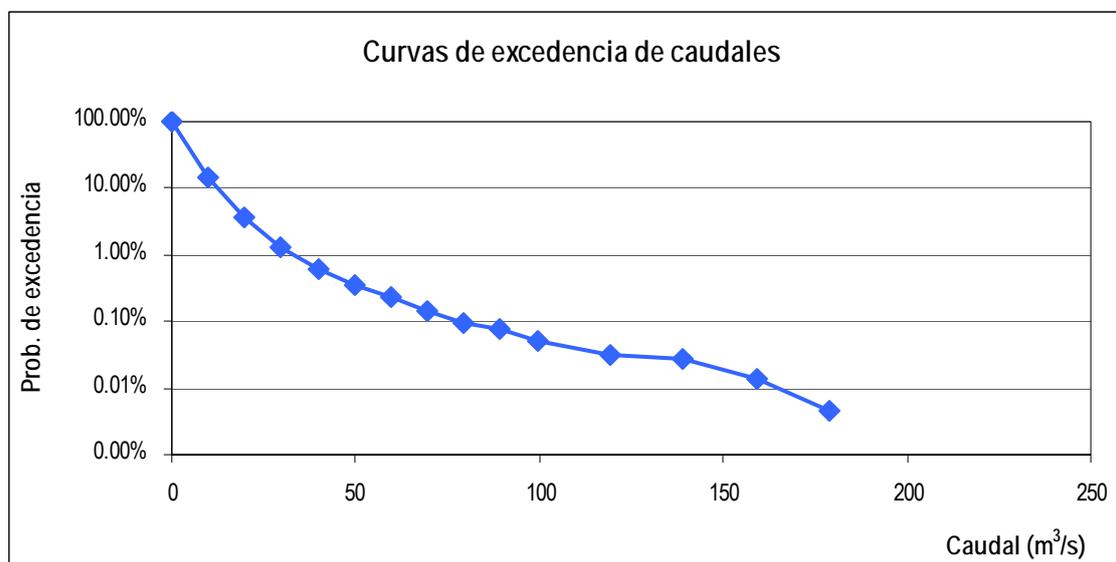


Figura 3.15. Curva de excedencia del tramo de estudio Rabo del Batan -2.

3.2.7.2.- Inventario florístico, abundancias y coberturas

Tabla 3.27. Tabla de inventario florístico

Descripción de la parcela de inventario	
Fecha	04/11/2009
Área (m²)	150
Cobertura general (%)	70%
Altitud (m)	930
Pendiente	5-10%
Orientación	SE
Sustrato	Areno-limoso
Especie	Abundancia
<i>Rosmarinus officinalis</i>	3
<i>Populus alba</i>	3
<i>Salix eleagnos</i>	2
<i>Fraxinus angustifolia</i>	2

<i>Scirpus holoschoenus</i>	2
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	2
<i>Genista scorpius</i>	1
<i>Juniperus oxycedrus</i>	1
<i>Juniperus phoenicea</i>	1
<i>Rosa canina</i>	1
<i>Salix purpurea</i>	1
<i>Phragmites australis</i>	1
<i>Pinus nigra</i>	1
<i>Berberis hispanica</i>	+
<i>Populus nigra</i>	+
<i>Trifolium</i> sp.	+
<i>Euphorbia</i> sp.	+
<i>Viola</i> sp.	+
<i>Psoralea bituminosa</i>	+
<i>Rubus ulmifolius</i>	+
<i>Quercus rotundifolia</i>	+

3.2.7.3.- Descripción general de la vegetación

Este tramo se encuentra en una zona donde el valle del río se estrecha entre terrenos muy rocosos, y se trata de un curso fluvial de montaña. La vegetación ripícola cubre densamente ambas orillas del río, que forma una curva, alternándose formaciones de arbustos y árboles con algunos hábitats dominados por herbáceas (*Scirpus* y *Phragmites*).

La conectividad con el ecosistema forestal es total, ya que el pinar comienza a relativamente pocos metros del propio cauce, entremezclándose casi el pinar con las especies de ribera. La vegetación de ribera está constituida por saucedas mixtas de *Salix eleagnos* y *Salix purpurea*, así como algunas zonas de fresneda y de alameda, además de pies aislados de *Populus nigra* y algunas plantaciones (no inventariadas) de chopo. Las formaciones vegetales naturales mencionadas (sucedas, fresnedas y alamedas) se encuentran protegidas en el Catálogo Regional de Castilla La Mancha.

Podemos decir que el grado de naturalidad y diversidad en este tramo es muy elevada, al igual que en el Mijares no regulado, en comparación con otros tramos que fueron observados durante la selección de tramos de estudio, y con un régimen natural de caudales. Índices de calidad del bosque de ribera.

3.2.7.4.- Índices de calidad del bosque de ribera

Tabla 3.28. Valoración del índice QBR en el tramo Rabo del Batán-2 (Río Cabriel)

	Puntuación
Grado de cobertura de la zona de ribera	25
Estructura de la cubierta	25
Calidad de la cobertura	25
Grado de naturalidad del canal fluvial	25
Bosque de ribera sin alteraciones, estado natural	100

Tabla 3.29. Valoración del índice RQI en el tramo Rabo del Batán-2 (Río Cabriel)

	Puntuación	
	Orilla izquierda	Orilla derecha
Continuidad longitudinal de la vegetación riparia natural	11	11
Dimensiones en anchura del espacio ripario con vegetación natural asociada al río	11	12
Composición y estructura de la vegetación riparia	9	11
Regeneración natural de la vegetación riparia		10
Condición de las orillas		8
Conectividad lateral de la ribera con el cauce		9
Permeabilidad y grado de alteración del relieve y suelo ripario		9
Calidad Buena (bosque ligeramente perturbado)		101

4.- RELACIÓN ENTRE CAUDALES Y VEGETACIÓN RIPARIA

4.1.- MUESTREO PARA SIMULACIÓN HIDRÁULICA 1D

En los siguientes subapartados se detallan los caudales aforados en cada tramo de estudio, los cuales han sido utilizados para la obtención de las curvas altura-caudal, también conocidas como curvas de gasto. Éstas nos han permitido transformar la serie temporal de caudales disponible para cada tramo en una serie temporal de cotas de elevación del agua para cada transecto.

4.1.1.- *Río Serpis en Lorcha*

Tabla 4.1. Caudales aforados en el tramo Serpis y utilizados en la simulación hidráulica para la obtención de las curvas de gasto

Fecha	Caudal (m ³ /s)
20-24/02/2007	0.315
31/03/2007	0.509
03/09/2007	1.092
24/10/2007	8.500

4.1.2.- *Río Mijares en Cirat*

Tabla 4.2. Caudales aforados en el tramo Cirat y utilizados en la simulación hidráulica para la obtención de las curvas de gasto.

Fecha	Caudal (m ³ /s)
02/08/2006	0.319
12/03/2007	0.658

4.1.3.- *Río Mijares en Tormo*

Tabla 4.3. Caudales aforados en el tramo Tormo y utilizados en la simulación hidráulica para la obtención de las curvas de gasto.

Fecha	Caudal (m ³ /s)
19/05/2006	0.071
26/09/2006	0.600
07/06/2007	0.059

4.1.4.- *Río Mijares en los tramos del Terde*

Tabla 4.4. Caudales aforados en el tramo Terde-1y Terde-2 y utilizados en la simulación hidráulica para la obtención de las curvas de gasto.

Fecha	Caudal (m ³ /s)
26/05/2009	0.468

4.1.5.- *Río Cabriel en los tramos del Rabo del Batán*

Tabla 4.5. Caudales aforados en el tramo Rabo del Batán-1y Rabo del Batán-2 y utilizados en la simulación hidráulica para la obtención de las curvas de gasto.

Fecha	Caudal (m ³ /s)
27/07/2009	1.057
15/01/2010	44.908

4.2.- MUESTREO DE VEGETACIÓN

4.2.1.- Río Serpis en Lorcha

Tabla 4.6 Tamaño muestral obtenido (frecuencia) en el muestreo georreferenciado de la vegetación y representatividad para cada especie en el tramo Lorcha (río Serpis).

Especie (nombre científico)	Código	Frecuencia	Porcentaje
<i>Populus alba</i>	PA	33	16.1%
<i>Populus nigra</i>	PN	43	21.0%
<i>Salix atrocinerea</i>	SA	41	20.0%
<i>Nerium oleander</i>	NO	61	29.8%
<i>Crataegus monogyna</i>	CR	23	11.2%
<i>Viburnum tinus</i>	VT	4	2.0%
Total		205	100%

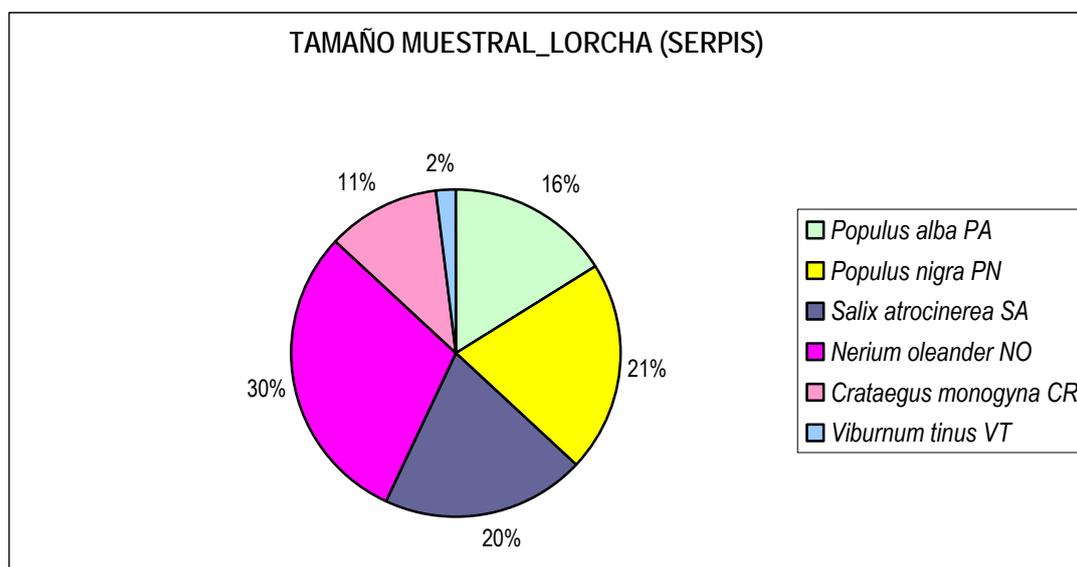


Figura 4.1. Representación del porcentaje de representatividad obtenido para las especies en el tramo Lorcha (río Serpis).

4.2.2.- Río Mijares en Cirat

Tabla 4.7 Tamaño muestral obtenido (frecuencia) en el muestreo georreferenciado de la vegetación y representatividad para cada especie en el tramo Cirat (río Mijares)

Especie (nombre científico)	Código	Frecuencia	Porcentaje
<i>Populus nigra</i>	PN	36	33.6%
<i>Salix eleagnos</i>	SE	20	18.7%
<i>Salix atrocinerea</i>	SA	5	4.7%
<i>Salix purpurea</i>	SP	5	4.7%
<i>Nerium oleander</i>	NO	2	1.9%
<i>Tamarix sp.</i>	TA	16	15.0%
<i>Coriaria myrtifolia</i>	CM	23	21.5%
Total		107	100%

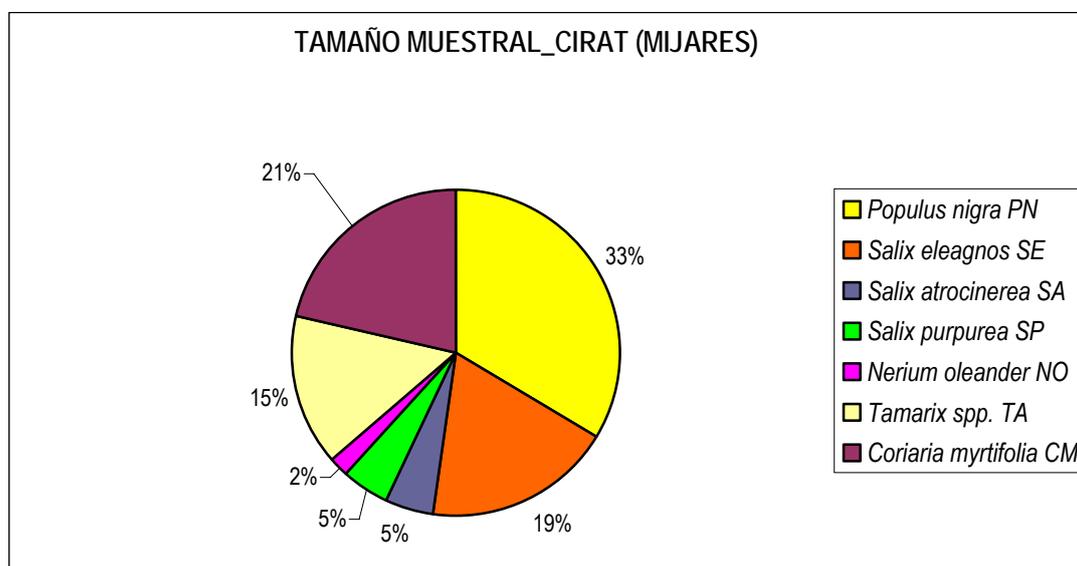


Figura 4.2. Representación del porcentaje de representatividad obtenido para las especies en el tramo Cirat (río Mijares)

4.2.3.- Río Mijares en Tormo

Tabla 4.8 Tamaño muestral obtenido (frecuencia) en el muestreo georreferenciado de la vegetación y representatividad para cada especie en el tramo Tormo (río Mijares)

Especie (nombre científico)	Código	Frecuencia	Porcentaje
<i>Populus nigra</i>	PN	18	13.4%
<i>Salix eleagnos</i>	SE	19	14.2%
<i>Salix atrocinerea</i>	SA	3	2.2%
<i>Nerium oleander</i>	NO	36	26.9%
<i>Tamarix sp.</i>	TA	17	12.7%
<i>Coriaria myrtifolia</i>	CM	23	17.2%
<i>Viburnum tinus</i>	VT	18	13.4%
Total		134	100%

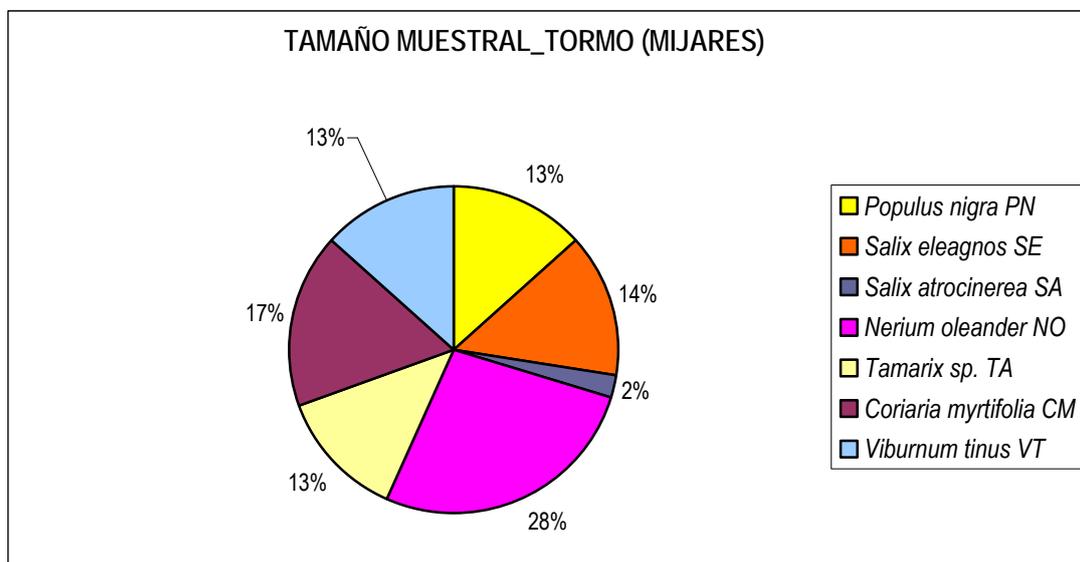


Figura 4.3. Representación del porcentaje de representatividad obtenido para las especies en el tramo Tormo (río Mijares).

4.2.4.- Río Mijares en el Terde-1

Tabla 4.9 Tamaño muestral obtenido (frecuencia) en el muestreo georreferenciado de la vegetación y representatividad para cada especie en el tramo Terde-1 (río Mijares)

Especie (nombre científico)	Código	Frecuencia	Porcentaje
<i>Populus nigra</i>	PN	78	23.6%
<i>Salix purpurea</i>	SP	104	31.4%
<i>Salix eleagnos</i>	SE	40	12.1%
<i>Salix alba</i>	SL	12	3.6%
<i>Salix triandra</i>	ST	14	4.2%
<i>Juniperus sp.</i>	JU	64	19.3%
<i>Quercus coccifera</i>	QC	18	5.4%
<i>Quercus ilex</i>	QI	1	0.3%
Total		331	100%

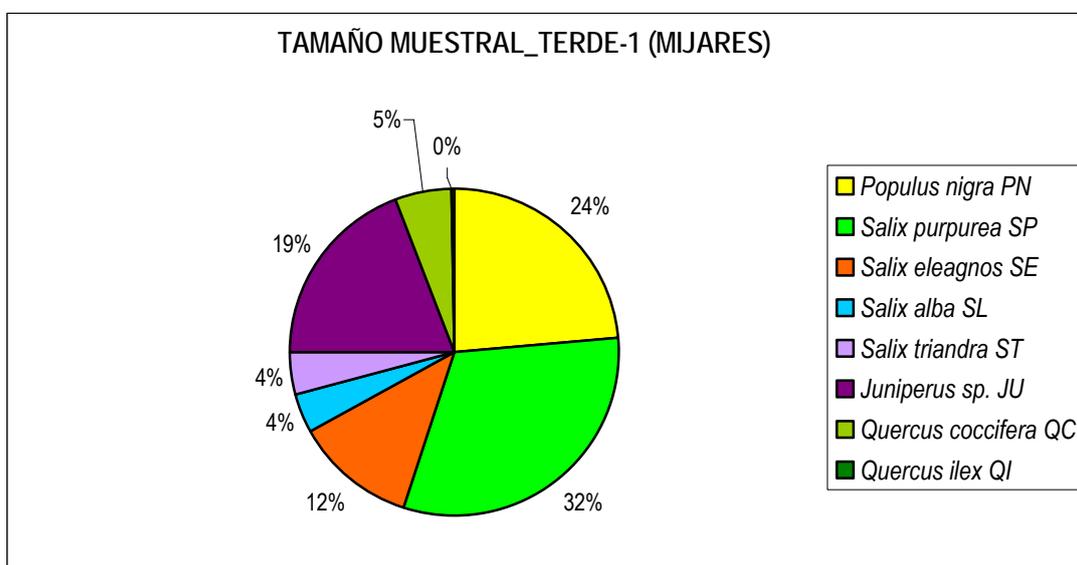


Figura 4.4. Representación del porcentaje de representatividad obtenido para las especies en el tramo Terde-1(río Mijares).

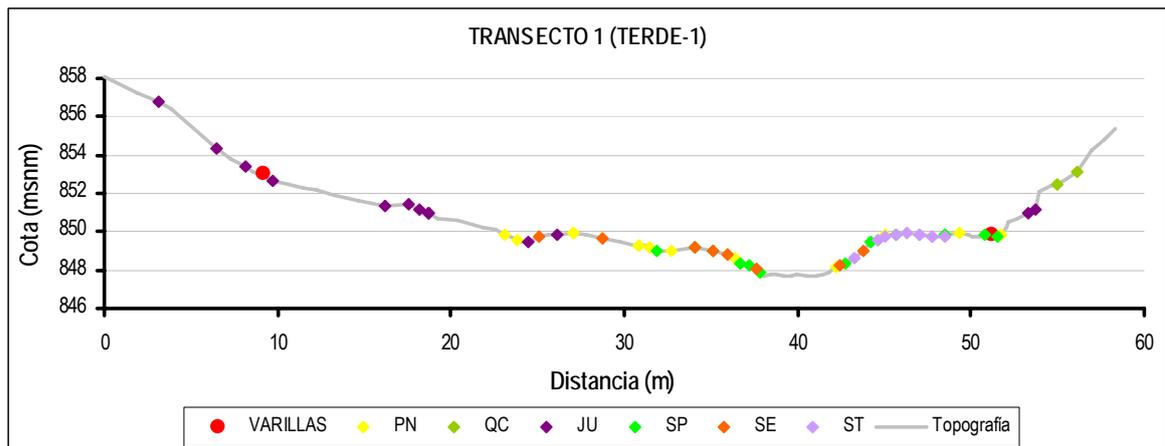


Figura 4.5. Representación de la distribución de las especies ribereñas muestreadas en el transecto 1 del tramo Terde-1 (río Mijares). La clave de las especies aparece en la figura anterior.

4.2.5.- Río Mijares en el Terde-2

Tabla 4.10 Tamaños muestrales obtenidos (frecuencia) en el muestreo georreferenciado de la vegetación y representatividad para cada especie en el tramo Terde-2 (río Mijares)

Especie (nombre científico)	Código	Frecuencia	Porcentaje
<i>Populus nigra</i>	PN	32	13.3%
<i>Salix purpurea</i>	SP	74	30.8%
<i>Salix eleagnos</i>	SE	6	2.5%
<i>Salix alba</i>	SL	18	7.5%
<i>Salix triandra</i>	ST	9	3.8%
<i>Juniperus sp.</i>	JU	70	29.2%
<i>Quercus coccifera</i>	QC	27	11.3%
<i>Quercus ilex</i>	QI	4	1.7%
Total		240	100%

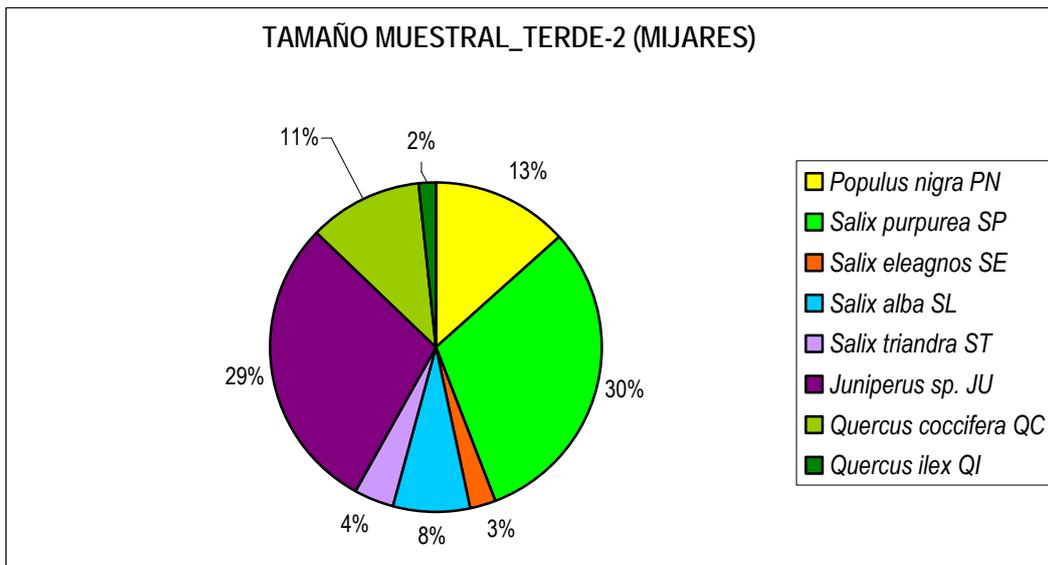


Figura 4.6. Representación del porcentaje de representatividad obtenido para las especies en el tramo Terde-2 (río Mijares).

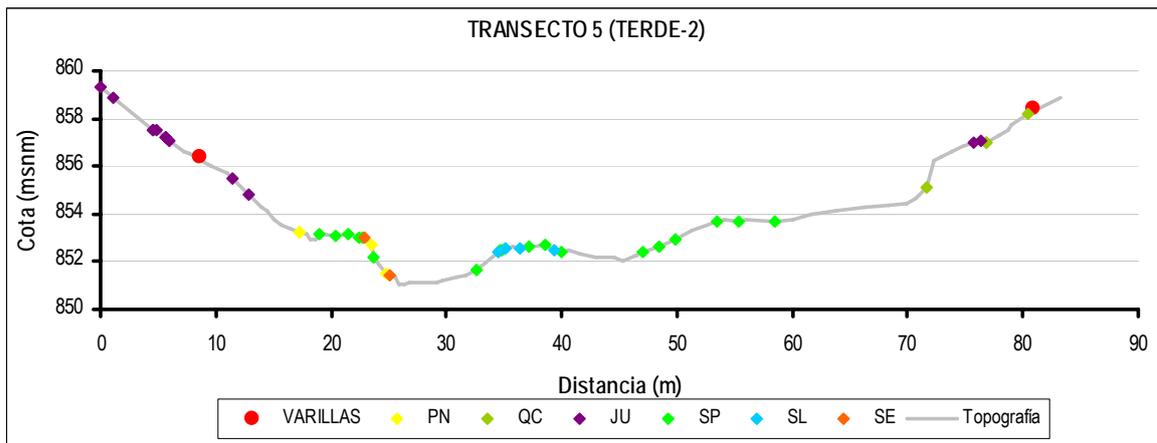


Figura 4.7. Representación de la distribución de las especies ribereñas muestreadas en el transecto 5 del tramo Terde-2 (río Mijares). La clave de las especies aparece en la figura anterior.

4.2.6.- Río Gabriel en el Rabo del Batán-1

Tabla 4.11. Tamaños muestrales obtenidos (frecuencia) en el muestreo georreferenciado de la vegetación y representatividad para cada especie en el tramo Rabo del Batán-1 (río Gabriel)

Especie (nombre científico)	Código	Frecuencia	Porcentaje
<i>Populus alba</i>	PA	59	25.1%
<i>Pinus sp.</i>	PC	49	20.9%
<i>Populus nigra</i>	PN	31	13.2%
<i>Salix purpurea</i>	SP	33	14.0%
<i>Fraxinus angustifolia</i>	FA	19	8.1%
<i>Salix eleagnos</i>	SE	22	9.4%
<i>Salix alba</i>	SL	9	3.8%
<i>Crataegus monogyna</i>	CM	7	3.0%
<i>Cornus sanguinea</i>	CS	3	1.3%
<i>Salix triandra</i>	ST	3	1.3%
Total		235	100%

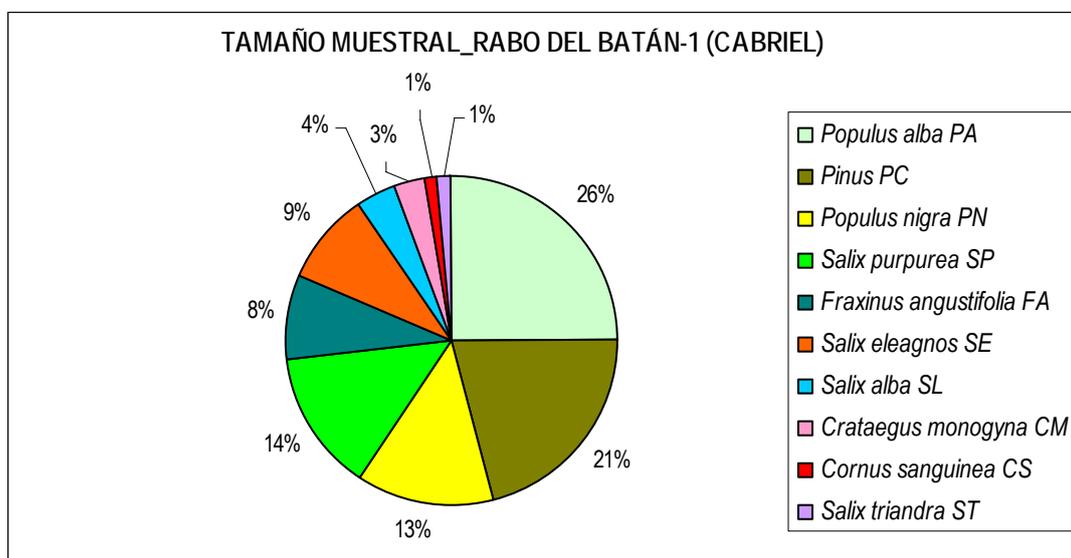


Figura 4.8. Representación del porcentaje de representatividad obtenido para las especies en el tramo Rabo del Batán-1 (río Gabriel).

4.2.7.- Río Gabriel en el Rabo del Batán-2

Tabla 4.12 Tamaños muestrales obtenidos (frecuencia) en el muestreo georreferenciado de la vegetación y representatividad para cada especie en el tramo Rabo del Batán-2 (río Gabriel)

Especie (nombre científico)	Código	Frecuencia	Porcentaje
<i>Populus alba</i>	PA	126	40.4%
<i>Pinus sp.</i>	PC	61	19.6%
<i>Populus nigra</i>	PN	52	16.7%
<i>Salix purpurea</i>	SP	21	6.7%
<i>Fraxinus angustifolia</i>	FA	21	6.7%
<i>Salix eleagnos</i>	SE	16	5.1%
<i>Salix alba</i>	SL	8	2.6%
<i>Crataegus monogyna</i>	CM	4	1.3%
<i>Cornus sanguinea</i>	CS	3	1.0%
<i>Salix triandra</i>	ST	0	0.0%
Total		312	100%

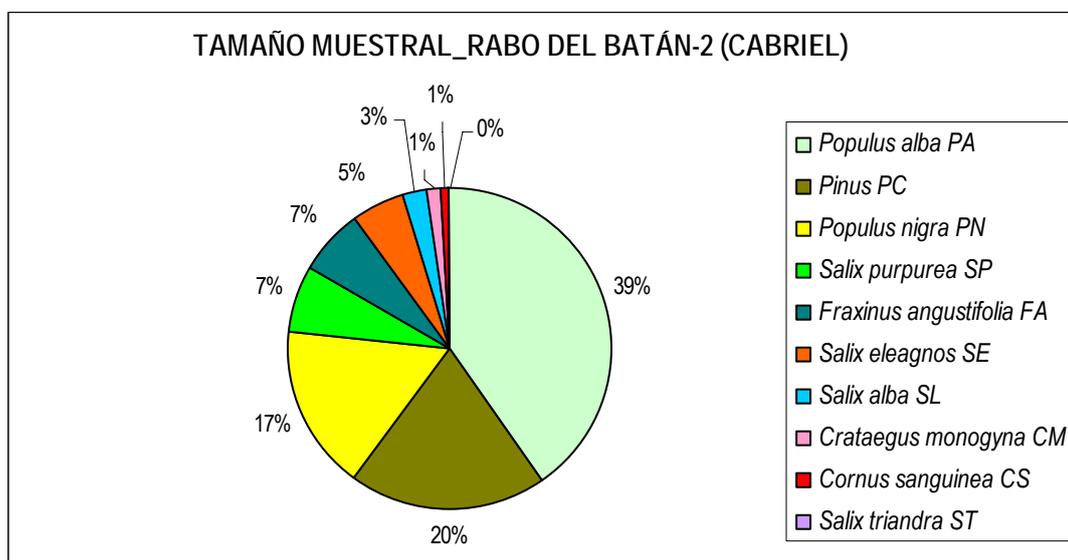


Figura 4.9. Representación del porcentaje de representatividad obtenido para las especies en el tramo Rabo del Batán-2 (río Gabriel).

5.- ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS

5.1.- CURVAS DE CRECIMIENTO POR ESPECIES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EDAD

A continuación se muestran las curvas de crecimiento obtenidas para cada especie y tramo que han sido utilizadas posteriormente para la determinación de la edad de las unidades de vegetación topografiadas durante el muestreo georreferenciado. También se describen los criterios que han sido utilizados para elegir una curva u otra en cada tramo. En el caso de los tramos Terde-1 y Terde-2 se realizó una recogida de muestras conjunta, ya que podemos suponer que el crecimiento de las diferentes especies muestreadas se produce de la misma manera y al mismo ritmo debido a la proximidad entre los tramos, por lo tanto las curvas de crecimiento elaboradas para ambos tramos se recogen con el nombre de Terde. Igual ocurrió para los tramos Rabo del Batán-1 y Rabo del Batán-2, la recogida de muestras se distribuyó en ambos tramos de igual forma para producir curvas únicas para ambos tramos, y son mostradas bajo el nombre de Rabo del Batán.

En la siguiente tabla se muestra el tamaño muestral por tramos de estudio para cada una de las especies que se han estudiado.

Tabla 5.1 Tamaño muestral obtenido en el muestreo de edades para cada especie, en los siete tramos de estudio, agrupados por ríos.

Tramo/Especie	PN	PA	SA	SL	SP	SE	ST	FA	TA	NO
<i>Serpis</i>	22	34	28	-	-	-	-	-	-	24
<i>Cirat y Tormo</i>	26	-	13	-	11	24	-	-	9	16
<i>Terde 1 y 2</i>	31	-	-	12	26	21	10	-	-	-
<i>Rabo Batan 1 y 2</i>	11	20	-	6	5	6	-	6	-	-
Total	90	54	41	18	42	51	10	6	9	40

5.1.1.- *Populus nigra*

Las curvas de edad obtenidas con el diámetro a la altura del pecho (DBH) para *Populus nigra* en todos los tramos donde aparece esta especie se muestran en la siguiente figura.

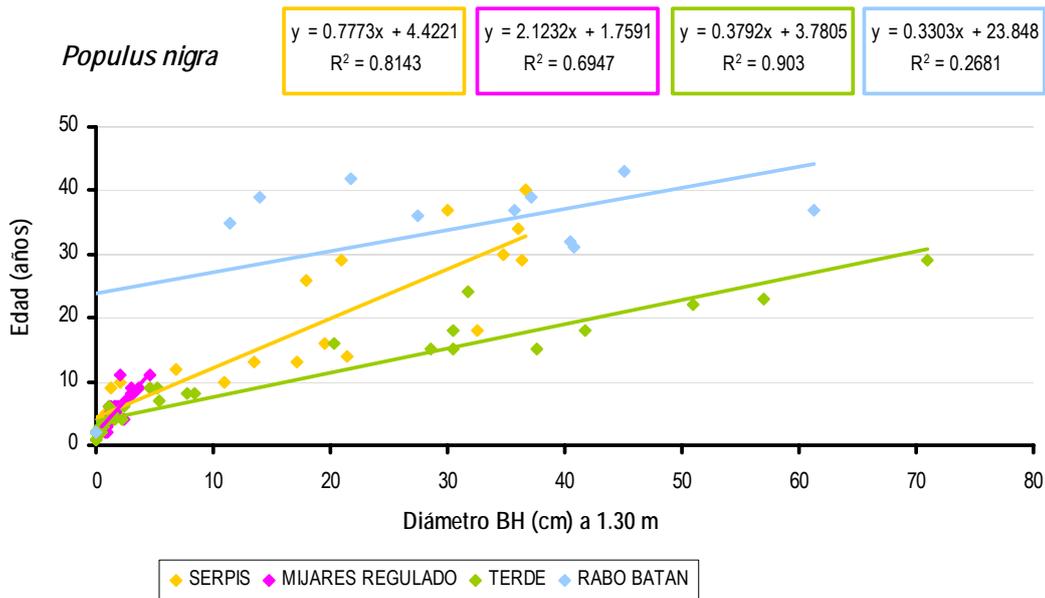


Figura 5.1. Comparativa de las curvas de crecimiento (diámetro BH-edad) para *Populus nigra* en los tramos de estudio.

Las líneas de tendencia se ajustan muy bien para el Terde y Serpis, en cambio para el tramo Rabo del Batán el ajuste no es tan bueno. A pesar de ello, y dada la diferencia de crecimientos y de edades que se observan en la gráfica, se ha utilizado su propia curva de edad sin unir a otros datos para representar mejor la naturalidad singular de la especie en este tramo. Para los individuos muestreados que no superan la altura de 1.30 m se ha decidido no utilizar la curva del tramo ya que no recoge la evolución de los individuos pequeños y juveniles. Para este caso, se ha optado por usar la curva de crecimiento edad-altura del tramo del Terde según los criterios establecidos es comparable por ser tramos altos, siendo la curva que mejor se ajusta de todos los tramos y los individuos de esta especie para el río Mijares más naturales.

$$y = 0.9534x + 1.4692$$

$$R^2 = 0.9359$$

Para el Terde se ha utilizado en todos los casos la curva altura-edad, por ser como se ha comentado anteriormente la que mejor se ajusta a todos los datos del tramo.

En el caso de los tramos Cirat y Tormo (agrupados con el nombre de "Mijares regulado") se ha utilizado una curva conjunta integrada por los datos del Terde y Mijares regulado para aumentar el número de muestras y ampliar el rango de edades y diámetros que existe en el tramo de forma individual y mejorar el ajuste de la curva y por tratarse del mismo río, según los criterios nombrados previamente.

En el tramo del Serpis se utiliza su curva de crecimiento edad-DBH para todos los individuos que tengan una altura mayor de 1.30 m, para el resto se utiliza la curva edad-altura. Incluyendo el punto 0, en ambos casos del mismo tramo.

$$y = 1.2786x + 1.8833$$

$$r^2 = 0.8482$$

5.1.2.- *Populus alba*

El *Populus alba* solo aparece en los tramos de estudio de Serpis y Rabo del Batán. Como se puede observar en las figuras siguientes los valores obtenidos en ambos tramos, tanto para el DBH como la altura, son muy similares. Por lo que se ha realizado una curva conjunta que se utiliza para la obtención de las edades en los dos tramos, con lo que además se aumenta el tamaño muestral. El ajuste de la curva conjunta es mejor para la altura en ambos transectos y para el DBH en el caso del Rabo del Batán.

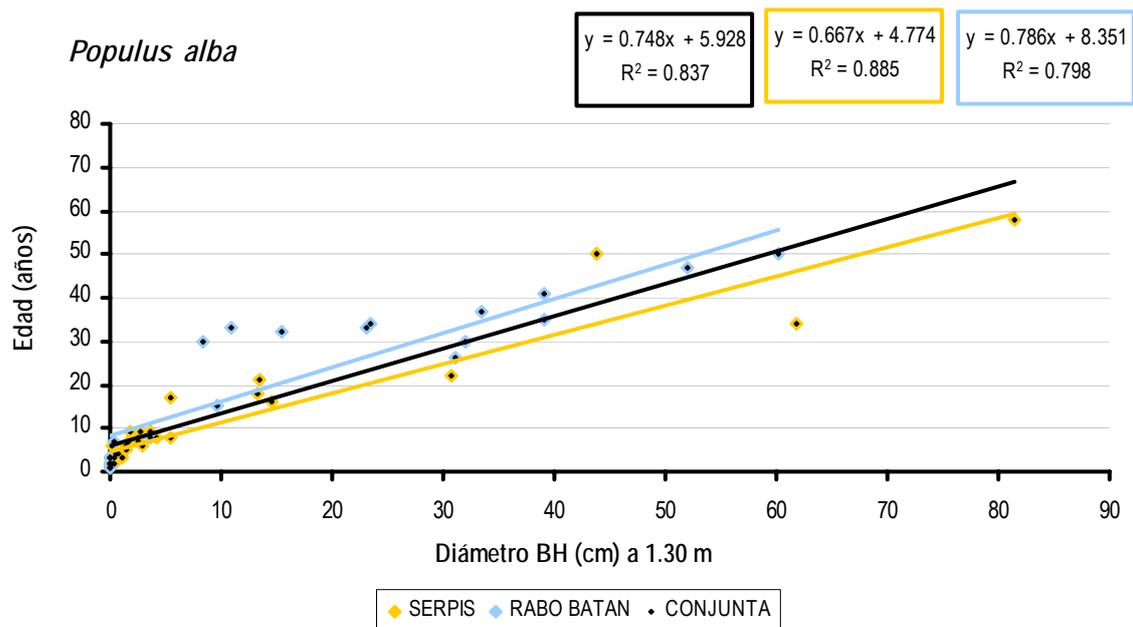


Figura 5.2. Comparativa de las curvas de crecimiento (diámetro BH-edad) para *Populus alba* en los tramos de estudio

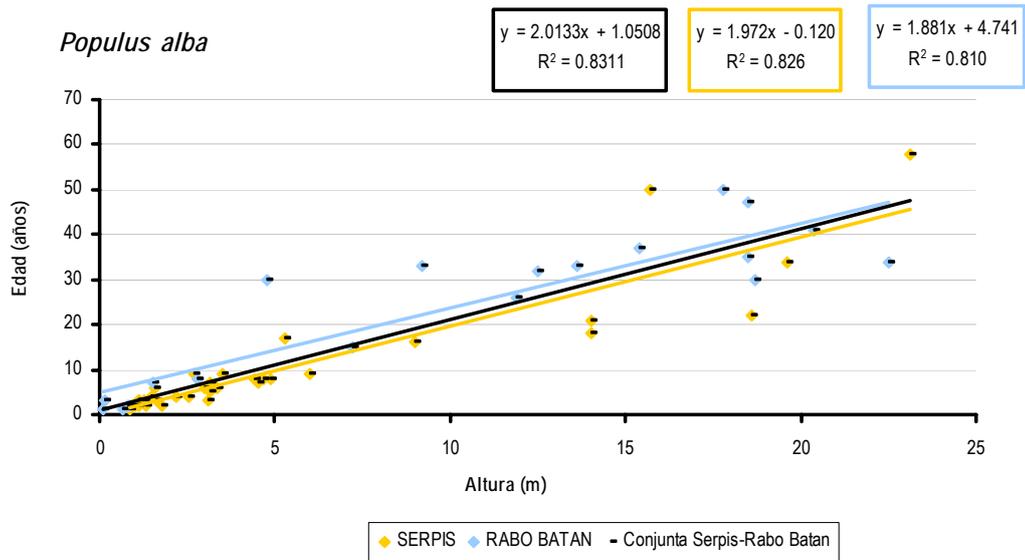


Figura 5.3. Comparativa de las curvas de crecimiento (altura-edad) para *Populus alba* en los tramos de estudio

5.1.3.- *Salix atrocinerea*

Solo existe esta especie en los tramos bajos estudiados, Serpis y Mijares regulado. Para la determinación de la edad se opta por la unión de los datos de los dos tramos por ser tramos bajos, por presentar en el Serpis un peor ajuste de la curva y en el Mijares un tamaño muestral limitado.

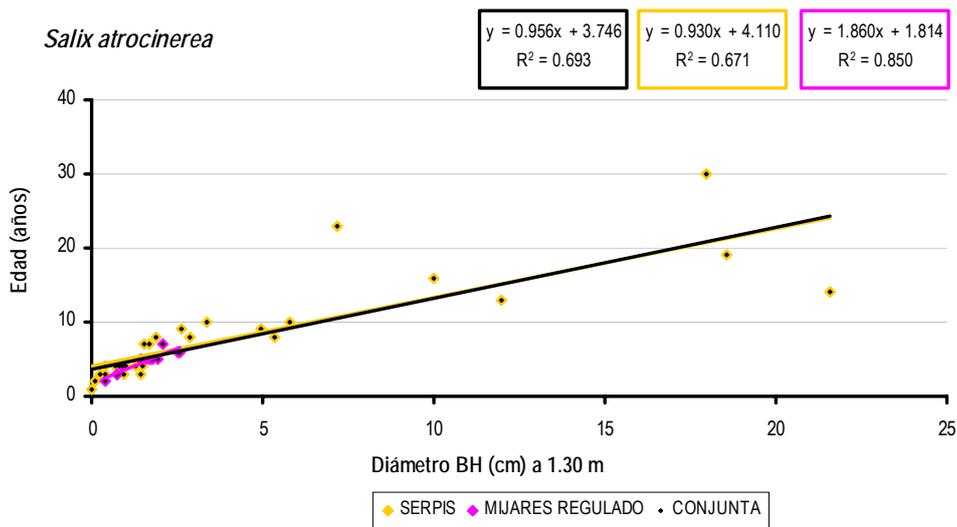


Figura 5.4. Comparativa de las curvas de crecimiento (diámetro BH-edad) para *Salix atrocinerea* en los tramos de estudio

Para los individuos del tramo Serpis que no superan una altura de 1.30 m de altura se utiliza la curva edad-altura del mismo tramo.

$$y = 2.5159x + 0.526 \quad r^2 = 0.799$$

5.1.4.- *Salix alba*

Esta especie solo está presente en los tramos Terde y Rabo del Batán. Como se puede observar en las curvas de crecimiento, con los datos de ambos tramos unidos se obtiene una correlación mejor que cada tramo independientemente. Además se hace necesaria la unión por el tamaño muestral tan bajo que presenta cada muestreo (18 muestras en conjunto). Para la asignación de edades se utiliza para todos los casos la curva conjunta Terde y Rabo del Batán.

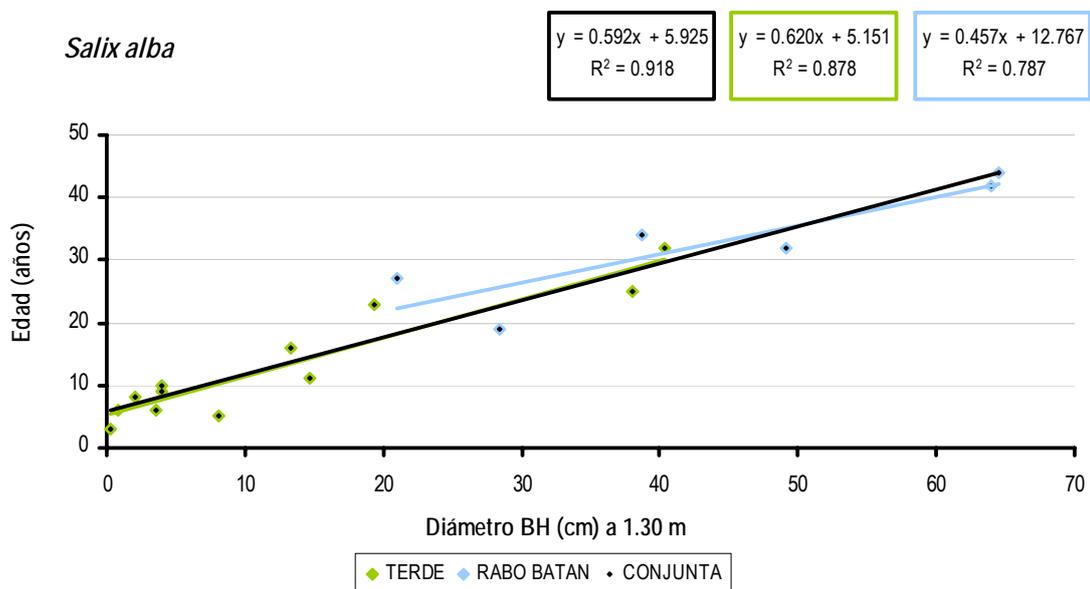


Figura 5.5. Comparativa de las curvas de crecimiento (diámetro BH-edad) para *Salix alba* en los tramos de estudio

5.1.5.- *Salix purpurea*

En la determinación de la edad para los tramos del Terde y del Rabo del Batán se utiliza la curva de crecimiento edad-DGH creada a partir de los datos de ambos tramos adjuntando el dato de edad 0 y diámetro 0. Se unen ya que pertenecen a tramos altos, con una distribución de los datos y línea de tendencia muy similar. De esta forma se aumenta el tamaño muestral de la curva de crecimiento.

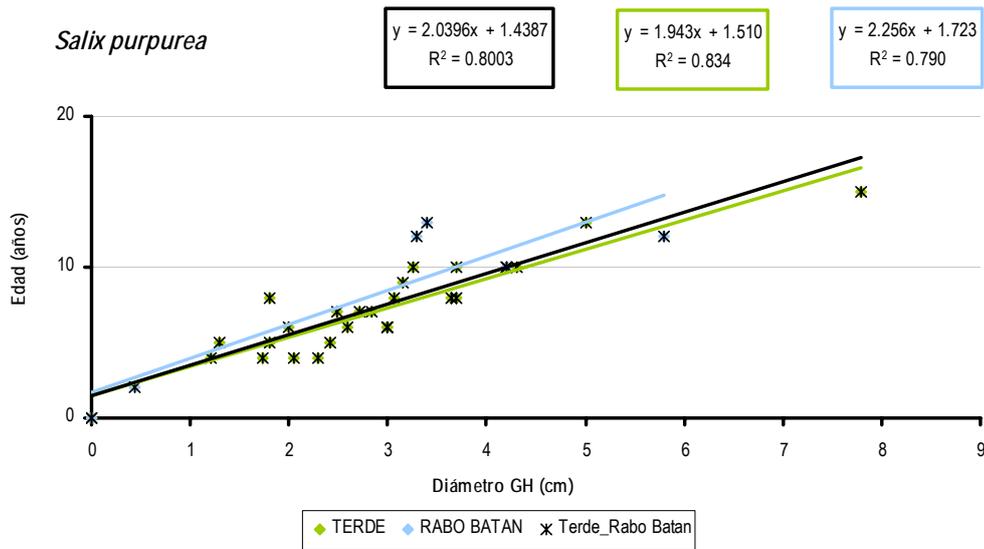


Figura 5.6. Comparativa de las curvas de crecimiento (diámetro GH-edad) para *Salix purpurea* en los tramos de estudio

En el caso del Mijares regulado se usa una curva de crecimiento combinada entre los datos de Mijares regulado y Terde, según los criterios nombrados. Aunque la gráfica conjunta disminuye su ajuste, como se muestra en la figura, su tamaño muestral aumenta obteniendo así un resultado más robusto.

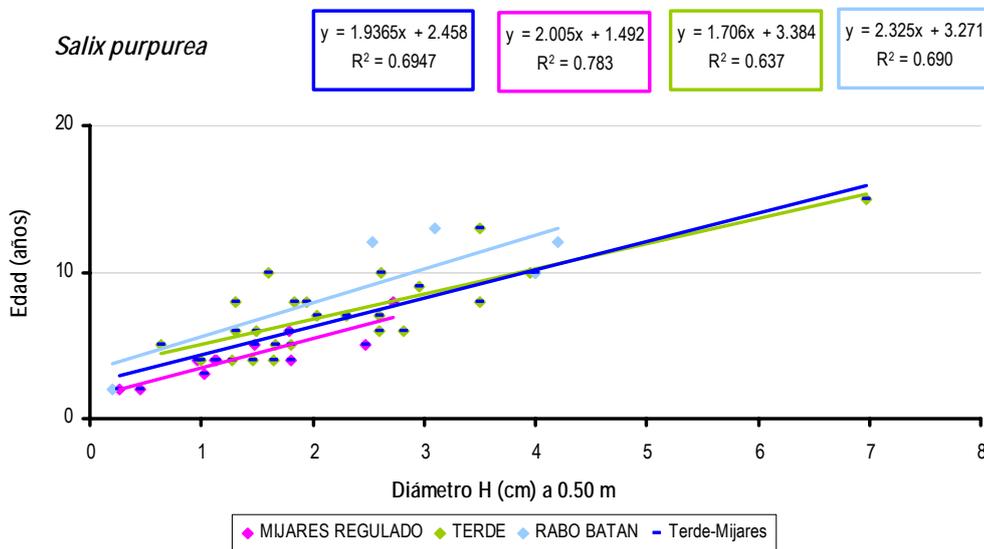


Figura 5.7. Comparativa de las curvas de crecimiento (diámetro-edad) para *Salix purpurea* en los tramos de estudio

5.1.6.- *Salix eleagnos*

En la determinación de la edad para el tramo del Rabo del Batán, a pesar de tener un tamaño muestral limitado, se utiliza la curva de crecimiento edad-altura introduciendo el dato 0 para mejorar el ajuste, ya que sus datos difieren en gran medida de los del resto.

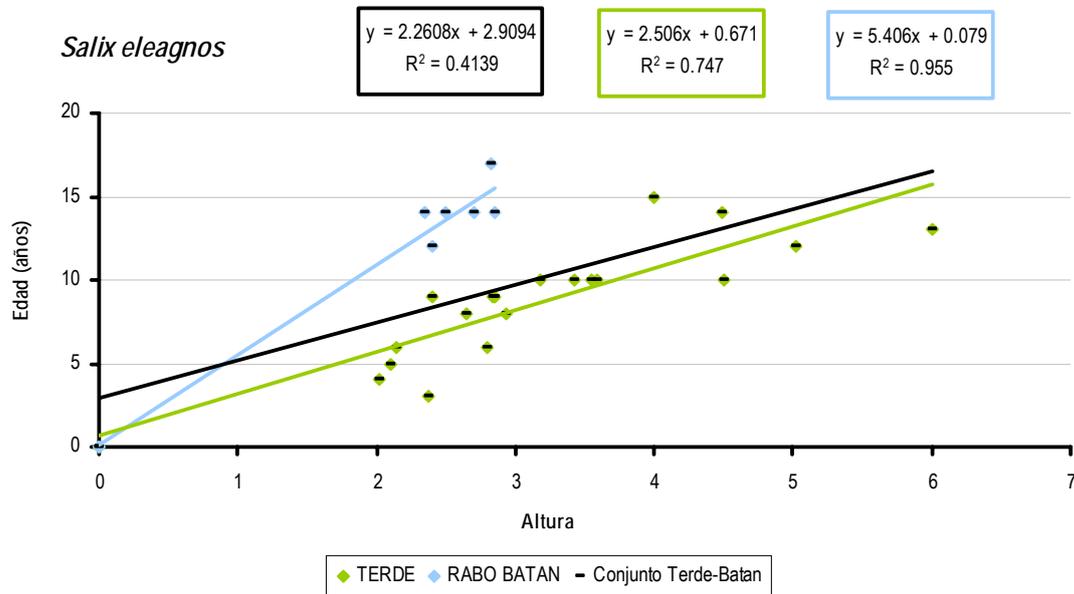


Figura 5.8. Comparativa de las curvas de crecimiento (altura-edad) para *Salix eleagnos* en los tramos de estudio

Para los tramos del Mijares regulado y Terde se han utilizado sus propias curvas por el mismo motivo que en el tramo anterior. Utilizando para cada tramo la curva que mejor ajuste tiene, en el caso del Mijares regulado edad-DH50 y para el Terde edad-DGH.

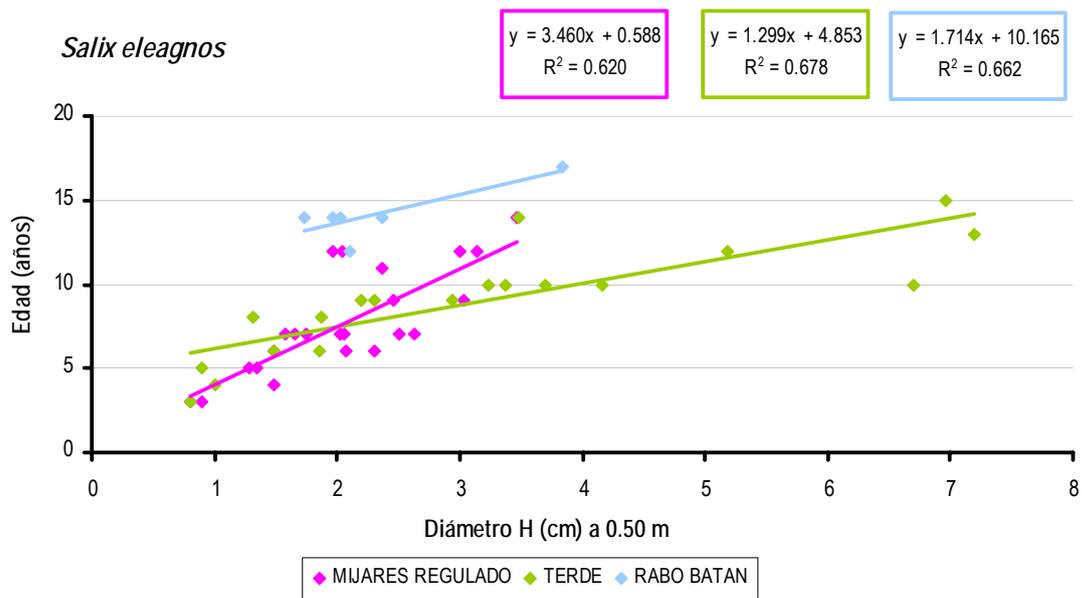


Figura 5.9. Comparativa de las curvas de crecimiento (diámetro-edad) para *Salix eleagnos* en los tramos de estudio

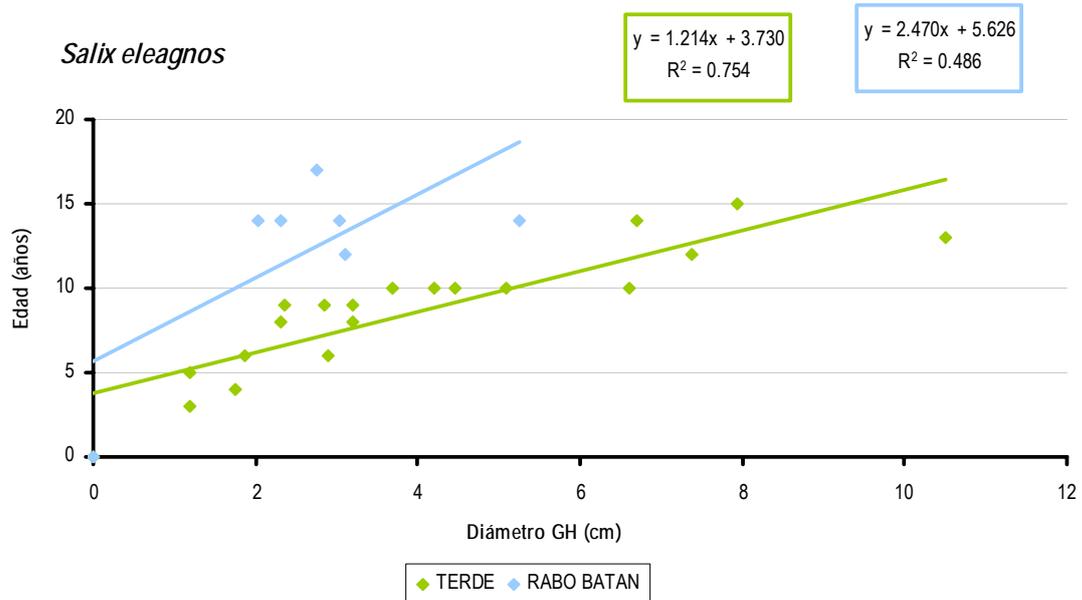


Figura 5.10. Comparativa de las curvas de crecimiento (diámetro GH-edad) para *Salix atrocinerea* en los tramos de estudio

5.1.7.- *Nerium oleander*

En la realización de la curva de crecimiento usada se han combinado los datos de ambos tramos que presentan esta especie, Mijares regulado y Serpis, siendo tramos bajos. El ajuste se sitúa en un punto intermedio entre cada tramo por separado pero se aumenta en tamaño muestral.

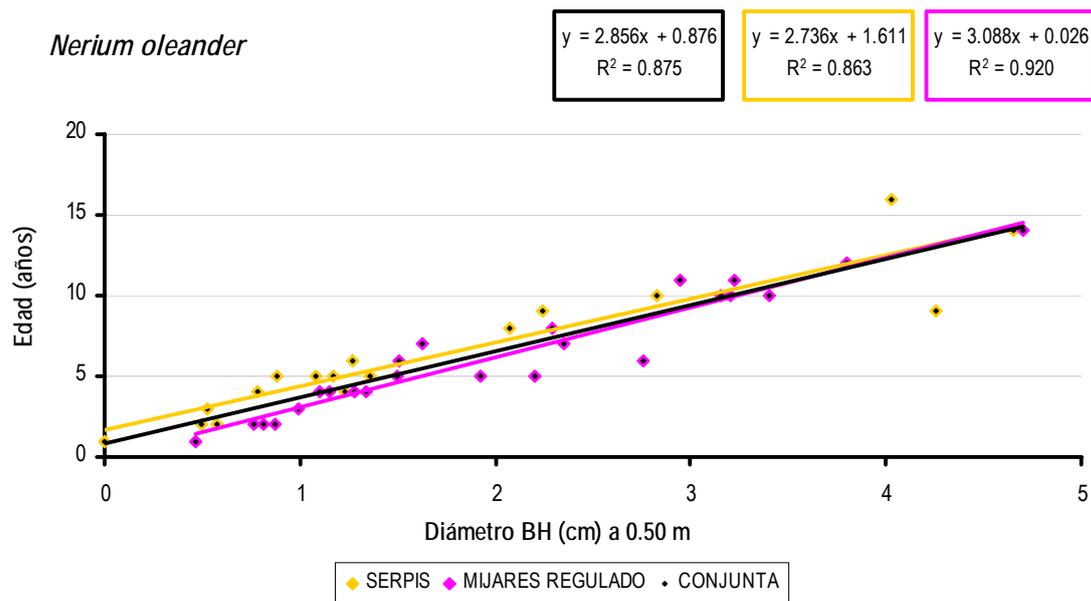


Figura 5.11. Comparativa de las curvas de crecimiento (diámetro-edad) para *Nerium oleander* en los tramos de estudio

Las siguientes especies solo aparecen en uno de los tramos de estudio. Por tanto la elección de la curva de edades se realiza comparando el ajuste de las mismas entre las distintas posibilidades de datos, todos tomados en el mismo tramo. Se utiliza una curva para cada especie a pesar de poseer un tamaño muestral limitado.

5.1.8.- *Salix triandra*

Esta especie solo esta presente en el tramo del Verde. La curva de crecimiento utilizada es edad-DGH añadiendo el dato 0. Siendo, de esta forma, la que presenta un mejor ajuste a los datos.

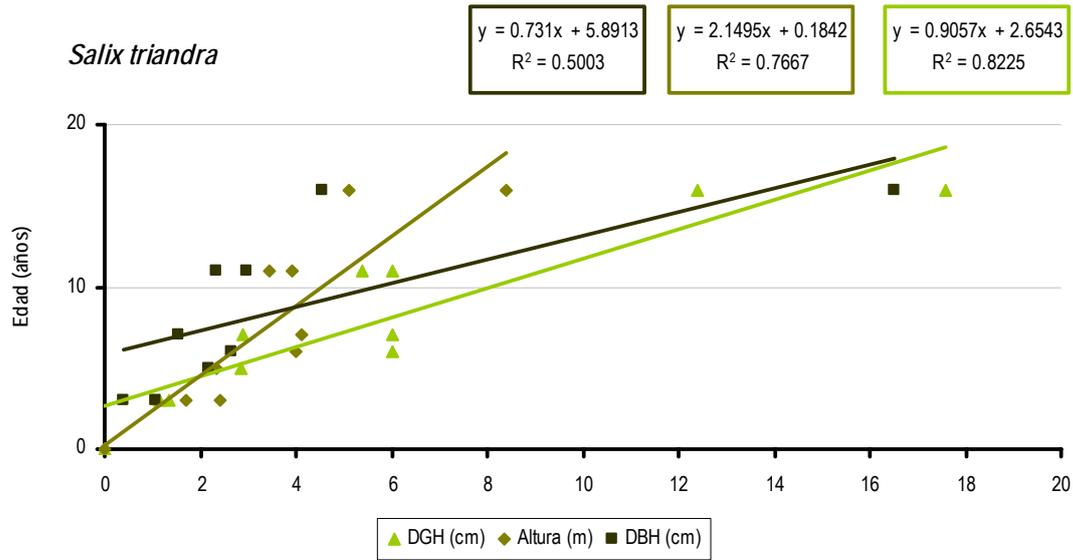


Figura 5.12. Comparativa de las curvas de crecimiento para *Salix triandra* en los tramos de estudio

5.1.9.- *Fraxinus angustifolia*

Igual que para la especie anterior, se utiliza la curva edad-DGH añadiendo el dato 0. Estando solo presente en el tramo del Rabo del Batán.

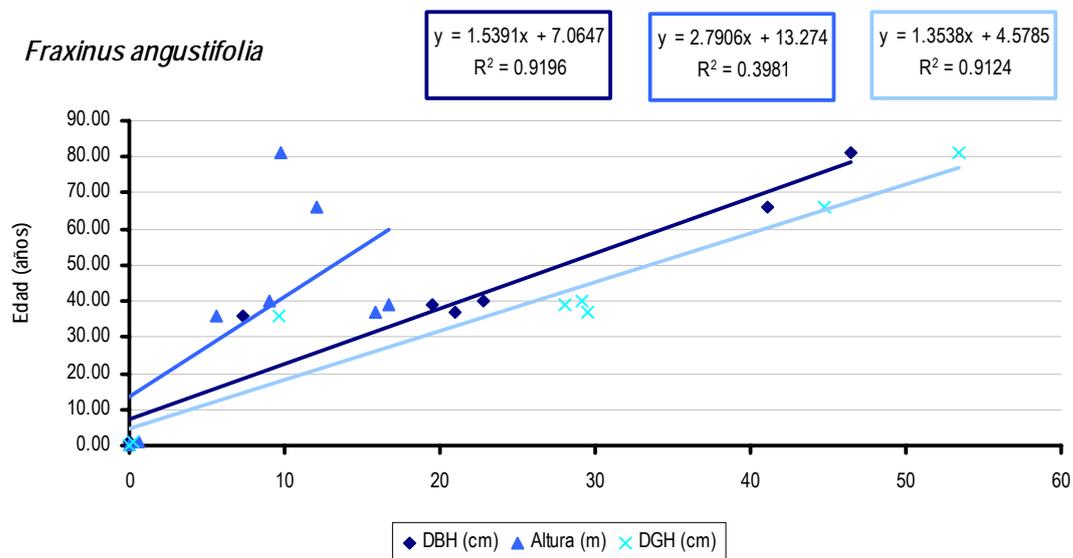


Figura 5.13. Comparativa de las curvas de crecimiento para *Fraxinus angustifolia* en los tramos de estudio

5.1.10.- *Tamarix spp.*

Para esta especie se usan los datos disponibles, pertenecientes únicamente al tramo del Mijares regulado. Los datos presentan un ajuste bueno, como se observa en la figura siguiente.

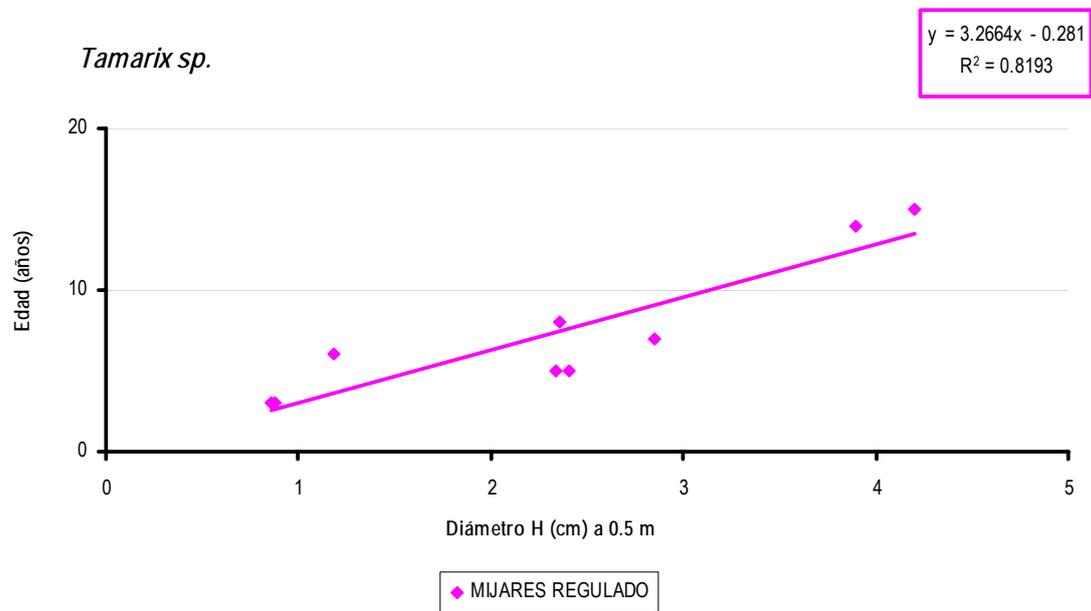


Figura 5.14. Comparativa de las curvas de crecimiento (diámetro-edad) para *Tamarix spp.* en los tramos de estudio

5.2.- CURVAS DE IDONEIDAD DE VARIABLES HIDROLÓGICAS PARA LA MODELACIÓN EMPÍRICA DE RELACIONES VEGETACIÓN-FLUJO

Se muestra en la siguiente tabla el tamaño muestral de las especies recogidas en el muestreo georreferenciado de la vegetación y que han sido utilizadas para la elaboración de las curvas de idoneidad. No han sido utilizadas ni *Crataegus monogyna* (CR), ni *Cornus sanguinea* (CS) por el bajo tamaño muestral presentado. Tampoco *Pinus nigra* (PC), ya que se trata de una especie que aunque sí que aparece en las riberas, no se trata de una especie de ribera y estaría mostrando un caso extremo dentro de su distribución potencial.

Por lo tanto, se han elaborado curvas de idoneidad para las siguientes especies: *Populus alba* (PA), *Populus nigra* (PN), *Salix purpurea* (SP), *Salix eleagnos* (SE), *Nerium oleander* (NO), *Salix alba* (SL), *Fraxinus angustifolia* (FA), *Salix atrocinerea* (SA), *Tamarix* spp. (TA) y *Salix triandra* (ST).

Tabla 5.2 Tamaño muestral obtenido en el muestreo georreferenciado de la vegetación ribereña y utilizado en la elaboración de las curvas de idoneidad.

Tramo/Especie	PA	PN	SP	SE	PC	NO	SL	FA	SA	CM	TA	ST	CR	CS
Serpis	33	43	-	-	-	61	-	-	41	-	-	-	-	-
Cirat	-	36	5	20	-	2	-	-	5	23	16	-	-	-
Tormo	-	18	-	19	-	36	-	-	3	22	17	-	-	-
Terde-1	-	78	104	40	-	-	11	-	-	-	-	14	-	-
Terde-2	-	32	74	6	-	-	17	-	-	-	-	10	-	-
RBatan-1	47	48	32	16	46	-	24	18	-	-	-	5	9	8
RBatan-2	246	68	44	59	108	-	10	43	-	-	-	1	-	-
Total	326	323	259	160	154	99	62	61	49	45	33	30	9	8

Algunas especies han presentado un tamaño muestral muy bajo durante el muestreo georreferenciado de la vegetación, no obstante sí que han sido incluidas en el análisis y se han elaborado curvas de idoneidad para ellas. Es por ejemplo el caso de *Salix triandra* (ST), que a pesar de presentar un tamaño muestral mínimo (30 individuos) se ha considerado una especie relevante para elaborar su curva de idoneidad.

Para cada una de las variables de estudio se ha realizado un histograma mostrando la distribución y frecuencia de los datos para cada especie y tramo. Conviene recordar, como se explicó y justificó en los métodos, que al elaborar la curva final, para que cada histograma comparado represente unas condiciones ambientales aproximadamente homogéneas, y que la representatividad de datos

(estimada en número de transectos) con distintos orígenes sea similar, los tramos se han agrupado de la siguiente manera (cada grupo presenta un histograma):

- Tramo alto del Mijares (no regulado): tramos Terde 1 y 2 (20 transectos). En las gráficas aparece codificado como M-A.
- Tramo alto del Cabriel (no regulado): tramos Rabo de Batán 1 y 2 (20 transectos). En las gráficas aparece codificado como C-A.
- Tramo bajo del Mijares (regulado): tramos Cirat y Tormo (18 transectos). En las gráficas aparece codificado como M-R.
- Tramo bajo del Serpis (regulado): tramo Serpis (11 transectos, que para equiparar el esfuerzo de muestreo con el de otros tramos, será ponderado por 2 en la comparativa de histogramas). En las gráficas aparece codificado como S-R.

En relación a la quinta variable (elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base) se ha elaborado una tabla en la que se muestra el caudal base elegido para cada uno de los tramos de estudio, haciendo mención al número de años medios obtenido y al número de años utilizado finalmente para realizar el cálculo, así como el periodo de evaluación. Éste ha coincidido en la mayoría de los casos con el verano y final de éste, ya que es la época en la que de manera natural se suelen presentar los caudales más bajos, coincidiendo con un periodo de ausencia de lluvias.

El número mínimo de años utilizado para realizar el cálculo del caudal base ha sido de 5 años y ha correspondido con el tramo de Lorcha. No obstante, a pesar del bajo número de años, al tratarse de un río regulado no tiene apenas variabilidad, por lo que se han identificado periodos de caudal muy estable y el caudal base ha podido ser identificado con relativa facilidad. En ambos tramos regulados del río Mijares se han utilizado 10 años de datos para realizar el cálculo. En los tramos naturales, el número de años utilizado ha sido de 13 (Terde1 y 2) y 15 (Rabo del Batán 1 y 2).

Tabla 5.3 Resumen de los caudales base obtenidos para cada tramo de estudio, los años utilizados para el cálculo del mismo y el periodo de evaluación.

Tramo	Serie temporal	Nº total años	Nº años medios	Nº años usados para el cálculo	Periodo de evaluación	Caudal base (m ³ /s)
Lorcha	1998-09	11	5	5	1 julio-30 sep.	1.276
Cirat	1987-07	20	10	10	1-31 julio	0.770
Tormo	1987-07	20	10	10	1-31 julio	0.258
Terde-1	1946-09	63	31	13	17 julio-12 ago.	0.380
Terde-2	1946-09	63	31	13	17 julio-12 ago.	0.380
Rabo Batán-1	1949-09	60	30	15	1-31 ago.	3.059
Rabo Batán-2	1949-09	60	30	15	1-31 ago.	3.059

5.2.1.- *Populus nigra*

5.2.1.1.- Duración de la inundación

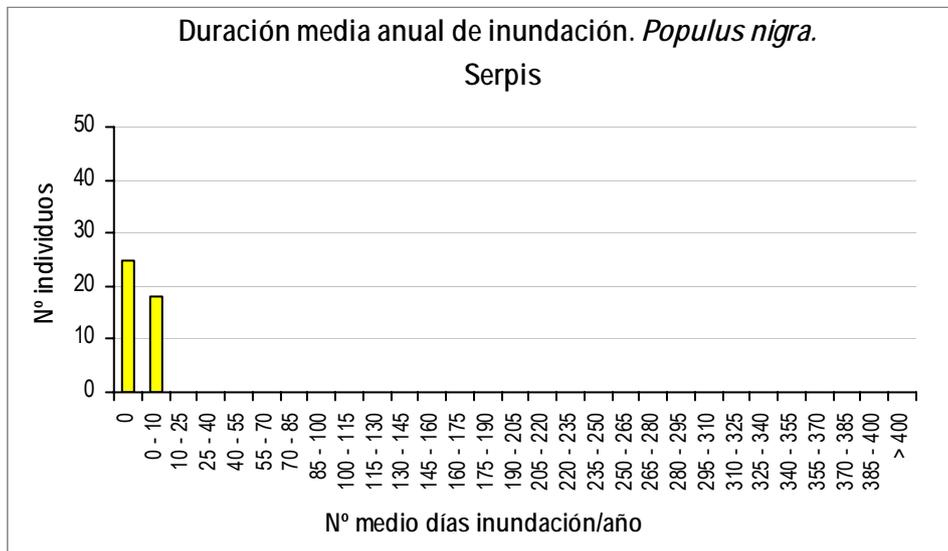


Figura 5.15. Duración media anual de la inundación para *Populus nigra* en Lorcha (Serpis).

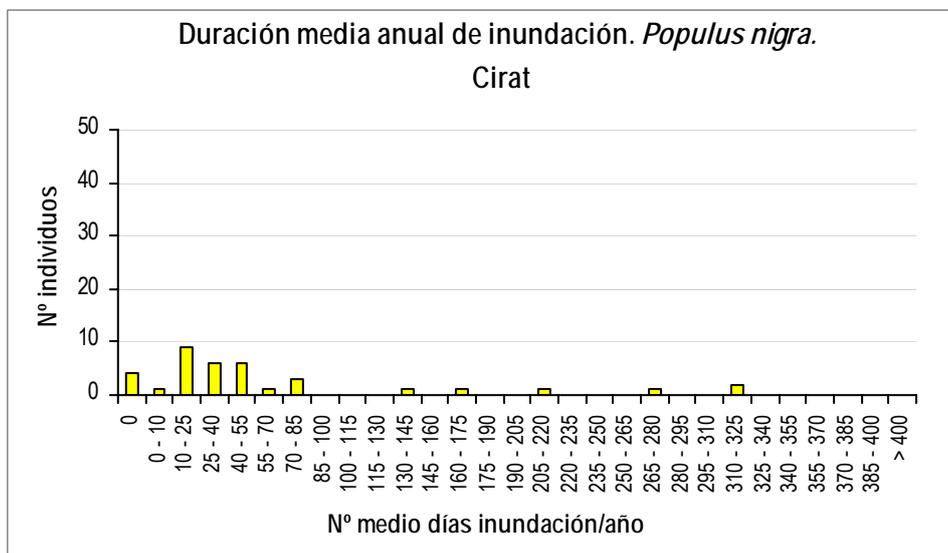


Figura 5.16. Duración media anual de la inundación para *Populus nigra* en Cirat (Mijares).

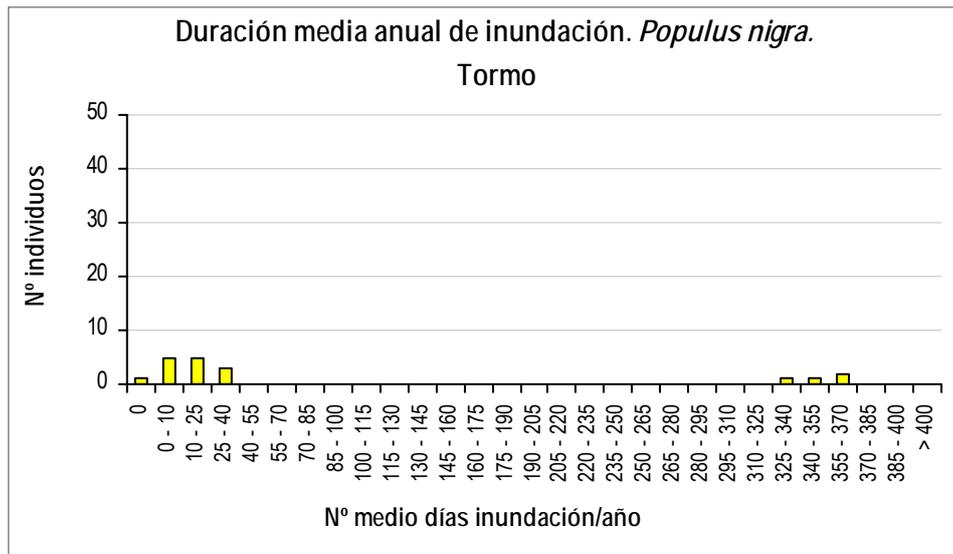


Figura 5.17. Duración media anual de la inundación para *Populus nigra* en Tormo (Mijares).

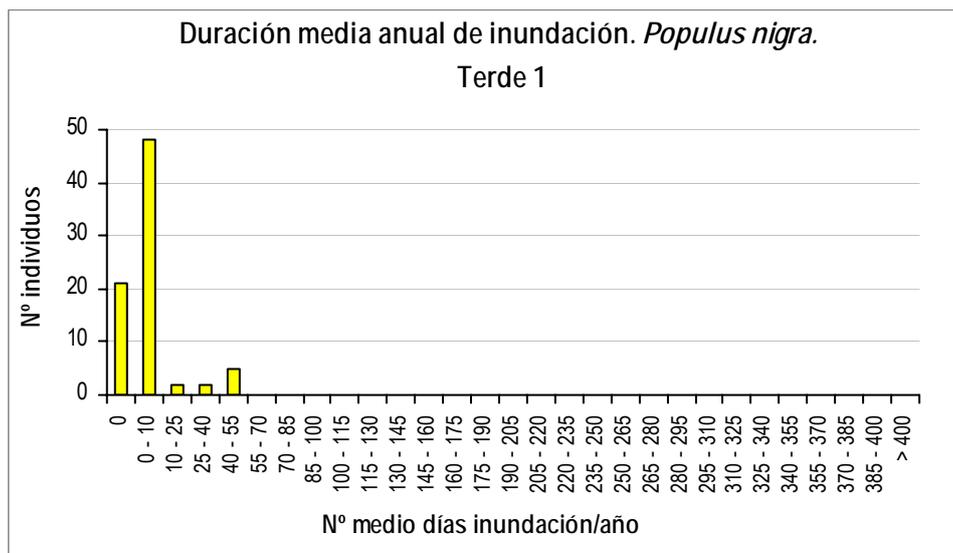


Figura 5.18. Duración media anual de la inundación para *Populus nigra* en Terde-1 (Mijares).

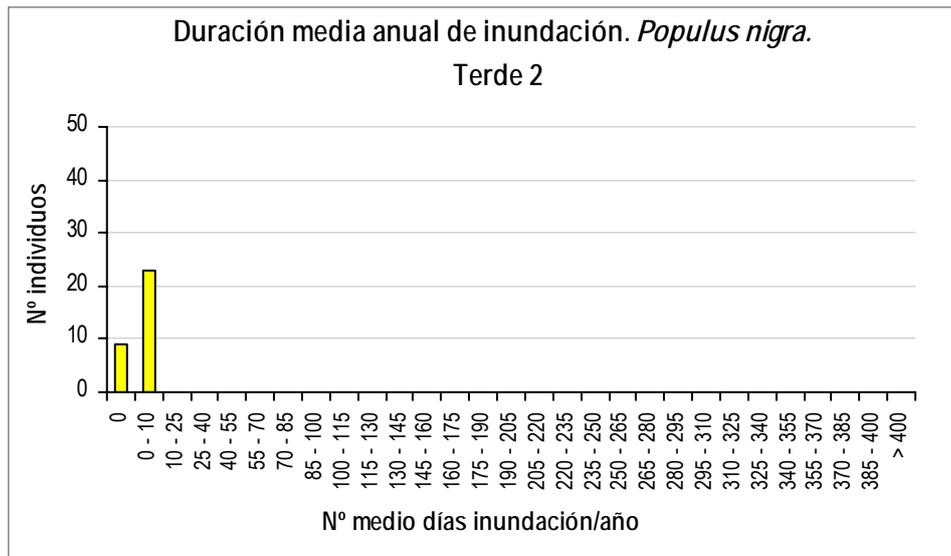


Figura 5.19. Duración media anual de la inundación para *Populus nigra* en Terde-2 (Mijares).

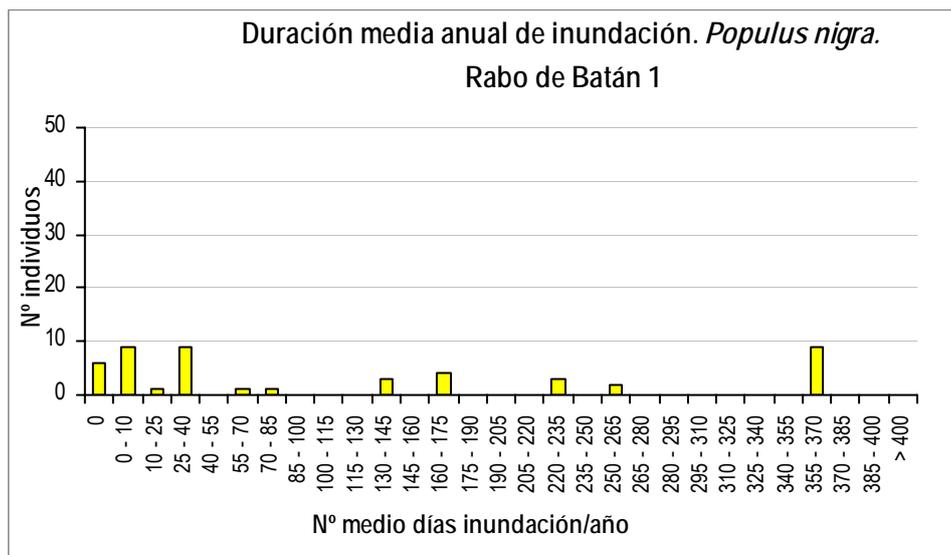


Figura 5.20. Duración media anual de la inundación para *Populus nigra* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

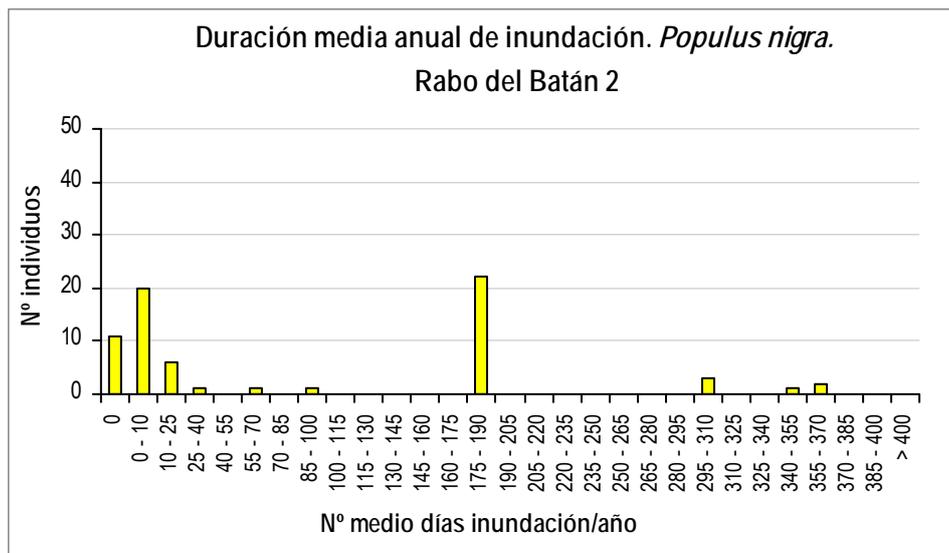


Figura 5.21. Duración media anual de la inundación para *Populus nigra* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

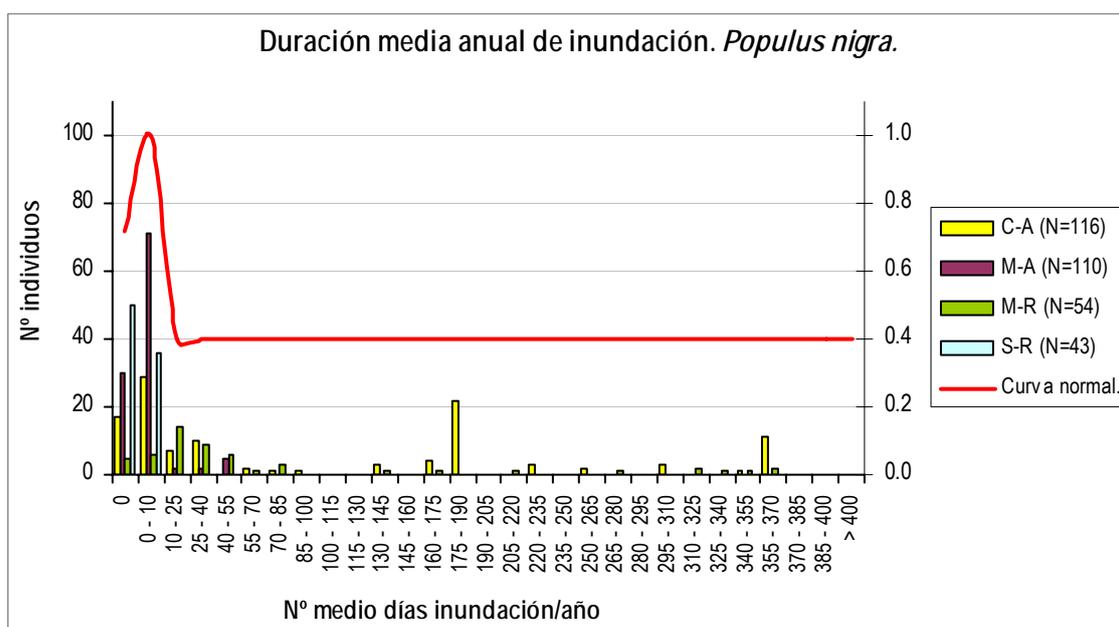


Figura 5.22. Histogramas de duración media anual de la inundación para *Populus nigra*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Como puede verse en la gráfica, el tamaño muestral en grupos de tramos no regulados es muy similar (116 y 110), y algo parecido ocurre en los dos grupos de tramos regulados (54 y 43 individuos, datos independientes sin considerar la ponderación de datos del histograma del río Serpis). Para esta variable, los histogramas correspondientes a los 4 grupos de tramos presentan diferencias en cuanto al rango de los datos, pero todos ellos se agrupan en un intervalo bastante

reducido, con máximos casi coincidentes en los 4, en el intervalo entre 0 y 10 días por año (excepto Serpis). A pesar de dicha agrupación, la variabilidad de datos (la larga "cola" por la derecha) indica que probablemente no se trata de datos que puedan ajustarse a una distribución normal. La variabilidad de datos difiere mucho entre los 4 grupos, no estando asociada a la regulación del tramo, pues los datos más dispersos se encuentran principalmente en el Cabriel alto no regulado (C-A), pero también en el Mijares regulado (M-R). Ya que encontramos un número relevante de datos hasta el rango de 190 días, la curva se ha mantenido horizontal hasta este punto, aunque con una idoneidad baja; se asume que la variabilidad de frecuencias entre la moda y este intervalo puede responder a la falta de datos en algunos tramos, que podría subsanarse o conocerse mejor con futuros muestreos en nuevos tramos.

En esta variable, dado que un porcentaje relevante de datos queda a la derecha del ámbito del máximo descrito, que muchos de ellos proceden de tramo natural e indican una amplia variabilidad de los datos, se ha considerado prudente establecer una idoneidad de 0.5 para el rango de datos a la derecha de la moda hasta el máximo detectado.

5.2.1.2.- Duración de la inundación en el periodo vegetativo

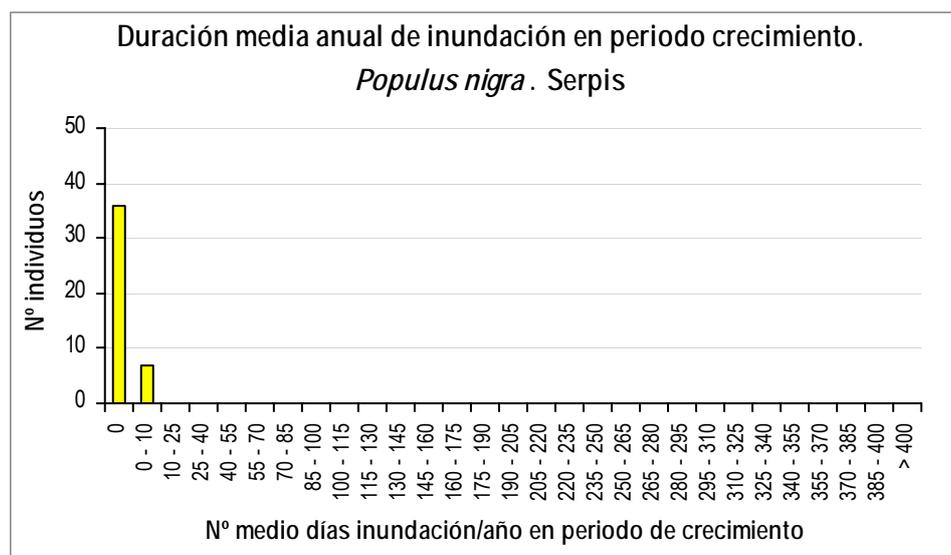


Figura 5.23. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Populus nigra en Lorcha (Serpis).

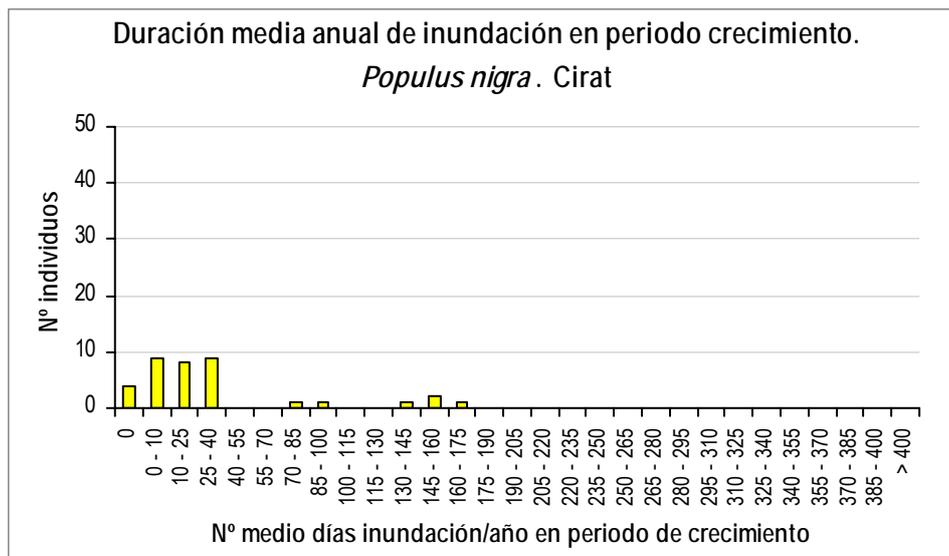


Figura 5.24. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Populus nigra* en Cirat (Mijares).

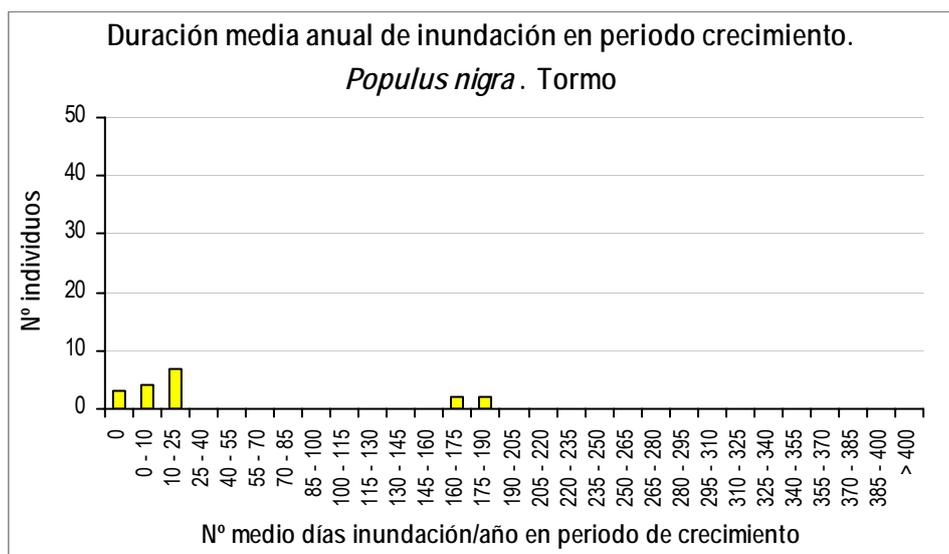


Figura 5.25. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Populus nigra* en Tormo (Mijares).

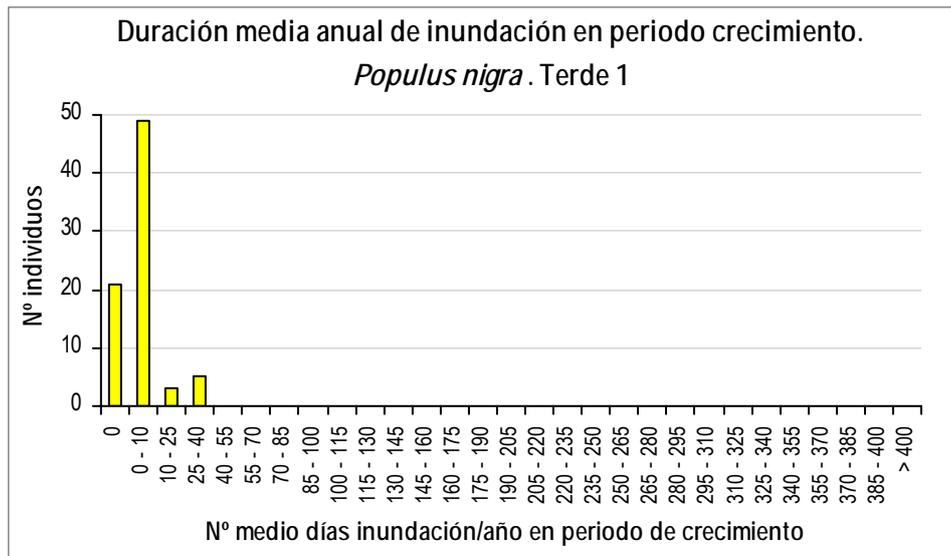


Figura 5.26. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Populus nigra* en Terde-1 (Mijares).

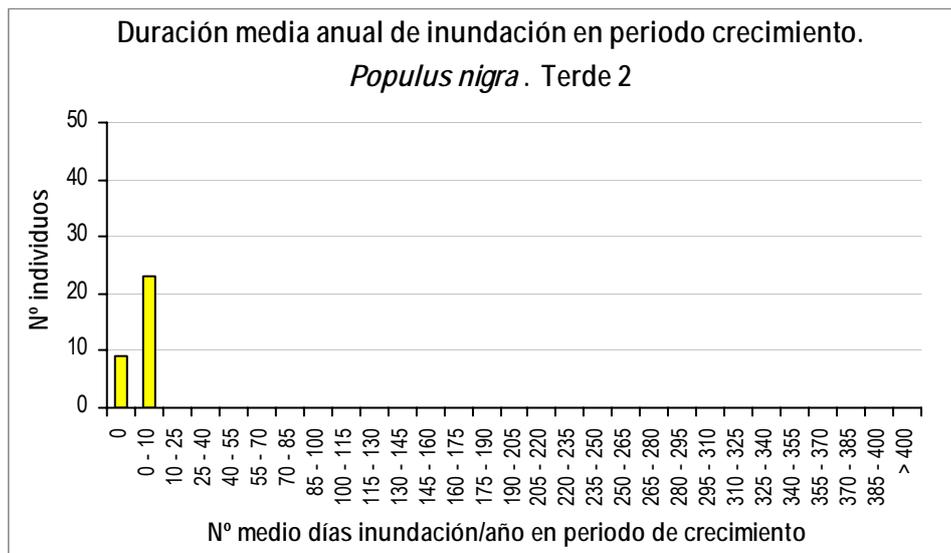


Figura 5.27. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Populus nigra* en Terde-2 (Mijares).

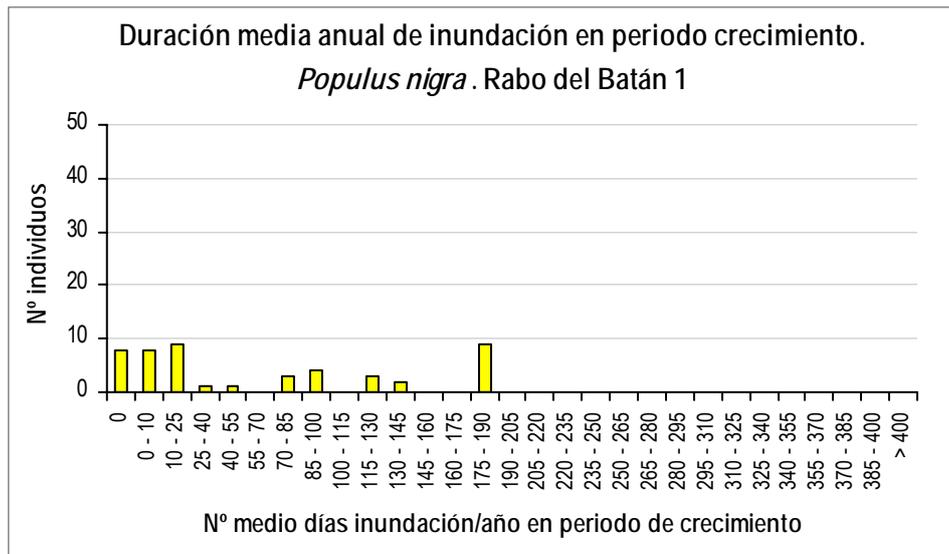


Figura 5.28. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Populus nigra en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

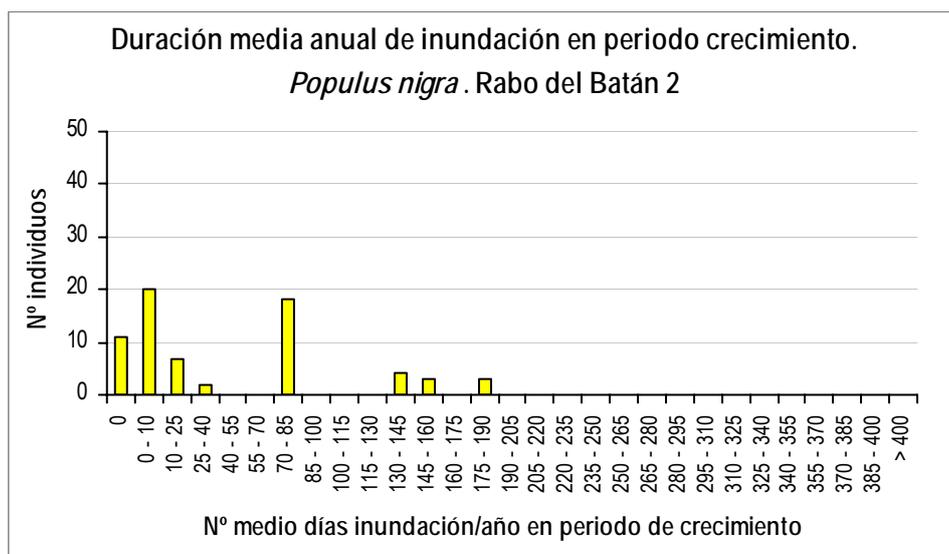


Figura 5.29. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Populus nigra en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

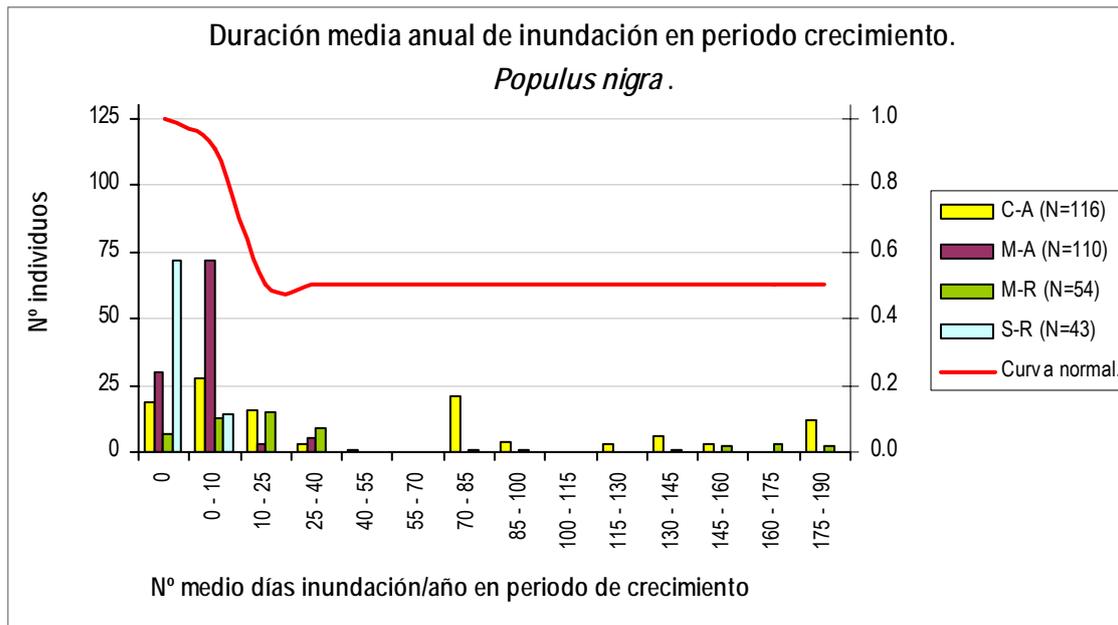
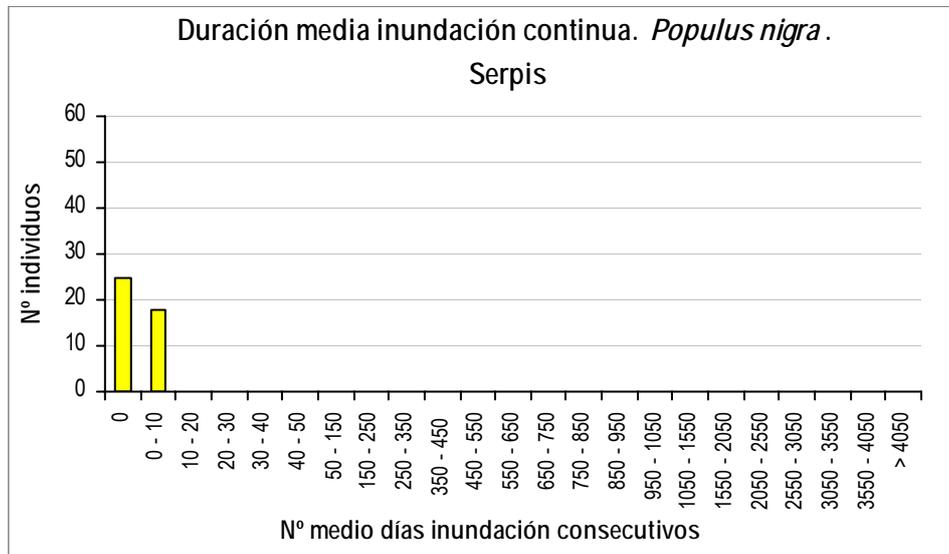
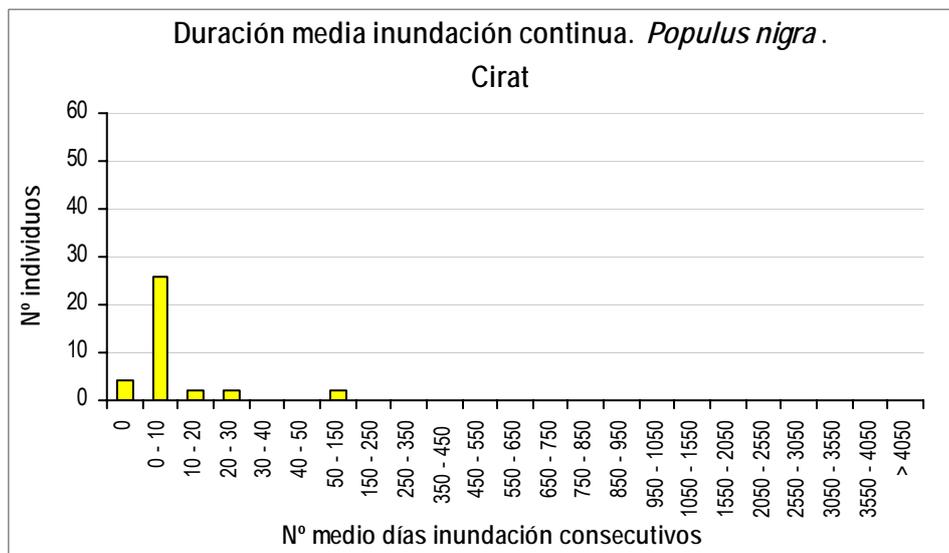


Figura 5.30. Histogramas de duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Populus nigra*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Para esta variable se observa también una agrupación de datos en los intervalos más bajos, con un máximo claro en los intervalos de 0-10 y 10-25 días por año (excepto Serpis). Naturalmente, la variabilidad de datos es más reducida que en la variable anterior, pues al limitarnos al periodo vegetativo hay una ventana temporal más estrecha. Se nota una diferencia importante, observándose un número de días bastante más reducido. Destaca el tramo del Cabriel alto donde el rango de datos es mayor, mientras que estas diferencias no estaban tan claras en la variable de inundación media durante todo el año. Dado que en este tramo había pies con inundación todo el año, el mismo dato se refleja al ajustarnos al periodo vegetativo. Lo mismo ocurre con escasos individuos en el Mijares regulado, mientras que en el Mijares alto y en el Serpis esto no ocurre y los datos están muy restringidos a los primeros intervalos, con máximo en 10 y 40 días, respectivamente. Por las mismas razones expuestas antes, se ha considerado lo más prudente el asignar una idoneidad de 0.5 a los datos de la derecha del máximo, pues consideramos que asignar una idoneidad muy baja (como se obtendría por el método matemático estricto) no describiría bien la plasticidad real que puede tener la especie en varios ríos naturales.

Esta variable y la anterior nos permite ver la importancia de estas diferencias hidrológicas sobre los datos reales de plantas, lo cual no suele verse en algunos artículos científicos, donde calculan una u otra variable (1 ó 2) pero no se conoce a ciencia cierta cuando se dan las crecidas que afectan a cada planta. El contar con ambas variables nos permitirá, durante el desarrollo de estudios científicos más avanzados sobre estos datos, el realizar comparativas con un conjunto de estudios más diverso.

5.2.1.3.- Duración de la inundación continua (número de días consecutivos)

Figura 5.31. Duración media de la inundación continua para *Populus nigra* en Lorcha (Serpis).Figura 5.32. Duración media de la inundación continua para *Populus nigra* en Cirat (Mijares).

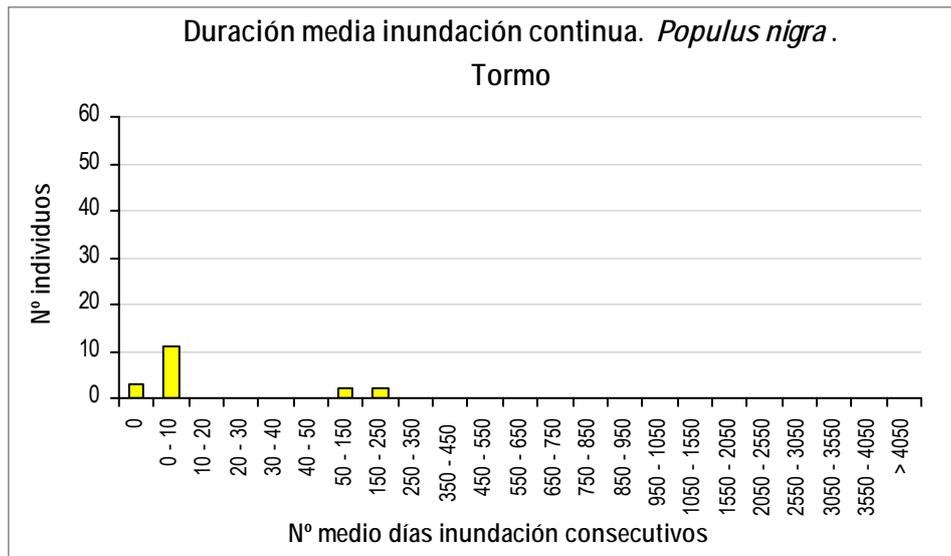


Figura 5.33. Duración media de la inundación continua para *Populus nigra* en Tormo (Mijares).

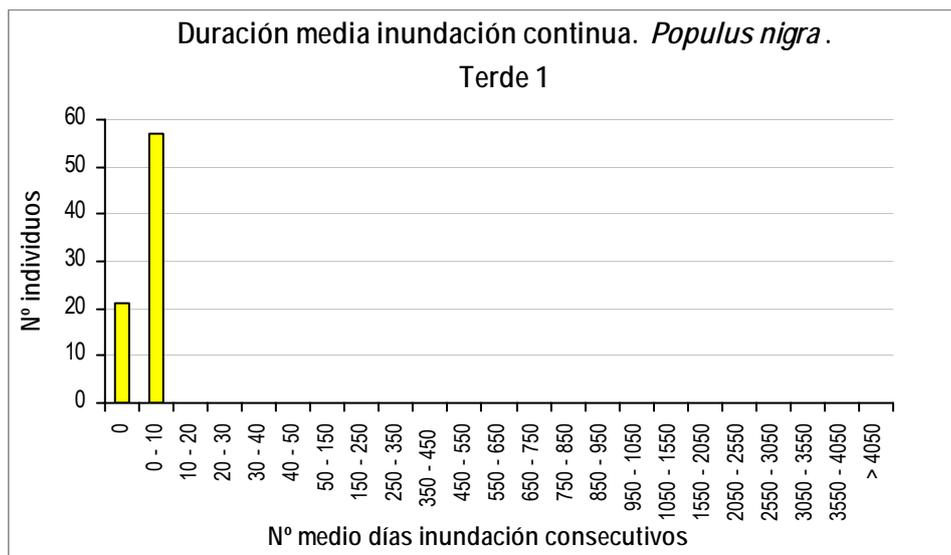


Figura 5.34. Duración media de la inundación continua para *Populus nigra* en Terde-1 (Mijares).

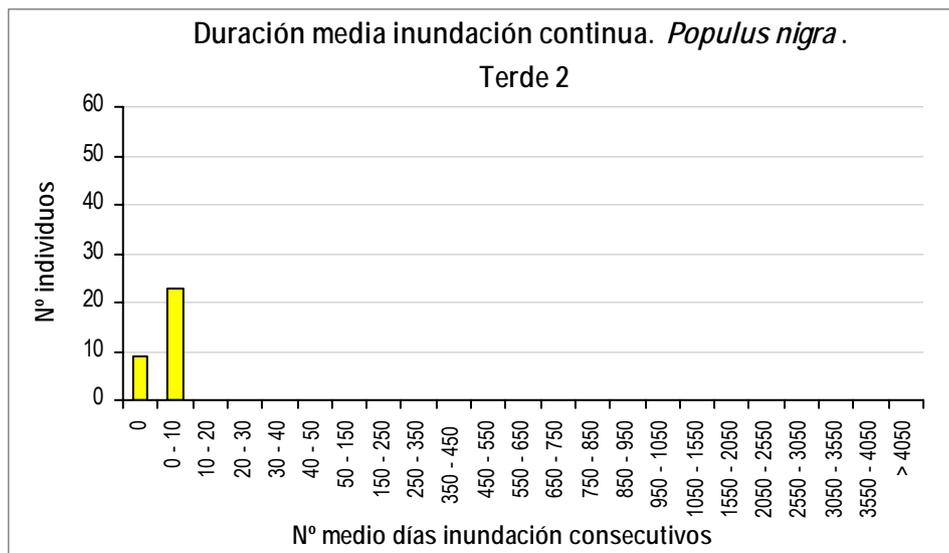


Figura 5.35. Duración media de la inundación continua para *Populus nigra* en Terde-2 (Mijares).

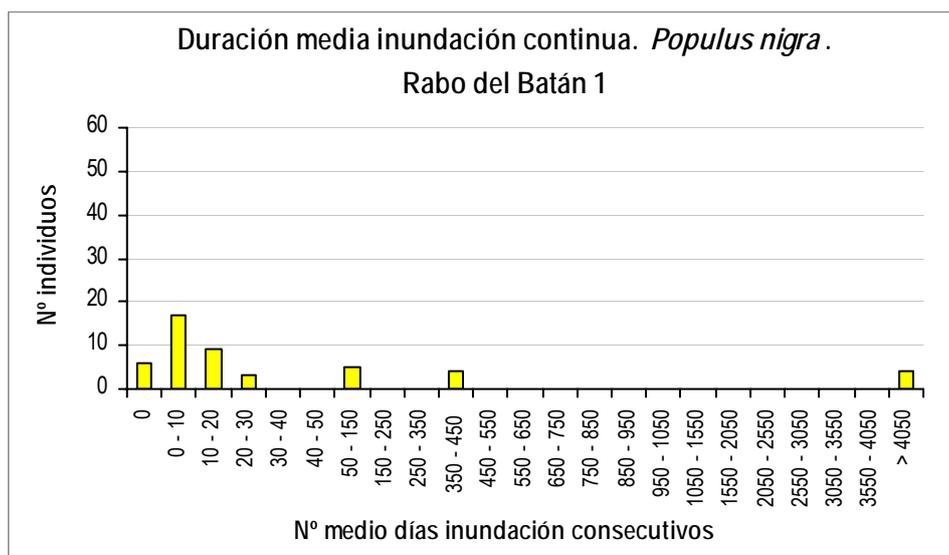


Figura 5.36. Duración media de la inundación continua para *Populus nigra* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

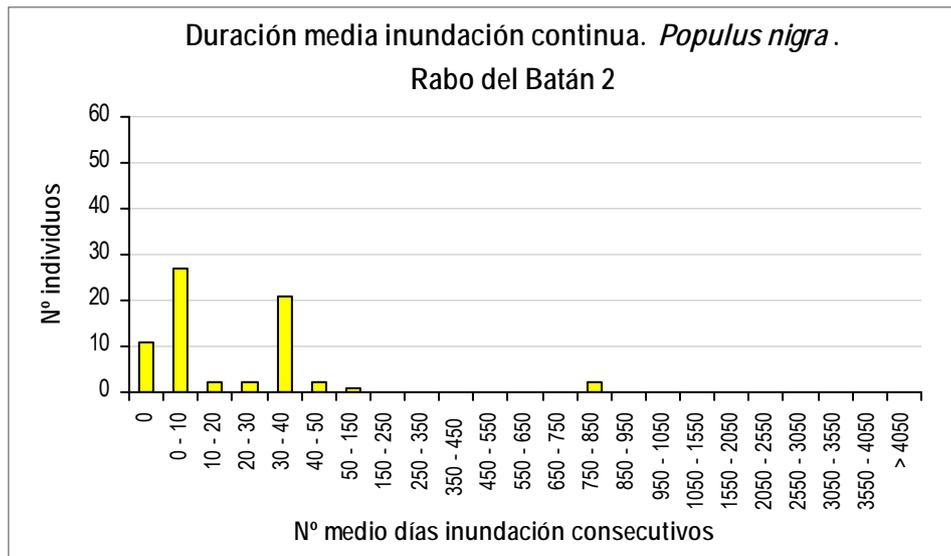


Figura 5.37. Duración media de la inundación continua para *Populus nigra* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

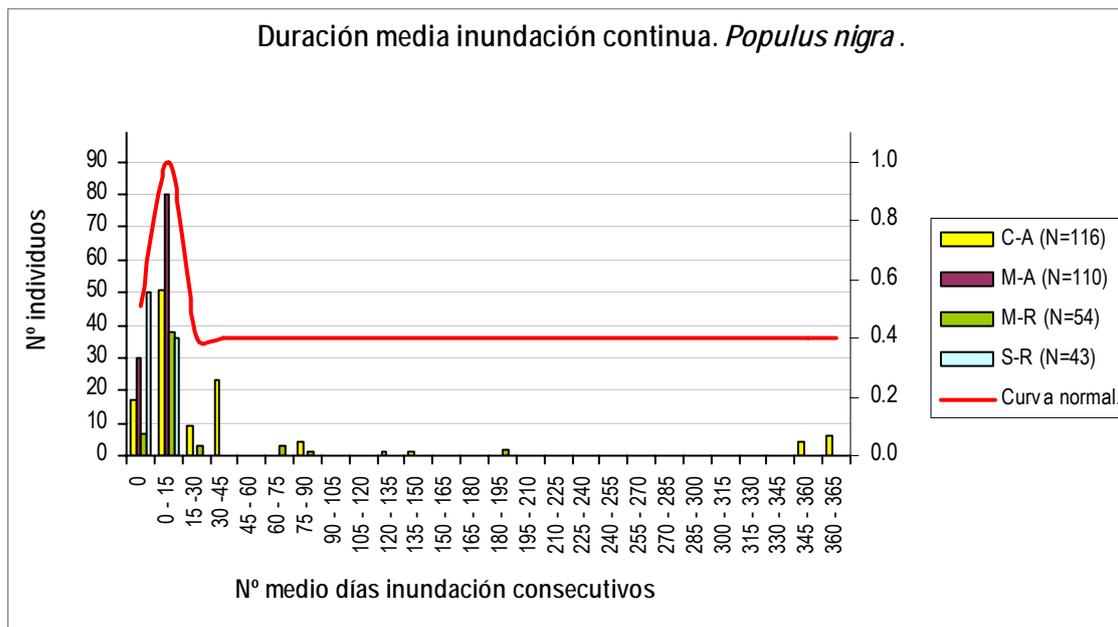


Figura 5.38. Histogramas de duración media de la inundación continua para *Populus nigra*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

En esta variable, se observa un cambio relevante a la derecha de la curva con respecto del tiempo total de inundación (primera variable), ya que en aquella había una cierta proporción de datos que llegaban hasta 190 días. Esto nos indica, junto a otras variables, que fundamentalmente las inundaciones que sufren estas plantas se suceden de modo continuo en pocos eventos, no dispersas en muchos eventos independientes. Los datos se agrupan igualmente en un rango muy

estrecho, entre 0 y 15 días consecutivos, pero existe un cierto número de casos que llega hasta los 30-45 días. La mayor variabilidad de datos corresponde al río Cabriel, aunque también el Mijares regulado presenta algunos datos mayores que el intervalo mencionado. En este rango de pocos datos (desde 15 a 45), así como más allá (con una idoneidad muy baja), se asume que los huecos se deben a que es muy difícil obtener una distribución perfecta, necesitándose tamaños muestrales muy grandes para ello; en estos intervalos hay una mayor incertidumbre (por la irregularidad y diferencia de datos entre tramos), y una recogida de nuevos datos podría completar mejor esta parte de la curva. El porcentaje de datos en la cola derecha es relativamente bajo, por lo que se ha decidido asignarle a dicho rango de valores una idoneidad de 0.4. Hasta el momento, y con cautela, se asume que lo más idóneo para la especie sería no sobrepasar los 45 días de inundación continua.

5.2.1.4.- Frecuencia de inundación

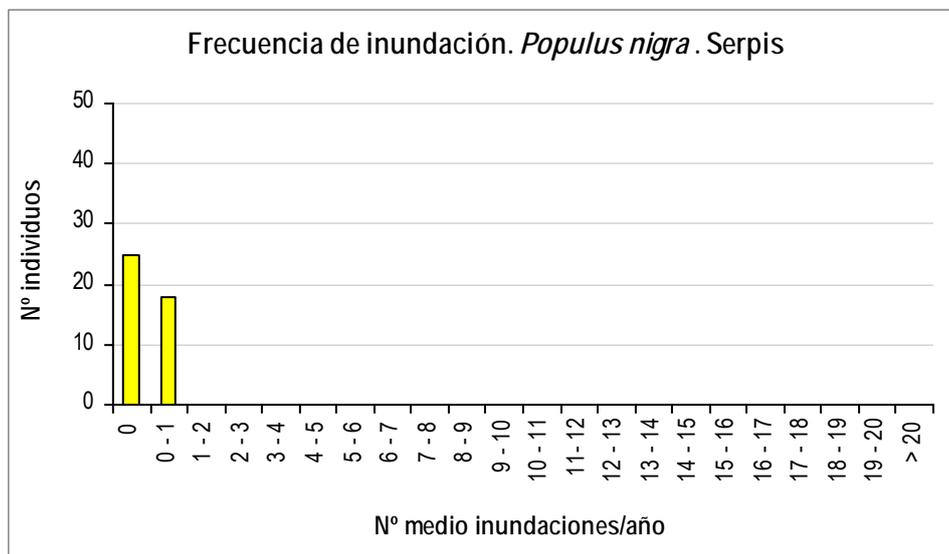


Figura 5.39. Frecuencia de inundación para *Populus nigra* en Lorcha (Serpis).

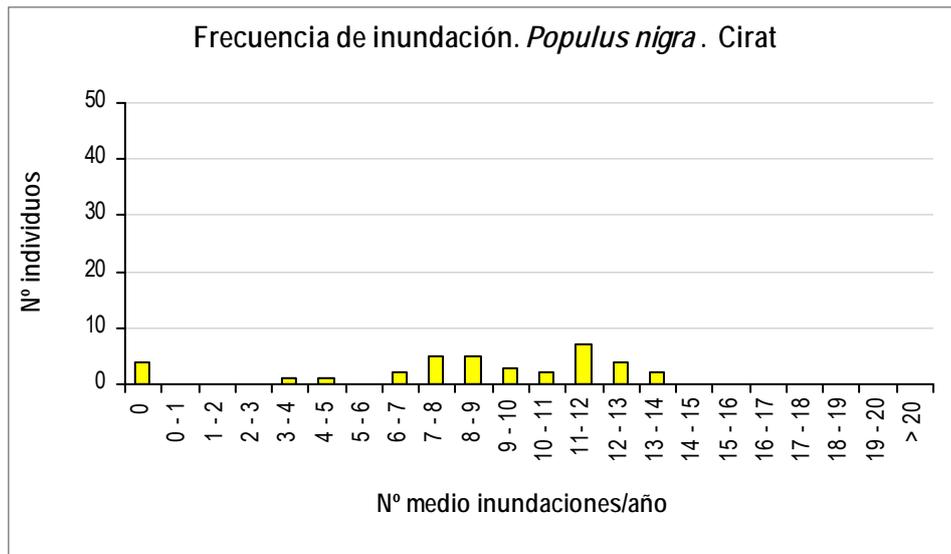


Figura 5.40. Frecuencia de inundación para *Populus nigra* en Cirat (Mijares).

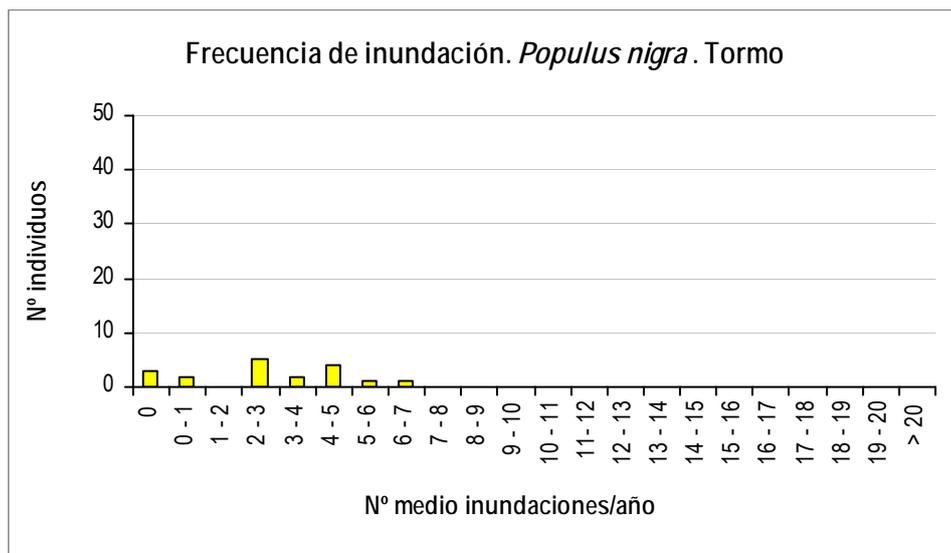


Figura 5.41. Frecuencia de inundación para *Populus nigra* en Tormo (Mijares).

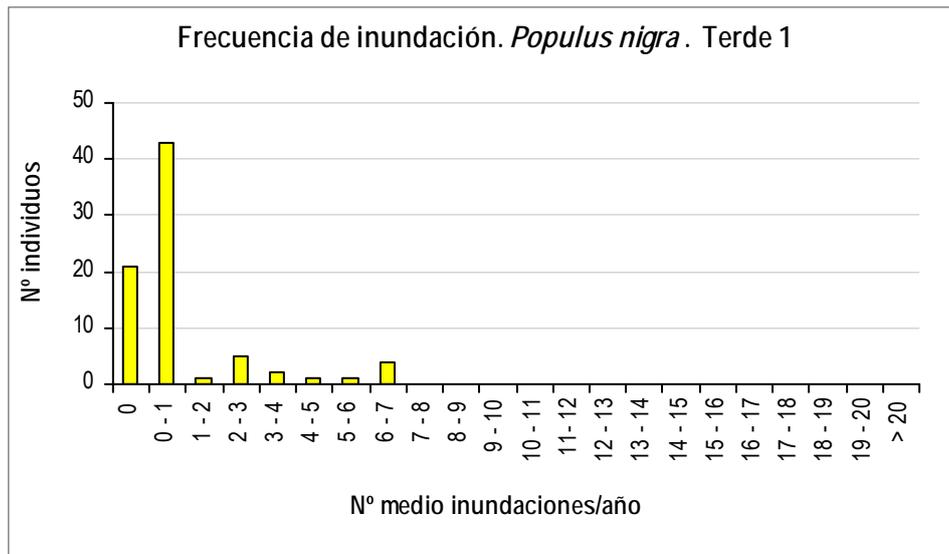


Figura 5.42. Frecuencia de inundación para *Populus nigra* en Terde-1 (Mijares).

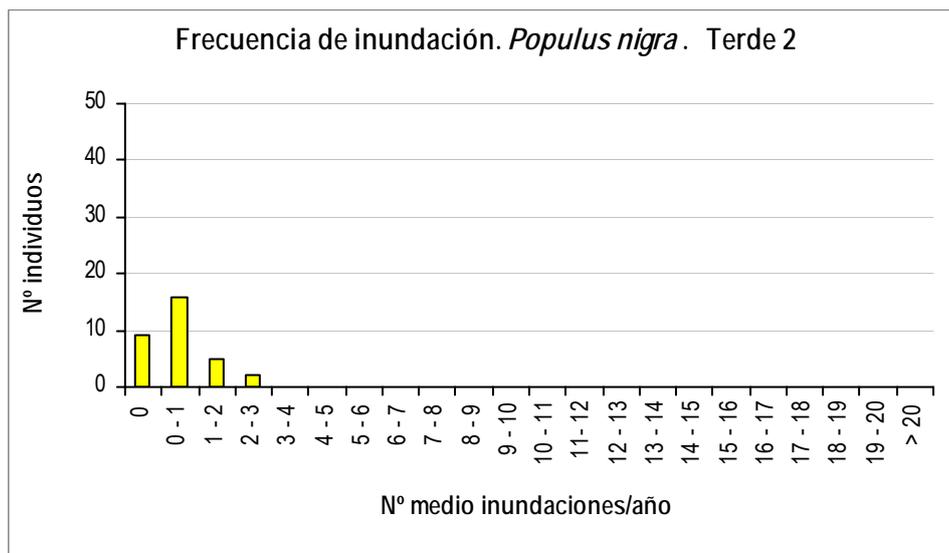


Figura 5.43. Frecuencia de inundación para *Populus nigra* en Terde-2 (Mijares).

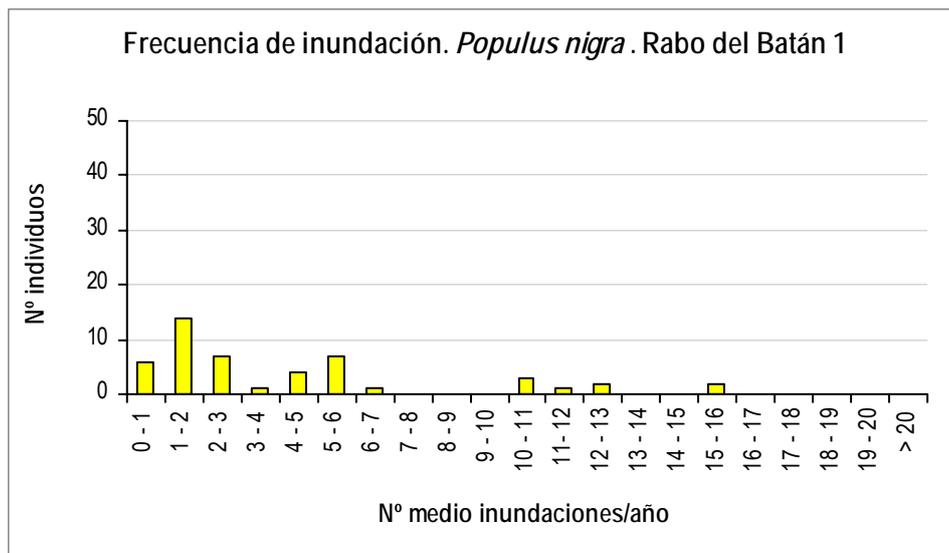


Figura 5.44. Frecuencia de inundación para *Populus nigra* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

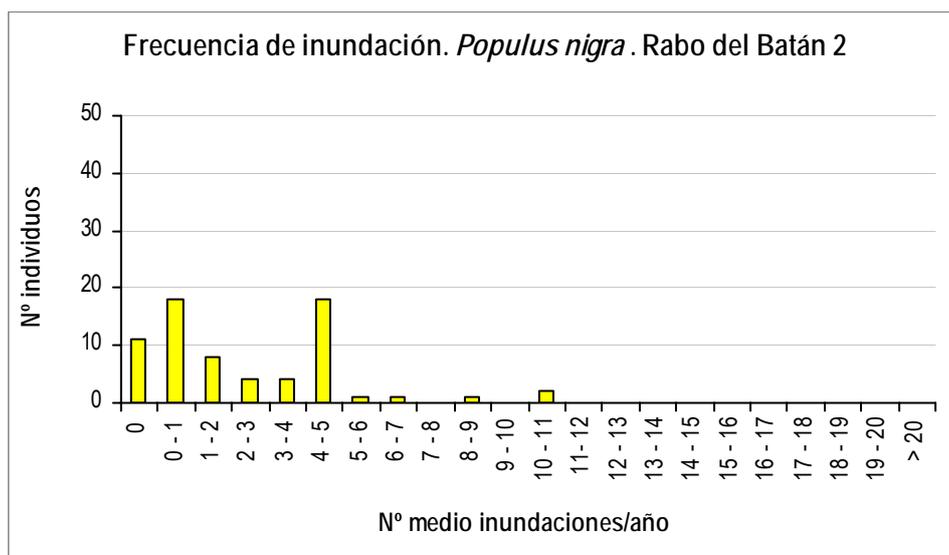
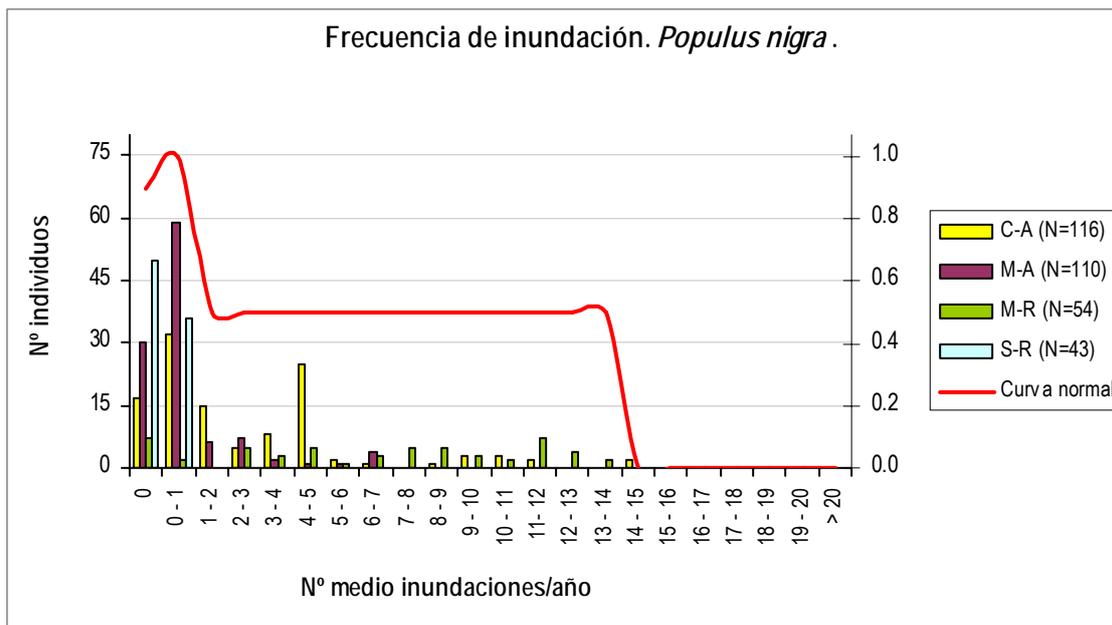


Figura 5.45. Frecuencia de inundación para *Populus nigra* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).



*Figura 5.46. Histogramas de frecuencia de inundación para *Populus nigra*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.*

Los resultados indican que esta especie se inunda en varios eventos al año, pero como se comentó anteriormente lo más frecuente es que los días de inundación se distribuyan en muy pocos eventos; lo más frecuente es que sea 1 solo evento al año. En dos tramos (Mijares regulado y Gabriel) hay una variabilidad mayor, habiendo numerosos pies que se sitúan en zonas donde la inundación es más frecuente, hasta un máximo de 15 ocasiones en un año (2 casos solo). La cola de la derecha abarca una gran cantidad de datos, de diversos tramos, por lo que para intentar describir mejor la plasticidad de la especie se ha decidido asignarle a dicho rango una idoneidad de 0.5 (idoneidad aceptable).

5.2.1.5.- Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base

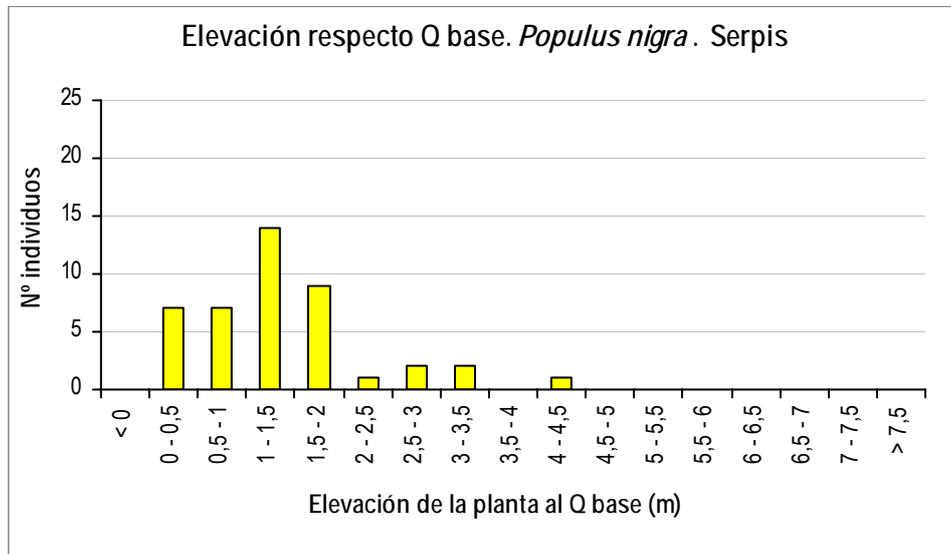


Figura 5.47. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Populus nigra* en Lorcha (Serpis).

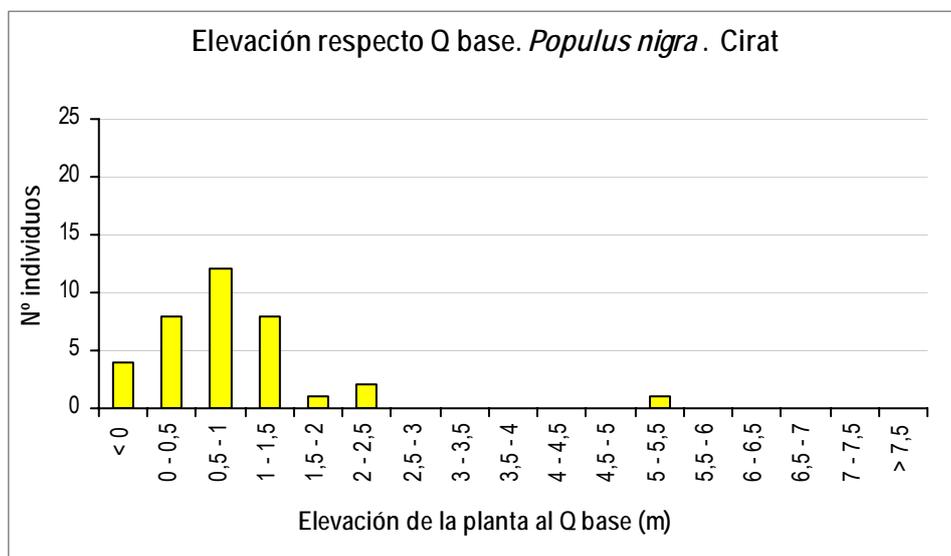


Figura 5.48. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Populus nigra* en Cirat (Mijares).

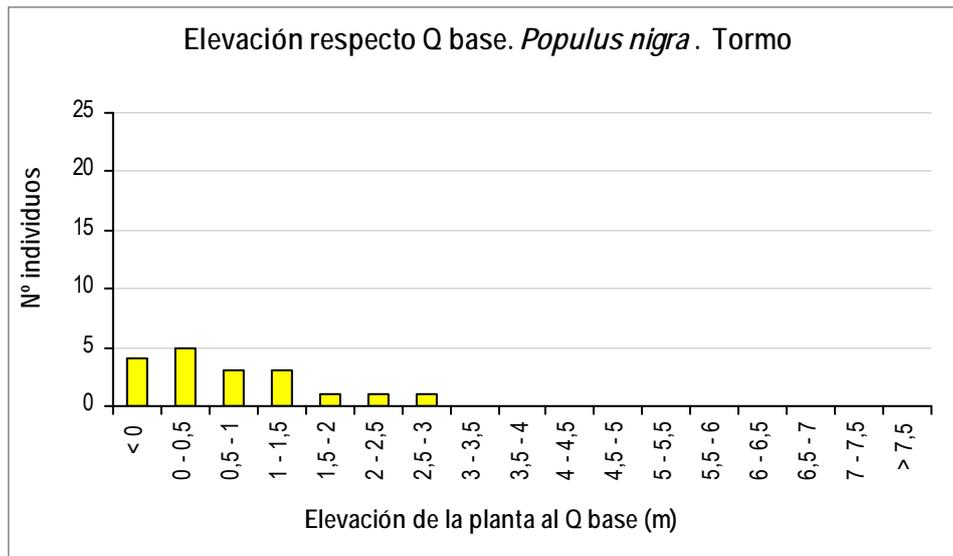


Figura 5.49. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Populus nigra* en Tormo (Mijares).

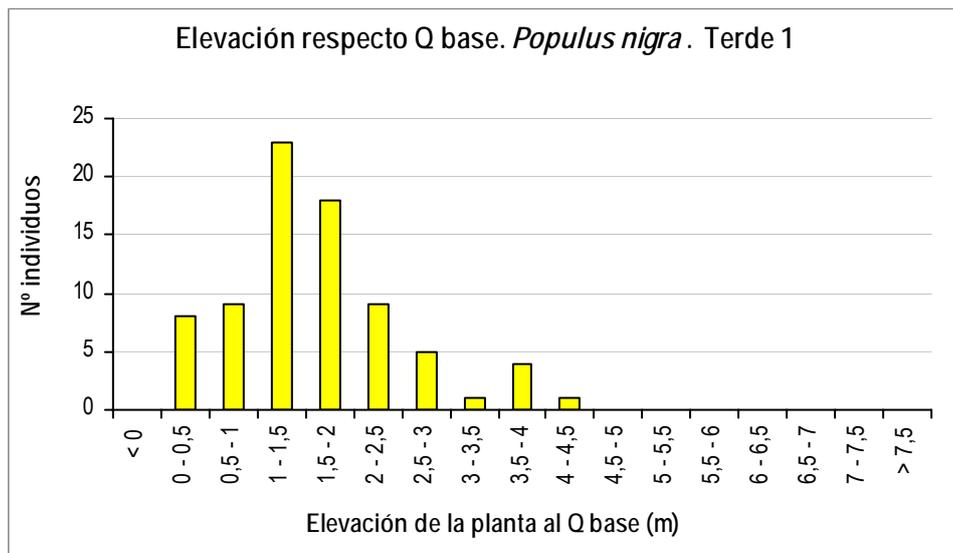


Figura 5.50. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Populus nigra* en Terde-1 (Mijares).

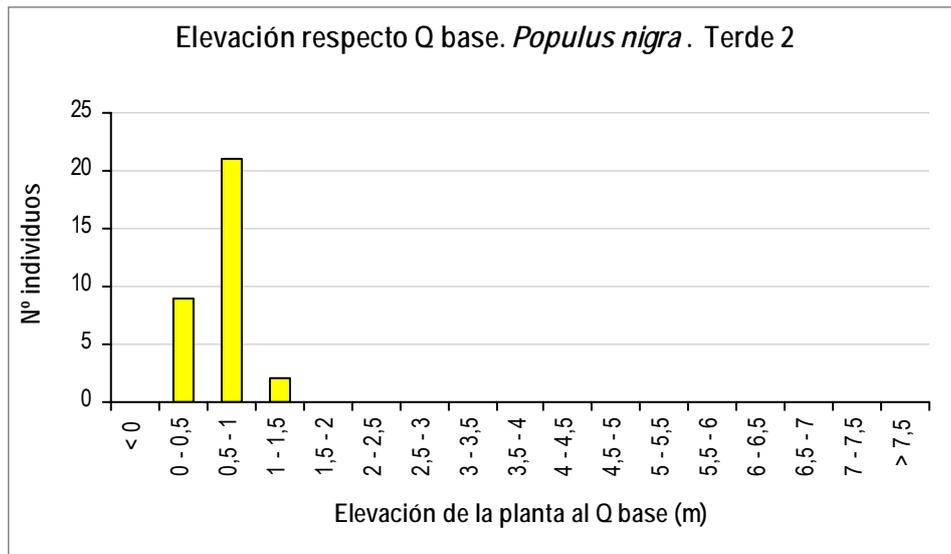


Figura 5.51. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Populus nigra* en Terde-2 (Mijares).

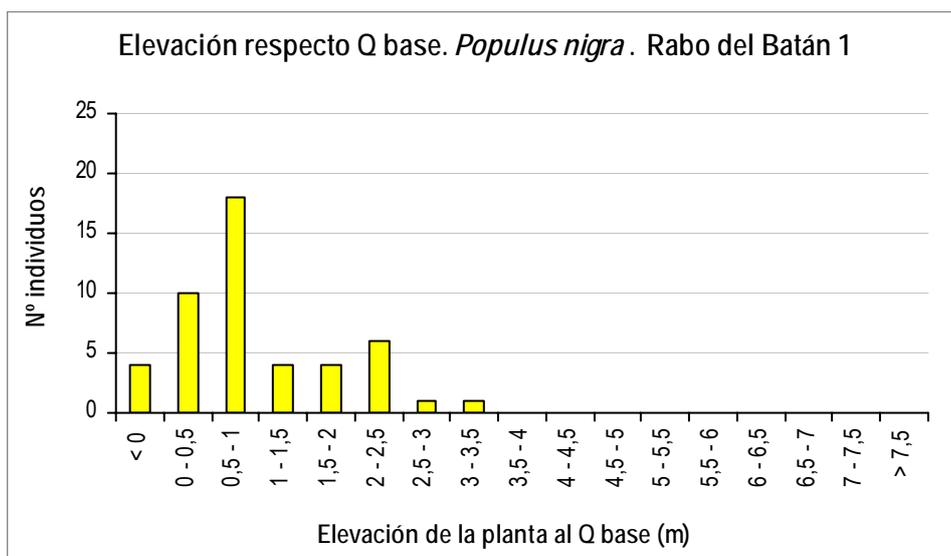


Figura 5.52. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Populus nigra* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

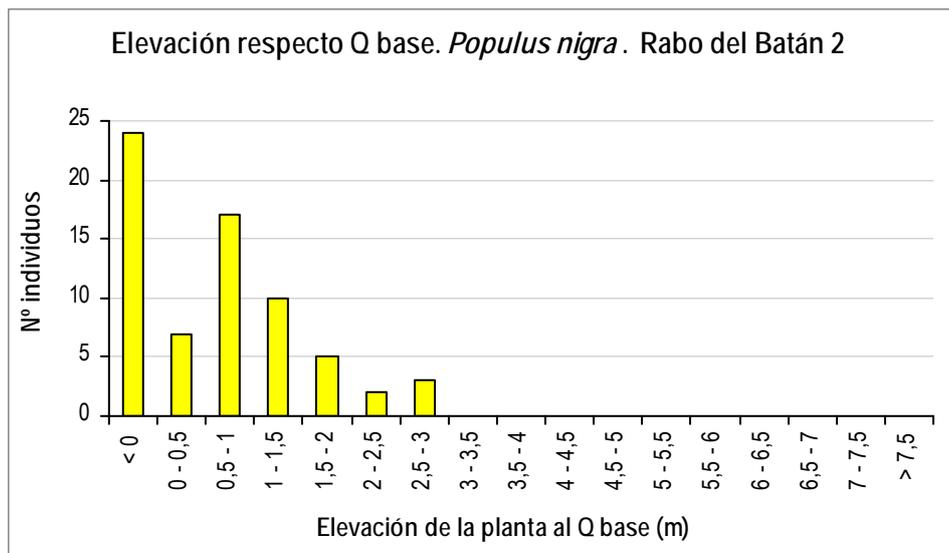


Figura 5.53. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Populus nigra* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

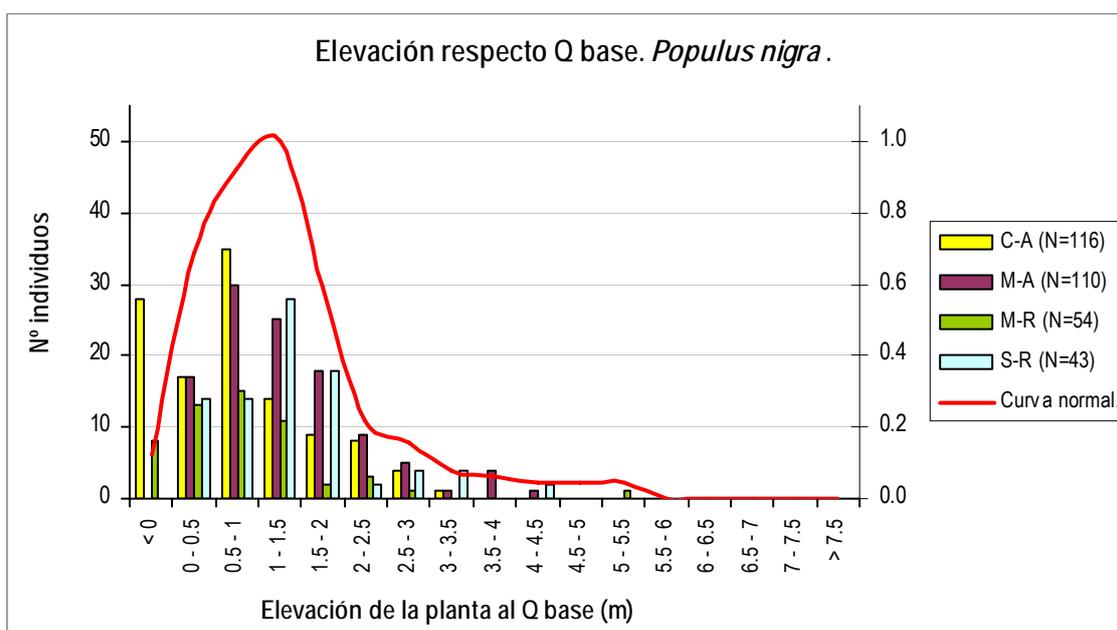


Figura 5.54. Histogramas de elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Populus nigra*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Esta variable, al contrario que las otras, muestra una distribución más simétrica, más similar a una distribución normal. Para el chopo los datos se agrupan alrededor de una moda en el intervalo 0,5-1m. Además, el umbral máximo está mejor definido, pues ningún ejemplar sube de los 5,5 m. Esta variable es interesante no solo para la caracterización singular de la especie, sino para su comparación con las demás y su potencial segregación espacial en la ribera.

5.2.2.- *Populus alba*

5.2.2.1.- Duración de la inundación

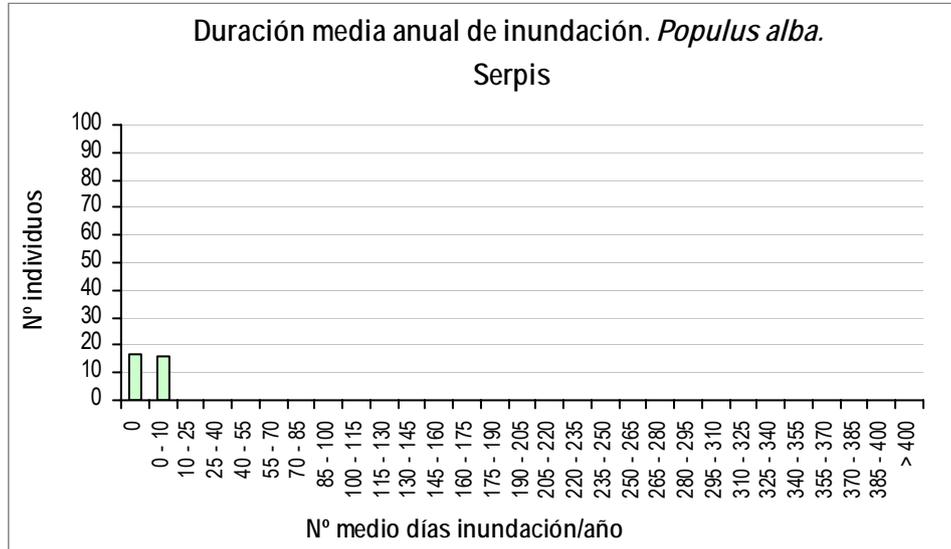


Figura 5.55. Duración media anual de la inundación para *Populus alba* en Lorcha (Serpis).

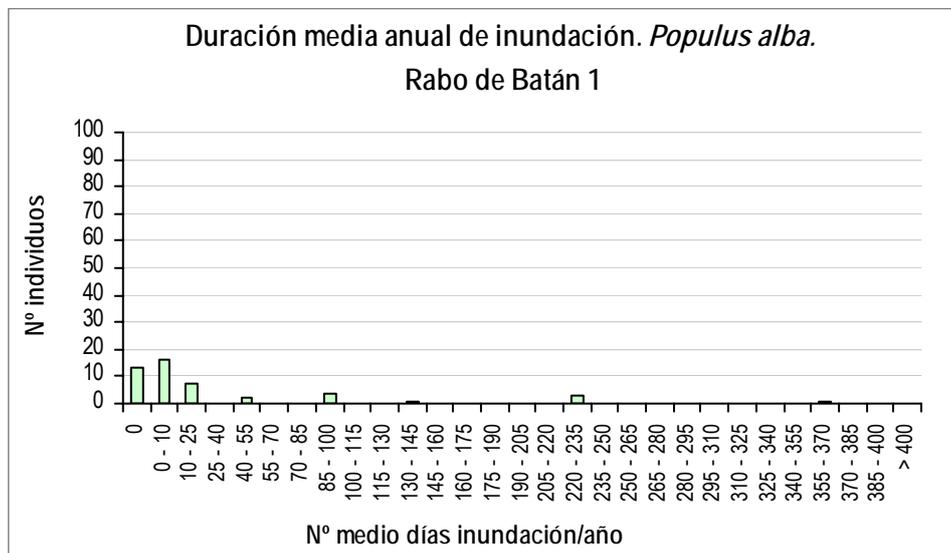


Figura 5.56. Duración media anual de la inundación para *Populus alba* en Rabo del Batán-1 (Cabriel)

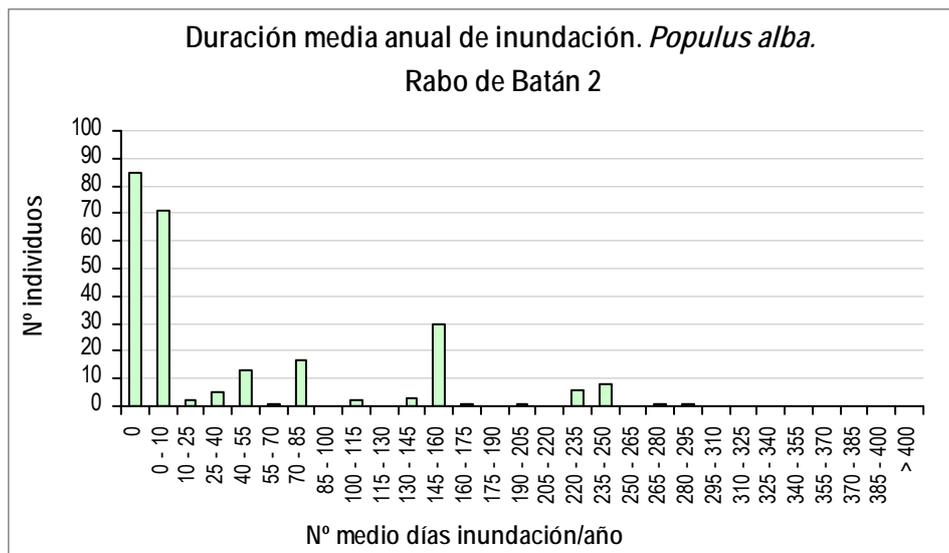


Figura 5.57. Duración media anual de la inundación para *Populus alba* en Rabo del Batán-2 (Cabriel)

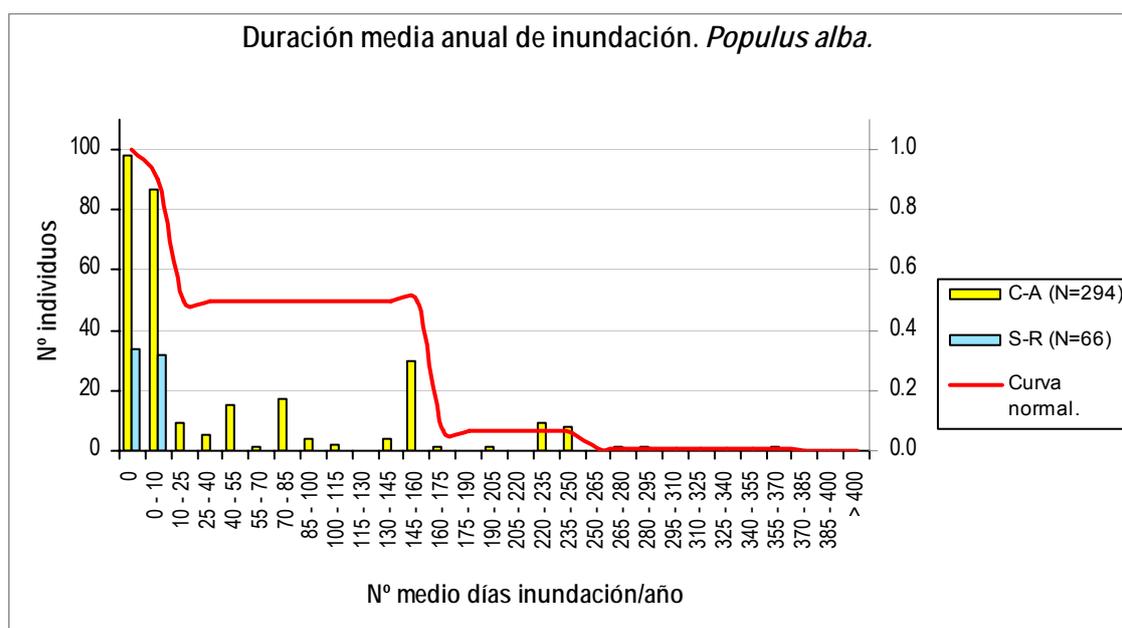


Figura 5.58. Histogramas de duración media anual de la inundación para *Populus alba*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Para esta especie se observa que el tamaño muestral es bastante elevado, con un total de 360 datos independientes; éstos se reparten en 2, la mayoría en tramo no regulado del Cabriel, que aportan la mayor variabilidad, y el resto en el río Serpis, tramo regulado. En este caso los datos no están equilibrados entre tramos, pero al tener la mayoría en zona no regulada cabe esperar unos resultados bastante ajustados a la dinámica natural de la especie. El resultado de ambos tramos

coincide en cierta parte, con un máximo que abarca tanto el intervalo cero como el de 0-10 días por año. Sin embargo la variabilidad de resultados en tramo natural supera ampliamente a la del regulado, como cabría esperar por la reducción o eliminación de crecidas ordinarias por la presa. Después del máximo se observa una amplia variabilidad de datos, pues en el tramo natural se registraron un número apreciable de casos que llegan hasta el rango de 145-160 días, y después ya descendiende a niveles muy bajos, con pocos casos dispersos. Por ello se ha decidido asignar al rango hasta 160 una idoneidad de 0.5 (aceptable).

5.2.2.2.- Duración de la inundación en el periodo vegetativo

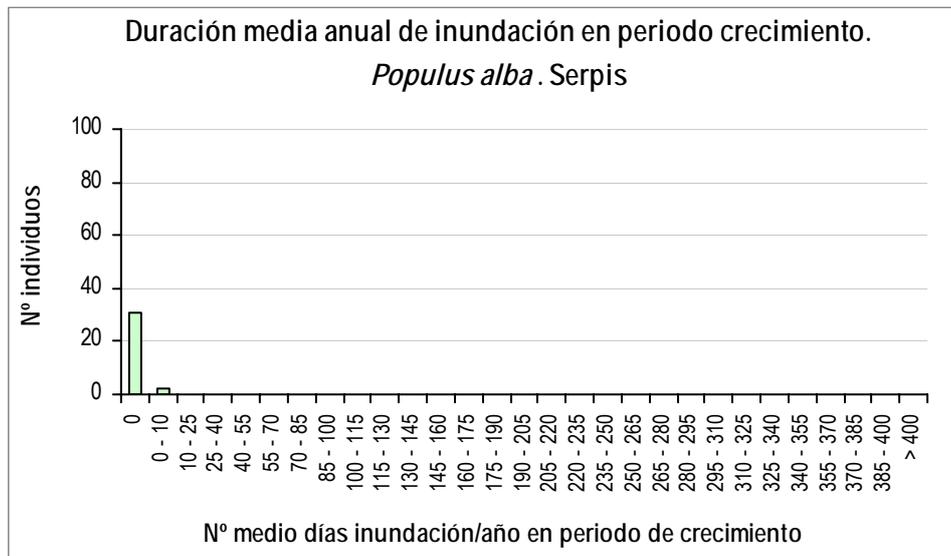


Figura 5.59. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Populus alba* en Lorcha (Serpis).

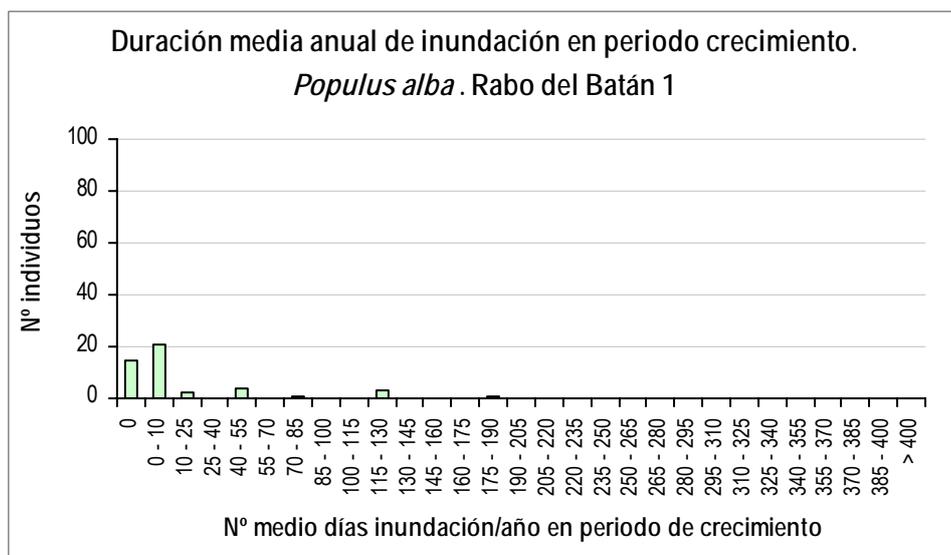


Figura 5.60. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Populus alba* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

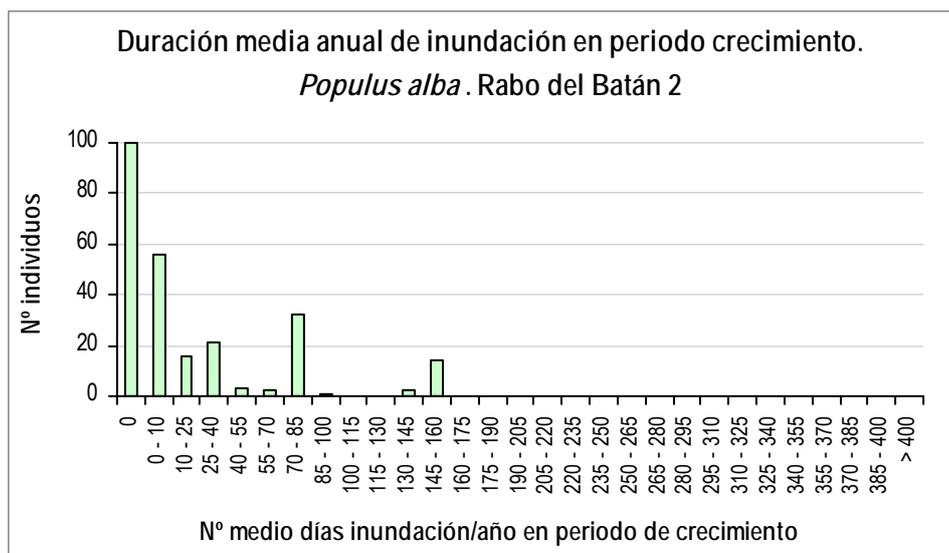


Figura 5.61. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Populus alba* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

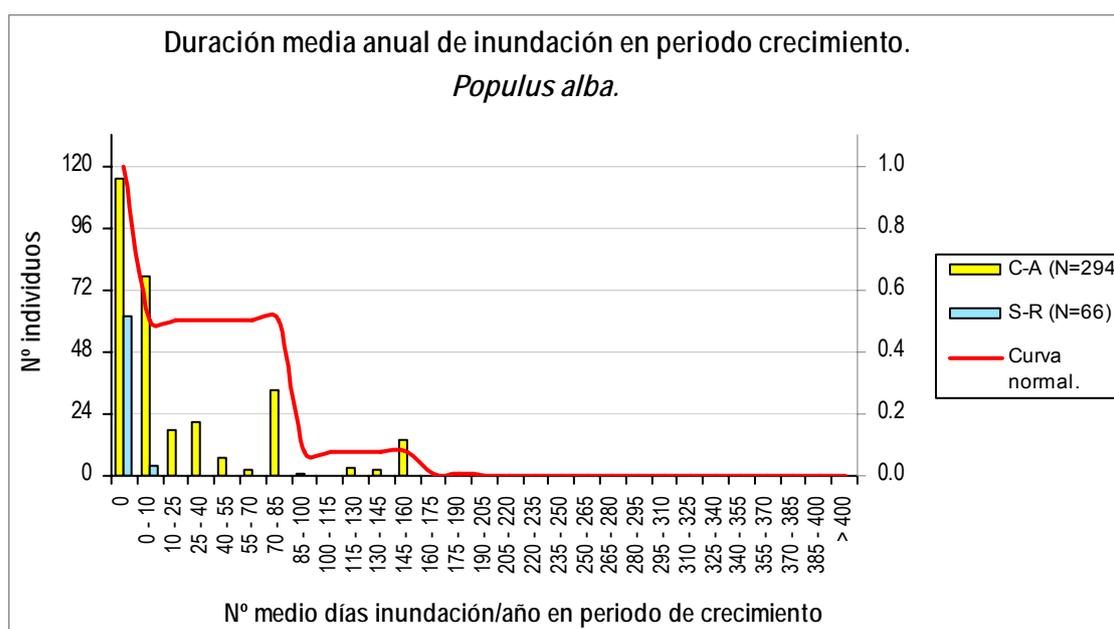


Figura 5.62. Histogramas de duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Populus alba*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Para esta variable se observa un máximo igual que en la variable anterior, 0-10 días, y aunque la variabilidad de datos es más reducida, al limitarnos al periodo vegetativo, pero hay muy pocas diferencias. Esto responde a la dinámica hidrológica natural del tramo alto del Cabriel, donde la mayoría de eventos significativos se producen en primavera y verano. Al igual que en la variable anterior, la variabilidad de datos aconseja ser prudente y asignar una idoneidad de 0.5 hasta el

punto en que la frecuencia disminuye drásticamente (85 días); a partir de ahí la idoneidad cae a 0.08 hasta 160 días.

5.2.2.3.- Duración de la inundación continua (número de días consecutivos)

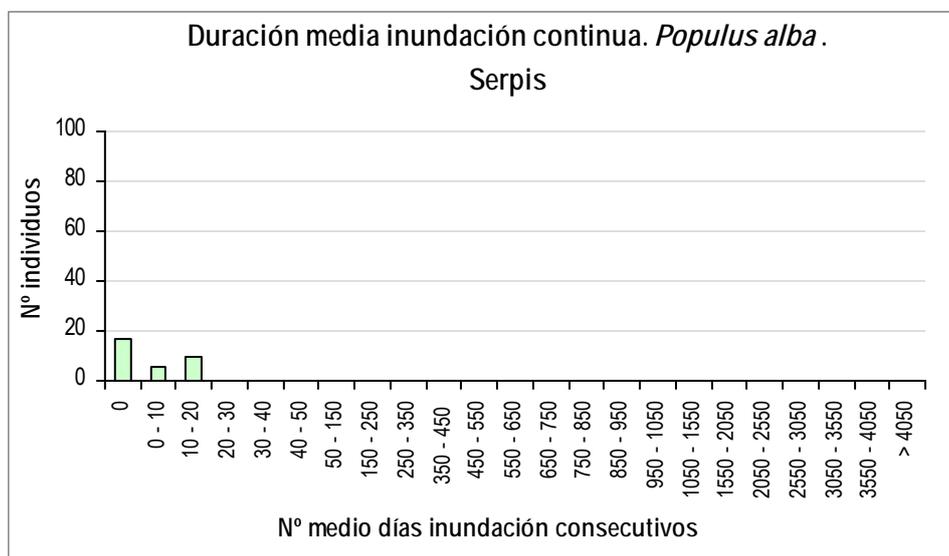


Figura 5.63. Duración media de la inundación continua para *Populus alba* en Lorcha (Serpis).

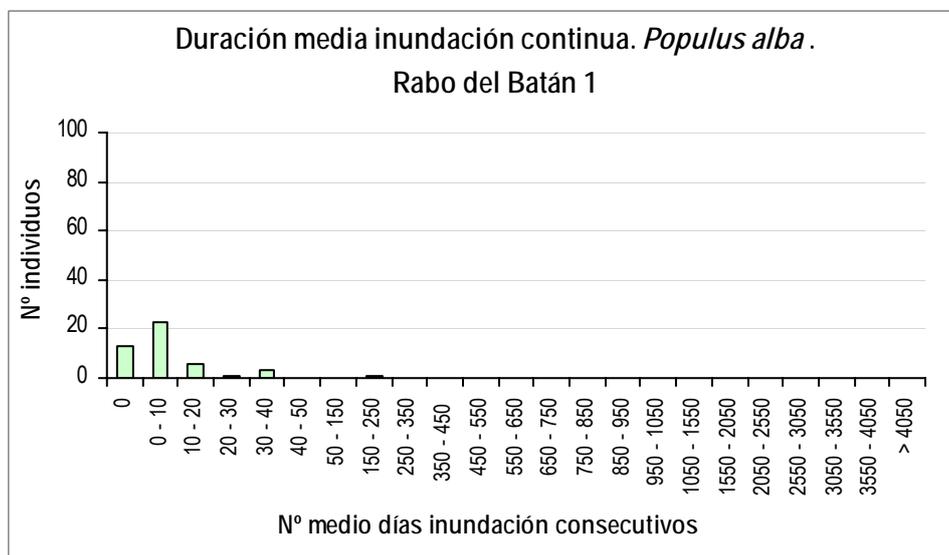


Figura 5.64. Duración media de la inundación continua para *Populus alba* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

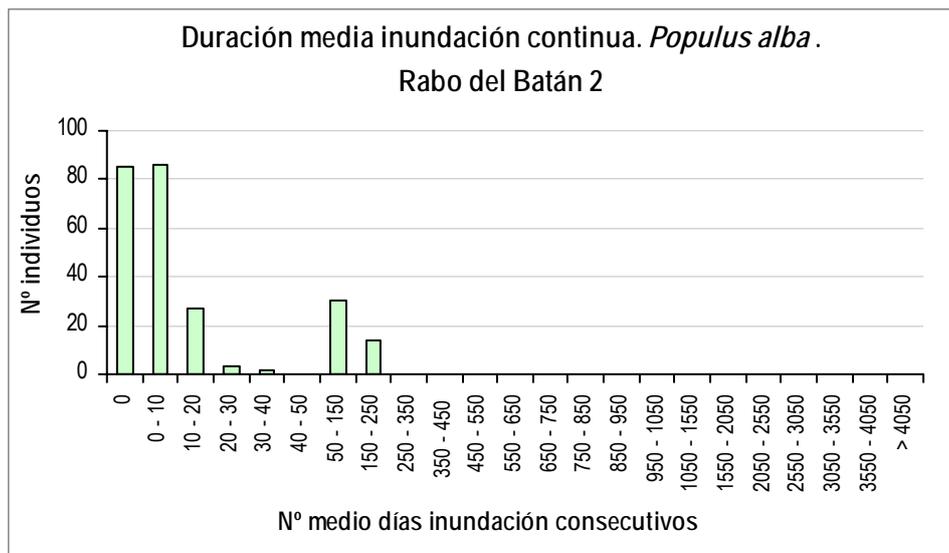


Figura 5.65. Duración media de la inundación continua para *Populus alba* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

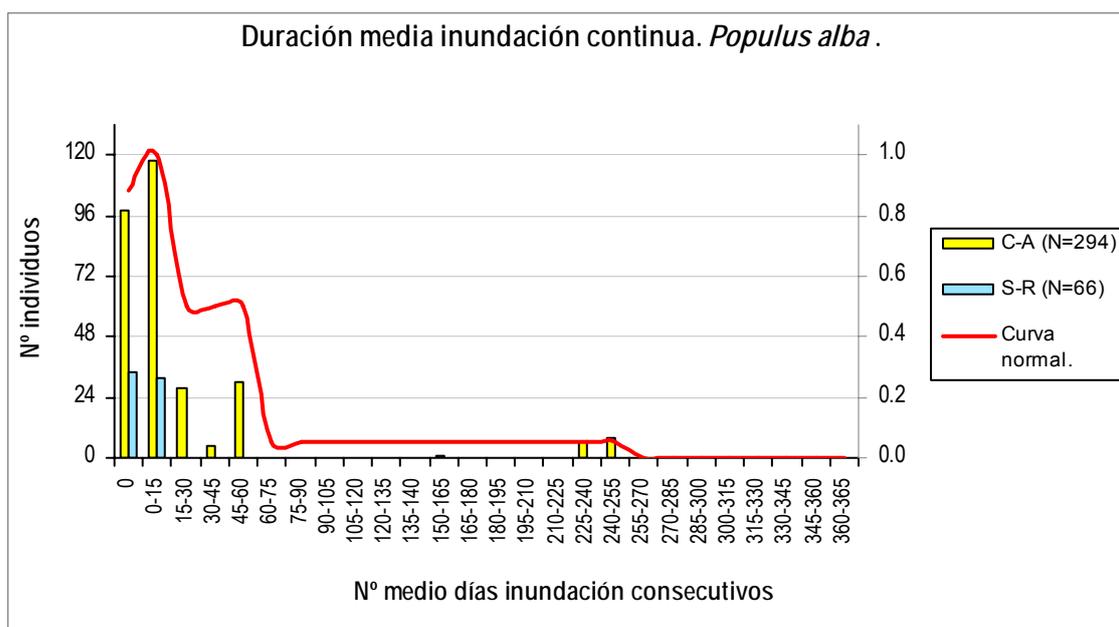


Figura 5.66. Histogramas de duración media de la inundación continua para *Populus alba*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

En esta variable se observan cambios relevantes, como en la especie anterior, al comparar la inundación continua respecto del tiempo de inundación total. Por la derecha de la curva se ve como la mayoría de datos alcanza un rango hasta 60 días, mientras que el tiempo total llegaba hasta 160 días. Es decir que las inundaciones que afectan al álamo se suceden repartidas en varios eventos, debido a las características hidrológicas de los tramos, principalmente el Cabriel alto. Los datos se

agrupan igualmente en el rango de 0 y 15 días consecutivos, aunque también hay una cierta cantidad de casos repartidos entre 15 y 60 días. La mayor variabilidad de datos corresponde al río Cabriel, aunque también el Serpis regulado cuenta con datos entre 0 y 20 días. El umbral idóneo para la especie parece estar cerca de los 60 días, sin embargo la dispersión de unos pocos casos extremos (hasta 255 días) hace que sea necesario un análisis de más datos o nuevos tramos para determinar este umbral. Hasta el momento, y con cautela, se observa que lo más idóneo sería no sobrepasar los 60 días de inundación continua.

5.2.2.4.- Frecuencia de inundación

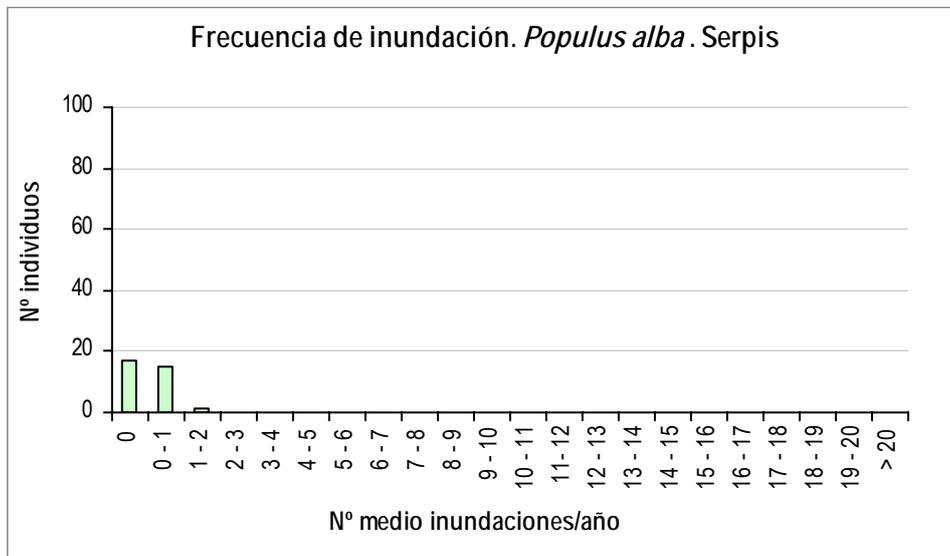


Figura 5.67. Frecuencia de inundación para *Populus alba* en Lorcha (Serpis).

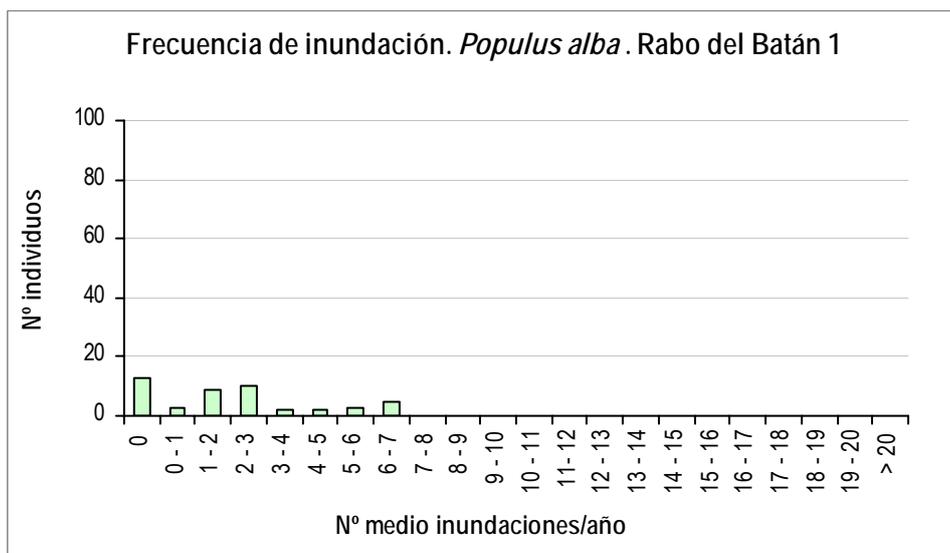


Figura 5.68. Frecuencia de inundación para *Populus alba* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

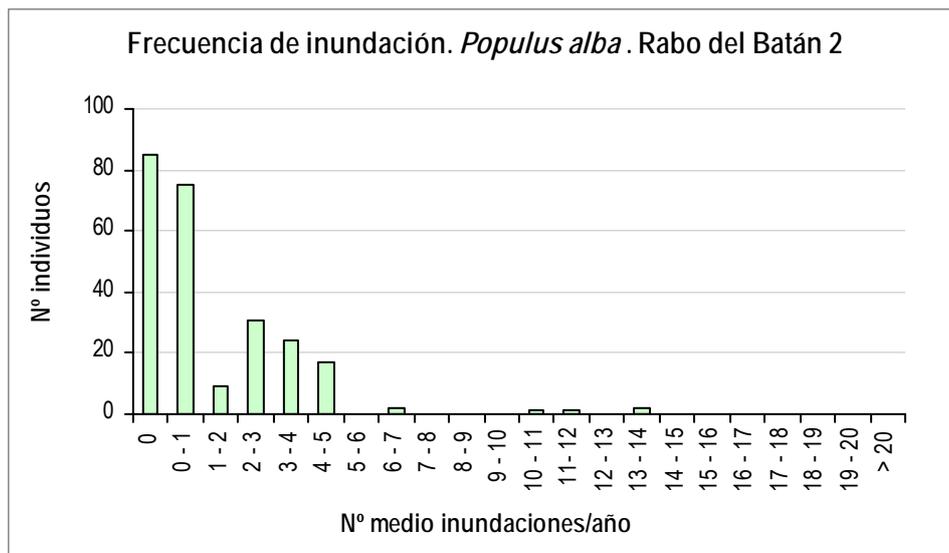


Figura 5.69. Frecuencia de inundación para *Populus alba* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

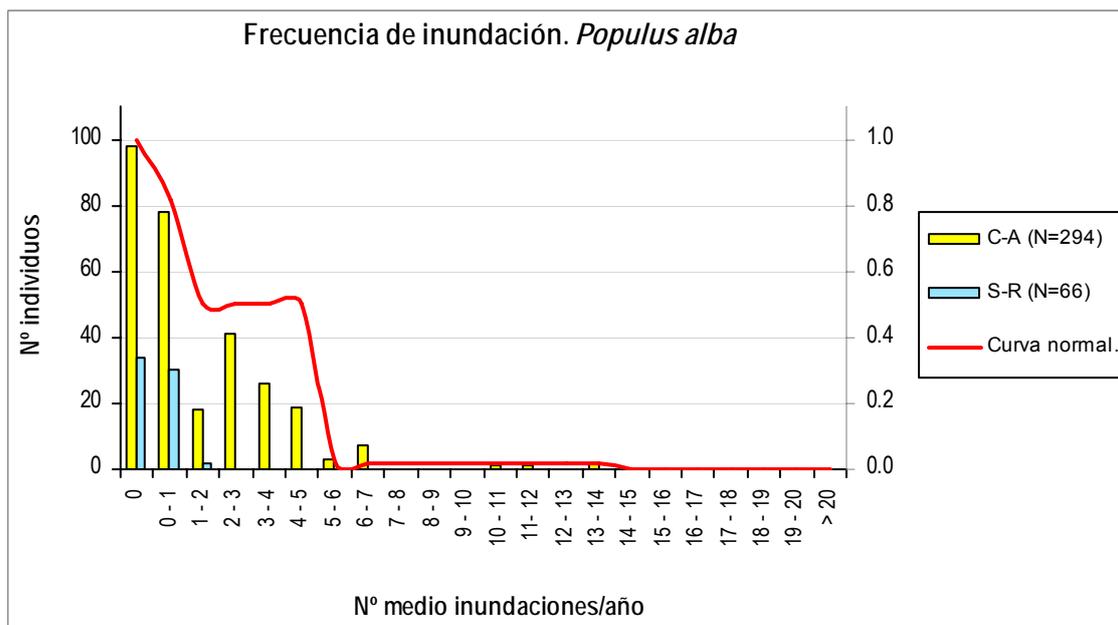


Figura 5.70. Histogramas de frecuencia de inundación para *Populus alba*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Los resultados confirman que esta especie se inunda en muy pocos eventos al año, es decir que se trata de pocas crecidas pero prolongadas, asociadas al periodo de lluvias y de fundición de la nieve. Lo más común es que sea 1 solo evento al año, aunque hay también plantas cuyo periodo de inundación se reparte entre varios eventos, e incluso hay un numero representativo de casos (N=19) hasta con 5 inundaciones por año como media. Esta variabilidad de datos aconseja mantener una idoneidad al menos aceptable hasta el intervalo de 5 eventos por año. Los datos del tramo regulado

se restringen a 1 ó 2 crecidas por año, lo que podemos suponer que se debe a la regulación de caudales por la presa de Beniarrés.

5.2.2.5.- Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base

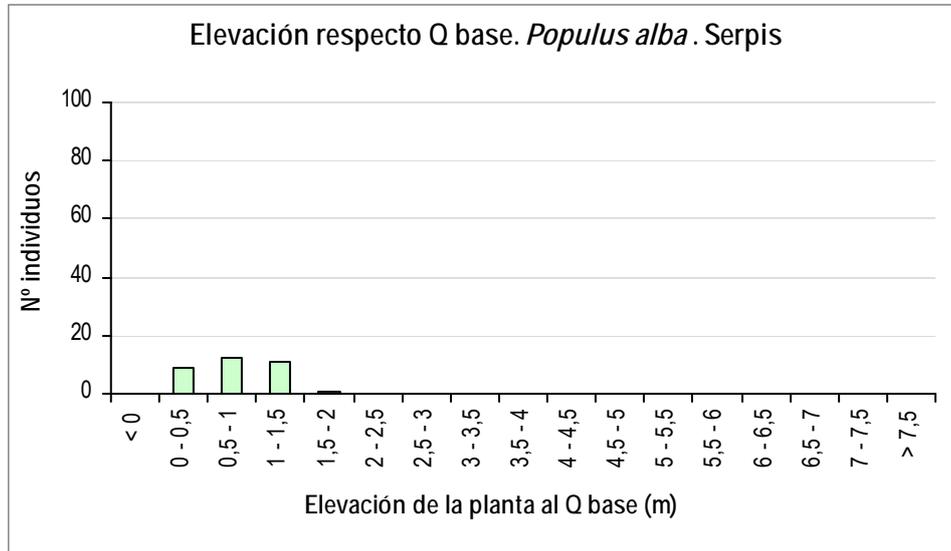


Figura 5.71. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Populus alba* en Lorcha (Serpis).

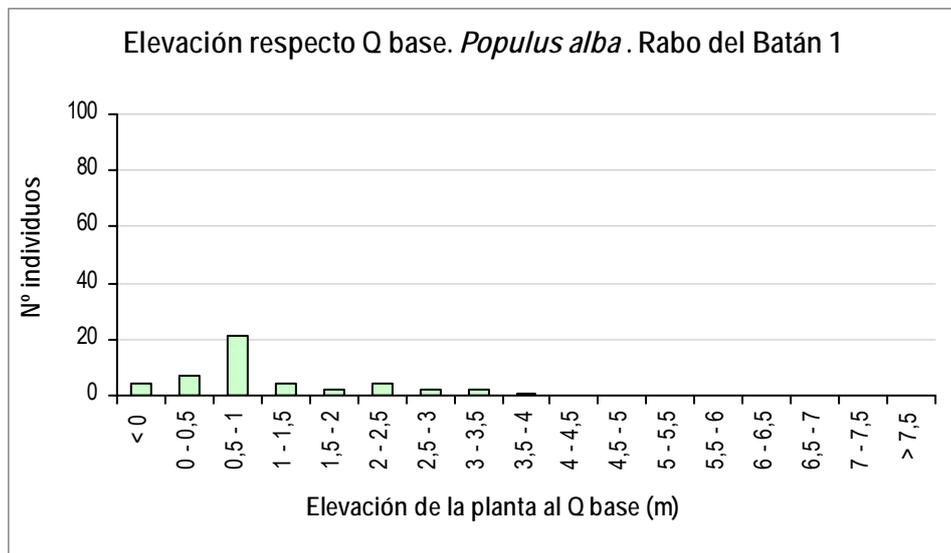


Figura 5.72. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Populus alba* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

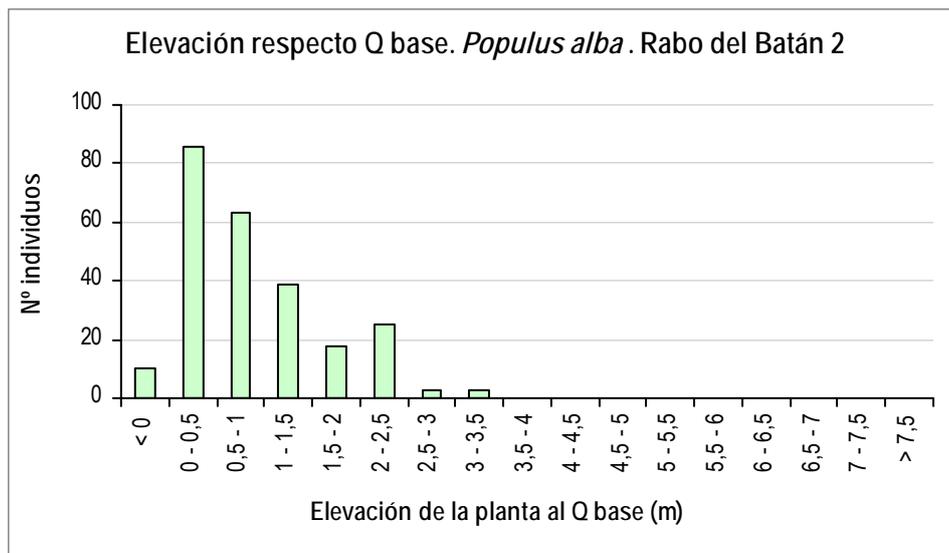


Figura 5.73. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Populus alba* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

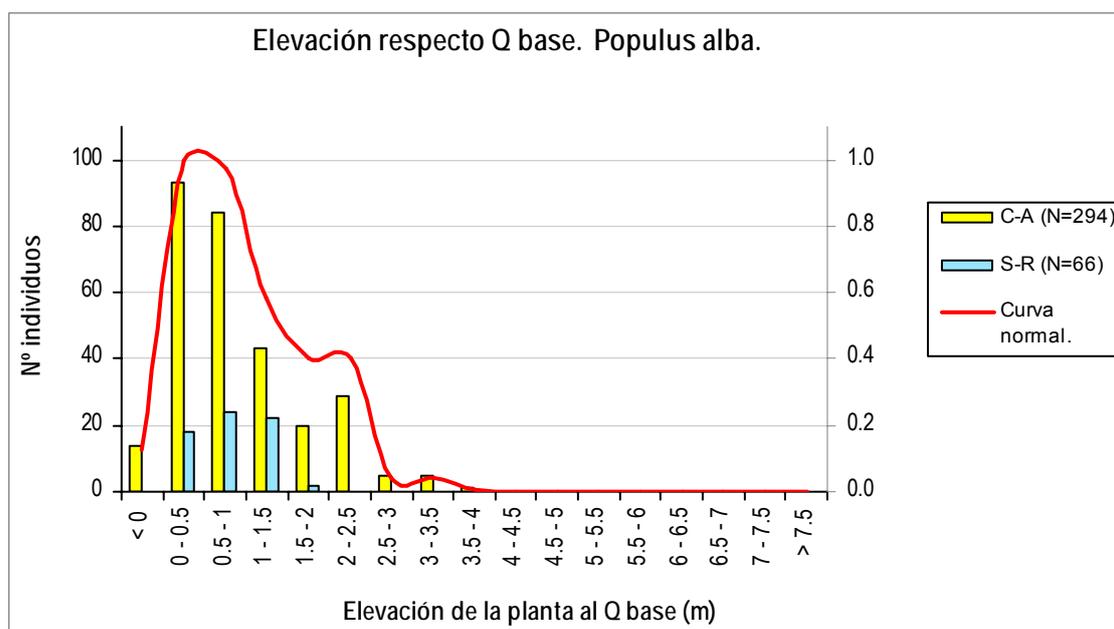


Figura 5.74. Histogramas de elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Populus alba*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Esta variable, como pasó con el chopo, ha mostrado unos datos con una distribución mucho más simétrica, y cercana a la normalidad, respecto a las otras variables. Además, muestra diferencias apreciables con la precisión del trabajo realizado, pues mientras el chopo tenía el máximo entre 0.5 y 1 m, para el álamo el óptimo es de 0-0.5 m, si bien el máximo suavizado abarca ambos intervalos. Las plantas tienen una frecuencia apreciable hasta en 2-2.5 m, a partir de donde la idoneidad se

reduce prácticamente a cero. Estas diferencias de datos deberían reflejarse en una zonificación teórica de ambas especies de *Populus*, en una cierta segregación espacial, y coincide con las referencias bibliográficas que indican una mayor frecuencia de inundación para álamos respecto del chopo.

5.2.3.- *Salix atrocinerea*

5.2.3.1.- Duración de la inundación

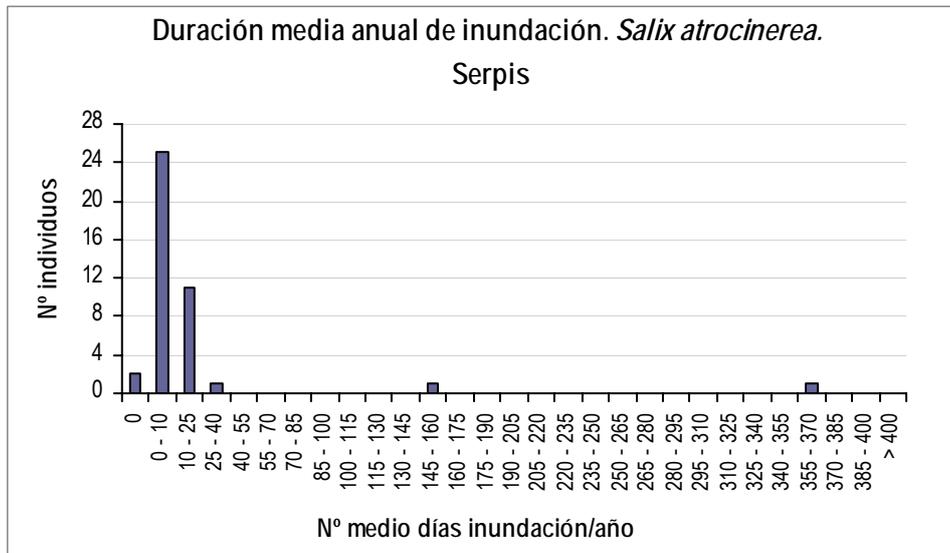


Figura 5.75. Duración media anual de la inundación para *Salix atrocinerea* en Lorcha (Serpis).

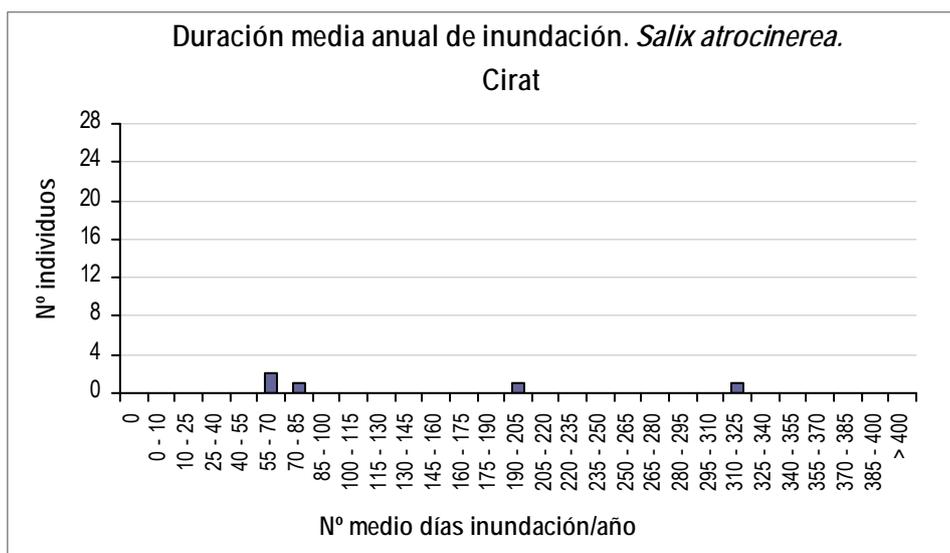


Figura 5.76. Duración media anual de la inundación para *Salix atrocinerea* en Cirat (Mijares).

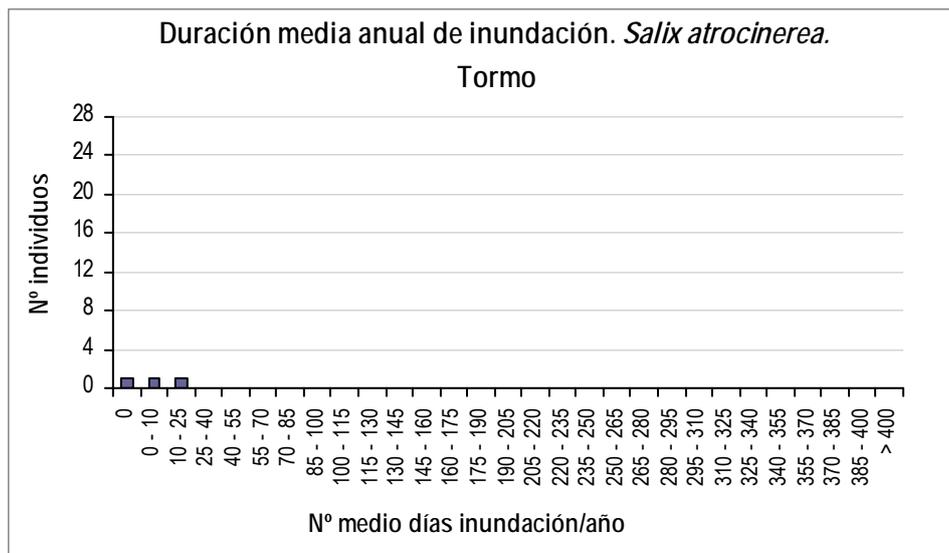


Figura 5.77. Duración media anual de la inundación para *Salix atrocinerea* en Tormo (Mijares).

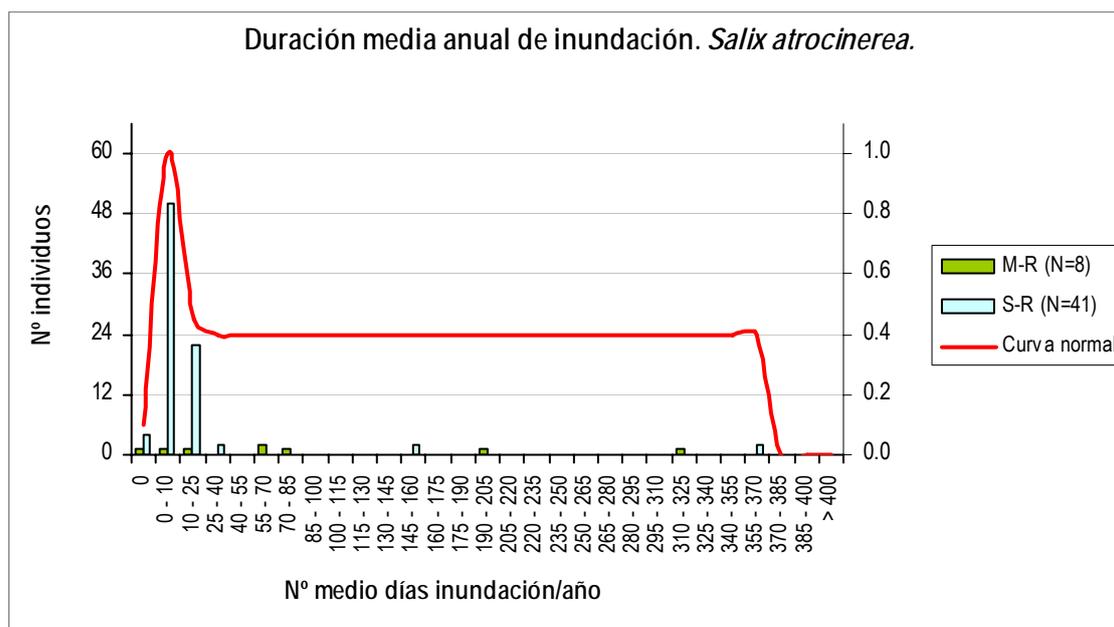


Figura 5.78. Histogramas de duración media anual de la inundación para *Salix atrocinerea*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Para esta especie se observa que el tamaño muestral es relativamente reducido y se ajusta al tramo del Serpis regulado. La información del Mijares se considera solo como complementaria por haber muy pocos datos disponibles. Los datos del Serpis aportan una variabilidad considerable para la especie, aunque tiene un máximo claro en 0-10 días, y la idoneidad sería mucho menor a partir del intervalo de 25-40. Al igual que se comentó en otras variables, la dispersión de datos a partir de 25 días hasta el valor máximo extremo (355-370 días) indica una baja idoneidad pero debería

completarse y estudiarse con un mayor tamaño muestral y una mayor diversidad de tramos naturales. A partir del intervalo de 25-40 (donde hay datos de ambos tramos), consideramos que debe aplicarse el principio de prudencia, y no asignar una idoneidad excesivamente baja a un rango que puede responder a la plasticidad natural de la especie, y que en cualquier caso debe completarse con nuevos datos. Por tanto se le ha asignado una idoneidad de 0.4.

5.2.3.2.- Duración de la inundación en el periodo vegetativo

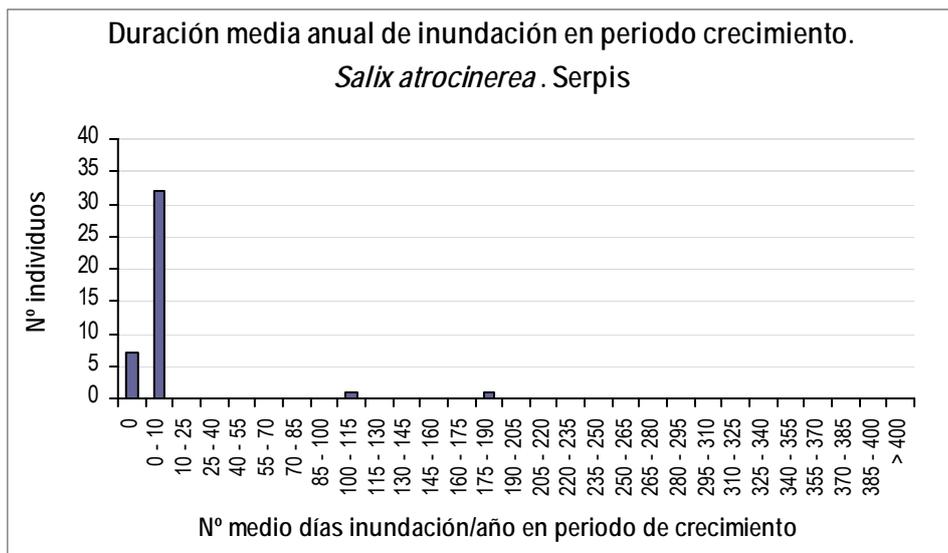


Figura 5.79. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Populus alba* en Lorcha (Serpis).

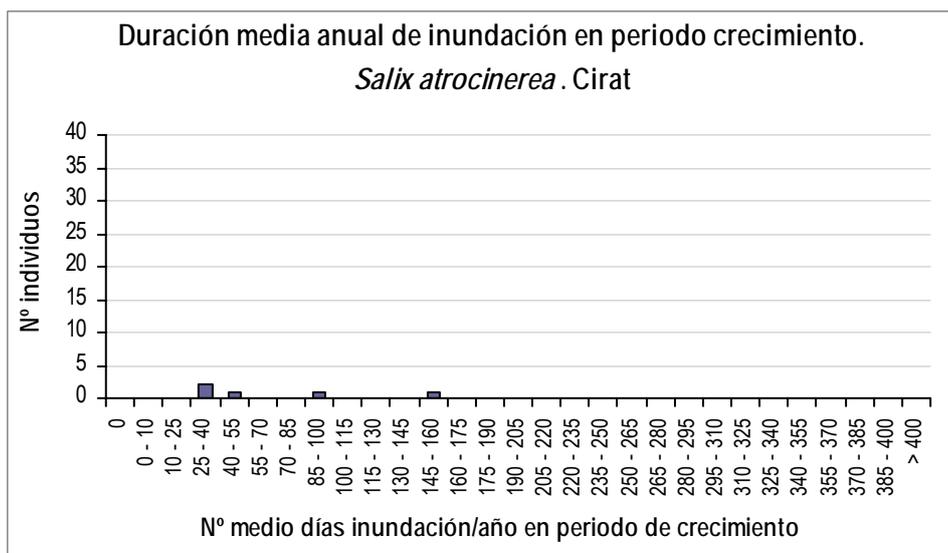


Figura 5.80. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Populus alba* en Cirat (Mijares).

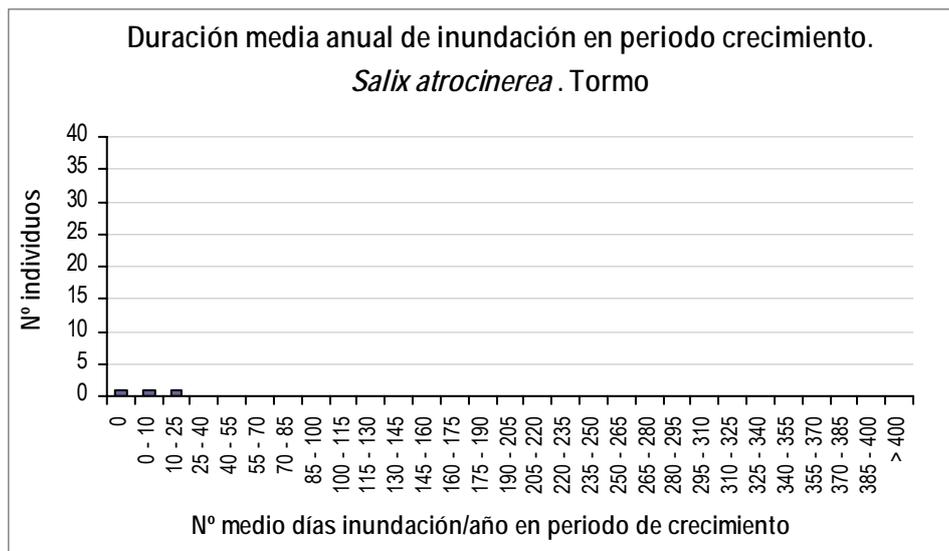


Figura 5.81. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Populus alba* en Tormo (Mijares).

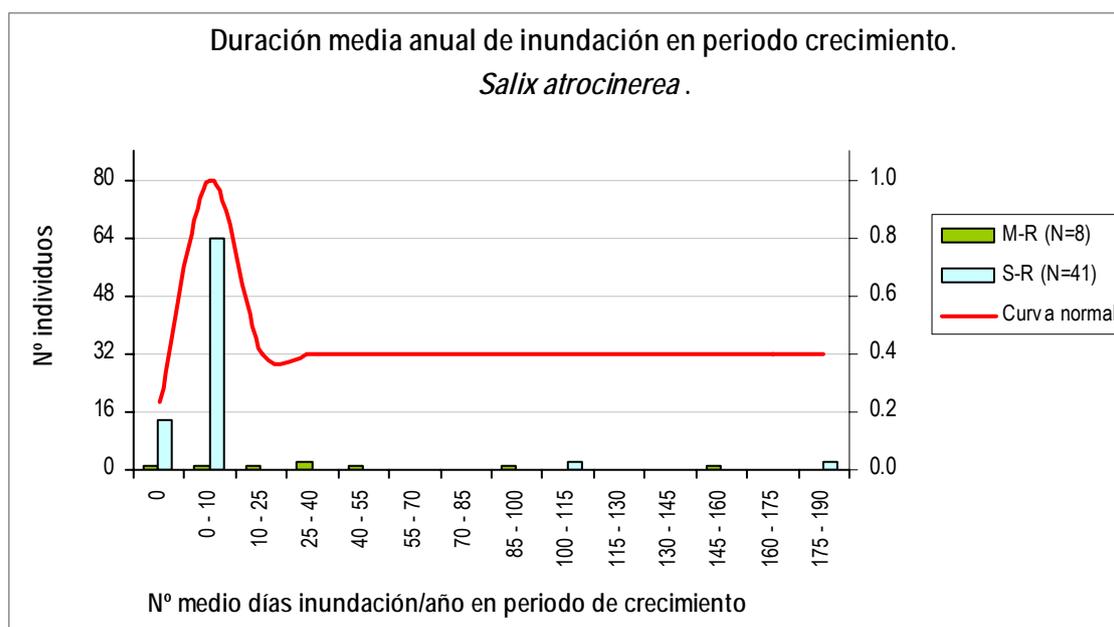


Figura 5.82. Histogramas de duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Salix atrocinerea*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Para esta variable se observa el recorte debido a que nos restringimos a 6 meses al año, sin embargo el intervalo de idoneidad máxima no cambia, sino solo que existen muy pocos datos a partir de 10 días de inundación. A partir de ahí los datos son muy escasos y dispersos (hay datos de ambos tramos), por lo que no aportan una gran fiabilidad al análisis. Con el mismo criterio de la variable anterior, se ha asignado a partir de 40 la idoneidad 0.4. Los resultados en general indican

que las crecidas no ocurren generalmente en un mismo evento (por ejemplo una gran crecida en primavera), sino que también se producen otras crecidas en periodo no vegetativo.

5.2.3.3.- Duración de la inundación continua (número de días consecutivos)

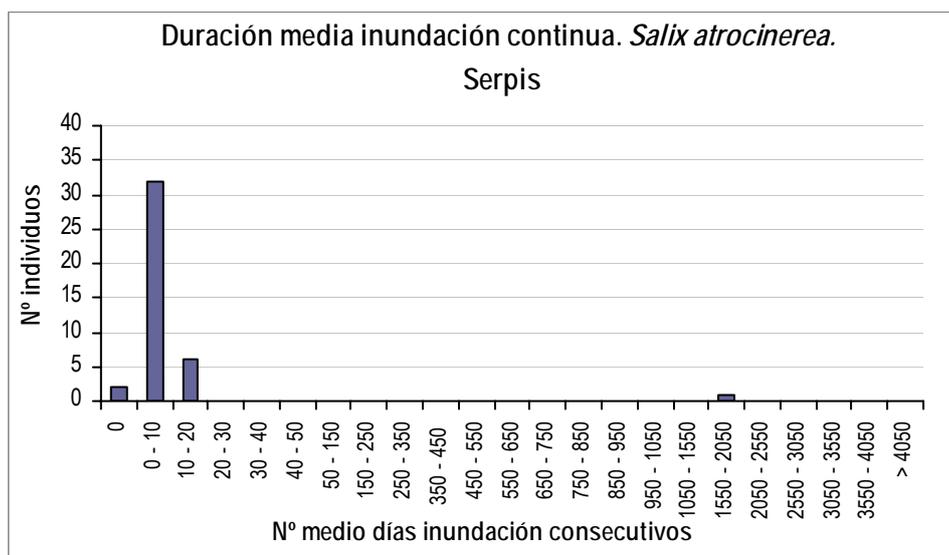


Figura 5.83. Duración media de la inundación continua para *Salix atrocinerea* en Lorcha (Serpis).

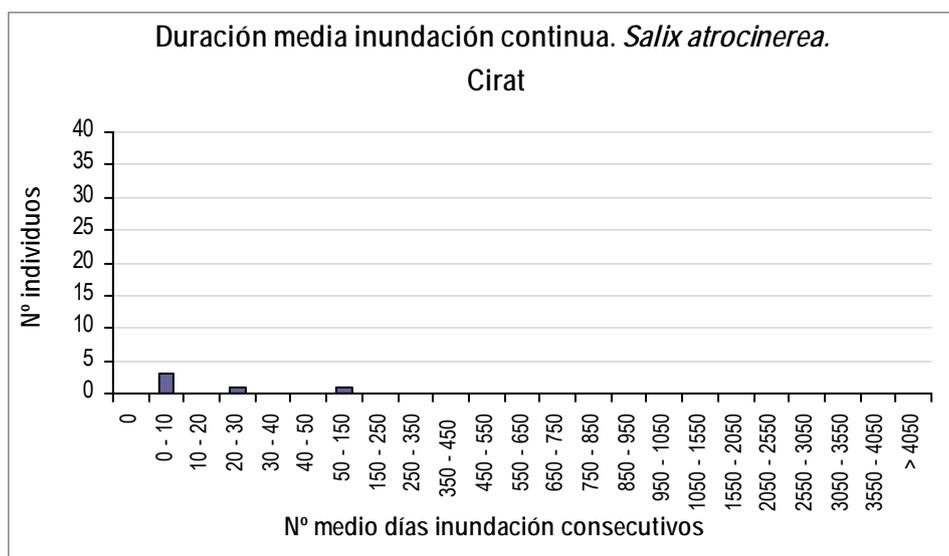


Figura 5.84. Duración media de la inundación continua para *Salix atrocinerea* en Cirat (Mijares).

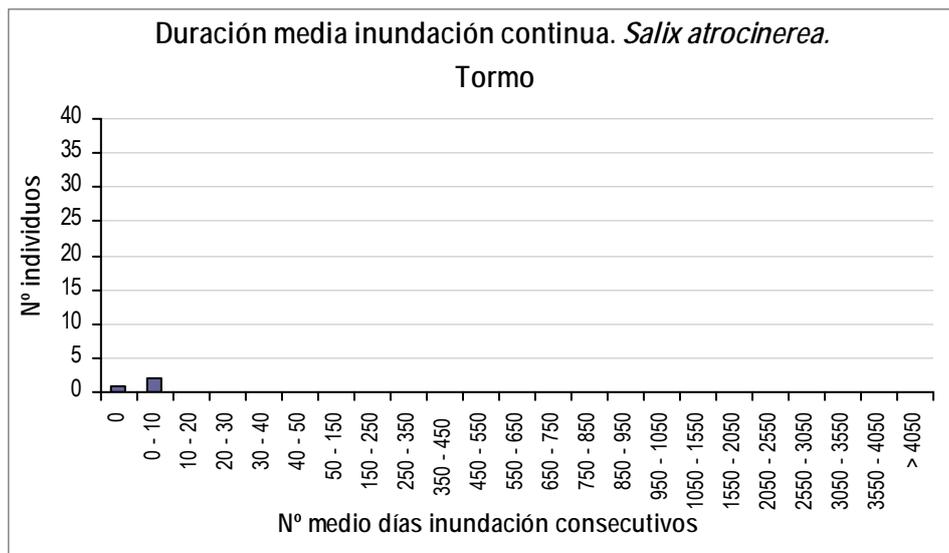


Figura 5.85. Duración media de la inundación continua para *Salix atrocinerea* en Tormo (Mijares).

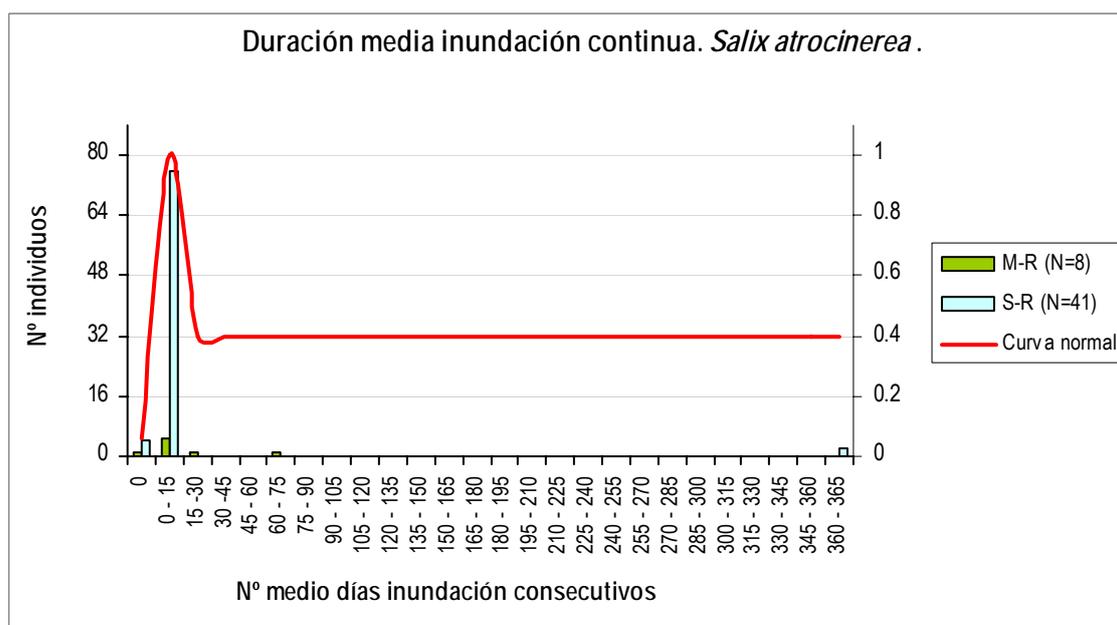


Figura 5.86. Histogramas de duración media de la inundación continua para *Salix atrocinerea*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Se observan cambios relevantes al comparar la inundación continua respecto del tiempo de inundación total, obteniéndose aquí una curva muy parecida a la segunda variable. Esta curva indica que la inundación continua apenas supera los 15 días, de forma que a partir de ahí la idoneidad es baja. Si comparamos esta curva con las obtenidas para los *Populus*, con una relativa frecuencia de árboles que llegan hasta los 45 y 60 días de inundación continua (para *P. nigra* y *P. alba*, respectivamente), llegamos a deducir que probablemente este resultado está sesgado por las

condiciones de los tramos de estudio, regulados, pues no concuerda con las observaciones cualitativas encontradas en la bibliografía el hecho de que este sauce tolere menos la inundación que los *Populus*. Por lo tanto, se hace necesario un análisis de nuevos tramos, con una elevada frecuencia de la especie, para poder determinar un resultado fiable. Esta conclusión podría hacerse extensible a las demás variables analizadas para esta especie. Por prudencia en cuanto a los resultados, a partir del rango de 45 días, hasta el máximo dato registrado, se decidió poner una idoneidad de 0.4, debido a la presencia de datos dispersos.

5.2.3.4.- Frecuencia de inundación

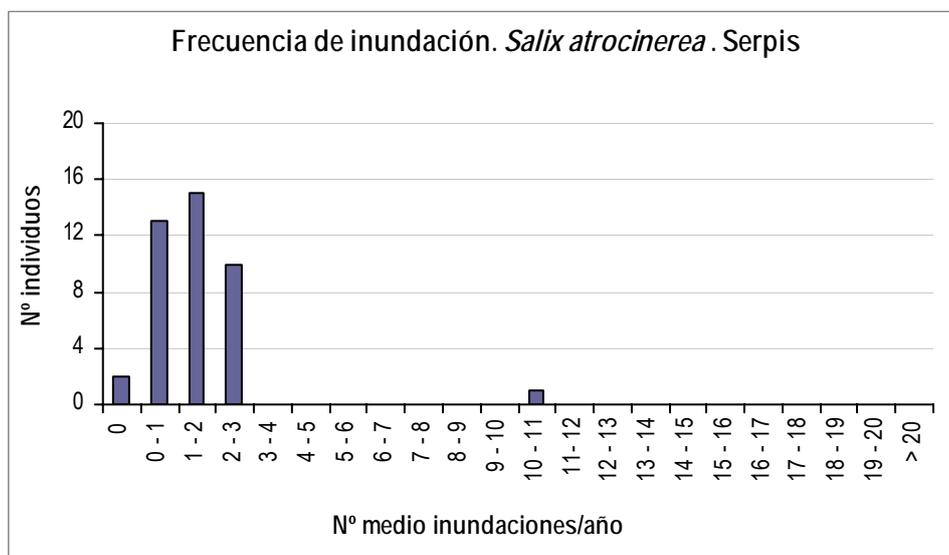


Figura 5.87. Frecuencia de la inundación para *Salix atrocinerea* en Lorcha (Serpis).

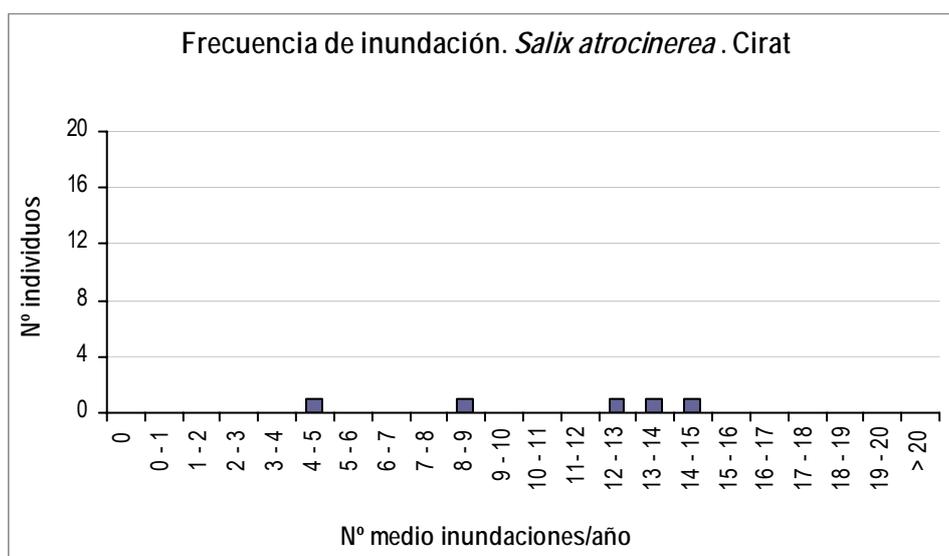


Figura 5.88. Frecuencia de la inundación para *Salix atrocinerea* en Cirat (Mijares).

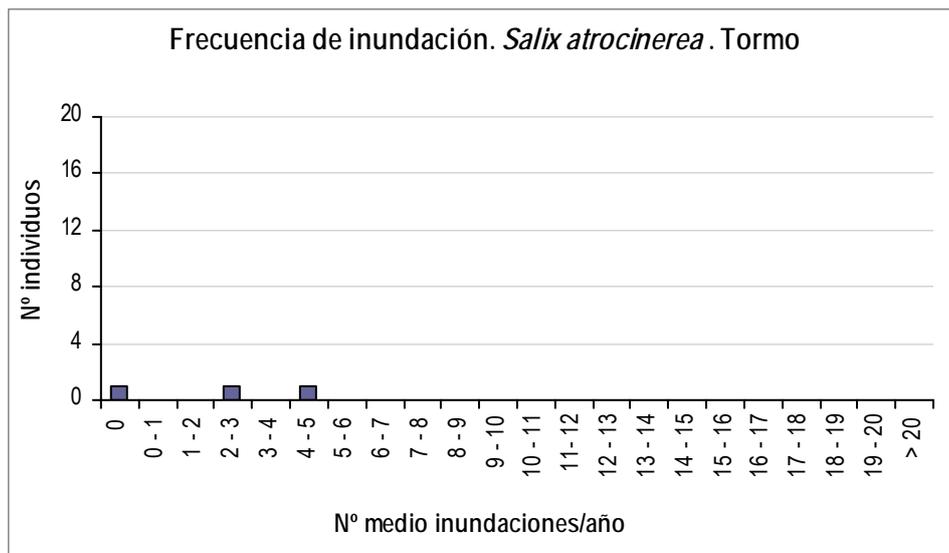


Figura 5.89. Frecuencia de la inundación para *Salix atrocinerea* en Tormo (Mijares).

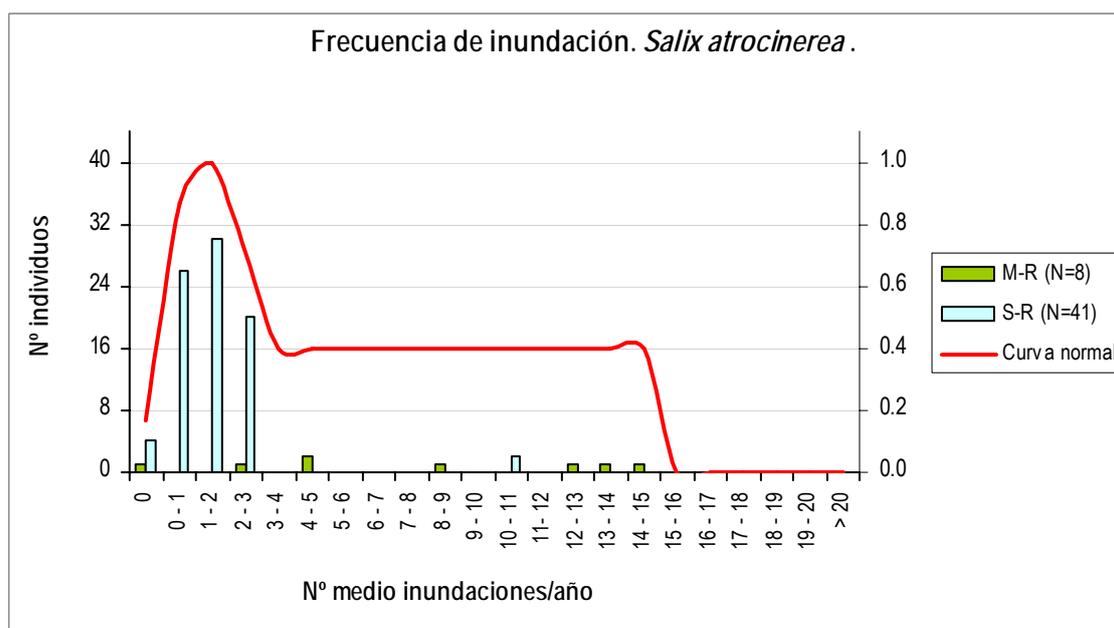


Figura 5.90. Histogramas de frecuencia de inundación para *Salix atrocinerea*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Como se comentó anteriormente (variable segunda), las crecidas no se distribuyen en un evento único al año, sino que típicamente pueden estar entre 1 y 3 al año, como media. Este resultado está muy condicionado por la regulación de los tramos, y el bajo tamaño muestral, con una variabilidad de datos considerablemente menor que las especies anteriores (que cuentan con más datos en tramos naturales). Se observa una cierta dispersión de datos (de ambos tramos), que llegan a alcanzar hasta 15 eventos por año, pero la regulación de los tramos trunca las probabilidades de

crecidas ordinarias, que potencialmente afectan a esta variable. La curva se extendió a la derecha del máximo con una idoneidad de 0.4, en el intervalo de datos detectado.

5.2.3.5.- Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base

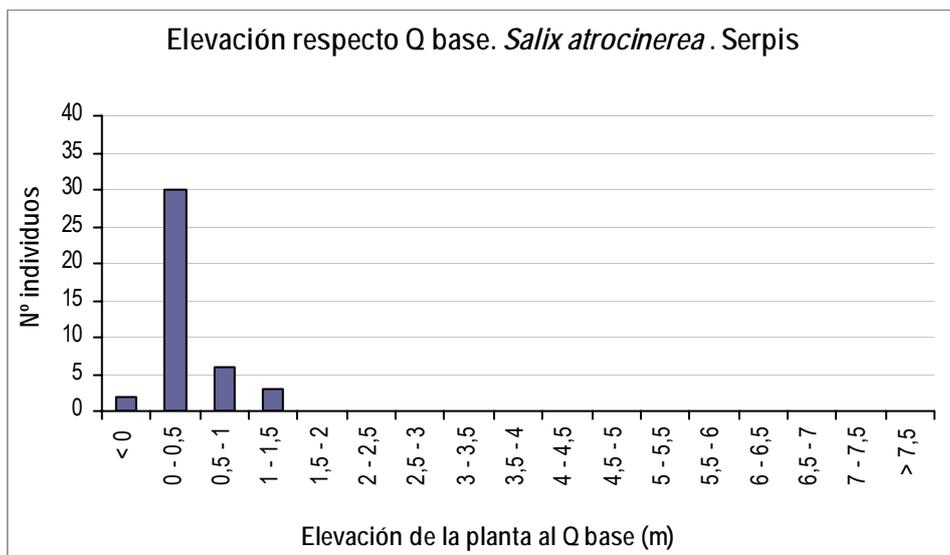


Figura 5.91. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix atrocinerea* en Lorcha (Serpis).

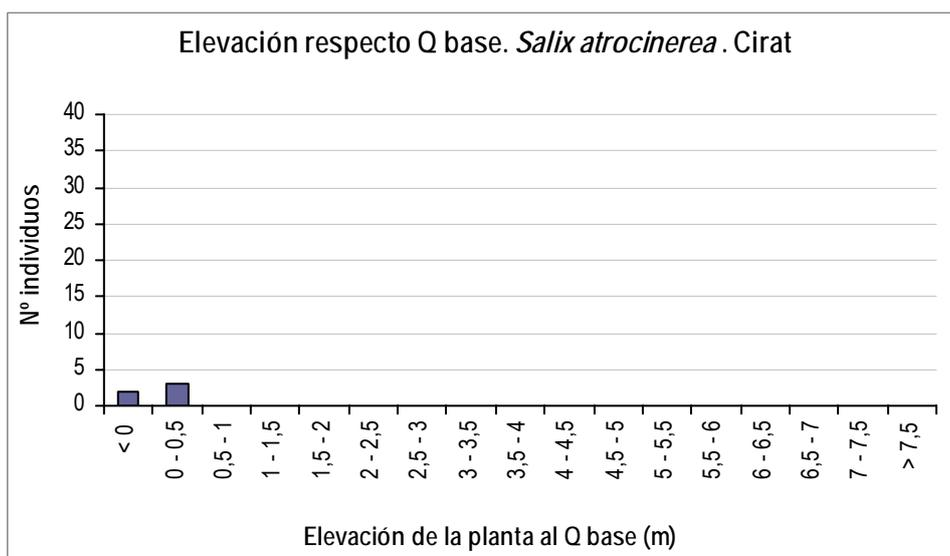


Figura 5.92. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix atrocinerea* en Cirat (Mijares).

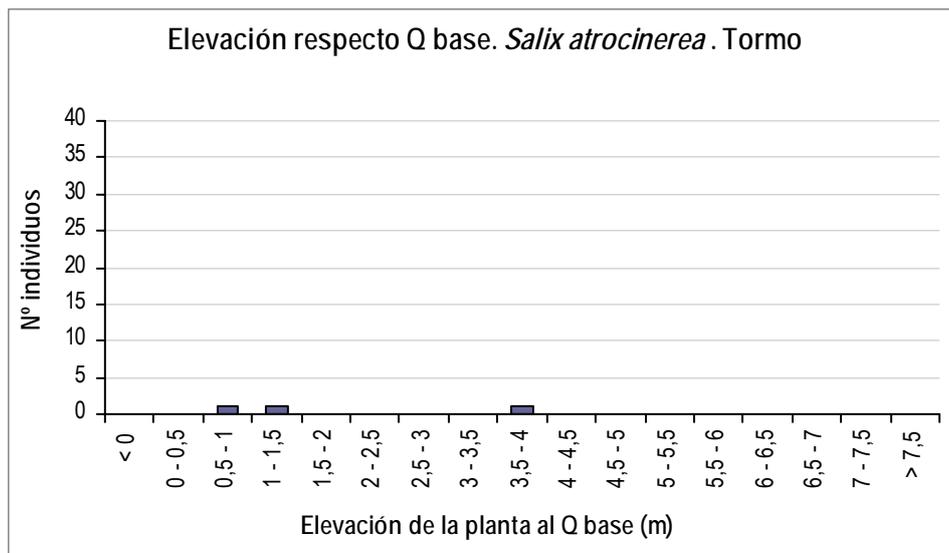


Figura 5.93. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix atrocinerea* en Tormo (Mijares).

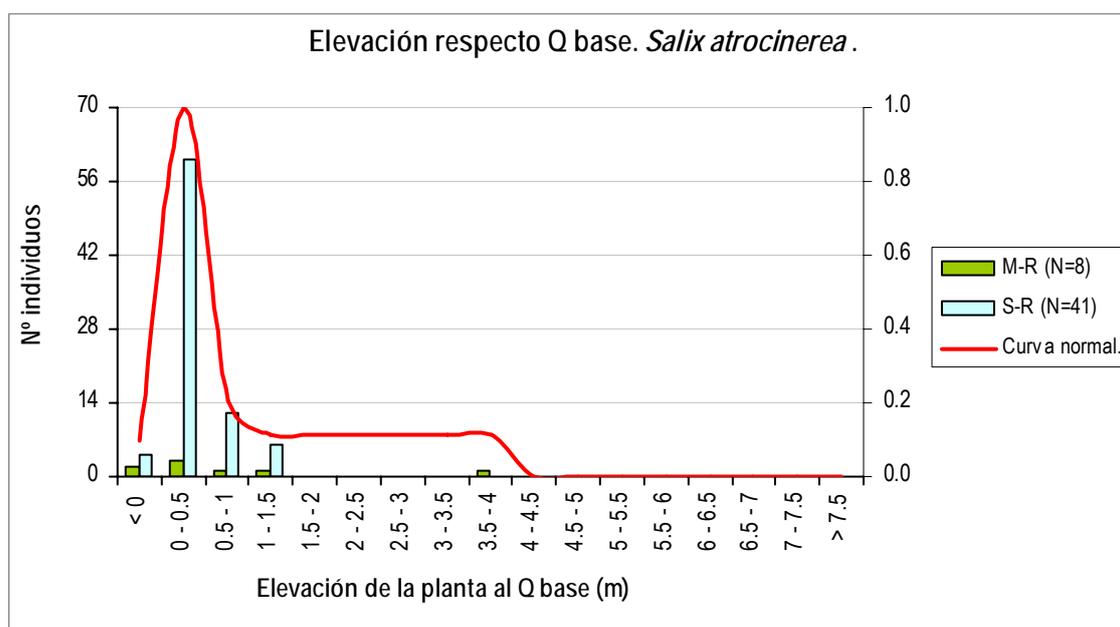


Figura 5.94. Histogramas de elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix atrocinerea*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Esta variable aporta una clara diferenciación respecto de los *Populus*, ya que mientras el chopo tenía el máximo entre 0,5 y 1 m, y el álamo entre 0-0,5 m (pero con muchos datos entre 0,5 y 1 m), la sarga negra tiene sus elevaciones más restringidas e inferiores, en el intervalo de 0-0,5 m. Este resultado puede estar influido significativamente por una reducida variabilidad de caudales, aunque por el momento la curva apoya los resultados cualitativos consultados. Sin embargo, como ya se ha

dicho, es importante recalcar que sería necesario realizar muestreos en nuevos tramos, con un elevada frecuencia de la especie, para poder determinar un resultado fiable.

5.2.4.- *Salix alba*

5.2.4.1.- Duración de la inundación

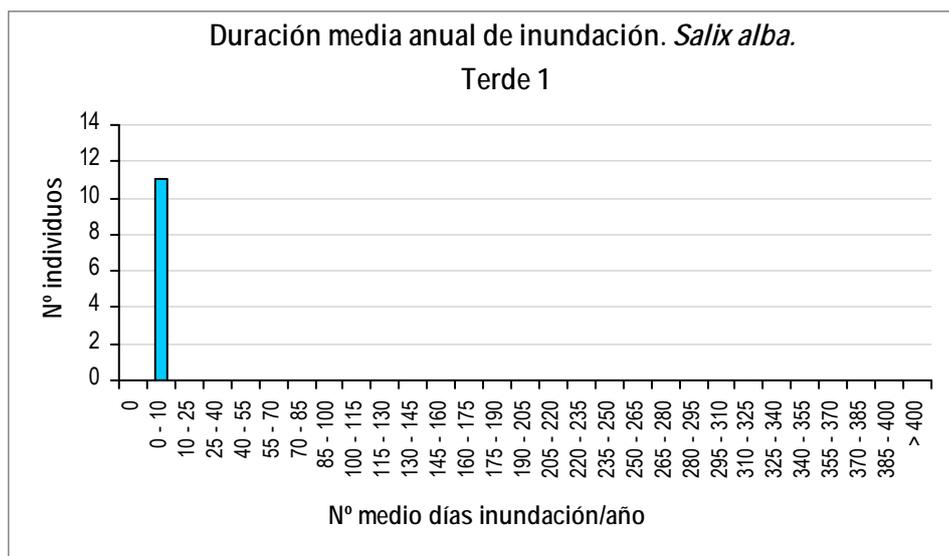


Figura 5.95. Duración media anual de la inundación para *Salix alba* en Terde-1 (Mijares).

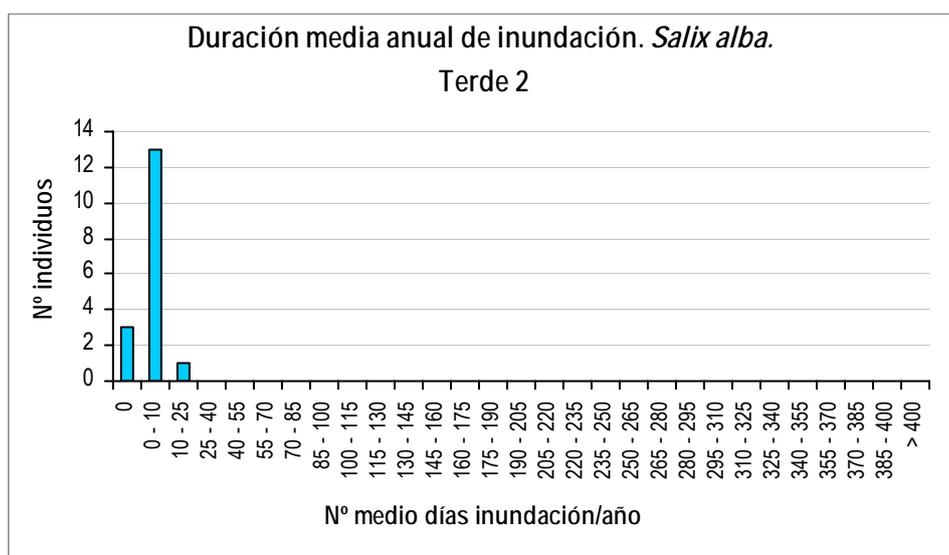


Figura 5.96. Duración media anual de la inundación para *Salix alba* en Terde-2 (Mijares).

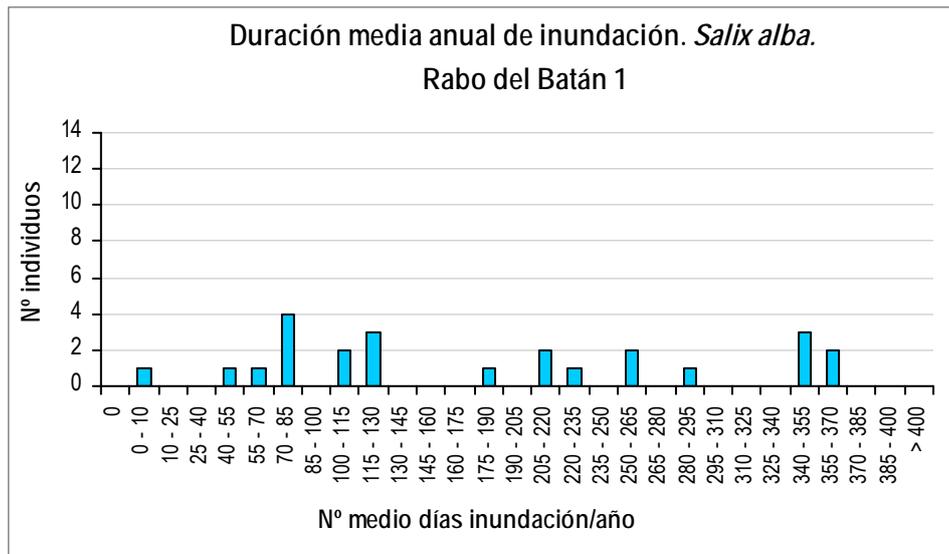


Figura 5.97. Duración media anual de la inundación para *Salix alba* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

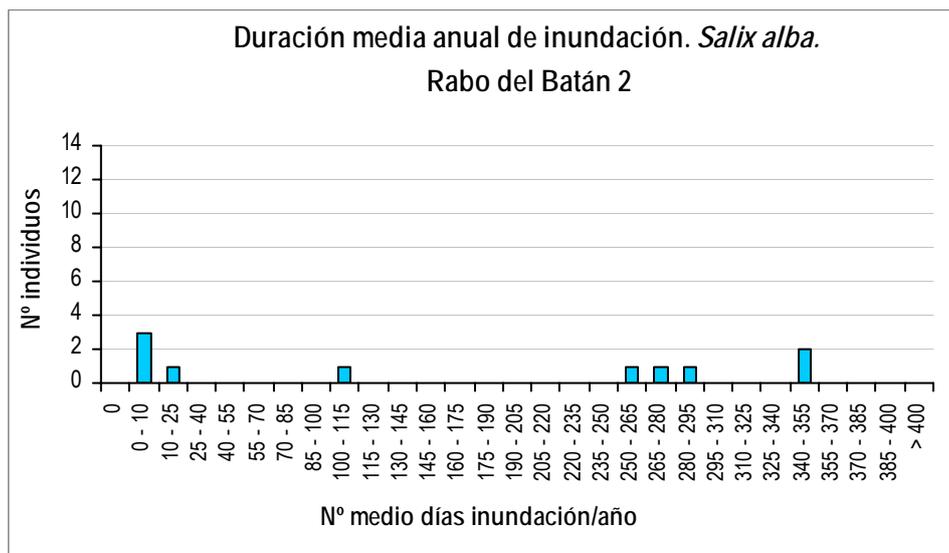


Figura 5.98. Duración media anual de la inundación para *Salix alba* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

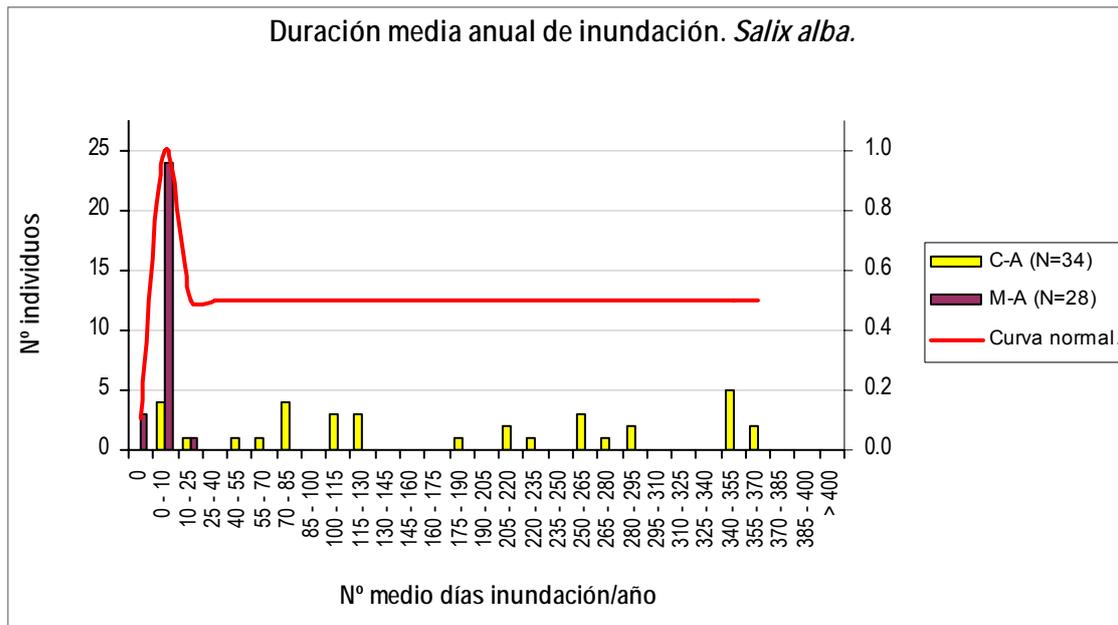


Figura 5.99. Histogramas de duración media anual de la inundación para *Salix alba*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Para esta especie el tamaño muestral fue mayor que para la sarga negra, pudiendo calificarse de aceptable (N=62). Se distribuye de forma equitativa entre los dos grupos de tramos naturales, en los ríos Mijares y Cabriel; el segundo de ellos es el que aporta una gran variabilidad al histograma, mientras que en el Mijares los datos están muy restringidos. El pico observado solo se debe a datos del Mijares, mientras que los del Cabriel se encuentran igualmente distribuidos entre la inundación mínima (media 0-10 años) y el máximo o año completo (355-370). Con los datos observados, por lo tanto, se atribuye la idoneidad máxima al intervalo 0-10 años, de forma similar a las especies anteriores. Sin embargo, la diferencia cualitativa del Mijares con el Cabriel (que no tiene un máximo claro) induce a pensar que este resultado podría ser muy sensible a nuevos estudios, y que la curva obtenida debe considerarse como una primera prueba, analizándose en cada caso particular su posible adaptación en cada tramo, si se quisiera aplicar a un estudio de gestión de caudales. El tamaño muestral no es elevado, lo que supone otro factor de incertidumbre. Por estas razones, y debiéndose aplicar el principio de prudencia, se consideró lo más acertado el asignar una idoneidad 0.5 (aceptable) para todo el rango de datos detectado en el río Cabriel (cuyas frecuencias en todo el histograma son muy similares, sin picos relevantes).

Hasta el momento, consideramos que la mayor variabilidad de los datos se relaciona con los tramos no regulados, por lo cual la variabilidad del régimen de caudales y una “amplia” tolerancia de algunas especies puede ser el factor principal de variabilidad. En este punto, también debemos comentar que los resultados no se han disgregado por edades, debido a que el tamaño muestral obtenido no permitiría un análisis significativo. Para poder distinguir estas variables por edades sería necesario un esfuerzo de muestreo, y un número de tramos mucho mayor. Este hecho puede condicionar estas curvas, y también las demás, ya que se ha documentado que la tolerancia de

inundación de las especies cambia con la edad, y por tanto la dispersión de los datos podría deberse a esta agregación de datos, entre otros factores. Se ha documentado que durante los primeros años algunas especies son freatófitas facultativas, condición que podría cambiar sobre los 3-4 años de edad, convirtiéndose en freatófitas obligadas. En este estudio se han detectado un porcentaje de casos reducido de edades tempranas, por lo que hasta el momento no consideramos que este sea el principal factor de variabilidad.

5.2.4.2.- Duración de la inundación en el periodo vegetativo

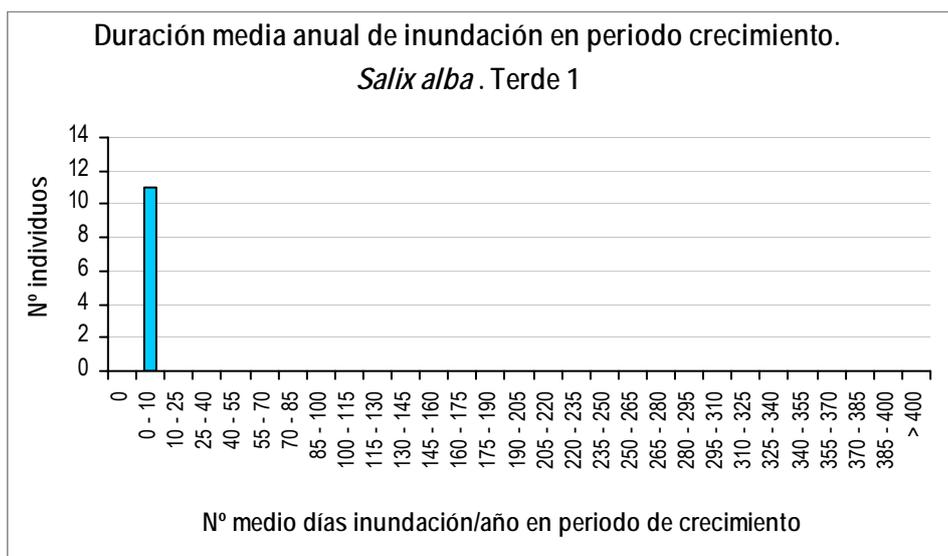


Figura 5.100. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Salix alba* en Terde-1 (Mijares).

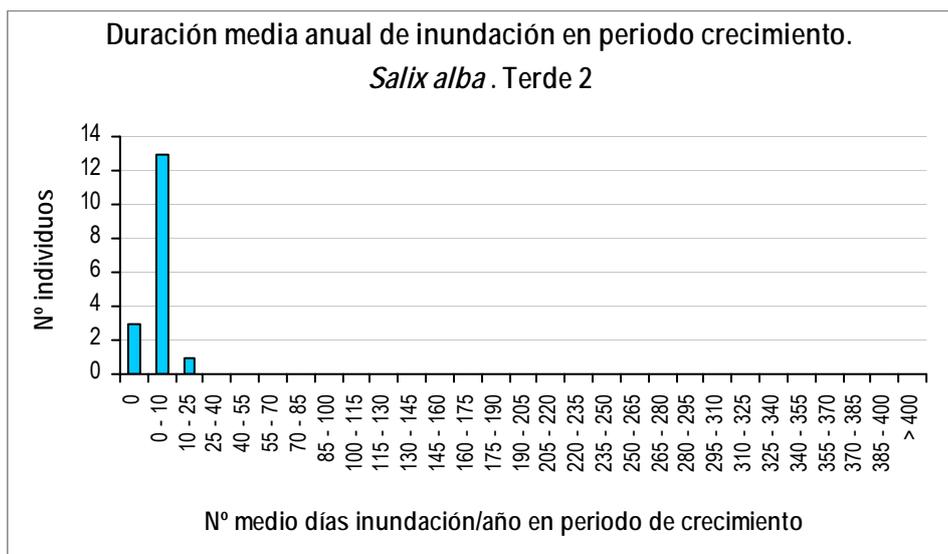


Figura 5.101. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Salix alba* en Terde-2 (Mijares).

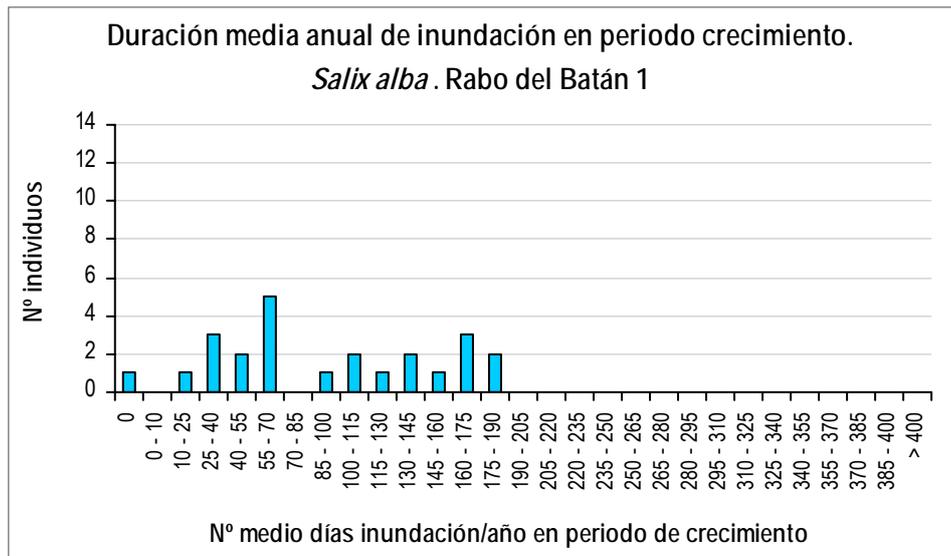


Figura 5.102. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Salix alba en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

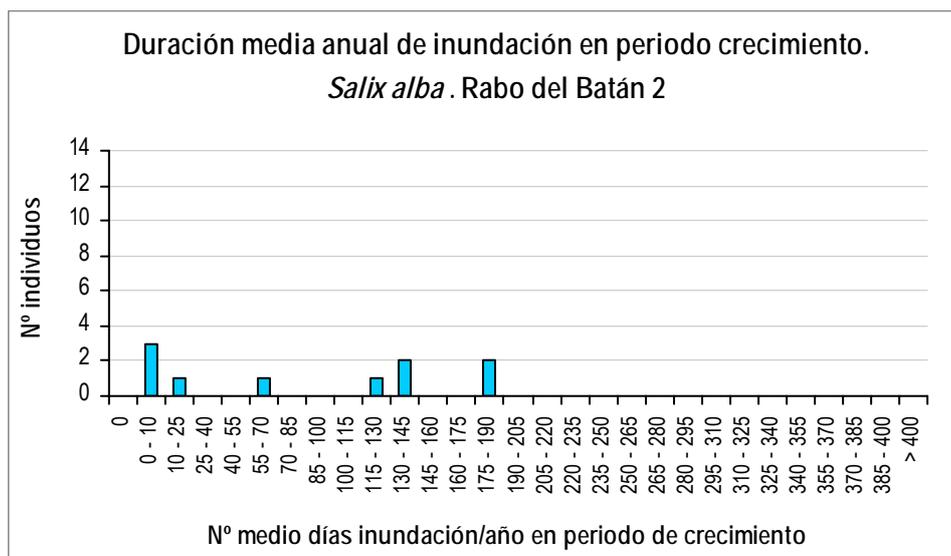
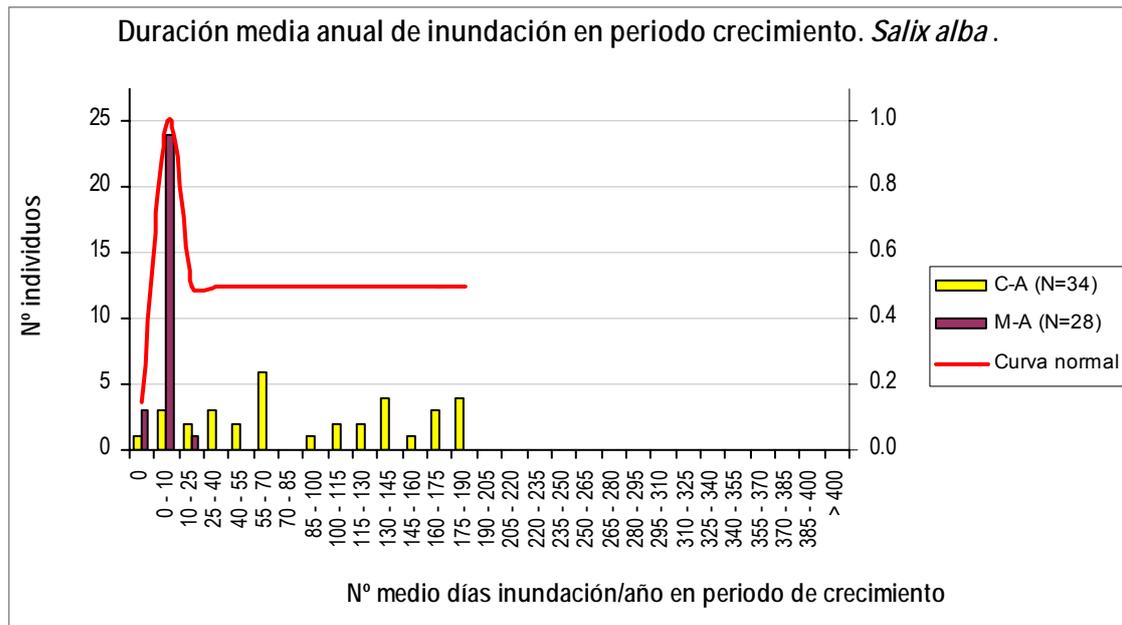


Figura 5.103. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Salix alba en Rabo del Batán-2 (Cabriel).



*Figura 5.104. Histogramas de duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Salix alba*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.*

Las diferencias de considerar el año entero o los meses de crecimiento, no se traducen en cambios relevantes. El máximo sigue siendo entre 0-10 días, coincidiendo con las especies anteriores. No se observa ninguna diferencia en cuanto al histograma derivado del Mijares alto, mientras que para el Cabriel alto seguimos viendo individuos que ocupan desde franjas con inundación muy baja (0 años) hasta los que se inundan durante los 6 meses, 180 días. Solo se ve el recorte realizado por los seis meses, ningún otro cambio. Las consideraciones hechas en la variable anterior son igualmente extensibles a esta variable, y para reflejar lo mejor posible los datos obtenidos, y las diferencias “naturales” detectadas entre tramos, se decidió dar una idoneidad aceptable (0.5) al rango de datos del Cabriel, con frecuencias muy similares en todo su rango.

5.2.4.3.- Duración de la inundación continua (número de días consecutivos)

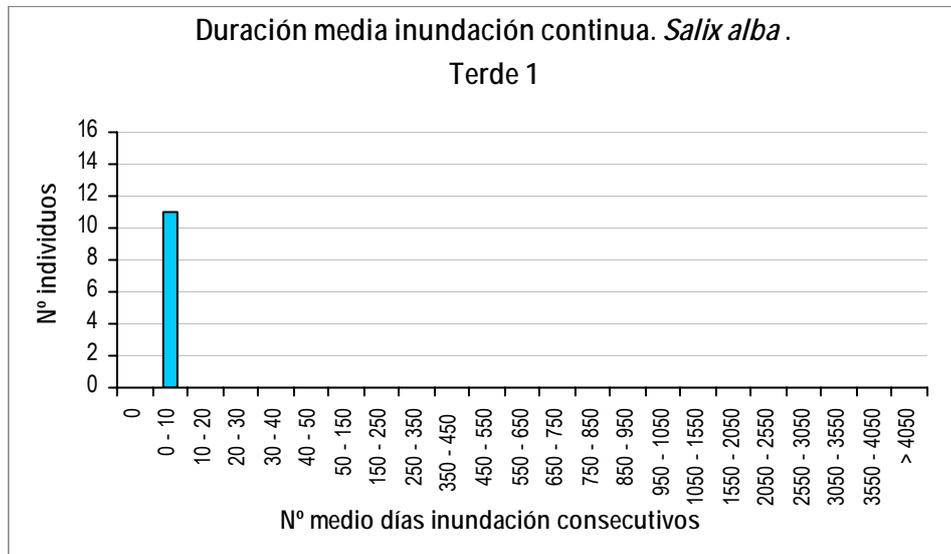


Figura 5.105. Duración media de la inundación continua para *Salix alba* en Terde-1 (Mijares).

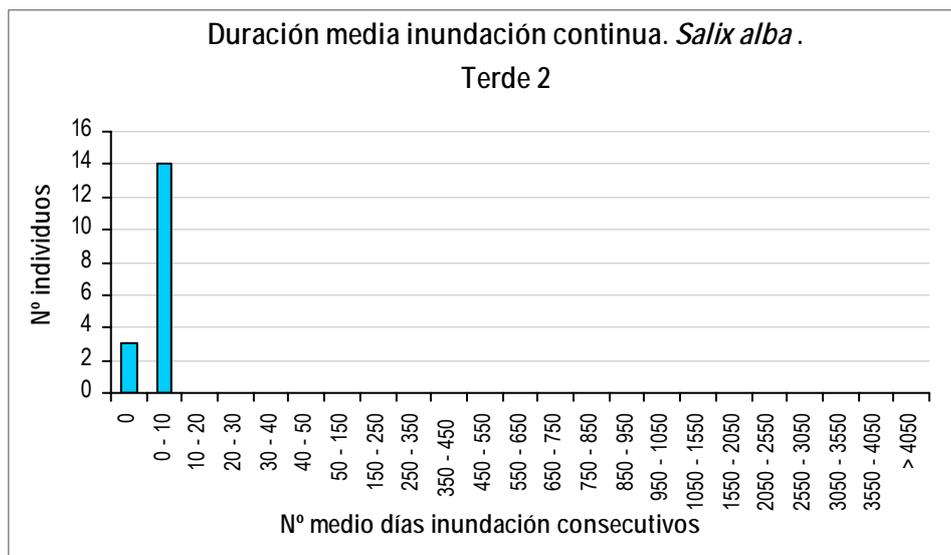
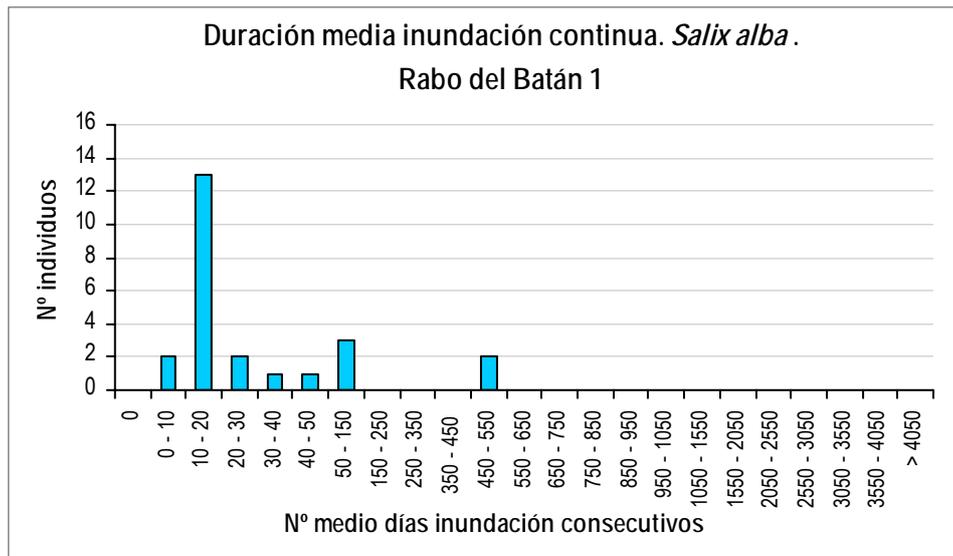
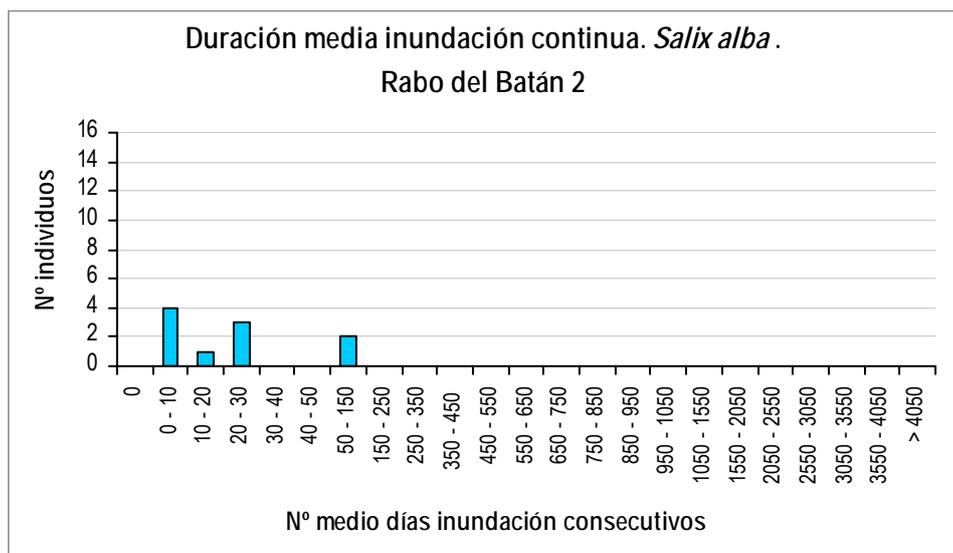


Figura 5.106. Duración media de la inundación continua para *Salix alba* en Terde-2 (Mijares).



*Figura 5.107. Duración media de la inundación continua para *Salix alba* en Rabo del Batán-1 (Gabriel).*



*Figura 5.108. Duración media de la inundación continua para *Salix alba* en Rabo del Batán-2 (Gabriel).*

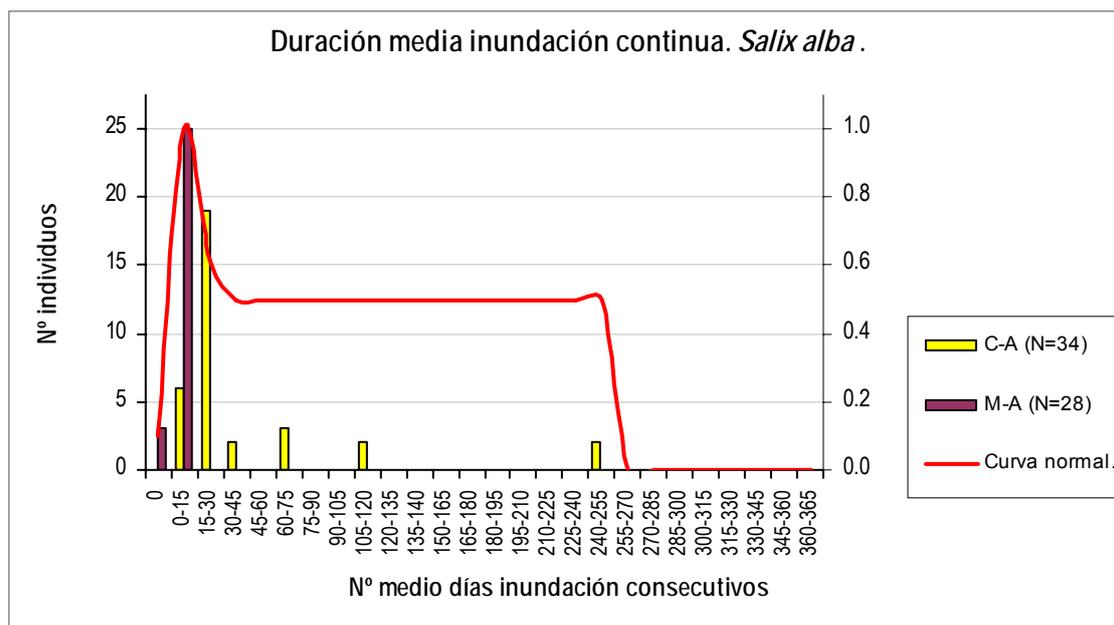


Figura 5.109. Histogramas de duración media de la inundación continua para Salix alba, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Al observar los histogramas de inundación continua se ven diferencias importantes con el tiempo de inundación total, porque hay una coincidencia clara entre la frecuencia máxima de los 2 grupos de tramos naturales. Los datos se agrupan en los intervalos entre 0 y 30 días, de forma parecida a las especies anteriores (ambos *Populus* y *S. atrocinerea*). La mencionada coincidencia, entre tramos y con otras especies, parecen indicar una mayor fiabilidad de esta variable, pero la sensibilidad de los resultados puede ser igualmente alta respecto de nuevos estudios en otros tramos que aumenten el tamaño muestral y el abanico de condiciones ambientales estudiadas. No se debe olvidar que se ha mencionado la necesidad de analizar nuevos tramos, en el caso de otras especies, por lo cual dicha coincidencia no supone una garantía de la fiabilidad de la curva final obtenida para esta especie. Al igual que en las 2 variables anteriores, se asignó una idoneidad 0.5 al rango de datos aportado por los tramos del río Gabriel.

5.2.4.4.- Frecuencia de inundación

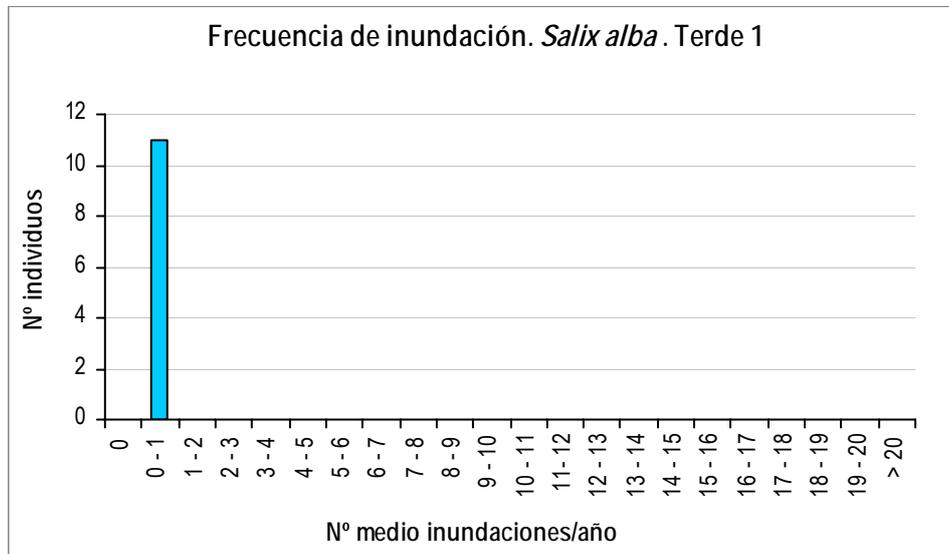


Figura 5.110. Frecuencia de inundación para *Salix alba* en Terde-1 (Mijares).

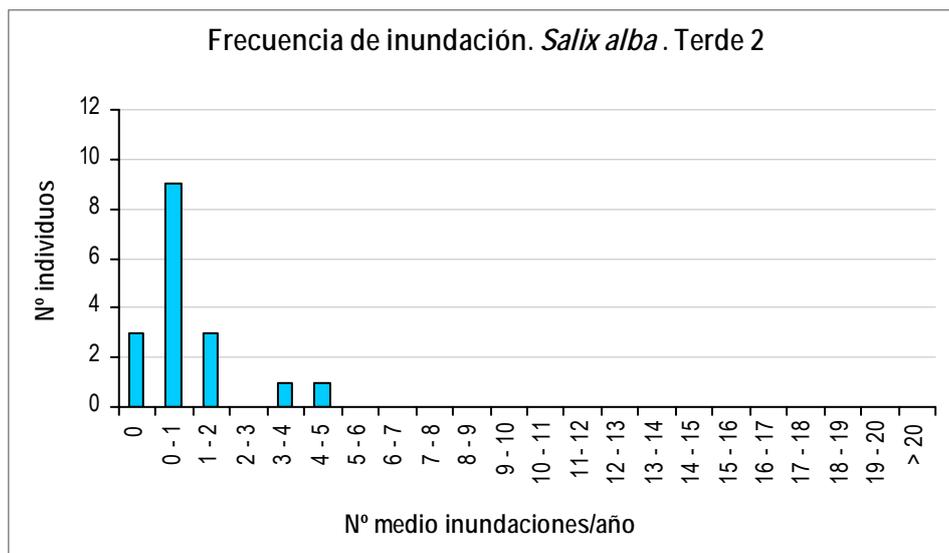


Figura 5.111. Frecuencia de inundación para *Salix alba* en Terde-2 (Mijares).

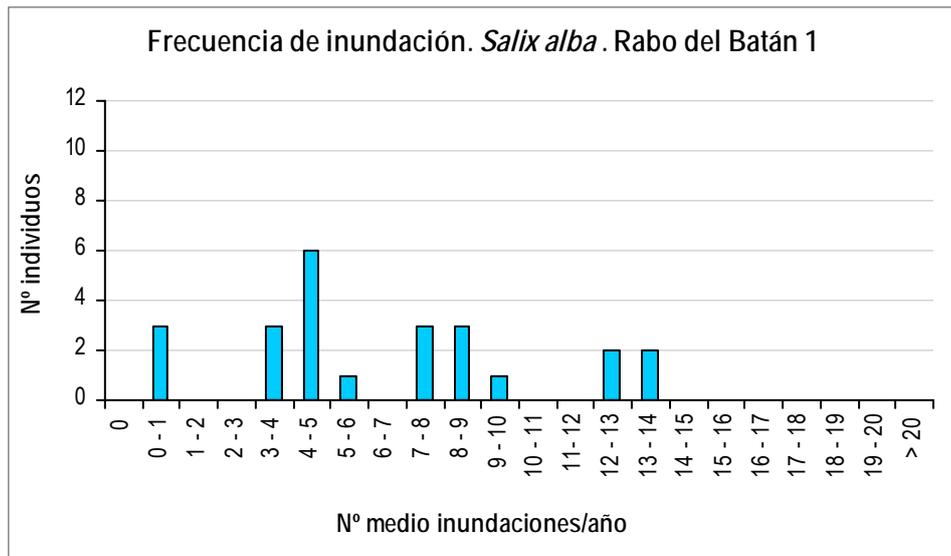


Figura 5.112. Frecuencia de inundación para *Salix alba* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

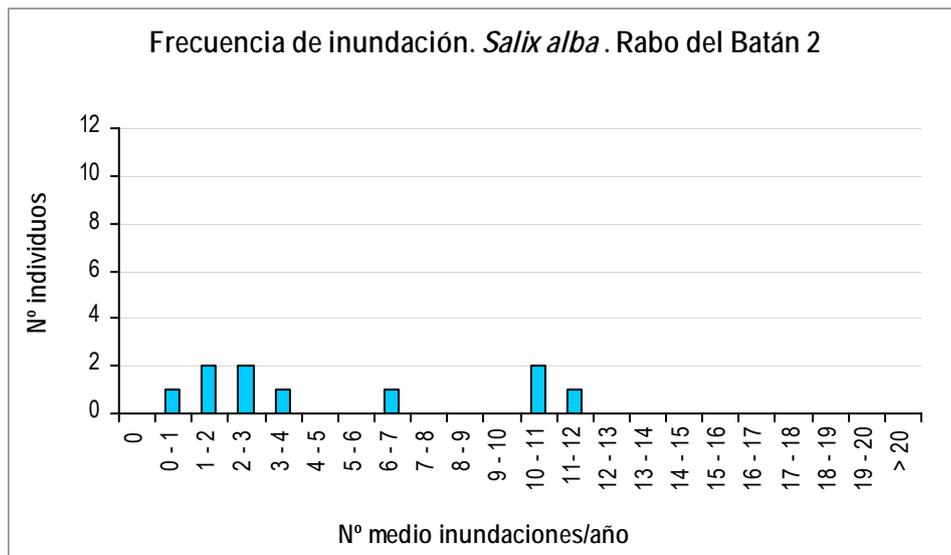
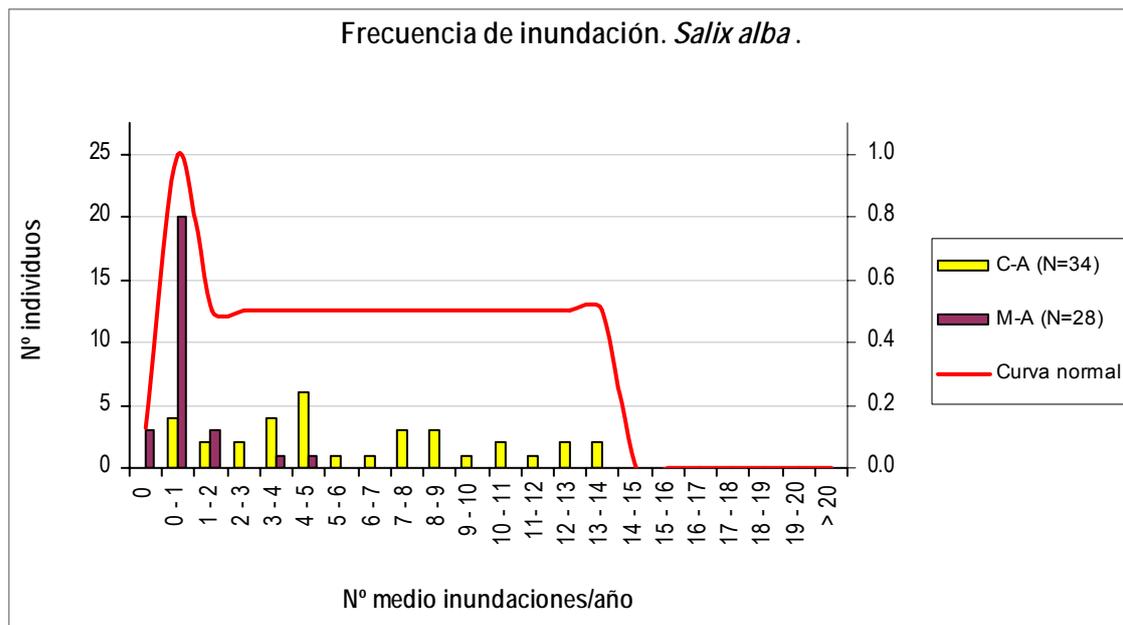


Figura 5.113. Frecuencia de inundación para *Salix alba* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).



*Figura 5.114. Histogramas de frecuencia de inundación para *Salix alba*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.*

En esta variable se muestra de nuevo una diferencia significativa entre ambos grupos de tramos, en cuanto a su moda, a pesar de que ninguno está regulado. Mientras en el Mijares la inundación se realiza típicamente en un solo evento al año, en el Cabriel la variabilidad es mucho mayor. De hecho la moda en este último se encuentra en 4-5 eventos como media, con casos muy dispersos entre zonas que se inundan 1 vez al año y otras 14 veces al año. La variabilidad del Cabriel enriquece los resultados, si embargo la localización de la máxima idoneidad deja dudas, como se ha mencionado anteriormente, por las diferencias entre tramos y el limitado tamaño muestral. Aplicando el principio de prudencia, como en casos anteriores, en lugar de aplicar el método matemático exacto al obtener la curva final, se decidió asignar una idoneidad de 0.5 a todo el rango de datos obtenido en el río Cabriel.

5.2.4.5.- Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base

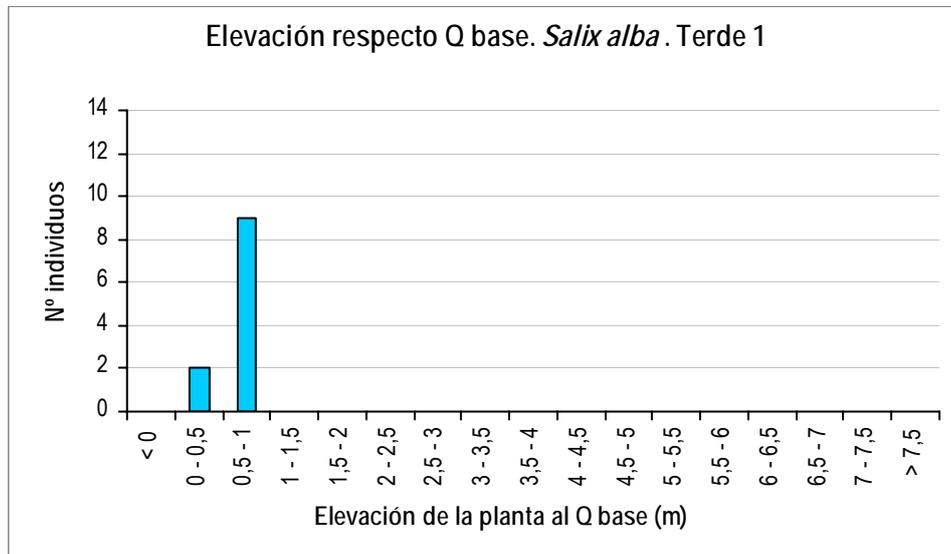


Figura 5.115. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix alba* en Terde-1 (Mijares).

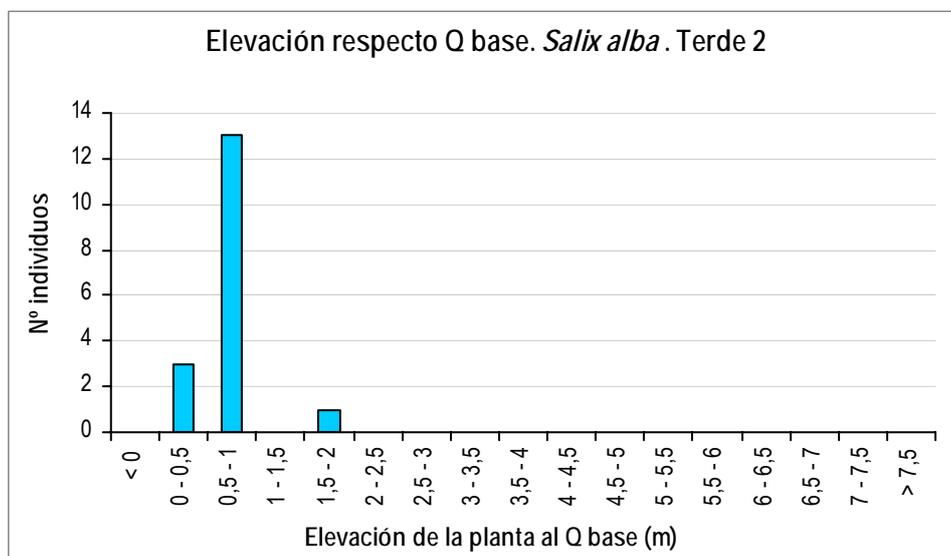


Figura 5.116. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix alba* en Terde-2 (Mijares).

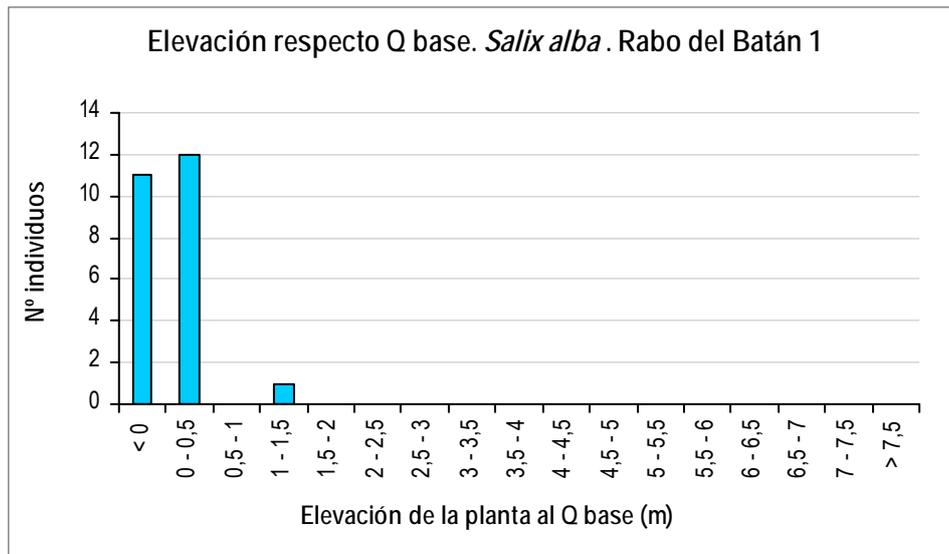


Figura 5.117. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para Salix alba en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

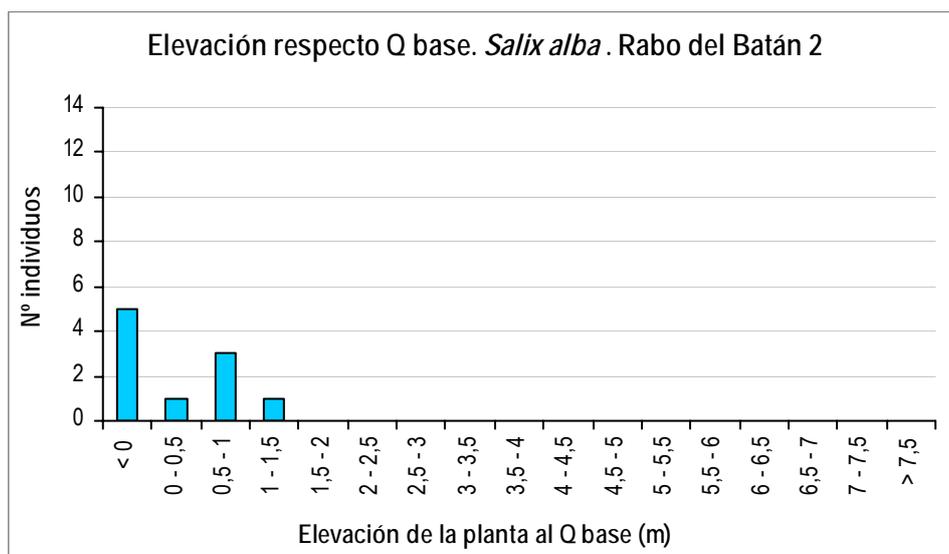


Figura 5.118. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para Salix alba en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

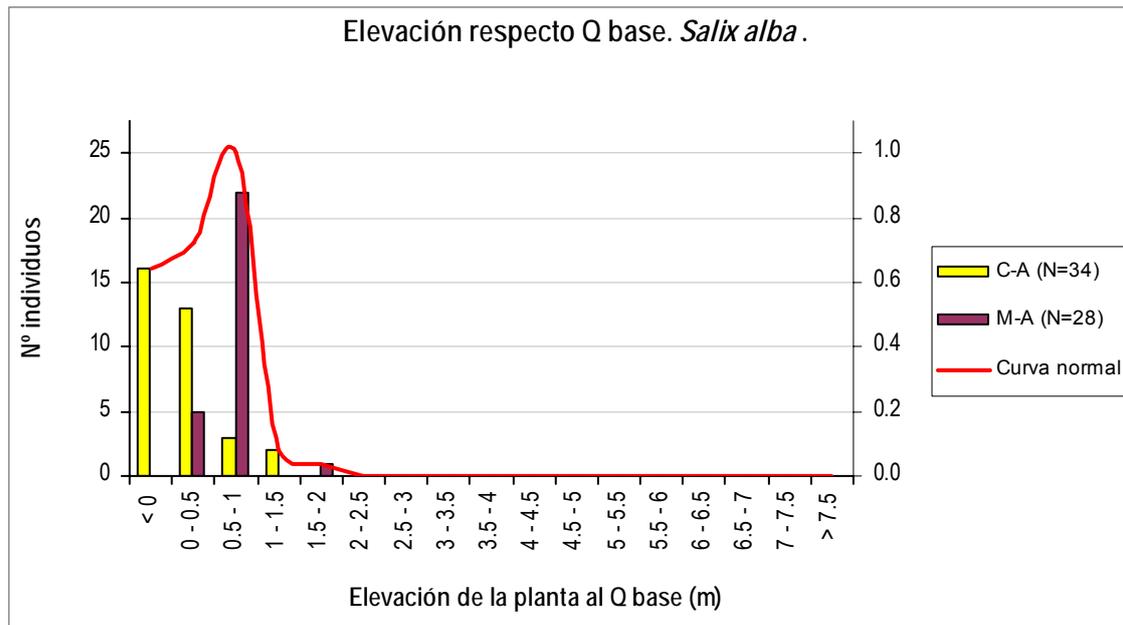


Figura 5.119. Histogramas de elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix alba*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Los histogramas de los 2 grupos de tramos presentan de nuevo tendencias diferentes, mientras es decreciente en el Mijares, con máximo en 0 ó menor (inundación por tanto todo el año), en el Cabriel es apuntada y tiene el máximo en 0.5-1 m. El resultado final, con máxima idoneidad en 0.5-1 m, resulta bastante acorde con las especies arbóreas ya comentadas, que además se encuentran todas a mayor altura que los sauces arbustivos. Este resultado concuerda cualitativamente con observaciones de campo de otros autores; de hecho se ha citado que los grandes sauces arbóreos (*Salix alba* y *Salix fragilis*), suelen estar presentes en el interior de alamedas y choperas. En ambos histogramas observamos una agrupación muy fuerte de datos, que en ningún caso suben de los 2 m; la variabilidad de datos no es en este caso un factor que indique una baja confianza de los datos. Con los datos obtenidos hasta el momento, su franja de elevación con idoneidad aceptable parece estar entre el nivel de caudal base o inferior, y 1 m de altura, solapándose tanto con los *Populus* como con arbustos de sauces.

5.2.5.- *Salix purpurea*

5.2.5.1.- Duración de la inundación

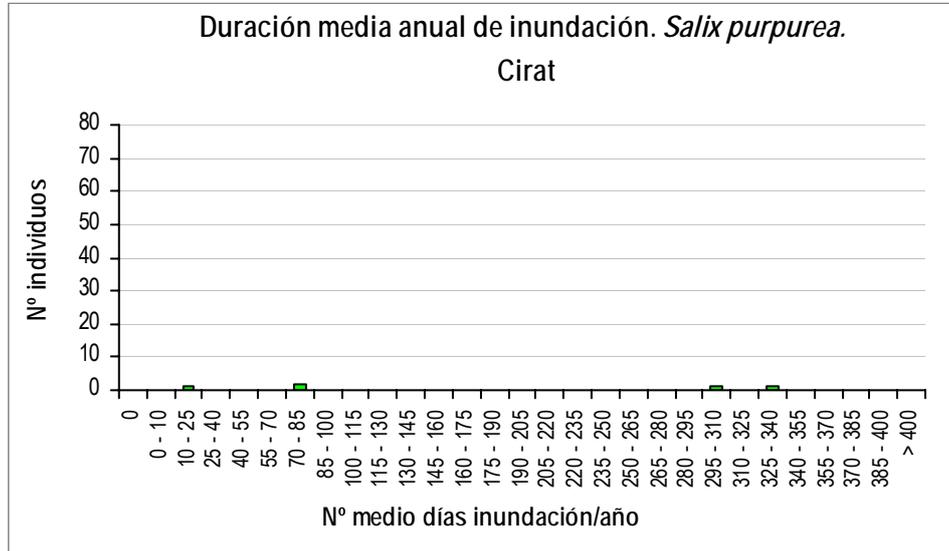


Figura 5.120. Duración media anual de la inundación para *Salix purpurea* en Cirrat (Mijares).

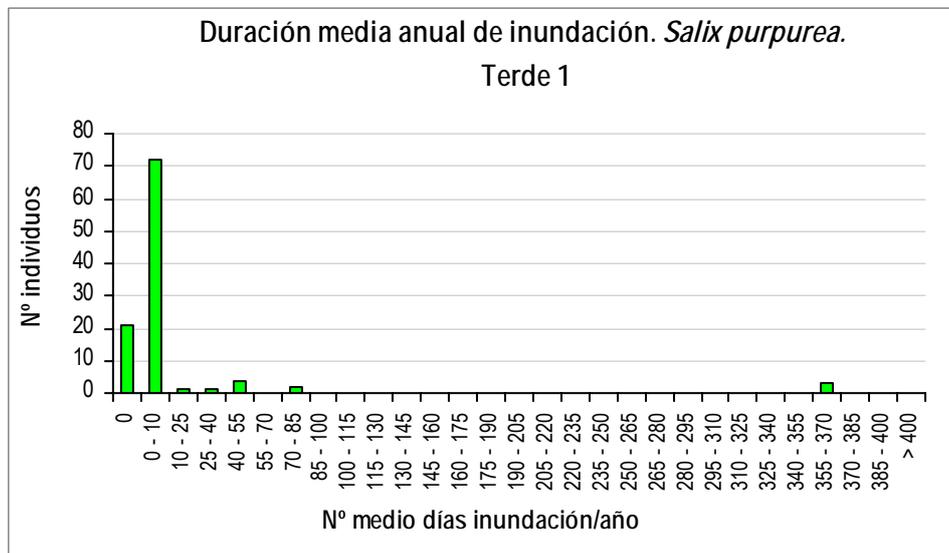


Figura 5.121. Duración media anual de la inundación para *Salix purpurea* en Terde-1 (Mijares).

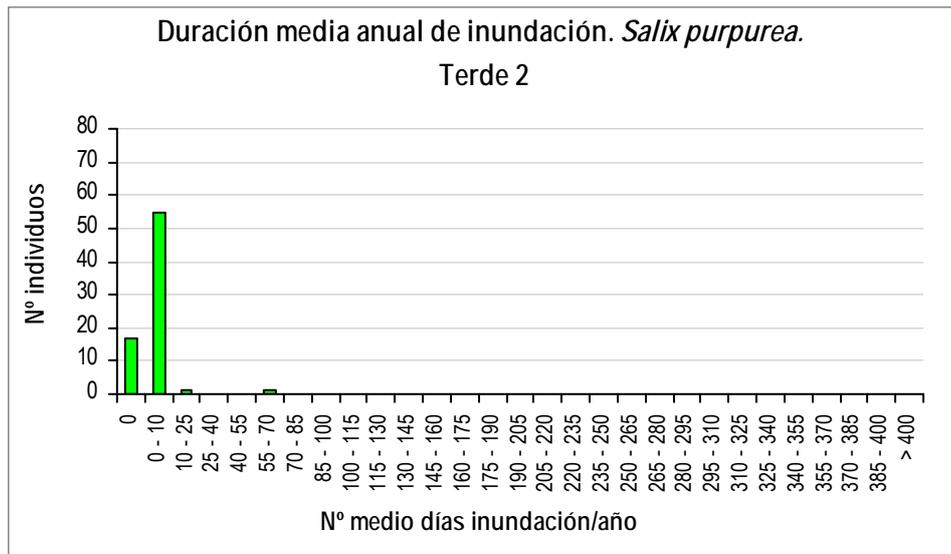


Figura 5.122. Duración media anual de la inundación para *Salix purpurea* en Terde-2 (Mijares).

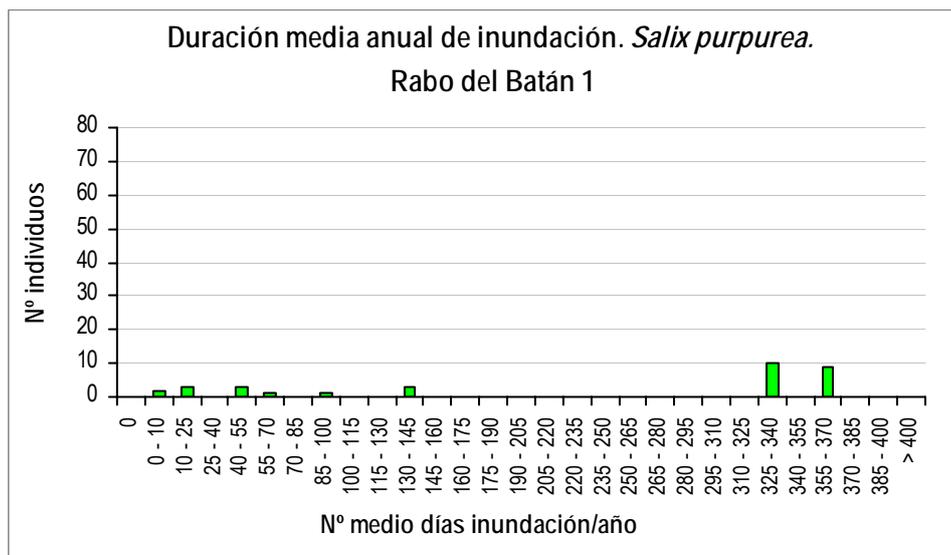


Figura 5.123. Duración media anual de la inundación para *Salix purpurea* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

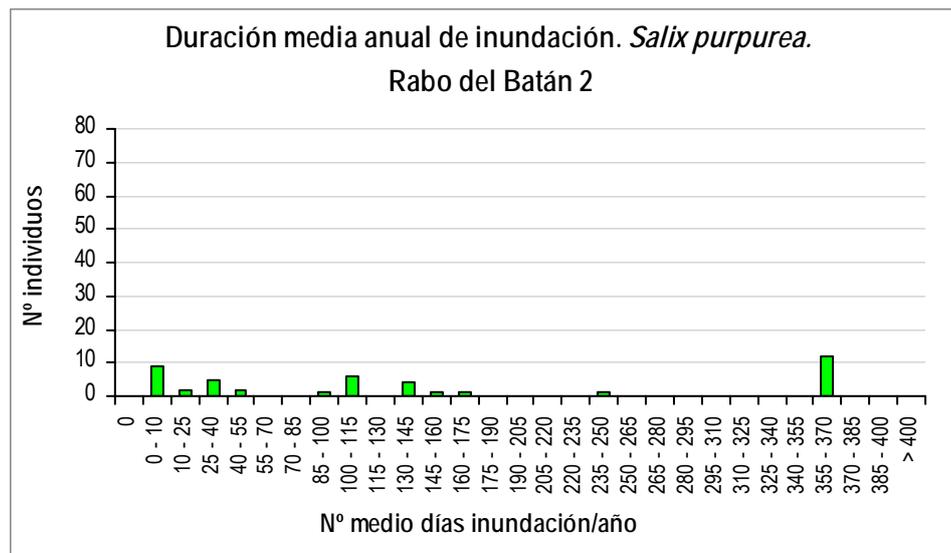


Figura 5.124. Duración media anual de la inundación para *Salix purpurea* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

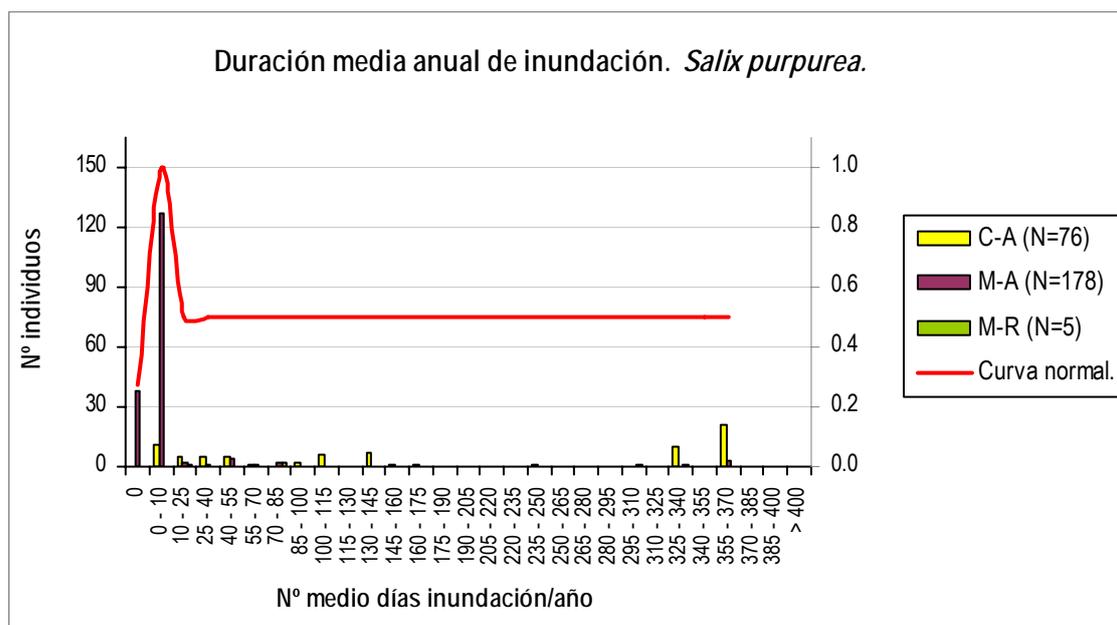


Figura 5.125. Histogramas de duración media anual de la inundación para *Salix purpurea*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Como puede verse el tamaño muestral es muy importante, en total 259, si bien solo son representativos los datos de 2 zonas o grupos de tramos, Cabriel alto y Mijares alto. Por tanto estamos recogiendo aquí los datos de dos zonas naturales sin regulación de caudales. La mayoría de la frecuencia la tiene el tramo del Mijares, aunque ambos aportan un número importante de datos. Ambos histogramas tienen una gran variabilidad, especialmente el del Cabriel, y la moda de

ambos histogramas no coinciden, como se ha observado en otras especies. En el conjunto global de datos encontramos una minoría de individuos que se encuentran inundados todo el año (un número relevante del Cabriel y algunos del Mijares), pero una mayoría se inundan solo durante 10 días al año o menos. Todo ese rango de variabilidad entre 10 y 365, parece ser apto para la especie, pero según nuestros resultados tendría una idoneidad baja, siendo lo más adecuado un periodo de inundación entre 1 y 10 días. En esta variable, el tamaño muestral y la amplia dispersión indican una amplia variabilidad ecológica, por lo que el rango de datos fuera del máximo matemático debe recibir una adecuada atención sin infravalorarse; por ello se le asignó la idoneidad 0.5.

5.2.5.2.- Duración de la inundación en el periodo vegetativo

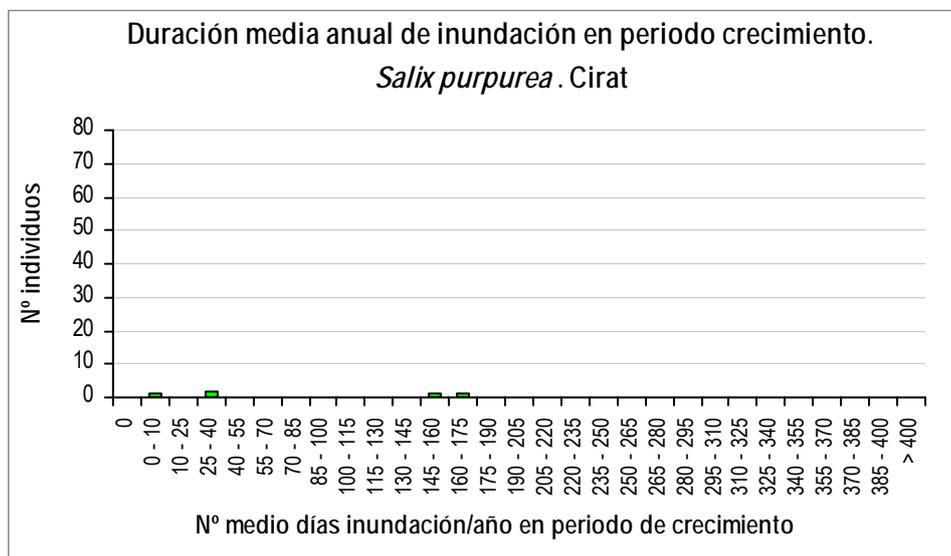


Figura 5.126. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Salix purpurea* en Cirat (Mijares).

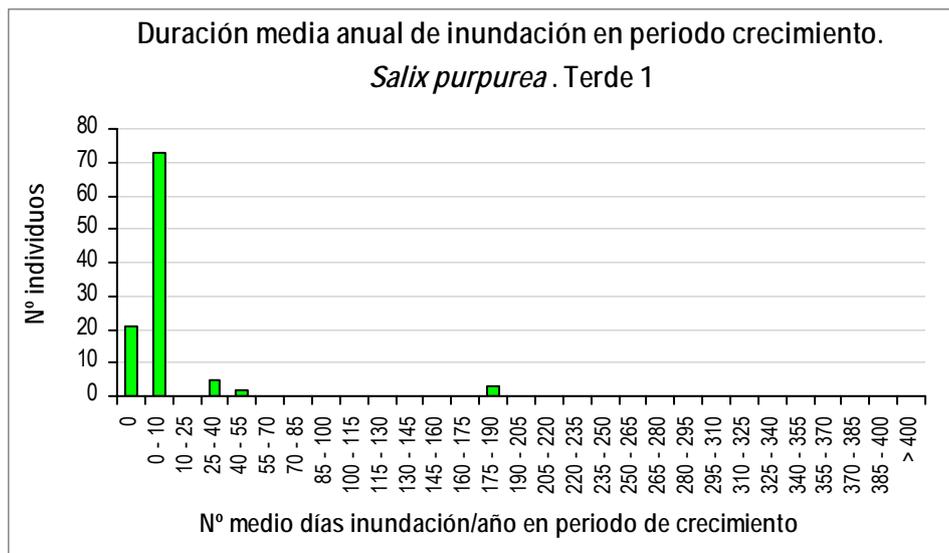


Figura 5.127. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Salix purpurea en Terde-1 (Mijares).

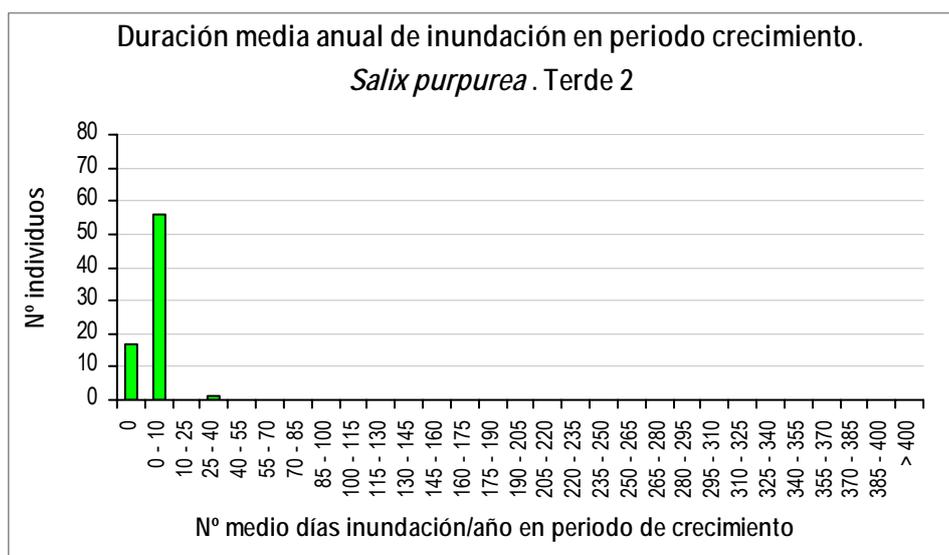


Figura 5.128. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Salix purpurea en Terde-2 (Mijares).

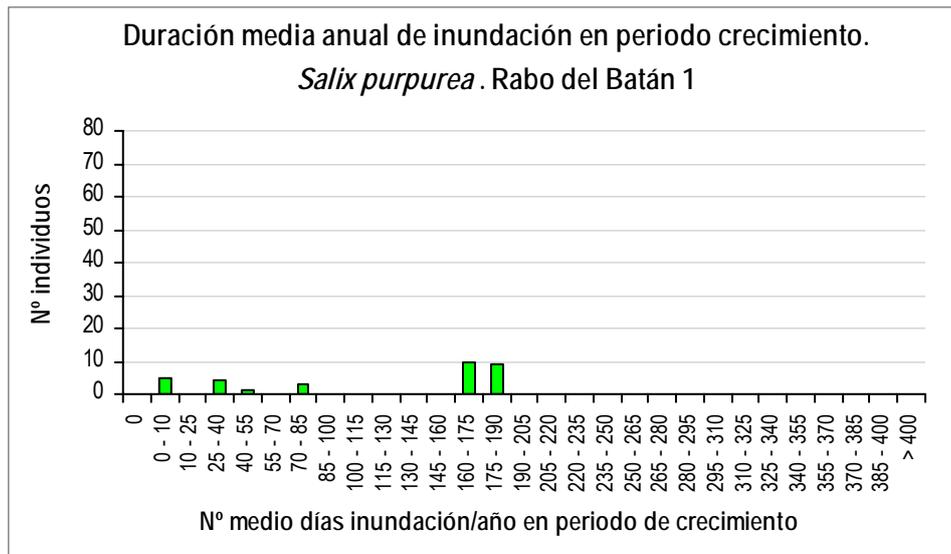


Figura 5.129. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Salix purpurea en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

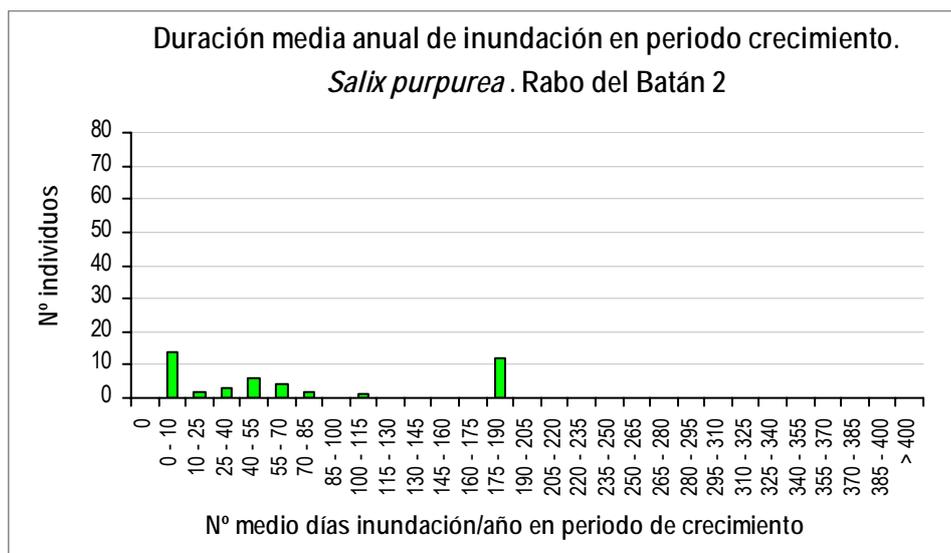


Figura 5.130. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Salix purpurea en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

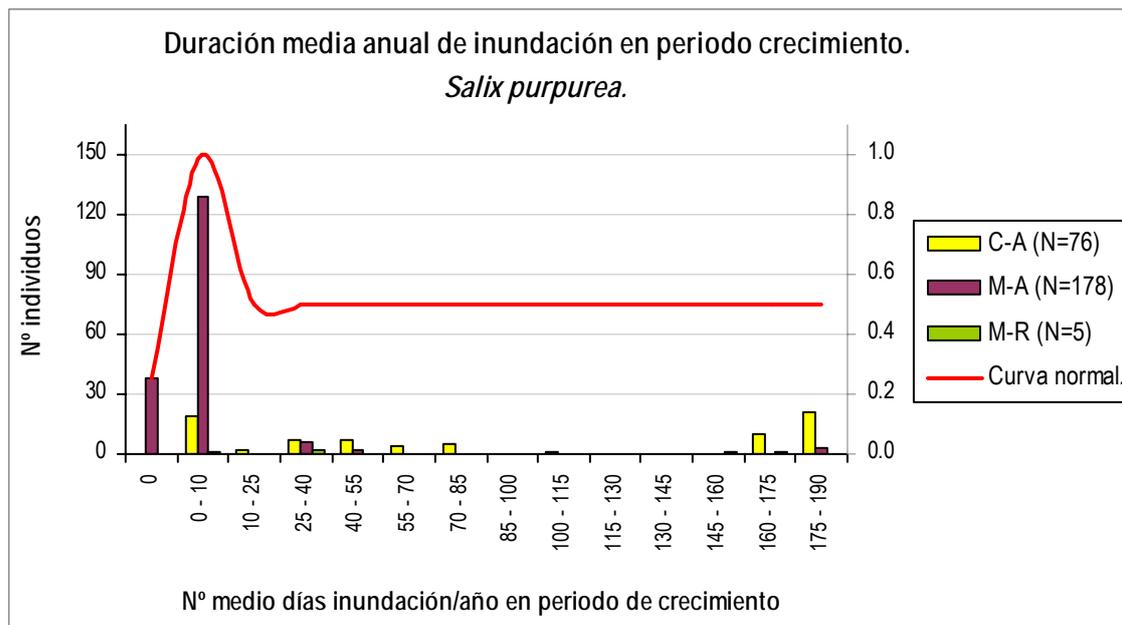


Figura 5.131. Histogramas de duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Salix purpurea, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Para este periodo se observa el mismo patrón que con la variable anterior, los datos se agrupan en los dos intervalos más bajos (datos del Mijares), con un máximo claro en el intervalo 1-10 días por año. Sin embargo, los datos del Cabriel están muy dispersos, y nos indican que la amplitud ecológica de la especie es considerable. De hecho las mayores frecuencias del Cabriel se encuentran en los dos extremos opuestos. Naturalmente, la variabilidad de datos es más reducida que en la variable anterior, pero de igual modo los datos del Cabriel cubren todo el rango posible. Por las mismas razones explicadas antes, el resultado matemático fue retocado para asignar la idoneidad 0.5 a todo el rango de datos del río Cabriel.

5.2.5.3.- Duración de la inundación continua (número de días consecutivos)

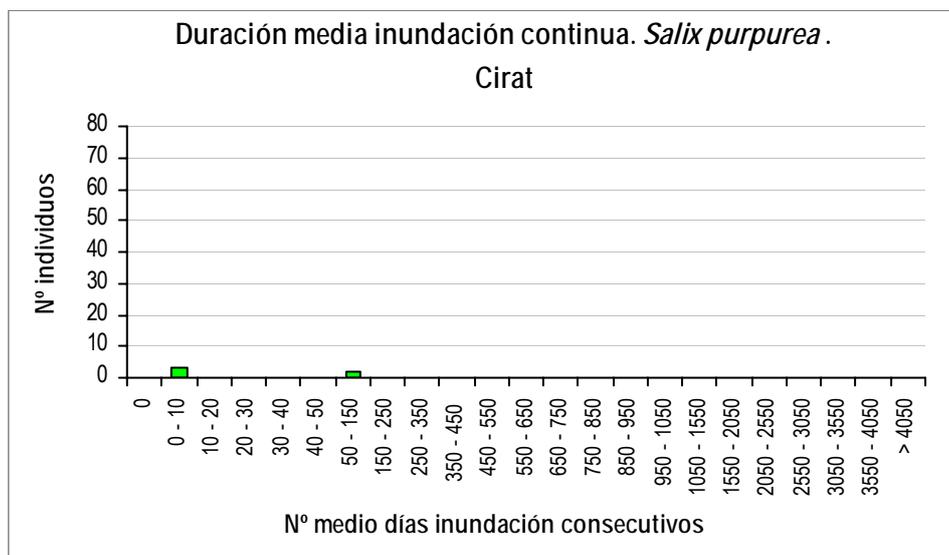


Figura 5.132. Duración media de la inundación continua para *Salix purpurea* en Cirat (Mijares).

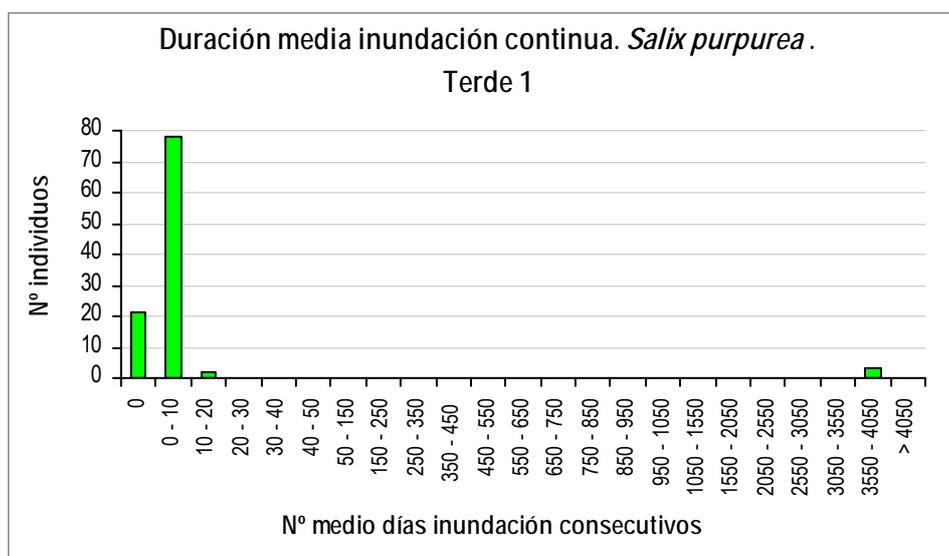


Figura 5.133. Duración media de la inundación continua para *Salix purpurea* en Terde-1 (Mijares).

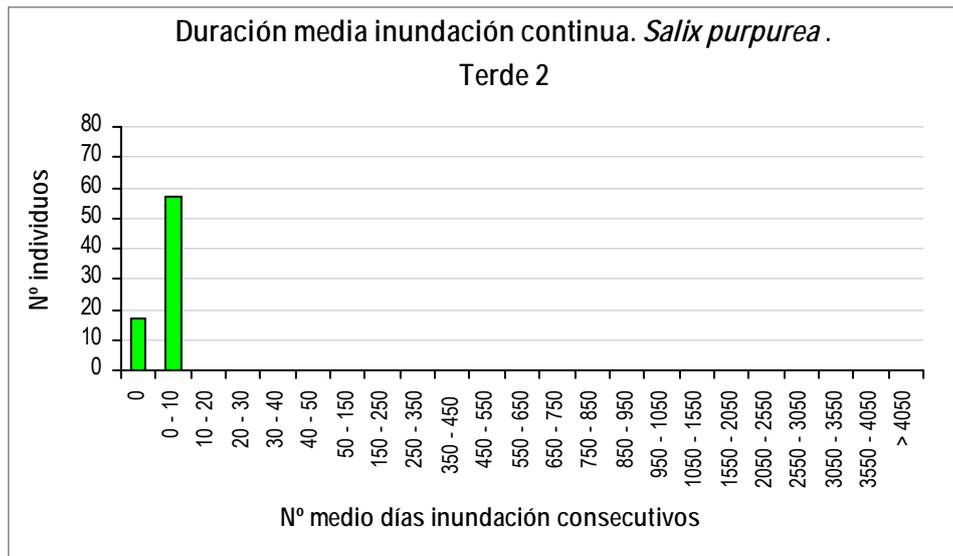


Figura 5.134. Duración media de la inundación continua para *Salix purpurea* en Terde-2 (Mijares).

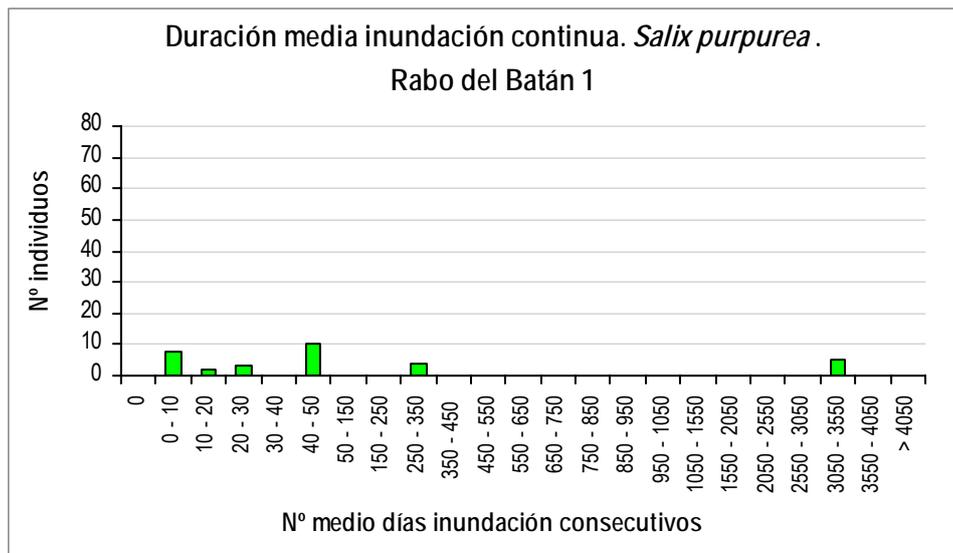


Figura 5.135. Duración media de la inundación continua para *Salix purpurea* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

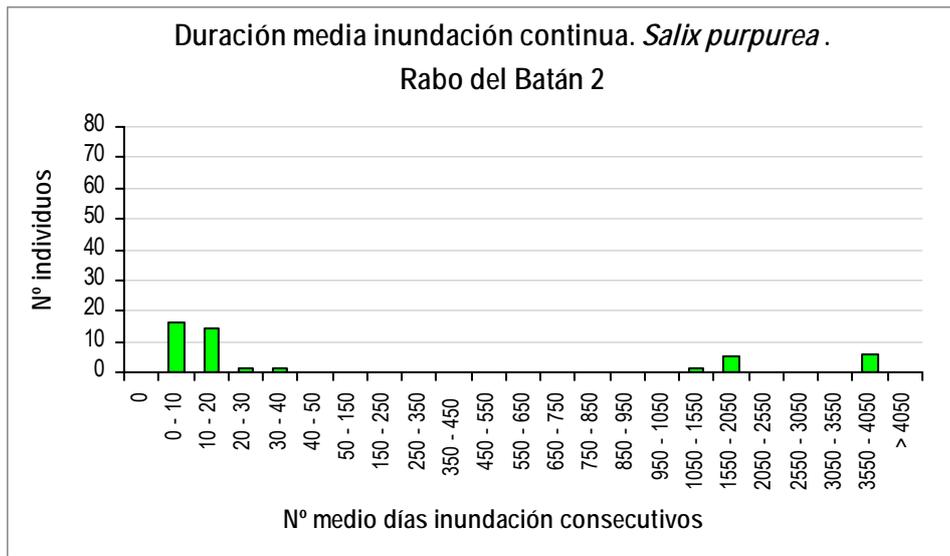


Figura 5.136. Duración media de la inundación continua para *Salix purpurea* en Rabo del Batán-2 (Gabriel).

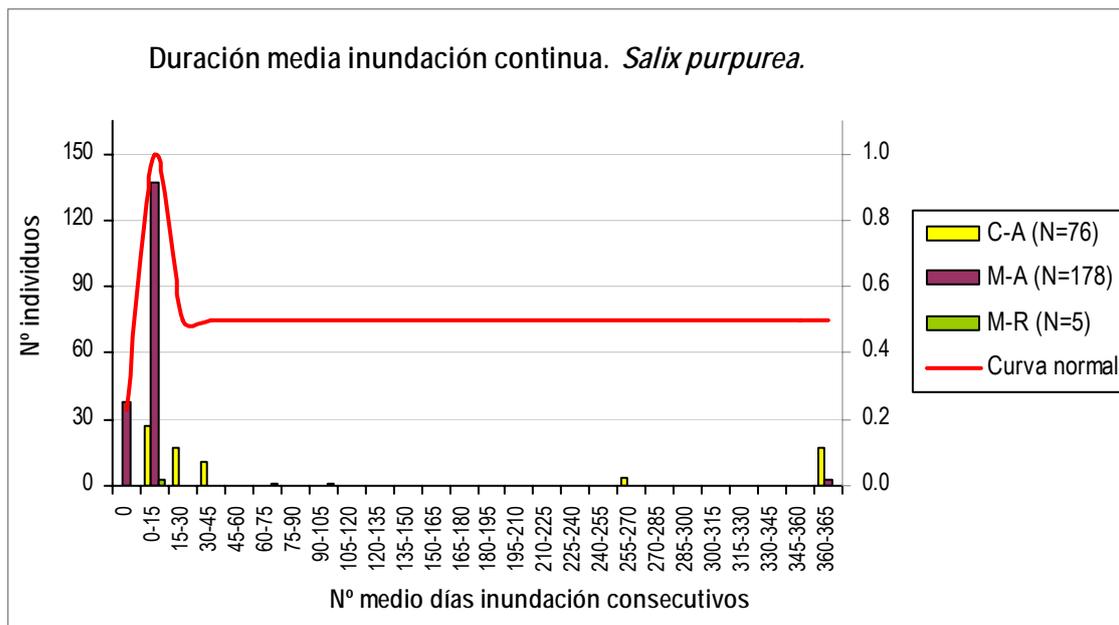


Figura 5.137. Histogramas de duración media de la inundación continua para *Salix purpurea*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

En esta variable, se ve reflejada la misma variabilidad del río Cabriel; en el Mijares es mucho menor, pero también presenta pies que llegan a estar inundados hasta el año completo. Los datos del Cabriel se encuentran más repartidos, aunque el grupo principal tiene una duración continua relativamente baja. A pesar del alto número de datos en el Cabriel, aún se está lejos de obtener una distribución continua, que de una orientación sobre una media o unos umbrales claros para la

especie. De igual modo que las curvas anteriores, la idoneidad 0.5 fue asignada al rango de variabilidad del río Cabriel. Hasta el momento, y con cautela, los resultados son muy similares a los de otros sauces y del chopo, si bien el álamo mostraba valores ligeramente mayores.

5.2.5.4.- Frecuencia de inundación

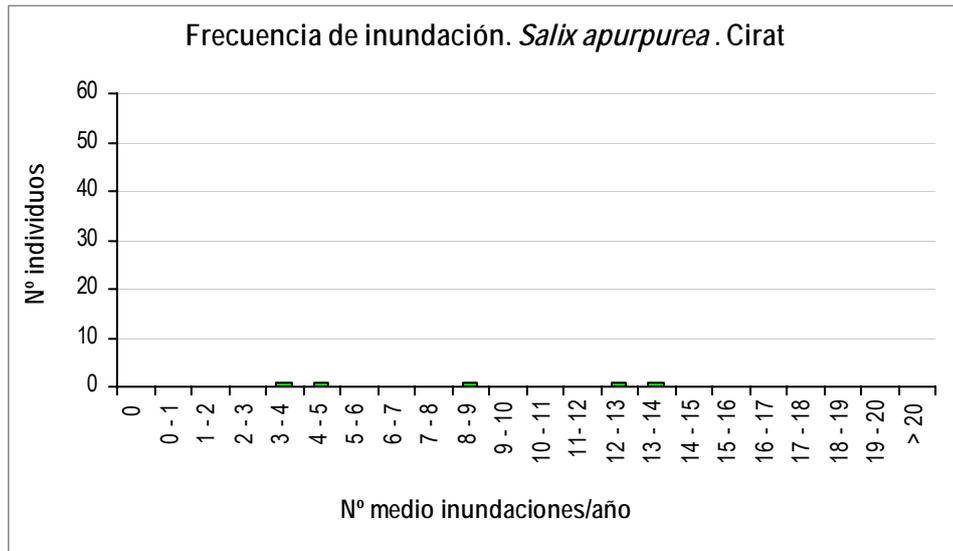


Figura 5.138. Frecuencia de la inundación para *Salix purpurea* en Cirat (Mijares).

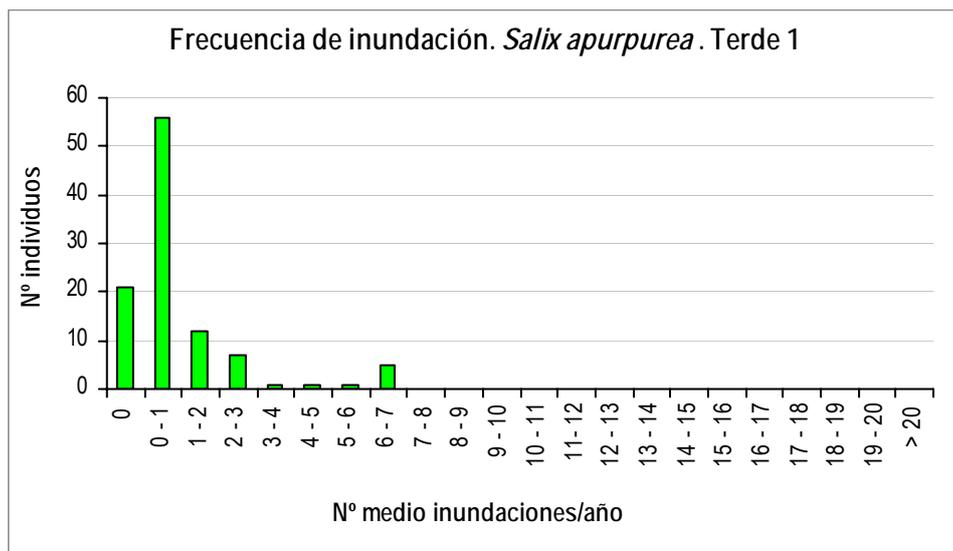


Figura 5.139. Frecuencia de la inundación para *Salix purpurea* en Terde-1 (Mijares).

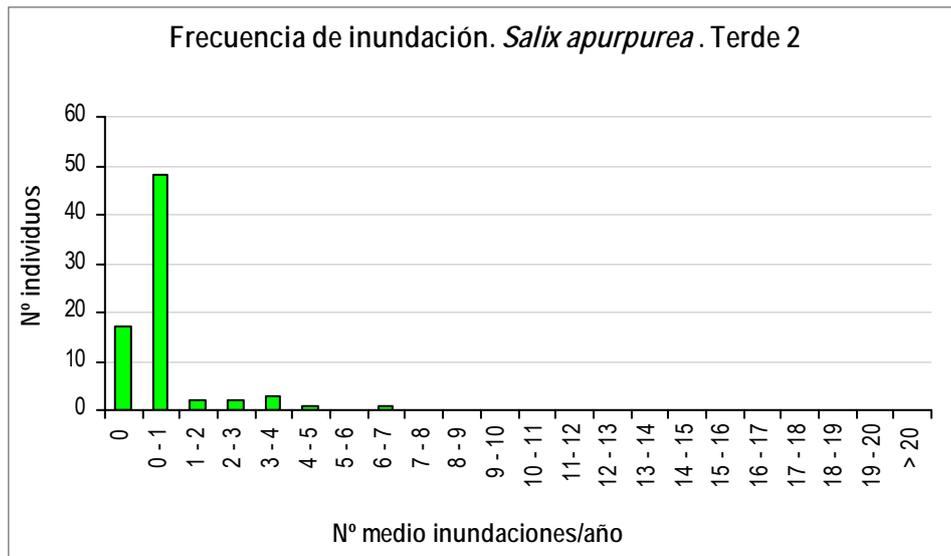


Figura 5.140. Frecuencia de la inundación para *Salix purpurea* en Terde-2 (Mijares).

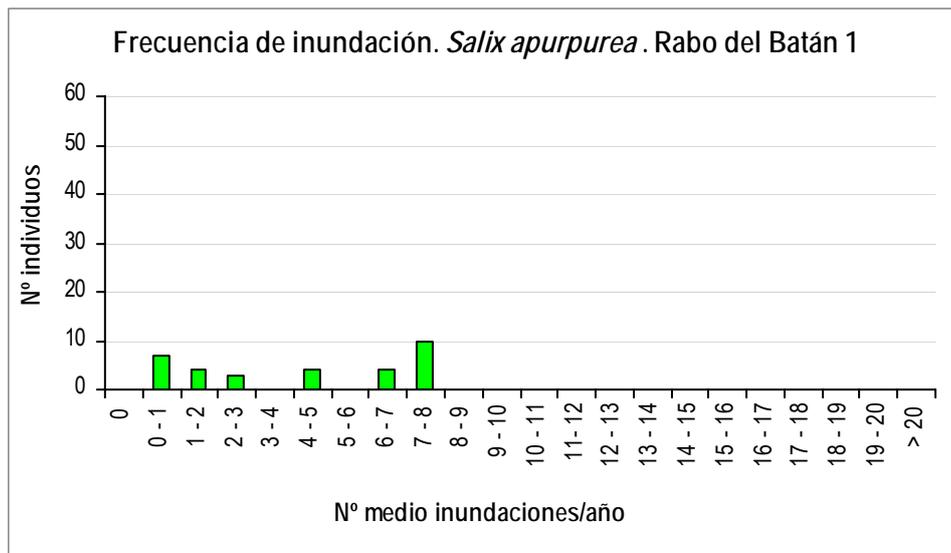


Figura 5.141. Frecuencia de la inundación para *Salix purpurea* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

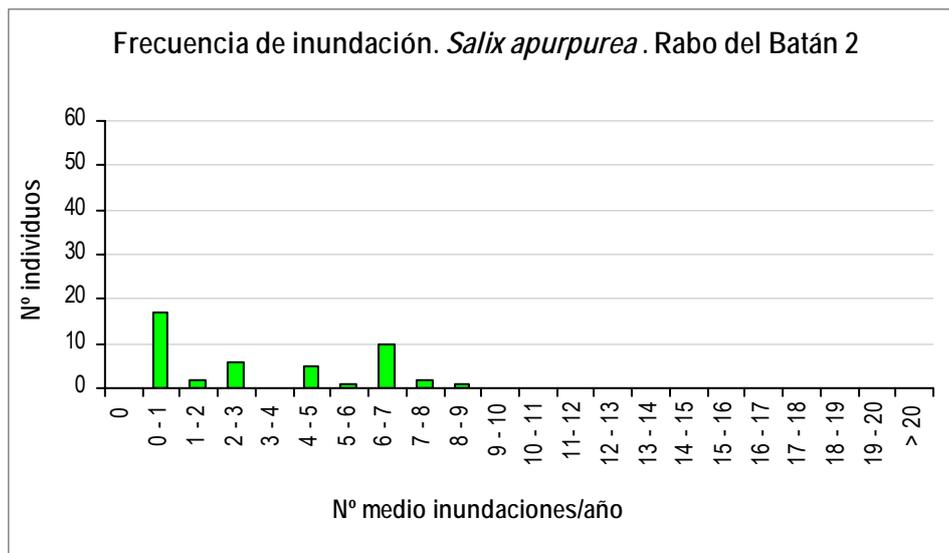


Figura 5.142. Frecuencia de la inundación para *Salix purpurea* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

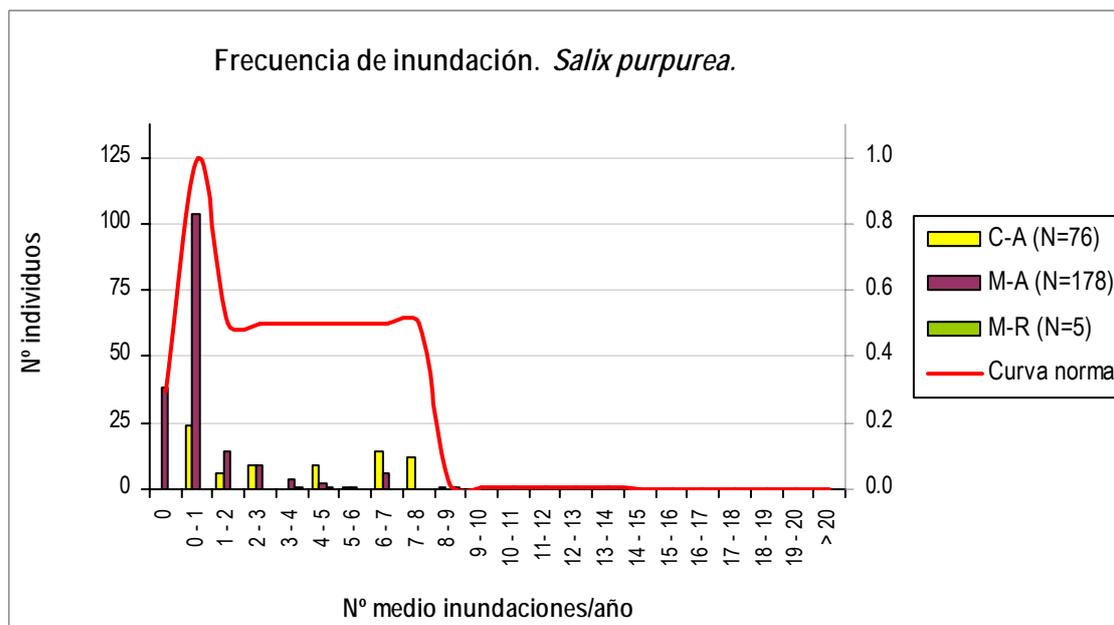


Figura 5.143. Histogramas de frecuencia de inundación para *Salix purpurea*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Los resultados indican que esta especie se inunda en varios eventos al año, y se ve una coincidencia entre ambos tramos de estudio, mucho más clara que en las demás variables. Encontramos un número frecuente de plantas que se inundan hasta 8 veces al año, pero los máximos en ambos ríos son de 1 evento al año, probablemente con las lluvias de primavera. Como en otras variables, las plantas de esta especie se ven más concentradas en el Mijares, mientras que las frecuencias estaban más repartidas en el Cabriel. El rango de datos a la derecha del máximo fue

emparejado con la idoneidad aceptable, pues consideramos que probablemente representa la plasticidad de la especie, y no datos extremos o extraños.

5.2.5.5.- Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base

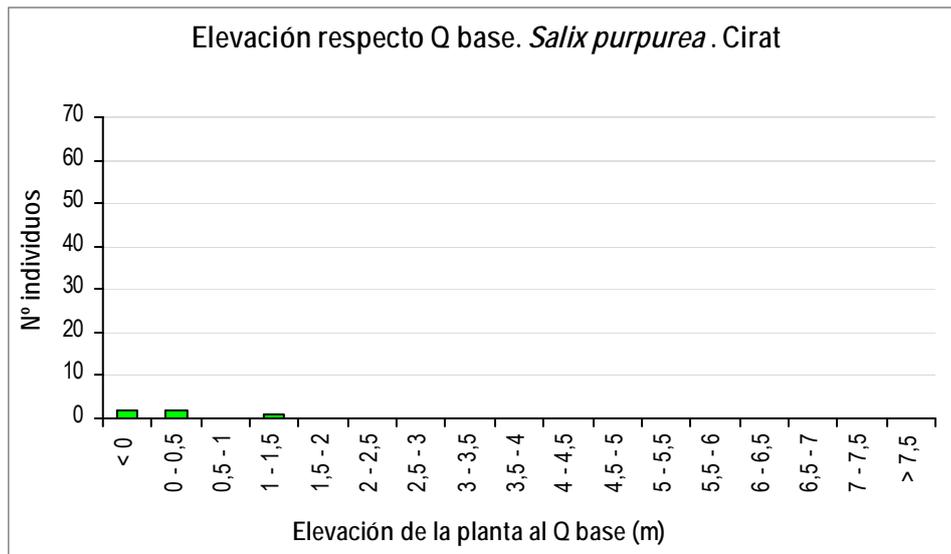


Figura 5.144. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix purpurea* en Cirat (Mijares).

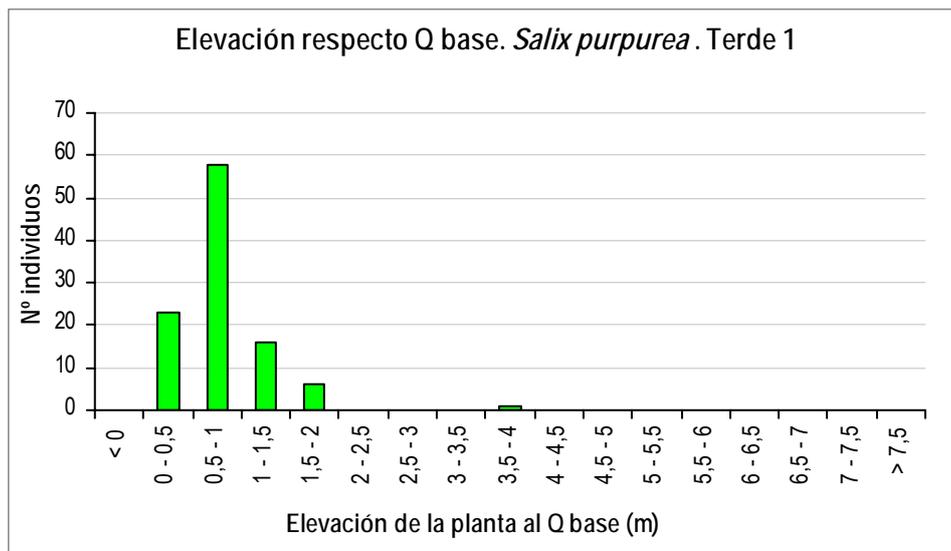


Figura 5.145. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix purpurea* en Terde-1 (Mijares).

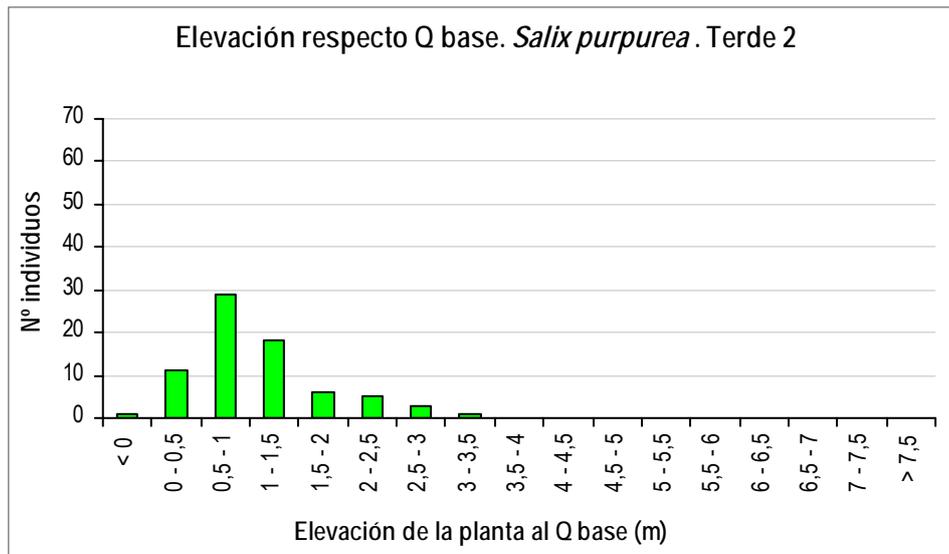


Figura 5.146. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para Salix purpurea en Terde-2 (Mijares).

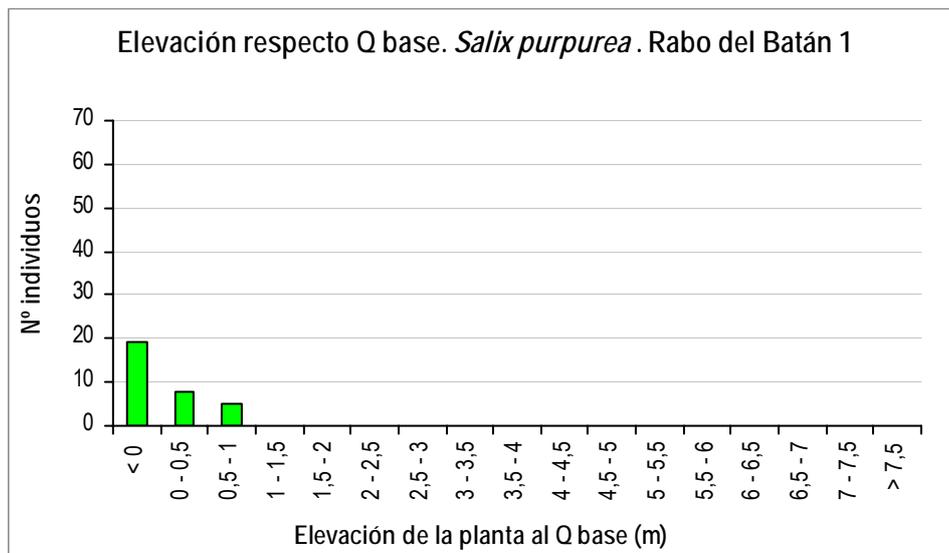


Figura 5.147. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para Salix purpurea en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

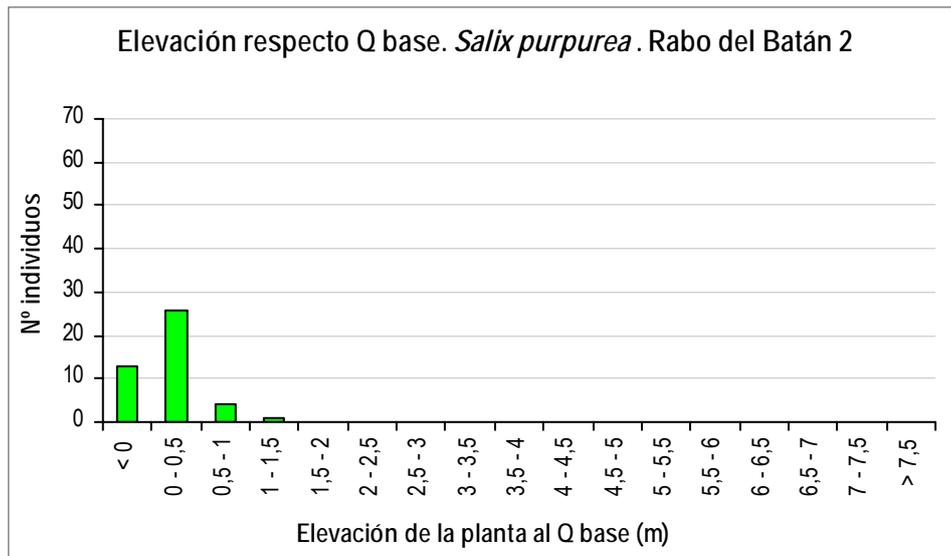


Figura 5.148. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix purpurea* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

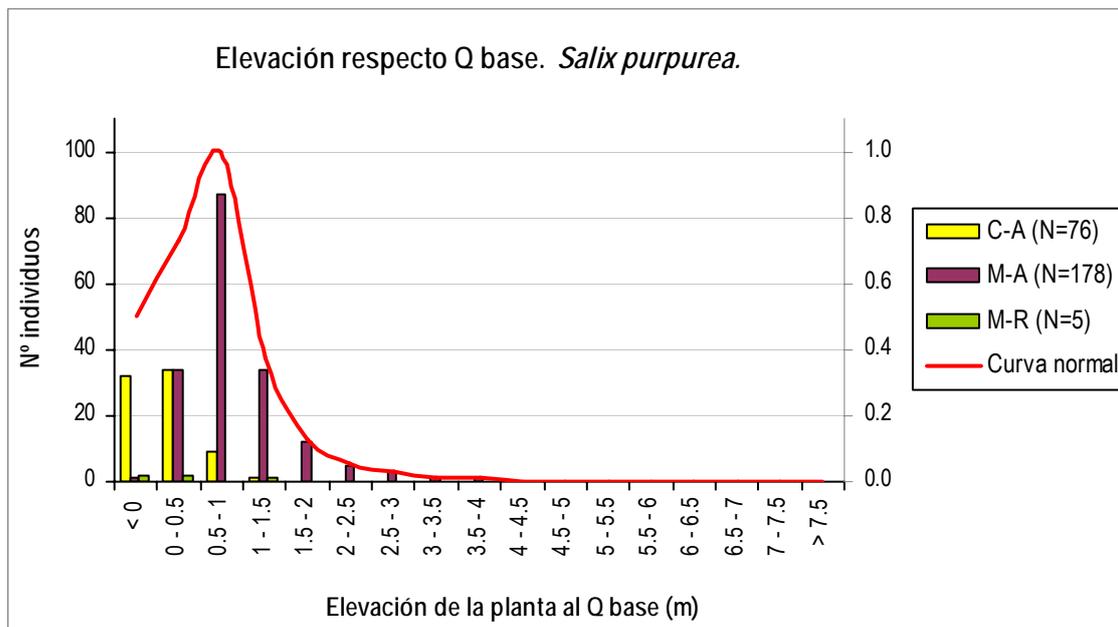


Figura 5.149. Histogramas de elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix purpurea*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Esta variable muestra una distribución más simétrica, más similar a una distribución normal, y vuelve a indicar que los pies en el río Cabriel tienen una elevación menor que el conjunto del río Mijares, los cuales tienen menor periodo de inundación. Estos sauces se agrupan alrededor de una moda en el intervalo 0.5-1m, con una cola de la curva que desciende gradualmente. Se muestra por lo tanto más afín con otros sauces no arbustivos, a elevaciones inferiores respecto de las especies

arbóreas. Esta variable es interesante no solo para la caracterización singular de la especie, sino para su comparación con las demás y su potencial segregación espacial en la ribera.

5.2.6.- *Salix eleagnos*

5.2.6.1.- Duración de la inundación

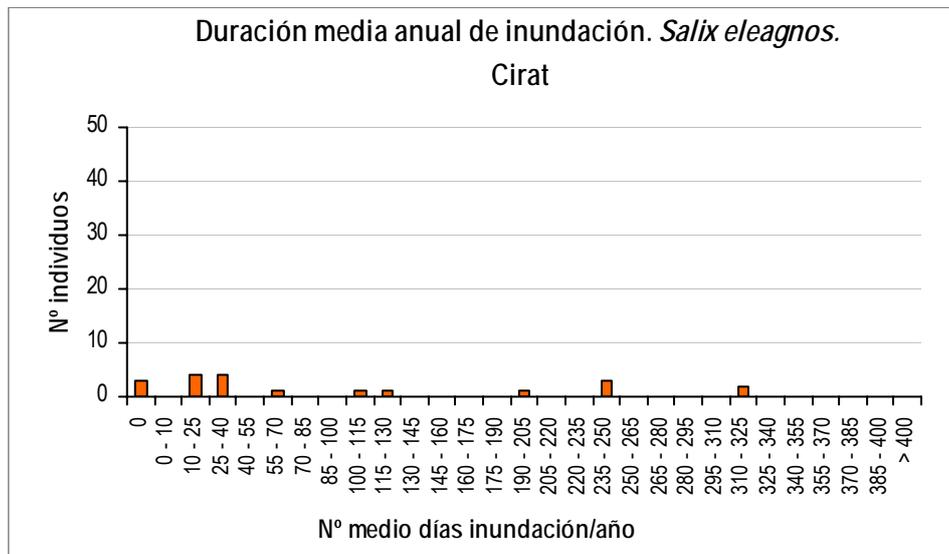


Figura 5.150. Duración media anual de la inundación para *Salix eleagnos* en Cirat (Mijares).

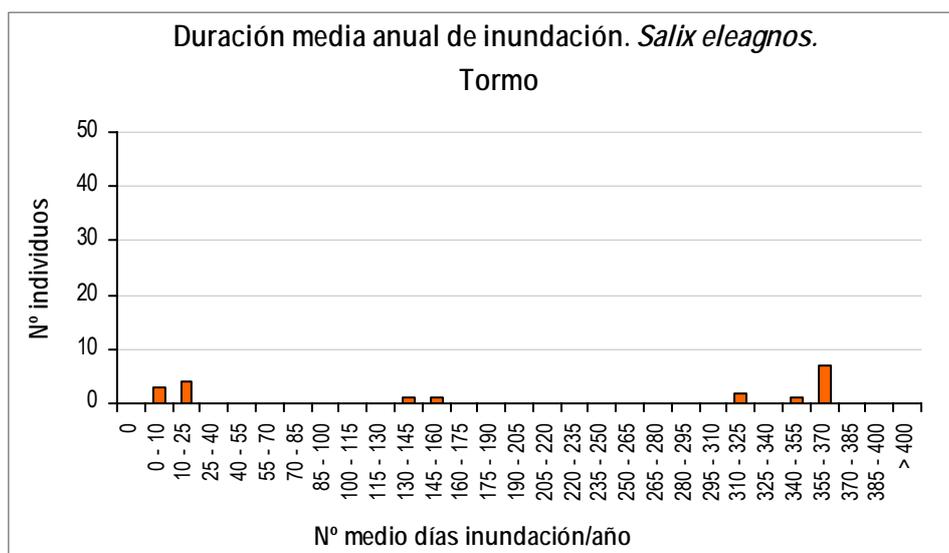


Figura 5.151. Duración media anual de la inundación para *Salix eleagnos* en Tormo (Mijares).

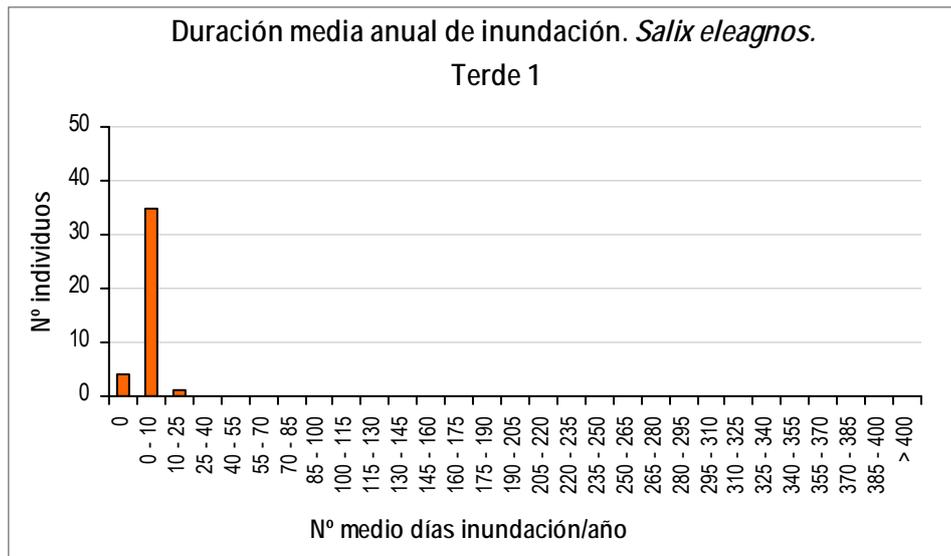


Figura 5.152. Duración media anual de la inundación para *Salix eleagnos* en Terde-1 (Mijares).

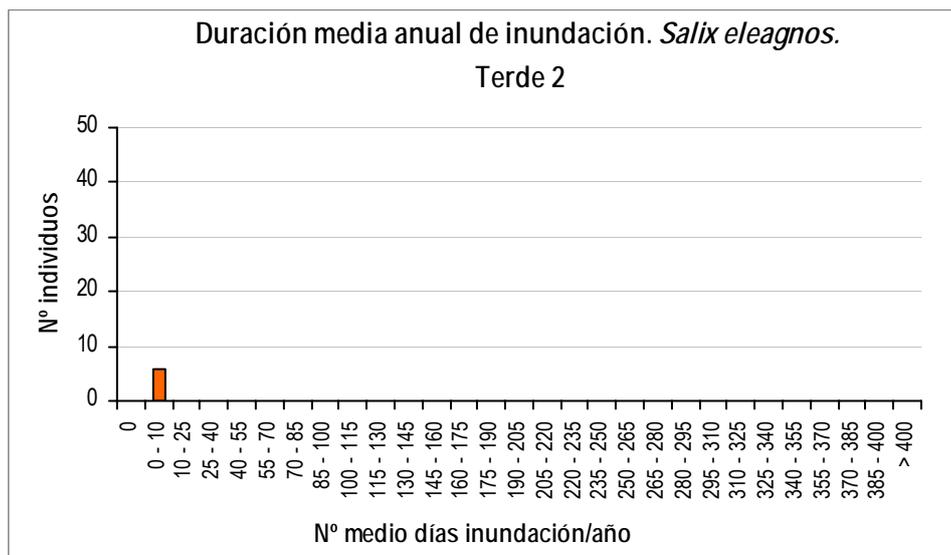


Figura 5.153. Duración media anual de la inundación para *Salix eleagnos* en Terde-2 (Mijares).

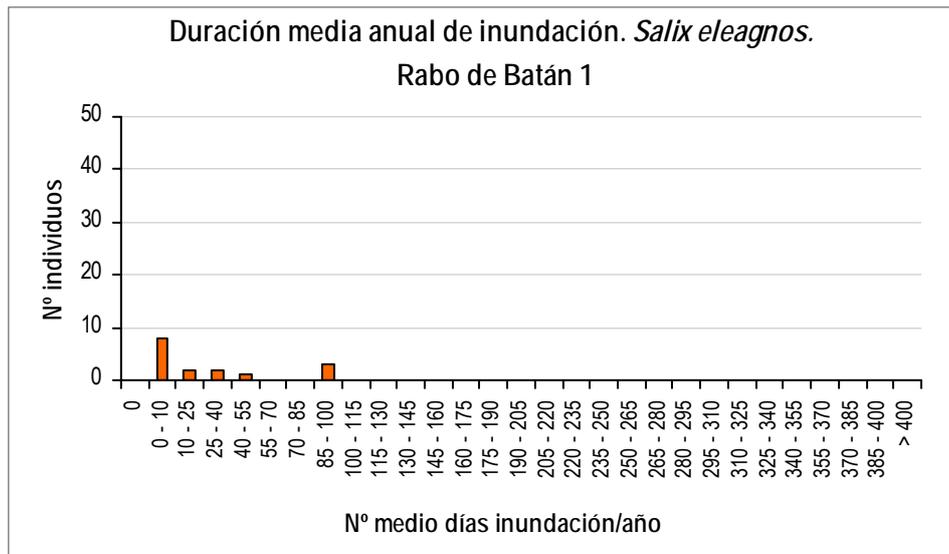


Figura 5.154. Duración media anual de la inundación para Salix eleagnos en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

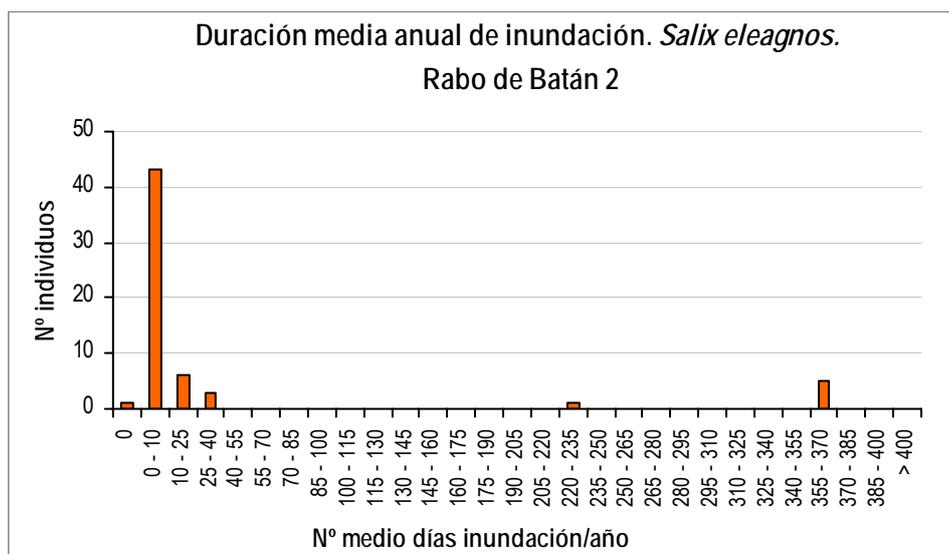


Figura 5.155. Duración media anual de la inundación para Salix eleagnos en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

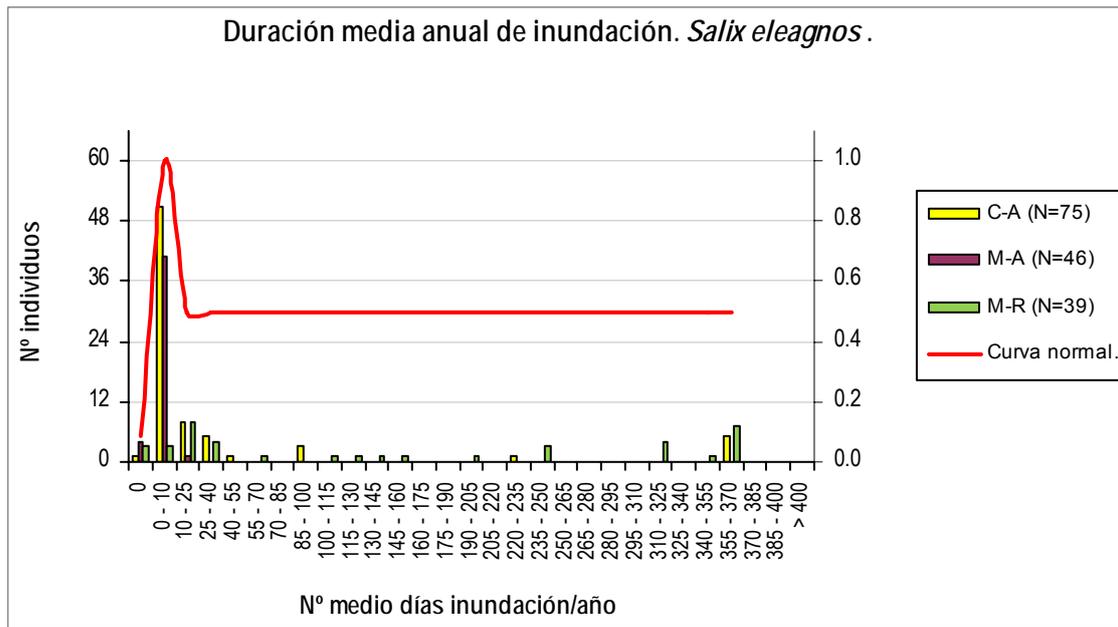


Figura 5.156. Histogramas de duración media anual de la inundación para *Salix eleagnos*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Para esta especie el tamaño muestral total es bueno, con un total de 160 datos independientes; éstos se reparten en 3, la mayoría en el grupo de tramos no regulados del río Cabriel (75), seguido del grupo de tramos no regulados del río Mijares (46) y por último del grupo de tramos regulados del río Mijares (39). Como se puede observar en la gráfica, la variabilidad de los datos se debe esencialmente a los datos del río Cabriel y del río Mijares regulado (abarcen todo el espectro del rango presentado), mientras que el pico observado de máxima idoneidad (entre 0 y 10 días medios de inundación por año) se corresponde con los datos de los tramos no regulados (Cabriel y Mijares).

En esta variable, dado que existe un 25 % de datos fuera de la campana atribuible al máximo (a partir de 25-40), se ha considerado que es un porcentaje elevado como para considerar que se trata de datos extremos o de “outliers” de la especie, y se ha retocado la curva intentando describir mejor la variabilidad natural de los datos. Para que no sea excesivamente bajo, a dicho rango por la derecha del máximo se le ha asignado una idoneidad de 0.5, siguiendo el principio de prudencia. Dicha variabilidad, como ya se ha comentado, nos indica la importancia de realizar estudios en distintos tramos naturales, que permitan completar el estudio de la especie con mayor fiabilidad.

5.2.6.2.- Duración de la inundación en el periodo vegetativo

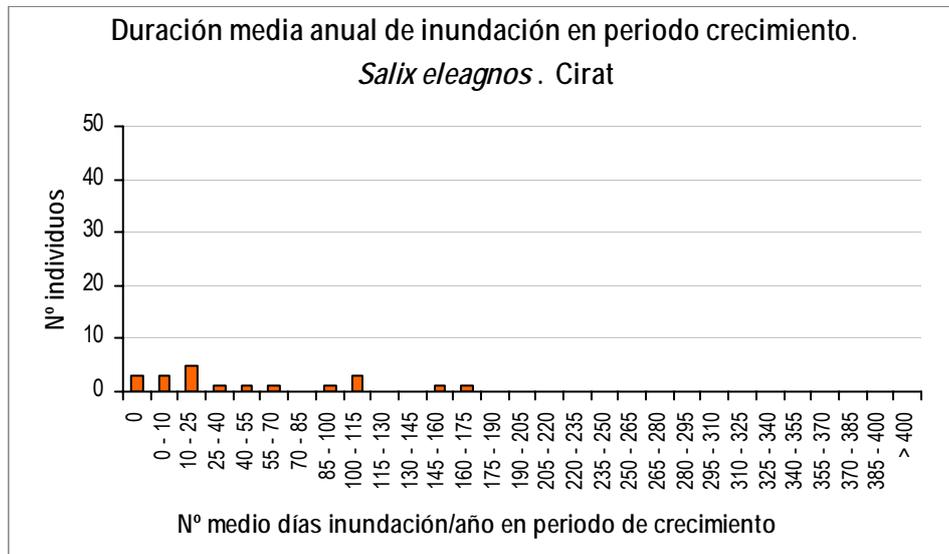


Figura 5.157. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Salix eleagnos* en Cirat (Mijares).

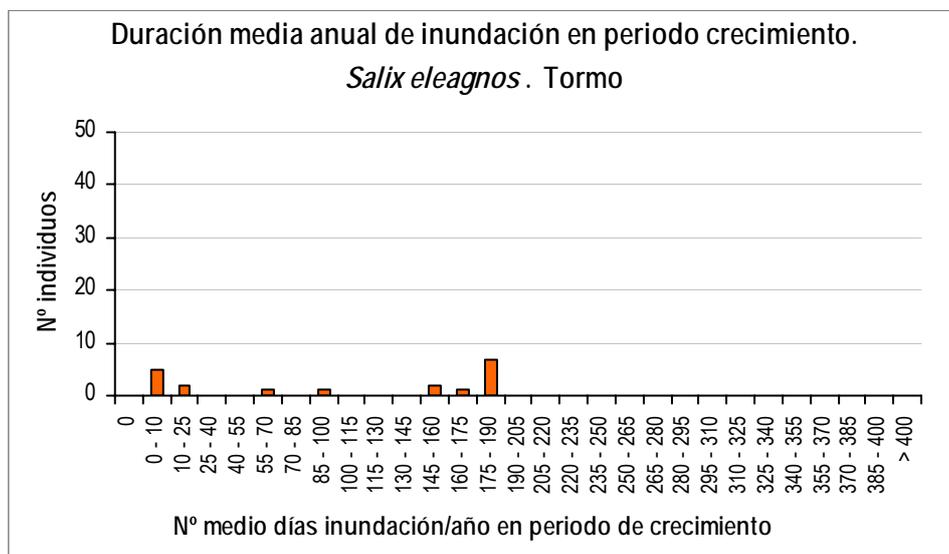


Figura 5.158. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Salix eleagnos* en Tormo (Mijares).

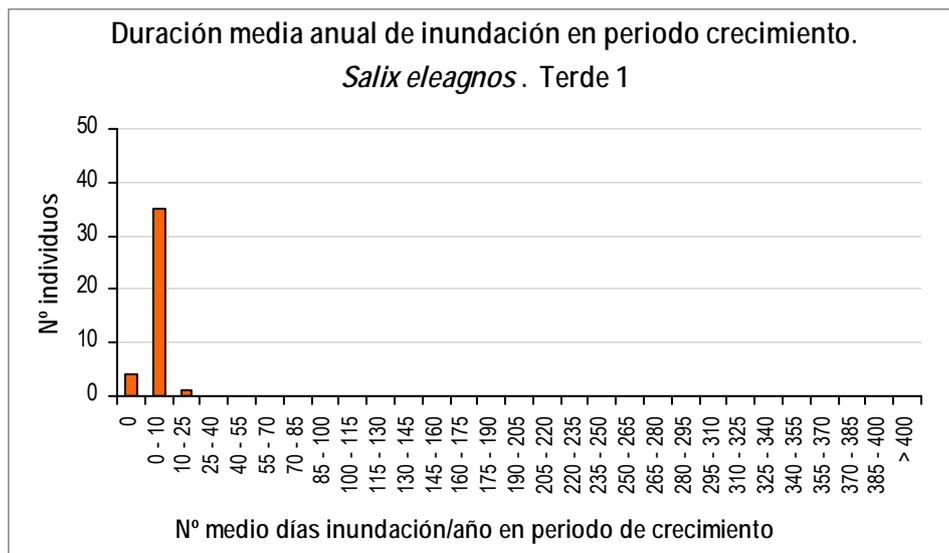


Figura 5.159. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Salix eleagnos* en Terde-1 (Mijares).

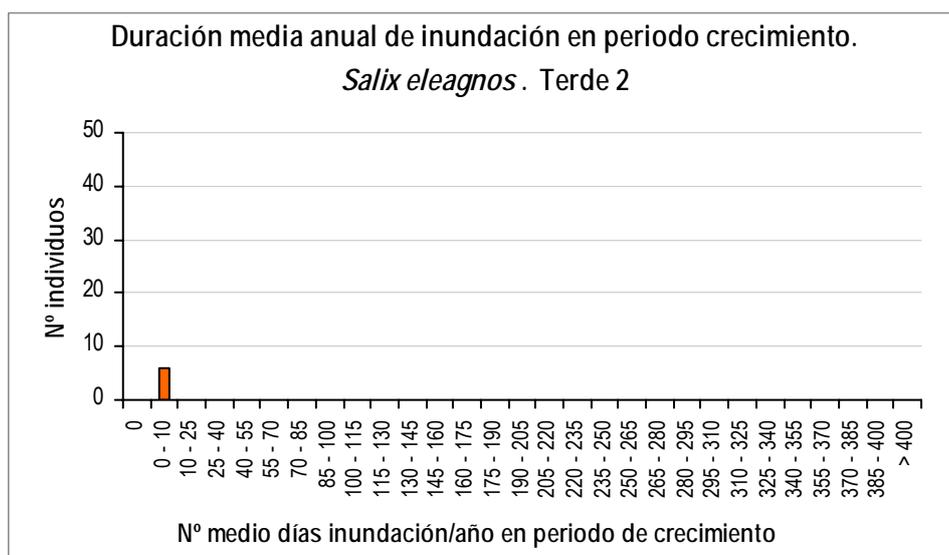


Figura 5.160. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Salix eleagnos* en Terde-2 (Mijares).

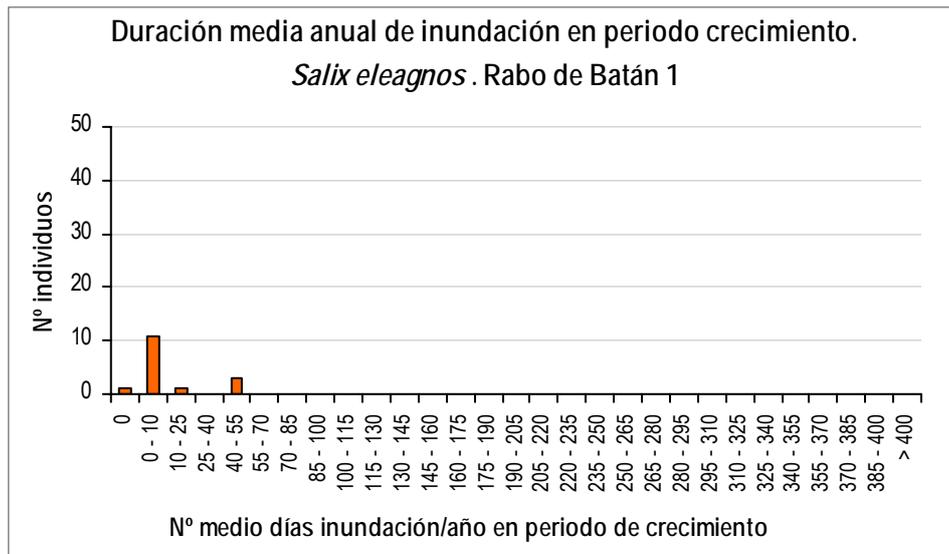


Figura 5.161. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Salix eleagnos en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

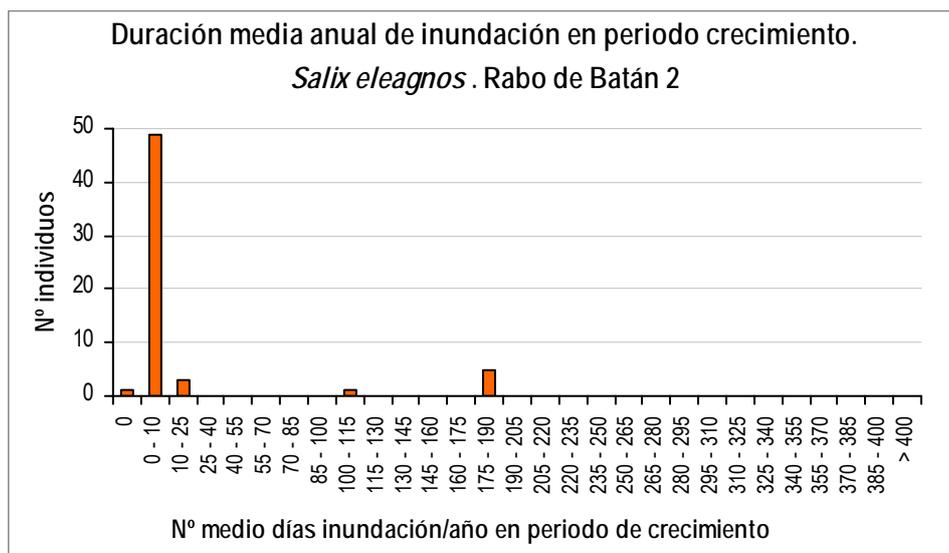


Figura 5.162. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Salix eleagnos en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

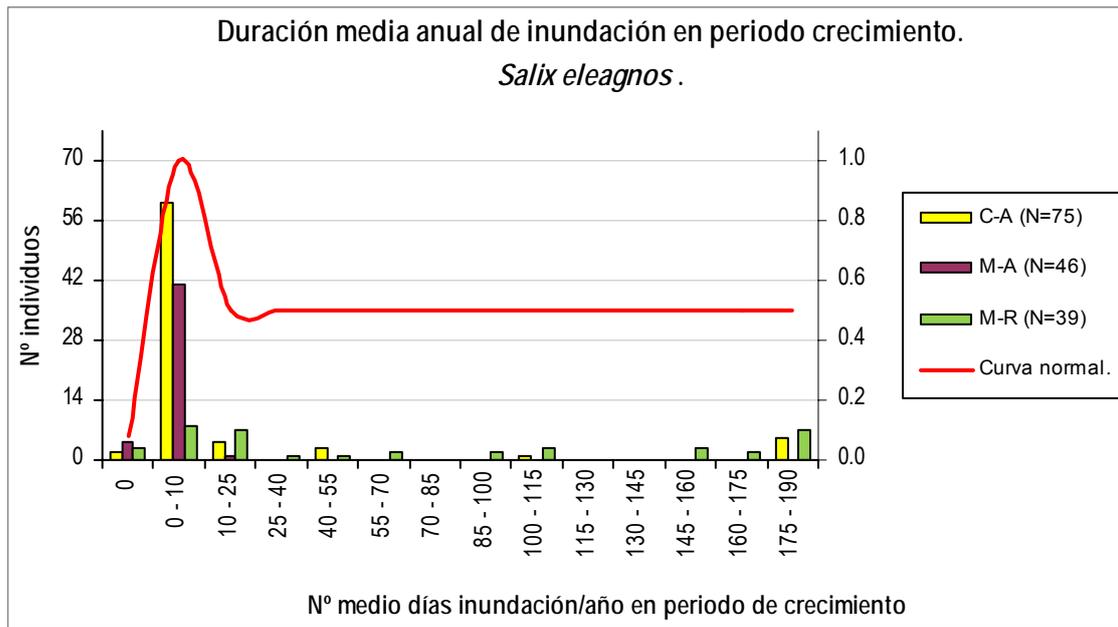
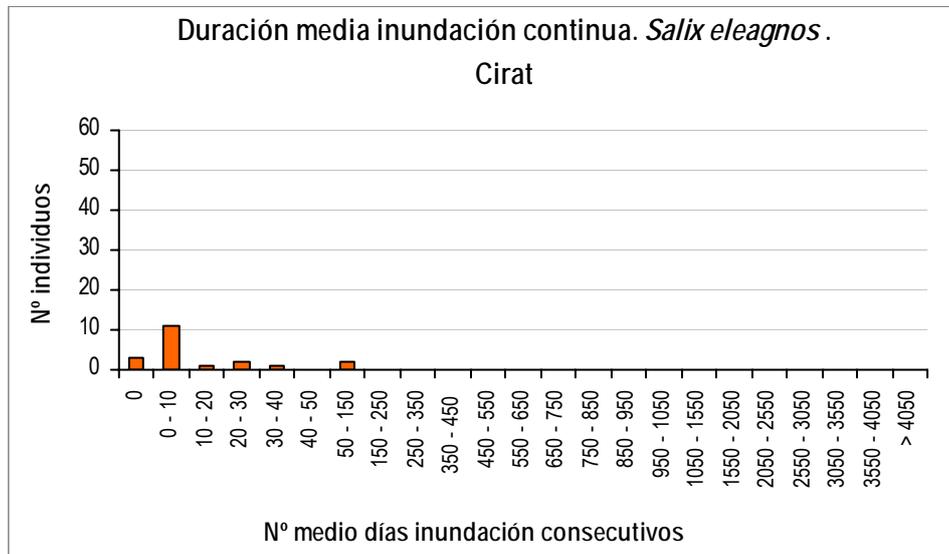
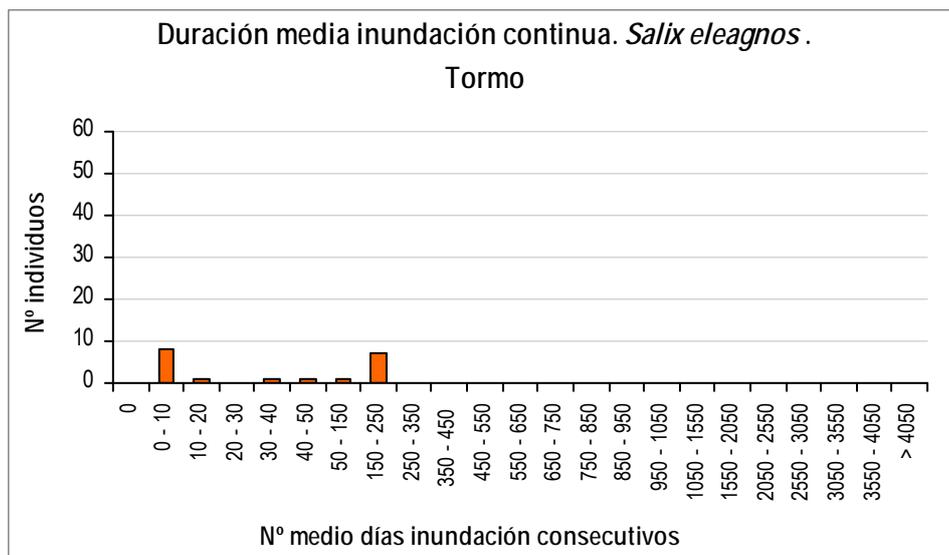


Figura 5.163. Histogramas de duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Salix eleagnos, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

En esta variable, como en la anterior, existe un porcentaje relevante de datos (19 %) fuera del ámbito del máximo descrito, por lo que se ha considerado prudente establecer una idoneidad de 0.5 para el rango de datos a la derecha de la moda hasta el máximo detectado.

Al igual que en otras especies, los picos observados a lo largo de los 190 días (6 meses) indican que la planta tolera hasta 6 meses de inundación (inundación continua, por lo tanto), aunque no podemos determinar con estos datos la idoneidad exacta de dicho extremo. Así mismo y con la debida cautela, se observa un máximo de idoneidad entre los 0 y 10 días de duración de inundación en el período vegetativo, en los ríos no regulados y en la zona del Mijares regulado.

5.2.6.3.- Duración de la inundación continua (número de días consecutivos)

Figura 5.164. Duración media de la inundación continua para *Salix eleagnos* en Cirat (Mijares).Figura 5.165. Duración media de la inundación continua para *Salix eleagnos* en Tormo (Mijares).

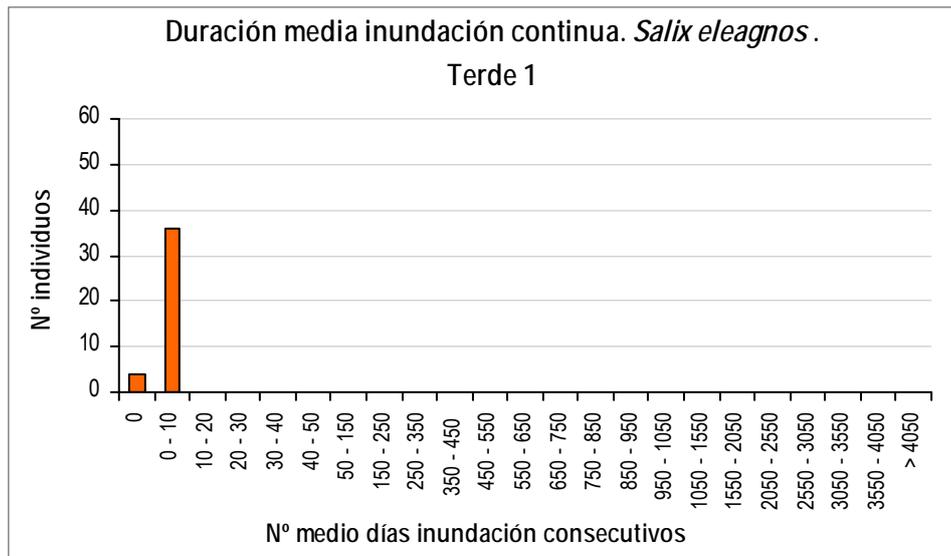


Figura 5.166. Duración media de la inundación continua para *Salix eleagnos* en Terde-1 (Mijares).

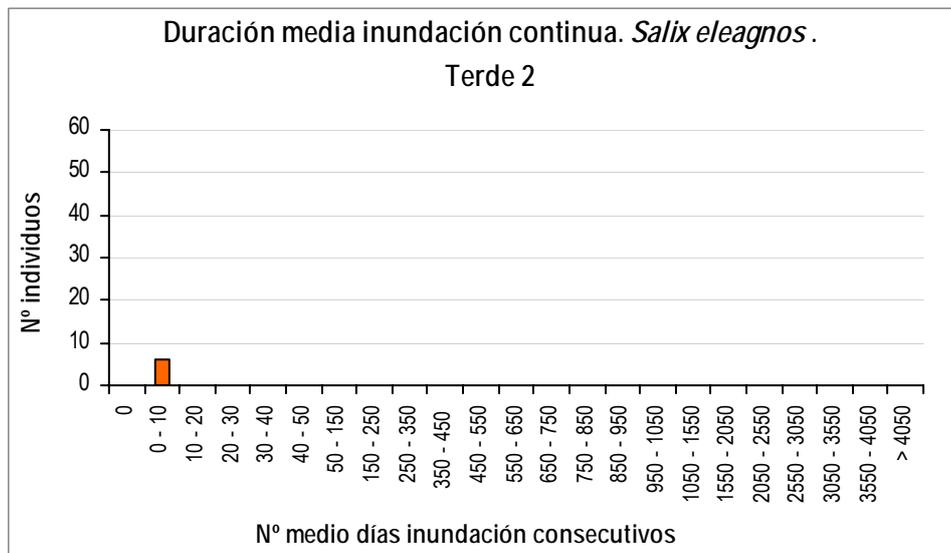


Figura 5.167. Duración media de la inundación continua para *Salix eleagnos* en Terde-2 (Mijares).

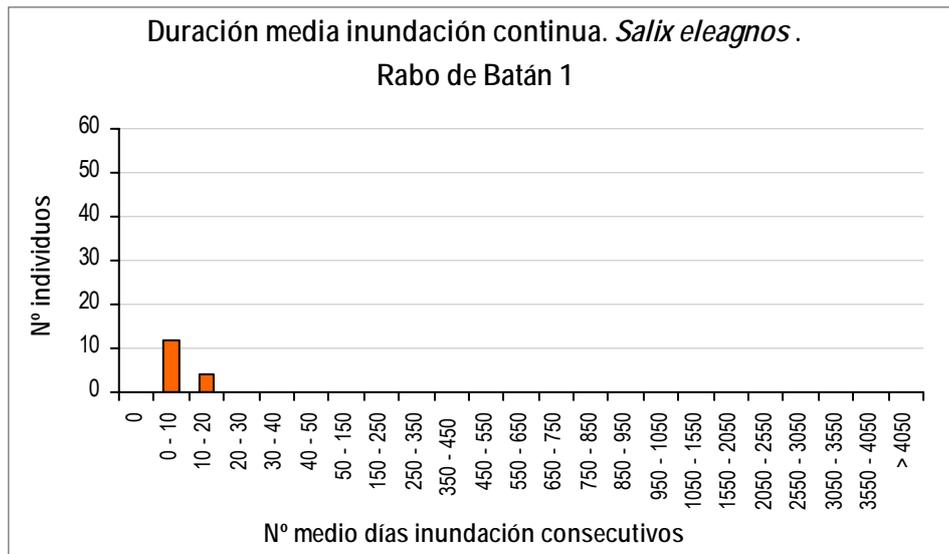


Figura 5.168. Duración media de la inundación continua para Salix eleagnos en Rabo del Batán-1 (Gabriel).

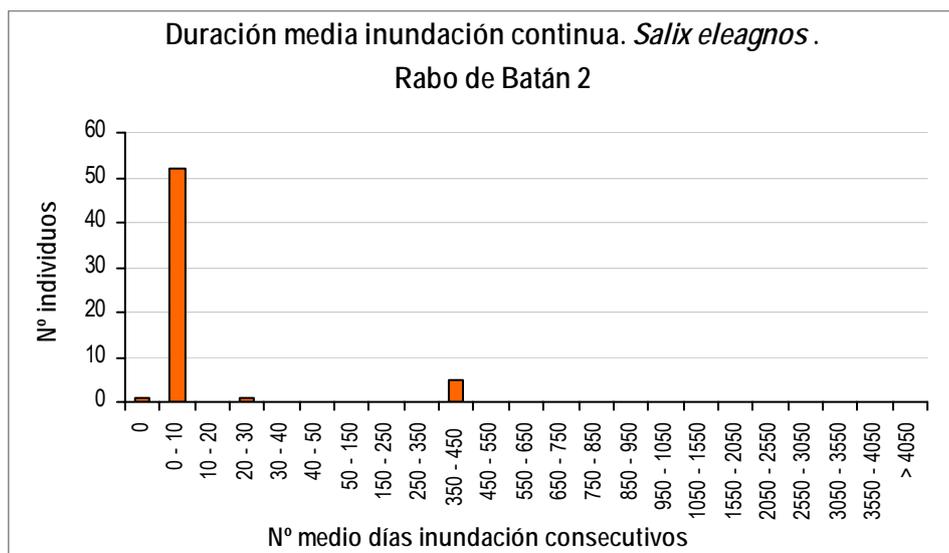


Figura 5.169. Duración media de la inundación continua para Salix eleagnos en Rabo del Batán-2 (Gabriel).

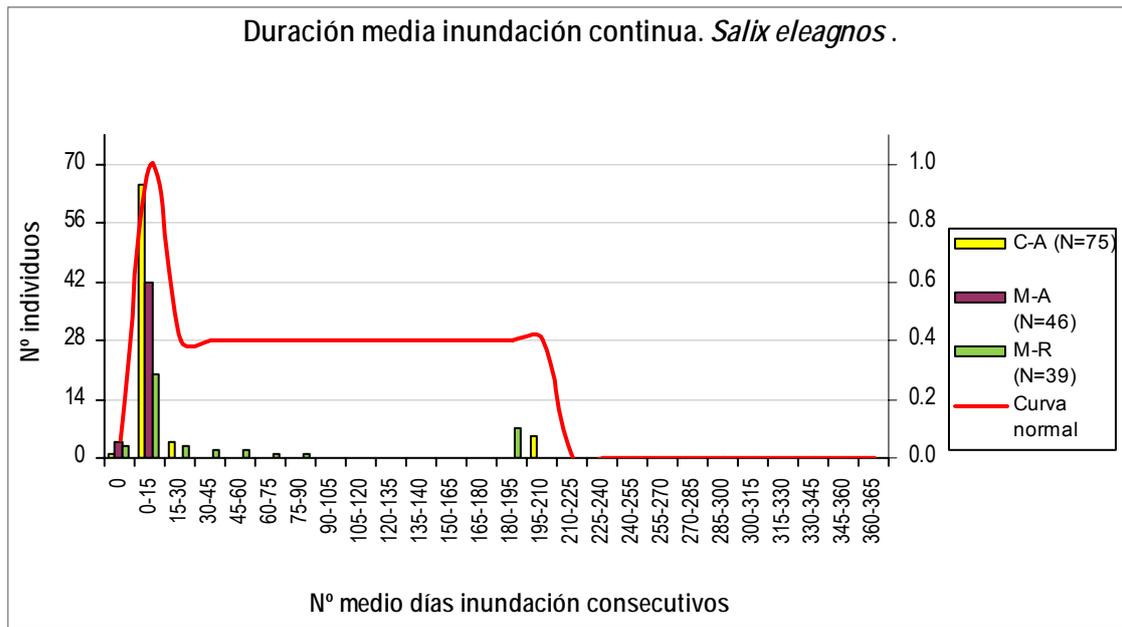


Figura 5.170. Histogramas de duración media de la inundación continua para *Salix eleagnos*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

En esta variable, existe un pequeño porcentaje de datos del Cabriel y Mijares regulado (10 %) fuera del ámbito del máximo (mayor de 30), por lo que se ha considerado prudente establecer una idoneidad de 0.4 para el rango de datos a la derecha de la moda hasta el máximo detectado, intentando describir mejor la variabilidad de los datos. Se observa un máximo idóneo entre 1 y 15 días de inundación consecutivos, con una distribución de datos y un máximo muy parecido al de otros sauces, como *S. purpurea*, *S. atrocinerea* y *S. alba*. En un intento de englobar toda la variabilidad que pueda existir, se recomienda realizar estudios en distintos tramos naturales, que permitan completar el estudio de la especie con mayor fiabilidad.

5.2.6.4.- Frecuencia de inundación

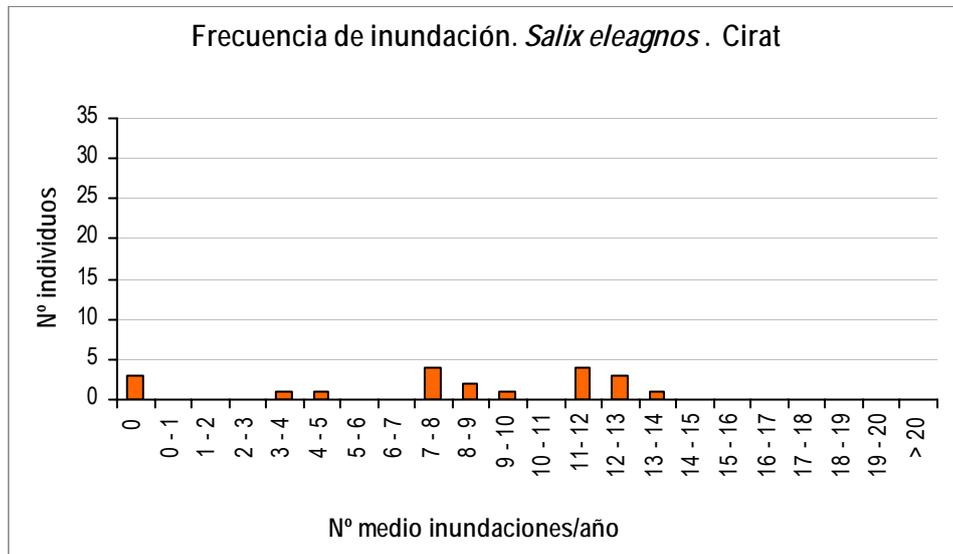


Figura 5.171. Frecuencia de la inundación para *Salix eleagnos* en Cirat (Mijares).

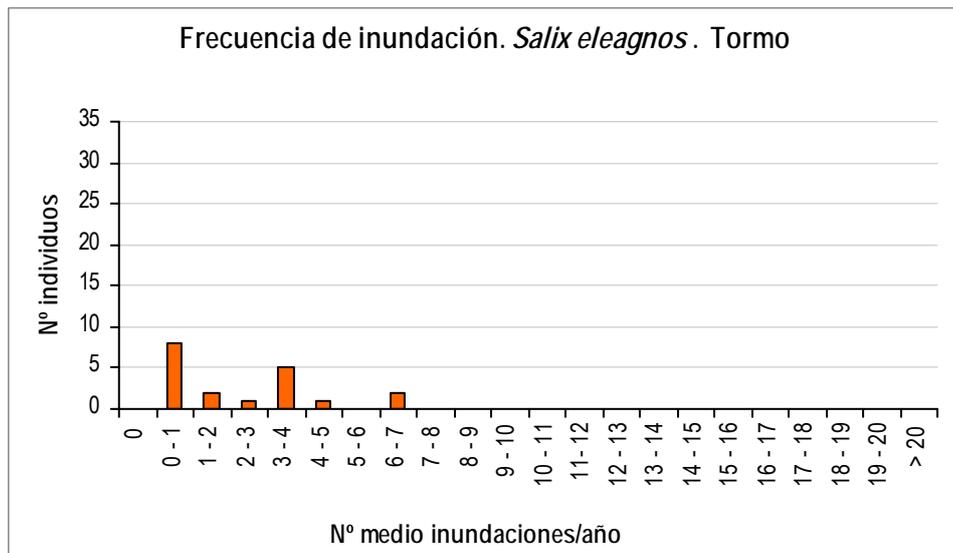


Figura 5.172. Frecuencia de la inundación para *Salix eleagnos* en Tormo (Mijares).

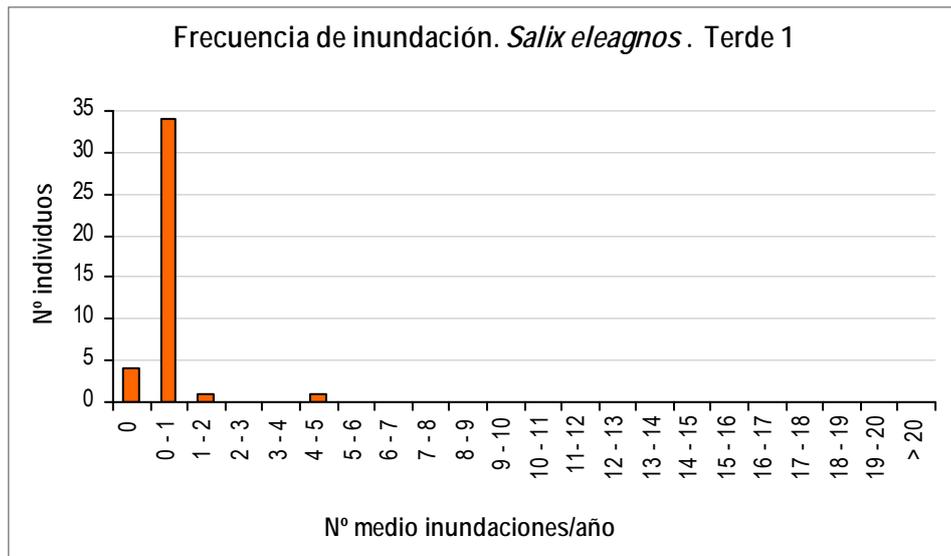


Figura 5.173. Frecuencia de la inundación para *Salix eleagnos* en Terde-1 (Mijares).

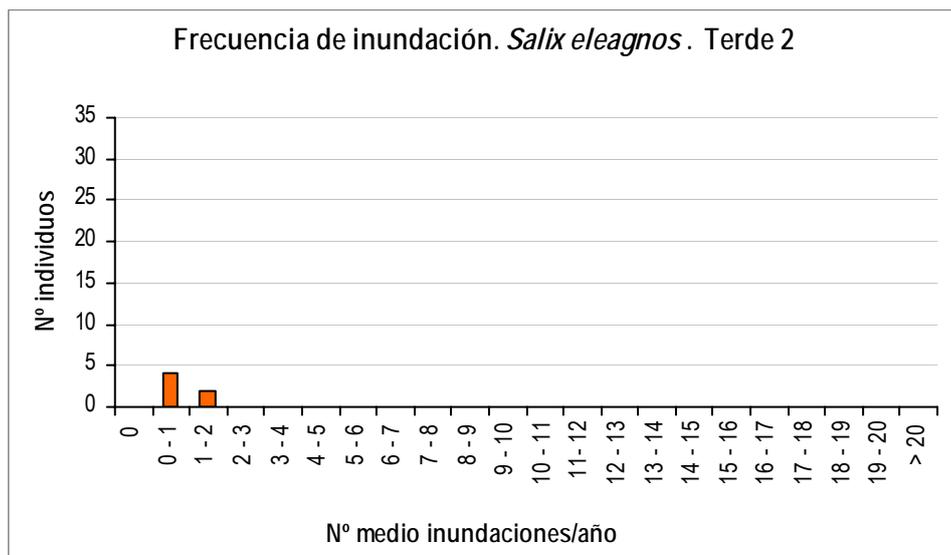


Figura 5.174. Frecuencia de la inundación para *Salix eleagnos* en Terde-2 (Mijares).

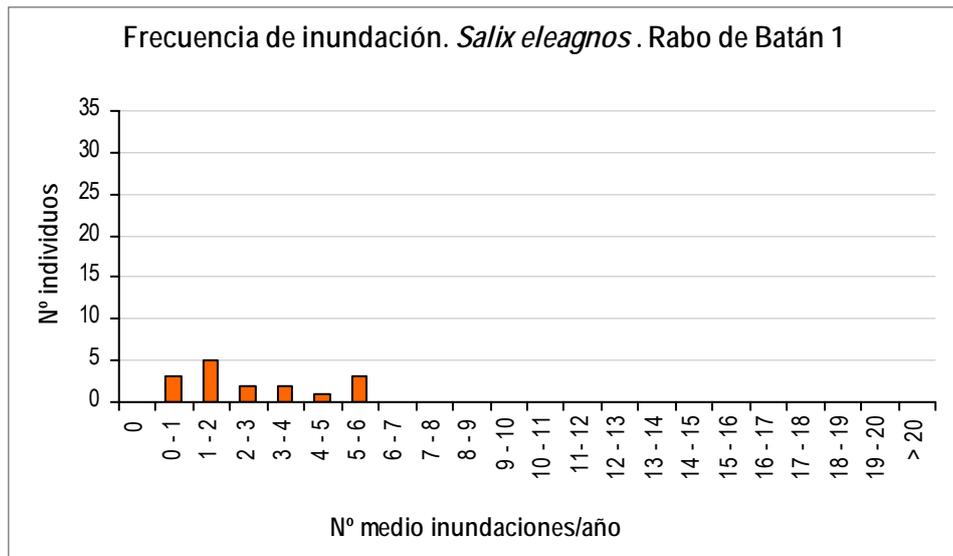


Figura 5.175. Frecuencia de la inundación para *Salix eleagnos* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

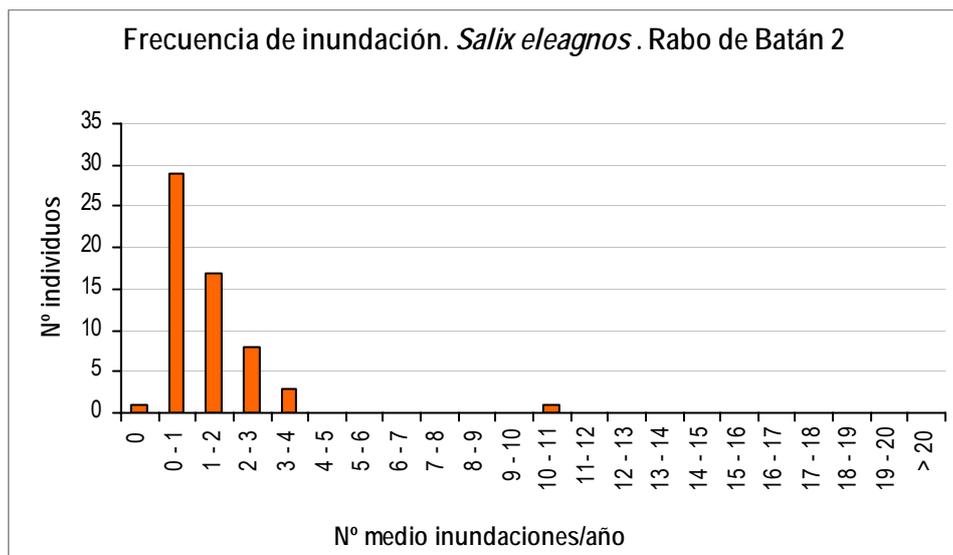


Figura 5.176. Frecuencia de la inundación para *Salix eleagnos* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

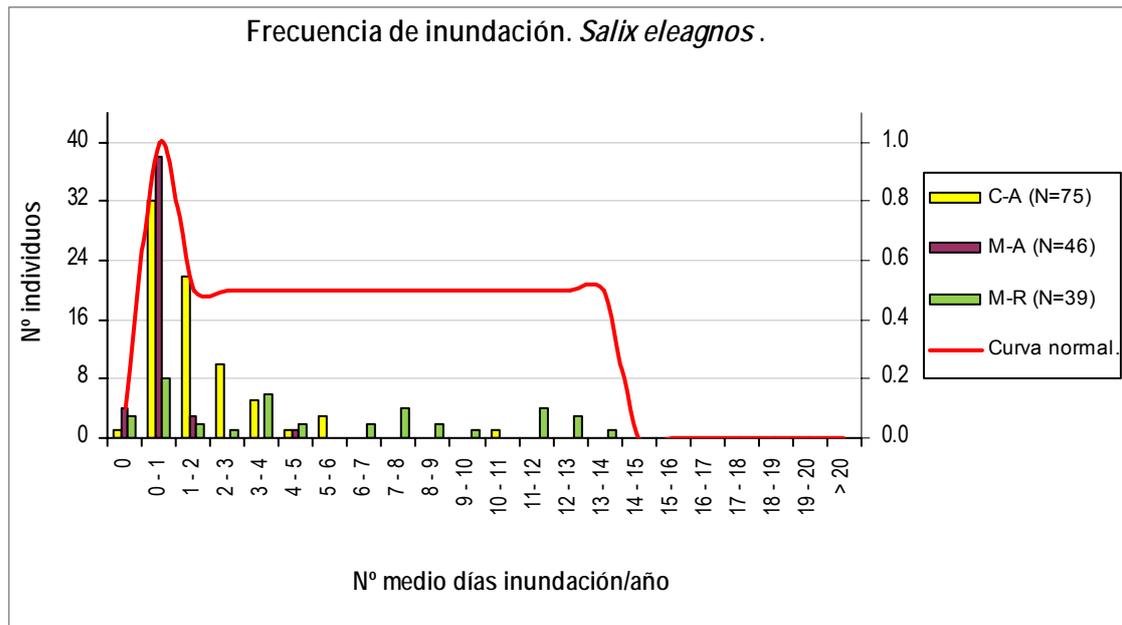


Figura 5.177. Histogramas de frecuencia de inundación para *Salix eleagnos*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

En esta variable, existe un porcentaje relevante de datos (23 %), del Mijares regulado y del río Gabriel, que forman una larga cola de datos, marcando una gran variabilidad hacia la derecha del máximo. Así pues, se ha considerado prudente establecer una idoneidad de 0.5 para el rango de datos a la derecha de la moda hasta el máximo detectado. El intervalo máximo de idoneidad es entre 0 y 1 inundaciones por año y proviene de los datos del río Mijares. La moda del río Gabriel coincide con el Mijares no regulado, pero su variabilidad es mayor (presentando hasta 1 sauce inundado por 11 eventos al año como media). La variabilidad del Mijares regulado enriquece los resultados, pues amplía aún más el rango, si embargo la localización de la máxima idoneidad en este grupo no está tan clara como en los otros. Se asume así que lo idóneo sería no sobrepasar el máximo de 2 eventos de inundaciones por año para esta especie.

5.2.6.5.- Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base

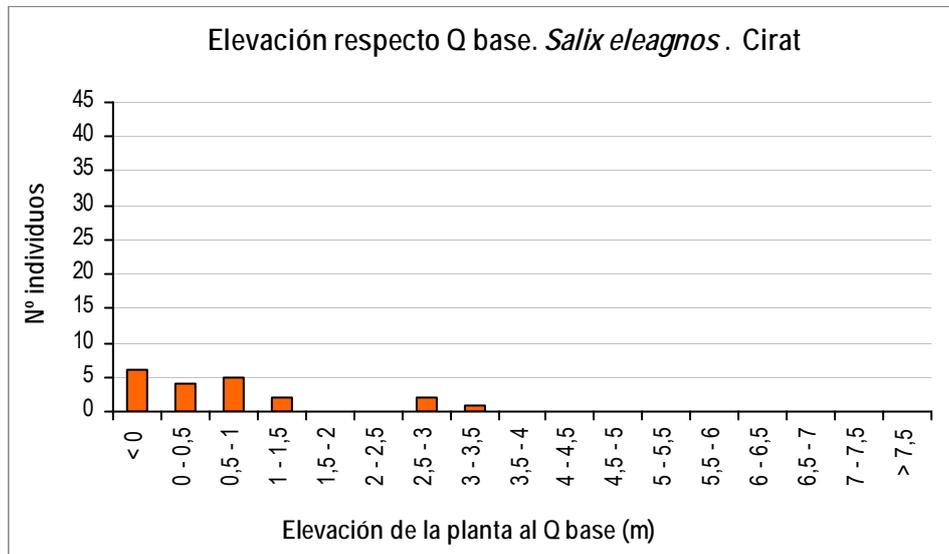


Figura 5.178. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix eleagnos* en Cirat (Mijares).

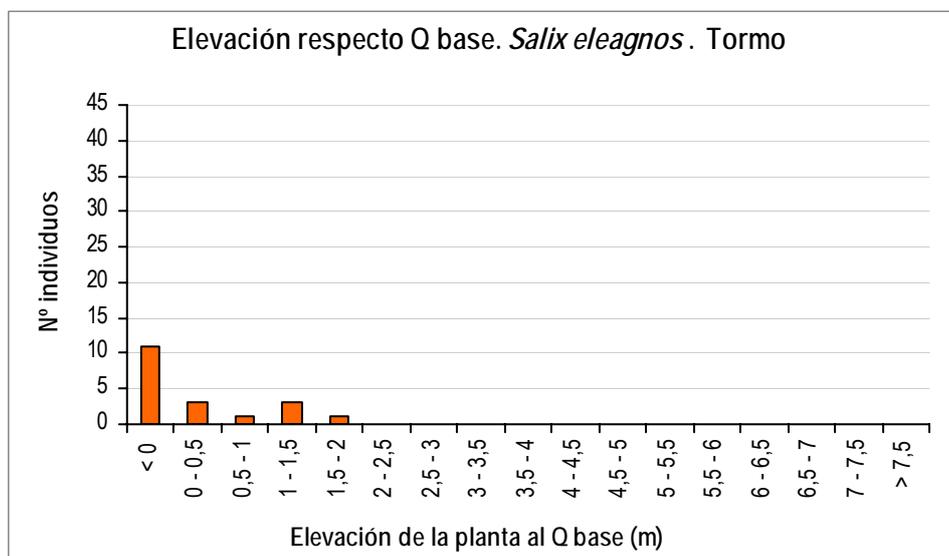


Figura 5.179. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix eleagnos* en Tormo (Mijares).

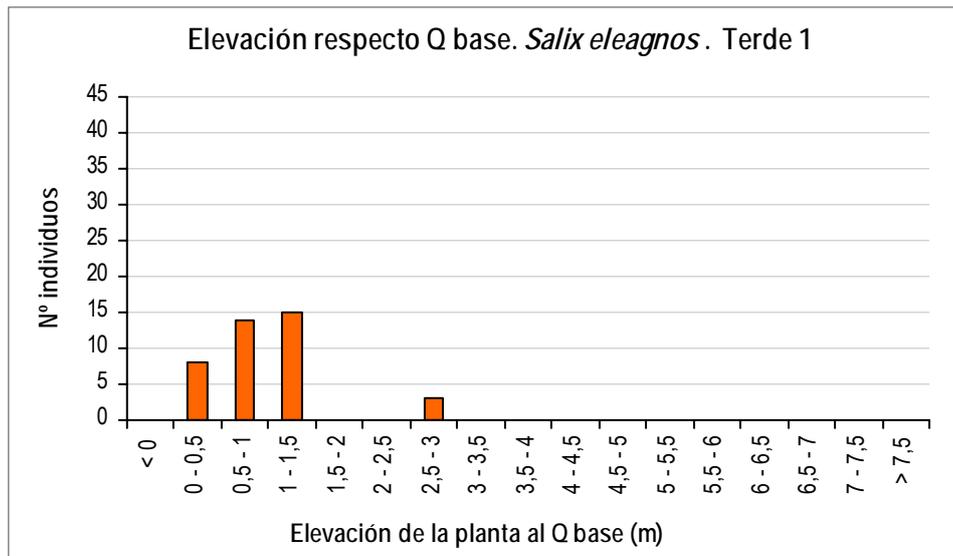


Figura 5.180. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix eleagnos* en Terde-1 (Mijares).

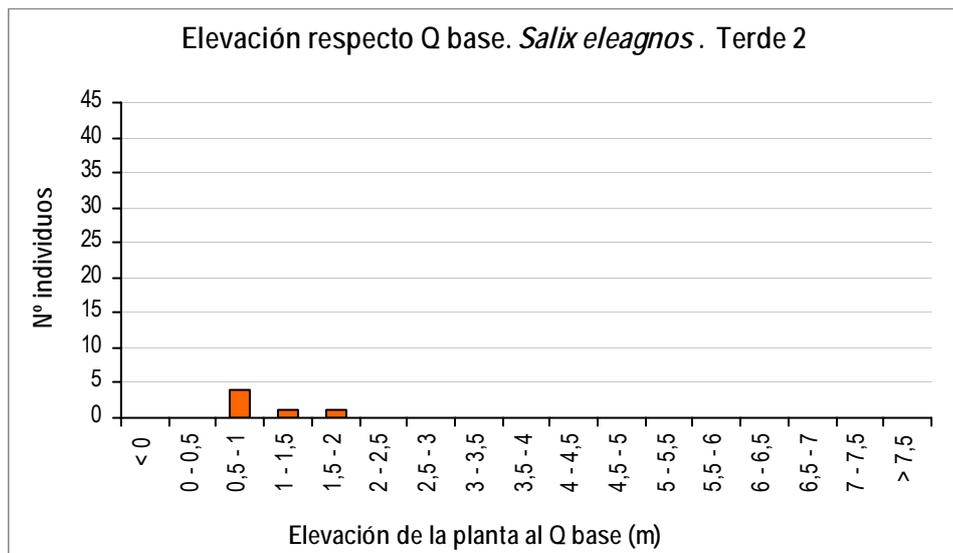


Figura 5.181. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix eleagnos* en Terde-2 (Mijares).

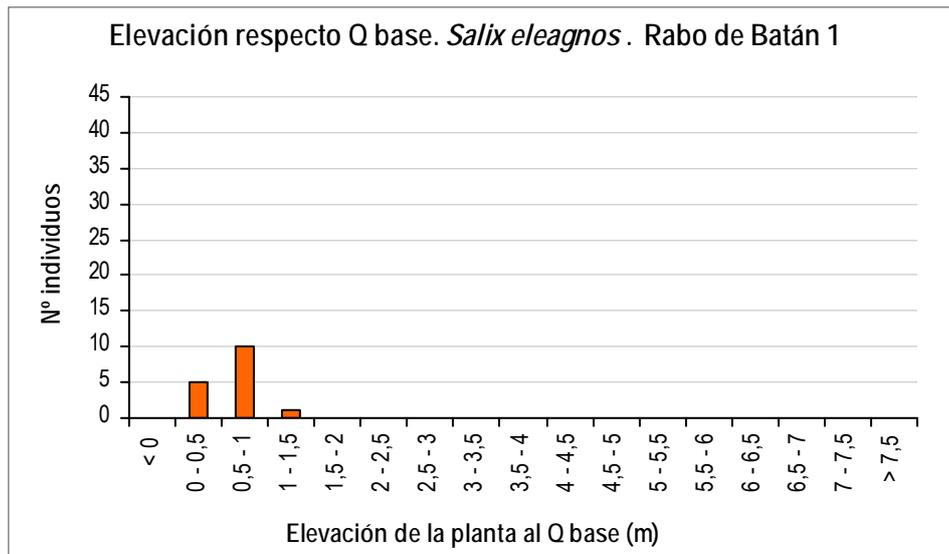


Figura 5.182. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix eleagnos* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

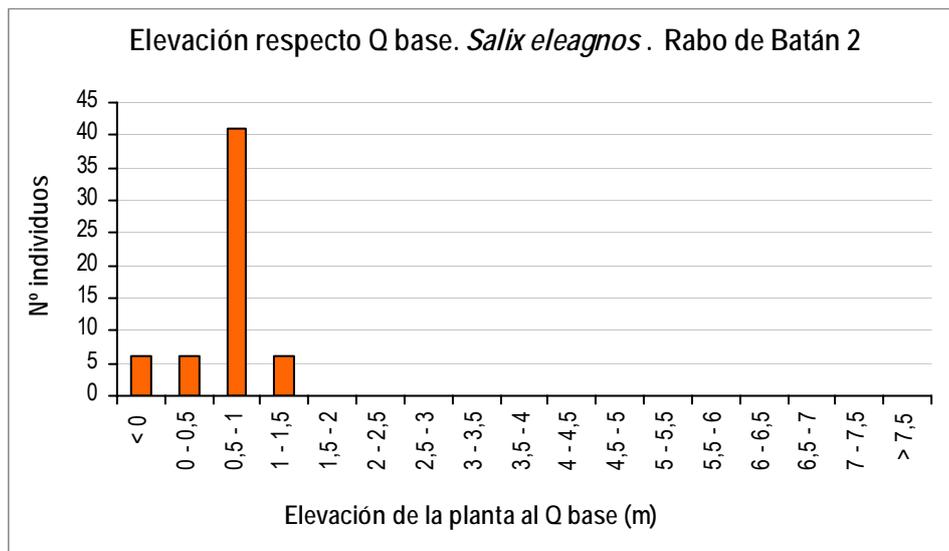


Figura 5.183. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix eleagnos* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

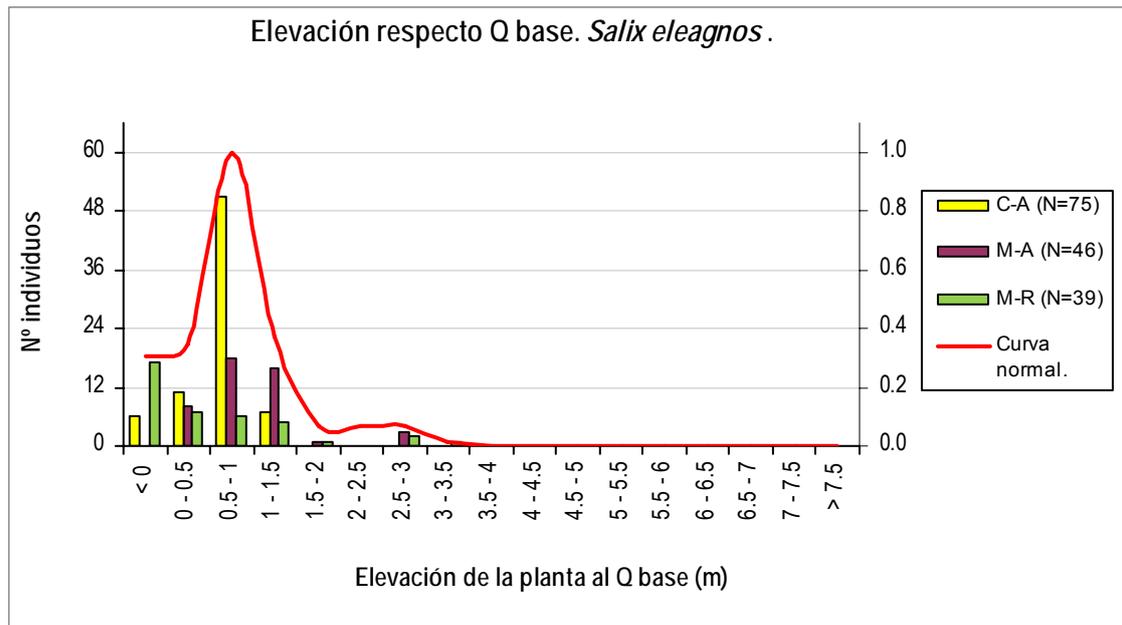


Figura 5.184. Histogramas de elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix eleagnos*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Los histogramas de los tramos naturales, río Cabriel y río Mijares no regulado, presentan tendencias diferentes de la zona regulada del río Mijares. En los tramos naturales es apuntada y tiene el máximo en 0.5-1 m mientras que en Mijares regulado es decreciente, con máximo en la clase “menor o igual que 0”. Los resultados obtenidos para esta especie coinciden bastante en el máximo con otros sauces (*S. purpurea* y *S. alba*, que tenían diferentes tendencias entre ríos), aunque también coincide en parte con los *Populus*, que suelen estar a una altitud ligeramente mayor.

5.2.7.- *Salix triandra*

5.2.7.1.- Duración de la inundación

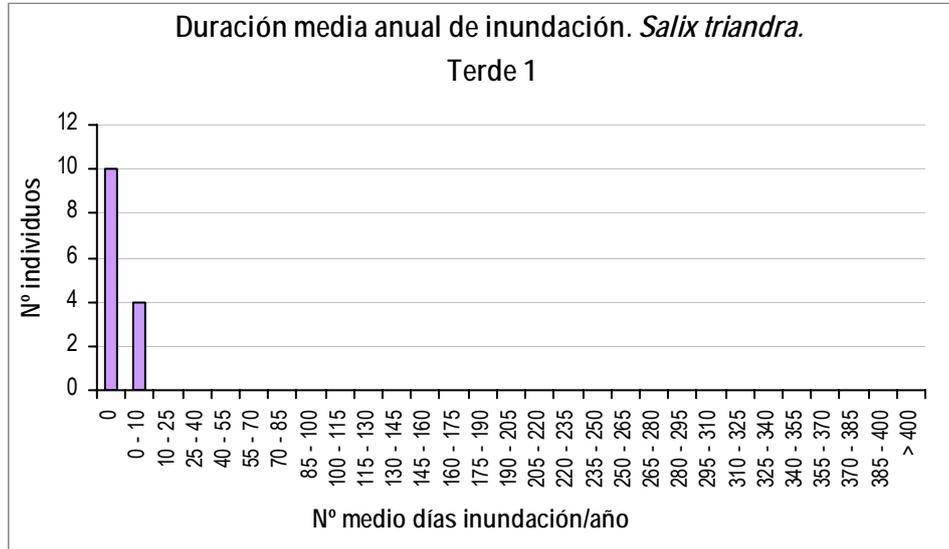


Figura 5.185. Duración media anual de la inundación para *Salix triandra* en Terde-1 (Mijares).

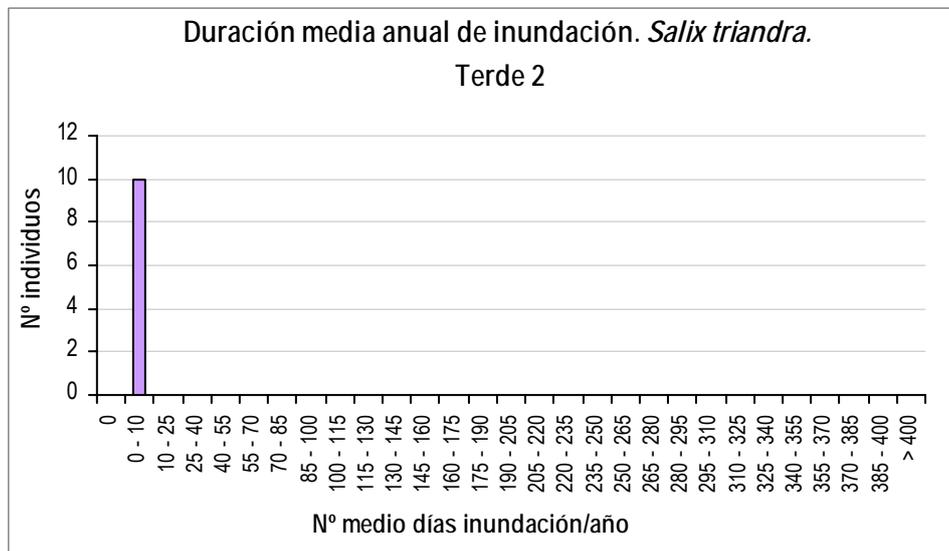


Figura 5.186. Duración media anual de la inundación para *Salix triandra* en Terde-2 (Mijares).

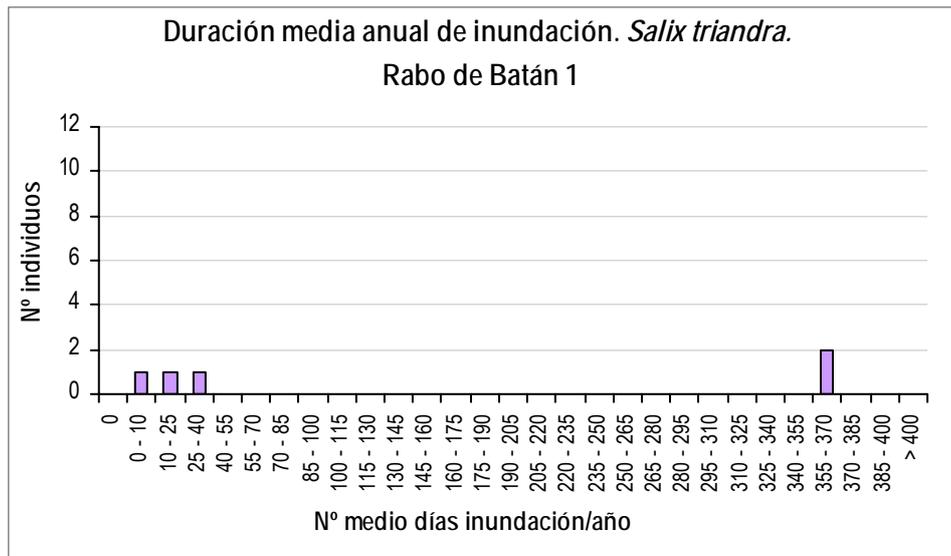


Figura 5.187. Duración media anual de la inundación para *Salix triandra* en Rabo del Batán-1 (Gabriel).

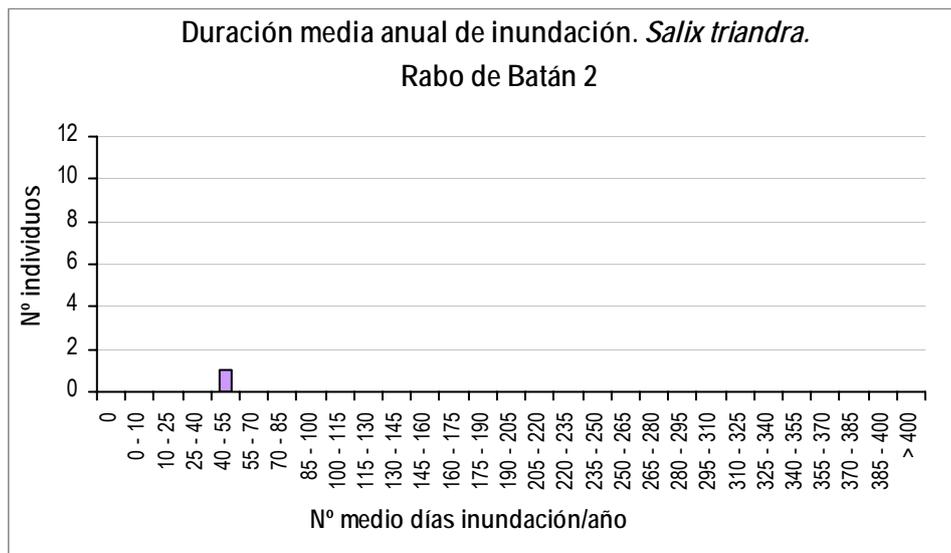


Figura 5.188. Duración media anual de la inundación para *Salix triandra* en Rabo del Batán-2 (Gabriel).

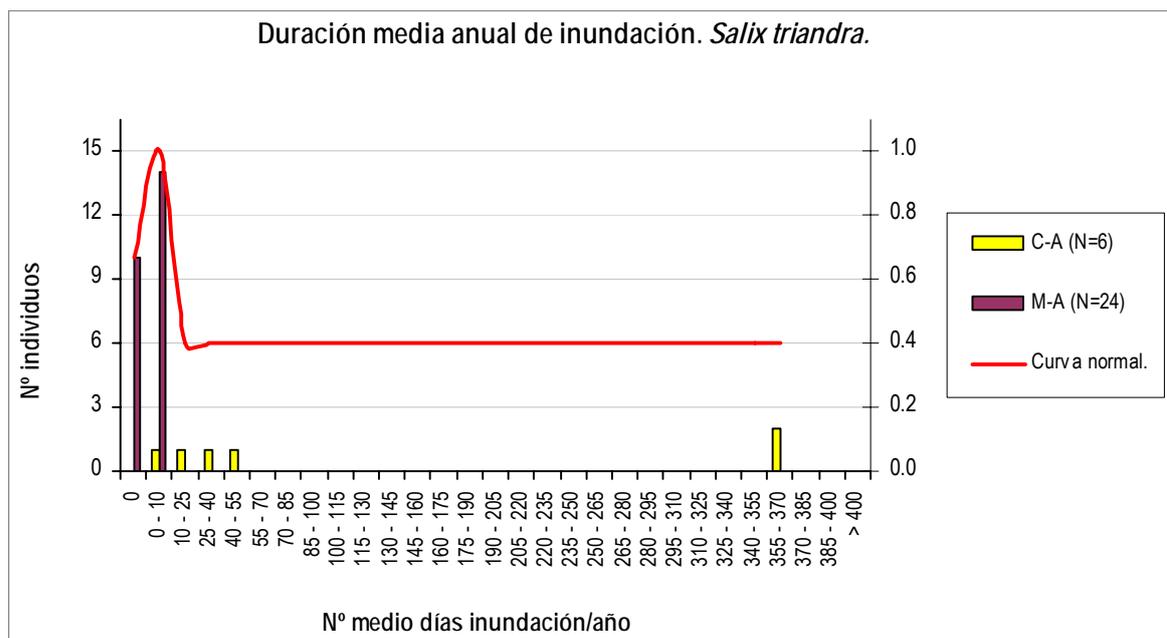


Figura 5.189. Histogramas de duración media anual de la inundación para *Salix triandra*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Los datos disponibles para la especie *Salix triandra* provienen de los tramos situados en el Cabriel alto y en el Mijares alto. La agrupación de los datos disponibles se ha realizado del mismo modo que en las especies anteriores. Los datos procedentes del Rabo del Batán 1 y 2 han sido agrupadas en el Cabriel alto y las procedentes del Terde 1 y 2 en el Mijares alto. Desgraciadamente los tamaños muestrales de ambas poblaciones son relativamente bajos. Cabriel alto 6 individuos y Mijares Alto, 24 individuos. Esto se debe a la escasa implantación que tiene esta especie en la Demarcación Hidrográfica del Júcar. No pudiéndose hablar de verdaderas formaciones de *Salix triandra*. Recibiendo la calificación de especie acompañante.

El tamaño de las muestras hace pensar que los resultados obtenidos deben ser tomados con cautela. Para el caso del Mijares alto, donde la población es de 24 individuos, todos los individuos se encuentran situados en un estrecha franja de valores entre 0 a 10 días de inundación media anual. A pesar de su escaso peso debido a la falta de individuos en el Cabriel alto, estos se encuentran distribuidos de una forma mucho más uniforme. Aparecen individuos entre los intervalos 1-10 y 40-55 y de forma significativa en el periodo 355-370. Dado que existe este pequeño porcentaje de datos fuera del ámbito del máximo descrito (0-10), se ha retocado la curva intentando describir mejor la variabilidad de los datos. En este caso no se cuenta con información suficiente para establecer si dicho grupo de datos son extremos para la especie, o si responden a la amplitud natural que puede observarse en distintos ríos. Por lo tanto, no se ha considerado prudente establecer una idoneidad muy baja para el rango de datos a la derecha de la moda hasta el máximo, habiéndosele asignado una idoneidad de 0.4, siguiendo el principio de prudencia. Dicha variabilidad,

como se ha comentado anteriormente, nos indica la necesidad de realizar estudios en distintos tramos naturales, que permitan completar el estudio de la especie con mayor fiabilidad.

El *Salix triandra* por su característica de especie acompañante no presente unas diferencias significativas respecta al resto de especies de *Salix*.

5.2.7.2.- Duración de la inundación en el periodo vegetativo

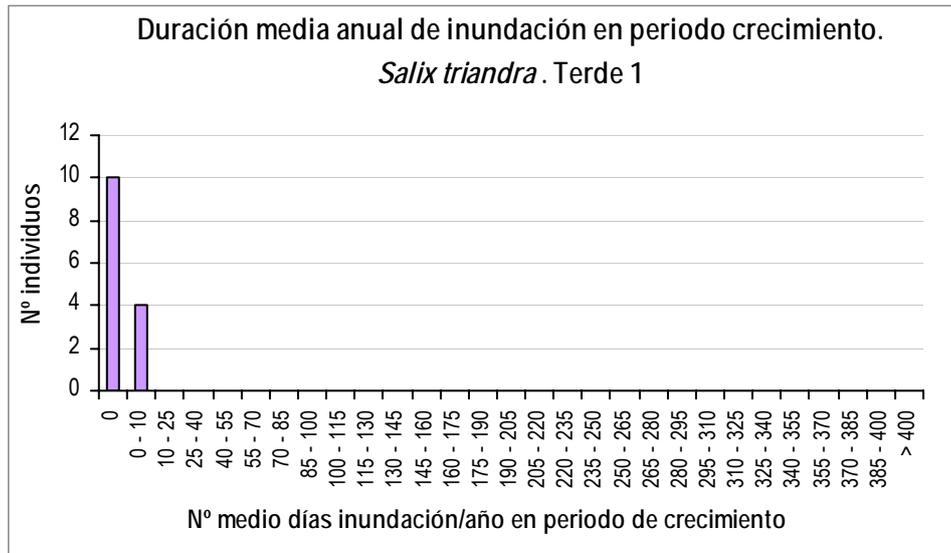


Figura 5.190. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Salix triandra* en Terde-1 (Mijares).

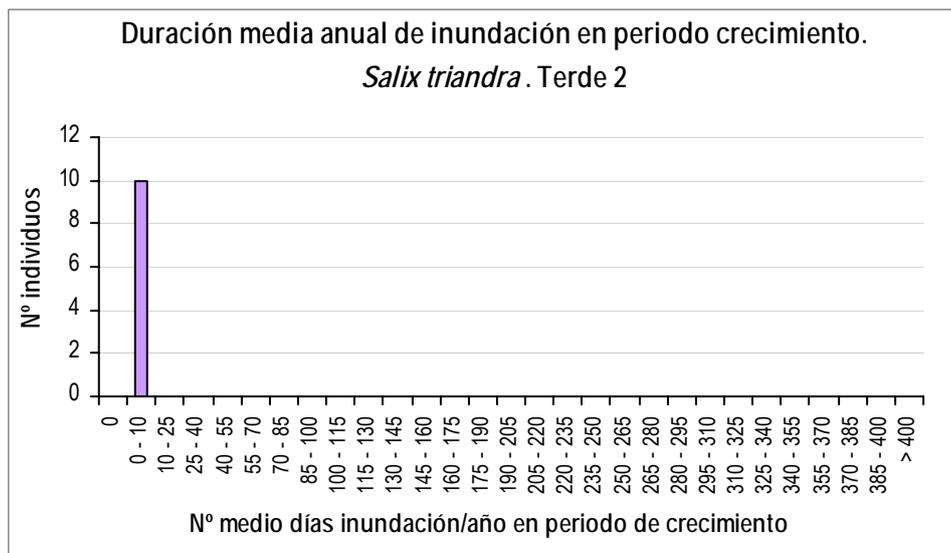


Figura 5.191. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Salix triandra* en Terde-2 (Mijares).

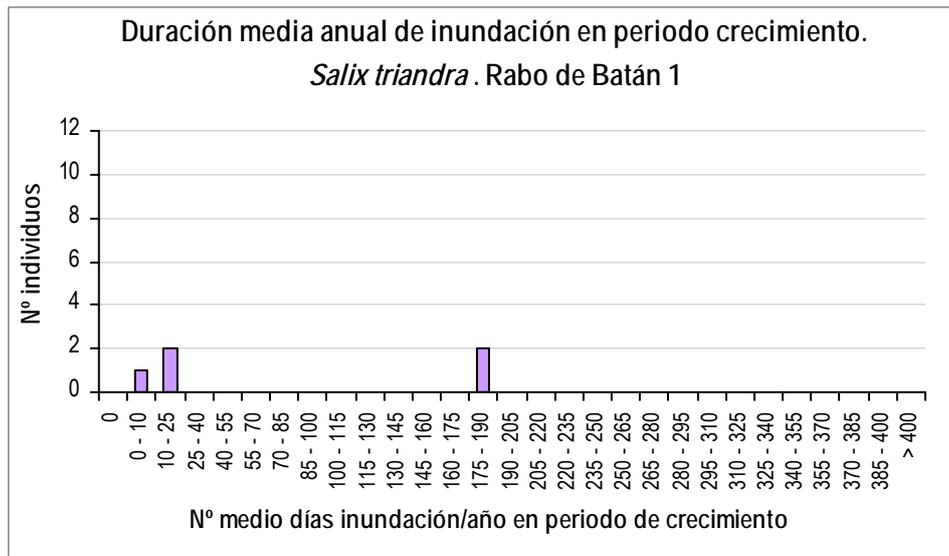


Figura 5.192. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Salix triandra en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

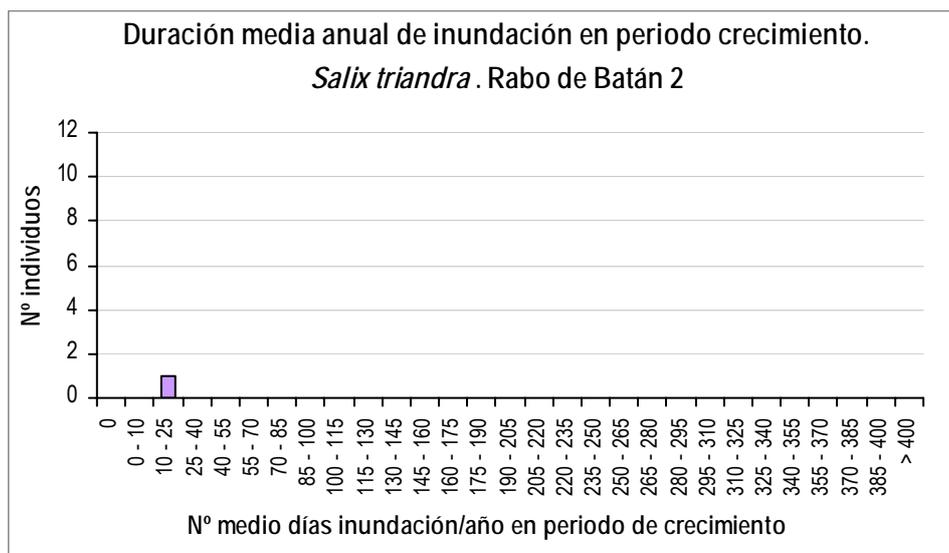
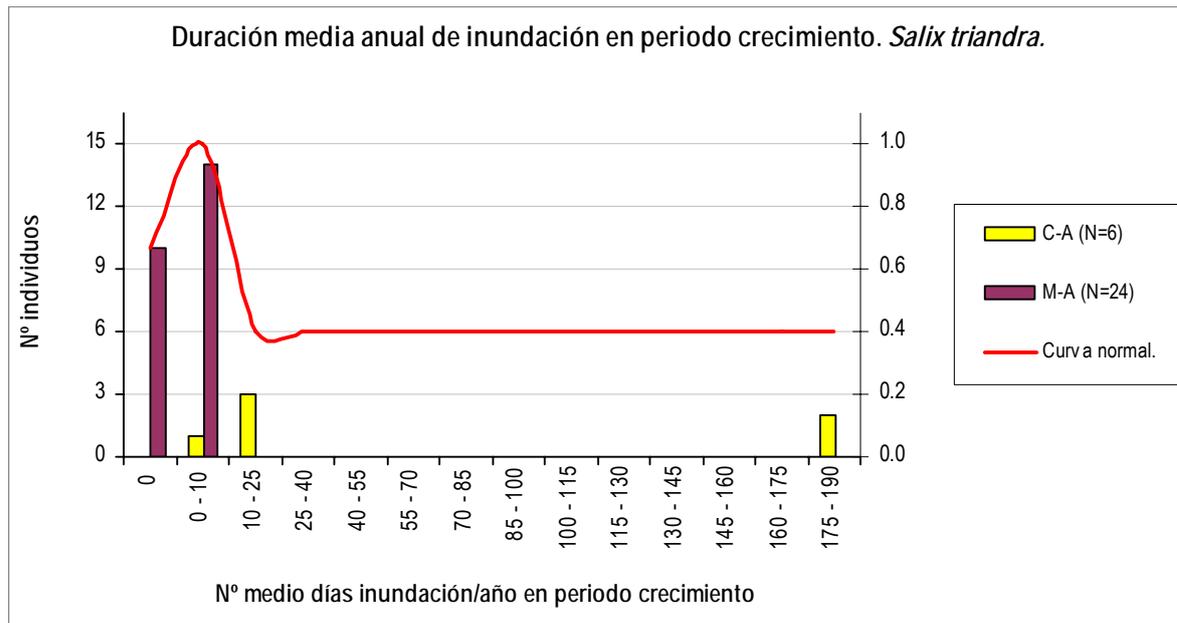


Figura 5.193. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Salix triandra en Rabo del Batán-2 (Cabriel).



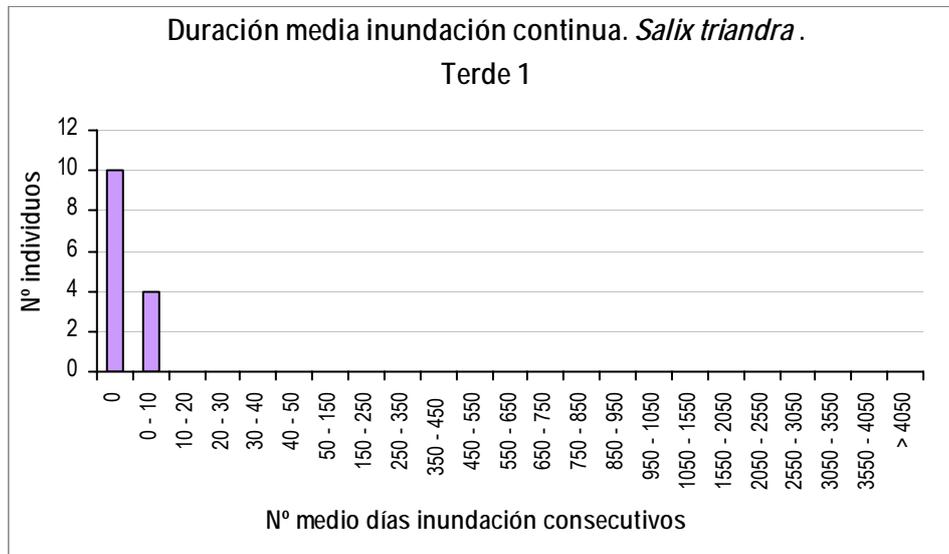
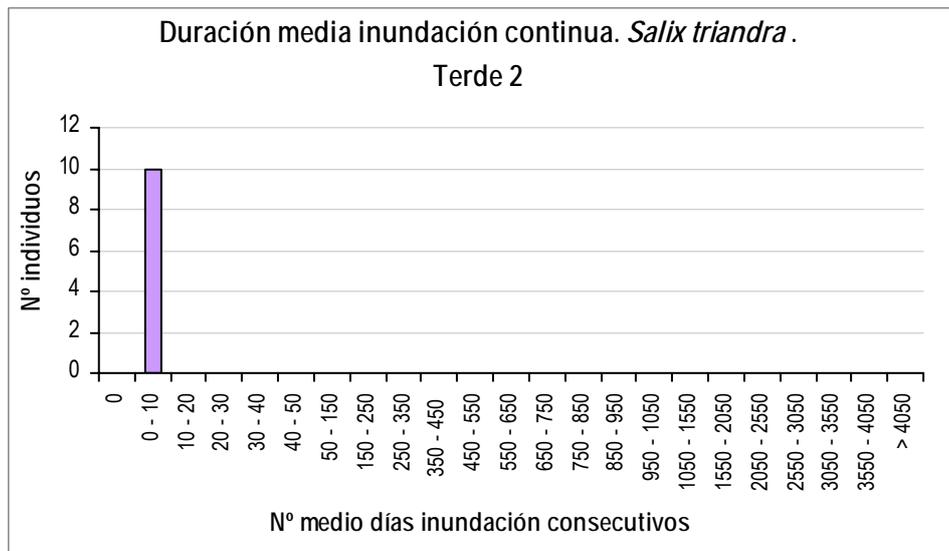
*Figura 5.194. Histogramas de duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Salix triandra*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.*

Los resultados obtenidos para la variable duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento muestran una distribución similar al variable anterior en la que se analiza todo el año hidrológico. El patrón de distribución para los individuos observados en el Mijares alto muestra que las inundaciones y su duración media se producen principalmente en periodo de crecimiento. No así para los individuos observados en el Cabriel alto. En este último tramo el número medio de días de inundación es ligeramente inferior por lo que la mayoría de individuos se agrupa en el periodo 10-25 días. Cabe destacar que, como era de esperar, aparecen los mismos individuos que se encuentran inundados de forma perpetua, en este caso 180 días. Estos últimos condicionan los valores de la curva por la derecha como en el caso anterior.

Por todo lo anteriormente descrito la curva de idoneidad para esta variable presenta su valor máximo para el período 0-10 días, como en la anterior, existe un pequeño porcentaje de datos fuera del ámbito del máximo descrito, por lo que se ha considerado prudente establecer una idoneidad de 0.4 para el rango de datos a la derecha de la moda hasta el máximo detectado.

Al igual que en el caso anterior no presenta diferencias importantes con el resto de especies de *Salix* presentes en este estudio

5.2.7.3.- Duración de la inundación continua (número de días consecutivos)

Figura 5.195. Duración media de la inundación continua para *Salix triandra* en Terde-1 (Mijares).Figura 5.196. Duración media de la inundación continua para *Salix triandra* en Terde-2 (Mijares).

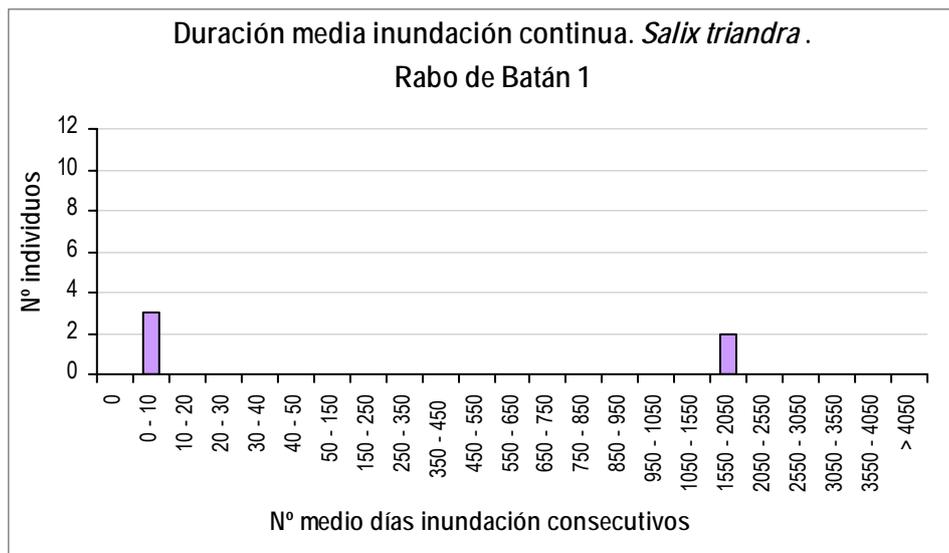


Figura 5.197. Duración media de la inundación continua para *Salix triandra* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

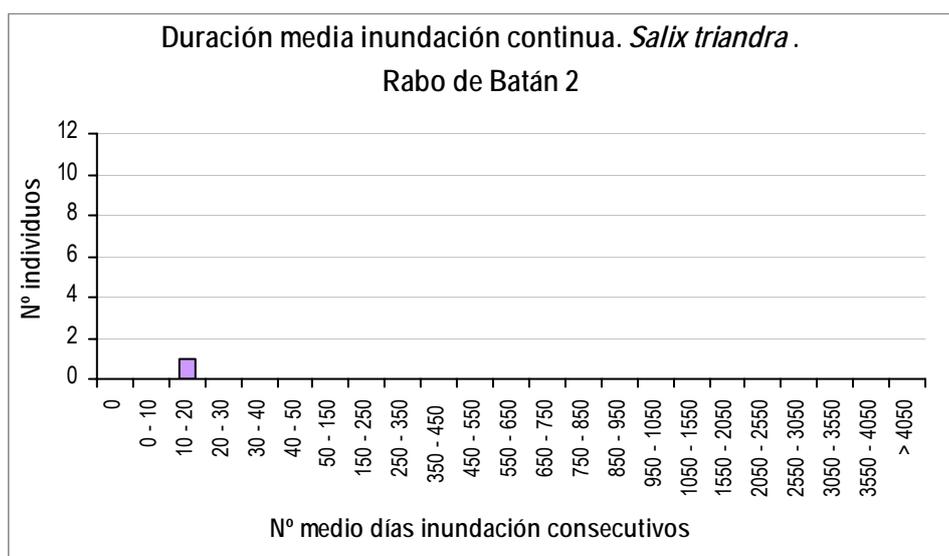


Figura 5.198. Duración media de la inundación continua para *Salix triandra* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

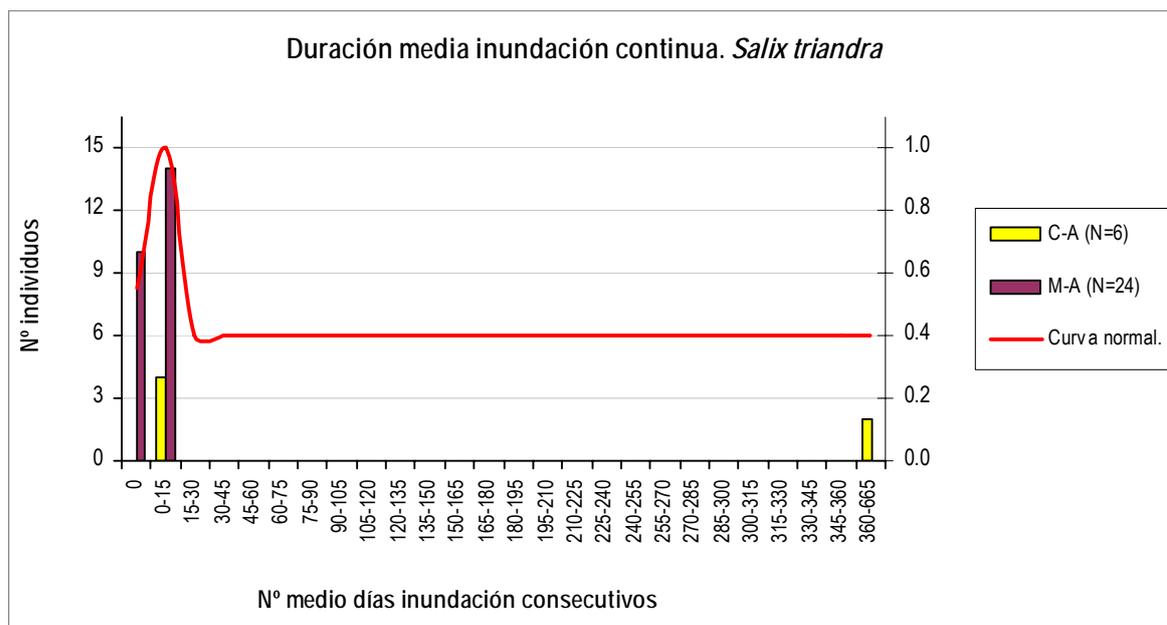


Figura 5.199. Histogramas de duración media de la inundación continua para *Salix triandra*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Los resultados de la duración media de la inundación continua muestran resultados coherentes con los obtenidos para el número de días de inundación media anual. Los individuos de *Salix triandra* se sitúan en zonas que reciben inundaciones cortas o nulas. Como se observa en el histograma de resultados los pies observados para los tramos en el Mijares Alto reciben inundaciones de duración nula (10 individuos) o inundaciones cortas 0-15 días (14 individuos). Los pies observados en el Gabriel alto reciben inundaciones de duración comprendida entre los 0-15 días a excepción de los pies observados en las dos variables anteriores que presentan inundación continua. Estos reciben lógicamente inundaciones de 365 días de duración media.

La curva de idoneidad que se deriva de esto datos posee su máximo (valor 1) para una media de duración comprendida entre los 0-15 días. Como en casos anteriores para no menospreciar los pies observados en inundación continua se ha considerado prudente establecer una idoneidad de 0.4 para el rango de datos a la derecha de la moda hasta el máximo detectado.

Estos valores observados no representan una diferencia clara con respecto al resto de especies de *Salix* analizadas en el presente estudio. Sí cabe destacar que los datos representan un intervalo ligeramente más estrecho que en el caso del *Salix alba* dónde se observa duraciones ligeramente superiores de hasta 30 días.

5.2.7.4.- Frecuencia de inundación

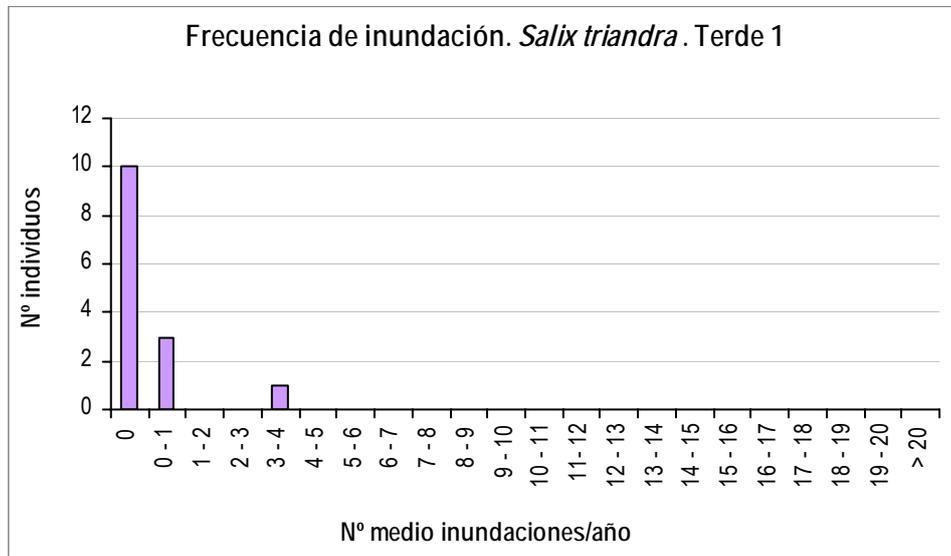


Figura 5.200. Frecuencia de la inundación para *Salix triandra* en Terde-1 (Mijares).

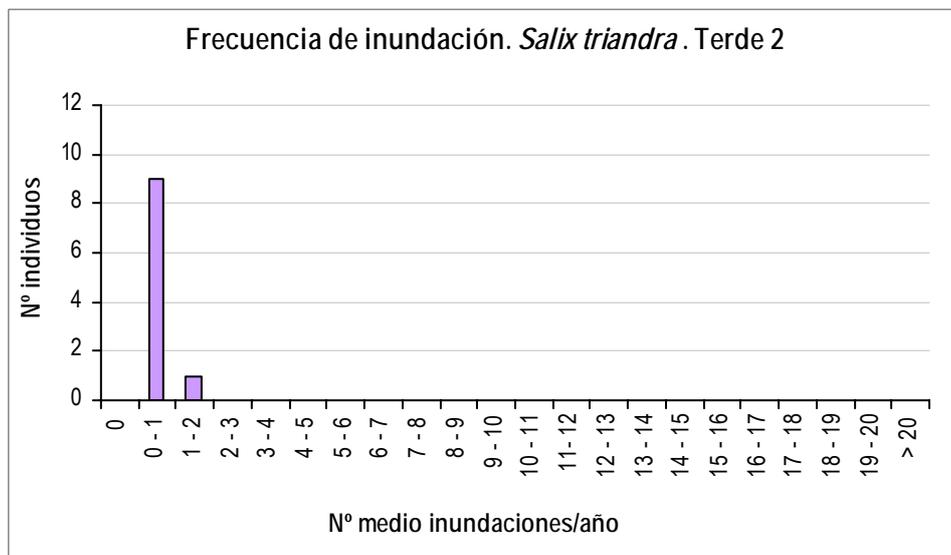


Figura 5.201. Frecuencia de la inundación para *Salix triandra* en Terde-2 (Mijares).

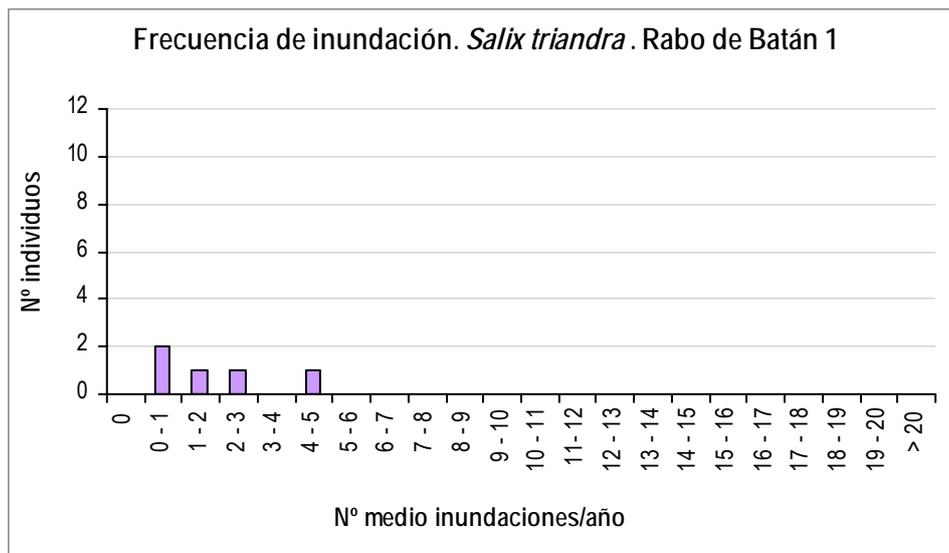


Figura 5.202. Frecuencia de la inundación para *Salix triandra* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

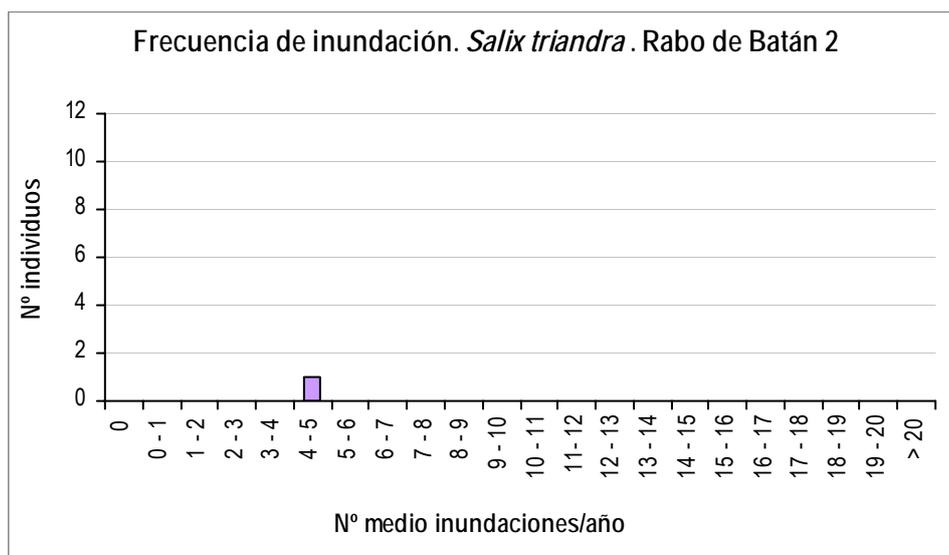


Figura 5.203. Frecuencia de la inundación para *Salix triandra* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

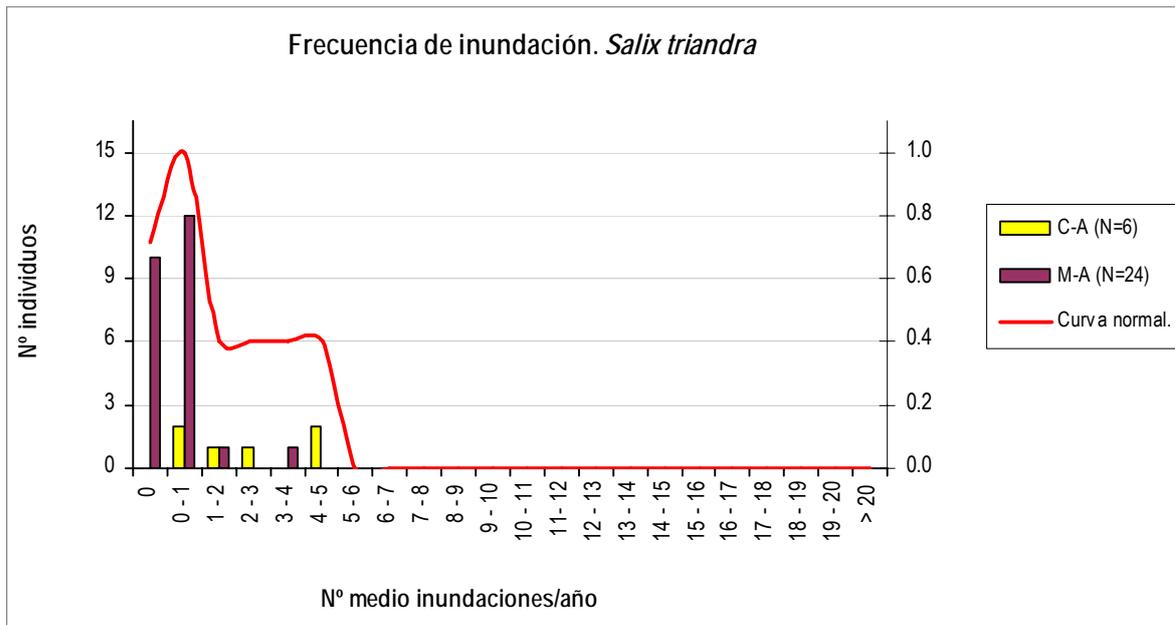


Figura 5.204. Histogramas de frecuencia de inundación para *Salix triandra*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

La frecuencia de inundación presenta una distribución diferente según el conjunto de tramos analizado. De este modo los pies observados en Mijares alto recibe mayoritariamente 1 o ninguna inundación al año, mientras que los pies observados en el Cabriel alto presentan mayor variabilidad. Estos se encuentran repartidos de una forma más uniforme entre los que reciben al menos 1 inundación y los que llegan a recibir entre 4 y 5 inundaciones anualmente. Dado lo limitado de los datos obtenidos, se considera importante que ambos conjuntos de datos se complementen con un mayor tamaño muestral y nuevos muestreos en tramos naturales.

De este modo el óptimo que presenta la curva de idoneidad es coincidente con la moda, que presenta frecuencia de inundaciones comprendida entre 0-1 al año. Al igual que con el resto de variables analizada anteriormente se ha optado por prolongar la idoneidad en un valor de 0.4 hasta el máximo observado.

En general se puede afirmar que en lo que respecta a la frecuencia de inundaciones al año el número idóneo de estas para el *Salix triandra* es ligeramente inferior que para el resto de *Salix*, donde se han llegado a observar individuos en zonas con medias anuales cercanas a 15.

5.2.7.5.- Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base

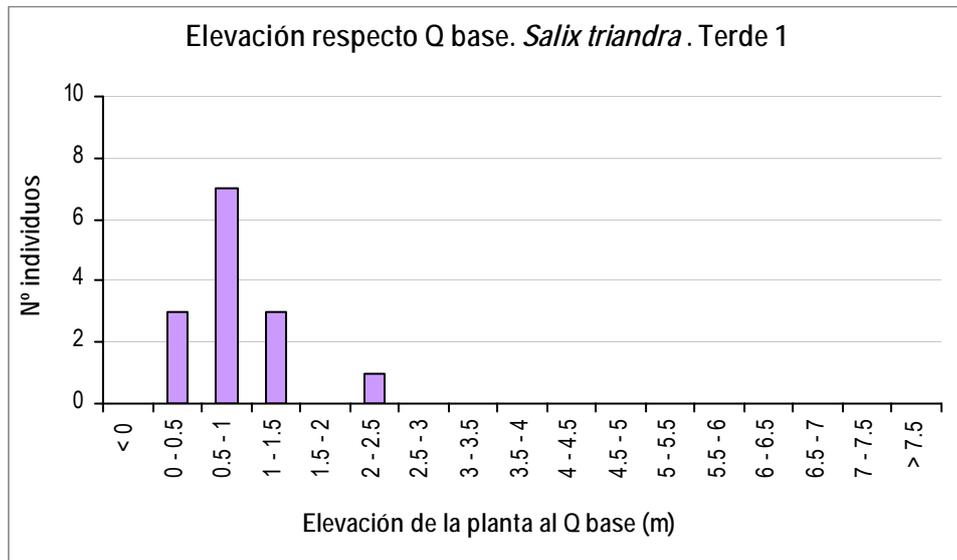


Figura 5.205. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix triandra* en Terde-1 (Mijares).

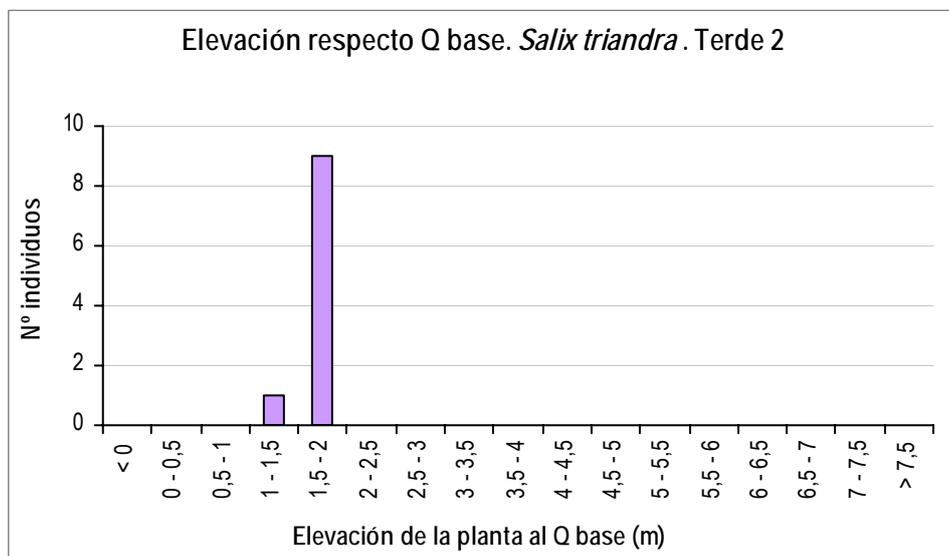


Figura 5.206. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix triandra* en Terde-2 (Mijares).

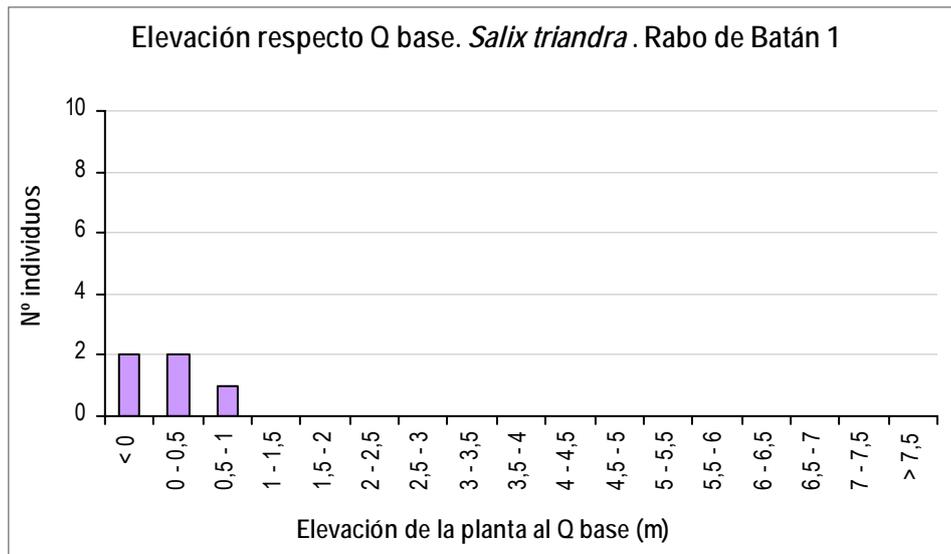


Figura 5.207. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix triandra* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

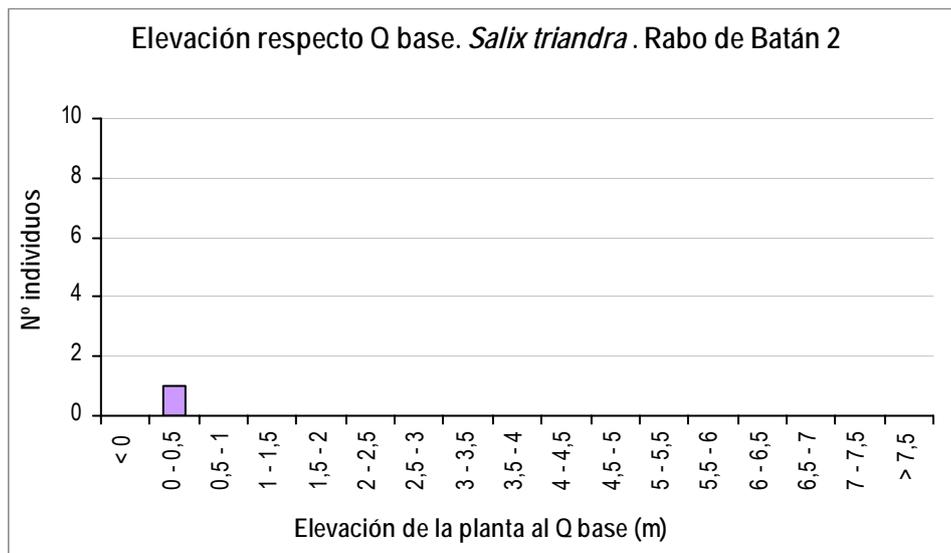


Figura 5.208. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix triandra* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

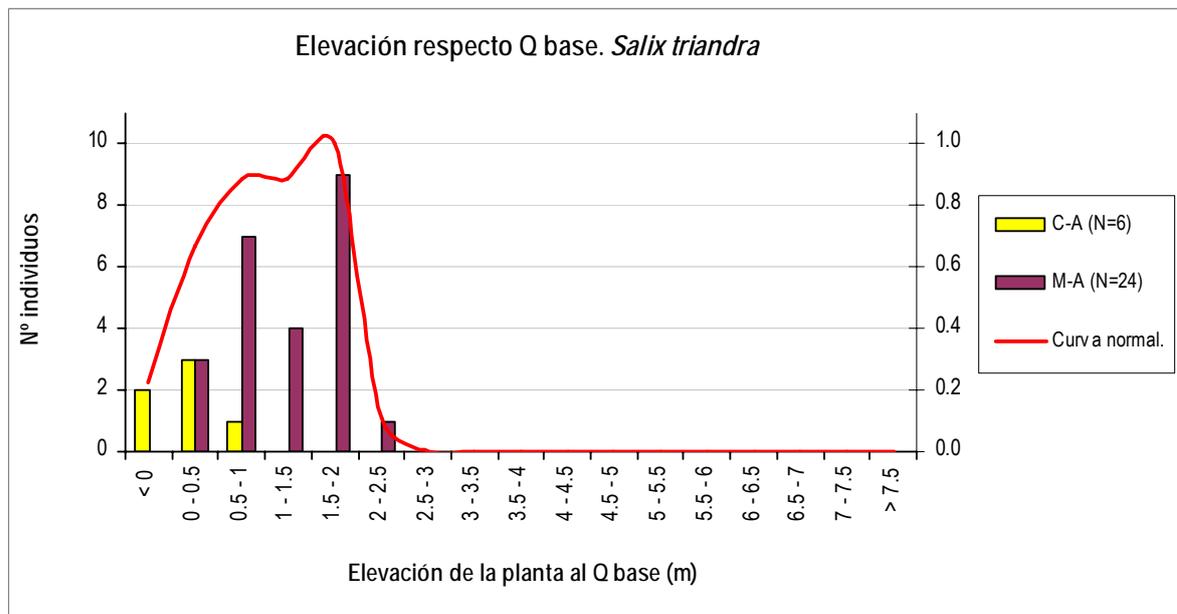


Figura 5.209. Histogramas de elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Salix triandra*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

El resultado de los análisis realizados para la elevación respecto al caudal base muestra que los pies situados en los tramos situados en el Cabriel alto se encuentran a menor altura respecto al caudal base que los situados en el Mijares alto (Terde 1 y Terde 2). De este modo esta variable corrobora los resultados obtenidos en las variables anteriores (mayores tiempos de inundación en los del Cabriel). Los pies observados en los tramos del Cabriel alto se encuentran comprendidos entre los intervalos <0 y 0.5-1, mientras que los observados en los tramos de Mijares alto se encuentran en cotas superiores, entre los intervalos de 0-0.5 y 2-2.5. Es de destacar que el máximo observado se encuentra en cotas comprendidas entre 1.5-2.5 y el intervalo 0.5-1 tiene un número significativo de individuos.

De este modo la curva de idoneidad generada con los presentes datos tiene su máximo (valor 1) en el intervalo de 1.5 a 2 m con un descenso brusco por la derecha. Cabe destacar que disminuye paulatinamente por la izquierda hasta un valor 0.2 para los pies situados en el intervalo <0. Entre los intervalos de 1-1.5 y 0.5-1 posee un valor ciertamente elevado de 0.9.

De los resultados observados se deduce que el *Salix triandra* en general se localiza en cotas superiores con respecto al resto de sauces analizados.

5.2.8.- *Nerium oleander*

5.2.8.1.- Duración de la inundación

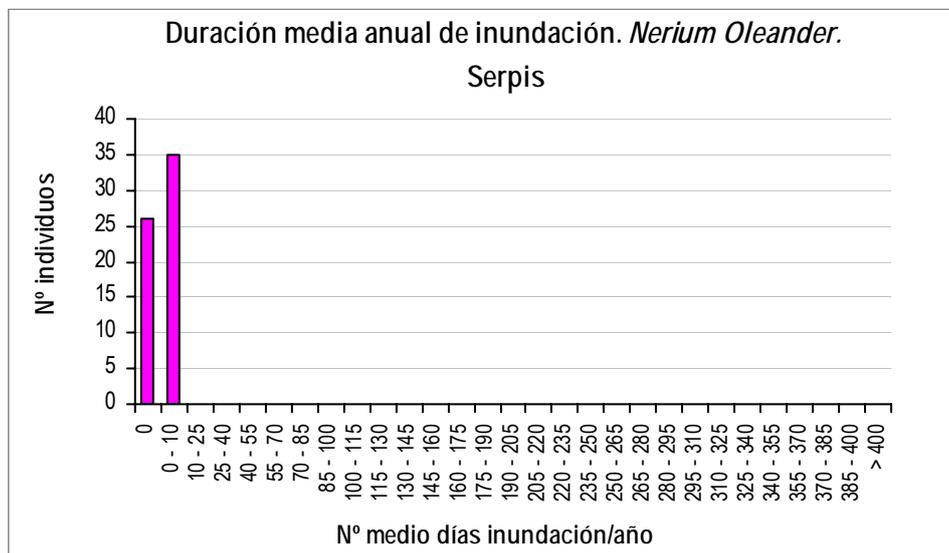


Figura 5.210. Duración media anual de la inundación para *Nerium oleander* en Lorcha (Serpis).

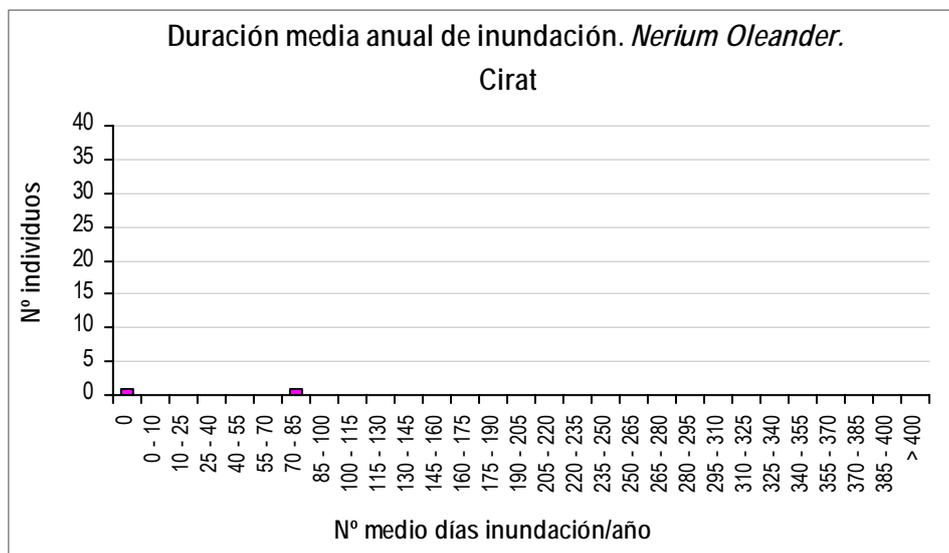


Figura 5.211. Duración media anual de la inundación para *Nerium oleander* en Cirat (Mijares).

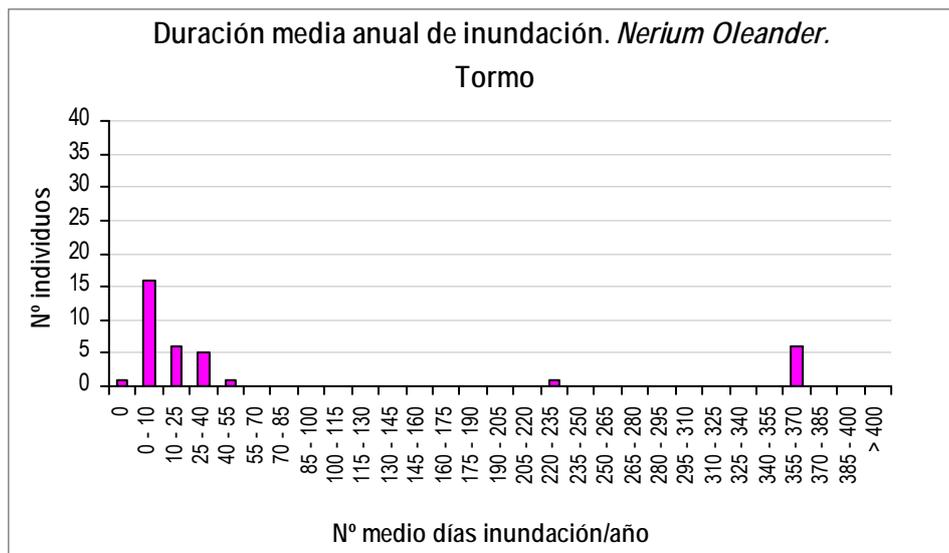


Figura 5.212. Duración media anual de la inundación para *Nerium oleander* en Tormo (Mijares).

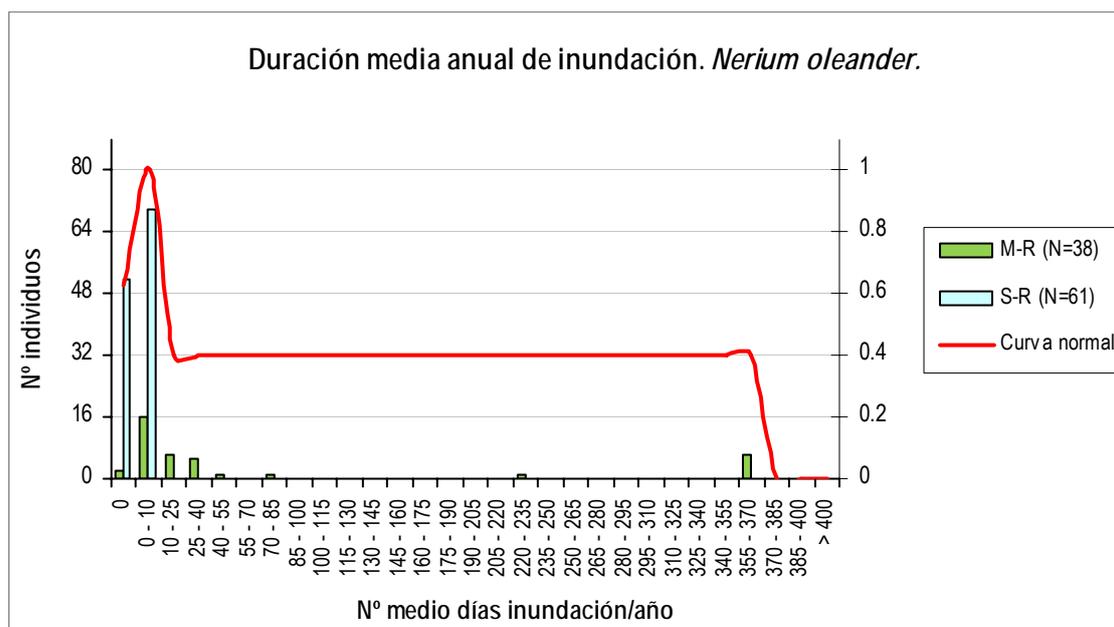


Figura 5.213. Histogramas de duración media anual de la inundación para *Nerium oleander*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Nerium oleander solo se encuentra representado en los tramos regulados del Mijares (M-R) y Serpis (S-R). A pesar de ser tramos regulados presentan diferencias en cuanto a rango de datos, teniendo un mayor número de muestras el Serpis. En conjunto el tamaño muestral es aceptable (N=99), incluso en cada tramo por separado. El peso de datos es mucho mayor en el Serpis que en el Mijares regulado.

La mayor parte de los datos se agrupan en un intervalo reducido, entre 0 y 10 días inundados, ambos inclusive, y éste es el rango que se considera más significativo. Para Mijares la distribución se desplaza mucho más hacia la derecha, aportando la mayor variabilidad a los datos, llegando a tener arbustos que se encuentran inundados durante todo el año. Estos datos fuera de la campana del máximo (14%) han hecho que se retoque la curva, intentando describir mejor la variabilidad de los datos; en este caso no se cuenta con información suficiente para establecer si dicho grupo de datos son extremos para la especie, o si responden a la amplitud natural que puede observarse en distintos ríos. Por lo tanto, no se ha considerado prudente establecer una idoneidad muy baja para el rango de datos a la derecha de la moda hasta el máximo, habiéndosele asignado una idoneidad de 0.4. El amplio rango de variabilidad detectada nos indica la necesidad de realizar estudios en distintos tramos naturales, que permitan completar el estudio de la especie con mayor fiabilidad.

5.2.8.2.- Duración de la inundación en el periodo vegetativo

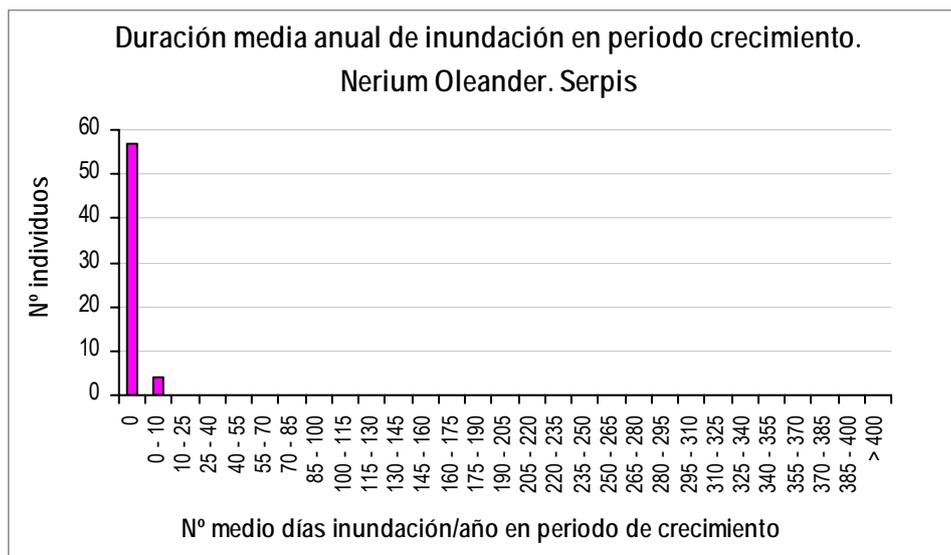


Figura 5.214. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Nerium oleander en Lorcha (Serpis).

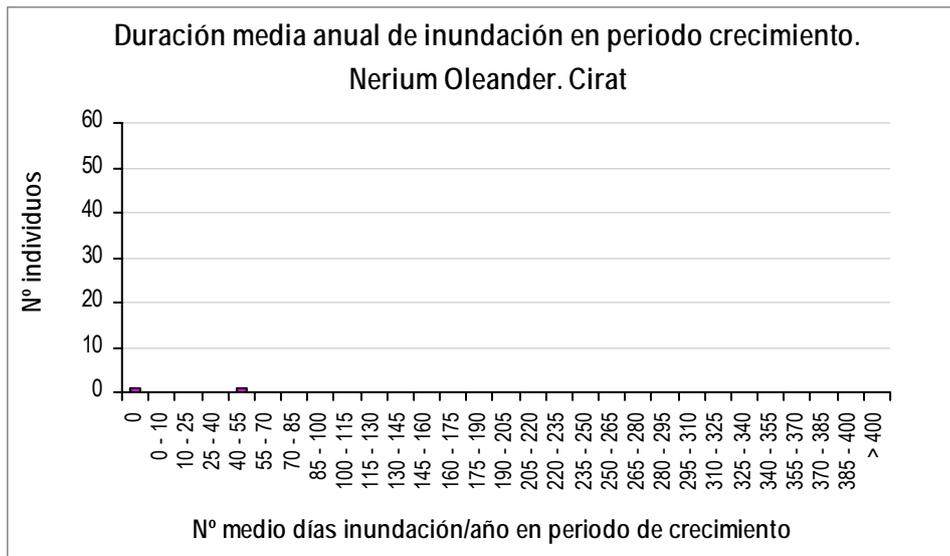


Figura 5.215. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Nerium oleander en Cirat (Mijares).

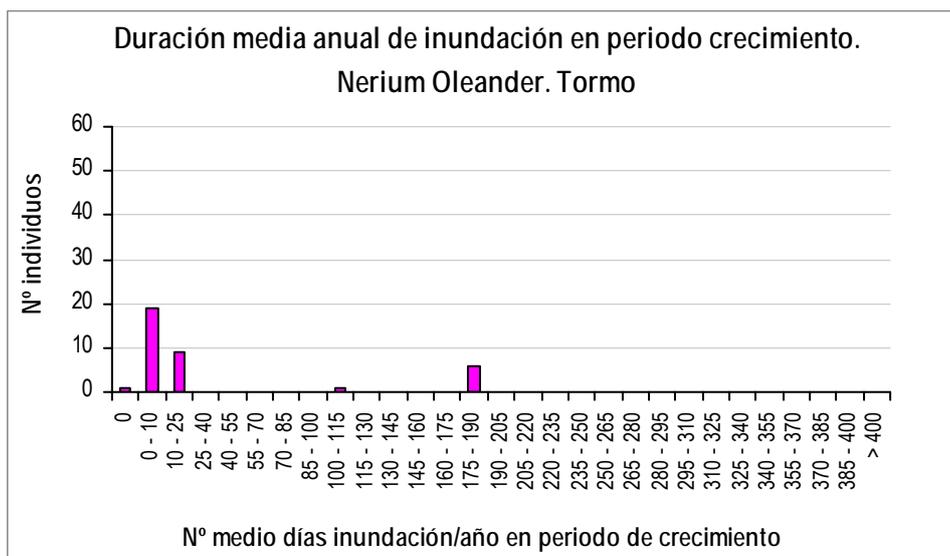


Figura 5.216. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Nerium oleander en Tormo (Mijares).

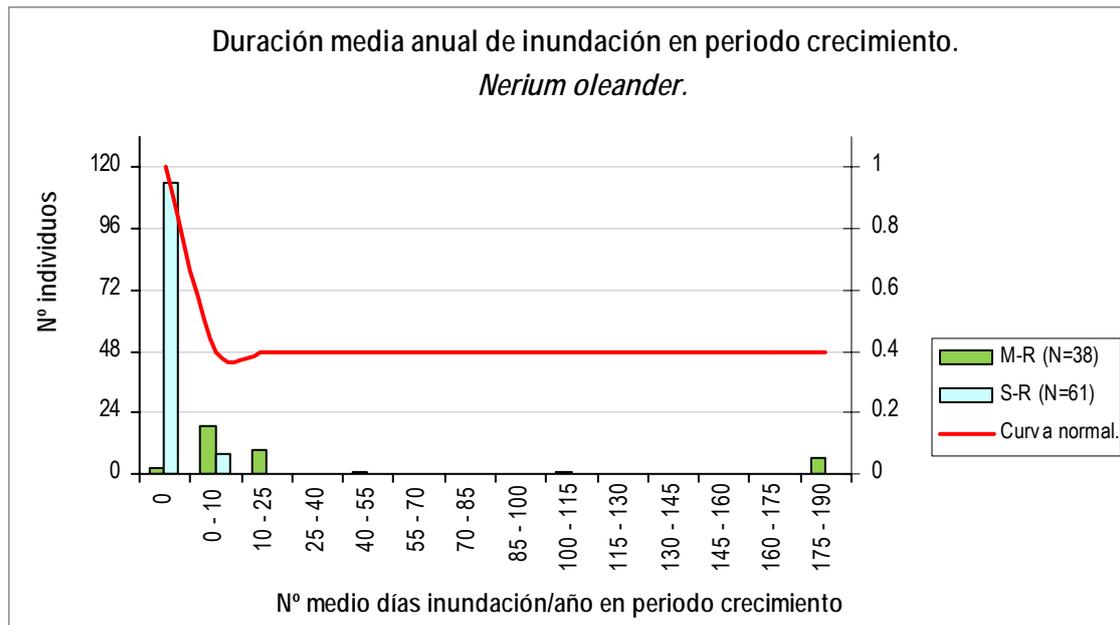
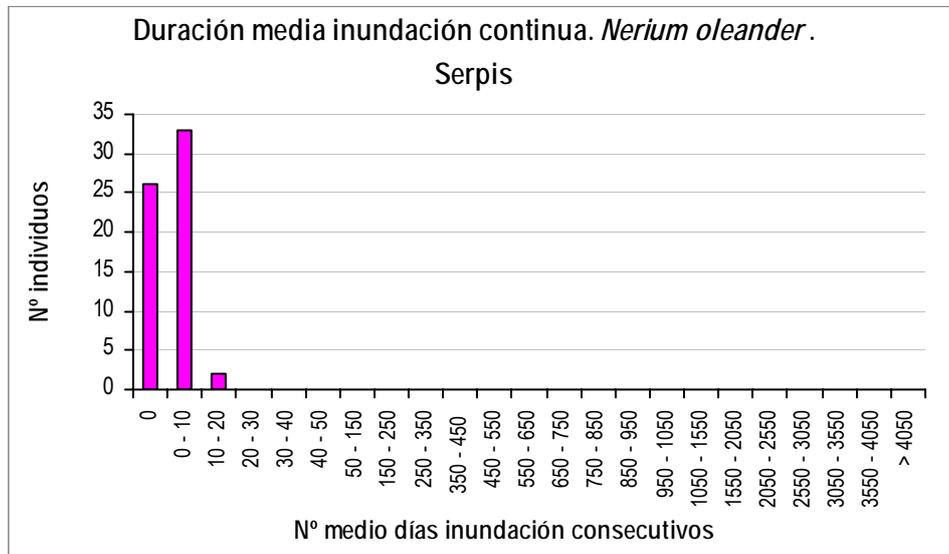
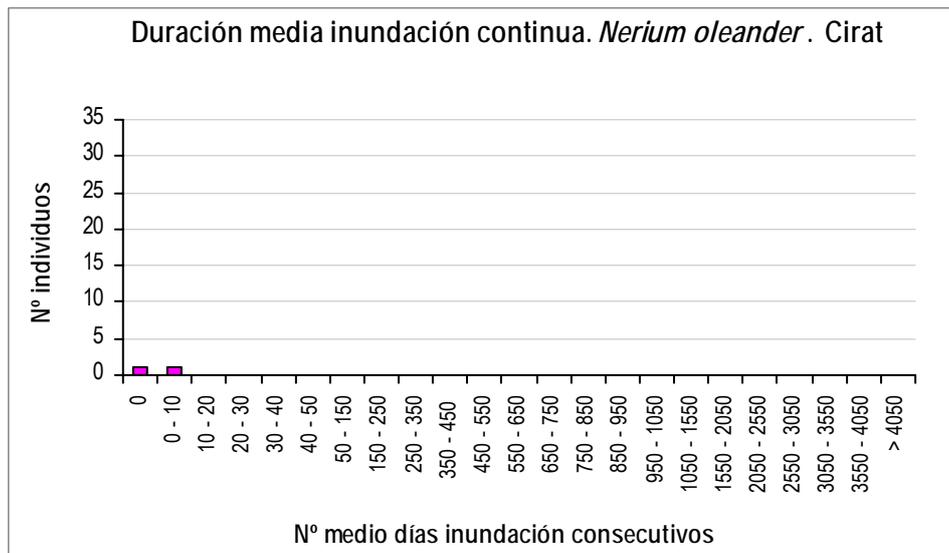


Figura 5.217. Histogramas de duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Nerium oleander, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

En esta variable, a diferencia de la anterior, encontramos el máximo en el intervalo 0, teniendo un especial peso los datos del Serpis. Por lo tanto, esta sería la única especie de este estudio cuyos datos en su mayoría se corresponden con la inundación de cero días en periodo de crecimiento, con una diferencia notable respecto de la inundación media anual (que parece ser menos limitante). Esta especie coincide parcialmente con ambas especies de Populus, ya que ambas tenían la idoneidad máxima de esta variable en el cero, aunque los datos se distribuían de forma mucho más amplia. En este caso los resultados del Nerium podrían estar muy condicionados por ser tramos regulados, por lo que debemos ser prudentes en esta comparativa, no pudiendo asegurar que estas diferencias se atribuyan a las características ecológicas de la especie. De hecho los datos del Mijares desmientan dicha limitación, pues hay 6 pies inundados durante todo el periodo vegetativo (en Mijares).

Por este pequeño porcentaje de datos fuera del ámbito máximo descrito, se ha considerado prudente establecer una idoneidad de 0.4 para el rango de datos a la derecha de la moda, hasta el máximo detectado.

5.2.8.3.- Duración de la inundación continua (número de días consecutivos)

Figura 5.218. Duración media de la inundación continua para *Nerium oleander* en Lorcha (Serpis).Figura 5.219. Duración media de la inundación continua para *Nerium oleander* en Cirat (Mijares).

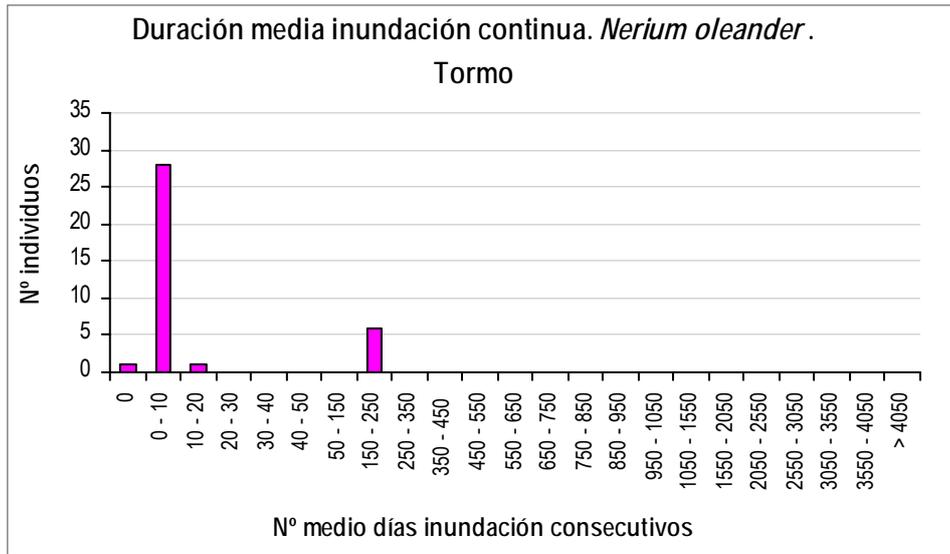


Figura 5.220. Duración media de la inundación continua para *Nerium oleander* en Tormo (Mijares).

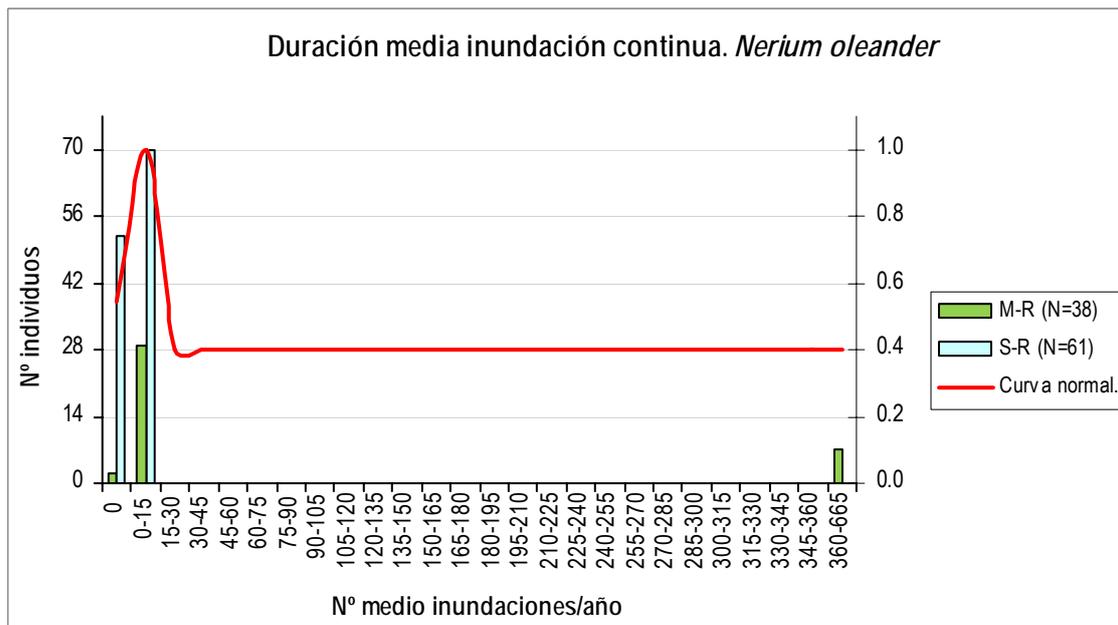


Figura 5.221. Histogramas de duración media de la inundación continua para *Nerium oleander*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

El rango de esta variable se encuentra entre la inundación nula y los 15 días consecutivos. El máximo de ambos ríos coincide, pero como se dijo antes el Mijares aporta una mayor variabilidad, y contamos con 7 datos (7 % del total) que indican un valor extremo, de inundación continua todo el año. En esta variable, como en la anterior, existe un pequeño porcentaje de datos fuera del ámbito del máximo descrito, por lo que se ha considerado prudente establecer una idoneidad de 0.4 para el rango de datos a la derecha de la moda hasta el máximo detectado. La diferencia con la variable

primera, de inundación media total, no es relevante, por lo cual se deduce la baja frecuencia de las inundaciones que se muestra en la siguiente variable.

5.2.8.4.- Frecuencia de inundación

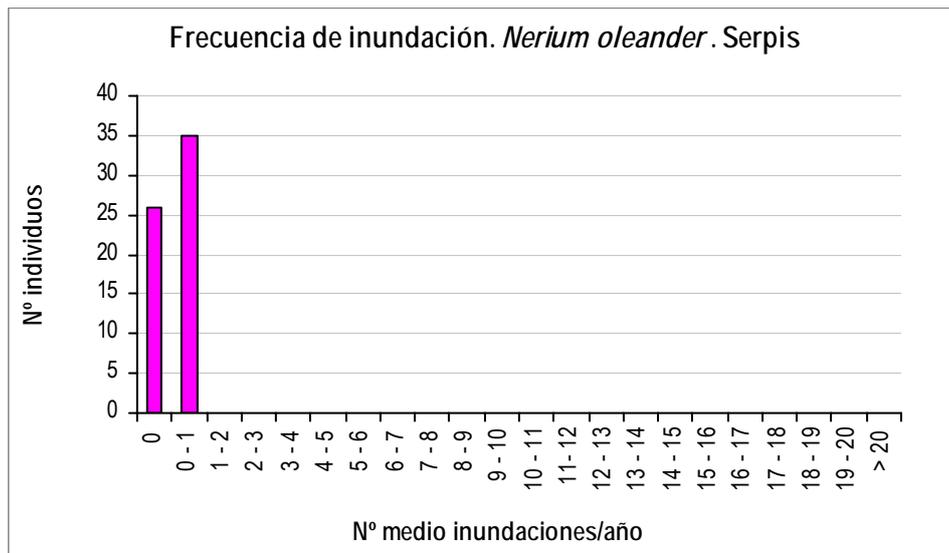


Figura 5.222. Frecuencia de la inundación para *Neirum oleander* en Lorcha (Serpis).

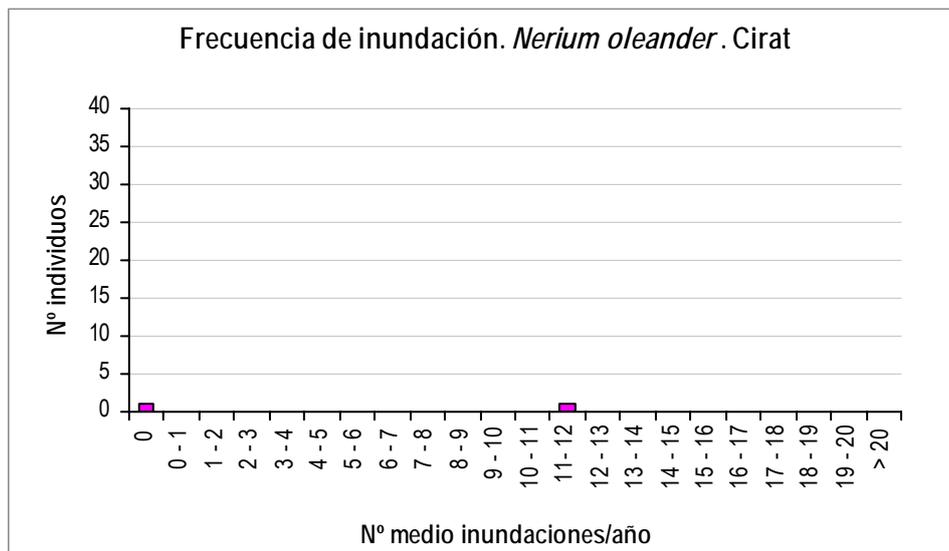


Figura 5.223. Frecuencia de la inundación para *Neirum oleander* en Cirat (Mijares).

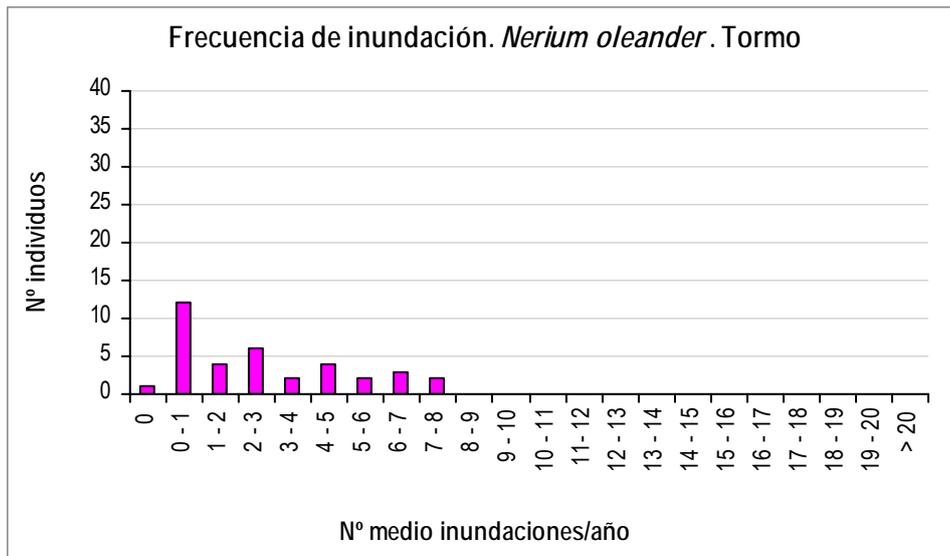


Figura 5.224. Frecuencia de la inundación para *Neirum oleander* en Tormo (Mijares).

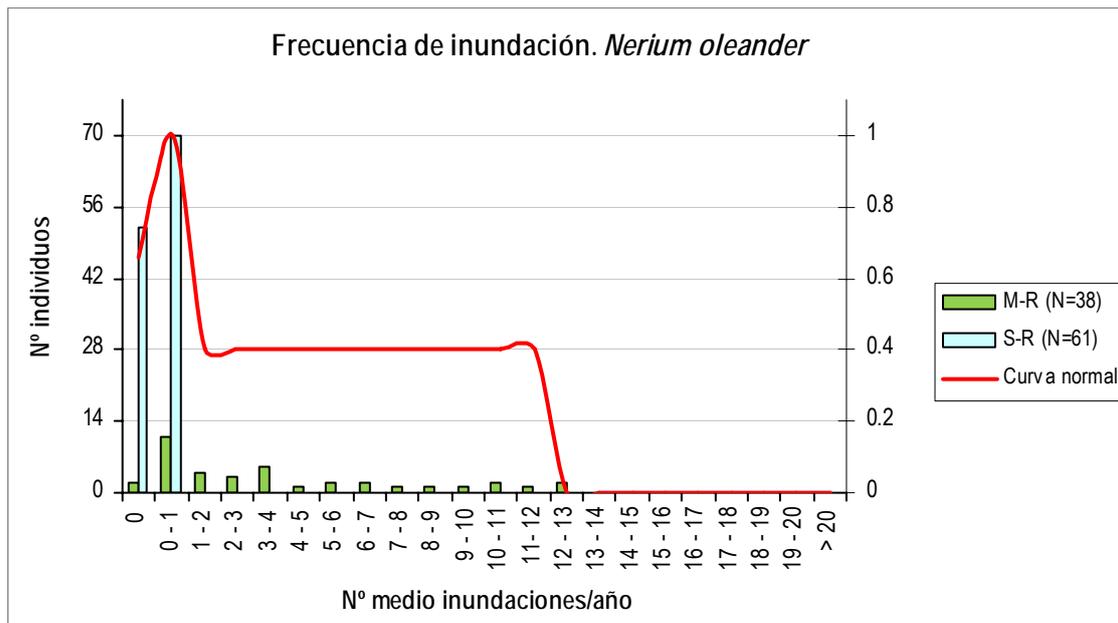


Figura 5.225. Histogramas de frecuencia de inundación para *Nerium oleander*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Esta variable presenta una diferencia más acusada entre Serpis y Mijares. Para el primero la distribución máxima continúa con el mismo patrón que en las variables anteriores, casi la mitad de los pies no se inundan nunca, mientras que el resto lo hacen como mínimo una vez en su vida (teniendo una media anual entre 0 y 1), por tanto, como comentamos en la gráfica anterior, casi todas las inundaciones se producen en una vez, de forma continua.

En el caso del Mijares, a pesar de su regulación, encontramos una distribución más dispersa, con arbustos inundados hasta con una frecuencia media de 13 veces al año, lo contrario que en el Serpis. La dispersión de los datos hace aconsejable establecer una idoneidad de 0.4 para el rango de datos a la derecha de la moda hasta el máximo detectado.

5.2.8.5.- Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base

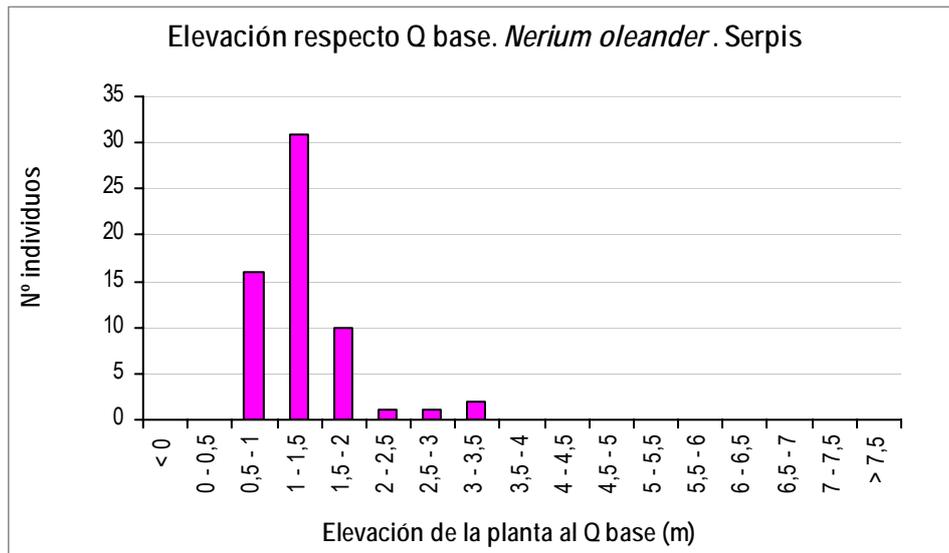


Figura 5.226. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Nerium oleander* en Lorcha (Serpis).

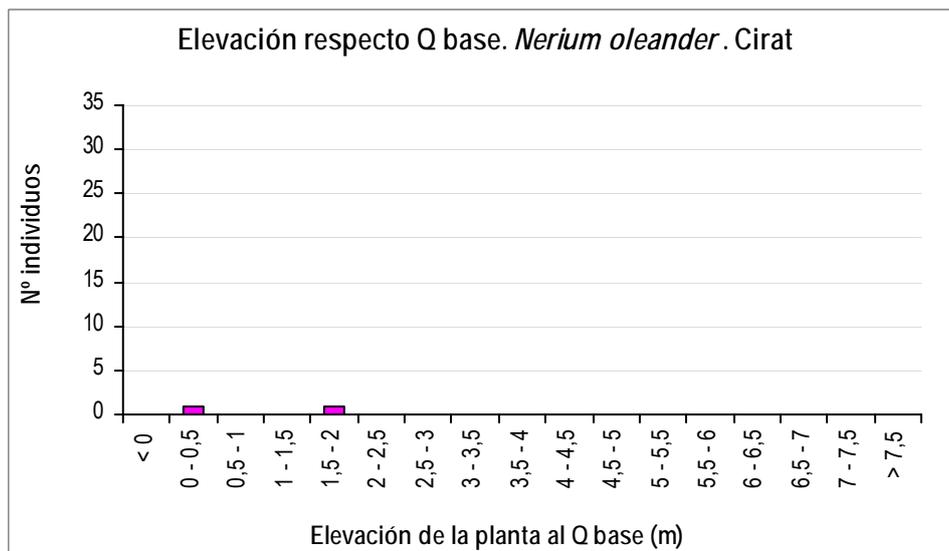


Figura 5.227. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Nerium oleander* en Cirat (Mijares).

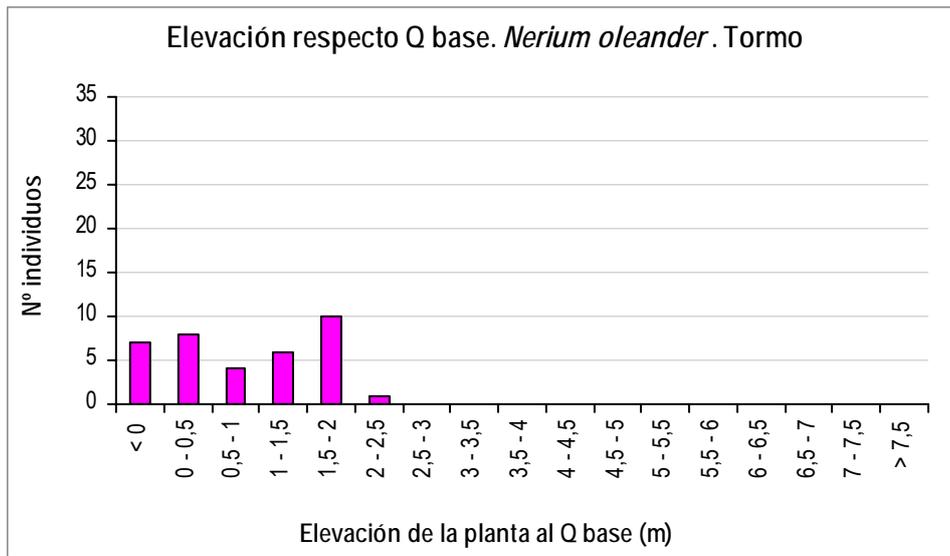


Figura 5.228. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Nerium oleander* en Tormo (Mijares).

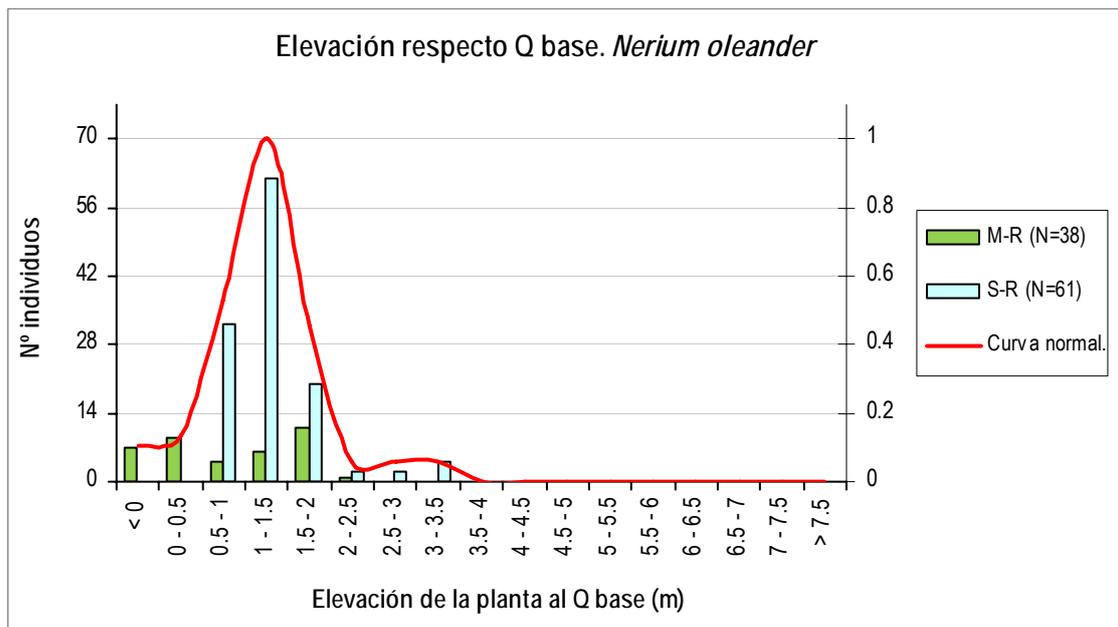


Figura 5.229. Histogramas de elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Nerium oleander*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Para esta variable encontramos que los individuos muestreados en Serpis presentan una distribución muy concentrada entre valores de 0.5 a 2 m por encima del caudal base, teniendo el máximo en el intervalo 1-1.5 y alargándose hacia la derecha hasta valores de 3.5 m de altura. Sin embargo en Mijares los arbustos aparecen más distribuidos en distintas alturas, incluido bajo el nivel de caudal base, esto es, prácticamente inundado todo el año, lo que no ocurre en el Serpis. Su

distribución la muestra como una especie que puede distribuirse por un espectro de alturas bastante amplio, con un máximo de idoneidad en alturas superiores a todos los sauces, e incluso superior a los *Populus*, con los que tiene un cierto solapamiento.

5.2.9.- *Fraxinus angustifolia*

5.2.9.1.- Duración de la inundación

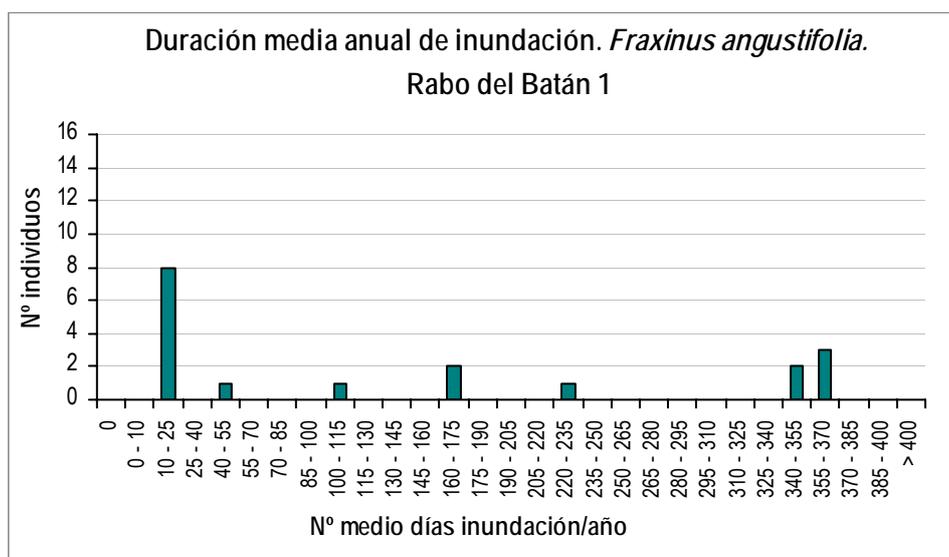


Figura 5.230. Duración media anual de la inundación para *Fraxinus angustifolia* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

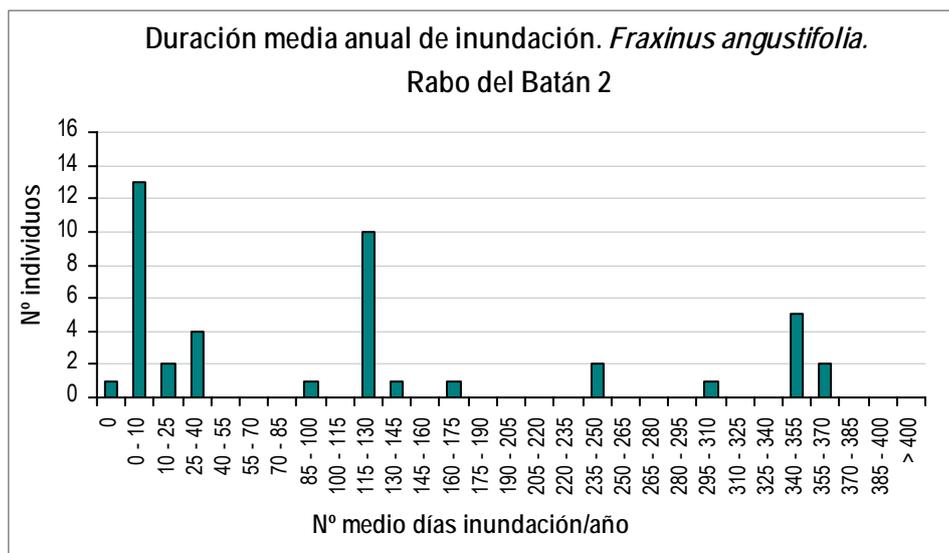


Figura 5.231. Duración media anual de la inundación para *Fraxinus angustifolia* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

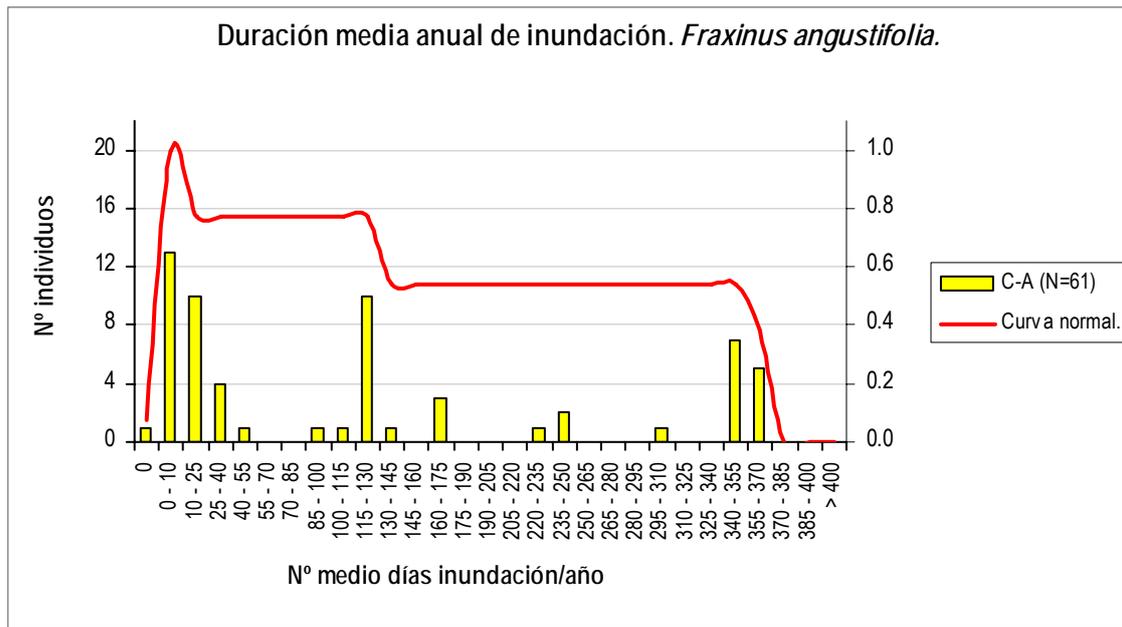


Figura 5.232. Histogramas de duración media anual de la inundación para *Fraxinus angustifolia*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Para esta especie el tamaño muestral se puede considerar aceptable (N=61), siendo todos los individuos del mismo grupo de tramos naturales del río Cabriel. En la gráfica puede verse que existe una gran variabilidad de datos debido al régimen natural de caudales. Los picos del histograma reflejan condiciones muy locales de los diferentes eventos que produjeron reclutamiento y se encuentran a lo largo de todo el rango. Las franjas entre dichos picos no significan que el fresno (*Fraxinus angustifolia*) sea menos intolerante en las mismas, sino que representarían los huecos que normalmente se presentan en este tipo de análisis. Así, se hizo una curva más global que pudiera representar mejor los requerimientos ecológicos de la especie. La curva obtenida indica que la tolerancia del fresno a la duración de las inundaciones se mueve por todo el rango representado.

5.2.9.2.- Duración de la inundación en el periodo vegetativo

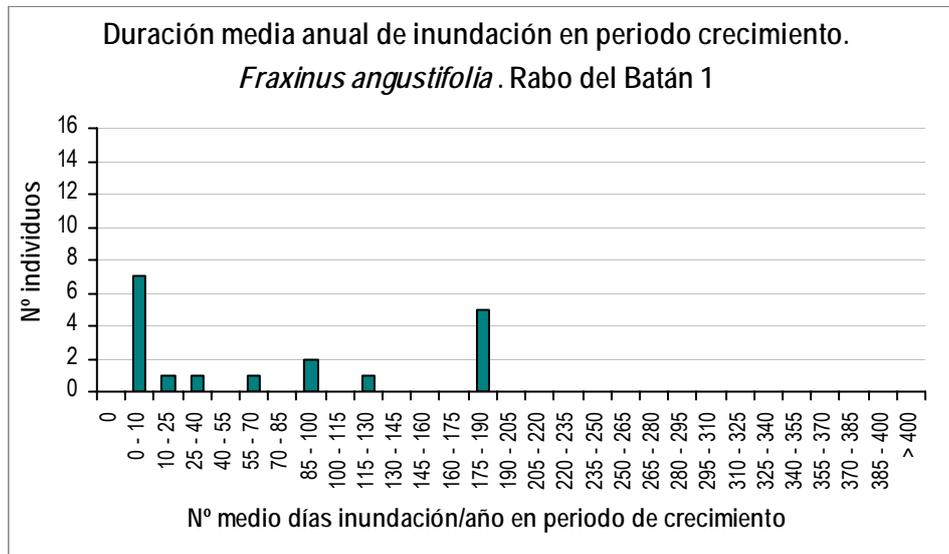


Figura 5.233. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Fraxinus angustifolia* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

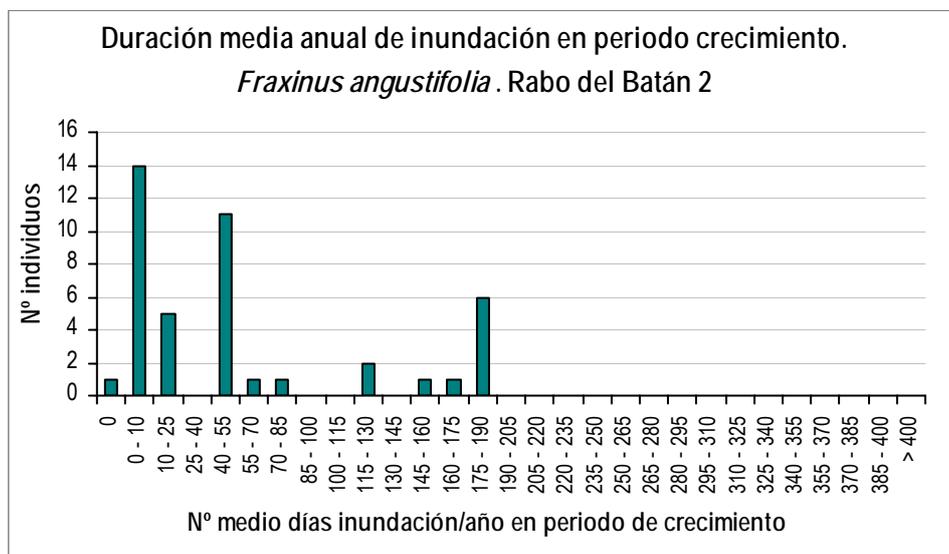


Figura 5.234. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Fraxinus angustifolia* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

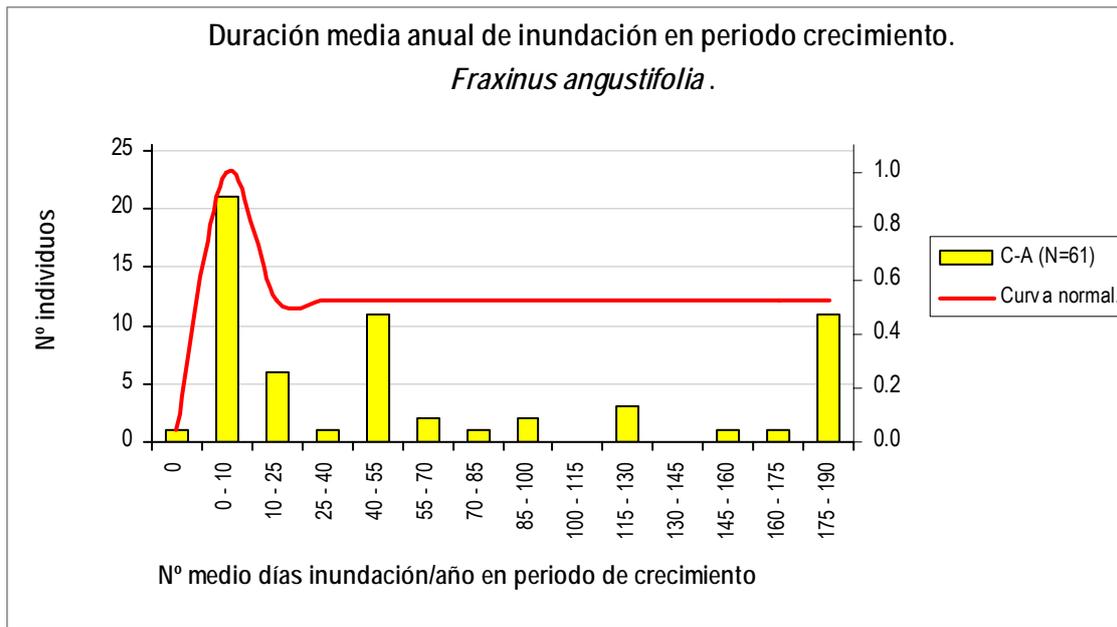


Figura 5.235. Histogramas de duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Fraxinus angustifolia, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Para esta variable se observa lo mismo efecto que la variable Duración de la inundación. Los picos observados a lo largo de los 190 días (6 meses) indican que la tolerancia del fresno a la duración de la inundación en el período vegetativo se mueve a lo largo de 6 meses al año, siendo las diferencias de frecuencias no demasiado marcadas entre las tres columnas destacadas. Sin embargo el intervalo de idoneidad máxima se sitúa en los 10 días de inundación. Los datos indican claramente que las crecidas no ocurren generalmente en un mismo evento, sino que en diferentes eventos durante el ciclo hidrológico, en régimen natural.

5.2.9.3.- Duración de la inundación continua (número de días consecutivos)

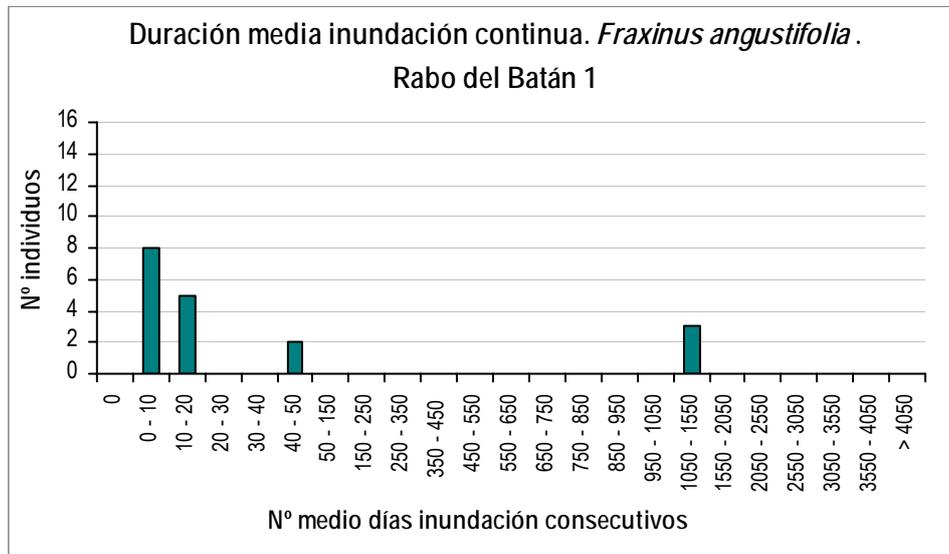


Figura 5.236. Duración media de la inundación continua para *Fraxinus angustifolia* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

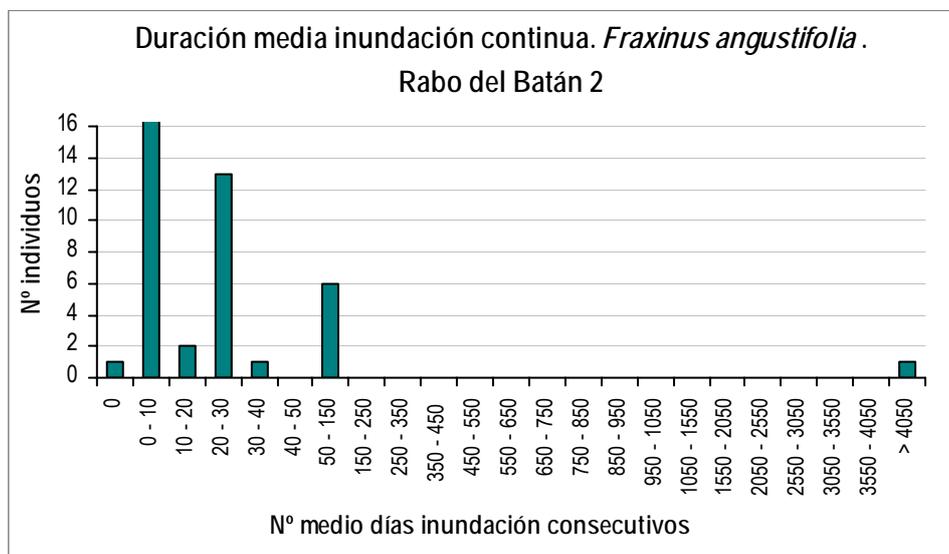


Figura 5.237. Duración media de la inundación continua para *Fraxinus angustifolia* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

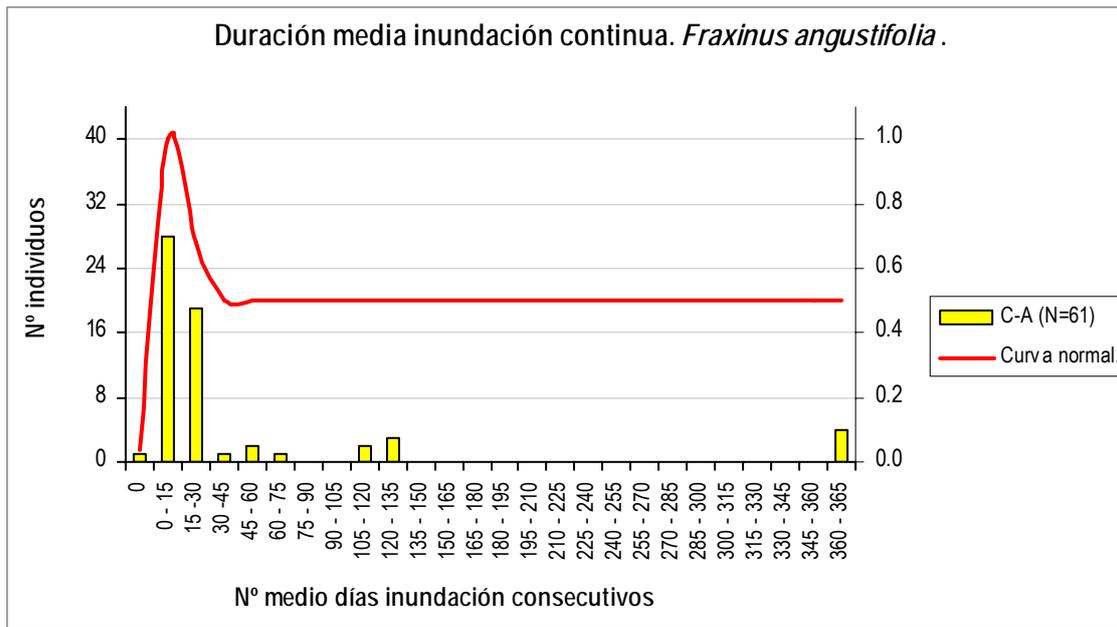


Figura 5.238. Histogramas de duración media de la inundación continua para *Fraxinus angustifolia*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

En esta variable, dado que existe un porcentaje relevante de datos (20 %) fuera del ámbito del máximo descrito, se ha retocado la curva intentando describir mejor la variabilidad de los datos; en este caso no se cuenta con información suficiente para establecer si dicho grupo de datos son extremos para la especie, o si responden a la amplitud natural que puede observarse en distintos ríos. Por lo tanto, no se ha considerado prudente establecer una idoneidad muy baja para el rango de datos a la derecha de la moda hasta el máximo, habiéndosele asignado una idoneidad "aceptable", de 0.5. Aunque se pueda asumir que lo más idóneo para el fresno sería no sobrepasar los 30 días de inundación continua, la variabilidad existente, como se ha comentado anteriormente, nos indica la necesidad de realizar estudios en distintos tramos naturales, que permitan completar el estudio de la especie con mayor fiabilidad.

5.2.9.4.- Frecuencia de inundación

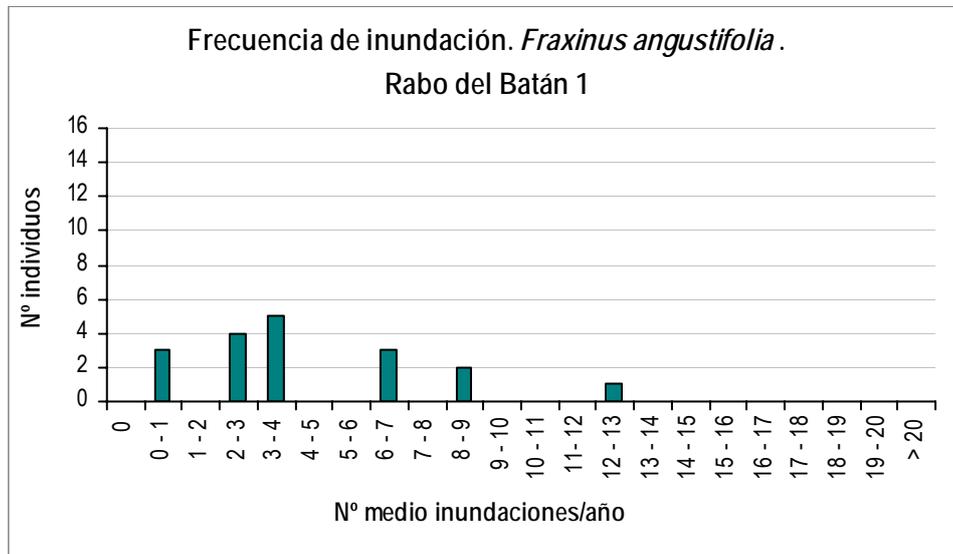


Figura 5.239. Frecuencia de la inundación para *Fraxinus angustifolia* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

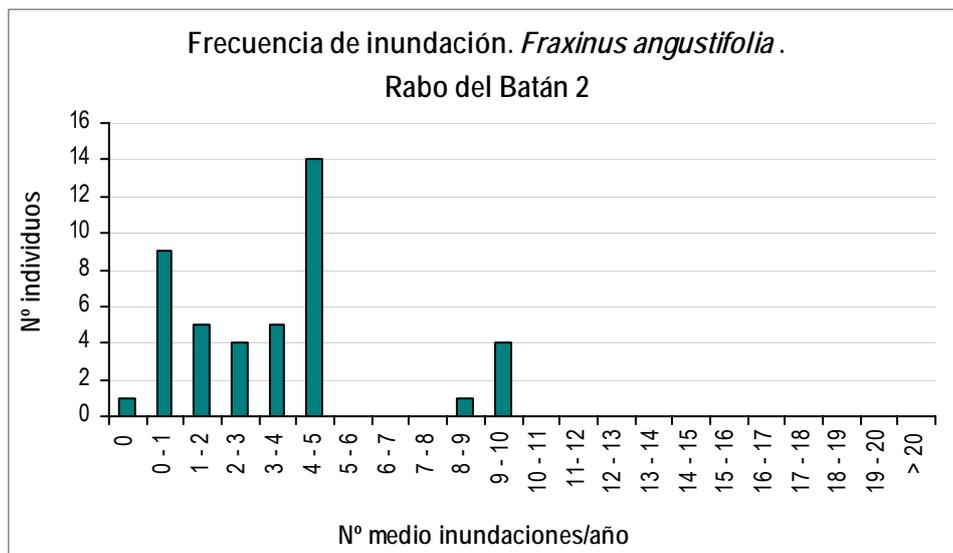


Figura 5.240. Frecuencia de la inundación para *Fraxinus angustifolia* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

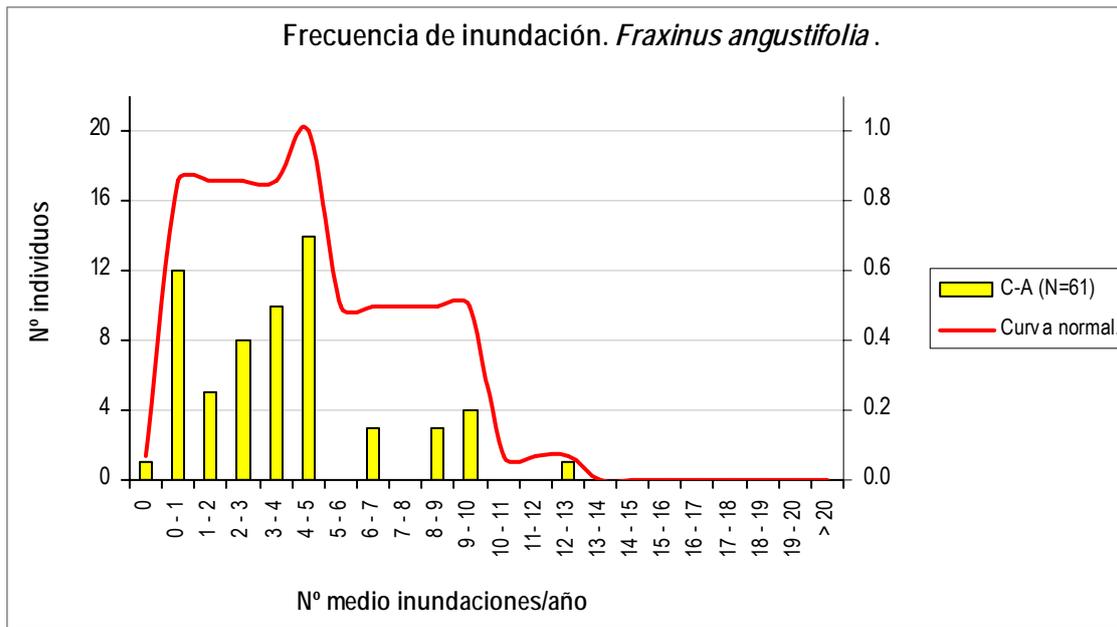


Figura 5.241. Histogramas de frecuencia de inundación para Fraxinus angustifolia, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Los resultados indican que esta especie se inunda en varios eventos al año. Al contrario de lo que se ha visto en otras especies, el fresno presenta gran dispersión en esta variable; varios individuos tienen inundaciones en varios eventos por año, la mayoría entre los 0 y 5 eventos y con un máximo de 13 (1 solo caso). Dado que existe un porcentaje relevante de individuos a la derecha de este máximo de 5 eventos por año, se ha retocado la curva para describir mejor la variabilidad de los datos. Se asume, con precaución, que lo idóneo sería no sobrepasar el máximo de 5 eventos de inundaciones por año para esta especie.

5.2.9.5.- Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base

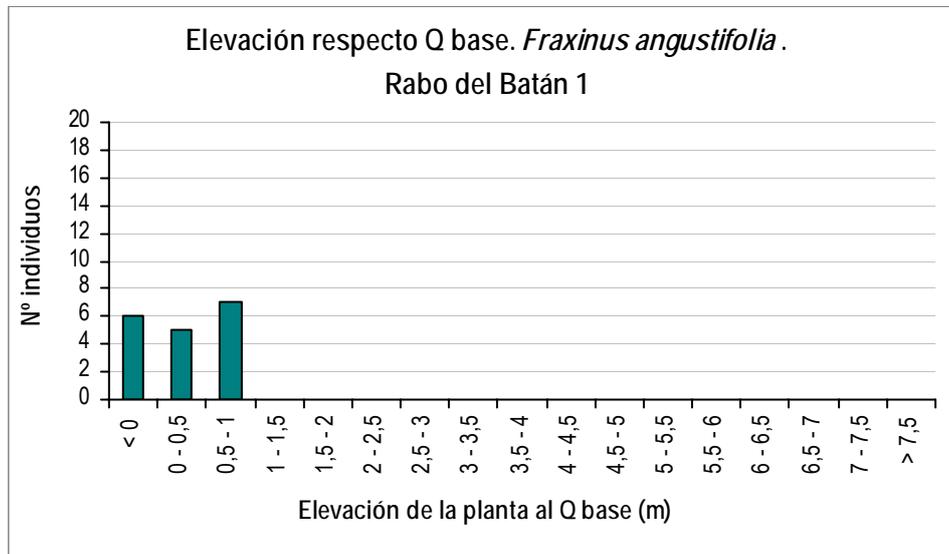


Figura 5.242. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Fraxinus angustifolia* en Rabo del Batán-1 (Cabriel).

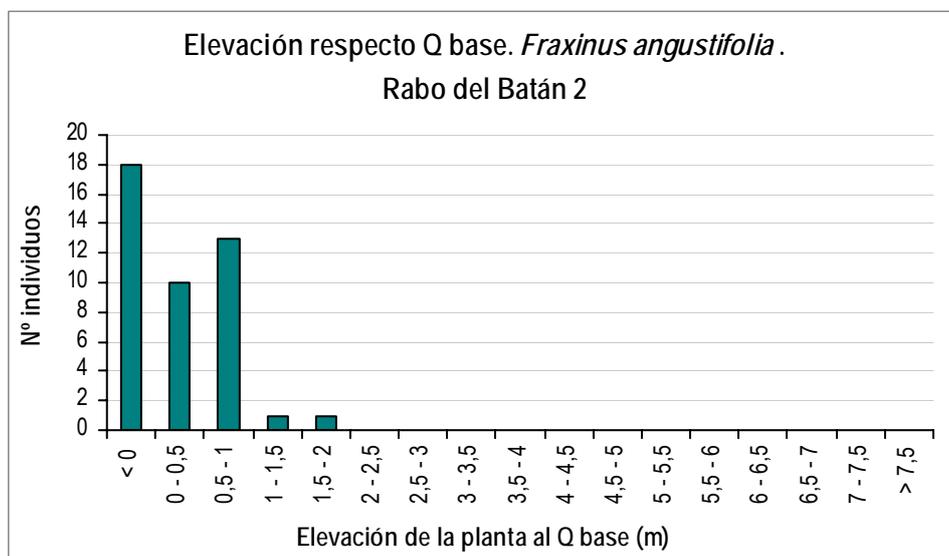


Figura 5.243. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Fraxinus angustifolia* en Rabo del Batán-2 (Cabriel).

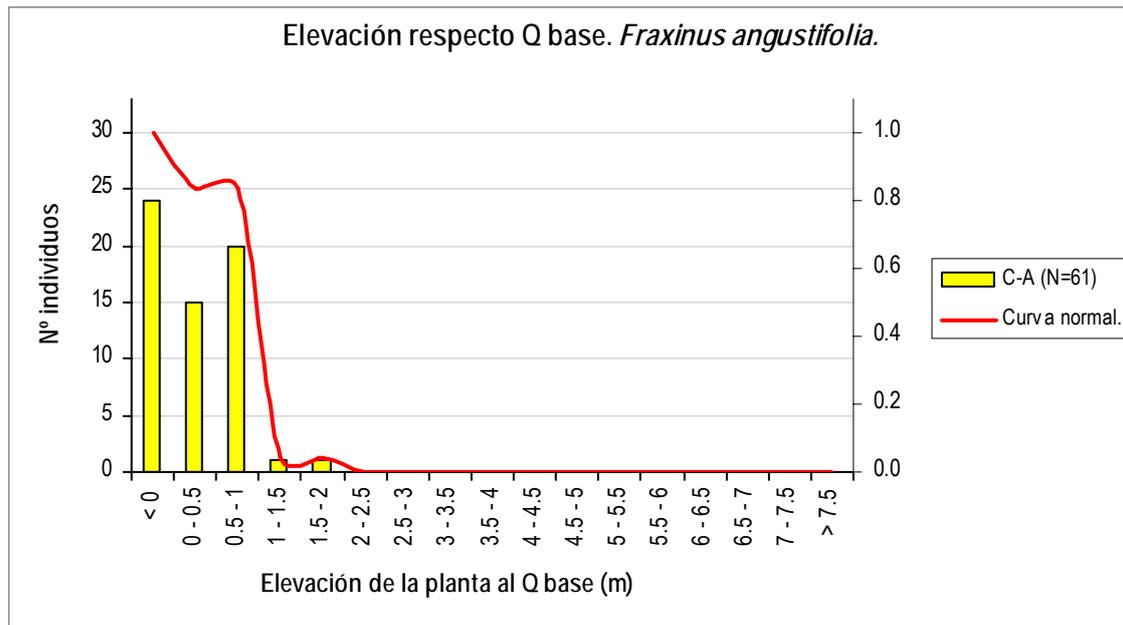


Figura 5.244. Histogramas de elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Fraxinus angustifolia*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

La gráfica presenta un histograma con una tendencia decreciente con máximo en 0 ó menor, por tanto, la curva presenta un máximo de idoneidad en el 0 o menor. Con los datos obtenidos hasta el momento, su franja de elevación con idoneidad aceptable parece estar entre el nivel de caudal base o inferior, y 1 m de altura, por lo que se solapa con los resultados obtenidos para varios sauces, así como parcialmente con los resultados de las dos especies de *Populus*, que suelen estar a una elevación mayor.

5.2.10.- *Tamarix spp.*

5.2.10.1.- Duración de la inundación

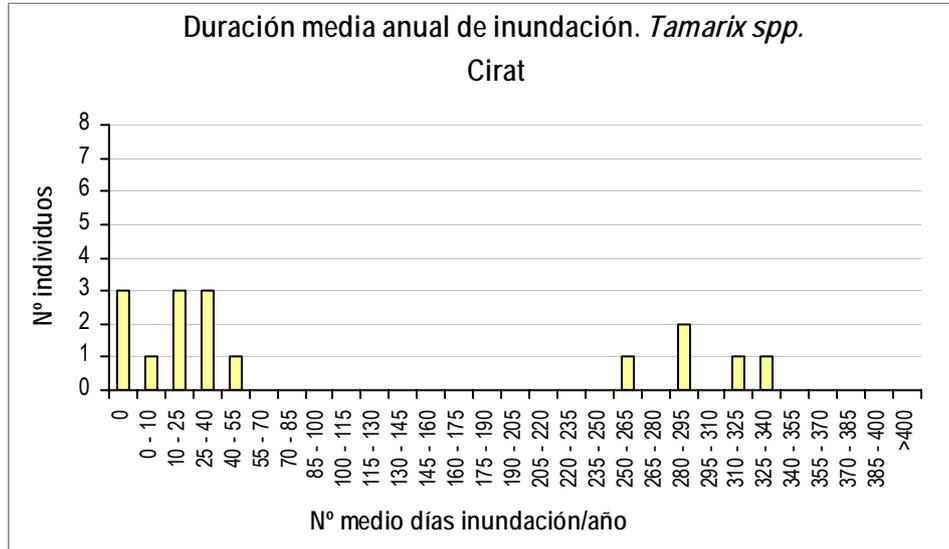


Figura 5.245. Duración media anual de la inundación para *Tamarix spp.* en Cirat (Mijares).

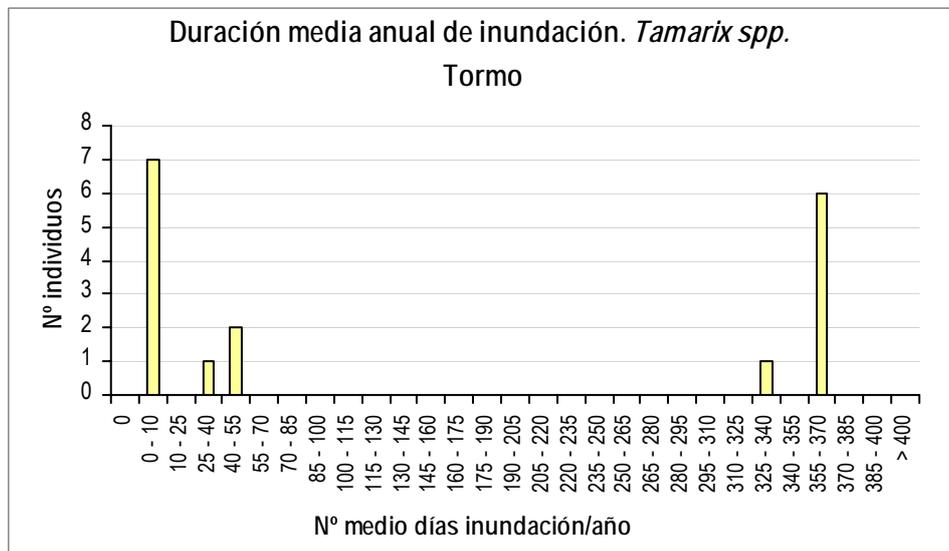
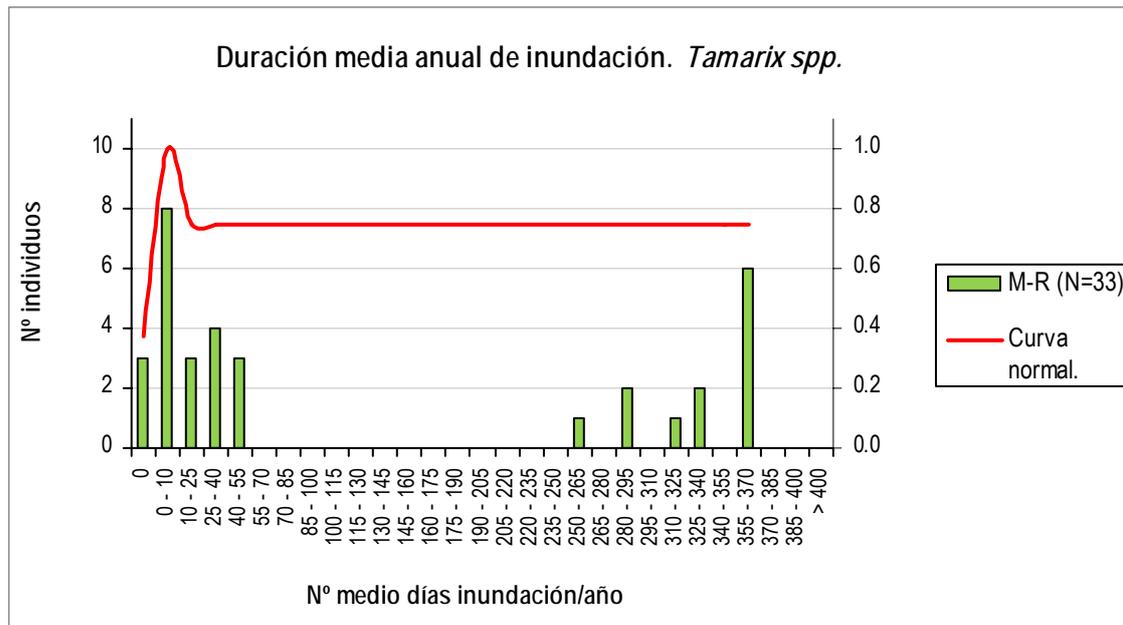


Figura 5.246. Duración media anual de la inundación para *Tamarix spp.* en Tormo (Mijares).



*Figura 5.247. Histogramas de duración media anual de la inundación para *Tamarix* spp., para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.*

Los individuos analizados en el presente estudio provienen en su totalidad de los tramos regulados del río Mijares. El tamaño muestral procedente del tramo de Cirat es de 16, y el tamaño muestral del Tormo de 17. De este modo a pesar de lo ajustado del conjunto de datos no se puede hablar de preponderancia por parte de ninguno de los dos tramos. Como en casos anteriores, y dadas las similitudes ecológicas y la cercanía entre ambos tramos, se han unido en un único grupo denominado Mijares regulado (M-R), con un tamaño muestral conjunto de 33 individuos (N=33).

Los datos obtenidos en la primera variable muestran dos grupos de arbustos bien diferenciados, por lo tanto los datos están bastante dispersos a pesar de ser tramos regulados. El primero sufre una duración media anual comprendida entre el rango de 0 días de media anual a 55 días de media anual. El segundo presenta valores muy superiores con duración media de inundación entre 250 y 365 días al año. Estos datos son similares al analizar por separado los tramos de Cirat y Tormo. De este modo se puede observar que existe un máximo número de individuos en el intervalo de 0-10 (8 individuos) pero cabe destacar que en el intervalo de 355-370 aparecen 6 individuos, de lo que se deduce que es probablemente una de las especies con mayor amplitud ecológica de las presentes en este estudio. Esto hace muy recomendable la realización de nuevos muestreos en tramos naturales, con los que poder estudiar mejor la plasticidad ecológica de esta especie respecto al régimen hidrológico.

La curva de idoneidad generada presenta por tanto su máximo (valor 1) en el intervalo 0-10. A continuación desciende por la derecha hasta un valor de 0.75, extendido hasta el intervalo de mayor duración 355-370. Es de destacar que de este modo la curva es prácticamente constante y de valor elevado (0.75) para todos los intervalos analizados en el presente estudio.

A tenor de los datos observados, se puede asegurar que el *Tamarix* spp. presenta los valores más elevados de idoneidad para un mayor rango de valores que el resto de especies presentes en el estudio.

5.2.10.2.- Duración de la inundación en el periodo vegetativo

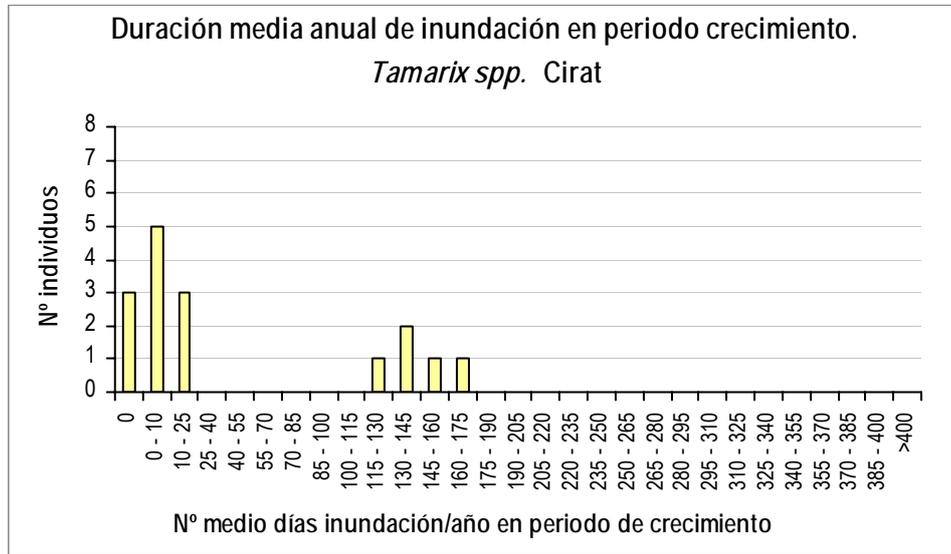


Figura 5.248. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Tamarix* spp. en Cirat (Mijares).

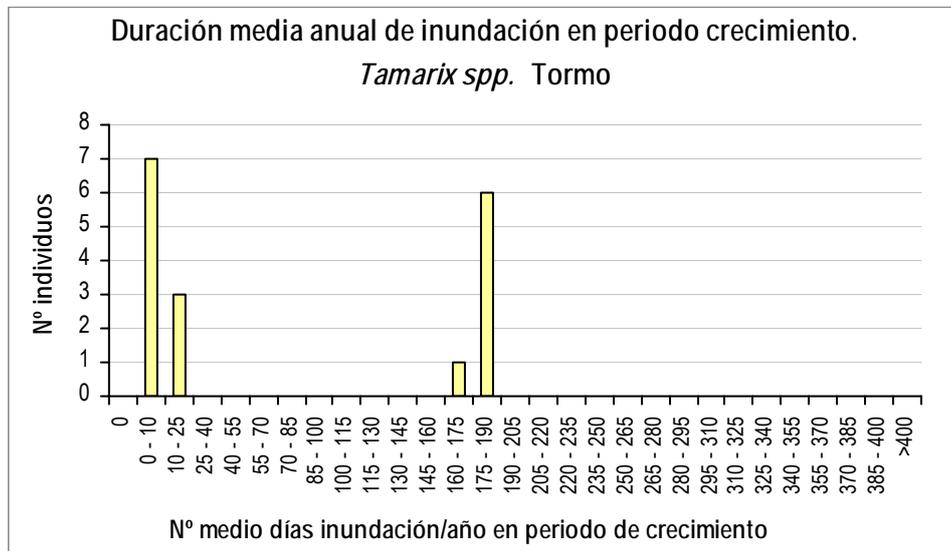


Figura 5.249. Duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para *Tamarix* spp. en Tormo (Mijares).

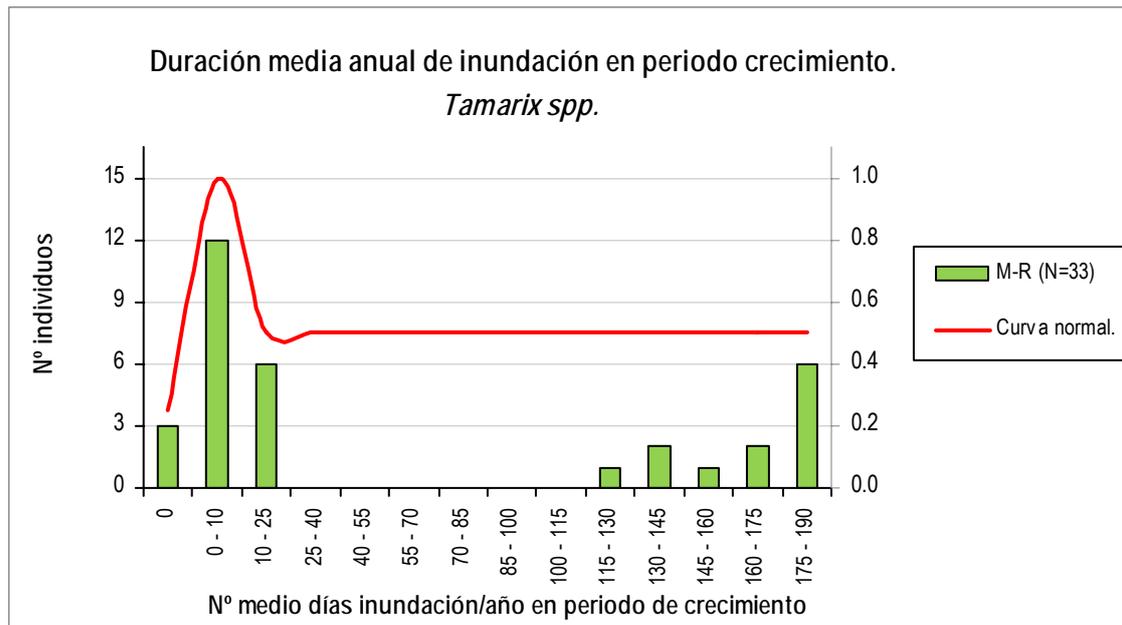


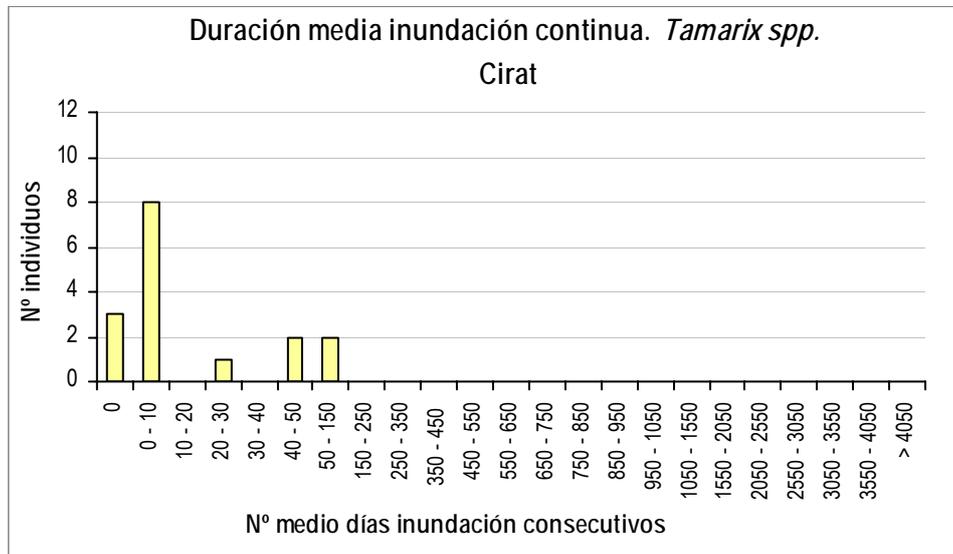
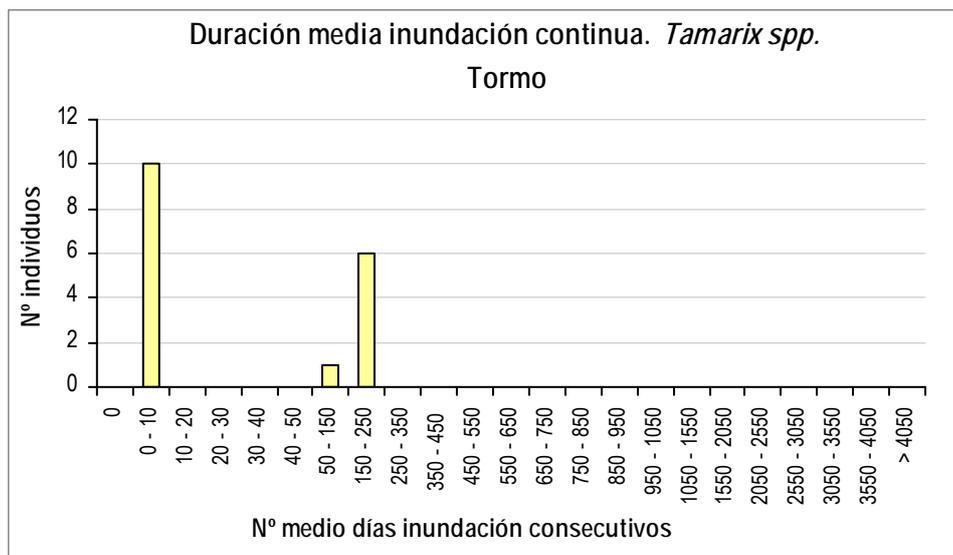
Figura 5.250. Histogramas de duración media anual de la inundación en periodo de crecimiento para Tamarix spp., para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Los resultados obtenidos para la variable duración media de la inundación en periodo de crecimiento muestran, como en el caso anterior, dos grupos claros. El primero presenta su máximo en el intervalo de 0-10 días mientras que el segundo lo tiene en el intervalo comprendido entre los 175-190 días. Como en el caso anterior el máximo de la población centrada en el intervalo 1-10 días es superior al máximo generado por aquellos pies que se encuentran inundados de forma perpetua. Cabe destacar que en este caso la relación entre número de individuos del intervalo 0-10 y la del 175-190 es superior. Este último apunte condiciona ciertas decisiones en la generación de la curva de idoneidad.

Al igual que en el caso anterior el máximo (valor 1) se presenta para el intervalo de 0-10 pero a diferencia del caso anterior no se prolonga la curva hacia la derecha con un valor tan elevado. De este modo, al igual que en la variable 1ª, para no menospreciar los individuos observados en valores del intervalo superiores y, considerando que es posible que el valor sea adecuado para los intervalos intermedio que no presentan individuos, se ha prolongado la curva a la derecha con un valor de 0.5.

Al igual que con los resultados obtenidos en la variable anterior, se puede asegurar que el *Tamarix spp.* presenta los valores más elevados de idoneidad para un mayor rango de valores que el resto de especies presentes en el estudio.

5.2.10.3.- Duración de la inundación continua (número de días consecutivos)

Figura 5.251. Duración media de la inundación continua para *Tamarix spp.* en Cirat (Mijares).Figura 5.252. Duración media de la inundación continua para *Tamarix spp.* en Tormo (Mijares).

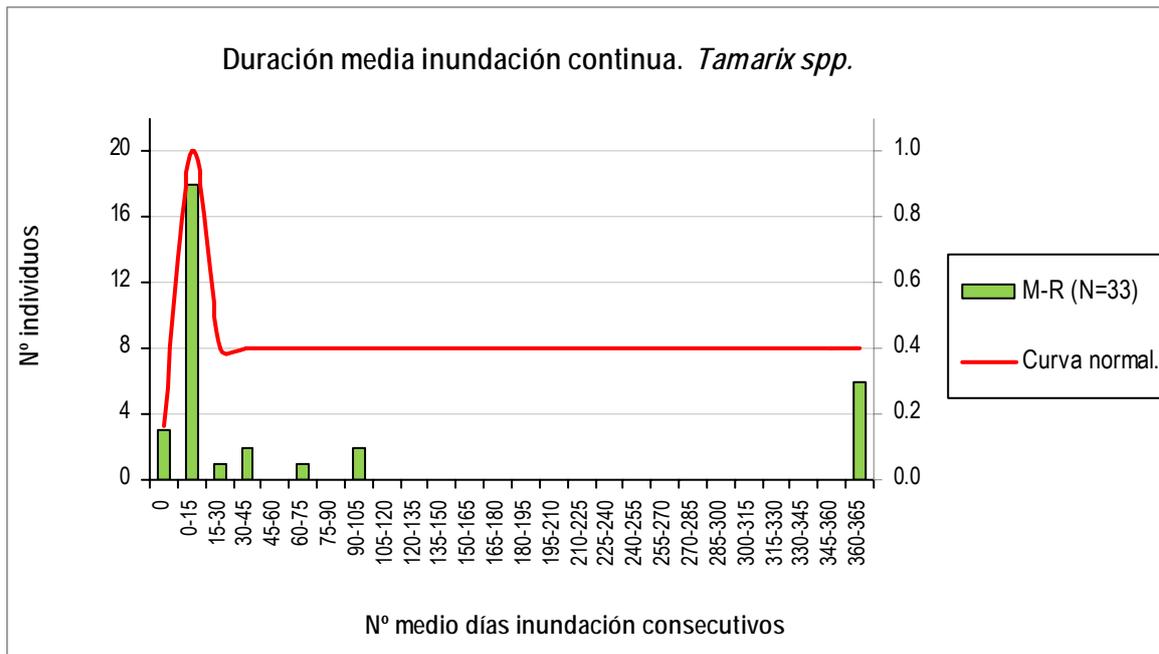
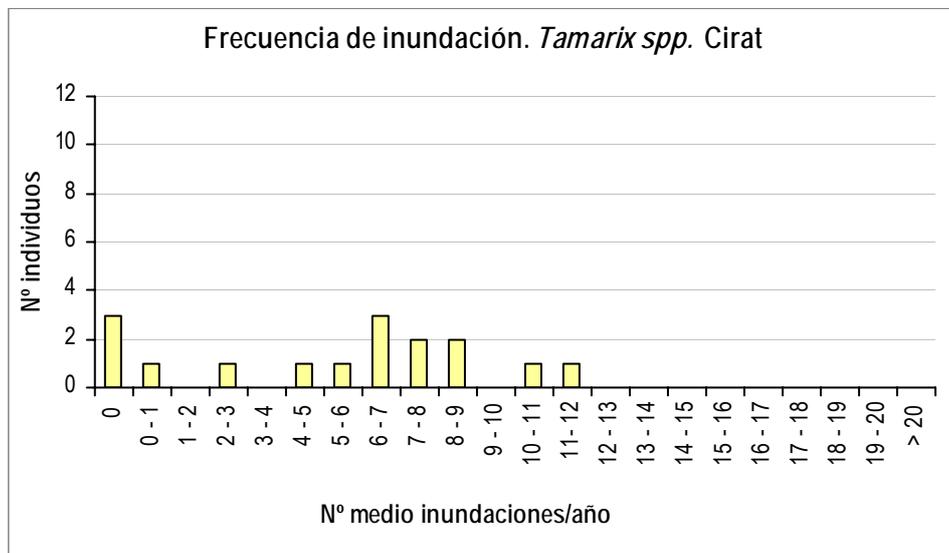
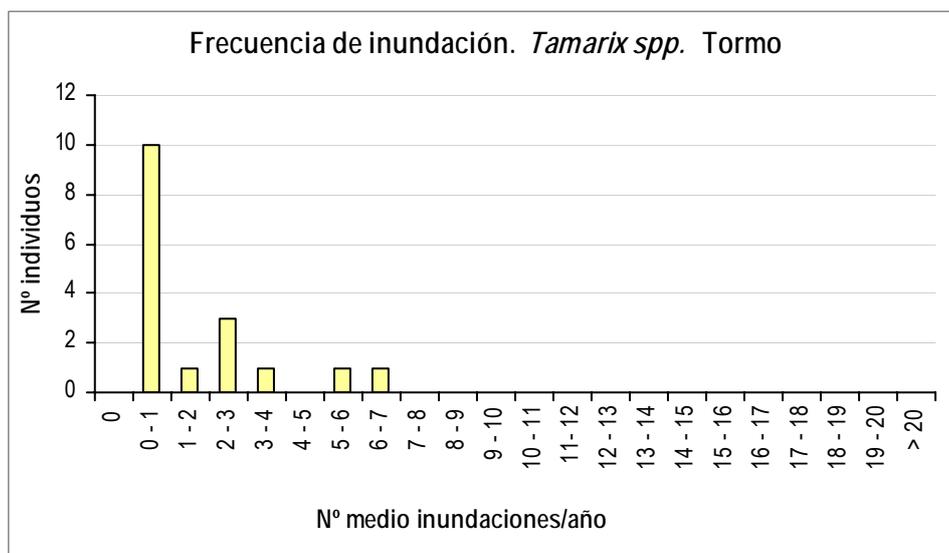


Figura 5.253. Histogramas de duración media de la inundación continua para *Tamarix spp.*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

El análisis de la duración media de la inundación continua presenta el mayor número de individuos en el intervalo de inundaciones entre 0-15 días de duración media. Destaca a su vez que en este caso aparecen los individuos restantes repartidos más uniformemente que en las variables anteriores, entre los intervalos 15-30 y 90-105. A su vez como en las variables anteriores, aparecen 6 individuos inundados todo el año.

La curva de idoneidad tiene su máximo en el intervalo comprendido entre periodos mayores de 0 y hasta 15 días. Después de este punto decrece hasta 0.4 que es el valor que hemos tomado como precaución, ya que todavía se encuentran *Tamarix* inundados todo el año.

5.2.10.4.- Frecuencia de inundación

Figura 5.254. Frecuencia de inundación para *Tamarix spp.* en Cirat (Mijares).Figura 5.255. Frecuencia de inundación para *Tamarix spp.* en Tormo (Mijares).

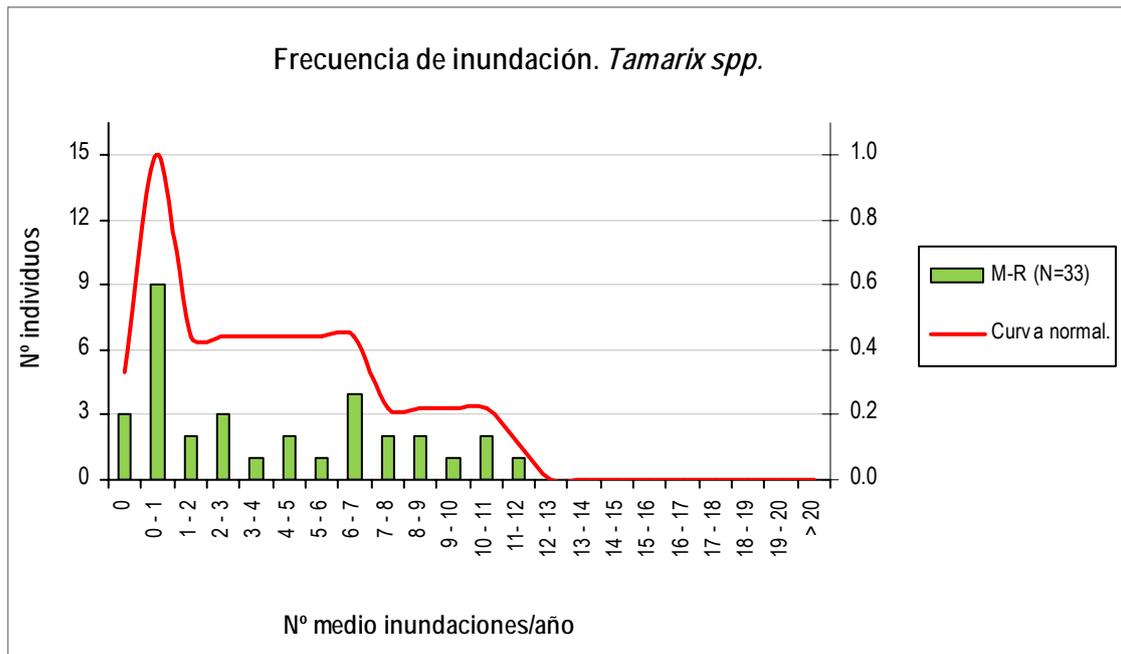


Figura 5.256. Histogramas de frecuencia de inundación para *Tamarix spp.*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

En esta variable encontramos la moda en 1 inundación por año, entendiéndose con esto que han sido inundadas como mínimo una vez a lo largo de su vida; los valores se distribuyen de forma uniforme hacia la derecha de la gráfica, llegando a frecuencias de hasta 12 inundaciones anuales. Los tres pies que nunca han sido inundados dan en esta gráfica, como en las anteriores, un valor de 0. La curva de idoneidad tiene su máximo en el segundo intervalo (0-1) y decrece de forma escalonada hasta su valor más extremo de 12 inundaciones anuales.

5.2.10.5.- Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base

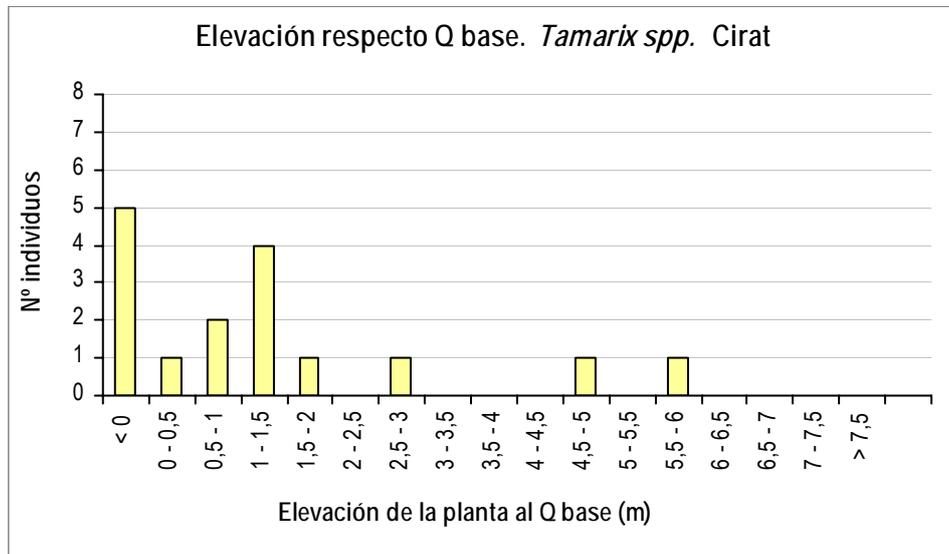


Figura 5.257. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Tamarix spp.* en Cirat (Mijares).

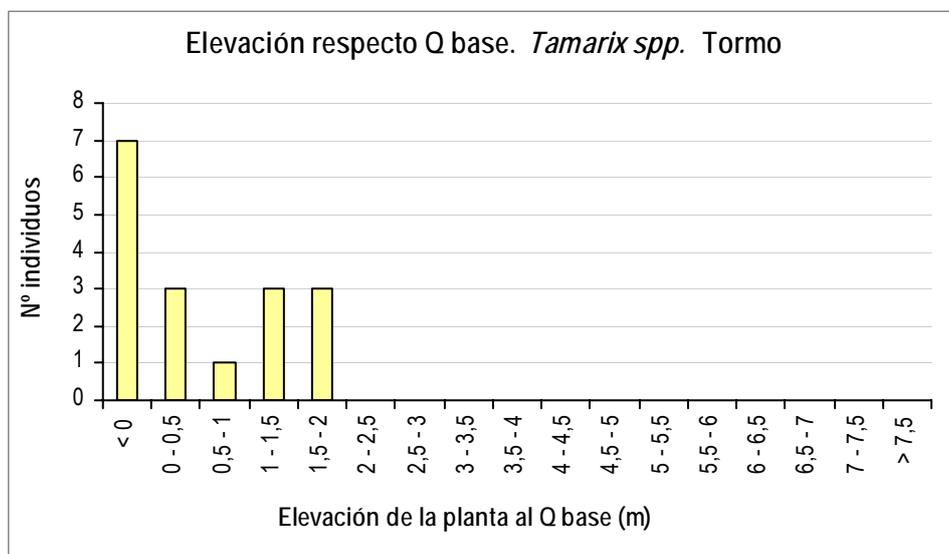


Figura 5.258. Elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Tamarix spp.* en Tormo (Mijares).

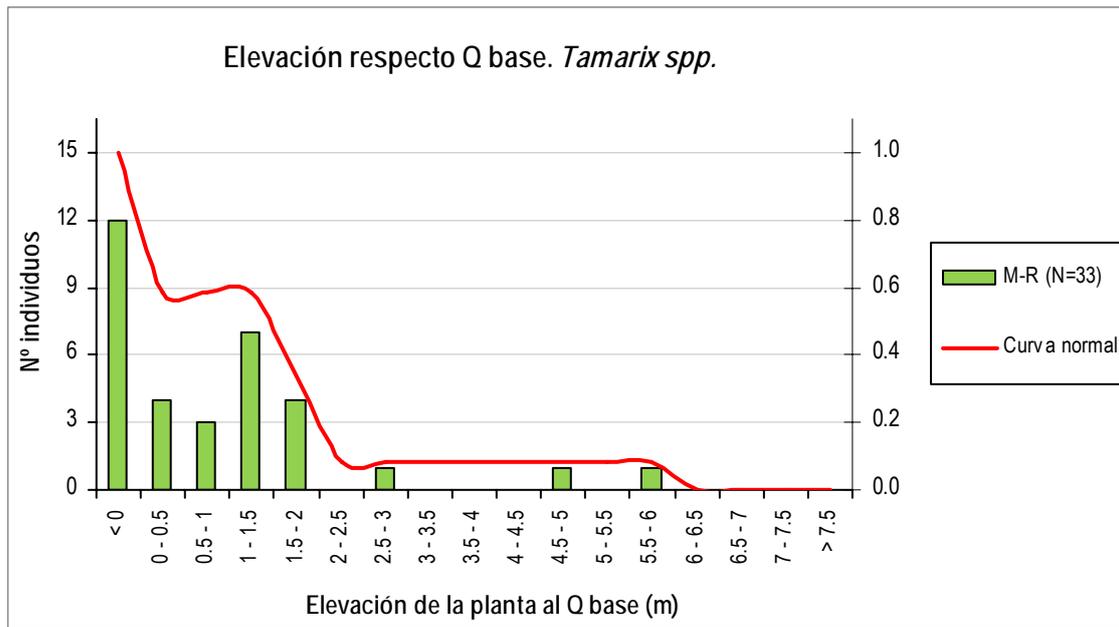


Figura 5.259. Histogramas de elevación de la planta respecto al nivel freático en caudal base para *Tamarix spp.*, para cada grupo de tramos junto a la curva general suavizada.

Del análisis de esta variable se puede ver que *Tamarix spp.* tiene la moda en las cotas por debajo del caudal base, es decir, lugares más húmedos continuamente inundados (1 ó 2 inundaciones por año), y va decreciendo su aparición hasta llegar a alturas de incluso 6 m, una de las más altas de las especies en estudio. La curva de idoneidad, desde su valor máximo (1) en los valores de altura negativa, decrece hasta un valor de 0.4 para una altura comprendida entre 1 y 1.5 m, donde encontramos un pico secundario, y continua descendiendo hasta valores de 0.1 para las mayores elevaciones.

Si bien la forma de su distribución recuerda a la del fresno y ambos *Populus*, que llegan a alejarse bastante del cauce, sin duda esta es la especie que presenta una distribución más amplia, llegando a zonas de ribera que se elevan hasta 6 m sobre el nivel de caudal base, sobrepasando estos escasos ejemplares a cualquiera de las demás especies registradas en este estudio. Por tanto en esta variable también podemos confirmar que los resultados indican una plasticidad mayor que el resto de especies analizadas.

6.- EL MODELO MATEMÁTICO RIBAV

6.1.- ESTADO DEL ARTE

6.1.1.- *Fundamentos Ecológicos e Hidrológicos del Modelo*

Los principales agentes de cambio en la ribera proceden del río, con sus procesos de erosión, transporte y deposición, y son la causa de la perturbación del medio que genera elevada heterogeneidad en la zona (Malanson, 1993; Naiman et al, 2000). En esta línea del conocimiento se ha avanzado mediante gran cantidad de estudios que analizan los flujos de materia y energía entre río y ribera con énfasis en aquellos que provocan cambios físicos en el medio y consecuentes procesos de sucesión vegetal (Azami et al, 2004; Brinsoy y Verhoeven, 1999; Brookes et al, 2000; Choi et al, 2005; Gergel et al, 2002; Glenz, 2001; Glenz et al, 2003; Shiau y Wu, 2004; Stromberg, 2001; Suzukia et al, 2002; Tabacchi et al, 1998, 2005; Williams et al, 1998, entre otros).

El régimen hidrológico del río es a su vez responsable del “mantenimiento” del ecosistema (Naiman et al, 2000); en riberas con períodos cortos de inundación la sequía puede ser un factor incluso más limitante que la inundación misma (Heller, 1969). Por ello, otra rama importante del estudio de las riberas ha enfatizado el conocimiento de la interacción entre la disponibilidad del agua en la composición, estructura, distribución, crecimiento y desarrollo de la vegetación de ribera (Baird y Maddock, 2005; Horton y Clark, 2000; Goodwin y Tarboton, 2001; Lite et al, 2005; Maddock et al, 1998; Scott et al, 2000; Snyder y Williams, 2000; Stromberg et al, 1993; Webb y Leake, 2006, entre otros).

En el modelo RibAV la interacción subterránea del río con la ribera se plantea mediante una aproximación simple de acuerdo a la hipótesis de Hughes et al (2003) y Dobbie et al (2004), es decir, un nivel freático horizontal controlado principalmente por el nivel del río (en este caso, el calculado con la curva de gasto en cada sección transversal). El nivel freático de la ribera (medido o teórico según Hughes et al, 2003 y Dobbie et al, 2004) es la variable de entrada principal del modelo y la que controla los procesos hidrológicos de la ribera y su vegetación.

De acuerdo con Hughes et al (2003), esa hipótesis resulta muy adecuada cuando en el subsuelo de la ribera predominan sedimentos aluviales gruesos, como las arenas o las gravas, pues en ellas el flujo subterráneo de agua permite un ajuste más rápido entre el nivel del río y el de la zona saturada de la ribera (período de tiempo de minutos a horas). Tal ajuste rápido entre niveles es adecuado para la modelación en RibAV, considerando que éste trabaja a escala temporal diaria, pues de esa manera se sustenta teóricamente el proceso, aún y con el atraso provocado por la separación espacial entre río y ribera (hecho que resalta Malanson, 1993, en el contexto de la modelación de riberas).

Dobbie et al (2004) proponen que para una sección transversal el nivel freático de la ribera puede corresponder al del nivel del río hasta el punto de quiebre entre ribera y ladera. Con ello es posible

definir el ámbito espacial de la ribera, es decir, la zona en la que es válida la hipótesis del nivel freático controlado principalmente por el nivel del río.

Un nivel freático lineal provee de una aproximación razonable de la profundidad del agua subterránea en la llanura de inundación, que se puede calcular a partir de la diferencia entre la superficie del suelo y las elevaciones del nivel freático (Lite y Stromberg, 2005). Por ello en RibAV es necesario parametrizar espacialmente la ribera a través de su cota (altitud sobre el nivel del mar) y plantear así los procesos hidrológicos en función de la posición de la zona saturada.

De esa manera se define la “cota de la Superficie del Suelo (Es)” para la zona de ribera y su ladera adyacente, y a partir de ella otros parámetros de vegetación –a definir más adelante– tales como la “cota de la profundidad efectiva de raíces (CZe)”, la “cota de la profundidad máxima de raíces (CZr)” y la “cota para la extinción por saturación (CPSat)”. Definidos estos parámetros y establecido el nivel freático diario de la ribera ($WTE(t)$), es posible establecer la conectividad del sistema radicular de la vegetación de ribera con la zona saturada (a través de CZe y CZr) o la inundabilidad -saturación del suelo- de una determinada zona (a través de Es y CPSat).

De acuerdo con Bendix (1994) y Naiman et al (2000) las tres dimensiones espaciales de la zona de ribera son la longitudinal, la transversal y la vertical. El modelo RibAV es bidimensional, pues en cada sección transversal (escala perpendicular al eje del río) se hace énfasis en los procesos hidrológicos a escala vertical de la ribera (suelo, sustrato y tipos de vegetación presentes); los movimientos de agua del río a la ribera se realizan con la hipótesis de ajuste de niveles señalados y los movimientos de agua en la vertical, de acuerdo a las ecuaciones que se señalan más adelante.

Para considerar, en la escala transversal de ribera, los aportes de agua desde el río y la disponibilidad del agua como control principal de los tipos de vegetación, el diseño del modelo RibAV también se ha fundamentado con observaciones de campo en secciones transversales de ríos permanentes. El modelo RibAV estudia procesos en al menos dos zonas transversales al río: la zona de ribera (dividida a su vez en un máximo de 3 subunidades según los tipos de vegetación predominantes) y la ladera adyacente.

La interacción entre el río y la zona de ribera y la discretización y parametrización espacial de la ribera y ladera adyacente consideradas en el modelo RibAV, proviene del análisis de propuestas utilizadas ampliamente para el estudio y modelación de procesos en la ribera (Altier et al, 2002; Baird y Maddock III, 2005; Brinson y Verhoeven, 1999; Brookes et al, 2000; FISRWG, 1998; Horton et al, 2001; Lamontagne et al, 2005; Lite et al, 2005; Maddock III y Baird, 2003; Snyder y Williams, 2000; Stave et al, 2005; Stromberg et al, 1993, 1996; Webb y Leake, 2006; entre otros).

A partir de esta forma de entender los procesos en la ribera y planteando su análisis desde la perspectiva espacial, el modelo RibAV incluye intrínsecamente la hipótesis de la “ecología del paisaje” que establece que las interacciones entre los componentes bióticos y abióticos del paisaje

están espacialmente relacionadas (Hatton et al, 1997; Malanson, 1993; Naiman et al, 2000; Terradas, 2001; Turner, 2005).

6.1.2.- *Balance Hídrico Conceptual: Movimientos de Agua en la Ribera*

Se han hecho importantes avances para demostrar la relevancia del ascenso hidráulico radicular y de la redistribución hidráulica de agua en el suelo y en la disponibilidad de agua de las plantas. Así se ha consolidado la necesidad de modelar la redistribución del agua del suelo propiciada por la conectividad del sistema radicular con zonas más húmedas del perfil, y recientemente se han realizado unos pocos y valiosos trabajos de modelación del fenómeno.

Durante los períodos secos del año (de especial interés para climas semiáridos o estación del año con ausencia de lluvia) la parte del fenómeno de redistribución hidráulica que tiene mayor relevancia es el ascenso hidráulico radicular. Por ello, reconociendo que modelar el fenómeno dentro del contexto de la hidrología y ecología de las zonas de ribera es una innovación trascendental, en el RibAV se propone la modelación mediante una aproximación simple y enfatizando el flujo ascendente de agua en la raíz (ascenso hidráulico o, en inglés “hydraulic lift”). Con base en el trabajo de Ryel et al (2002), el Ascenso hidráulico radicular (R_{wu}) hacia una capa de suelo (i) desde una capa (j) puede expresarse a través de la ecuación siguiente:

$$R_{wu} = CRT \sum (P_{mat(j)} - P_{mat(i)}) \cdot MAX(c_i, c_j) \cdot \frac{R_i - R_j}{1 - R_x}$$

Por tanto el Ascenso Hidráulico Radicular (R_{wu}) depende de:

- (P_{mat}): Es el potencial matricial de cada capa de suelo.
- (CRT): Es la máxima conductividad radial raíz-suelo del sistema radicular activo tendiendo las siguientes unidades [$cm MPa^{-1} h^{-1}$],
- (R_i): Es la fracción de raíces activas en la capa (i),
- (R_j): Es la fracción de raíces activas en la capa (j),
- (D_{tran}): Es un factor que reduce el movimiento del agua entre capas debido a las raíces cuando la planta está transpirando. Se supone que $D_{tran}=1$ durante la noche cuando la transpiración es mínima y $D_{tran}=0$ durante el día.

- (R_x): Puede tener dos valores: [$R_x=R_i$ cuando $H_i>H_j$] ó [$R_x=R_j$ cuando $H_j>H_i$] siendo H la humedad de cada una de las capas de suelo.
- Los factores (c_i) y (c_j) se obtienen mediante una relación empírica de van Genuchten a partir de la siguiente expresión, siendo: (P_{m50}) el potencial hídrico del suelo al que se reduce la conductancia suelo-raíz en un 50%.

Para el Ascenso Capilar desde la zona saturada $C_{wu}(t)$ se hizo una adaptación de la propuesta de Altier et al (2002) utilizada para riberas de ríos en el modelo REMM. Dicha propuesta considera que en presencia de un nivel freático poco profundo (entre 1 y 3 metros debajo de la capa de suelo) existe un flujo estacionario ascendente desde la zona saturada. En RibAV no se restringe el flujo mediante la definición de una profundidad por debajo de la capa del suelo, pues mediante simulaciones se ha observado que el flujo está suficientemente controlado por las variables de estado que le rigen.

De acuerdo con Altier et al (2002) el ascenso capilar C_{wu} entre dos puntos del suelo se puede describir utilizando la ecuación de Richards (1931). En dicha ecuación la tasa del movimiento de agua es función de: la conductividad hidráulica no saturada (K_h), la diferencia de cota entre dos puntos de suelo (∂z) y por la diferencia de potencial mátrico (∂P_{mat}) entre dicho puntos:

$$C_{wu} = -K_h \cdot \left(\frac{\partial P_{mat}}{\partial z} - 1 \right)$$

Con base en la curva característica de Campbell(1974) es posible obtener las variables K_h y P_{mat} . La efectividad de predicción de esta curva se ha demostrado ya para riberas de río. Para esta curva la presión matricial (P_{mat}) depende de: la humedad de suelo (H), la porosidad (P_{st}), de la presión de burbujeo (P_b) y del índice de poros del suelo (I_p) tal como se puede observar en la siguiente ecuación:

$$\frac{H}{P_{st}} = \left(\frac{P_b}{P_{mat}} \right)^{I_p}$$

Por otro lado la conductividad hidráulica no saturada (K_h) de la curva de Campbell(1974) depende: de la conductividad hidráulica en suelo saturado (K_s), de la humedad de suelo (H), de la porosidad (P_{st}), del índice de poros del suelo (I_p), y de la presión matricial (P_{mat}) calculada en la ecuación anterior.

$$\frac{K_h}{K_s} = \left(\frac{H}{P_{st}} \right)^{3+\frac{2}{I_p}}$$

6.2.- CONCEPTUALIZACIÓN DEL MODELO RIBAV

6.2.1.- *Esquema general*

Para este modelo se representa la porción de suelo estudiada como un tanque relleno de un material poroso. Dicho tanque contendrá agua, que en nuestro modelo llamaremos "Humedad del Suelo (H)". Como solo tendremos en cuenta la dimensión vertical, la cantidad de humedad solo será medida mediante su cota en milímetros. La humedad vertical tendrá una variación temporal de escala diaria por lo que nuestro modelo calculará dicha humedad para cada uno de los días de nuestro periodo de estudio.

Los límites verticales del tanque conceptual están definidos por las siguientes cantidades de agua:

- (Hfc): Humedad del suelo equivalente a capacidad de campo (mm): Es la cantidad máxima que puede retener un suelo sin dañar a las plantas por anaerobiosis.
- (Hwp): Humedad del suelo equivalente en el Punto de Marchitez Permanente (mm): Es la cantidad de agua en el suelo por la cual las plantas no pueden extraer más agua, pierden su turgencia.

En el modelo habrá que tener en cuenta las siguientes cotas (o profundidades absolutas):

- (Wte): Cota del Nivel Freático Calculada (m). Se considera la cota donde esta el limite entre la zona no saturada y la zona saturada del suelo. Para zonas de ribera o próximas a ella se considera equivalente al nivel del río, debido a que se considera el nivel freático como horizontal. El cálculo del nivel del río se calcula por la interpolación lineal entre la serie diaria de caudales y la curva de aforo de cada sección transversal (transecto) del tramo del río.
- (Czr): Cota de Profundidad Máxima de Raíces (m). Es un parámetro específico para cada tipo funcional de vegetación e indica la cota máxima a la que las raíces pueden acceder al agua del nivel freático.
- (Cze): Cota de Profundidad Efectiva de Raíces (m). Es la cota máxima a la que se encuentran las raíces que captan agua y evapotranspiran de la zona no saturada de suelo, que queda por encima del nivel freático. También es un parámetro específico para cada tipo funcional de vegetación y además es posiblemente uno de los parámetros más sensibles del modelo.

- (Cpsat): Cota para la Extinción por Saturación (m). Es la cota máxima a la cual las plantas pueden tolerar tener el suelo saturado de agua sin ser perjudicadas debido a la asfixia radicular. Aunque las plantas necesitan tomar agua del suelo, también necesitan estar en contacto con gases atmosféricos mediante las raíces y/u otros órganos. En algunos casos esta cota puede ser superior a la cota de la superficie del suelo. Esto ocurre en las plantas acuáticas, que toleran bastante el anegamiento parcial de su parte aérea durante grandes periodos de tiempo. Cabe destacar que en este modelo se considera a la Capacidad de Campo como punto de almacenamiento máximo del tanque, a pesar de que el punto de almacenamiento máximo de los suelos es el de saturación que es equivalente a la porosidad (debido a que todos los poros representativos del suelo están repletos de agua). Esto es debido a que cuando la cantidad de agua de un suelo excede la capacidad de campo se produce la asfixia radicular, anulando la Evapotranspiración Real (ETR) de la planta.

Los flujos de entrada y salida en el tanque son los siguientes (todos en mm/día):

- (PP): La Precipitación Diaria
- (Rwu): Ascenso Hidráulico Radicular
- (Cwu): El Ascenso Hidráulico Capilar
- (Exc): El excedente hídrico del suelo
- (ETRtot): Evapotranspiración Real Total

En la siguiente figura se muestran los flujos y procesos que son simulados por el modelo:

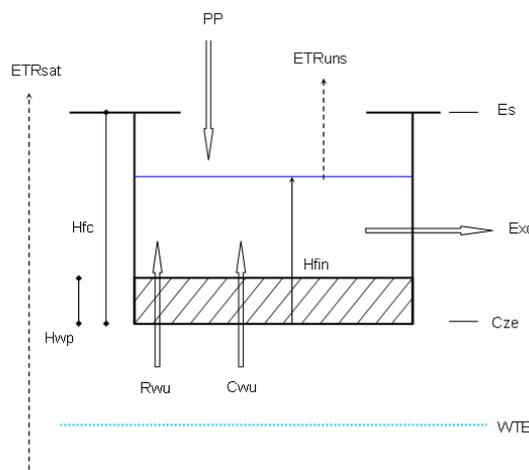


Figura 6.1. Esquema conceptual del modelo RibAv

6.2.2.- Curva de humedad del suelo

En cada intervalo diario habrá una serie de flujos de entrada y de salida, que harán que varíe el nivel de humedad del tanque. Para calcular algunos de dichos flujos será necesario calcular la Presión Matricial diaria (P_{mat}). Dicha presión, medida en Kilopascales (Kpa), se calcula mediante la ecuación correspondiente de la curva característica de Campbell (1974):

$$P_{mat} = \frac{P_b}{\left(\frac{H_{fin(t-1)}}{P_{st}} \right)^{1/I_p}}$$

donde:

- $H_{fin(t-1)}$: Es la humedad del tanque del día anterior (mm)
- P_{st} : Es la Porosidad o ratio de huecos del suelo ().
- I_p : Es el Índice de Poros del suelo ().
- P_b : Es la Presión de Burbujeo del suelo (Kpa).

Existe otra curva de Campbell (1974) que sirve para calcular diariamente la conductividad hidráulica no saturada (K_h) a partir de algunos de los parámetros y variables antes descritos y de la Conductividad Hidráulica Saturada (K_s). La ecuación derivada de dicha curva es la siguiente:

$$K_h = K_s \cdot \left(\frac{P_b}{P_{mat}} \right)^{3I_p+2}$$

6.2.3.- Modelización de los flujos

6.2.3.1.- Ascenso Hidráulico Radicular

Es la transferencia vertical nocturna de agua de zonas más húmedas a zonas más secas producida por las raíces de las plantas. Depende de algunos parámetros y variables mencionados anteriormente y de otros como: la Presión para el Punto de Capacidad de Campo (P_{fc}); del Factor de Transpiración en Zona No Saturada (R_j); P_{m50} es potencial hídrico del suelo en Kpa al que se reduce la conductancia suelo-raíz en un 50%, y CRT es la máxima conductividad radial raíz-suelo

del sistema radicular activo (suele tomarse normalmente como $0.97\text{mm MPa}^{-1} \text{h}^{-1}$). La ecuación está basada en la de los modelos REMM y queda de la siguiente forma:

$$Rwu = \text{MAX} \left(\frac{-Crt}{1000} \cdot (P_{fc} - P_{mat}) \cdot \frac{0}{1 + \left(\frac{P_{mat}}{Pm_{50}} \right)^{3.32}} \cdot Rj \right)$$

6.2.3.2.- Ascenso Hidráulico Capilar

Es producido por las fuerzas de capilaridad que ejercen los poros de suelo sobre las moléculas de agua. Dicha atracción capilar es producida por la tensión superficial de los líquidos que resulta representativa en los conductos de reducido diámetro como son los poros de la esponjas o del suelo. Así mismo la tensión superficial presente en los líquidos es producida por la descompensación que producen las superficies sólidas sobre las fuerzas de atracción de las moléculas de agua (puentes de hidrógeno). Su ecuación esta basada en la de Richards (1931) y queda de la siguiente forma

$$Cwu = \text{MIN} \left(\left(\frac{H_{fc} - H_{fin(t-1)} - Rwu}{\left(-\frac{0.102 \cdot P_{mat}}{WTE - Cze} - 1 \right) \cdot K_h \cdot 24} \right) \right)$$

6.2.3.3.- Excedente hídrico del suelo

El excedente (Exc) será el principal flujo de salida de agua del tanque y representará el agua que se pierde por escorrentía o por percolación, debido a la capacidad limitada de almacenamiento de la porción de suelo modelizada. Su ecuación incluirá el sumatorio de los flujos de entrada antes mencionados (PP, Cwu y Rwu), más la Humedad de Suelo del Día Anterior ($H_{fin(t-1)}$), menos la Humedad del Suelo a Capacidad de Campo (H_{fc}).

$$Exc = \text{MAX} \left(\frac{0}{PP + Cwu + Rwu - H_{fc} + H_{fin(t-1)}} \right)$$

6.2.3.4.- Evapotranspiración

Antes de describir los procesos de evapotranspiración cabría describir las siguientes variables y parámetros:

- (Win): Entrada de agua en suelo (mm). Es la diferencia entre los flujos de entrada y el de salida anteriormente descritos.

$$Win = PP + Cwu + Rwu - Exc$$

- (Hini): Humedad del suelo antes de considerar la Evapotranspiración Real (mm). Esta variable no es la humedad del suelo al final del día pero sirve para calcular esta.

$$H_{ini} = Win + H_{fin(t-1)}$$

- (Hcrit): Agua Equivalente a humedad crítica (mm). Para dicha humedad normalmente se considera la presión crítica de 95 Kpa.
- (Hrel): Humedad Relativa (mm). Esta variable representa la relación lineal existente entre el aumento de Humedad del Suelo y la Evapotranspiración Real en el tramo que va entre el punto de marchitez permanente y el punto crítico.

$$H_{rel} = MIN \left(\frac{1}{\frac{H_{ini} - H_{wp}}{H_{crit} - H_{wp}}} \right)$$

- (Cov): Fracción de Cobertura de las plantas (). Es un parámetro de vegetación que actúa como factor reductor de la Evapotranspiración Real de una forma similar al Coeficiente de Cultivo de las plantas agrícolas.
- (Ri): Factor de Transpiración de la Zona No Saturada (): Es una factor multiplicador que influye sobre los procesos de evapotranspiración que tienen lugar en la zona no saturada del suelo.

Por ultimo solo queda describir las variables de salida del modelo que tienen que ver con los procesos de evapotranspiración. Primeramente la evapotranspiración es el proceso, que forma parte del ciclo hidrológico donde el agua es devuelta a la atmósfera en forma de vapor. Dicho proceso esta compuesto por dos mecanismos: el de evaporación, donde el agua es captada desde las superficies; y el de transpiración, que es realizado por los vegetales. Sin embargo, aunque los dos mecanismos son diferentes y se realizan independientemente resulta difícil separarlos, pues ocurren por lo general de manera simultánea; de este hecho deriva la utilización del concepto más amplio de evapotranspiración que los engloba. En relación al proceso de Evapotranspiración existen las siguientes variables:

- (ETP): Evapotranspiración Potencial (mm). Es la máxima cantidad de agua que puede evaporarse desde un suelo completamente cubierto de vegetación, que se desarrolla en óptimas condiciones, y en el supuesto caso de no existir limitaciones en la disponibilidad de agua. Por tanto, la magnitud de la ETP está regulada solamente por condiciones meteorológicas e indica la cantidad máxima de agua que puede evapotranspirar una planta en condiciones ambientales óptimas.
- (ETRtot): Evapotranspiración Real Total (mm). Es el agua que utiliza una planta bajo unas determinadas condiciones y en un determinado estado vegetativo. Es la variable principal de salida del modelo porque indica el grado de adecuación de una planta (o grupo funcional) a unas condiciones ambientales. Según la Cota diaria del Nivel Freático (Wte), se subdivide en dos variables:
- (ETRuns): Evapotranspiración Real de la Zona No Saturada. Es la ETR que tienen lugar en la porción del suelo, cuyos poros no se encuentran saturados de agua en ese momento. Se considera que cuando la Cota diaria del Nivel Freático (WTE) está por encima de la Cota de Extinción por Saturación (Cpsat), el valor de ETRuns es igual a 0. Si la condición anterior no se cumple y la WTE es mayor o igual a la Cota de Raíces Efectivas (Cze) entonces la ecuación sería la siguiente:

$$ETRuns = Cov \cdot ETP \cdot Ri \cdot \left(1 - \left(\frac{WTE - CZr}{CPsat - CZr} \right) \right)$$

En el caso opuesto, cuando $WTE < Cze$ la ecuación de ETRuns sería la siguiente:

$$ETRuns = MIN \left(\begin{array}{c} H_{ini} - H_{wp} \\ Ri \cdot \frac{H_{ini} - H_{wp}}{H_{crit} - H_{wp}} \cdot Cov \cdot ETP \end{array} \right)$$

(ETRsat): Evapotranspiración Real de la Zona Saturada. Es la ETR que tienen lugar en la porción saturada debido al desplazamiento diario del nivel freático. Se considera que cuando la Cota diaria del Nivel Freático (Wte) está por encima de Cota para la Extinción por Saturación (Cpsat) o por debajo de la Profundidad Máxima de Raíces el valor de ETRsat es igual a 0. Si las condiciones anteriores no se cumplen estando la Wte entre entonces la ecuación sería la siguiente:

$$ETRsat = MIN \left(\begin{array}{c} Cov \cdot ETP - ETRuns \\ Cov \cdot ETP \cdot Rj \cdot \frac{WTE - CZr}{CZe - CZr} \end{array} \right)$$

En la siguiente gráfica se muestra la evolución de la Evapotranspiración Real (ETR) según va variando la humedad de suelo y los poros van llenándose de agua. Se observa dicha evolución para distintas cantidades de humedad determinadas por el parámetro de suelo de Capacidad de Campo (Pfc) y por los parámetros de vegetación: Punto Crítico (Pcrit) y Punto de Marchitez Permanente (Pwp). La gráfica comienza por con la ETR siendo mínima hasta que se llega al Punto de Marchitez Permanente (Pwp) que empieza a ascender. Dicho ascenso continúa hasta que se llega al Punto Crítico donde la ETR se estabiliza en una recta horizontal. El valor vertical de esta recta sería el de la Evapotranspiración Potencial (ETP), que es la evapotranspiración máxima que permiten las circunstancias climáticas de ese momento. Esta situación prosigue hasta que se sobrepasa a la Capacidad de Campo del suelo, donde la ETR empieza a descender hasta que la humedad del suelo llega a ser equivalente a la porosidad. Este descenso en la ETR es producido por la asfixia radicular de la planta. La relación entre ETR/ETP es un indicador muy importante porque muestra el estado fisiológico de la planta en ese momento. Este es óptimo cuando $ETR=ETP$ ó lo que es lo mismo: $ETR/ETP=1$

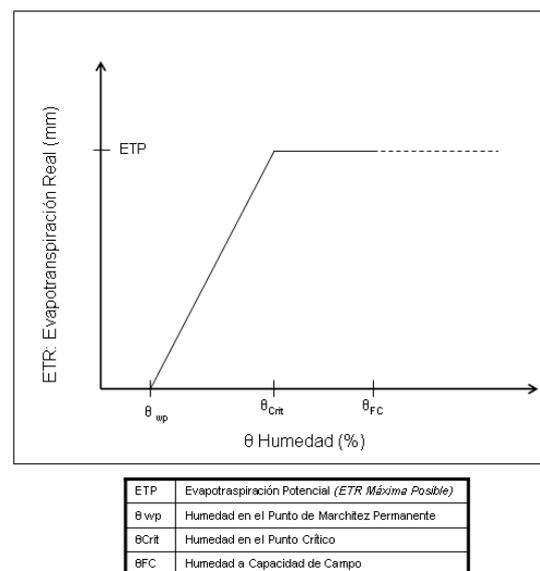


Figura 6.2. Gráfica que relaciona la ETR con la Humedad del Suelo

6.2.4.- El índice de ET

Para cada intervalo diario se calcula la evapotranspiración real total (ETR_{tot}) para cada tipo funcional de vegetación. La suma de ETR_{tot} se divide entre la suma de Evapotranspiración Potencial (ETP) diaria, lo que dará el Índice de Evapotranspiración (ET_{index}) de cada tipo funcional de vegetación. Si este índice es más grande y más cercano a 1 significará que las plantas que forman parte del grupo funcional serán más aptas para las condiciones ambientales simuladas. En

la tabla siguiente se puede observar que para cada punto de simulación se considera como tipo funcional simulado al que tenga un índice de evapotranspiración más alto, el cual se representará con el valor "1".

Punto de Simulación	Índice de Evapotranspiración (ETInd) Simulado para cada Tipo Funcional				Tipo Funcional con el ETInd más Elevado (Representado por "1")			
	ETInd RH	ETInd RJ	ETInd RA	ETInd TV	RH	RJ	RA	TV
1_1_54	0.3623	0.4072	0.4072	0.5559				1
1_2_54	0.3806	0.4279	0.6228	0.6345				1
1_3_54	0.4174	0.4816	0.7802	0.9970				1
1_4_21	0.5680	0.8871	0.9726	0.6740			1	
1_5_21	0.8683	0.9960	0.9991	0.5030			1	
1_6_21	0.9578	0.9988	0.9986	0.4072		1		
1_7_18	0.9655	0.9968	0.9949	0.2291		1		
1_8_19	0.9992	0.9284	0.8129	0.0320	1			
1_9_8	0.9984	0.4861	0.5294	0.0002	1			
1_10_9	0.9990	0.8870	0.7488	0.0141	1			
1_11_10	0.9866	0.9985	0.9982	0.3532		1		
1_12_13	0.8033	0.9898	0.9993	0.5429			1	
1_13_14	0.8000	0.9426	0.9993	0.6593			1	
1_14_55	0.4335	0.5107	0.6843	0.9969				1
1_15_55	0.3950	0.4462	0.5771	0.9864				1
2_1_54	0.3802	0.4274	0.6187	0.6305				1
2_2_54	0.3913	0.4424	0.7056	0.7965				1

Figura 6.3. Salida de datos del programa.

6.2.5.- Resumen de variables y parámetros

A continuación se va a mostrar una serie de tablas donde aparecen los distintos tipos de variables y parámetros del modelo.

6.2.5.1.- Parámetros básicos de suelo del modelo

En esta tabla se mostrarán los parámetros de suelo que intervienen en el modelo y cuya obtención y tratamiento se explica en el apartado de estimación de parámetros:

Tabla 6.1 Parámetros básicos de suelo

Siglas	Nombre	Unidades
Mfc	Humedad a capacidad de Campo	[]
Pst	Porosidad	[]
Ks	Conductividad Hidráulica Saturada del Suelo	[mm/hr]
Pb	Presión de Burbujeo	[Kpa]
lp	Índice de Porosidad	[]
Es	Cota de la Superficie del Suelo	[m]
Zcmin	Profundidad a considerar en el Ascenso Hidráulico Capilar	[m]

6.2.5.2.- Parámetros básicos de vegetación del modelo

En esta tabla se mostrarán los parámetros de suelo que intervienen en el modelo y cuyo significado se explica en el apartado de estimación de parámetros. Algunos de estos parámetros son muy sensibles para el modelo y por ello son utilizados en el apartado de calibración.

Tabla 6.2 Parámetros básicos de vegetación

Siglas	Nombre	Unidades
Pcrit	Presión para el Punto de Humedad Crítica	[Kpa]
Pwp	Presión para el Punto de Marchitez Permanente	[Kpa]
Zr	Profundidad Máxima de Raíces	[m]
Ze	Profundidad Efectiva de Raíces	[m]
Zsat	Prof. de Extinción por Saturación	[m]
Rj	Factor de Transpiración de la Zona Saturada	[]
Cov	Fracción de Cobertura de las Plantas	[]
Crt	Conductividad Máxima de Agua Raíz-Suelo	[mmMpa-1h-1]
Ri	Factor de Transpiración de la Zona No Saturada	[]
Pm50	Presión para el Punto Medio de Saturación	[Kpa]

6.2.5.3.- Datos de entrada hidro-meteorológicos

En la siguiente tabla se mostrarán los datos de entrada relativos tanto a procesos hidrológicos como meteorológicos.

Tabla 6.3 Datos de entrada hidro-meteorológicos

Siglas	Nombre	Unidades
PP(t)	Precipitación Diaria	[mm]
ETp(t)	Evapotranspiración Potencial Diaria	[mm]
Qcurve(j)	Caudal de Río de la Curva de Aforo	[m3/s]
Hcurve(j)	Nivel de Río de la Curva de Aforo	[m]
Qdaily(t)	Caudal Diario Observado en el Río	[m3/s]
WTE(t)	Cota del Nivel Freático Calculada	[m]

6.2.5.4.- Parámetros generales del modelo

En la tabla mostrada a continuación se muestran los parámetros generales del modelo, que son obtenidos a partir de los parámetros de las tablas anteriores, y cuyos valores son iguales para todos los intervalos diarios dentro de un mismo punto de simulación.

Tabla 6.4 Parámetros generales del modelo

Siglas	Nombre	Unidades
Mcrit	Humedad en el Punto Crítico	[]
Mwp	Humedad en el Punto de Marchitez Permanente	[]
CZr	Cota de la Profundidad Máxima de Raíces	[m]
Cze	Cota de la Profundidad Efectiva de Raíces	[m]
Cpsat	Cota para la Extinción por Saturación	[m]
Hfc	Agua Equivalente para la Capacidad de Campo	[m]

Hwp	Agua Equivalente para el Punto de Marchitez Permanente	[mm]
Hcrit	Agua Equivalente para el Punto de Humedad Crítica	[mm]
Pfc	Presión para el Punto de Capacidad de Campo	[Kpa]

6.2.5.5.- Variables internas del modelo

En la tabla siguiente se muestran las variables internas del modelo, obtenidas a partir de las variables y parámetros descritos en las tablas anteriores, y cuyos valores son variables para cada intervalo diario.

Tabla 6.5 Variables internas del modelo

Siglas	Nombre	Unidades
Pmat	Potencial Mátrico	[Kpa]
Kh	Conductividad Hidráulica No Saturada	[mm/hr]
Rwu	Ascenso Hidráulico Radicular	[mm]
Cwu	Ascenso Hidráulico Capilar	[mm]
Exc	Excedente de Agua	[mm]
Win	Entrada de Agua en el Suelo	[mm]
Hini	Humedad antes de la ETR	[mm]
Hrel	Humedad Relativa	[]
ETRuns	Evapotranspiración Real de la Zona No Saturada	[mm]
ETRsat	Evapotranspiración Real de la Zona Saturada	[mm]
ETRtot	Evapotranspiración Real Total	[mm]
Hfin	Humedad Final del Día	[mm]
Bal	Error de Balance Hídrico Diario	[mm]

6.2.5.6.- Variable de salida del modelo

En esta tabla se muestra la variable de salida principal del modelo. Se calcula esta variable para cada tipo funcional de cada punto de simulación:

Tabla 6.6 Variable de salida del modelo

Siglas	Nombre	Unidades
ETindex	Índice de Evapotranspiración	[]

6.3.- ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS

6.3.1.- *Parámetros de Suelo*

Indican las características del suelo para cada punto de simulación. El tramo de estudio se ha dividido en zonas donde se agrupan los suelos con similares características. Se han recogido muestras de suelo para cada una de esas zonas. Las muestras se extraen mediante la excavación de una cata de al menos 50 cm de profundidad. Se extrae el suelo a esa profundidad porque se evita así las capas de suelo superficiales que tengan horizontes orgánicos o compactados, que no sean representativos con el suelo que está en contacto con las raíces, cuyas características si son de interés para el modelo.

El suelo contenido en el tanque descrito anteriormente podrá ser saturada o no saturado dependiendo de la cota del nivel freático en ese momento (WTE). La zona saturada es la que queda por encima del nivel freático será y en esta zona los poros de suelo quedan saturados de agua y las presiones serán positivas. La zona no saturada queda por encima del nivel freático y sus poros no están saturados de agua. A pesar de que las presiones en esta zona son negativas (al predominar las fuerzas de succión), en este modelo se toman los valores absolutos para estas presiones.

Los parámetros de suelo del modelo son obtenidos previamente a partir de los parámetros básicos de las muestras de suelo. Los parámetros básicos de suelo son:

- Porcentaje de gravas (partículas con tamaño >2 mm)
- Porcentaje de arenas ($0,05$ mm $<$ tamaño <2 mm)
- Porcentaje de limos ($0,002$ mm $<$ tamaño $<0,05$ mm)
- Porcentaje de arcilla (tamaño $< 0,002$)
- Porcentaje de materia orgánica

El valor de estos parámetros de suelo se obtiene mediante análisis de laboratorio. Los análisis realizados son los siguientes:

- *Análisis granulométrico por tamizado:* Se utiliza para determinar el porcentaje de limos y arcillas.
- *Análisis granulométrico de suelos finos por sedimentación/ método del densímetro:* Se utiliza para determinar el porcentaje de gravas y arenas.

- *Determinación del contenido de materia orgánica de un suelo por el método del permanganato potásico:* Se utiliza para determinar el porcentaje de materia orgánica.

A continuación se muestra una gráfica donde se representa a modo de ejemplo el resultado de un análisis granulométrico tanto en el ensayo por sedimentación como por tamizado:

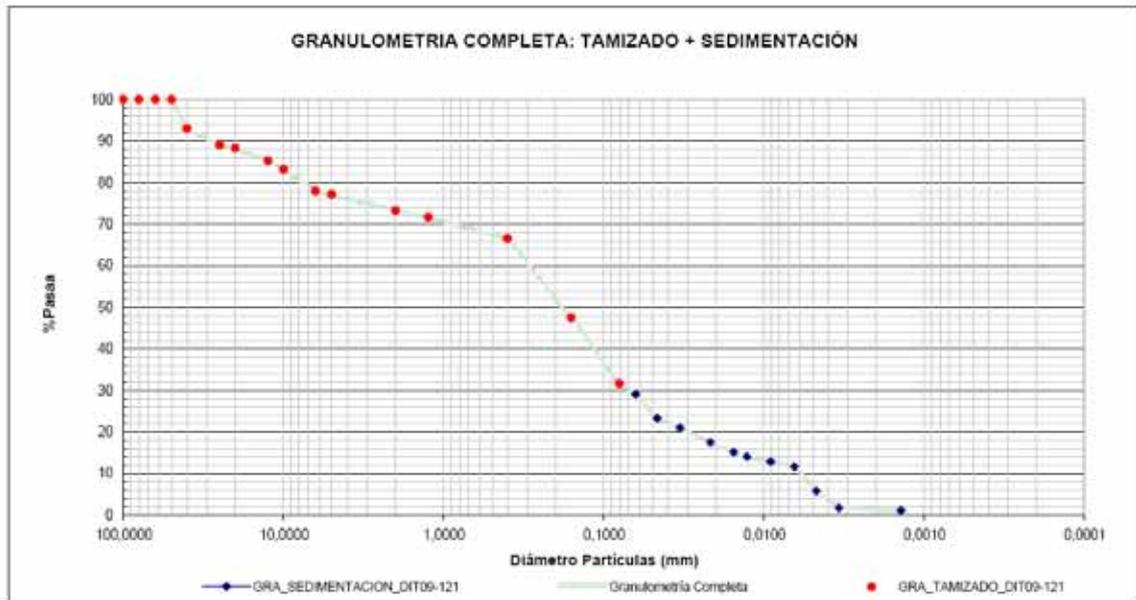


Figura 6.4. Resultado del análisis granulométrico del suelo de la muestra 1 del tramo de Terde-1 (río Mijares).

Posteriormente los parámetros básicos son introducidos en el Modelo: "Soil Water Characteristics." Este modelo ha sido desarrollado por Saxton et al 2006 para el USDA (Departamento de Agricultura de EEUU). Se ha escogido este modelo debido a que tiene en cuenta los porcentajes de gravas y de materia orgánica, parámetros que son muy importantes en los suelos de ribera. Además de los parámetros mencionados anteriormente, este modelo también puede contemplar otros parámetros de entrada: como la salinidad (dS/m) y el grado de compactación del suelo. La salinidad no se ha tenido en cuenta debido a que los tramos de estudio se encuentran en zonas medias y altas de los ríos, donde no hay problemas de intrusión marina y donde no se han observado otros tipos de contaminación por sales. El grado de compactación es un factor multiplicador que tampoco se ha tenido en cuenta, debido a que las muestras de suelo de la zona radicular tenían compacidades normales o estándar. Cabe decir que antes de introducir los porcentajes granulométricos en este modelo, hay que separar el porcentaje de gravas del resto debido a que este modelo toma el sumatorio de arena, limo y arcilla como 100. El modelo "Soil Water Characteristics" proporciona a partir de sus datos de salida y de sus curvas de humedad los siguientes parámetros del modelo:

- Mfc (θ_{FC}): Humedad a Capacidad de Campo (). Como se ha mencionado antes es la cantidad máxima que puede retener un suelo sin dañar a las plantas por anaerobiosis.

Indica la capacidad máxima del tanque del modelo y se haya para el valor típico de humedad a 33Kpa.

- Pst (Φ): Porosidad (). Es la proporción del volumen de suelo ocupado por poros (huecos) en comparación con la fracción sólida. Los poros podrán ser ocupados tanto por aire como por agua dependiendo del grado de humedad.
- Ks: Conductividad Hidráulica Saturada del Suelo (mm/hr). En suelos no saturados, la Conductividad Hidráulica es variable y dependiente del grado de humedad. Aun así en condiciones de saturación la conductividad es constante para cada tipo de suelo. En términos generales se podría definir a la conductividad hidráulica como la distancia recorrida por el flujo de agua por unidad de tiempo.
- Pb (Hb): Presión de Burbujeo (en valor absoluto) (Kpa). Es la presión ejercida por las burbujas de aire en zonas donde el suelo está en condiciones de saturación. Esto es debido a que, aunque el suelo este saturado, siempre habrá zonas donde hayan quedado burbujas de aire atrapadas que todavía ejerzan una presión matricial residual.
- Ip (λ): Índice de Porosidad (). El parámetro de la porosidad anteriormente descrita indica exclusivamente la proporción de poros con respecto a la fracción sólida. Por ello se utiliza adicionalmente el parámetro del índice de porosidad porque indica el tamaño y la interconectividad entre los poros. Debido a las tensiones capilares, este parámetro resulta fundamental para determinar tanto la presión matricial como la conductividad hidráulica para suelo no saturado.

En la figura siguiente se puede observar los parámetros de suelo anteriormente citados representados gráficamente:

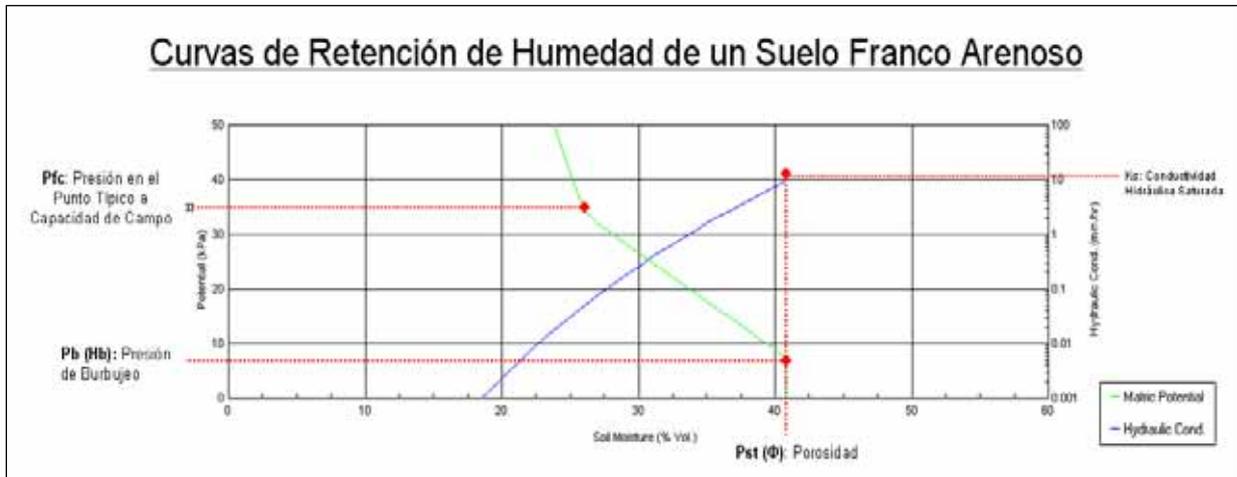


Figura 6.5. Curvas de retención de humedad según las ecuaciones de Campbell.

Por último se va mostrar a modo de ejemplo una tabla donde se muestra los parámetros de suelo del modelo para todas las muestras obtenidas en el tramo de Terde-1 (río Mijares). Las tablas de parámetros de suelo del modelo para los demás tramos se muestran en el anexo correspondiente.

Tabla 6.7 Valores de los parámetros de suelo del tramo de Terde-1 (río Mijares)

Código del Suelo	Porosidad	Índice de Porosidad	Presión de Burbujeo	Conductividad Hidráulica Saturada del Suelo	Humedad a capacidad de Campo	Profundidad a considerar en el Ascenso Hidraulico Capilar
	Pst []	Ip []	Pb [Kpa]	Ks [mm/hr]	Mfc []	Zcmin [m]
1	0.397	0.530	3.848	56.24	0.131	17
2	0.436	0.208	0.342	22.65	0.168	17
3	0.441	0.226	2.625	19.91	0.247	17
4	0.406	0.277	1.037	42.76	0.154	17
5	0.412	0.220	0.057	28.19	0.102	17
6	0.432	0.184	0.246	37.09	0.174	17
7	0.414	0.251	0.024	97.96	0.069	17
8	0.423	0.231	0.056	34.45	0.095	17
9	0.398	0.278	2.370	26.83	0.19	17
10	0.403	0.206	0.045	25.06	0.104	17

6.3.2.- Datos Hidrometeorológicos

Son los datos de entrada relacionados con los procesos hidrológicos o meteorológicos:

- (PP): Precipitación Diaria (mm). (descrito anteriormente)
- (ETP): Evapotranspiración Potencial (mm). (descrito anteriormente)
- $Q_{curve(j)}$: Valores del Caudal de Río de la Curva de Gasto (m³/s).
- $H_{curve(j)}$: Valores de Nivel de Río de la Curva de Gasto (m)
- $Q_{daily(t)}$: Caudal Diario Observado en el Río (m³/s). Son los datos del caudal de río que recojen diariamente las estaciones de aforo de las demarcaciones hidrográficas.
- $WTE(t)$: Cota del Nivel Freático Calculada (m). Se calcula mediante interpolación lineal introduciendo los datos anteriores en la siguiente ecuación:

$$WTE_{(t)} = H_{curve_{(j-1)}} + \left(\frac{Q_{daily_{(t)}} - Q_{curve_{(j-1)}}}{Q_{curve_{(j)}} - Q_{curve_{(j-1)}} \right) \cdot (H_{curve_{(j)}} - H_{curve_{(j-1)}})$$

6.3.3.- Parámetros de Vegetación

A continuación se describen los parámetros de vegetación que podrán variar según el tipo funcional de vegetación.

- P_{crit} : Presión para el Punto de Humedad Crítica (KPa). Indica la presión en la cual la planta deja de evapotranspirar más aunque reciba más humedad. El valor típico es de 95Kpa.
- P_{wp} : Presión para el Punto de Marchitez Permanente (KPa). Es la presión a la cual las plantas no pueden extraer más agua del suelo y pierden su turgencia. El valor típico es de 1500 Kpa.
- $Cov (\lambda_v)$: Fracción de Cobertura de las Plantas (). Indica el grado de cobertura que ejercen las plantas sobre la superficie del suelo. Aunque las plantas tienden a colonizar toda la superficie del suelo hay zonas en las que o no pueden o lo realizar con mucha dificultad en casos como afloramientos rocosos o compactación del suelo por tránsito de animales.
- Crt : Conductividad Máxima de Agua Raíz-Suelo (mmMpa-1h-1). Es un factor multiplicador que mide la eficiencia en el flujo de agua desde el suelo a las raíces para unas determinadas condiciones de presión.

- Zr: Profundidad Máxima de Raíces (m). Indica la profundidad máxima a la que las raíces pueden acceder al agua del nivel freático.
- Ze: Profundidad Efectiva de Raíces (m) Es la profundidad máxima a la que se encuentran las raíces que captan agua y evapotranspiran de la zona no saturada de suelo, que queda por encima del nivel freático.
- Zsat: Profundidad de Extinción por Saturación (m). Es la profundidad máxima a la cual las plantas pueden tolerar tener el suelo saturado de agua sin ser perjudicadas debido a la asfixia

6.4.- TIPOS FUNCIONALES DE VEGETACIÓN

6.4.1.- *Fundamentos de ecología, crecimiento y desarrollo de la vegetación*

6.4.1.1.- *Ecología vegetal*

El término “ecología”, convertido en argot popular a partir de los años sesenta-setenta, ha conllevado un nuevo pensamiento que ha influido y sigue influyendo en distintas disciplinas. Definido usualmente como el estudio científico de las relaciones entre organismos y su ambiente, la ecología también puede considerarse como una ciencia interdisciplinaria que se traslapa con muchos elementos de las ciencias físicas y biológicas. A la ecología se han acoplado distintos conceptos de la economía como la distribución de recursos y las razones de costo-beneficio, por lo que también puede considerársele como el estudio de la economía de la naturaleza (Smith y Smith, 2000).

La línea de pensamiento en ecología ha adoptado distintas variantes (Smith y Smith, 2000; Terradas, 2001). Entre ellas, se plantean el estudio basado en la demografía (distribución y abundancia) de organismos y poblaciones, o de la relación de los organismos con su ambiente, o del estudio de la sinergia de estos dos planteamientos; también existe una línea de ecología evolutiva que no hace énfasis en los individuos ni en los ecosistemas, sino en las especies - algunas hipótesis planteadas por la ecohidrología de Eagleson (2002) poseen estas bases teóricas de la ecología evolutiva-.

Para el estudio de los factores ecológicos, la mayor unidad es el ecosistema (la comunidad y el ambiente físico). La interacción es complejísima entre los dos componentes básicos del ecosistema, la parte viva o biótica, y la física o abiótica. Por ejemplo, un bosque consiste de una parte física (atmósfera, clima, suelo y agua) y una biótica (la gran diversidad de flora y fauna que le habitan), en donde cada organismo responde al ambiente físico y al mismo tiempo se modifica, convirtiéndose a sí mismo en una parte del ambiente (Smith y Smith, 2000).

El ecosistema puede estudiarse en alguno(s) de sus muchos niveles, es decir, sus componentes forman una jerarquía. En un nivel, los organismos individuales responden a la influencia del ambiente; en el siguiente, individuos de la misma especie forman poblaciones que pueden describirse en términos de su número, crecimiento, edad; en otro nivel, la interacción de los individuos con poblaciones de su misma especie y con los de otras produce comunidades bióticas, y allí es donde se da una competencia por recursos limitados. La Ecología aborda una amplia gama de la ciencia, desde los individuos hasta los ecosistemas (Smith y Smith, 2000).

Las tasas de abastecimiento de luz, agua y nutrientes que regulan los procesos dentro del ecosistema, son función del área del terreno y el volumen de suelo. Por tanto, para relacionar los

procesos en plantas individuales con aquellos a escala de ecosistema, es crítico determinar el tamaño de la planta, la densidad y la biomasa del bosque (Lambers et al., 1998).

La Ecología vegetal hace énfasis en las interacciones entre las plantas y su ambiente; en el pasado, los ecologistas vegetales han enfatizado en la complejidad del ecosistema y han despreciado los modelos simples y teóricos como simplistas y no realistas. Para el estudio de la vegetación, el de sus patrones y estructuras, se han utilizado los conceptos de individuo, población y comunidad vegetal para abarcar los diferentes niveles de organización de las plantas. La riqueza de especies de la comunidad es resultante de los procesos de inmigración y extinción; la densidad de población, del balance entre la regeneración y la mortalidad de especies individuales; el tamaño de las especies individuales resulta de los nacimientos y muertes de sus partes componentes (Crawley, 1997).

Ciertos estudios científicos de la vegetación se han centrado en las respuestas al clima, otros en los rasgos de las plantas relacionados con condiciones ambientales, o bien partiendo de características relacionadas con la sucesión vegetal. Tanto aquellos estudios basados en grupos funcionales, como los basados en comunidades vegetales, deben reconocer que estos son construcciones intelectuales y no objetos reales (Terradas, 2001).

En la historia de la Ecología Vegetal, los documentos que muestran las correlaciones entre las características morfológicas y fisiológicas de la vegetación y las condiciones ambientales, han sido el punto de partida de muchos estudios de ecofisiología; sin embargo, dicha documentación no puede determinar la importancia relativa de la adaptación a esas condiciones ambientales y otros factores de tipo histórico – evolutivo de las especies (Lambers et al., 1998).

En general la ecología de la comunidad vegetal ha enfatizado dos grandes categorías: los procesos funcionales en las plantas y las características estructurales de las plantas. La ecología vegetal estructural estudia la forma y arreglos de las plantas dentro de la comunidad y asume que los procesos funcionales determinan el peso, el tamaño y la forma de cada planta, y el arreglo de sus hojas (Bonham, 1989).

Los criterios de aproximación al estudio de la vegetación pueden ser diferentes, desde una escala gruesa de observación, como el de los biogeógrafos y fitosociólogos, pasando por la ecología del paisaje, hasta llegar a la ecología de las comunidades. La ecología de la vegetación cubre todos los niveles que van desde la comunidad a la vegetación del planeta en su conjunto, pero muchos procesos a este nivel sólo pueden explicarse con el entendimiento de los que se dan a nivel de individuo o de población (Braun-Blanquet, 1979; Terradas, 2001).

Terradas (2001) propone el estudio de la fisiología de los ecosistemas para responder a cuestionamientos teóricos de la ecología vegetal, y la necesidad de relacionar los mecanismos tipo fisiológico – funcional, tanto con las características de los organismos y comunidades como con los cambios que ocurren en las poblaciones y comunidades a lo largo del tiempo.

A pesar del incremento cuantitativo de la Ecología, ésta permanece largamente descriptiva y empírica, con el desarrollo de una teoría en estado de definición de conceptos y relaciones. Las definiciones formales de la ecología se originaron de la química y las matemáticas de transferencia de masa, o se derivaron enteramente de la teoría de la evolución y las propiedades implícitas en dicha teoría (Hatton et al, 1997).

6.4.1.1.1.- La comunidad vegetal

De acuerdo con Crawley (1997), la comunidad vegetal consiste simplemente de todas las plantas que ocupan una superficie definida por el ecólogo en función de los propósitos de su estudio. Para Terradas (2001), comunidad es un término de conveniencia que suele emplearse para designar conjuntos de plantas coexistentes en un área, desde la más simple agregación de un solo estrato hasta la más compleja; así, la comunidad estará formada por todos los organismos que se encuentran en la parcela escogida por el ecólogo, o bien tendrá un carácter más abstracto al suponer que la comunidad concreta estudiada es representación de un tipo.

La comunidad vegetal presenta una organización espacial, que corresponde a la distribución horizontal de individuos y vertical de hojas, troncos y raíces de las distintas especies, lo que está determinado por cómo se distribuyen los recursos y las respuestas de las plantas a niveles morfológicos y poblacionales. La forma de ocupar el espacio en el sentido horizontal depende del crecimiento individual y de la manera de reproducirse. La estructura temporal de la vegetación responde a su fenología -hojas caducas, floración, etc.- (Terradas, 2001).

Una de las preguntas fundamentales sobre la naturaleza de las comunidades vegetales es la forma en que las especies responden a gradientes en condiciones ambientales. Esto planteó en su momento la discusión, aún vigente, para clasificar la vegetación en comunidades vegetales discretas o en comunidades vegetales como continuamente variables (Crawley, 1997). En la línea de estas ideas, más adelante se revisarán conceptos sobre la sucesión vegetal, la distribución de las plantas y la competencia por los recursos.

6.4.1.1.2.- Clasificación de la vegetación: destacando los “tipos o grupos funcionales de vegetación”

La clasificación de la vegetación siguió en un principio un criterio fundamentalmente utilitario, y derivó desde las primeras propuestas sencillas hasta ganar complejidad conforme avanzó el conocimiento de la diversidad de plantas (Izco et al, 2000). Según Terradas (2001) el tema de la clasificación vegetal es “espinoso” pero necesario, pues si es deseable la extrapolación de los resultados de estudios funcionales, hace falta una clasificación y una cartografía basada en ella. Existen clasificaciones de vegetación basadas en su estructura, o en otras más detalladas que parten de criterios como la composición de especies, o las aproximaciones estadísticas que permiten clasificar u ordenar en función de uno o más criterios.

La clasificación es básica cuando se quieren aplicar los resultados de los análisis de vegetación y explicar las relaciones entre rodales (del término inglés "stand", referido al área ocupada por un grupo de árboles de similar composición, edad, y condición para ser considerado una unidad homogénea, natural o artificial, con fines de manejo o conservación) o entre especies. Los rodales pueden clasificarse según su afinidad florística y similarmente las especies, en grupos en que sus miembros deben tener similitudes ecológicas. La clasificación es útil para la vegetación que tiene una estructura comunitaria distinguible, pero no para un continuo; por ello surge la "ordenación", cuyos resultados consisten de una serie de valores coordinados que pueden ser dibujados en una o más gráficas. Para estudios de vegetación con mucho detalle ninguna técnica analítica de clasificación u ordenación resulta aplicable, pues la rigurosidad estadística del muestreo a esta escala es especialmente alta (Causton, 1988).

La fitosociología estudia las agrupaciones de plantas, sus interrelaciones y su dependencia frente al medio ambiente vivo e inanimado y abarca todos aquellos fenómenos e investigaciones que afectan a la vida en comunidad de las plantas (Braun-Blanquet, 1979). Se estudian las interacciones entre vegetación y ambiente desde un punto de vista cualitativo, pues el objetivo es la clasificación de comunidades vegetales a nivel mundial (Causton, 1988).

Los caracteres concretos a la comunidad, referentes a las especies, que pueden aplicarse directamente al análisis fitosociológico son: a) los de naturaleza cuantitativa: número de individuos (abundancia) y densidad; grado de cobertura, volumen y peso (dominancia); forma de agrupación (sociabilidad) y distribución; frecuencia. b) los de naturaleza cualitativa: estratificación, vitalidad, fertilidad y periodicidad (Braun-Blanquet, 1979).

La taxonomía vegetal es la parte de la botánica que trata de la ordenación o clasificación de las plantas, así como de las bases, principios, métodos, normas o leyes que regulan dicha clasificación. La especie es la categoría taxonómica básica, siguiendo a ella las categorías (taxones) de género, familia, orden, clase, división y reino. Aunque lo ideal sería contar con una clasificación vegetal en donde todos y cada uno de los taxones fuesen naturales (relacionados filogenéticamente), esto es prácticamente imposible dados los conocimientos limitados que aún se tienen (Izco et al, 2000).

El carácter taxonómico de la comunidad deja de lado el hecho fundamental de que otros organismos no vegetales (animales, microorganismos, humanos) modelan y juegan roles decisivos en sus ecosistemas; por tanto hay una marcada diferencia entre definir una comunidad vegetal mediante el estudio de la taxocenosis (la taxonomía vegetal) o de la biocenosis (el de las interacciones de la vegetación con los otros elementos bióticos del ecosistema). Sin embargo la descripción de la vegetación basada en el concepto tipológico de la comunidad resulta científicamente interesante en sí mismo y puede tener algunas consecuencias aplicables (Terradas, 2001).

FAO (1994) indica que para la división del área de comunidades forestales, se utilizan los nombres de las especies arbóreas predominantes de la comunidad, para clasificar los bosques en tipos

forestales. Esto puede lograrse utilizando fotografía aérea de escala media (1:10,000–1:30,000) en combinación con comprobaciones de campo.

Los términos “tipo funcional de vegetación (PFT)” y “grupo funcional de vegetación (PFG)” son sinónimos y se refieren a una clasificación por grupos no filogenéticos de organismos que responden de forma similar a factores ambientales y tienen efectos similares en los procesos dominantes del ecosistema (Baird y Maddock III, 2005; Smith et al, 1997). El concepto ha surgido como la forma de encontrar similitudes de funcionamiento para agrupar a las especies y así simplificar los modelos de ecosistemas o formular modelos de funcionamiento de una especie que sean extensibles a todas las especies de un mismo grupo (Terradas, 2001).

Mediante la teoría de PFT, se reduce la diversidad de especies a una diversidad de funciones y estructuras; se parte de la idea de que las dinámicas esenciales de los ecosistemas pueden capturarse mediante la agrupación de especies en un número limitado de tipos funcionales. Las estructuras pueden ser árboles, arbustos, hierbas; las funciones pueden ser tipos de procesos fotosintéticos, capacidad de minimizar pérdidas de agua y cambiar el tiempo de crecimiento (Smith et al, 1997).

Terradas (2001) señala que mediante agrupaciones de especies en función de sus similitudes de funcionamiento, es posible simplificar los modelos de ecosistemas o formular modelos de funcionamiento de una especie que sean extensibles a todas las especies del mismo grupo. El reconocimiento de grupos funcionales, cuando el investigador tiene unas bases teóricas pragmáticas claras, es de una ayuda importante para el desarrollo de modelos, tanto conceptuales como matemáticos, innovadores y positivos.

Los diversos estudios de clasificación en tipos funcionales que existen y las diversas concepciones del término no han seguido un planteamiento teórico claro, y por ello no hay una tipología que pueda aplicarse con carácter universal (Smith et al, 1997; Terradas, 2001). Para una clasificación por tipo funcional se pueden adoptar una de las tres siguientes: a) un método subjetivo por observación; b) un método deductivo que parta de un modelo a priori de la importancia de procesos particulares en el funcionamiento del ecosistema; c) un método basado en datos y en aplicación de técnicas multivariadas que lleven a una clasificación.

Lo más típico de las propuestas de clasificación por tipos funcionales de vegetación es establecer un listado de criterios diversos sobre categorías de atributos de las plantas, dar los valores correspondientes para el mayor número posible de especies y emplear una batería de análisis multidimensionales sobre estos datos hasta establecer una clasificación. Sin embargo Terradas (2001) recomienda hacer una clasificación pragmática y relativamente sencilla.

En su revisión de los PFT, Terradas (2001) indica cuatro tipos básicos de clasificaciones funcionales:

- i) Grupos emergentes, o grupos de especies que reflejan correlaciones naturales de atributos biológicos (desde aspectos de su ciclo de vida hasta aspectos de regeneración), pero no están relacionados directamente con funciones ecosistémicas y sus mecanismos; se parte de clasificaciones fisonómicas para encontrar correlaciones con rasgos funcionales, como tasa de crecimiento, tamaño de semilla y tamaño de la planta, por ejemplo.
- ii) Estrategias, compartidas por especies que tienen atributos similares que se interpretan como adaptaciones a pautas particulares en el uso de recursos.
- iii) Tipos funcionales estrictos, grupos de especies sin parentesco filogenético que tienen papeles similares en los procesos ecosistémicos, respondiendo de forma parecida a múltiples factores ambientales; para su construcción se hace una preselección subjetiva de rasgos sobre la base de conocimientos del experto y luego un análisis de correlación con gradientes ambientales.
- iv) Grupos específicos de respuesta, con especies que responden de forma similar a factores ambientales específicos; trabajo con criterios regionales o de paisaje, en donde los efectos de las perturbaciones son fundamentales, haciendo tipologías en las que la respuesta a estas perturbaciones sea lo decisivo.

Como crítica a los PFT, se señala que algunas veces, se observan marcadas diferencias de respuesta a cambios en factores ambientales por parte de las especies, mas no necesariamente por parte de los tipos. Las evidencias pueden dar lugar a pensar que las conclusiones sobre una especie no pueden ser extrapoladas a otras que, aparentemente posean una estrategia similar y que son morfológicamente muy parecidas. En todo caso, es muy común que las diferencias funcionales no se reflejen en rasgos fácilmente identificables (Terradas, 2001).

Dentro de una comunidad vegetal pueden coexistir distintos PFT en función de la fenología de las plantas, el uso de recursos, el crecimiento y también en función de su estructura espacial. La estructura vertical de la comunidad vegetal representa un conjunto de respuestas a diferentes radiaciones solares a lo alto del dosel (Terradas, 2001).

Terradas (2001) señala como atributos de tipos funcionales de vegetación asociados a cambios ambientales en los suministros de agua los siguientes:

- El tamaño y el índice de área foliar (crecimiento/competencia por agua total)
- La fenología del crecimiento, la duración y las características de las hojas, reservas de agua y profundidad de raíces (por estacionalidad en suministros de agua)
- La capacidad competitiva, biomasa y producción (distribución de agua en profundidad)

- El umbral (resistencia a la sequía según un cierto grado de frecuencia del evento).

Para el caso de la ribera, como se verá en capítulos siguientes, existen ya varias propuestas de PFT en función del hábito de crecimiento, la fase de desarrollo, la morfología y las tasas de transpiración (Baird y Maddock III, 2005; Brookes et al, 2000).

6.4.1.1.3.- La sucesión vegetal

La Sucesión Vegetal es una teoría nacida con Clements (1916), que explica el cambio producido en el proceso de organización de las comunidades vegetales tanto en un medio nuevo (sucesión primaria) como por el efecto de una perturbación que altera el sistema (sucesión secundaria). Durante ese cambio, cada estadio de la vegetación produce una alteración gradual e inevitable del ambiente, haciéndolo menos bueno para él mismo y mejor para los elementos de la fase o etapa siguiente; el proceso continúa hasta alcanzar un estadio final llamado clímax o de equilibrio con el clima. Es una teoría que ha conformado enormemente el pensamiento en la Ecología (Terradas, 2001).

La sucesión vegetal suele explicarse teóricamente como resultante de distintos procesos. Una vertiente la explica a partir del crecimiento diferencial, la supervivencia diferencial, y tal vez, la dispersión de especies adaptadas a crecer en diferentes puntos a lo largo de gradientes de estrés. También hay quienes consideran que es un cambio secuencial en las abundancias relativas de las especies dominantes de la comunidad; otros se refieren a un proceso poblacional, una consecuencia de la variación en las tasas de reproducción, establecimiento, crecimiento y mortalidad (Terradas, 2001).

Terradas (2001) destaca cuatro procesos determinantes de la sucesión: las características de la perturbación previa; la colonización de especies; las alteraciones físicas del biotopo; competencia, alelopatías, autotoxicidad. Dichos procesos pueden afectar las tasas de establecimiento, desarrollo y supervivencia de la nueva planta, condicionando el progreso de la sucesión.

Lambers et al (1998) proponen el concepto de “filtros” para explicar la composición vegetal en un sitio determinado: la co-ocurrencia de especies en un determinado sitio resulta de un filtro histórico (migraciones de especies en el pasado), un filtro fisiológico (posibilidades de crecimiento y reproducción en las condiciones ambientales presentes) y un filtro biótico (relaciones de competencia por los recursos con otras especies y/o defensa contra agentes biológicos como patógenos o herbívoros). Para dar mayor énfasis en el “filtro histórico”, desde la perspectiva de la biología evolutiva, se recomienda no equivocarse al pensar que las características de las especies en un ambiente particular son necesariamente benéficas y resultantes de la selección natural en ese ambiente (el paradigma “panglosiano” discutido en ecología vegetal), pues muchas veces éstas resultan de la historia genético- evolutiva de las especies.

De forma general Terradas (2001) indica que los primeros estadios de la sucesión vegetal se da en especies que han tenido una "selección tipo r", o sea, individuos de pequeño tamaño, vida corta, rápido crecimiento, alta tasa de natalidad y de mortalidad. Los siguientes estadios corresponden a una "estrategia tipo K", es decir, especies de mayor tamaño, con mayor control del espacio, vida larga, que dejan pocos descendientes pero aseguran mejor su supervivencia. Especies vegetales de crecimiento rápido siguen una estrategia competitiva tipo "Grime" (de estrategias adaptativas al estrés), mientras que las de crecimiento lento siguen la estrategia de tolerancia al estrés; en condiciones de bajo régimen de perturbación (por sequías), las primeras pueden dominar, pero si aumenta el régimen de perturbación se imponen las segundas. Esto es importante, pues determina que no todas las especies responden de igual manera a alteraciones del medio y define tipos de vegetación más adaptables; no hay que olvidar tampoco los diferentes estados de desarrollo de las plantas y su relación con el medio. Los mecanismos de competencia/ colonización promueven la diversidad de especies con crecimiento maduro.

Conforme las comunidades vegetales van madurando, aumenta progresivamente la competencia aérea y subterránea y una escasez también progresiva de los recursos. Asimismo, las comunidades frente a perturbaciones (de diversa intensidad y severidad) pueden tender espontáneamente a una mayor complejidad. Esto es, los ecosistemas presentan tendencias auto organizativas de variación de la biomasa, la producción primaria o el índice de área foliar, con el fin de buscar un estado más maduro y adaptarse a los recursos naturales, como estrategia de desarrollo.

En los estadios de sucesión tardía, las especies que tienen alta supervivencia en el sotobosque (la zona por debajo del dosel de las especies dominantes) suelen ser las dominantes, mientras las especies con rápido crecimiento a la sombra son las subdominantes. Esto contradice la visión tradicional de que los dominantes en el estadio final de la sucesión son competidores superiores pero pobres colonizadores, e ilustra la dificultad de hacer plantear un modelo simple que gire en torno a los procesos espaciales y de estructura por edad, que gobiernan la mayor parte de los sistemas naturales (Crawley, 1997).

Dentro del contexto de la sucesión vegetal Terradas (2001) aporta una interesante observación aplicable a los bosques de ribera, al señalar que "en un territorio determinado, aquellos lugares de condiciones extremas (junto a cursos de agua, por ejemplo) en que no se daría la convergencia hacia el estadio clímax, el estadio final sería el de comunidades permanentes (por ejemplo, los bosques de ribera) que no corresponden al clima general sino a dichas condiciones locales excepcionales".

Para el caso de la vegetación de ribera, "el proceso de sucesión es esencialmente reiniciado por la alteración hidrológica, su intensidad y frecuencia varía tanto desde aguas arriba hacia aguas abajo, como desde el cauce hacia la llanura de inundación. Por esa razón, la estructura de la vegetación de ribera se ha utilizado como un indicador de los eventos hidrológicos y geomorfológicos" (Tabacchi et al., 1998). Los árboles representan el componente más estable de la comunidad vegetal de ribera, aunque algunos de ellos sean especies pioneras adaptadas a las alteraciones del

medio (Tabacchi et al., 1998). Sin embargo, los bosques cambian constantemente y por tanto su estudio debe actuar en consecuencia con este conocimiento (Terradas, 2001).

Diversos estudios han estudiado el rol de la sucesión vegetal en los procesos fluviales, llegando a la conclusión de que la frecuencia y duración de los eventos de alteración (inundaciones) determinan la probabilidad de remoción de la vegetación madura y el establecimiento de nuevas comunidades vegetales ribereñas; cuantificar esas alteraciones es clave para entender el proceso de sucesión vegetal en el ecosistema (Tabacchi et al., 1998). Gregory et al. (1991) destacan el papel de estas alteraciones naturales y el proceso de sucesión vegetal dentro del ecosistema de ribera.

6.4.1.1.4.- Patrón de distribución de las plantas

El agua y la temperatura son los dos determinantes más importantes de la cobertura vegetal; los climas cálidos y húmedos son los más que más favorecen la producción vegetal y las mayores tasas de biomasa por unidad de área (Crawley, 1997). El parámetro "frecuencia" describe la dispersión o distribución de las especies en el paisaje (Bonham, 1989).

Existen muchas maneras en que el agua controla la distribución de las especies a escala local, tanto en ambientes con estrés hídrico como sin él (Crawley, 1997). En la distribución de las plantas, las razones históricas son de fundamental importancia; posteriormente las interacciones bióticas ejercen un filtro adicional para eliminar muchas de las plantas que repueblan un área (Lambers et al., 1998).

El ambiente cambia de sitio a sitio y correspondientemente la vegetación altera tanto su composición en especies y la frecuencia de las especies componentes; desde una estructura espacial de la comunidad vegetal en donde se distinguen zonas claramente diferentes hasta patrones indistinguibles de vegetación. Se necesita determinar la medida en que esos patrones espaciales en la estructura de la comunidad vegetal refleja cambios en las condiciones abióticas (nutrientes, agua, etc) y en qué medida los patrones son resultado de las interacciones bióticas (competencia vegetal interespecífica, dispersión de semillas, etc) y la medida en que las condiciones abióticas alteran las interacciones bióticas (Crawley, 1997).

En la modelación de la dinámica espacial vegetal, los estudios ecológicos clásicos entienden los patrones espaciales como reflejo de condiciones heterogéneas del suelo y microclima; otros trabajos recientes proponen el estudio del patrón como no aleatorio y como fenómeno que surge de la interacción de mecanismos ordenados y procesos aleatorios, con el reto de encontrar el mecanismo desde la observación de los patrones y predecir los patrones desde la operación de los procesos conocidos (Crawley, 1997).

Smith y Smith (2000) señalan que la "homeóstasis" es el momento en que las condiciones para el mantenimiento de los organismos se encuentran dentro de un rango tolerable. Estar dentro de ese rango no implica que el organismo crezca o se reproduzca; dicho rango expresado en valores

mínimos y máximos determina su tolerancia ambiental. Los rangos de tolerancia ambiental para un organismo dependen de una amplia gama de factores abióticos que interactúan entre sí. Cualquiera de estos factores tiene el potencial para limitar la supervivencia, el crecimiento y la reproducción. De acuerdo con la ley del mínimo de Leibig “el comportamiento (supervivencia, crecimiento y reproducción) de un organismo será función del factor ambiental más limitante”. El concepto de que las condiciones mínimas y máximas limitan la presencia y éxito de un organismo se denomina la “ley de tolerancia” (Smith y Smith, 2000).

Esto lleva a que la distribución de los organismos sea un reflejo de la variación ambiental, entendiendo por distribución su presencia o ausencia. La abundancia de especies (número o tamaño de la población) se incrementa a medida que varían las condiciones ambientales óptimas, es decir, mientras las condiciones se acercan más a los límites de tolerancia del organismo de una especie dada, será menor el número de individuos de dicha especie. La distribución y abundancia de organismos dependen tanto de la variación ambiental como de las tolerancias (Smith y Smith, 2000).

Las comunidades pueden ser indicadoras del ambiente físico. Esto tiene una particular importancia pues una comunidad provee de más información que una sola especie indicadora; sin embargo también es información más confusa y de interpretación más difícil. Los factores climáticos determinan las pautas geográficas en la distribución de plantas y comunidades (Malanson, 1993; Terradas, 2001). Sin embargo, sólo el análisis de la propia vegetación, de su composición específica, puede permitir caracterizar fitogeográficamente un punto de la superficie terrestre (Bolòs, 1989), esto es, porque la distribución de las plantas no obedece sólo a causas climáticas, sino a causas históricas y evolutivas.

6.4.1.2.- *Otros modelos de las interacciones ecológicas*

6.4.1.2.1.- La Ecofisiología vegetal

Es el estudio de las respuestas fisiológicas al ambiente; esta interfase entre dos disciplinas, permite proveer de preguntas mediante la ecología, y de herramientas para determinar el mecanismo, mediante la fisiología. Mediante los avances en esta disciplina compuesta se han podido explicar con éxito por qué las plantas crecen en donde lo hacen. Los procesos fisiológicos vegetales tienen importantes efectos en su ambiente (por ejemplo la evapotranspiración como fenómeno que favorece la sequedad del suelo e incrementa la humedad atmosférica), que si se dan en gran magnitud, pueden servir como base mecánica para entender procesos a grandes escalas como la comunidad, el ecosistema y los procesos climáticos (Lambers et al., 1998).

Es importante relacionar los mecanismos de tipo fisiológico funcional tanto con las características de los organismos y comunidades, como con los cambios que tienen lugar en las poblaciones y las comunidades a lo largo del tiempo. La extrapolación de resultados de estudios de grupos funcionales requiere establecer una clasificación y una cartografía de la misma (Terradas, 2001).

En el estudio de la optimización frente al medio, los ecofisiólogos han propuesto estudiar la forma y demás características de las plantas o de sus órganos; sin embargo, el medio extremadamente complejo al que se enfrentan las plantas provoca la existencia de factores que pueden actuar de un modo independiente sobre ellas (Terradas, 2001).

Las plantas son sistemas de adquisición de información y no organismos de respuesta pasiva al ambiente. Si se trata de entender el funcionamiento de las plantas en diferentes ambientes, la información al nivel celular y molecular es de vital importancia. Por ello, "las hipótesis que han surgido en el estudio de la ecofisiología, sólo rara vez pueden ser probadas sin aproximaciones complementarias como los experimentos o monitoreos de crecimiento o análisis filogenéticos" (Lambers et al., 1998).

6.4.1.2.2.- La Ecohidrología

La Ecohidrología es la ciencia que estudia la interacción mutua entre el ciclo hidrológico y los ecosistemas, mediante la descripción de los mecanismos hidrológicos que existen bajo los procesos y patrones ecológicos. Tiene su enfoque en el ciclo hidrológico y otros elementos dentro del contexto de la productividad biológica de la tierra, considerando la humedad del suelo como el vínculo crucial entre la hidrología y los procesos biogeoquímicos de las plantas (Rodríguez-Iturbe y Porporato, 2004). Las bases teóricas de la ecohidrología descansan en las hipótesis del óptimo ecológico (Eagleson, 1982), pero algunas propuestas también incorporan explícitamente el estrés hídrico (Porporato et al, 2001; Rodríguez-Iturbe y Porporato, 2004).

Las hipótesis del óptimo ecológico de Eagleson (1982, 2002) han sido las bases de la Ecohidrología, y en tres escalas temporales distintas establecen lo siguiente:

Sobre escalas temporales cortas (una o pocas generaciones) la densidad de la vegetación se equilibrará con el clima y el suelo para minimizar el estrés hídrico de los componentes de las plantas. Se maximiza la humedad del suelo en equilibrio y se minimiza la evapotranspiración.

Sobre escalas temporales más largas (varias generaciones) la sucesión vegetal en condiciones de sequía generará una composición óptima de la comunidad en equilibrio, cuya eficiencia de transpiración maximiza la humedad del suelo en equilibrio.

Sobre escalas temporales mucho más largas (correspondientes a las de evolución del paisaje) la vegetación alterará las propiedades físicas del suelo hasta valores de equilibrio, en donde la densidad de cobertura óptima es máxima.

Recientemente (Kerkhoff et al, 2004) se realizó una evaluación ecológica de esas hipótesis del óptimo ecológico usando datos de campo para condiciones semiáridas, y se demostró que éstas son ecológicamente defectuosas y que el comportamiento del modelo en condiciones nuevas es altamente variable y frecuentemente poco realista. No obstante, señalan que debido a que los

cálculos del modelo no dependen en sí de las hipótesis, tanto el modelo como el método son valiosas herramientas para “entender” las limitaciones hídricas sobre la estructura y función de la vegetación. Algunos argumentos aportados a la discusión señalan lo siguiente:

Maximizar la humedad disponible del suelo también deja accesible el recurso para las especies competidoras. La humedad del suelo es tanto un recurso limitante como un factor amortiguador contra el estrés; por ello, resultaría más realista considerar la situación como un intercambio, en donde los beneficios competitivos de la transpiración de la planta (crecimiento y reproducción) están en balance con los costos de mortalidad por estrés.

Proponer que una comunidad vegetal que use menos del recurso limitante será la que domine sobre otras, contradice la mayoría del trabajo teórico y empírico realizado en sucesión vegetal. La idea de la humedad del suelo como recurso limitante implica que el sistema evolucionará a una minimización de ese factor, lo opuesto a lo planteado por Eagleson (1982). Se propone considerar la dinámica de la comunidad vegetal como un intercambio entre la producción y el estrés hídrico. La maximización de la humedad del suelo en equilibrio corresponde un estado sin transpiración, es decir, sin fotosíntesis. Tanto los problemas técnicos como lo concerniente a lo ecológico sugieren que la segunda hipótesis de optimización debe ser descartada.

Hatton et al (1997) destacan la importancia de la ecohidrología señalando el vínculo que se hace entre hidrología y ecología “con una aproximación dinámica – estadística que deriva un comportamiento hidrológico de gran escala basada en un equilibrio hipotético entre componentes biológicos e hidrológicos del ecosistema”. Hay tres parámetros que se encuentran casi universalmente en los modelos ecohidrológicos: la profundidad del suelo, la capacidad de agua retenida disponible y la profundidad de las raíces de las plantas. Son parámetros extremadamente difíciles de estimar a lo largo del paisaje.

La obra de Eagleson (2002), una propuesta ingenieril para resolver un problema ecológico muy complejo, parte de una visión gruesamente simplificada de los conceptos de la evolución de la vegetación (evolución darviniana de la especie y no de la comunidad de especies). No se consideran aspectos naturales complejos de importancia como la interacción biótica, y las respuestas inmediatas, aclimatación y adaptación al medio por parte de la vegetación. Se entiende la biología eminentemente como expresión del óptimo físico, y a partir de esa idea se considera que la presión de la selección natural maximiza el éxito reproductivo de la planta mediante la maximización de la producción de biomasa; se formula ese máximo de productividad en términos de las variables físicas que definen el clima, el suelo y lo que allí denominan rasgos “óptimos” de la vegetación, mediante formulación mecánica de argumentos de optimización, en la creencia de que la cuantificación es la clave para el entendimiento.

Dentro de los supuestos básicos usados en Ecohidrología para simplificar la problemática a resolver se encuentran: la selección natural se expresa en cada individuo (en el árbol) y no en la comunidad (la comunidad vegetal); los grupos funcionales de plantas permiten capturar las dinámicas

esenciales de los ecosistemas; (Eagleson, 2002; Hatton et al, 1997; Rodríguez-Iturbe y Porporato, 2004).

Otro de los supuestos importantes del estudio ecohidrológico de Eagleson (1982, 2002) es considerar los bosques como monocultivos, sin tomar en consideración los procesos laterales y las variaciones espaciales sistemáticas del flujo de agua y energía con paisajes adyacentes; esto tiene particular importancia para el trabajo de desarrollo del modelo de ribera que se está realizando, pues como señalan Hatton et al (1997) “de esta manera, se predecirán coberturas uniformes de vegetación en toda la cuenca, aún aquellas con evidentes áreas de ribera y los diversos cambios en cobertura asociados”.

El modelo conceptual ecohidrológico es a menudo fino y extraño para profesiones no ingenieriles y la formalización matemática es extremadamente compleja; esa puede ser la explicación del por qué la teoría del equilibrio no haya tenido mayor impacto que el de la controversia surgida en torno a ella (Hatton et al, 1997). De hecho, existen distintas aproximaciones no nacidas en esta propuesta que hacen uso del término “ecohidrología” con referencia a un enfoque hidrológico y ecológico en la ribera (Stromberg et al, 1993); la sesión específica de la EGU General Assembly 2005, denominada “Ecohydrology of riparian zones and floodplains”, en donde se trataron temas diversos de las interacciones de la ribera, sin la connotación de la propuesta de Eagleson (2002), es un claro ejemplo del uso del término dentro de otras connotaciones.

6.4.1.2.3.- Otros modelos enfocados en la dinámica de la vegetación

Terradas (2001) afirma rotundamente que no se dispone del instrumental de conceptos y métodos para entender a fondo el comportamiento de la vegetación y sus respuestas ante los cambios. Propone como más interesante el ver los errores que los aciertos de la simulación, porque este proceso puede ayudar a formular nuevas preguntas que guíen la observación de la naturaleza y crear conexiones interdisciplinarias.

La agregación conceptual es esencial para examinar las funciones ecológicas, pues sin algún grado de agrupación es imposible evaluar la respuesta de los ecosistemas dentro de un marco temporal requerido (Hatton et al, 1997). La forma más simple de formular un modelo de comunidad vegetal es quizás especificar las reglas que gobiernan el comportamiento de una planta individual durante su ciclo de vida. Dichas reglas pueden ser mecánicas (descripción de la toma y renovación de recursos) o fenomenológicas (por ejemplo, el crecimiento y supervivencia decrece con la densidad de otras plantas vecinas). Luego puede construirse un modelo del conjunto de plantas. Este tipo de modelos son biológicamente realistas, son de calibración empírica sencilla, y pueden extrapolarse a una escala espacio-temporal más allá de los límites de un programa experimental (Crawley, 1997).

Muchos modelos relacionan ideas de los modelos descriptivos con las dinámicas poblacionales de la vegetación. Las simulaciones pueden ir del lado del tratamiento de las poblaciones como conjuntos de individuos medios, o admitiendo variaciones en tamaños individuales o reconociendo

las posiciones de los individuos en el espacio. Dichos modelos pretenden predecir la evolución de la estructura, composición y/o funcionamiento de la vegetación, siendo los más comunes los siguientes: modelos de reclutamiento (germinación, propagación, etc.), crecimiento (incrementos en altura y diámetro), competencia geométrica, competencia por los recursos (factores limitantes del desarrollo de todos los individuos en un ambiente determinado) y mortalidad de individuos (Terradas, 2001).

Muchos modelos modernos se interesan por procesos y flujos, y tratan de simular el desarrollo de la biomasa de la parcela o rodal partiendo de la ecofisiología, tomando en cuenta la estructura vertical y espacial de la comunidad y datos sobre la reproducción, crecimiento y mortalidad de árboles y competencia (Terradas, 2001). Las tasas de crecimiento vegetal están determinadas por el área foliar total por planta y por la fracción de fotosintatos (los productos de la fotosíntesis) producidos diariamente requeridos para la respiración de las plantas (Lambers et al., 1998).

También existen modelos ecológicos que se basan en la dinámica de poblaciones o individuos, interesándose por las tasas de cambio en números de individuos de una sola especie o por la productividad de una o pocas especies (Terradas, 2001). Los modelos markovianos representan procesos estocásticos y no tratan de especies sino de estados del ecosistema, que suelen estar definidos por una especie dominante, o mediante técnicas de clasificación u ordenación; este enfoque sirve para plantear la sustitución de árboles individuales por otros, como de comunidades enteras por otras. El enfoque de comunidad es atractivo para ciertos investigadores pues no requiere gran cantidad de información demográfica y se ha usado para el estudio de cambios a lo largo del tiempo, sobre la base de mapas de uso del suelo o fotos aéreas o imágenes de satélite (Terradas, 2001).

En los modelos de transición markoviana, las tasas de cambio de un estadio a otro, pueden estimarse de formas distintas, y ante carencia de datos tomados de forma secuencial, pueden hacerse estimaciones sobre la base de la situación actual y alguna relación bien establecida para la zona o algún modelo de pronósticos. Las principales críticas a este tipo de modelos, es que la sucesión no es un proceso aleatorio, la historia es importante y los procesos no son estacionarios; sin embargo son ampliamente utilizados. Siempre que se tengan documentos de épocas distintas (mapas forestales o de vegetación, de usos o de cultivos, fotos aéreas o imágenes de satélite) pueden analizarse cambios sucedidos y calcular matrices de transición (Terradas, 2001).

Los modelos markovianos pueden servir para simular perturbaciones del medio sobre la comunidad vegetal, siendo recomendable para ello usar modelos espacialmente explícitos, por ejemplo usando autómatas celulares. Por otra parte, los modelos de paisaje se basan en la combinación de la dinámica de un conjunto de "manchas" o teselas, que pueden influirse o no mutuamente; cuando no se considera interacción entre estructura y dinámica de los elementos del mosaico, los modelos usados pueden ser de tipo markoviano, o autómatas celulares cuando sí se consideran dichas interacciones (Terradas, 2001). Los modelos del paisaje tienen potencialmente mayor poder de

predicción que los markovianos con referencia espacial, pues las probabilidades de transición suelen recibir la influencia de múltiples factores (Turner, 2005).

Para completar el tema de los distintos modelos de vegetación, Terradas (2001) nos habla de modelos combinados o integrados, a fin de combinar conocimientos precisos y detallados a escalas finas con los procesos de respuestas a escalas más globales (más directamente relacionadas con el medio y su gestión). El empleo de modelos de paisaje combinados con modelos markovianos tiene mucho interés para escalar a un ámbito territorial superior (esta aproximación requiere del uso de un SIG para el manejo de la información).

Los procesos de adaptación y aclimatación de las plantas ante factores ambientales, son procesos complejos que se reflejan en cambios de sus características particulares. Los modelos ecológicos se han usado para explorar qué tan significativo es un rasgo desde el punto de vista ecológico; pueden variar desde modelos simples de relaciones empíricas hasta complejos modelos matemáticos que incorporan muchos efectos indirectos en procesos fisiológicos o morfológicos de las plantas. En general persiguen identificar qué particular característica de la planta en determinadas condiciones permite un comportamiento óptimo, o bien, comparar los comportamientos de dos plantas que difieren en sus características (Lambers et al., 1998).

6.4.2.- Clasificación de la vegetación de ribera

Aunque diversos investigadores han recogido datos sobre la vegetación ribereña, existen pocos protocolos para el muestreo sistemático en las zonas, cuyos objetivos sean la precisión, la exactitud y la factibilidad de realización en campo. La mayoría de clasificaciones de vegetación de ribera utilizan áreas de muestreo entre los 4 y los 400 m² (Coles-Ritchie et al., 2004).

Veneklaas et al (2005) proponen un muestreo de vegetación, utilizando áreas de 20X20 metros, pues consideran que las dimensiones más grandes son inapropiadas debido a los elevados gradientes ecológicos que se dan en bosques de tan corta anchura. Pabst y Spies (1999) proponen un método de transectos para el monitoreo de regeneración y de cobertura forestal, con parcelas de 16 m² y de 256 m², respectivamente; mientras Samuelson y Rood (2004), con los mismos fines, proponen parcelas de 2 m² y 100 m² respectivamente. Stromberg et al (1996) usando transectos usan puntos de muestreo de 5X20 metros con el eje largo paralelo al cauce.

Existe un método de monitoreo de vegetación ribereña basado en secciones transversales de composición vegetal y medición de la evolución de la línea verde (del término inglés "greenline") aledaña al cauce (Winward, 2000). Coles-Ritchie et al (2004) realizaron un análisis de dicha propuesta y encontraron variabilidades asociadas a la difícil replicación exacta del método debido a la necesaria intervención de múltiples observadores en campo; señalan que dicho método es suficiente preciso para detectar grandes cambios (mayores del 20%) con tamaños de muestreo factibles (menos de 13 sitios en dos poblaciones vegetales), pero que un cambio menor (10%)

requiere más muestreo, lo que puede ser impracticable para ciertos estudios; el uso de rangos para las variables de la vegetación, a menudo sirve para hacer decrecer las variaciones entre observadores en campo; sin embargo, si los cambios en la zona de ribera ocurren en un largo plazo (lo más común), los rangos de variables pueden dejar de ser útiles.

Otros sistemas de monitoreo (Dieck y Robinson, 2004) a largo plazo de vegetación de grandes llanuras de inundación, utilizan mapas de uso del suelo y un sistema de clasificación para el mapeo. Aunque sin estar enfocado en la clasificación de la vegetación vale la pena mencionar otros dos estudios: la propuesta conceptual de Rasmussen et al (2000), que presenta elementos interesantes de monitoreo integral del paisaje de ribera, mediante el uso de la herramienta SIG y la morfología de la zona; el estudio de Suárez et al (2002) para clasificar la ribera en función de un índice de calidad del bosque de ribera.

Congalton et al (2002) evaluaron la clasificación de la vegetación con base en fotografía aérea y la comparación de los resultados con mapas generados a partir de clasificación de imágenes Landsat Thematic Mapper (TM). Su estudio demostró que las clasificaciones forestales actuales basadas en imágenes Landsat TM no desempeñan una buena labor de identificación de las características estructurales de la vegetación. El trabajo de campo es inseparable de la fotointerpretación de la zona de ribera.

De acuerdo con Coles-Ritchie et al (2004) es importante buscar una clasificación por “tipos de comunidad” utilizando especies “ecológicamente equivalentes”, es decir, especies dominantes que crezcan en hábitats similares y desempeñen funciones similares para poder hacer comparaciones válidas. Señalan que las diferencias taxonómicas, no siempre son importantes para tratar de entender la función del ecosistema de ribera. Además, mencionan el gran debate existente respecto al uso de “comunidades vegetales tipo” (del término inglés “community types”) puesto que podrían no considerarse entidades reales, o determinarse consistentemente.

Enfocados en los conceptos de comunidad vegetal de ribera y especies vegetales, estudios como los de Capon (2003) y Rodríguez-González et al (2004) proponen demostrar, mediante análisis estadístico, la influencia que ejercen los pulsos de inundación para la estructura de la comunidad vegetal, o bien el control que ejerce el régimen hidrológico en los patrones florísticos y estructurales de la comunidad vegetal, respectivamente. En dicho contexto y referido a la vegetación de ribera en paisajes agrícolas del Mediterráneo está el de Corbacho et al (2003)

Otros estudios con perspectiva del análisis estadístico (mayormente análisis de correspondencias canónicas) de la relación entre la dinámica florística de la vegetación de ribera y factores abióticos o que tienen visión de comunidad vegetal filogenética, son los de Aguiar et al (2000), Baker y Walford (1995), Bernez et al (2004), Chauhan y Gopal (2005), Drezner et al (2001), Ferreira y Moreira (1999), Sánchez Rodríguez (2001), Stave et al (2005), Tabacchi y Planty-Tabacchi (2003), Veneklaas et al (2005).

6.4.2.1.- Tipos funcionales de vegetación

Los términos “tipo funcional de vegetación” (PFT del inglés “Plant functional type”) y “grupo funcional de vegetación (PFG)” son sinónimos y se refieren a una clasificación por grupos no filogenéticos de organismos que responden de forma similar a factores ambientales y tienen efectos similares en los procesos dominantes del ecosistema (Baird y Maddock III, 2005; Williams et al, 1998). La descripción PFT de especies vegetales dominantes en zonas de ribera, debe reconocer las respuestas de dichas especies al ambiente y tomar en cuenta el tipo de cauce (efímero, perenne, etc.) o condición de hábitat (Williams et al, 1998).

Las plantas se pueden clasificar según la duración del ciclo de vida, del tipo de crecimiento y desarrollo de la siguiente forma:

Plantas Herbáceas: Se caracterizan por carecer de tejidos leñosos, tener un porte pequeño y un ciclo de vida corto. Estas plantas se subdividen de la siguiente manera:

Anuales: Solo tienen un 1 año de vida y mueren al acabar la estación de condiciones más favorables

Bianuales: Son plantas predominantemente rastreras, cuyo ciclo de vida es de 2 años debido a que necesitan más tiempo para desarrollar sus órganos reproductivos (flores, frutos y semillas).

Vivaces: Plantas que duran más de 2 años debido a que cuando sufren condiciones de estrés (Ej. Estrés hídrico), la parte aérea muere pero la parte subterránea sobrevive y rebrota al año siguiente debido a la presencia de órganos de almacenamiento como rizomas y bulbos en el sistema radicular.

Plantas Arbustivas: Son plantas que tienen tejidos leñosos (*compuestos por celulosa y lignina*). Estos tejidos tienen como finalidades principales el sostenimiento de las plantas y el transporte de agua, nutrientes y azúcares. Tienen una altura intermedia entre las herbáceas y las arbóreas, y principalmente se diferencian de estas últimas en que tienden a desarrollar un crecimiento horizontal y no vertical.

Plantas Arbóreas: Son plantas también leñosas de altura mayor a 3 m, y que se diferencian principalmente de las arbustivas en el que predomina el crecimiento vertical, desarrollando un fuste o tronco. Este desarrollo se debe a la fuerte presencia de las hormonas de auxina, producidas en la yema apical que evitan que estas plantas se ramifiquen en la base.

De acuerdo con Webb y Leake (2006) hay dos tipos de vegetación en la zona de ribera: las obligadas, que dependen de un abastecimiento de agua durante todo el año, y las facultativas que

pueden vivir tanto en ambientes ribereños como en laderas más áridas. Ambos tipos de vegetación pueden ser freatofitas, por lo que la línea entre obligadas y facultativas puede ser borrosa.

Respecto a la vegetación no característica de la ribera, Tabacchi et al. (1998) presentan tres tipos: (i) las plantas exóticas, que son especies ribereñas o no ribereñas que se originan en otros países y que invaden los corredores de ribera en función de las actividades humanas; (ii) las plantas “ruderales” (especies vegetales ligadas a las actividades humanas), que se caracterizan por su adaptación al estrés bajo y alteraciones ambientales altas y que pueden ser específicas de los corredores de ribera; (iii) las “externas” que son las especies que no son ni exóticas ni “ruderales” pero que no pueden incluirse dentro de la flora ribereña usual y que pueden estar presentes en la zona de transición con la ladera y que cuando las condiciones son favorables ocasionalmente pueden colonizar la ribera.

La clasificación PFT de la ribera, con énfasis en su hidrología y sus recursos bióticos, puede basarse en rasgos útiles como las fuentes de agua de las plantas, las tasas y procesos de transpiración del dosel y el intercambio de energía, las respuestas de los estomas a cambios climáticos, la arquitectura hidráulica de la planta y la tolerancia a la sequía (Williams et al, 1998). La relativa abundancia de agua en los bosques de ribera provoca que las especies vegetales que no toleran la sequía se perpetúen en la zona (Brinson & Verhoeven, 1999).

El concepto de la “fuente de agua utilizada por las plantas” (de lo que se dará detalle más adelante) introdujo en el pensamiento de la clasificación por tipos de vegetación, el criterio de separar aquellas especies que dependen en gran medida del agua de la zona saturada para su transpiración. Así se introdujeron dos tipos: las freatofitas obligadas y las freatofitas facultativas

Las freatofitas obligadas son las plantas que envían sus raíces hacia o debajo de la zona capilar (capillary fringe) para usar exclusivamente agua subterránea (Horton et al, 2001; Lite y Stromberg, 2005; Snyder y Williams, 2000). Muchos modelos hidrológicos ampliamente usados (Maddock III y Baird, 2003; McDonald and Harbaugh, 1988; Scott et al, 2000) asumen que los árboles de ribera derivan su agua principalmente de la zona saturada de la zona saturada del suelo; sin embargo de acuerdo con Snyder y Williams (2000) eso es claramente es una sobre simplificación (Snyder y Williams, 2000). Las freatofitas facultativas son plantas que pueden sobrevivir en ambientes de tierras altas donde el agua subterránea no está disponible; su uso de agua subterránea es de forma oportunista (Horton et al, 2001; Snyder y Williams, 2000).

En el estudio de Brookes et al (2000) se modela el comportamiento de la vegetación ribereña a nivel de categoría o tipo de vegetación, con datos de especies indicadoras para la parametrización. Se identificaron tres tipos básicos de vegetación con base en el hábito de crecimiento de las plantas, su profundidad radicular y su longevidad y estacionalidad. Los tres tipos de plantas son: herbáceas, arbustivas y freatofitas.

En el modelo REMM (Altier et al, 2002; Lowrance et al, 2000) se clasifica por tipos de vegetación ribereña, considerando su posición en el dosel (alto o bajo) y su ubicación respecto al cauce. Los tipos de vegetación incluyen: especies herbáceas del dosel bajo (anuales y perennes); especies arbóreas de hoja ancha (caducifolias de otoño o primavera; o con hojas marcescentes); especies coníferas (con hojas de corta, mediana o larga longevidad).

Según Baird y Maddock III (2005), Maddock III y Baird (2003), Stromberg et al (1996) se pueden definir cuatro grupos funcionales de vegetación de ribera, con base en sus tasas de transpiración, profundidades radiculares, y los rangos de tolerancia de escasez o exceso de agua subterránea:

Obligadas de humedal: plantas que requieren de suelos en condiciones de saturación o agua permanente. La mayor parte de estas especies son herbáceas, generalmente con sistemas radiculares superficiales. Algunas especies que tipifican este grupo son *Typha angustifolia*, *Scirpus holoschoenus*, *Arundo donax*.

Ribereñas de raíz poco profunda: especies normalmente herbáceas que requieren niveles freáticos poco profundos, pues el agua subterránea es la que más utilizan; sin embargo, tienen limitada tolerancia a períodos extensos de saturación del suelo. Entre las especies se encuentran: *Calystegia sepium*, *Apium nodiflorum*.

Ribereñas de raíz profunda: son especies freatófitas intolerantes a la sequía como *Populus* spp. y *Salix* spp. Dependen del nivel freático somero para el establecimiento, crecimiento y transpiración. En general, las especies del grupo tienen tolerancia estacional limitada para períodos extensos de saturación del suelo.

Ribereñas de Transición o facultativas: Son especies que aunque no dependen estrictamente de niveles freáticos someros, tienen requerimientos de agua que generalmente exceden a los de especies de ladera adedañas. Existen generalmente en los márgenes exteriores de sistemas ribereños o sobre cauces efímeros. Algunos ejemplos son: *Nerium oleander*, *Viburnum tinus*, *Sambucus ebulus*, *Celtis australis*.

Stromberg et al (1996) proveen un listado a detalle de posibles especies a incluir en estos cuatro grupos.

Las propuestas de Altier et al (2002), Baird y Maddock III (2005), Brookes et al (2000), Horton et al (2001) Lowrance et al (2000), Maddock III y Baird (2003), Snyder y Williams (2000), Stromberg et al (1996), y Webb y Leake (2006) y sobre los PFT de ribera, muestran que es frecuente el uso del hábito de crecimiento (arbóreo, arbustivo o herbáceo), la profundidad radicular, la fuente de agua utilizada y la posición respecto al cauce, como criterios de clasificación. Un detallado análisis de cada una de las propuestas muestra coincidencias importantes que pueden utilizarse como vínculo

y marco contextual para el planteamiento de hipótesis de clasificación de la vegetación ribereña según PFT.

6.4.2.2.- Clasificación utilizada para los de tipos funcionales de vegetación

Para los tramos de estudio de la demarcación del río Júcar se ha realizado una clasificación con 4 tipos funcionales de vegetación. Esta clasificación está basada en el hábito de crecimiento de las especies vegetales, en la profundidad radicular, en la demanda de agua e indirectamente en la posición con respecto al cauce. Dicha clasificación es la siguiente:

Herbáceas de Ribera (RH): Son las plantas sin tejidos leñosos que requieren suelos en condiciones de saturación permanente. Tienen un sistema radicular generalmente poco profundo y por ello se encuentran normalmente en zonas más cercanas a la lámina de agua del río, donde hay una elevación reducida con respecto al nivel freático. En este grupo se encuentran tanto las herbáceas de reducido tamaño (*Apium nodiflorum*) como otras de tamaño considerable como son las cañas alóctonas (*Arundo donax*) que pueden llegar a tener hasta los 5 metros de altura. Se considera el estado más regresivo de la vegetación de ribera después del suelo desnudo.

Juveniles de ribera, pequeños arbustos y enredaderas (RJ): Los juveniles de ribera son individuos de pocos años de edad de especies leñosas (*Populus* spp y *Salix* spp) que durante las fases avanzadas de su desarrollo formarán parte de los estados más evolucionados del ecosistema fluvial. Aunque en esta fase tienen un porte todavía reducido, la longitud de las raíces es bastante elevada en comparación con la parte aérea, debido a su búsqueda del nivel freático. En este tipo funcional también se incluye a los pequeños arbustos (o matorrales) y a las plantas enredaderas (o lianas). Esto es debido a que estas plantas, también leñosas, tienen un desarrollo radicular que se asemeja más a las plantas juveniles que a las plantas arbóreas y arbustivas de gran tamaño.

Árboles adultos de ribera y grandes arbustos (RA): En este grupo se incluyen las especies leñosas (tanto arbóreas como arbustivas) de gran tamaño y en estado maduro. Representan el estado más evolucionado del ecosistema de ribera, lo que se conoce como bosque de galería. Las raíces son de gran longitud y tienen una eficiencia bastante elevada para extraer agua del nivel freático. Por otro lado tienen cierta tolerancia a la asfixia radicular, pero aun así en menor grado que las herbáceas de ribera.

Vegetación terrestre (TV): Se incluyen las especies vegetales (herbáceas, arbustivas y arbóreas), que no forman parte del ecosistema acuático propiamente dicho. Son las especies que poblarían la zona (dependiendo de las características climatológicas y edafológicas) si no hubiera un curso de agua y si el nivel freático no fuera somero. El límite entre la vegetación terrestre y la de ribera resulta fundamental para determinar el contorno de la zona de estudio. En algunas zonas existen parches de transición donde hay plantas tanto terrestres como

riparias. Por ello estos parches intermedios son muy útiles para determinar la influencia que tiene la orografía sobre las series temporales de caudales del río.

En la siguiente tabla se muestra la vegetación observada en cada uno de los parches del tramo de estudio de Lorcha (río Serpis). Para cada parche se muestra: las especies o grupos de especies más representativos, el tipo grupo funcional en el que han sido clasificados y el grado de cobertura vegetal de las copas.

Tabla 6.8. Parches de Vegetación del tramo Lorcha del río Serpis

Código Parche	Vegetación Observada más Representativa	Tipo Funcional Observado	Grado de Cobertura Vegetal de las Copas ()
1	Herbazal de ribera en zona encharcada permanentemente	RH	1.00
2	Adelfas	RA	1.00
3	Herbazal de ribera	RH	1.00
4	Herbazal en isla con gran impacto de inundación	RH	0.90
5	Cañaveral	RH	1.00
7	Herbazal de ribera	RH	0.95
8	Carrizal con regeneración de Sauces (impacto de avenida alto)	RH-RJ	1.00
9	Herbazal de ribera	RH	0.75
10	Sauces (restos acumulados en troncos por arrastre en avenida)	RJ	1.00
11	Cañaveral	RH	1.00
12	Zarzal con Cañaveral	RH-RJ	1.00
13	Adelfas y Majuelos - Impacto de avenida	RA	1.00
14	Adelfas, Lentiscos y Pinos	TV	0.95
15	Herbáceas de ribera en lengua de grava	RH	0.80
16	Chopos, Sauces y Majuelos	RA	1.00
17	Carrizal y pequeña cantidad de <i>Apium nodiflorum</i>	RH	0.95
18	Herbazal mezclado con Chopos, Sauces y Adelfas	RH-RA	1.00
19	Herbazal húmedo de <i>Apium nodiflorum</i>	RH	0.80
20	Cañaveral en isla	RH	1.00
21	Mezcla de Chopos con vegetación terrestre (Pinos, Lentiscos...)	RA-TV	1.00
23	Sauces, Majuelos y Adelfas	RA	0.70
24	Lentiscos	TV	1.00
25	Majuelos y Zarzas	RJ-RA	1.00
26	Lentiscos con Adelfas	RA-TV	1.00
27	Zarzal con Adelfas y Saucos	RJ-RA	1.00
29	Carrizal y Zarzas	RH-RJ	1.00
30	Lentiscos con Adelfas	TV	0.90
31	Adelfas, Zarzas, Majuelos y Rosal silvestre	RJ-RA	1.00
32	Zarzal	RJ	0.60
33	Carrizal mas herbazal de orilla	RH	1.00
34	Sauces, Chopos, Adelfas	RA	1.00
35	Carrizo y Herbazal	RH	1.00
36	Eneas	RH	1.00
37	Adelfas, Zarzas y algo de Equisetos	RJ-RA	1.00
38	Herbazal de ribera	RH	1.00
39	Chopos y Vegetación Terrestre	RA-TV	1.00

Código Parche	Vegetación Observada más Representativa	Tipo Funcional Observado	Grado de Cobertura Vegetal de las Copas ()
40	Chopos, Zarzas y otras Herbáceas	RA	1.00
41	Herbazal de ribera	RH	0.80
42	Regeneración de Chopos y Herbazal de ribera	RH-RJ	1.00
43	Adelfas y Juncos	RH-RA	1.00
44	Mezcla de Sauces juveniles y adultos	RJ-RA	1.00
45	Mezcla de Chopos adultos y juveniles	RJ-RA	0.85
46	Herbazal de ribera	RH	0.90
47	Sauces y Chopos adultos	RA	1.00
48	Herbazal de ribera	RH	1.00
49	Adelfar con Zarzas y Juncos	RJ-RA	1.00
50	Adelfar con Lentiscos y Aladiernos	RA-TV	1.00
51	Sauces y Zarzas	RJ-RA	0.95
52	Adelfas con Juncos	RH-RA	0.85
53	Zarzal	RH-RJ	1.00
54	Ecosistema forestal del contorno	TV	1.00
55	Ecosistema forestal del contorno	TV	1.00

En la siguiente tabla se muestran los nombres científicos de las especies mencionadas anteriormente:

Tabla 6.9: Nombres comunes y científicos del tramo Lorcha de río Serpis

Nombre Común	Nombre Científico
Adelfa	Nerium oleander
Aladierno	Rhamnus alaternus
Caña	Arundo donax
Carrizo	Phragmites australis
Chopos	Populus sp.
Enea	Thypha latifolia
Junco Común	Scirpus holoschoenus
Lentisco	Pistacia lentiscus
Majuelos	Crataegus monogyna
Pino	Pinus halepensis
Rosal Silvestre	Rosa canina
Sauces	Salix sp.
Sauco	Sambucus sp.
Zarzas (Zarzamora)	Rubus ulmifolius

A continuación se muestra un mapa del tramo del estudio de Lorcha con los parches de vegetación clasificados en tipos funcionales:

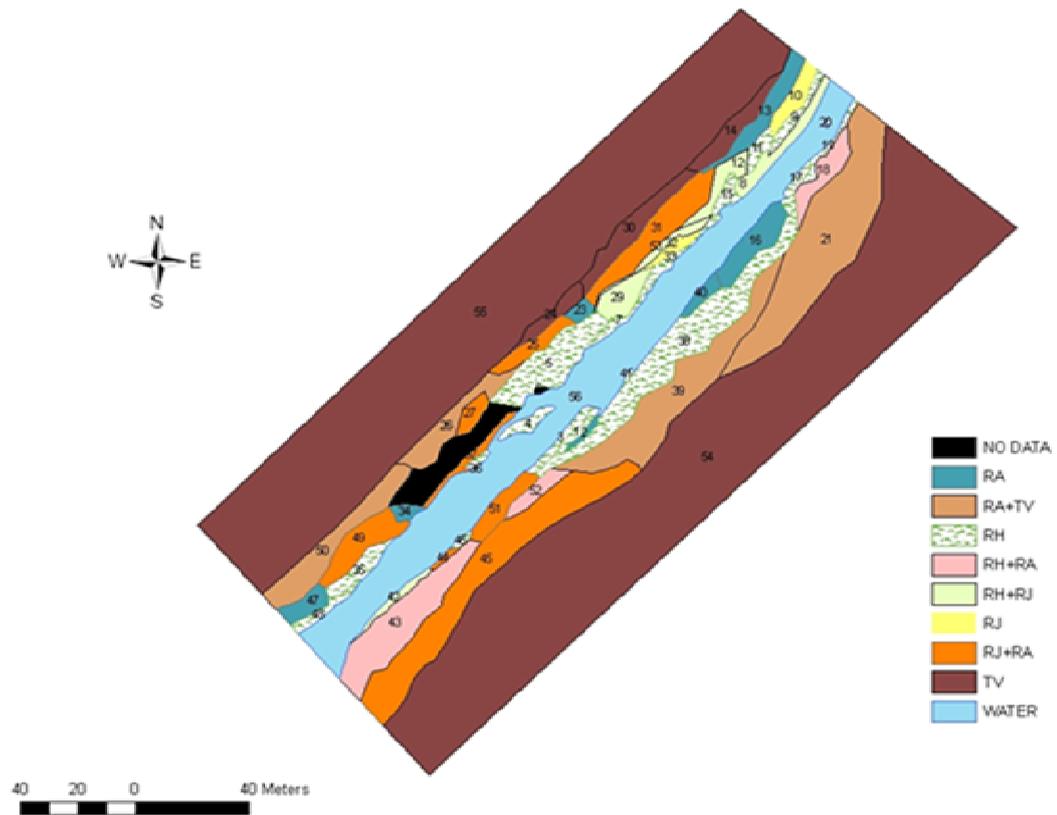


Figura 6.6. Mapeo de tipos funcionales de vegetación en el tramo de Lorcha en el río Serpis.

7.- CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO

7.1.- SERIES HIDROMETEOROLÓGICAS

Tanto para la calibración del modelo como para la validación del mismo, es necesario disponer de información hidrometeorológica histórica en cada uno de los tramos seleccionados. Dicha información debe aproximarse lo más rigurosamente posible a la realidad ocurrida en los tramos de estudio y ser representativa en la obtención de resultados del modelo.

Las variables hidrometeorológicas de partida en el modelo RibAV son Precipitación (P), Evapotranspiración potencial (ET_0), y Caudal (Q).

Las redes de medida de precipitación, temperaturas y caudales, aportan datos históricos reales medidos en diferentes puntos cercanos a los tramos de estudio (Banco Nacional de Datos Climatológicos de la Agencia Estatal de Meteorología, AEMET; Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX; Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, IVIA).

En otros casos, como es el de la Evapotranspiración potencial (ET_0), se dispone de estimaciones precisas obtenidas a partir de la ecuación de Penman-Monteith (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, IVIA) cuya fiabilidad ha sido comprobada en varias ocasiones (Allen *et al.*, 1989; Smith *et al.*, 1992; Sousa y Santos Pereira, 1999; Temesgen *et al.*, 1999; Ventura *et al.*, 1999; Allen *et al.*, 2000; Irmak *et al.*, 2002). Éstas han servido para calibrar las estimaciones realizadas en los tramos de estudio, de tal modo que la incertidumbre incluida en el modelo ha sido reducida al máximo. Se parte así, para la obtención de datos de ET_0 , de expresiones más sencillas que requieren un menor número de parámetros y que se basan en datos medidos de temperatura.

El cálculo de la Precipitación se ha realizado partiendo de datos diarios facilitados por la AEMET. Dado que las estaciones se encontraban, en la mayoría de los casos, a una cierta distancia de cada tramo de estudio, ha sido necesaria una interpolación lineal de los mismos.

Cuando la densidad de la red de instrumentación pluviométrica dentro de la cuenca es baja y dispersa, los distintos métodos entre sí arrojan resultados comparables (Tabios y Salas, 1985). Por este motivo se ha considerado oportuno el empleo de un método sencillo para la interpolación a cada tramo de las series de precipitación: el inverso de la distancia al cuadrado. Este método consiste en la obtención de factores de ponderación w_{0j} , función de la distancia existente entre el punto (x_0, y_0) donde se quiere estimar el valor de la variable y las estaciones de medición (x_j, y_j) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$w_{0j} = \frac{1}{d_{0j}^2} \bigg/ \sum_{i=1}^n \frac{1}{d_{0i}^2}$$

Donde n es el número de estaciones de medición empleadas, siendo:

$$d_{0j} = \sqrt{(x_0 - x_j)^2 + (y_0 - y_j)^2}, \quad j = 1, \dots, n$$

El valor de la precipitación en el punto central del tramo de estudio en cada caso se ha estimado como el sumatorio del producto del correspondiente factor de ponderación por el valor puntual registrado en cada una de las estaciones de medición, según la expresión:

$$P_0 = \sum_{j=1}^n w_{0j} P_j$$

Para cada uno de los tramos se dispone de un número variable de estaciones meteorológicas de partida, con periodos de tiempo diferentes y, en la mayoría de los casos, con series intermitentes de precipitación o datos ausentes. Dado que el número de estaciones con registros de precipitación es suficiente en todos los casos, no ha sido necesario completar las series previamente y se ha realizado la interpolación considerando en cada día de la serie únicamente las estaciones que disponían de dato fiable.

Este hecho ha requerido la construcción de una matriz de pesos, que recoge cada una de las posibles combinaciones encontradas a la hora de interpolar, en cada uno de los tramos analizados.

Para completar aquellos registros en los que sólo se dispone de datos en una de las estaciones meteorológicas se ha realizado una regresión lineal entre dicha serie y la interpolada al tramo, considerando únicamente aquellos días en los que la interpolación al tramo se había realizado con al menos tres estaciones circundantes.

Por último, en los casos en los que algunos registros no se podían calcular del modo anterior, por no existir dato en ninguna de las estaciones, se ha calculado la serie diaria media del tramo para un año completo y se ha tomado el valor medio correspondiente al día en cuestión. Se ha considerado este método el más oportuno por haberse localizado varios registros ausentes consecutivos, hecho que limitaba la posibilidad de completar con la media de los registros más cercanos en la mayoría de los casos.

Se ha seguido el mismo planteamiento para la interpolación de las series de temperaturas diarias (máxima, mínima y media), necesarias para la estimación de la ET_0 .

La temperatura es una variable que presenta una correlación lineal importante con la cota, z . Por este motivo se ha incluido la siguiente corrección en el cálculo de la variable interpolada a cada tramo:

$$T_0 = \sum_{j=1}^n w_{0j} [T_j + \beta (z_0 - z_j)]$$

Donde β representa la variación de la temperatura con la altura sobre el nivel del mar. Este gradiente se encuentra entre 5 y 8° C por cada mil metros de elevación, con un valor medio de 6.5 ° C/1000m (Marco, 1981). Dada la estabilidad del incremento de la temperatura con la altura, se ha empleado este valor medio en aquellos casos en los que no ha sido posible obtener una calibración concluyente del mismo, bien por la ocurrencia de condiciones microclimáticas en algunas de las estaciones, o por no disponerse de un número suficiente de las mismas.

Disponiendo de las series de temperaturas interpoladas a cada uno de los tramos se procedió a la calibración del cálculo de la ET_0 (mm/día). Partiendo de los registros de temperatura medidos en la estación de Planes (IVIA), se ha calibrado el factor corrector en la ecuación simplificada de Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985; Samani, 2000) de tal modo que la ET_0 calculada por este método se aproximara al máximo a la ET_0 calculada por el IVIA mediante la ecuación de Penman-Monteith. La ecuación de Penman-Monteith combina el efecto indirecto de la temperatura, a través de la radiación solar, y la resistencia aerodinámica. Es la más reconocida y la más empleada pero presenta el inconveniente de requerir una gran cantidad de información (temperatura del aire, humedad, albedo, presión atmosférica, nubosidad, etc.) que en muchos casos es desconocida.

La fórmula de Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985) para evaluar la ET_0 necesita únicamente datos de temperaturas y radiación solar. La expresión general es la mostrada a continuación:

$$ET_0 = 0.0135 (t_{med} + 17.78) \cdot R_s$$

Donde ET_0 es la evapotranspiración potencial diaria (mm/día), t_{med} es la temperatura media (°C) y R_s es la radiación solar incidente (mm/día).

La radiación solar incidente, R_s , se evalúa a partir de la radiación solar extraterrestre, R_0 , la cual se obtiene de tablas en función de la latitud del lugar y del mes (Allen et al., 1998). Para la obtención de la radiación solar incidente, R_s , Samani (2000) propone la siguiente fórmula:

$$R_s = R_0 \cdot KT (t_{\max} - t_{\min})^{0.5}$$

Tanto los valores de temperaturas máximas y mínimas (t_{\max} y t_{\min}), por ser datos empíricos, como los de radiación solar extraterrestre (R_0), por estar tabulados, son datos relativamente sencillos de obtener (Allen *et al.*, 1998). La dificultad en la aplicación de la expresión se encuentra en el coeficiente KT . Éste es un coeficiente empírico que se puede calcular a partir de datos de presión atmosférica, pero Hargreaves (Samani, 2000) recomienda $KT = 0.162$ para regiones del interior y $KT = 0.19$ para regiones costeras.

Sustituyendo el valor de R_s en la primera expresión, y tomando para el coeficiente KT el valor medio de 0.17, se obtiene como resultado la expresión citada con más frecuencia en la bibliografía (Hargreaves y Allen, 2003):

$$ET_0 = 0.0023 (t_{med} + 17.78) \cdot R_0 (t_{\max} - t_{\min})^{0.5}$$

Se ha pretendido en este trabajo minimizar el error entre los resultados arrojados por esta ecuación simplificada y los estimados en la estación de Planes por el IVIA mediante la ecuación de Penman-Monteith. Para ello se ha calibrado el factor corrector, FC , en la expresión:

$$ET_0 = FC (t_{med} + 17.78) \cdot R_0 (t_{\max} - t_{\min})^{0.5}$$

El mínimo el error cuadrático medio, entre las dos series de ET_0 , se ha obtenido con un valor optimizado para FC de 0.001887 en Planes.

Partiendo de los datos de temperaturas interpolados a cada tramo, se han obtenido los valores diarios de ET_0 con la expresión anteriormente calibrada:

$$ET_0 = 0.001887 (t_{med} + 17.78) \cdot R_0 (t_{\max} - t_{\min})^{0.5}$$

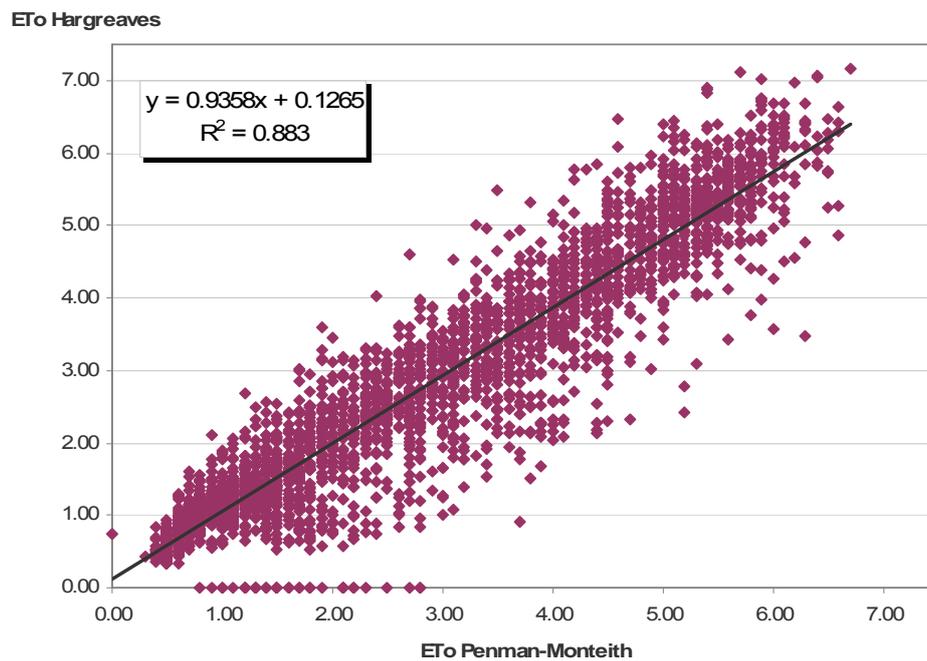


Figura 7.1. Comparación de resultados en la estimación de la ET_0 según el método empleado: Hargreaves y Penman-Monteith.

El cálculo de caudales se ha realizado por interpolación de diferentes estaciones de aforo, teniendo en cuenta la superficie de cuenca drenante en los tramos en régimen natural y con simulaciones del modelo PATRICAL para aportaciones no aforadas en régimen alterado.

7.1.1.- Río Serpis en Lorcha

Para el cálculo de la serie de precipitación diaria en este tramo se han empleado las siguientes estaciones meteorológicas de la AEMET:

Tabla 7.1. Estaciones AEMET empleadas en el cálculo de precipitaciones en el tramo Lorcha del río Serpis

Tramo	Descripción	Nombre de la estación	Indicativo	Altitud	Longitud	Latitud	Periodo de datos de Precipitación	Provincia
Lorcha	Río Serpis, aguas abajo del embalse de Beniarres, en las cercanías de Lorcha y a la entrada del denominado Barranco del Infierno	Beniatjar les Planises	8286	841	2417	385023	01/50-08/09	Valencia
		Montichelvo	8070	257	2017	385330	05/51-04/70	
		Pantano de Beniarres	8067	296	2127	384900	01/50-09/09	Alicante
		Villalonga	8068E	90	1217	385300	11/68-12/81	Valencia
		Villalonga Cooperativa	8068I	95	1228	385317	05/92-09/05	

Se han interpolado las series en base a la siguiente matriz de pesos:

Tabla 7.2. Matriz de pesos empleados en el cálculo de precipitaciones en el tramo Lorcha del río Serpis

W_{oj}	PANTANO DE BENIARRES	BENIATJAR LES PLANISES	MONTICHELVO	VILLALONGA	VILLALONGA COOPERATIVA
w11000	0,681	0,319	0,000	0,000	0,000
w11100	0,343	0,161	0,496	0,000	0,000
w11110	0,307	0,144	0,444	0,105	0,000
w11010	0,553	0,259	0,000	0,189	0,000
w11001	0,551	0,258	0,000	0,000	0,191
w01100	0,000	0,245	0,755	0,000	0,000
w01001	0,000	0,575	0,000	0,000	0,425

Se dispone de este modo de la serie histórica de precipitaciones, en el tramo en Locha, comprendida en el periodo 01/01/1950 – 30/09/2009. De este periodo se ha representado a continuación el periodo de simulación que comprende entre 01/10/1998 y 30/09/2009.

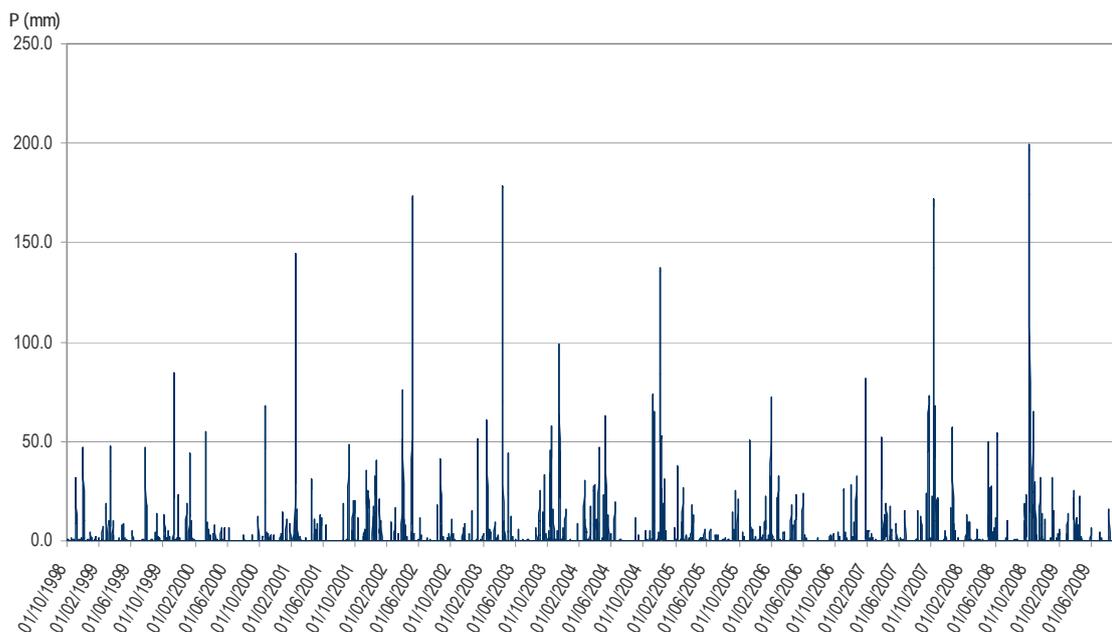


Figura 7.2. Precipitación diaria (mm) del tramo Lorcha del río Serpis (Periodo 1998-2009)

Para el cálculo de las series de temperatura en este tramo se han tomado las series correspondientes a la estación meteorológica de Beniatjar Les Planises (AEMET) y, por regresión en los años comunes con la estación de Planes (IVIA), se han completado las series de temperatura (máxima, mínima y media) en esta última, conservando los registros reales medidos en la propia estación durante el periodo 2000-2005.

Se obtuvieron de este modo series de temperatura en Planes lo suficientemente largas para proseguir el procesado de los datos. Para completar los datos ausentes se han realizado nuevas regresiones, esta vez entre las estaciones de Villalonga y Villalonga Cooperativa (AEMET) con los datos comunes a Planes.

Tras completar la serie de Planes con las estaciones meteorológicas de Beniatjar Les Planises, Villalonga y Villalonga Cooperativa (AEMET), aún se presentaban intervalos de tiempo en los que no se disponía de datos en ninguna de las estaciones. Se ha extraído la media para cada día de cada mes con los datos de ese mismo día en toda la serie de Planes (sin considerar los datos ausentes) y se ha obtenido una serie media de un año completo para temperatura máxima y otras dos, para temperatura mínima y media. Con estas series diarias medias se han completado finalmente los datos ausentes en las series de Planes, en el periodo 01/10/1998 – 30/09/2009.

Tabla 7.3. Estaciones AEMET y estaciones IVIA empleadas en el cálculo de temperaturas en el tramo Lorcha del río Serpis

Tramo	Descripción	Nombre de la estación	Indicativo	Altitud	Longitud	Latitud	Periodo de datos de Temperatura	Provincia
Lorcha	Río Serpis, aguas abajo del embalse de Beniarres, en las cercanías de Lorcha y a la entrada del denominado Barranco del Infierno	Beniatjar Les Planises (AEMET)	8286	841	2417	385023	01/45 - 06/09	Valencia
		Planes (IVIA)	46	519	2104	384708	01/00 - 05/09	Alicante
		Villalonga (AEMET)	8068E	90	1217	385300	02/69 - 10/81	Valencia
		Villalonga Cooperativa (AEMET)	8068I	95	1228	385317	05/92 - 02/00	

Partiendo de estas series y utilizando el valor medio para el factor corrector de cota ($\beta = 6.5 \text{ }^\circ\text{C}/1000\text{m}$), se han estimado las series de temperaturas en el tramo de estudio, río Serpis en Lorcha, con una cota de 240 m.

A partir de las series calculadas para el tramo de temperatura máxima, media y mínima, se ha estimado la evapotranspiración potencial (ET_0) mediante la ecuación de Hargreaves simplificada, con un valor optimizado para FC de 0.001887 en Planes, como se ha descrito anteriormente.

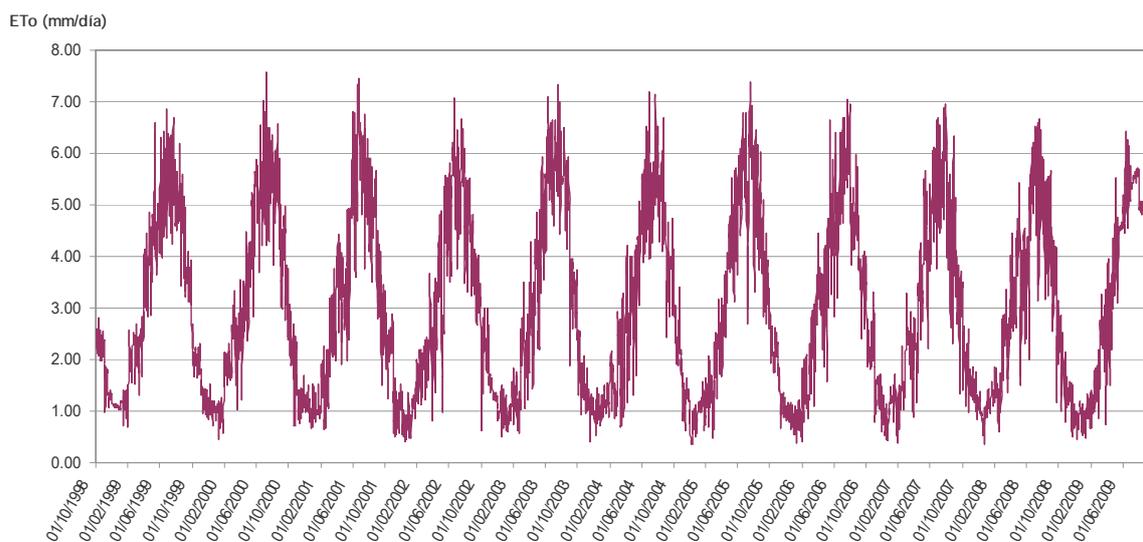


Figura 7.3. Evapotranspiración potencial diaria (mm/día) del tramo Lorcha del río (Periodo 1998-2009)

El cálculo de caudales se ha realizado tomando como referencia, tanto en régimen natural como en régimen alterado, los aforos históricos de la estación de Villalonga del CEDEX, situada aguas abajo del tramo a una distancia de 3,12 Km.

Tabla 7.4. Estaciones de aforos y embalses del CEDEX empleados en el cálculo de caudales en el tramo Lorcha del río Serpis

Tramo	Tipo	Nombre	Código	Situación	Año Inicio	Año Fin
Lorcha	Embalse-Salidas	Beniarrés	8007	A. Arriba	1957	2006
	Estación de Aforo	Villalonga	8071	A. Abajo	1911	2005

Se han descartado las salidas del Embalse de Beniarres por ser importantes las aportaciones aguas abajo del mismo, antes del tramo en Lorcha y por existir además demandas de pequeños regadíos (Alcoia y el Comtat). No existe ningún inconveniente a la hora de tomar como referencia los caudales aforados en la estación de Villalonga. Hay que considerar que, además de ser mínima la distancia entre el tramo y dicha estación de aforos, el cauce es entre ambos puntos un profundo desfiladero sin aportaciones sustanciales. Las detracciones por parte de la población de Lorcha, entre el tramo y la estación, no se han tenido en cuenta por ser los retornos al cauce superiores al 90 % y ser además anteriores a la medida de aforo.

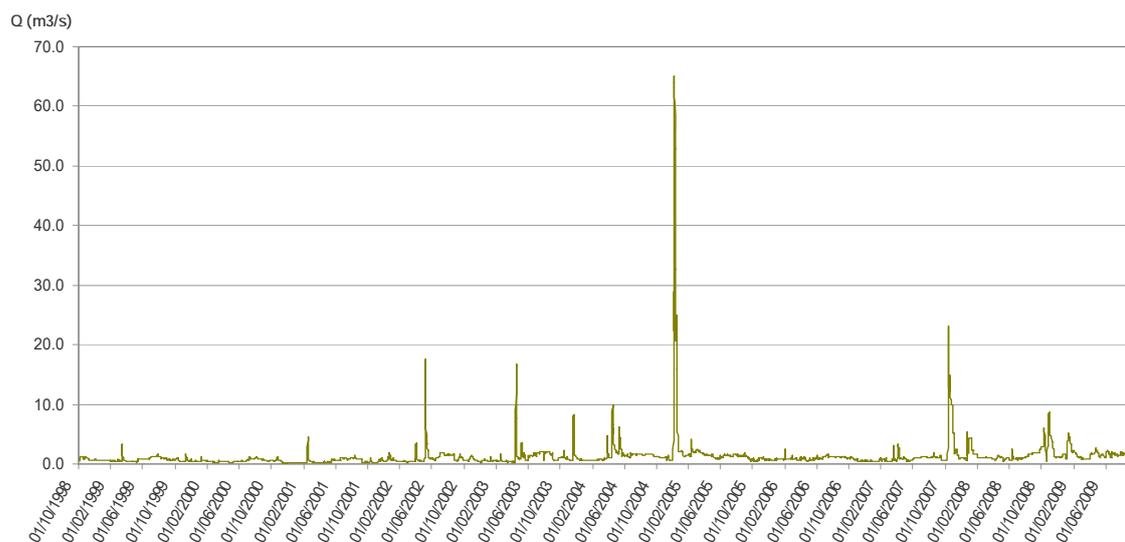


Figura 7.4. Aportaciones diarias (m^3/s) del tramo Lorcha del río (Periodo 1998-2009)

Los valores medios mensuales muestran como la presencia del pantano de Beniarrés, y la consiguiente regulación, provoca que el régimen de caudales no se corresponda con las variaciones en la distribución de las precipitaciones en los meses estivales.

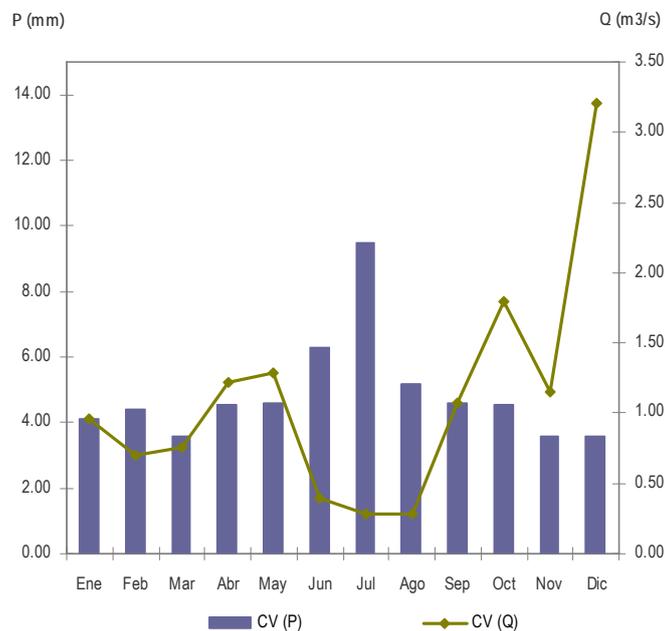
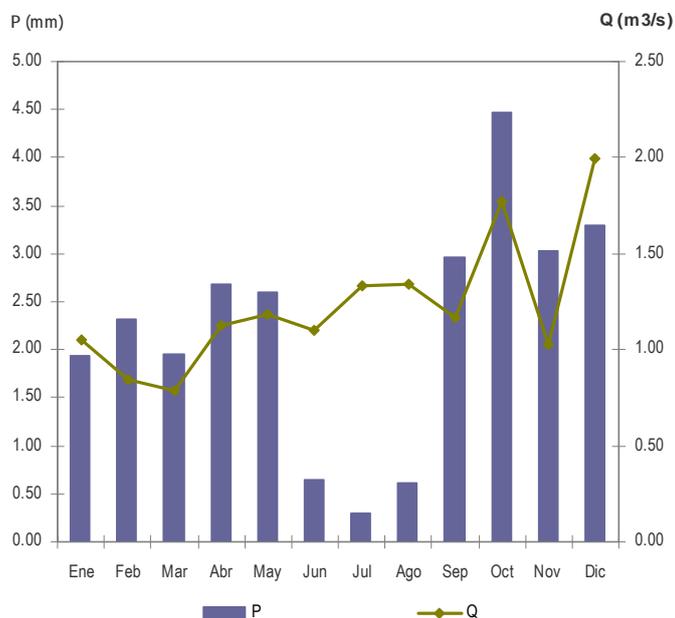


Figura 7.5. Tramo Lorcha del río Serpis (Periodo 1998-2006): Arriba: Precipitaciones (mm) y aportaciones medias diarias (m³/s) para cada mes; Abajo: Coeficientes de variación de las precipitaciones (mm) y aportaciones medias diarias (m³/s) para cada mes.

La evapotranspiración potencial de referencia mantiene su ciclo anual característico en este tramo, como es lógico dada su dependencia de las temperaturas. Dado que tanto las temperaturas máximas, como las medias y las mínimas, son mayores durante la estación estival, la ET_0 llega a ser cinco veces mayor que durante el invierno.

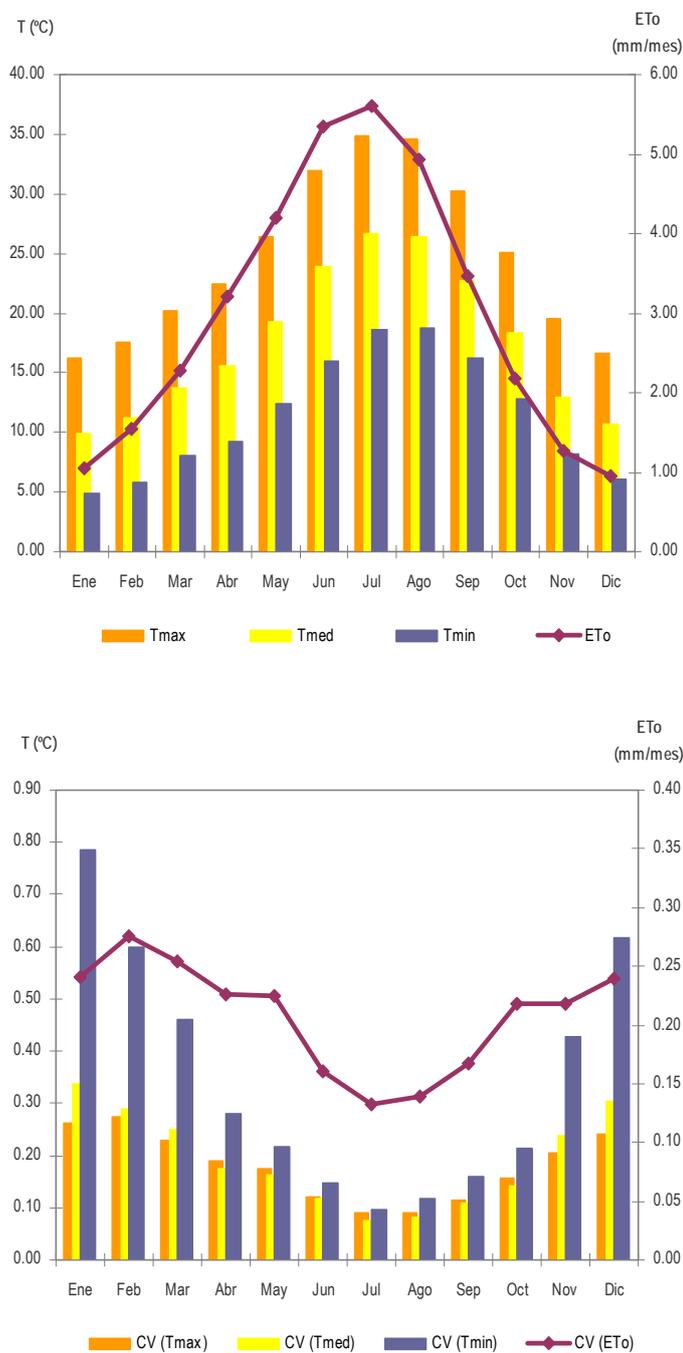


Figura 7.6. Tramo Lorcha del río Serpis en régimen alterado (Periodo 1998-2006): Arriba. Evapotranspiraciones potenciales de referencia (mm/mes) y temperaturas (° C) para cada mes; Abajo. Coeficientes de variación de las ET_0 (mm/mes) y temperaturas (° C) para cada mes.

7.1.2.- Río Mijares en Cirat y Tormo

Para el cálculo de la serie de Precipitación diaria en este tramo se han empleado las siguientes estaciones meteorológicas de la AEMET:

Tabla 7.5. Estaciones AEMET empleadas en el cálculo de precipitaciones en los tramos Cirat y Tormo del río Mijares.

Tramo	Descripción	Nombre de la estación	Indicativo	Altitud	Longitud	Latitud	Periodo de datos de Precipitación	Provincia
Cirat	Tramo del río Mijares en Cirat, aguas abajo del embalse de Arenós.	Arañuel	8478	406	2847	400400	11/71-08/09	Castellón
		Arenós (CHJ)	8472B	581	3217	400500	05/85-08/09	
Tormo	Tramo del río Mijares en Tormo, también aguas abajo del embalse de Arenós	Montanejos (CHJ)	8474	460	3117	400400	10/70-08/09	
		Vallat	8483	276	2017	400200	12/47-11/66	

Se han descartado los datos correspondientes a la estación de Vallat por no existir datos en el periodo de estudio (01/10/1987–01/03/2008). Para la interpolación de los datos se han utilizado los pesos mostrados en la siguiente matriz:

Tabla 7.6. Matriz de pesos empleados en el cálculo de precipitaciones en los tramos Cirat y Tormo del río Mijares.

W _{oj}	CIRAT			TORMO		
	ARENÓS CHJ	MONTANEJOS CHJ	ARAÑUEL	ARENÓS CHJ	MONTANEJOS CHJ	ARAÑUEL
w100	1,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
w010	0,000	1,000	0,000	0,000	1,000	0,000
w001	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	1,000
w000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
w110	0,348	0,652	0,000	0,416	0,584	0,000
w101	0,053	0,000	0,947	0,212	0,000	0,788
w011	0,000	0,095	0,905	0,000	0,275	0,725
w111	0,048	0,091	0,861	0,164	0,230	0,606

Se dispone de datos de precipitación diaria, como resultado de esta interpolación, en el periodo 1987–2008 en el tramo de Cirat.

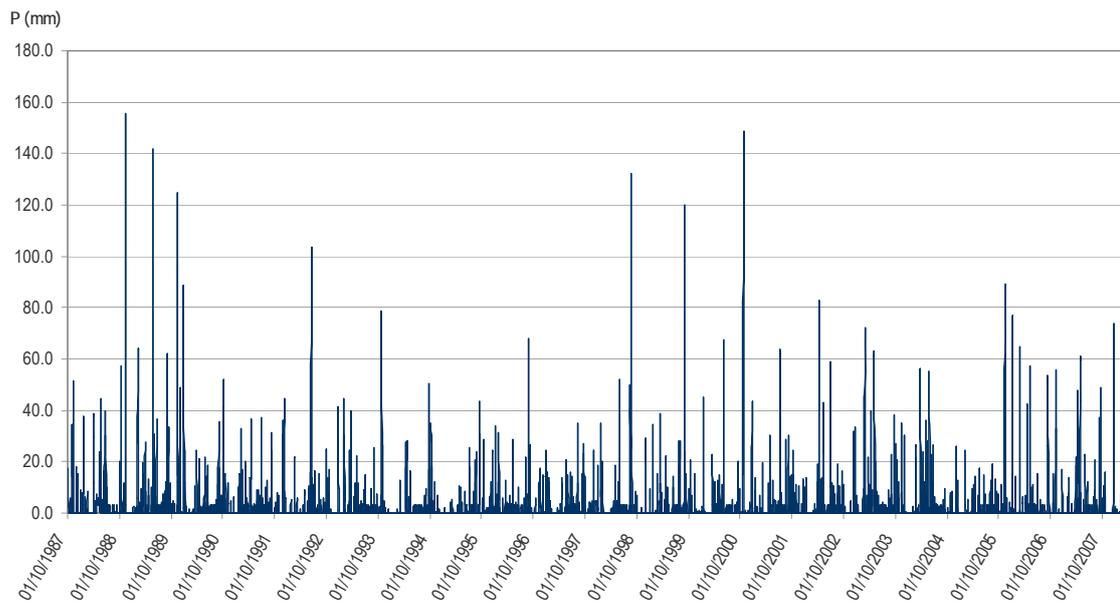


Figura 7.7. Precipitación diaria (mm) del tramo Cirat del río Mijares (Periodo 1987-2008)

Igualmente se dispone de datos de precipitación en el periodo 1987–2007 en el tramo de Tormo.

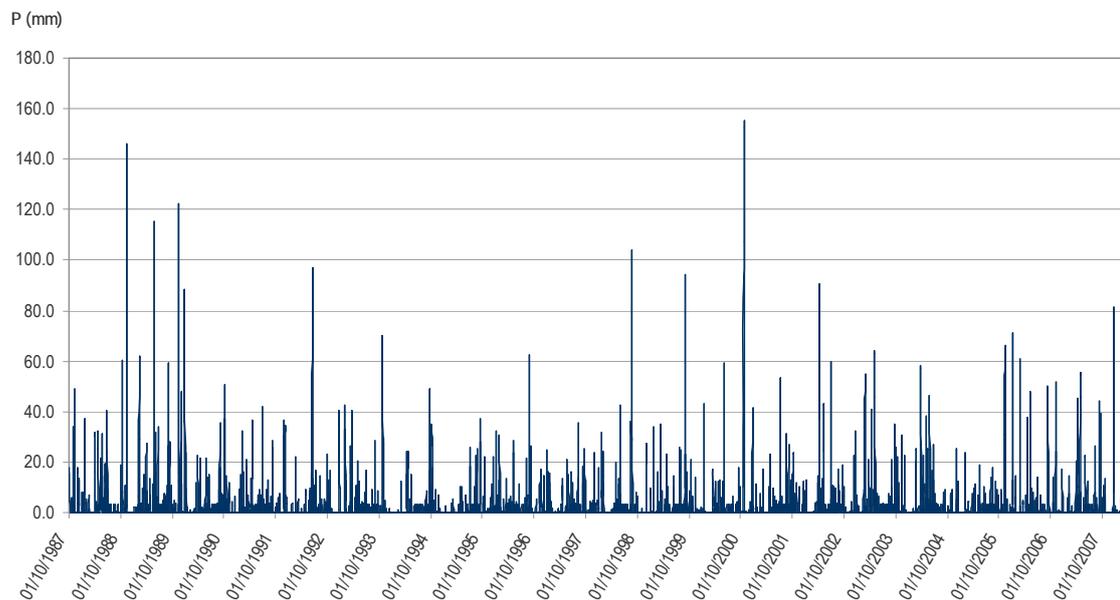


Figura 7.8. Precipitación diaria (mm) del tramo Tormo del río Mijares (Periodo 1987–2008)

Estas series de precipitación recogen el efecto de los riegos que se producen en la zona sobre el incremento de la humedad en el suelo. Para incluir el efecto se han estudiado los retornos de riego de las superficies de cultivo que afectan a cada uno de los dos tramos, 498.012 Ha en Cirat y 42.331 en Tormo, así como el número de días de riego de cada uno de los meses del año, 1 riego en Abril, 1 en Mayo, 2 en Junio, 3 en Julio, 2 en Agosto y 1 en Septiembre. Se han localizado dichos días de riego en momentos de mayor escasez de precipitaciones y se ha estimado la dosis de riego en 3 mm, por lo que se produce un incremento anual de las precipitaciones de 30 mm.

El cálculo de las series de temperatura en este tramo se ha basado en las series correspondientes a la estación meteorológica de Arañuel (AEMET). La estación de Zucaina se ha descartado por no disponer de datos en el periodo de estudio (01/10/1987–01/03/2008). Por disponer de datos correspondientes a una única estación, ha sido necesario completar las series mediante valores diarios medios obtenidos a partir de la serie completa en aquellos registros en los que no se ha registrado el dato correctamente.

Tabla 7.7. Estaciones AEMET empleadas en el cálculo de temperaturas en los tramos Cirat y Tormo del río Mijares.

Tramo	Descripción	Nombre de la estación	Indicativo	Altitud	Longitud	Latitud	Periodo de datos de Temperatura	Provincia
Cirat	Tramo del río Mijares en Cirat, aguas abajo del embalse de Arenós.	Arañuel	8478	406	2847	400400	01/71 - 06/09	Castellón
Tormo	Tramo del río Mijares en Tormo, también aguas abajo del embalse de Arenós	Zucaina	8479	610	2517	400800	07/43 - 07/67	

De nuevo para la estimación de las temperaturas en los tramos Cirat y Tormo, se ha tenido en cuenta la influencia de altitud sobre el nivel del mar de ambos tramos. La cota del punto medio de cada tramo, Cirat: 368 m y Tormo: 316 m, se ha obtenido a partir del modelo digital de elevaciones de la Confederación Hidrográfica del Júcar (resolución 20x20 m). Así, se han calculado las series de temperaturas máximas, medias y mínimas en ambos tramos considerando un descenso medio de 6,5° C/1000 m para el periodo 01/10/1987–01/03/2008.

Partiendo de las nuevas series de temperatura máxima, media y mínima diarias, calculadas para los tramos de Cirat y Tormo, se ha estimado la evapotranspiración potencial (ET_0) en cada caso mediante la ecuación de Hargreaves simplificada, con el valor previamente optimizado en planes para FC de 0.001887, como se ha descrito al inicio del capítulo.

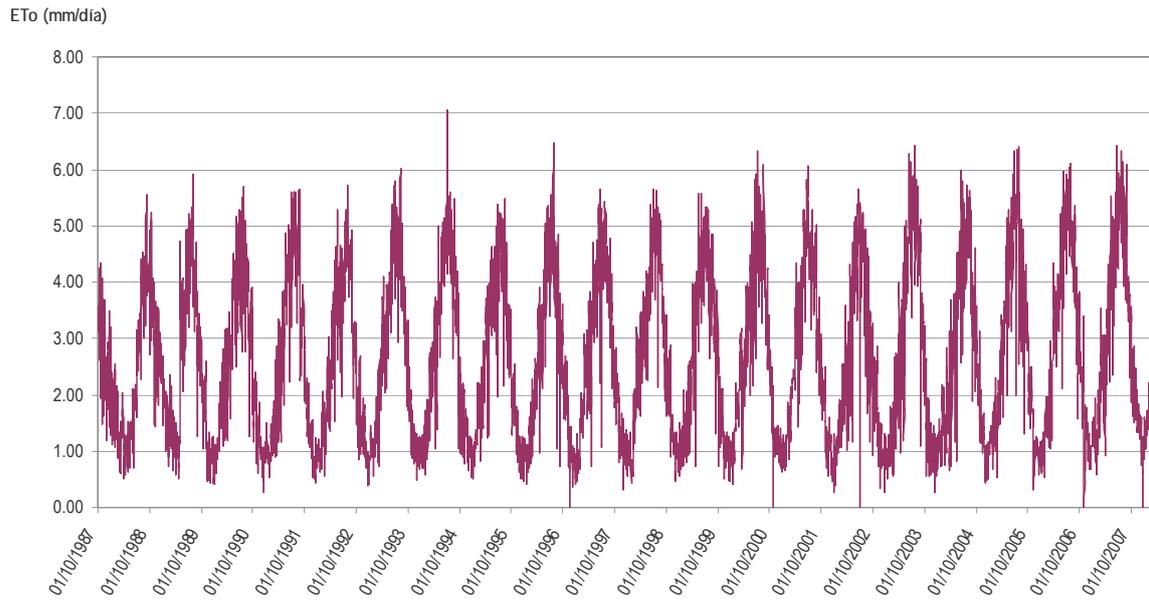


Figura 7.9. ET_0 (mm/día) del tramo Cirat del río Mijares (Periodo 1987–2008)

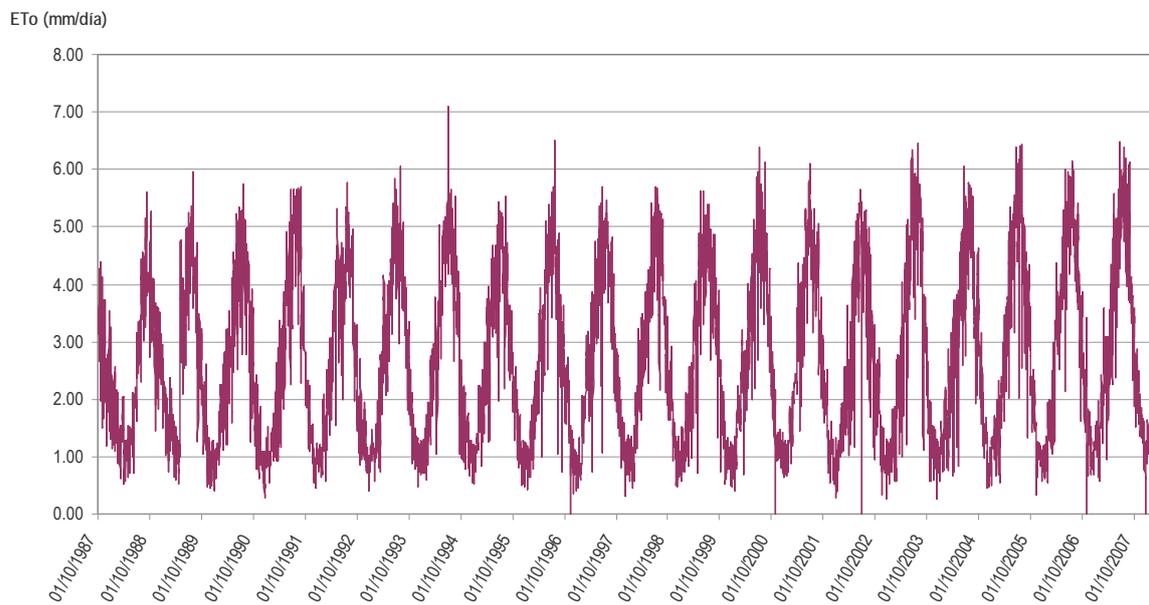


Figura 7.10. ET_0 (mm/día) del tramo Tormo del río Mijares (Periodo 1987–2008)

En el cálculo de caudales se han considerado los siguientes datos de partida:

- Series de caudales del CEDEX, tanto de las estaciones de aforo como las salidas del embalse de Arenós y de la presa de Cirat.
- Caudales de demanda mensual de pequeños regadíos en el alto Mijares, con sus correspondientes consumos, pérdidas y retornos, extrapolados a datos diarios.
- Filtraciones bajo presa en Vallat.

En el análisis de los datos correspondientes a las salidas del embalse de Arenós, analizado en primer lugar, se han evaluado los caudales superiores a $12 \text{ m}^3/\text{s}$.

Se han localizado ciertos errores en la serie entre los días 07/02/1991 y 12/03/1991 y se ha evaluado la posibilidad de que en estas fechas se sobrepasaran los $12 \text{ m}^3/\text{s}$ mediante las medias mensuales de los meses de febrero y marzo en cada uno de los años hidrológicos de la serie, además de comprobar los caudales registrados los días anteriores y posteriores al periodo de fallo.

Los caudales antes y después del fallo son los siguientes: el día 06/02/91 se registró un aforo de $2.927 \text{ m}^3/\text{s}$; el día 13/03/91 el caudal medido fue de $5.644 \text{ m}^3/\text{s}$.

Por otra parte al analizar las medias mensuales para estos dos meses, se comprobó que únicamente se sobrepasaba el umbral en el mes de febrero durante el año hidrológico 1989-1990 ($13.25 \text{ m}^3/\text{s}$); igualmente sólo se superó en una ocasión durante el mes de marzo del año hidrológico 2003-2004 ($18.89 \text{ m}^3/\text{s}$).

Con esta información se ha concluido que la probabilidad de sobrepasar los $12 \text{ m}^3/\text{s}$ es muy baja en el periodo de fallo, por lo que el error en la medida se ha obviado y se han llevado a cero en la nueva serie de caudales calculada por diferencia con la anterior, con un umbral de $12 \text{ m}^3/\text{s}$.

Mediante el modelo PATRICAL se han analizado los caudales mensuales en el tramo de Cirat, en el periodo 1987-2006. Estos caudales mensuales se han llevado a escala diaria considerando el caudal base variable mes a mes y calibrando el umbral de escorrentía, P_0 , en 7.5 mm ; y se han extrapolado al periodo 2006-2008.

Tabla 7.8. Estaciones de aforo y embalses del CEDEX empleados en el cálculo de caudales en los tramos Cirat y Tormo del río Mijares.

Tramo	Tipo	Nombre	Código	Situación	Año Inicio	Año Fin
Cirat	Embalse Salidas (Influen. Afluente)	Arenós	8005	Aguas Arriba	1982	2006
	Embalse Entradas	Sichar	8021	Aguas Abajo	1958	2006
y						
Tormo	E. Aforo Salida Embalse Arenós (Influen. Afluente)	Arenós /Montanejos	8145	Aguas Arriba	1984	2005
	E. Aforo Salida Embalse Sichar (Influen. Afluente)	Sichar / Onda	8119	Aguas Abajo	1968	2005

Se entiende que la diferencia entre el valor de la presa de Cirat y el valor de Cirat pueblo es el caudal que entra al río Mijares por los barrancos, surgencias, fuentes, etc. Estos datos mensuales se han extrapolado a datos diarios de caudal, para lo cual ha sido necesaria la siguiente información de las detracciones en el conjunto de las aportaciones.

Se han evaluado los caudales de demanda y de consumo en ambos tramos:

Tabla 7.9. Caudales de demanda y de consumo considerados en el cálculo de caudales en los tramos Cirat y Tormo del río Mijares.

Caudal Demanda (m ³ /s)			Caudal Consumido (m ³ /s)		
MES	CIRAT	TORMO	MES	CIRAT	TORMO
Oct	0,014	0,001	Oct	0,012	0,001
Nov	0,003	0,000	Nov	0,002	0,000
Dic	0,003	0,000	Dic	0,002	0,000
Ene	0,003	0,000	Ene	0,002	0,000
Feb	0,003	0,000	Feb	0,003	0,000
Mar	0,011	0,001	Mar	0,009	0,001
Abr	0,015	0,001	Abr	0,012	0,001
May	0,029	0,002	May	0,023	0,002
Jun	0,051	0,004	Jun	0,041	0,003
Jul	0,078	0,007	Jul	0,063	0,005
Ago	0,052	0,004	Ago	0,041	0,004
Sep	0,030	0,003	Sep	0,024	0,002

A partir de estos datos se ha estimado que aproximadamente el 80% de la demanda se consume, mientras que el 20% retorna al río, por lo que las pérdidas se consideran el 80% de la demanda.

Esta información proviene de datos agro-meteorológicos de la Confederación Hidrográfica del Júcar y se conservan para cada mes durante todos los años que abarca la duración de la serie. Por este motivo se ha utilizado esta estimación en todos los cálculos desde el inicio de la serie en 1987.

El cálculo final para el tramo de Cirat se ha realizado mediante la suma de los caudales que superan los 12 m³/s (los inferiores son derivados a la central hidroeléctrica) en el embalse de Arenós con los caudales simulados por el PATRICAL en régimen natural, restándoles los consumos ocurridos a consecuencia del riego (80% de la demanda).

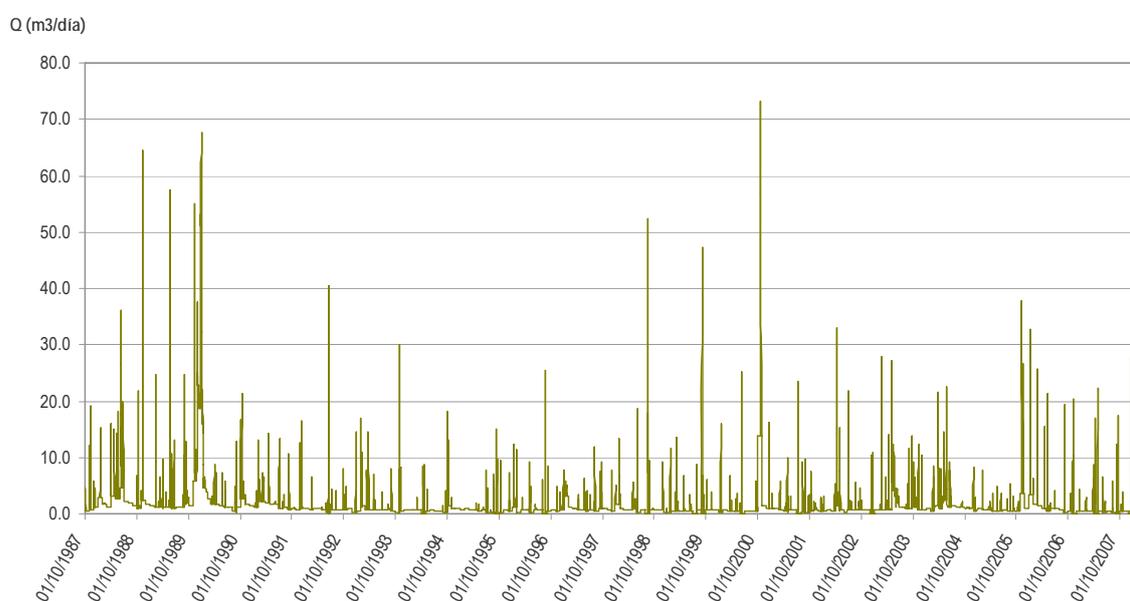


Figura 7.11. Aportaciones diarias (m³/s) del tramo Cirat del río Mijares (Periodo 1987–2008)

Partiendo de esta serie de aportaciones diarias se ha calculado el exceso que supera los 12 m³/s en la presa de Vallat y considerando las detracciones producidas por el riego en este segundo tramo, la superficie de cuenca drenante y las filtraciones de la presa, se han calculado los caudales circulantes en el tramo 2.

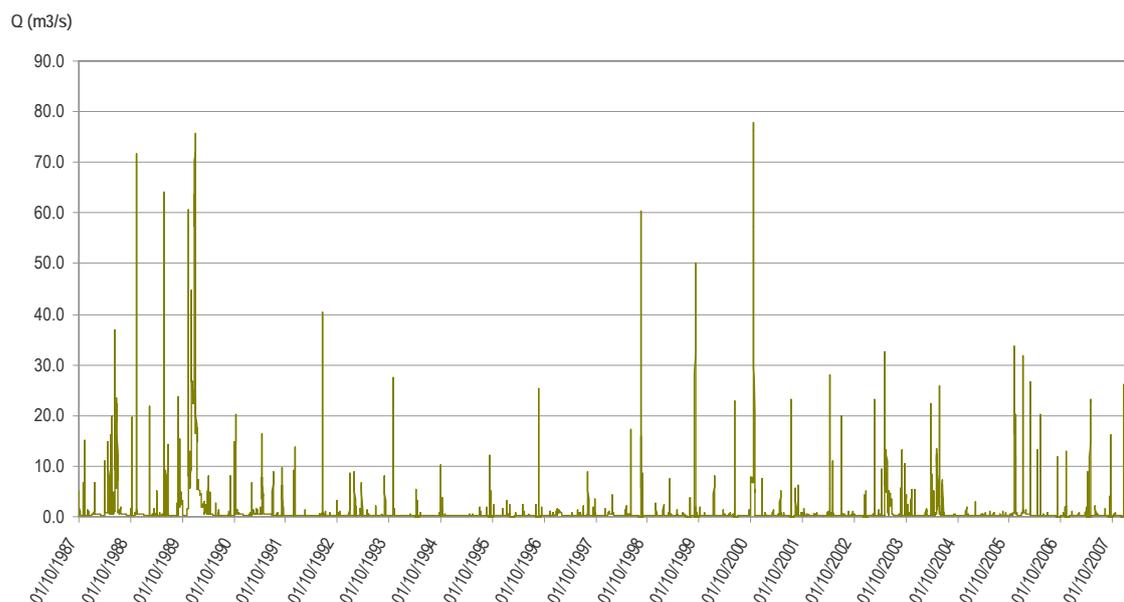


Figura 7.12. Aportaciones diarias (m^3/s) del tramo Tormo del río Mijares (Periodo 1987–2008)

Dada la escasa distancia entre ambos tramos, no se observan diferencias sustanciales en sus series de caudales.

Respecto a los valores medios mensuales, es importante destacar cómo la regulación afecta al régimen anual, sin embargo no se ve excesivamente reflejada en los valores medios mensuales por ser importantes las aportaciones no reguladas así como por no tener la presa de Cirat una gran capacidad, lo que implica una gran dependencia de las precipitaciones ocurridas en la zona.

Puede observarse como el caudal no desciende excesivamente en los meses de verano, pues son demandados en su mayor parte por los usos agrícolas y presentan un elevado porcentaje de retorno (20%) al cauce, siendo mayores los descensos en los meses estivales en los que se produce mayor evapotranspiración de los cultivos.

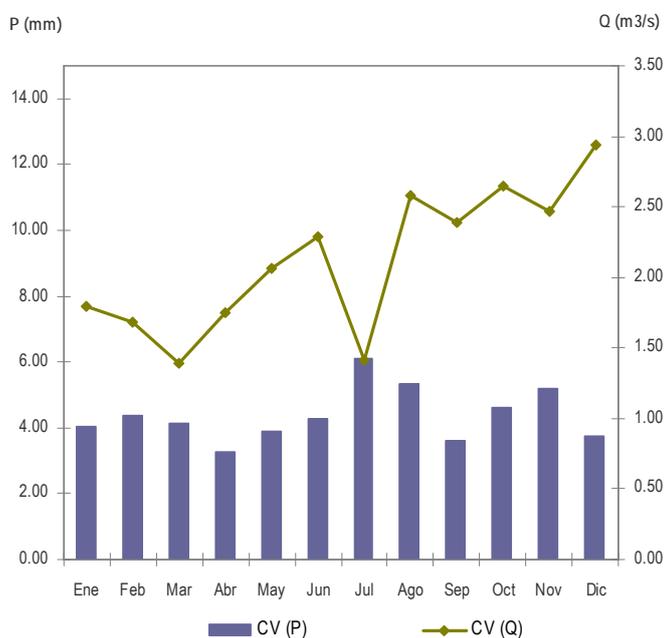
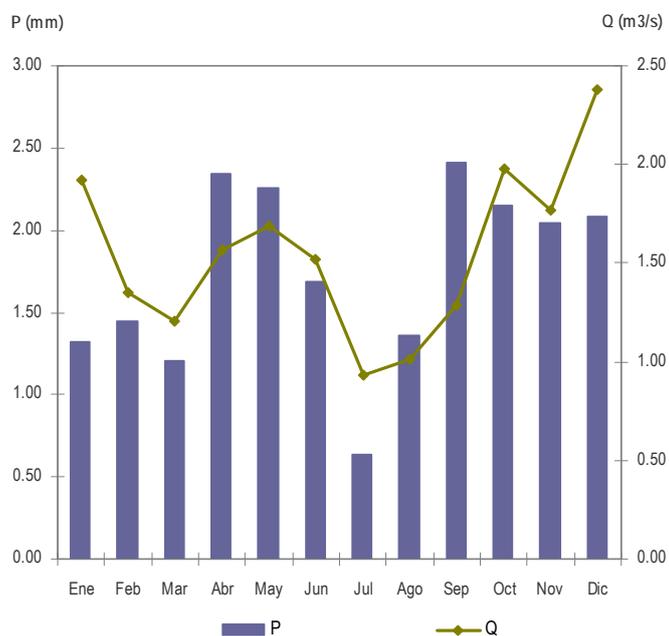


Figura 7.13. Tramo Cirat del río Mijares (Periodo 1987-2008): Arriba. Precipitaciones (mm) y aportaciones medias diarias (m³/s) para cada mes; Abajo. Coeficientes de variación de las precipitaciones (mm) y aportaciones medias diarias (m³/s) para cada mes.

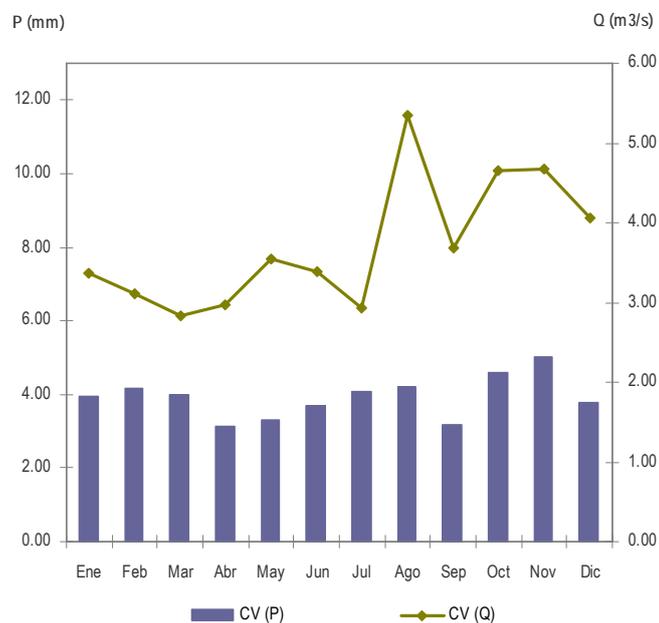
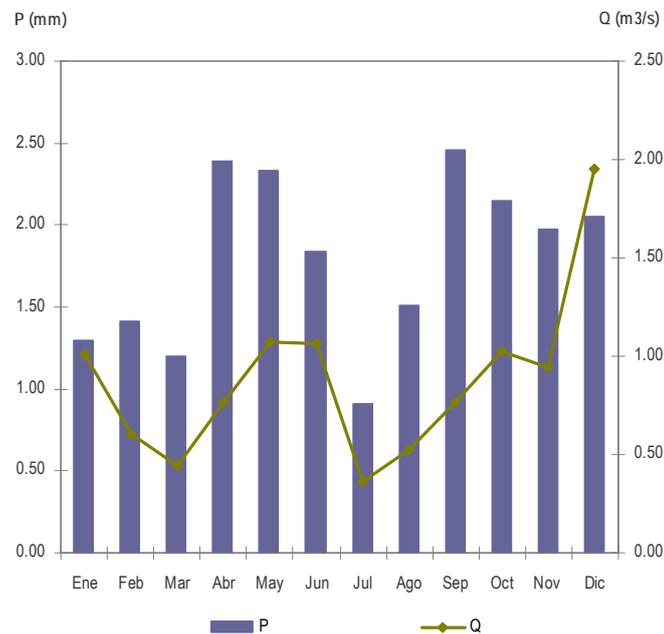


Figura 7.14. Tramo Tormo del río Mijares (Periodo 1987-2008): Arriba. Precipitaciones (mm) y aportaciones medias diarias (m³/s) para cada mes; Abajo. Coeficientes de variación de las precipitaciones (mm) y aportaciones medias diarias (m³/s) para cada mes.

Se conserva el patrón anual de Temperaturas y ET_0 descrito en el tramo Lorcha del Serpis por estar ambas regiones en la región climática Mediterránea.

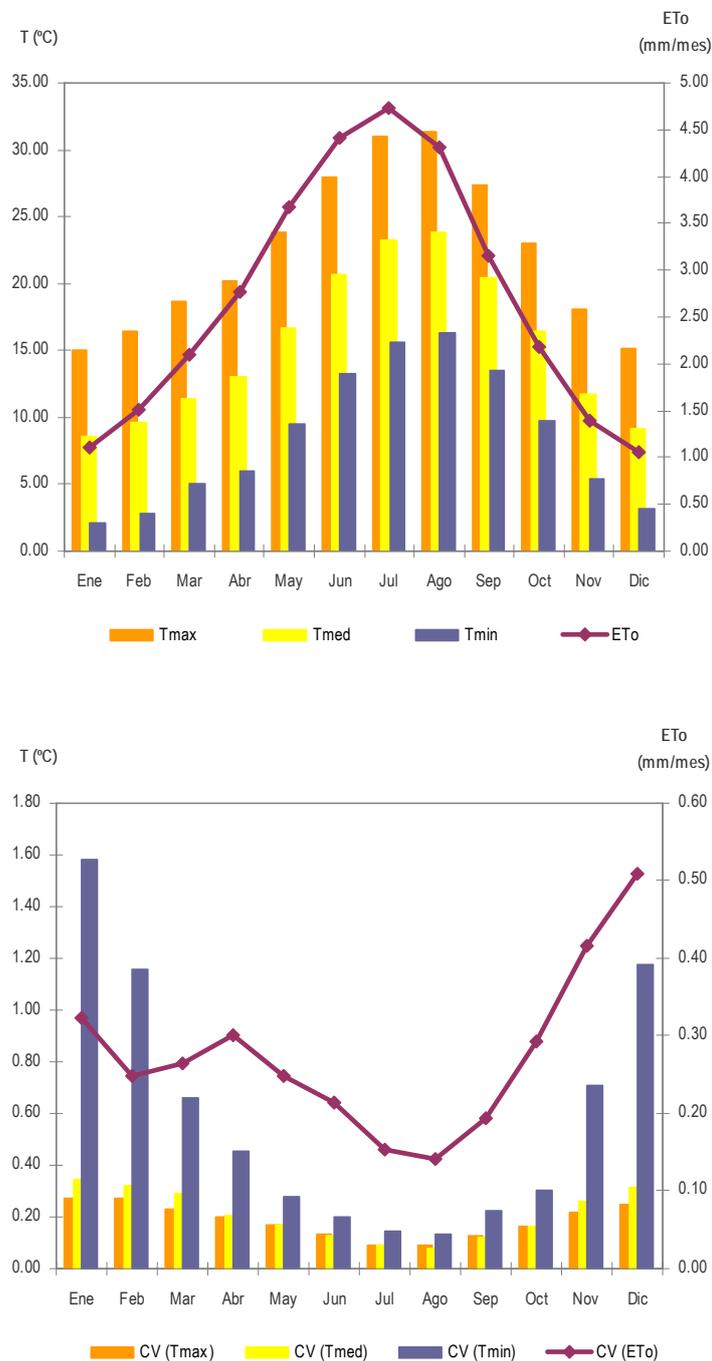


Figura 7.15. Tramo Cirat del río Mijares (Periodo 1987-2008): Arriba. Evapotranspiraciones potenciales de referencia (mm/mes) y temperaturas (° C) para cada mes; Abajo. Coeficientes de variación de las ET_0 (mm/mes) y temperaturas (° C) para cada mes.

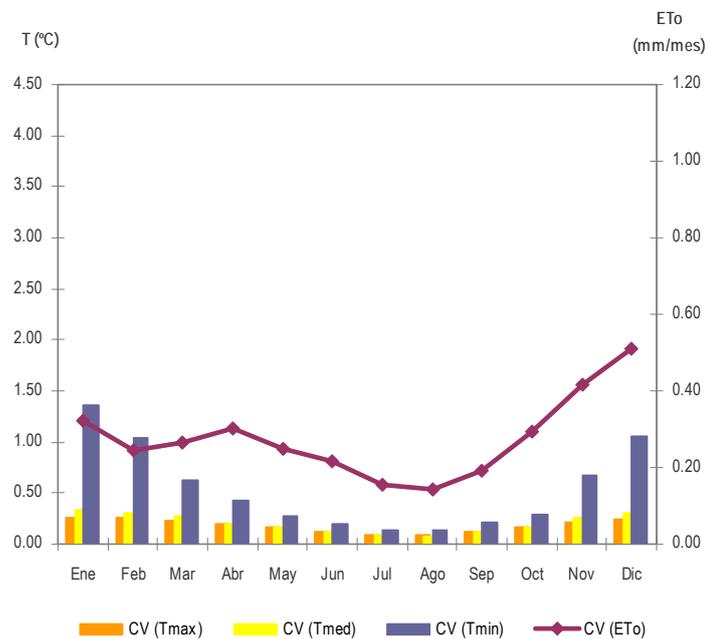
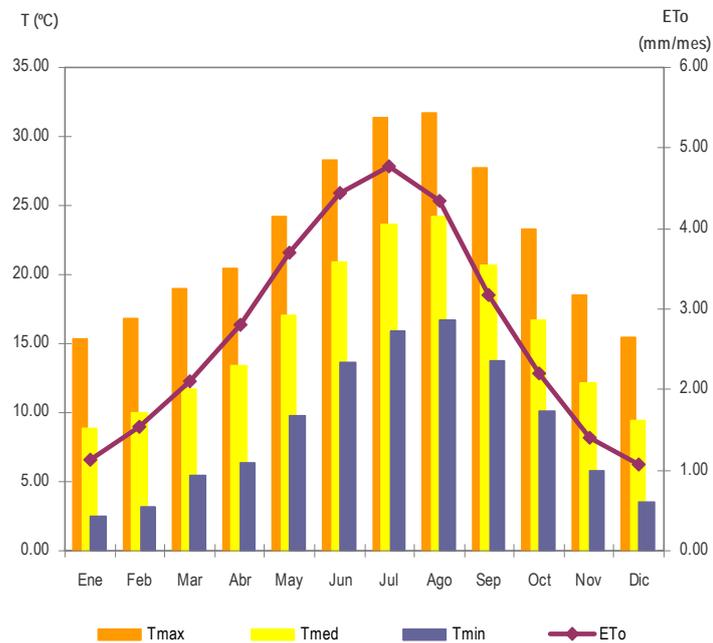


Figura 7.16. Tramo Cirat del río Mijares (Periodo 1987-2008): Arriba. Evapotranspiraciones potenciales de referencia (mm/mes) y temperaturas (° C) para cada mes; Abajo. Coeficientes de variación de las ET₀ (mm/mes) y temperaturas (° C) para cada mes.

7.1.3.- Río Mijares en los tramos Terde 1 y Terde 2

En este caso ambos tramos comparten los datos de información hidrometeorológica. Para el cálculo de la serie de Precipitación diaria se han tomado de referencia las siguientes estaciones meteorológicas de la AEMET:

Tabla 7.10. Estaciones AEMET empleadas en el cálculo de precipitaciones en los tramos Terde 1 y Terde 2 del río Mijares.

Tramo	Descripción	Nombre de la estación	Indicativo	Altitud	Longitud	Latitud	Periodo de datos de Precipitación	Provincia
Terde 1	Tramo 1 del Terde, en el río Mijares, aguas arriba del embalse de Arenós.	La Puebla de Valverde	8459	1129	5547	401330	08/42-05/96	Teruel
		Mora de Rubielos	8466	1039	4517	401510	03/48-11/81	
		Rubielos de Mora	8470	949	3917	401120	03/55-12/05	
		San Agustín	8473	959	4117	400330	04/53-09/09	
Terde 2	Tramo 2 del Terde, contiguo al anterior	Sarrión	84630	981	4857	400830	11/85-08/09	
		Sarrión Comarcal	8463P	900	4827	400830	07/92-01/08	
		Sarrión (La Escaleruela)	8464	860	4507	400855	03/48-11/94	

A pesar de ser el número de estaciones bastante elevado, no se ha descartado ninguna de ellas en la interpolación lineal de la precipitación pues la mayoría de las series presentan intermitencias. De este modo se ha interpolado cada día con el número de estaciones en las que se disponía de dato, siguiendo la matriz de pesos mostrada a continuación:

Tabla 7.11. Matriz de pesos empleados en el cálculo de precipitaciones en los tramos Terde 1 y Terde 2 del río Mijares.

W _{oj}	LA PUEBLA DE VALVERDE	SARRIÓN	SARRIÓN COMARCAL	SARRIÓN LA ESCALERUELA	MORA DE RUBIELOS	RUBIELOS DE MORA	SAN AGUSTÍN
w1100000	0,814	0,186	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
w1001100	0,882	0,000	0,000	0,067	0,052	0,000	0,000
w1001101	0,872	0,000	0,000	0,066	0,051	0,000	0,011
w0001101	0,000	0,000	0,000	0,517	0,401	0,000	0,082
w1001111	0,829	0,000	0,000	0,063	0,049	0,050	0,010
w0001111	0,000	0,000	0,000	0,366	0,284	0,291	0,058
w0000111	0,000	0,000	0,000	0,000	0,448	0,460	0,092
w0001011	0,000	0,000	0,000	0,511	0,000	0,407	0,082
w1001110	0,837	0,000	0,000	0,063	0,049	0,050	0,000
w1001011	0,871	0,000	0,000	0,066	0,000	0,052	0,010
w1000111	0,884	0,000	0,000	0,000	0,052	0,053	0,011
w1001001	0,920	0,000	0,000	0,069	0,000	0,000	0,011
w1000101	0,934	0,000	0,000	0,000	0,055	0,000	0,011
w1001000	0,930	0,000	0,000	0,070	0,000	0,000	0,000
w1101011	0,727	0,166	0,000	0,055	0,000	0,044	0,009
w0101011	0,000	0,607	0,000	0,201	0,000	0,160	0,032
w1111011	0,682	0,156	0,062	0,051	0,000	0,041	0,008
w1011011	0,808	0,000	0,073	0,061	0,000	0,049	0,010
w1010011	0,860	0,000	0,078	0,000	0,000	0,052	0,010
w0100011	0,000	0,760	0,000	0,000	0,000	0,200	0,040
w0110011	0,000	0,584	0,232	0,000	0,000	0,154	0,031
w1110011	0,719	0,164	0,065	0,000	0,000	0,043	0,009
w0010011	0,000	0,000	0,557	0,000	0,000	0,369	0,074
w1000001	0,988	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012
w1000010	0,943	0,000	0,000	0,000	0,000	0,057	0,000
w1101001	0,760	0,173	0,000	0,057	0,000	0,000	0,009
w1100011	0,769	0,175	0,000	0,000	0,000	0,046	0,009
w0110010	0,000	0,602	0,239	0,000	0,000	0,159	0,000
w1110010	0,725	0,165	0,066	0,000	0,000	0,044	0,000
w0010010	0,000	0,000	0,601	0,000	0,000	0,399	0,000
w0100001	0,000	0,950	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050
w0100010	0,000	0,792	0,000	0,000	0,000	0,208	0,000
w0010001	0,000	0,000	0,883	0,000	0,000	0,000	0,117
w1001010	0,881	0,000	0,000	0,066	0,000	0,053	0,000
w0111010	0,000	0,502	0,199	0,166	0,000	0,132	0,000
w0111011	0,000	0,489	0,194	0,162	0,000	0,129	0,026
w0000011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,833	0,167
w0110000	0,000	0,716	0,284	0,000	0,000	0,000	0,000
w0110001	0,000	0,690	0,274	0,000	0,000	0,000	0,036
W0001100	0,000	0,000	0,000	0,563	0,437	0,000	0,000

No ha sido necesario en este caso completar datos mediante regresión lineal, por existir en todos los registros datos de al menos dos de las estaciones. Se dispone de la serie completa de precipitaciones en los tramos Terde 1 y Terde 2 del Mijares para el periodo 01/08/1948 – 30/09/2009.

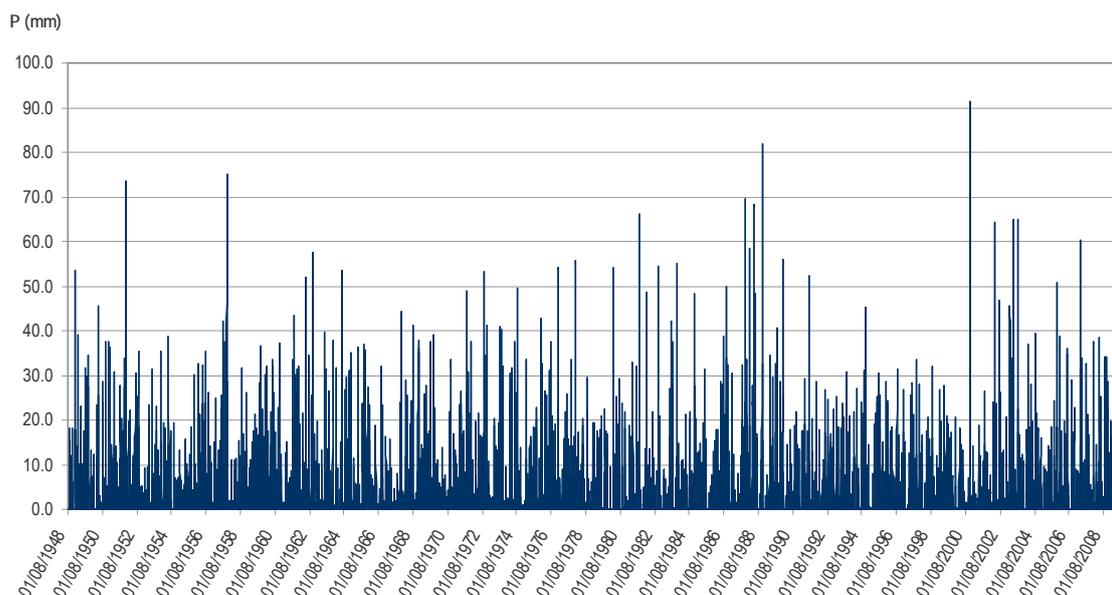


Figura 7.17. Precipitación diaria (mm) de los tramos Terde 1 y Terde 2 del río Mijares (Periodo 1948 - 2009)

Las series de temperatura se han calculado a partir de la estación meteorológica de Sarrión (AEMET). Para completar los datos en dicha estación se han utilizado las series de otra estación meteorológica cercana, Sarrión Comarcal (AEMET), mediante regresión lineal con los datos comunes a ambas.

Tras haber completado de este modo la serie aún quedaban algunos registros sin dato (periodo 01/04/1952-30/04/1952), por lo que se han rellenado manualmente con los datos estimados mediante la relación con los caudales los caudales y el número de días de lluvia medio para ese mes en toda la serie.

A continuación se procedió al cálculo de las temperaturas para poder obtener los datos de evapotranspiración potencial.

Tabla 7.12. Estaciones AEMET empleadas en el cálculo de temperaturas en los tramos Terde 1 y Terde 2 del río Mijares.

Tramo	Descripción	Nombre de la estación	Indicativo	Altitud	Longitud	Latitud	Periodo de datos de Temperatura	Provincia
Terde 1	Tramo 1 del Terde, en el río Mijares, aguas arriba del embalse de Arenós.	Sarrión	8463O	981	4857	400830	01/86 - 07/09	Teruel
Terde 2	Tramo 2 del Terde, contiguo al anterior	Sarrión Comarcal	8463P	900	4827	400830	07/92 - 01/08	

Una vez se dispuso de las series completas en Sarrión se han estimado las temperaturas en el punto medio entre los tramos Terde 1 y Terde 2, teniendo en cuenta la variación de la temperatura con la cota. Así, se consideraron la altitud de la estación meteorológica de Sarrión (981 m) y del punto medio entre tramos (851 m, obtenida a partir del MDT de la CHJ con resolución 20x20 m), así como el valor medio recomendado para el factor corrector de cota (6,5° C/1000 m). Las series obtenidas para estos tramos se completaron entre el año 1948 y el 1986 con valores medios diarios para obtener finalmente el periodo completo 01/08/1948–30/09/2009. Obtenidas las series de temperaturas diarias para los tramos Terde 1 y Terde 2 se realizó la estimación de la ET_0 de referencia mediante la ecuación de Hargreaves simplificada empleando, al igual que en los casos anteriores, $FC = 0,001887$.

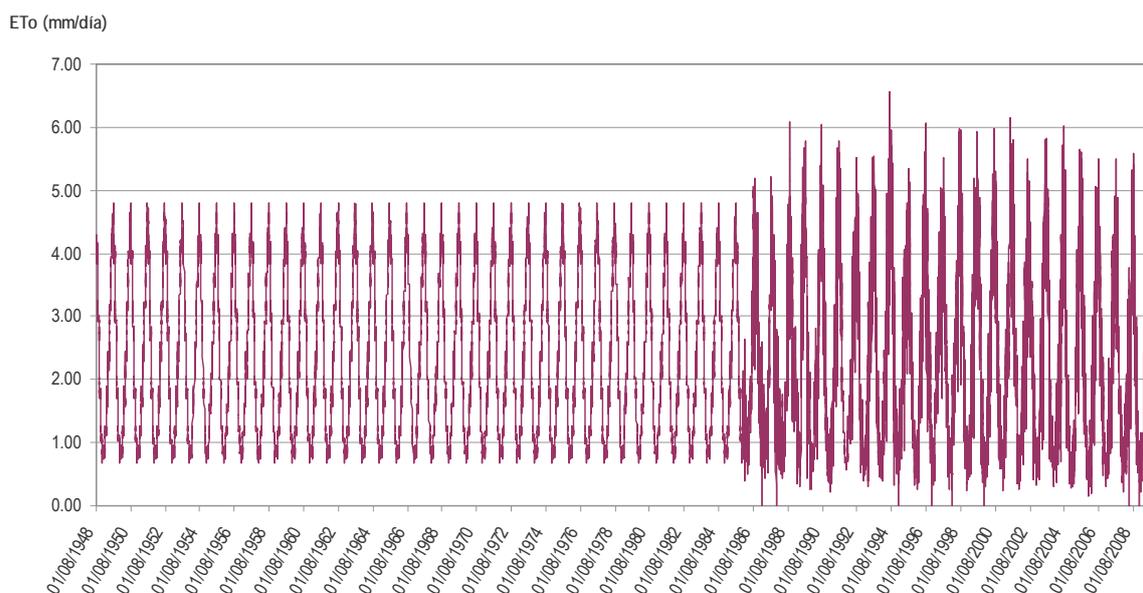


Figura 7.18. Evapotranspiración potencial de referencia diaria (mm/día) de los tramos Terde 1 y Terde 2 del río Mijares (Periodo 1948 - 2009)

En el cálculo de caudales se han empleado los datos de la estación de aforos de Sarrión (CEDEX), situada a aproximadamente 550 m del punto medio entre los tramos Terde 1 y Terde 2.

La superficie de cuenca drenante es muy similar en ambos puntos, pues no se producen aportaciones significativas entre ellos. Por este motivo se han tomado los datos de Sarrión como referencia.

Tabla 7.13. Estaciones de aforo del CEDEX empleadas en el cálculo de aportaciones en los tramos Terde 1 y Terde 2 del río Mijares.

Tramo	Tipo	Nombre	Código	Situación	Año Inicio	Año Fin
Terde 1	E. Af. Del Afluente Albentosa	Horcajo	8012	Afluente Aguas Abajo	1911	1983
Terde 2	Estación de Aforo	Sarrión	8030	Aguas Abajo	1945	2005
	Estación de Aforo	Babor (Mora de Rubielos)	8003	Aguas Abajo	1911	1943

Encontramos, aguas abajo de los tramos, otras dos estaciones de aforo: Babor, de la cual no se disponen de datos en el periodo de estudio; y Horcajo, estación localizada aguas abajo del afluente Albentosa con aportaciones significativas que no deben ser consideradas en los tramos. Por este motivo se ha evitado usar estos datos de partida.

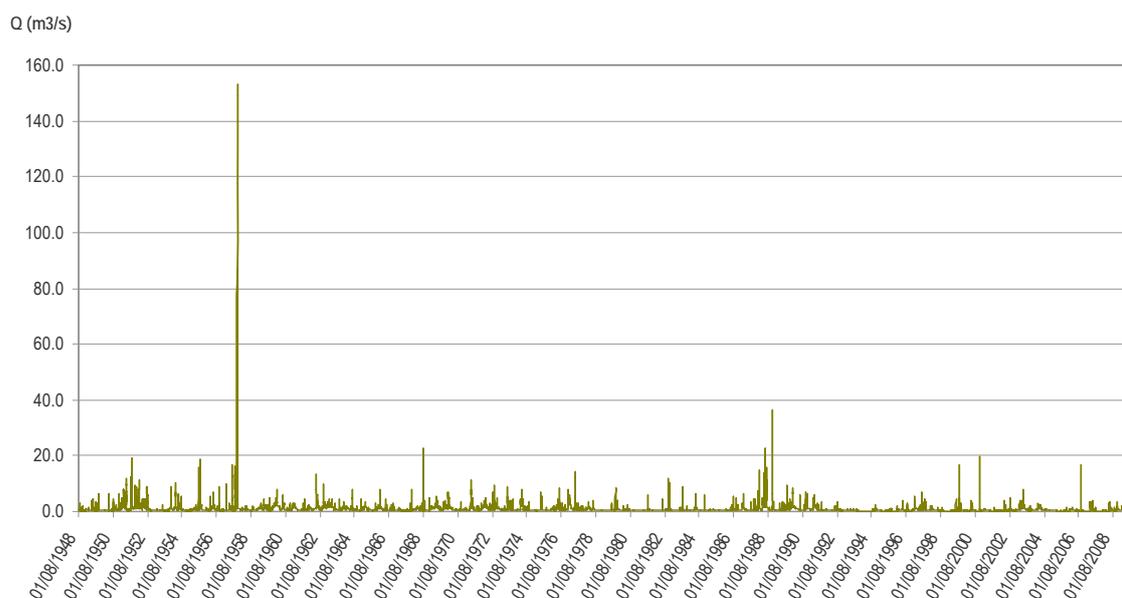


Figura 7.19. Aportaciones diarias (m³/s) de los tramos Terde 1 y Terde 2 del río Mijares (Periodo 1948 - 2009)

Los valores medios mensuales muestran el mismo patrón de precipitaciones que en los tramos anteriores, siendo mayores en los meses primaverales y otoñales, y descendiendo considerablemente en invierno y, especialmente, durante el mes de Julio en el periodo estival. Se observa el efecto de la vegetación en la laminación de avenidas ordinarias en los meses otoñales, cuando presenta el vigor alcanzado durante los meses de mayor temperatura e iluminación. En primavera, sin embargo, muchas especies no han crecido lo suficiente tras el periodo de latencia invernal y la mayor parte del agua infiltrada no es evapotranspirada, retornando al cauce.

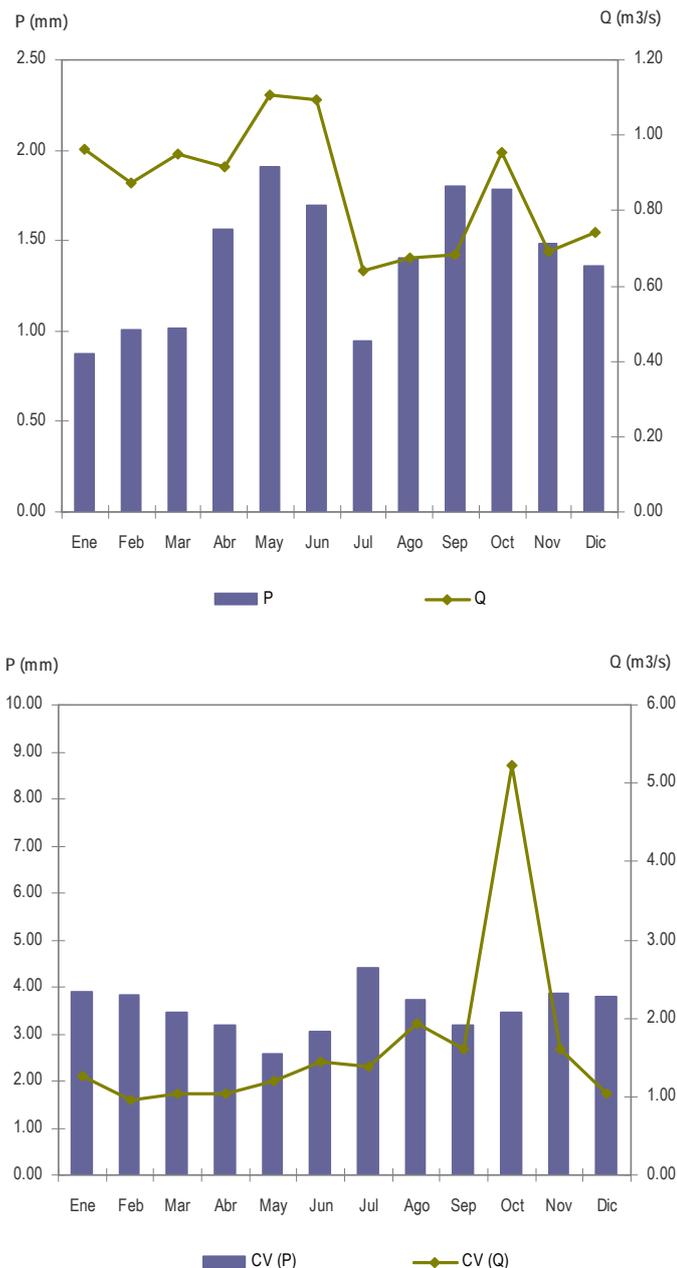


Figura 7.20. Tramos Terde 1 y Terde 2 del río Mijares (Periodo 1948 - 2009): Arriba. Precipitaciones (mm) y aportaciones medias diarias (m³/s) para cada mes; Abajo. Coeficientes de variación de las precipitaciones (mm) y aportaciones medias diarias (m³/s) para cada mes.

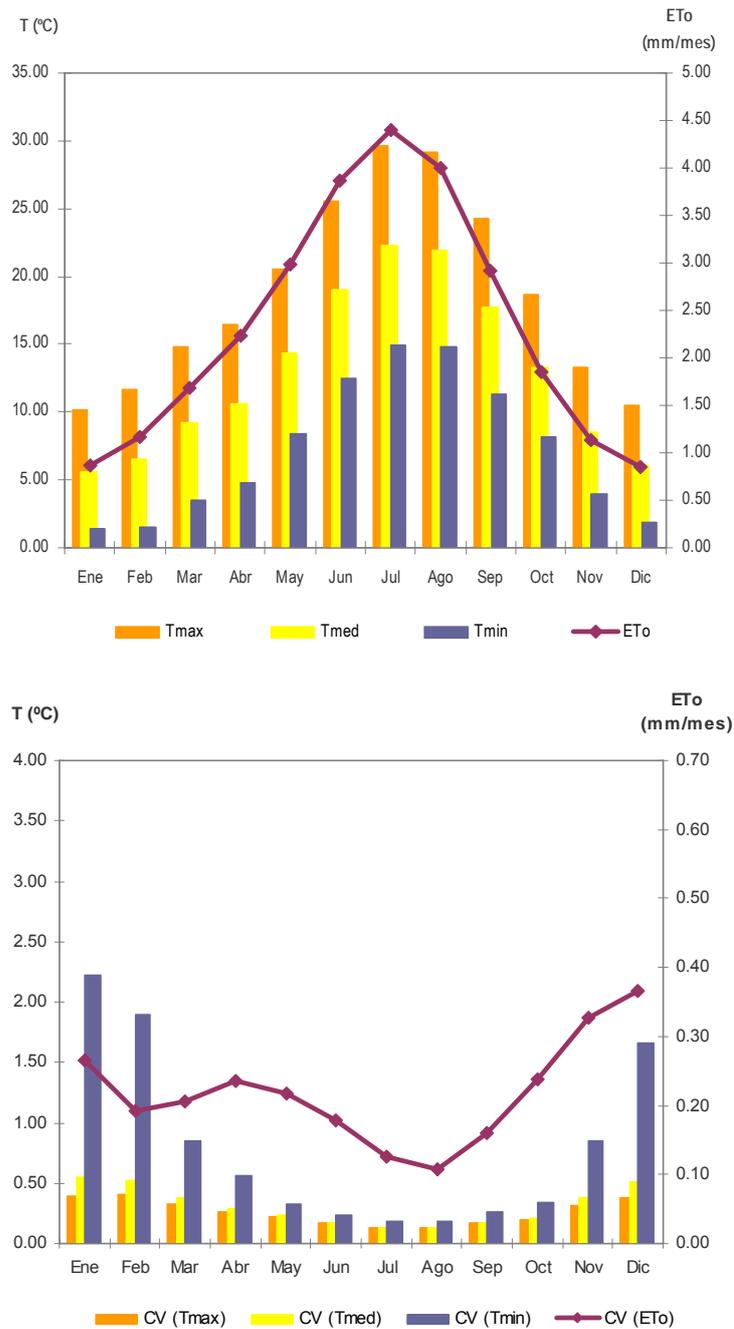


Figura 7.21. Tramos Terde 1 y Terde 2 del río Mijares (Periodo 1986-2006): Izqda. Evapotranspiraciones potenciales de referencia (mm/mes) y temperaturas (° C) para cada mes; Dcha. Coeficientes de variación de las ET₀ (mm/mes) y temperaturas (° C) para cada mes.

El patrón climático de temperaturas se mantiene, registrándose temperaturas más elevadas en verano y mínimas durante los meses de invierno, con diferencias de hasta 20 °C. Este hecho se traduce en valores máximos de ET₀ cercanos a 5 mm/día en los meses de Julio y Agosto y mínimos cercanos a 1 mm/día en los meses más fríos del invierno, cuando los niveles de radiación son además menores.

7.1.4.- Río Gabriel en los tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2

Se dispone de datos de cuatro estaciones meteorológicas de la AEMET para el cálculo de las precipitaciones en ambos tramos: Cañete, Cañete CHJ, Carboneras de Guadazaón y Reillo.

Tabla 7.14. Estaciones AEMET empleadas en el cálculo de precipitaciones en los tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 del río Gabriel.

Tramo	Descripción	Nombre de la estación	Indicativo	Altitud	Longitud	Latitud	Periodo de datos de Precipitación	Provincia
Rabo del Batán 1	Tramo 1 del Rabo del Batán, en el río Gabriel, aguas arriba del embalse de Contreras	Cañete	8218	1074	13857	400230	01/72-01/95	Cuenca
		Cañete CHJ	8218A	1070	13857	400230	01/16-09/09	
Rabo del Batán 2	Tramo 2 del Rabo del Batán, contiguo al anterior	Carboneras de Guadazaón	8228	1061	14857	395400	01/47-09/09	
		Reillo	8227	1022	15217	395420	01/16-09/09	

Para la interpolación se han adjudicado, a los datos correspondientes a las diferentes estaciones, los siguientes pesos en función de los registros disponibles en cada uno de los días:

Tabla 7.15. Tabla de pesos empleados en el cálculo de precipitaciones en los tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 del río Gabriel.

W_{0j}	CAÑETE	CAÑETE CHJ	CARBONERAS	REILLO
w1100	0,500	0,500	0,000	0,000
w1010	0,275	0,000	0,725	0,000
w1001	0,463	0,000	0,000	0,537
w1110	0,215	0,215	0,569	0,000
w1101	0,317	0,317	0,000	0,367
w1011	0,208	0,000	0,550	0,241
w0110	0,000	0,275	0,725	0,000
w0101	0,000	0,463	0,000	0,537
w0111	0,000	0,208	0,550	0,241
w1111	0,172	0,172	0,455	0,200
w0011	0,000	0,000	0,695	0,305

Existen gran cantidad de registros ausentes en todas las estaciones de partida a lo largo de los primeros años de la serie. Por este motivo se han completado con los datos diarios medios. En cualquier caso, este hecho no supone un problema por no ser necesarios estos periodos críticos ni en la validación ni en la aplicación del modelo. De este modo se ha obtenido una serie de

precipitación para ambos tramos en el periodo 1916 – 2009, de la cual se han seleccionado los datos correspondientes al periodo 01/10/1949 – 30/09/2009.

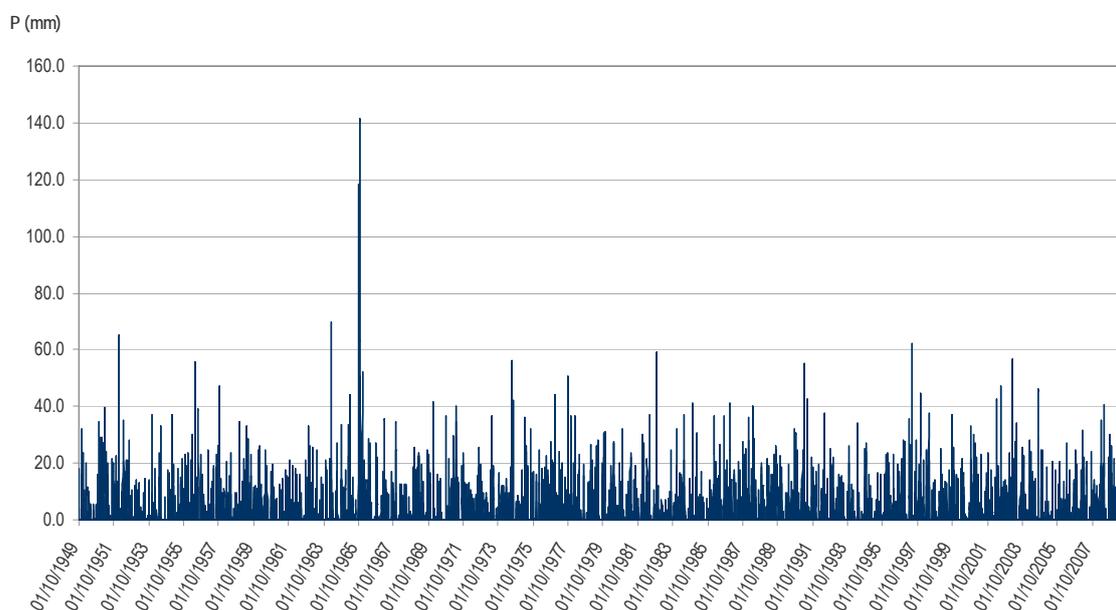


Figura 7.22. Precipitación diaria (mm) de los tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 del río Cabriel (Periodo 1949 - 2009)

Las series de temperatura se han calculado a partir de las estaciones meteorológicas de Cañada del Hoyo (Las Lagunas) and Yémeda (AEMET).

Tabla 7.16. Estaciones AEMET empleadas en el cálculo de temperaturas en los tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 del río Cabriel.

Tramo	Descripción	Nombre de la estación	Indicativo	Altitud	Longitud	Latitud	Periodo de datos de Temperatura	Provincia
Rabo del Batán 1	Tramo 1 del Rabo del Batán, en el río Cabriel, aguas arriba del embalse de Contreras	Cañada del Hoyo (Las Lagunas)	82250	1032	15237	395920	01/50 - 08/00	Cuenca
Rabo del Batán 2	Tramo 2 del Rabo del Batán, contiguo al anterior	Yémeda	8232	868	14317	394540	01/50 - 08/00	

Previamente a la interpolación de las series al tramo se han completado las series de partida mediante una regresión lineal calculada con los registros comunes a las 2 estaciones. Una vez completadas las series correspondientes a ambas estaciones de referencia se han calculado los

pesos en función de la distancia desde el tramo a cada estación: Cañada del Hoyo ($w_{0j} = 0,607$), Yémeda ($w_{0j} = 0,393$).

Se ha interpolado al tramo teniendo en cuenta la diferencia de cota con un valor de $\beta = 6,13^\circ \text{C}/1000 \text{ m}$, optimizado con las series de temperatura disponibles. Se ha considerado oportuna la optimización del coeficiente en este caso por encontrarse los tramos (cota = 921 m) a una altitud comprendida entre las cotas de las dos estaciones, Cañada del Hoyo (1032 m) y Yémeda (868 m). A pesar de encontrarse la estación de Yémeda en otra garganta, el valor optimizado de β es bastante coherente teniendo en cuenta que nos encontramos en una zona de cabecera, motivo por el cual se ha utilizado este y no el valor medio de referencia.

Obtenidas las series de temperaturas diarias para el río Cabriel en los tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 se realizó la estimación de la ET_0 de referencia mediante la ecuación de Hargreaves simplificada empleando, al igual que en los casos anteriores, $FC = 0,001887$.

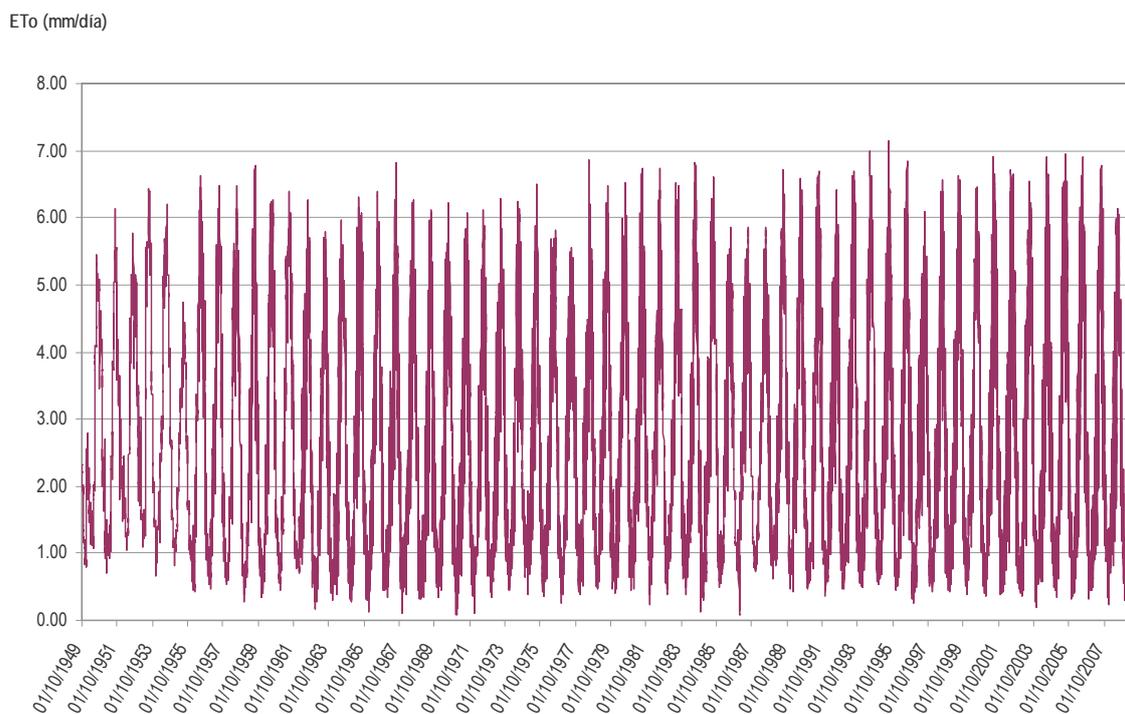


Figura 7.23. Evapotranspiración potencial de referencia diaria (mm/día) de los tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 del río Cabriel (Periodo 1949 - 2009)

El cálculo de caudales en estos tramos se ha tomando como referencia los datos de las estaciones de aforo de Pajaroncillo, con una superficie de cuenca drenante de 829 Km², y la de Villora, con una superficie de 1255 Km².

Tabla 7.17. Estaciones de aforo del CEDEX empleadas en el cálculo de aportaciones en los tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 del río Cabriel.

Tramo	Tipo	Nombre	Código	Situación	Año Inicio	Año Fin
Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2	E. Aforo	Pajaroncillo	8090	A. Arriba antes barranco afluente	1949	2005
	E. Aforo	Villora	8139	A. Abajo	1970	2005

Para calcular los caudales en los tramos se han tenido en cuenta las dos series de aforos: la serie de aforos en Villora y la de Pajaroncillo en los periodos comunes y solo la de Pajaroncillo en los periodos en los que los aforos de Villora no están disponibles. Estos últimos se han calculado mediante una regresión obtenida de los tramos y Pajaroncillo cuando los caudales de aquellos se habían estimado mediante las dos estaciones. En todos los periodos se ha tenido en cuenta la superficie de cuenca drenante a los tramos, aproximadamente 965 Km². Se dispone así de la serie de caudales diarios en el periodo 01/10/1949 – 30/09/2009.

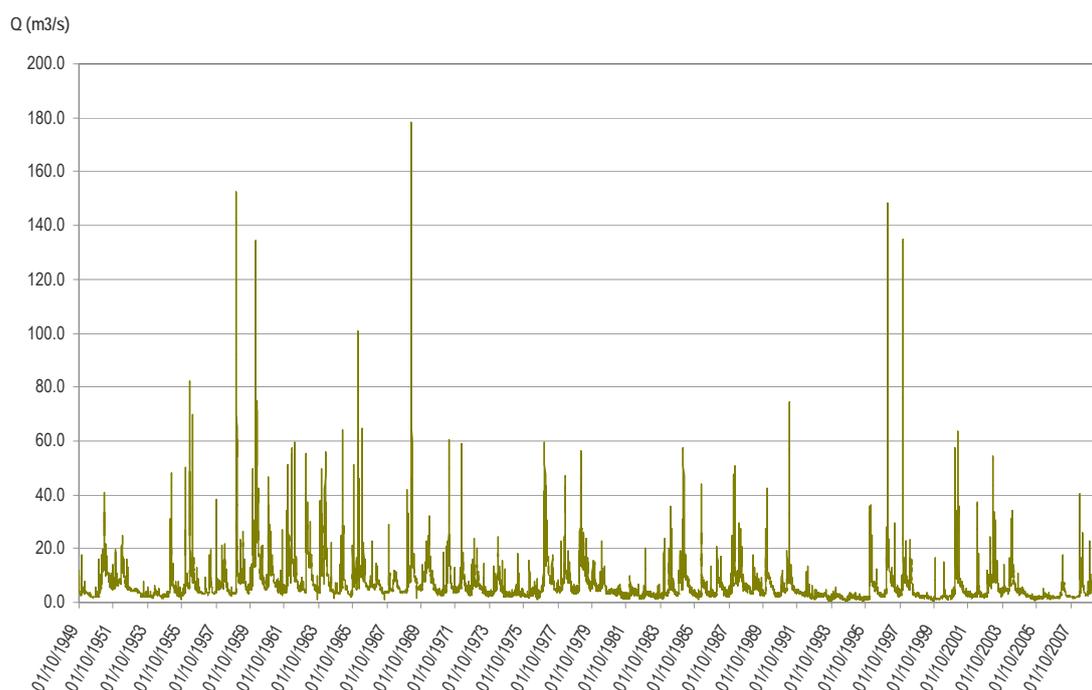


Figura 7.24. Aportaciones diarias (m³/s) de los tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 del río Cabriel (Periodo 1949-2009)

Los patrones climáticos anuales se mantienen en estos tramos respecto a los anteriores. El régimen de caudales se comporta según lo esperado con valores más elevados en invierno y primavera, siendo menor en los meses estivales.

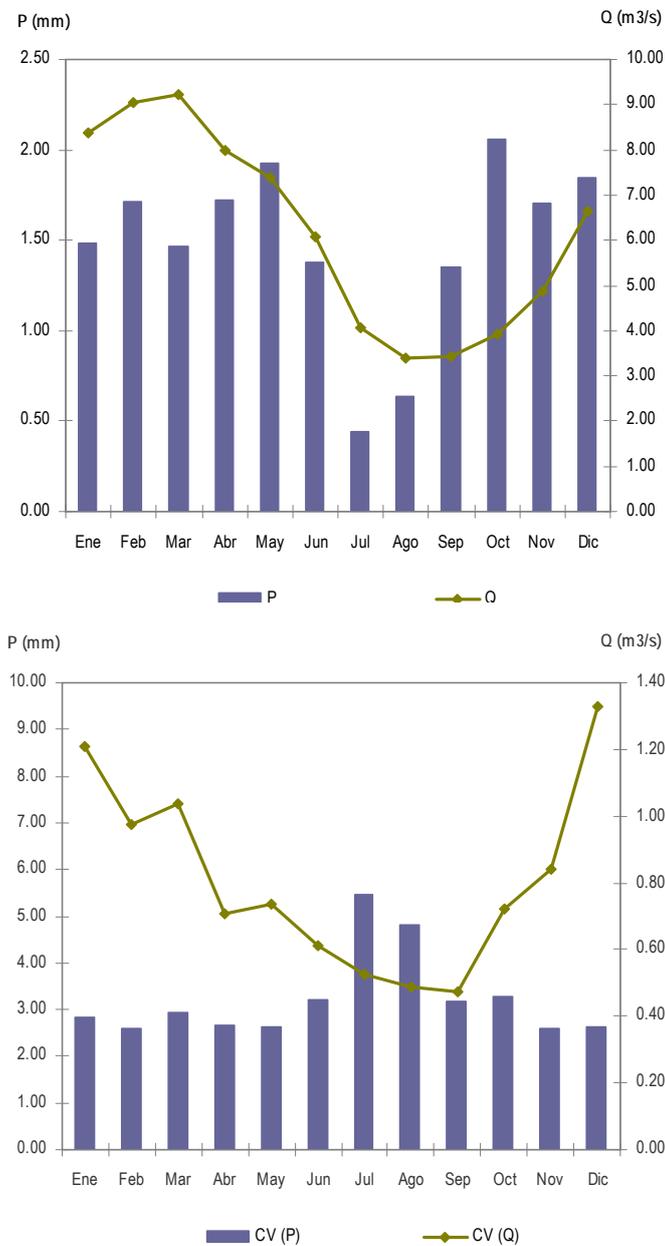


Figura 7.25. Tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del batán 2 del río Cabriel (Periodo 1949 - 2009): Arriba. Precipitaciones (mm) y aportaciones medias diarias (m³/s) para cada mes; Abajo. Coeficientes de variación de las precipitaciones (mm) y aportaciones medias diarias (m³/s) para cada mes.

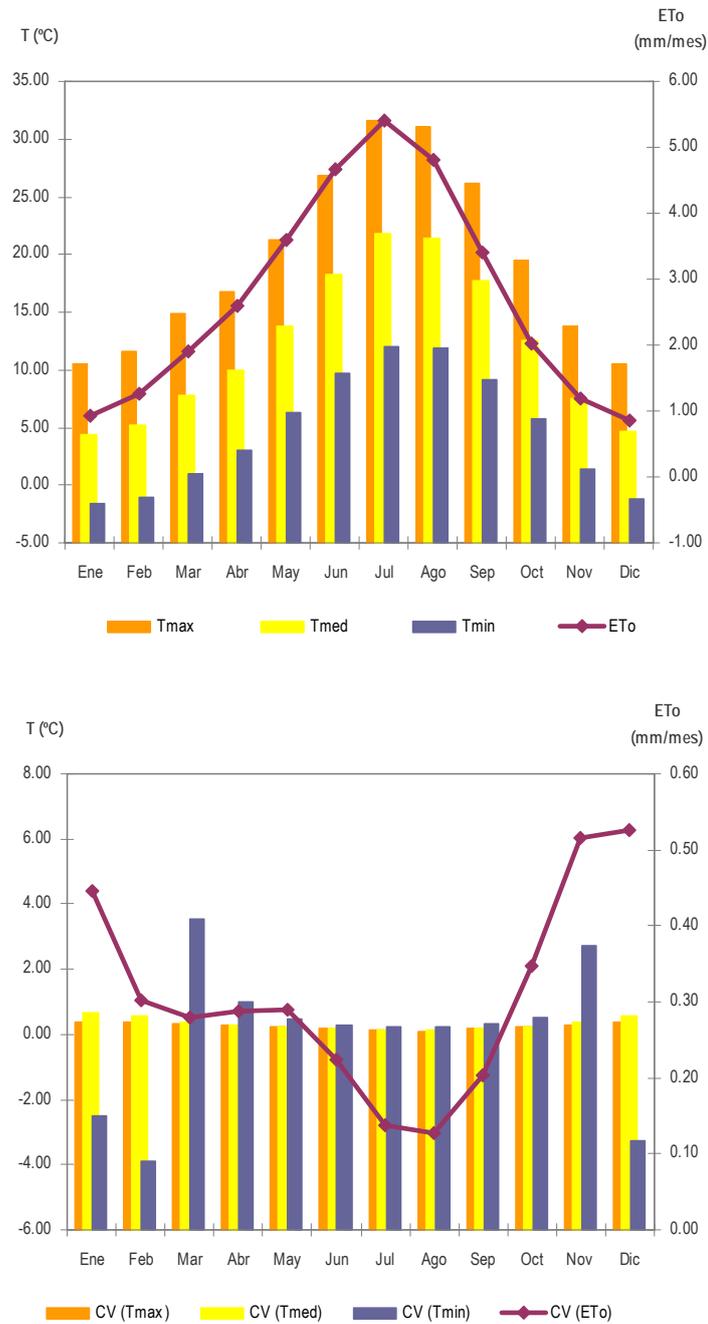


Figura 7.26. Tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del batán 2 del río Gabriel (Periodo 1949 - 2009): Arriba. Evapotranspiraciones potenciales de referencia (mm/mes) y temperaturas (° C) para cada mes; Abajo. Coeficientes de variación de las ET₀ (mm/mes) y temperaturas (° C) para cada mes.

7.2.- ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad es el primer paso para reconocer la incertidumbre. Es utilizado para examinar cómo el cambio en un parámetro (input) afecta a un resultado (output). Esto permite identificar las variables más críticas o construir escenarios posibles que permitirán analizar el comportamiento de un resultado bajo diferentes supuestos. Este análisis permite medir el cambio en un resultado dado, un cambio en un conjunto de variables. Todo ello tanto en términos relativos como en términos absolutos.

Los objetivos del análisis de sensibilidad son:

- Identificar las variables que más influyen en el modelo (más sensibles o críticas).
- Identificar dónde se debe dedicar más esfuerzos tanto en el proceso de planificación como en el de control y seguimiento de una decisión.
- Identificar las variables que deben ser incluidas en la creación de escenarios o en las simulaciones posteriores.

7.2.1.- *Planteamiento del análisis de sensibilidad*

Para este modelo se va a realizar un análisis de sensibilidad donde se determinará la “importancia” de una serie de parámetros de vegetación, en cuanto a como influyen sobre el resultado final (variable de salida), y todo ello para varios escenarios.

7.2.1.1.- *Parámetros de Vegetación*

Los parámetros de vegetación que serán evaluados en este análisis son:

- **Rj**: Factor de Transpiración de la Zona Saturada (). Es un factor multiplicador sobre la eficiencia en las raíces de las plantas de un determinado grupo funcional en los casos en los que estas se encuentran en la zona saturada (debido al ascenso temporal del nivel freático).
- **Ri**: Factor de Transpiración de la Zona No Saturada (). Es otro factor multiplicador sobre la eficiencia pero en los casos en los que las raíces se encuentran en la zona saturada.
- **CRT**: Conductividad Máxima de Agua Raíz-Suelo ($\text{mmMpa}^{-1}\text{h}^{-1}$). Es un factor multiplicador que mide la eficiencia en el flujo de agua desde el suelo a las raíces para unas determinadas condiciones de presión.

- **Zr:** Profundidad Máxima de Raíces (m). Es un parámetro específico para cada tipo funcional de vegetación. Aunque describe la profundidad máxima a la que llegan las raíces, las raíces más profundas no intervienen en todos los procesos fisiológicos que son considerados en el modelo.
- **Ze:** Profundidad Efectiva de Raíces (m). Es la profundidad máxima a la que se encuentran las raíces que intervienen en la Evapotranspiración Real (ETR) de forma considerable.
- **Zsat:** Profundidad de Extinción por Saturación (m). Es la cota máxima a la cual las plantas pueden tolerar tener el suelo saturado de agua sin ser perjudicadas debido a la asfixia radicular.

7.2.1.2.- Variable de Salida Principal del Modelo

La variable de salida (output) más importante del modelo es la Evapotranspiración Real (ETR). Dicha variable expresa la cantidad de agua diaria (mm) que utiliza una planta bajo unas determinadas condiciones y en un determinado estado vegetativo. Su importancia dentro del modelo es debida a que indica el grado de adecuación de una planta (o grupo funcional) a unas condiciones ambientales, por lo que estará directamente relacionada con el valor observado en el campo, que es la ausencia/presencia de un determinado grupo funcional. Por ello esta variable de salida será fundamental cuando se deseen realizar las calibraciones, validaciones y simulaciones del modelo.

Para determinar la sensibilidad de la Evapotranspiración Real (ETR) se va a utilizar un Índice que será el cociente entre esta y la Evapotranspiración Potencial (ETP). La ETP indica la cantidad máxima de agua que puede evapotranspirar una planta en condiciones ambientales óptimas y está regulada solamente por condiciones meteorológicas. Por tanto la ecuación del Índice de Evapotranspiración (ET_{ind}) es la siguiente:

$$ET_{ind} = \frac{ETR_{real}}{ETP_{potencial}}$$

Cuanto más varíe el (ET_{ind}) ante la modificación de un determinado parámetro, se considerará a dicho parámetro como más sensible.

7.2.1.3.- Escenarios Utilizados durante el Análisis de Sensibilidad

Para el análisis de sensibilidad se realizaron 40 simulaciones. Se tomaron 20 puntos de simulación de un transecto del tramo de estudio. Cada uno de esos puntos tenía una cota distinta (*y por tanto una elevación distinta sobre el nivel freático*). De esos 20 puntos 13 de ellos tenían un suelo limo-arenoso (llamado "Suelo 4") y 7 de ellos un suelo arenoso con muchas gravas (llamado "Suelo 10").

7.2.1.3.1.- Escenarios de suelos

Los dos tipos de suelos tendrán unos parámetros básicos obtenidos en el laboratorio que son los % de: gravas, arena, arcillas y materia orgánica. Los parámetros básicos para los suelos utilizados en este análisis son los siguientes:

Tabla 7.18. Parámetros Básicos de Suelo

Código Muestra	Parámetros Básicos				Observaciones de los Suelos
	Gravas >2mm	Arenas 0,05<S < 2mm	Arcillas C< 0,002 mm	Materia Orgánica (% Peso)	
4	0.1	30.6	15.9	1.96	limo-arenoso
10	59.5	67.2	4.9	3.41	arenoso con muchas gravas

A partir de estos últimos parámetros se han obtenido otros (*mediante el modelo "Soil Water Characteristics"*) que serán los parámetros del modelo y son:

- Pst: Porosidad ()
- Pb: Presión de Burbujeo (Kpa)
- Ip: Índice de Porosidad ()
- Ks: Conductividad Hidráulica Saturada del Suelo (mm/hr)
- Mfc: Humedad a Capacidad de Campo ()

Los parámetros de suelo del modelo para los suelos utilizados en este análisis son los siguientes:

Tabla 7.19. Parámetros Básicos de Suelo

Código Muestra	Parámetros del Modelo					Observaciones de los Suelos
	Presión de Burbujeo Pb (Kpa)	Porosidad Pst ()	Índice de Poros Ip ()	Conductividad Hidráulica Saturada Ks (mm/hr)	Humedad a Capacidad de Campo Mfc ()	
4	4.343	0.451	0.238	15.81	0.277	limo-arenoso
10	0.516	0.486	0.26	40.02	0.164	arenoso con gravas

7.2.1.3.2.- Escenarios con distintos regímenes de caudal

En el modelo se incluyen datos de caudal de río de una estación de aforo cercana. En el análisis de sensibilidad se considerarán dos regímenes de caudal distintos (natural y alterado). Para el régimen natural se tomarán datos de caudales de años previos a la construcción de la presa de Beniarrés, concretamente de los años: 1943-1949. Para el régimen alterado se tomarán datos recientes de los años 2000-2006. En la tabla siguiente tabla se muestran las funciones estadísticas de los datos de

caudal tanto para régimen natural como alterado. Se observa que para el régimen natural (sin regulación de la presa) la medida de la dispersión de la varianza es bastante más elevada y el valor máximo mucho más extremo.

Tabla 7.20. Comparación de Valores entre Régimen Natural y Alterado

Función Estadística	Regímenes	
	Natural	Alterado
Media	4.431	1.151
Mediana	2.17	0.788
Varianza	304.1	6.579
Máximo	642.96	64.06
Mínimo	0.022	0.033

Los valores de caudal son fundamentales en el modelo, porque mediante las curvas de aforo permiten obtener los niveles de río diarios. Como los puntos de simulación son cercanos al curso fluvial, se considera que el nivel freático es horizontal y sus valores equivalentes a los del nivel de río. La profundidad del nivel freático y su variación temporal es una variable muy importante en el modelo debido a las adaptaciones que tienen los distintos grupos funcionales de vegetación para los periodos tanto de sequía como de inundación.

7.2.1.3.3.- Escenarios para distintos puntos con distinta cota

La cota de los 20 puntos de simulación es también muy importante en este modelo porque es necesaria para determinar la afección del ascenso/descenso del nivel freático sobre la zona radicular de las plantas que componen los grupos funcionales de vegetación. En la siguiente tabla se muestra la cota de cada uno de los puntos en metros sobre el nivel del mar. Adicionalmente se muestra la elevación de los puntos con respecto al nivel medio de río para ambos regímenes de caudal. También se muestra el tipo de suelo que es considerado para cada uno de dichos puntos.

Tabla 7.21. Datos sobre los puntos de simulación elegidos para el análisis de sensibilidad

Cota del Punto de Simulación (m.s.n.m.)	Elevación sobre el Nivel del Río Promedio (m)		Código del Suelo del Punto de Simulación
	En Régimen Natural	En Régimen Alterado	
238.247	7.754	7.955	4
237.497	7.004	7.205	4
236.747	6.254	6.455	4
235.997	5.504	5.705	4
235.248	4.755	4.956	4
234.498	4.005	4.206	4
233.747	3.254	3.455	4
232.997	2.504	2.705	4
232.247	1.754	1.955	4
232.116	1.623	1.824	4
231.967	1.474	1.675	4
231.819	1.326	1.527	4
230.952	0.459	0.66	4
230.606	0.113	0.314	10
231.631	1.138	1.339	10
232.098	1.605	1.806	10
232.953	2.46	2.661	10
233.532	3.039	3.24	10
233.788	3.295	3.496	10
234.693	4.2	4.401	10

7.2.2.- Modificaciones de los valores de los parámetros

Para cada uno de los 4 tipos funcionales de vegetación (TV/RA/RJ/RH) se va a modificar 2 veces cada uno de los parámetros (Z_r / Z_e / Z_{sat} / R_i / R_j / CRT). En una de ellas se modificará el valor inicial un 30% por encima y en la otra un 30% por debajo del valor inicial. Al valor 30% superior se le aplicará el símbolo "+" y al valor 30% inferior el símbolo "-". A continuación se mostrará unas tablas para cada tipo funcional, donde aparecen los valores modificados (arriba/debajo) de los parámetros intervinientes en este análisis. Las celdas de los valores modificados han sido resaltadas en un color diferente.

Tabla 7.22. Modificaciones de los parámetros del tipo funcional de Vegetación Terrestre (TV)

TIPO FUNCIONAL:		TV (Vegetación Terrestre)				
Identificación Grupo	Profundidad Máxima de Raíces (m)	Profundidad Efectiva de Raíces (m)	Profundidad de Extinción por Saturación (m)	Factor de Transpiración de la Zona No Saturada ()	Factor de Transpiración de la Zona Saturada ()	Conductividad Máxima de Agua Raíz-Suelo (mmMpa-1h-1)
	Zr	Ze	Psat	Ri	Rj	CRT
Valores Iniciales	2	1.5	0.1	1	0.1	0.97
Zr+	2.6	1.5	0.1	1	0.1	0.97
Ze+	2	1.95	0.1	1	0.1	0.97
Psat+	2	1.5	0.13	1	0.1	0.97
Ri+	2	1.5	0.1	1.3	0.1	0.97
Rj+	2	1.5	0.1	1	0.13	0.97
CRT+	2	1.5	0.1	1	0.1	1.261
Zr-	1.4	1.5	0.1	1	0.1	0.97
Ze-	2	1.05	0.1	1	0.1	0.97
Psat-	2	1.5	0.07	1	0.1	0.97
Ri-	2	1.5	0.1	0.7	0.1	0.97
Rj-	2	1.5	0.1	1	0.07	0.97
CRT-	2	1.5	0.1	1	0.1	0.679

Tabla 7.23. Modificaciones de los parámetros del tipo funcional de Arbóreas de Ribera (RA)

TIPO FUNCIONAL:		RA (Arbóreas de Ribera)				
Identificación Grupo	Profundidad Máxima de Raíces (m)	Profundidad Efectiva de Raíces (m)	Profundidad de Extinción por Saturación (m)	Factor de Transpiración de la Zona No Saturada ()	Factor de Transpiración de la Zona Saturada ()	Conductividad Máxima de Agua Raíz-Suelo (mmMpa-1h-1)
	Zr	Ze	Psat	Ri	Rj	CRT
Valores Iniciales	6	1.5	-0.1	1	0.56	0.97
Zr+	7.8	1.5	-0.1	1	0.56	0.97
Ze+	6	1.95	-0.1	1	0.56	0.97
Psat+	6	1.5	-0.13	1	0.56	0.97
Ri+	6	1.5	-0.1	1.3	0.56	0.97
Rj+	6	1.5	-0.1	1	0.728	0.97
CRT+	6	1.5	-0.1	1	0.56	1.261
Zr-	4.2	1.5	-0.1	1	0.56	0.97
Ze-	6	1.05	-0.1	1	0.56	0.97
Psat-	6	1.5	-0.07	1	0.56	0.97
Ri-	6	1.5	-0.1	0.7	0.56	0.97
Rj-	6	1.5	-0.1	1	0.392	0.97
CRT-	6	1.5	-0.1	1	0.56	0.679

Tabla 7.24. Modificaciones de los parámetros del tipo funcional de Juveniles de Ribera (RJ)

TIPO FUNCIONAL:		RJ (Juveniles de Ribera)				
Identificación Grupo	Profundidad Máxima de Raíces (m)	Profundidad Efectiva de Raíces (m)	Profundidad de Extinción por Saturación (m)	Factor de Transpiración de la Zona No Saturada ()	Factor de Transpiración de la Zona Saturada ()	Conductividad Máxima de Agua Raíz-Suelo (mmMpa-1h-1)
	Zr	Ze	Psat	Ri	Rj	CRT
Valores Iniciales	1.6	0.5	0	1	0.2	0.97
Zr+	2.08	0.5	0	1	0.2	0.97
Ze+	1.6	0.65	0	1	0.2	0.97
Psat+	1.6	0.5	0.3	1	0.2	0.97
Ri+	1.6	0.5	0	1.3	0.2	0.97
Rj+	1.6	0.5	0	1	0.26	0.97
CRT+	1.6	0.5	0	1	0.2	1.261
Zr-	1.12	0.5	0	1	0.2	0.97
Ze-	1.6	0.35	0	1	0.2	0.97
Psat-	1.6	0.5	-0.3	1	0.2	0.97
Ri-	1.6	0.5	0	0.7	0.2	0.97
Rj-	1.6	0.5	0	1	0.14	0.97
CRT-	1.6	0.5	0	1	0.2	0.679

Tabla 7.25. Modificaciones de los parámetros del tipo funcional de Herbáceas de Ribera (RH)

TIPO FUNCIONAL:		RH (Herbáceas de Ribera)				
Identificación Grupo	Profundidad Máxima de Raíces (m)	Profundidad Efectiva de Raíces (m)	Profundidad de Extinción por Saturación (m)	Factor de Transpiración de la Zona No Saturada ()	Factor de Transpiración de la Zona Saturada ()	Conductividad Máxima de Agua Raíz-Suelo (mmMpa-1h-1)
	Zr	Ze	Psat	Ri	Rj	CRT
Valores Iniciales	0.6	0.5	-0.75	1	0.2	0.97
Zr+	0.78	0.5	-0.75	1	0.2	0.97
Ze+	0.6	0.65	-0.75	1	0.2	0.97
Psat+	0.6	0.5	-0.975	1	0.2	0.97
Ri+	0.6	0.5	-0.75	1.3	0.2	0.97
Rj+	0.6	0.5	-0.75	1	0.26	0.97
CRT+	0.6	0.5	-0.75	1	0.2	1.261
Zr-	0.42	0.5	-0.75	1	0.2	0.97
Ze-	0.6	0.35	-0.75	1	0.2	0.97
Psat-	0.6	0.5	-0.525	1	0.2	0.97
Ri-	0.6	0.5	-0.75	0.7	0.2	0.97
Rj-	0.6	0.5	-0.75	1	0.14	0.97
CRT-	0.6	0.5	-0.75	1	0.2	0.679

7.2.3.- Resultados del análisis de sensibilidad

Este apartado trata sobre los resultados del análisis de sensibilidad presentados en 16 tablas. En la mitad de las tablas se habrá aplicado un “régimen natural” de caudales y en la otra un “régimen alterado”. Además 8 de las tablas tendrán “Suelo 4” (*limo-arenoso*) y las otras 8 un “Suelo 10” (*arenoso y gravoso*). Habrá 4 tablas por cada uno de los 4 tipos funcionales de vegetación: TV Vegetación Terrestre; RA-Arbóreas de Ribera; RJ-Juveniles de Ribera; RH-Herbáceas de Ribera. Las tablas de “Suelo 4” tendrán 13 puntos de simulación en representados en 13 filas o registros y las de “Suelo 10” tendrán 7. En primer lugar se va a representar un diagrama a modo de guía. En las tablas posteriores de resultados, se resaltará para cada fila el valor de la variación de parámetro más elevado con un color diferente.

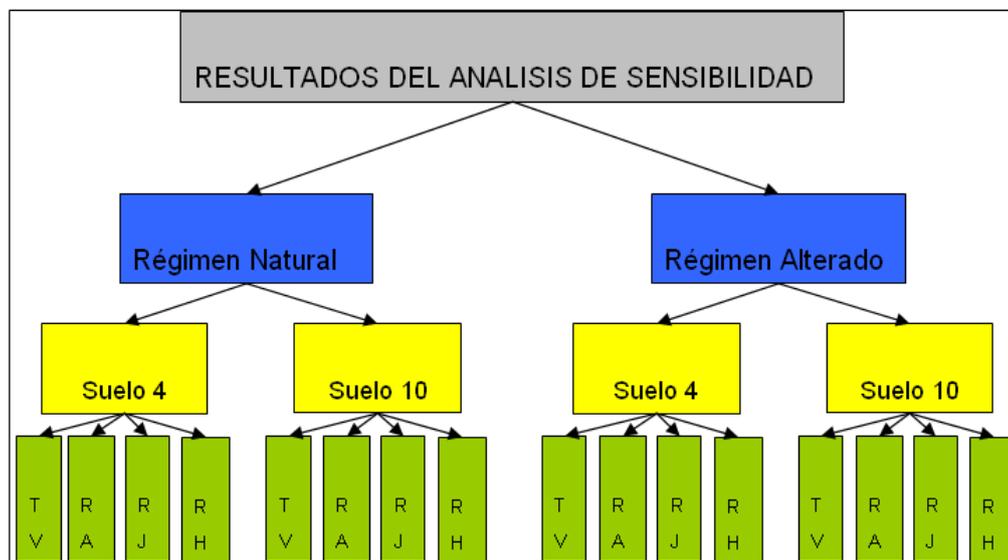


Figura 7.27. Diagrama de las tablas utilizadas en el análisis de sensibilidad (ver anexo correspondiente)

A continuación se va a mostrar una tabla de ejemplo de los resultados del análisis de sensibilidad. El resto de las tablas quedarán representadas en el anexo correspondiente:

Tabla 7.26. Ejemplo de tabla de resultados del análisis de sensibilidad

Vegetación:		RH (Herbáceas de Ribera)							
Suelo:		4 (Limo-Arenoso)							
Régimen de Q:		Natural							
Cota (m.s.n.m.)	Elevación sobre el Nivel del Río (m)	Valores Estándar del Índice de Evapotranspiración	Variación del Índice de Evapotranspiración según el Parámetro Modificado						Parámetro más Sensible
			Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	CRT	
238.247	7.754	0.310	0.00E+00	4.35E-02	0.00E+00	2.87E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
237.497	7.004	0.311	0.00E+00	4.38E-02	0.00E+00	2.81E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
236.747	6.254	0.313	0.00E+00	4.42E-02	0.00E+00	2.73E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
235.997	5.504	0.314	0.00E+00	4.48E-02	0.00E+00	2.63E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
235.248	4.755	0.317	0.00E+00	4.57E-02	0.00E+00	2.48E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
234.498	4.005	0.321	0.00E+00	4.73E-02	0.00E+00	2.26E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
233.747	3.254	0.328	0.00E+00	5.00E-02	0.00E+00	1.83E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
232.997	2.504	0.343	2.18E-04	5.55E-02	0.00E+00	4.79E-03	0.00E+00	0.00E+00	Ze
232.247	1.754	0.417	1.59E-03	9.50E-02	1.79E-04	1.24E-03	0.00E+00	0.00E+00	Ze
232.116	1.623	0.434	1.34E-03	8.74E-02	1.79E-04	7.41E-03	0.00E+00	0.00E+00	Ze
231.967	1.474	0.454	1.80E-03	1.11E-01	1.79E-04	2.41E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
231.819	1.326	0.487	2.43E-03	1.49E-01	2.25E-04	4.25E-03	0.00E+00	0.00E+00	Ze
230.952	0.459	0.999	7.45E-02	3.98E-01	0.00E+00	3.26E-01	0.00E+00	0.00E+00	Ze

7.2.4.- Conclusiones del análisis de sensibilidad

Tras analizar los resultados se ha llegado a las siguientes conclusiones:

“El parámetro de vegetación menos sensible es CRT”: Esto era ya predecible debido a que en la bibliografía consultada sobre el parámetro CRT se citaba casi siempre el valor fijo de: $0.97 \text{ mm} \cdot \text{Mpa}^{-1} \text{ h}^{-1}$

“El parámetro de vegetación Zsat también es muy poco sensible”: Esto se aprecia sobretodo en los puntos de mayor cota o en las simulaciones con régimen alterado debido a que en estos casos la Cota de Extinción por Saturación (Cpsat) se alcanza con mayor dificultad.

“Los parámetros claramente más sensibles son: Zr, Ze, Ri y Rj”: Para realizar las calibraciones se tendrá en cuenta especialmente a estos últimos parámetros pero también a Zsat.

7.3.- CALIBRACIÓN DEL MODELO

En este apartado se describe el proceso mediante el cual se modifican los parámetros más sensibles, con el fin de que la vegetación simulada coincida lo máximo posible con la vegetación observada en campo. La vegetación ha sido clasificada en tipo funcionales de vegetación y el modelo indica, para cada punto de simulación, cuál de los tipos funcionales es más idóneo para las condiciones ambientales expuestas. Los parámetros utilizados en la calibración son todos parámetros de vegetación. Tras realizar consultas bibliográficas y tras realizar el análisis de sensibilidad se concluyó que los parámetros de vegetación más sensibles, y por tanto a utilizar en la calibración, eran los siguientes:

- Zr: Profundidad Máxima de Raíces (m)
- Ze: Profundidad Efectiva de Raíces (m)
- Zsat: Profundidad de Extinción por Saturación (m)
- Ri: Factor de Transpiración de la Zona No Saturada ().
- Rj: Factor de Transpiración de la Zona Saturada ().

La fracción de cobertura de la vegetación se ha considerado la unidad en los tipos funcionales RH, RA y TV mientras que en el caso de RJ se ha considerado 0.8 por presentar la vegetación juvenil menor densidad. La conductividad máxima de agua raíz-suelo se ha fijado en $0.97 \text{ mmMpa}^{-1}\text{h}^{-1}$ para todos los tipos funcionales. La presión para el punto de humedad crítica se ha fijado en 500 Kpa en los tipos funcionales RH y RJ, 250 Kpa en RA y 95 Kpa en TV; mientras que la presión para el punto de marchitez permanente se ha mantenido en 1500 Kpa en todos los casos.

Se ha realizado la calibración previa del modelo en dos tramos con régimen de caudales diferentes con el fin de obtener unos parámetros de vegetación del modelo capaces de reflejar coherentemente la distribución de los tipos funcionales de vegetación en condiciones hidrológicas diversas. De este modo se ha realizado una primera calibración en el tramo Terde 1 del Río Mijares, el cual se encuentra en una zona de cabecera y con régimen natural de caudales. Paralelamente se ha realizado la calibración del modelo en el tramo Lorcha del Río Serpis, el cual está sometido a la regulación de caudales del Pantano de Beniarres. Finalmente, y teniendo en cuenta los resultados de ambas calibraciones, se han seleccionado los parámetros óptimos del modelo para la calibración definitiva del mismo.

7.3.1.- Matriz de confusión

Para visualizar los resultados de cada uno de los pasos de la calibración se utilizará una matriz de confusión. La matriz de confusión es una herramienta de visualización donde las columnas de la matriz representan los valores simulados de cada clase, mientras que cada fila representa los valores reales.

En nuestro caso las clases de la matriz son los tipos funcionales de vegetación, tanto puros como mixtos. Para cada punto de simulación de nuestro tramo de estudio existe un valor de “*tipo de vegetación observado en campo*” y otro valor que es el de “*vegetación simulada por el modelo*”.

A medida de que se van obteniendo resultados de cada punto de simulación se añaden valores unitarios en las celdas cuyos índices de filas y columnas coinciden con las clases observadas y simuladas respectivamente.

La matriz de confusión para el proceso de calibración tiene 8 columnas y 8 filas. Como resultado habrá un total de 36 celdas que se agruparán de la siguiente manera:

- 16 celdas donde coinciden los valores simulados y observados exclusivamente para los tipos funcionales puros (*agrupación A de la tabla*).
- 16 celdas donde coinciden los tipos funcionales simulados puros con los observados mixtos (*agrupación B de la tabla*).
- 4 celdas donde coinciden los tipos funcionales simulados mixtos, con los observados mixtos (*agrupación C de la tabla*). Estas celdas solo contabilizan los valores a partir de las celdas de la agrupación B de la tabla, y tan solo en los casos en los que los valores simulados puros coincidan con algunos de los valores observados mixtos.

La diagonal principal de la matriz de confusión ha sido resaltada en gris ya que este conjunto de celdas se caracterizan porque los valores simulados coinciden con los observados. La calibración tiene como objetivo que estos valores sean lo más altos posible a costa de reducir los valores de las demás celdas (especialmente de las más alejadas de la diagonal).

Las tablas resultantes, para cada uno de los dos tramos seleccionados para la calibración del modelo, quedan representadas de la siguiente forma:

		SIMULADOS								Total
		RH	RJ	RA	TV	RH+RJ	RH+RA	RJ+RA	RA+TV	
OBSERVADOS	RH					-	-	-	-	
	RJ					-	-	-	-	
	RA					-	-	-	-	
	TV					-	-	-	-	
	RH+RJ						-	-	-	
	RH+RA					-		-	-	
	RJ+RA					-	-		-	
	RA+TV					-	-	-		
	Total unicas									
Total todas										Tot sim



Agrupación A



Agrupación B



Agrupación C

Figura 7.28. Matrices de confusión. Arriba: Matriz de confusión para la calibración del modelo en el tramo Terde 1 del Río Mijares (régimen natural); Abajo: Matriz de confusión para la calibración del modelo en el tramo Lorcha del Río Serpis (régimen alterado).

A efectos de comprobación se ha incluido una columna adicional en el lado derecho de la tabla donde se suman los valores totales de para cada fila. Al mismo tiempo los valores totales de dichas filas son sumados en la celda inferior de dicha columna. El valor de dicha celda tiene que ser igual al número total de puntos de simulación. Igualmente se contabiliza la suma de cada uno de los tipos funcionales simulados y el total de puntos reflejados en la simulación. A partir de estos totales se han obtenido los porcentajes de acierto de cada simulación sobre cada uno de los tipos funcionales observados y el conjunto de todos ellos.

7.3.2.- Proceso de Calibración en Lorcha del Río Serpis (Régimen alterado)

Aunque durante la calibración se han realizado multitud de simulaciones, a continuación sólo se van a mostrar aquí las consideradas de mayor importancia.

7.3.2.1.- Simulación 1 de Lorcha

En la simulación 1^a, donde se tienen en cuenta la hipótesis inicial, el valor de los parámetros para los distintos tipos de vegetación es el siguiente:

Tabla 7.27. Parámetros de la Simulación 1 de Lorcha

Parameter		Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	Cov	CRT	Pwp	Perit
		Maximum Root Depth [m]	Effective Root Depth [m]	Extinction at Saturation [m]	Transpiration Factor from Unsaturated Zone []	Transpiration Factor from Saturated Zone []	Vegetation density []	Maximum Soil-Root Water Conductance [mm/Mpa/h]	Wilting Point Matrix Potential [Kpa]	Critical matrix potential [Kpa]
Riparian Herbs	RH	0.6	0.5	-0.75	1	0.2	1	0.97	1500	95
Riparian Juveniles and small Shrubs	RJ	1.6	0.5	0	1	0.2	1	0.97	1500	95
Riparian adults Trees and Shrubs	RA	6	1.5	-0.1	1	0.56	1	0.97	1500	95
Terrestrial Vegetation	TV	2	1.5	0.1	1	0	1	0.97	1500	95

Tras ejecutar el software y transferir los resultados del Índice de Evapotranspiración a la matriz de confusión, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 7.28. Matriz de Simulación 1 de Lorcha

		SIMULADOS								Total
		RH	RJ	RA	TV	RH+RJ	RH+RA	RJ+RA	RA+TV	
OBSERVADOS	RH	20	0	50	0	-	-	-	-	70
	RJ	0	0	5	0	-	-	-	-	5
	RA	0	0	18	0	-	-	-	-	18
	TV	0	0	120	4	-	-	-	-	124
	RH+RJ	2	0	18	0	2	-	-	-	20
	RH+RA	0	0	17	0	-	17	-	-	17
	RJ+RA	2	0	82	0	-	-	82	-	84
	RA+TV	0	0	92	0	-	-	-	92	92
	Total únicas	20	0	193	4	2	17	82	92	430
Total todas	24	0	402	4					430	

Tot obs

Tot sim

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RH	20	70	28.57%
RJ	0	5	0.00%
RA	18	18	100.00%
TV	4	124	3.23%
RH+RJ	2	20	10.00%
RH+RA	17	17	100.00%
RJ+RA	82	84	97.62%
RA+TV	92	92	100.00%

En esta matriz se observa que los parámetros del tipo funcional RA (*Árboles Adultos y Grandes Arbustos de Ribera*), es favorecido enormemente por lo que habrá que penalizar este tipo funcional modificando sus parámetros. El resto de tipos funcionales no se simulan correctamente por lo que la hipótesis inicial se ha descartado automáticamente.

7.3.2.2.- Simulación 2 de Lorcha

Debido a la gran predominancia del tipo RA, en la Simulación se han reducido los parámetros Zr (*Profundidad Máxima de Raíces*) y Rj (*Factor de Transpiración de la Zona Saturada*) de este tipo funcional. Además se han incluido diferentes modificaciones en los demás tipos funcionales con el fin de favorecerlos al máximo tras varios pasos intermedios. Los resultados evidencian mejoras sustanciales respecto a los obtenidos anteriormente con los parámetros de la hipótesis inicial. Los parámetros de calibración en este punto del proceso se han establecido como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7.29. Parámetros de la Simulación 2 de Lorcha

Parameter		Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	Cov	CRT	Pwp	Pcrit
		Maximum Root Depth [m]	Effective Root Depth [m]	Extinction at Saturation [m]	Transpiration Factor from Unsaturated Zone []	Transpiration Factor from Saturated Zone []	Vegetation density []	Maximum Soil-Root Water Conductance [mm/Mpa/h]	Wilting Point Matrix Potential [Kpa]	Critical matrix potential [Kpa]
Riparian Herbs	RH	1.2	0.6	-0.75	0.8	0.6	1	0.97	1500	95
Riparian Juveniles and small Shrubs	RJ	1.5	0.8	0	0.9	0.35	1	0.97	1500	95
Riparian adults Trees and Shrubs	RA	4	0.8	-0.1	0.9	0.35	1	0.97	1500	95
Terrestrial Vegetation	TV	2.2	2	0.3	1	0	1	0.97	1500	95

Tras realizar la simulación con los parámetros antes expuestos se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 7.30. Matriz de Simulación 2 del Lorcha

		SIMULADOS								Total
		RH	RJ	RA	TV	RH+RJ	RH+RA	RJ+RA	RA+TV	
OBSERVADOS	RH	24	3	38	5	-	-	-	-	70
	RJ	0	1	2	2	-	-	-	-	5
	RA	0	0	17	1	-	-	-	-	18
	TV	0	0	12	113	-	-	-	-	125
	RH+RJ	3	3	8	6	6	-	-	-	20
	RH+RA	0	1	12	4	-	12	-	-	17
	RJ+RA	2	1	22	59	-	-	23	-	84
	RA+TV	0	3	40	49	-	-	-	89	92
	Total únicas	24	4	69	121	6	12	23	89	431
	Total todas	29	12	151	239					431

Tot obs
Tot sim

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RH	24	70	34.29%
RJ	1	5	20.00%
RA	17	18	94.44%
TV	113	125	90.40%
RH+RJ	6	20	30.00%
RH+RA	12	17	70.59%
RJ+RA	23	84	27.38%
RA+TV	89	92	96.74%

En esta simulación se observa que los aciertos han ido también en aumento. El tipo funcional más beneficiado ha sido el de vegetación terrestre (TV). Por otro lado los tipos RH y RJ también han mejorado sensiblemente sin perjudicar al tipo RA. Tan solo sale perjudicado el tipo RJ+RA donde varios aciertos anteriores irán a parar al tipo TV. Dadas las notables mejoras producidas en la simulación con los parámetros aquí definidos, estos se han tenido en consideración al decidir los parámetros definitivos del modelo. Sin embargo, y a pesar de haberse obtenido aquí resultados muy satisfactorios para los tipos funcionales RA y TV principalmente, se ha decidido continuar con el proceso de calibración para lograr mejores resultados en los tipos funcionales restantes.

7.3.2.3.- Simulación 3 de Lorcha

En esta simulación se realizarán los siguientes cambios a los parámetros de vegetación: El tipo funcional RH se ha limitado mediante el parámetro Z_r del mismo modo que se ha tratado de compensar este efecto incrementando ligeramente su parámetro Z_e . El resultado de los puntos simulados respecto a este parámetro se modifica ligeramente logrando simular un punto de simulación más que en el caso anterior.

El balance se modifica ligeramente, beneficiándose RH respecto al caso anterior. Se ha seguido el mismo razonamiento en las modificaciones realizadas a Zr y Ze en los tipos funcionales RJ y RA lográndose mejores resultados tanto en los tipos funcionales puros como en los mixtos. El tipo funcional TV ha visto reducido aquí su Zr y su Ze, a pesar de ello no se observan resultados mucho peores por verse beneficiado respecto al resto de tipos funcionales en la eficiencia de transpiración en la zona no saturada. Con estos cambios se observan mejoras en el balance de la mayoría de tipos funcionales y en ninguno de ellos se empeora notablemente el resultado. Aún así se ha tratado de afinar más en la calibración reduciendo el grado de cobertura de RJ, lo cual refleja mejor la realidad observada, y aumentando la presión para el punto de humedad crítica (Pcrit) en los tipos funcionales RH, RJ y RA. Como se describió en el apartado de análisis de sensibilidad, el modelo no es especialmente sensible a estos dos parámetros, sin embargo si se ha logrado matizar ligeramente los resultados de la simulación con estas modificaciones.

Tabla 7.31. Parámetros de la Simulación 3 de Lorcha

Parameter		Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	Cov	CRT	Pwp	Perit
		Maximum Root Depth [m]	Effective Root Depth [m]	Extinction at Saturation [m]	Transpiration Factor from Unsaturated Zone []	Transpiration Factor from Saturated Zone []	Vegetation density []	Maximum Soil-Root Water Conductance [mm/MPa/h]	Wilting Point Matrix Potential [Kpa]	Critical matrix potential [Kpa]
Riparian Herbs	RH	0.8	0.7	-0.3	0.8	0.6	1	0.97	1500	500
Riparian Juveniles and small Shrubs	RJ	1.25	0.9	0	0.9	0.35	0.8	0.97	1500	500
Riparian adults Trees and Shrubs	RA	3.5	0.9	-0.1	0.9	0.35	1	0.97	1500	250
Terrestrial Vegetation	TV	2	1.9	0.3	1	0	1	0.97	1500	95

Tras ejecutar el software con los anteriores parámetros se obtiene la siguiente matriz:

Tabla 7.32. Matriz de Simulación 3 de Lorcha

		SIMULADOS								Total
		RH	RJ	RA	TV	RH+RJ	RH+RA	RJ+RA	RA+TV	
OBSERVADOS	RH	25	3	39	3	-	-	-	-	70
	RJ	0	2	1	2	-	-	-	-	5
	RA	0	0	17	1	-	-	-	-	18
	TV	0	0	15	110	-	-	-	-	125
	RH+RJ	3	5	5	7	8	-	-	-	20
	RH+RA	0	1	12	4	-	12	-	-	17
	RJ+RA	2	2	29	51	-	-	31	-	84
	RA+TV	0	0	51	41	-	-	-	92	92
	Total únicas	25	5	72	116	8	12	31	92	431
Total todas	30	13	169	219					431	

Tot obs

Tot sim

BALANCE	Simulados	Observados	% Acier to s
RH	25	70	35.71%
RJ	2	5	40.00%
RA	17	18	94.44%
TV	110	125	88.00%
RH+RJ	8	20	40.00%
RH+RA	12	17	70.59%
RJ+RA	31	84	36.90%
RA+TV	92	92	100.00%

Como se ha comentado anteriormente la mayoría de los tipos funcionales se simulan mejor que en el caso anterior sin haberse reducido considerablemente ninguno de los porcentajes resultantes del balance. Se puede observar que la cantidad de aciertos de RH solo ha mejorado ligeramente y aunque los aciertos de RJ también han mejorado, hay que tener en cuenta que había muy pocos puntos de simulación donde se hubiera observado vegetación pura de RJ.

Por otro lado la cantidad de aciertos de RA se mantiene constante respecto al caso anterior. Se produce una reducción despreciable de los aciertos en TV que se compensa por las notables mejoras que ha alcanzado el modelo en el resto de tipos funcionales simulados. Observando los tipos mixtos han mejorado tanto RH+RJ como RJ+RA ligeramente sin verse perjudicados los demás. Estos parámetros ofrecen un buen resultado y por ello se han tenido en cuenta a la hora de decidir los valores definitivos de los parámetros del modelo.

7.3.2.4.- Simulación 4 de Lorcha

Tomando como referencia los valores de los parámetros correspondientes a la simulación anterior, se ha tratado de obtener una mejora de los resultados o, al menos, un conjunto de alternativas que ofreciesen balances similares al anterior. Para ello, en esta cuarta simulación se han modificado las cotas de extinción por saturación de los diferentes tipos funcionales dotando a todos ellos de una mayor resistencia.

Tabla 7.33. Parámetros de la Simulación 4 de Lorcha

Parameter		Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	Cov	CRT	Pwp	Pcrit
		Maximum Root Depth [m]	Effective Root Depth [m]	Extinction at Saturation [m]	Transpiration Factor from Unsaturated Zone []	Transpiration Factor from Saturated Zone []	Vegetation density []	Maximum Soil-Root Water Conductance [mm/Mpa/h]	Wilting Point Matrix Potencial [Kpa]	Critical matrix potential [Kpa]
Riparian Herbs	RH	0.8	0.7	-0.75	0.8	0.6	1	0.97	1500	500
Riparian Juveniles and small Shrubs	RJ	1.25	0.9	-0.1	0.9	0.35	0.8	0.97	1500	500
Riparian adults Trees and Shrubs	RA	3.5	0.9	-0.3	0.9	0.35	1	0.97	1500	250
Terrestrial Vegetation	TV	2	1.9	0.15	1	0	1	0.97	1500	95

Tras ejecutar el software con los anteriores parámetros se obtiene la siguiente matriz:

Tabla 7.34. Matriz de Simulación 4 de Lorcha

		SIMULADOS								Total	
		RH	RJ	RA	TV	RH+RJ	RH+RA	RJ+RA	RA+TV		
OBSERVADOS	RH	25	3	38	4	-	-	-	-	70	
	RJ	0	2	1	2	-	-	-	-	5	
	RA	0	0	17	1	-	-	-	-	18	
	TV	0	0	15	110	-	-	-	-	125	
	RH+RJ	3	5	4	8	8	-	-	-	20	
	RH+RA	0	1	12	4	-	12	-	-	17	
	RJ+RA	2	2	28	52	-	-	30	-	84	
	RA+TV	0	0	51	41	-	-	-	92	92	
	Total únicas	25	5	71	117	8	12	30	92	431	Tot obs
Total todas	30	13	166	222					431	Tot sim	

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RH	25	70	35.71%
RJ	2	5	40.00%
RA	17	18	94.44%
TV	110	125	88.00%
RH+RJ	8	20	40.00%
RH+RA	12	17	70.59%
RJ+RA	30	84	35.71%
RA+TV	92	92	100.00%

Se obtiene como resultado el mismo balance que en la simulación anterior en todos los tipos funcionales excepto en el tipo mixto RJ+RA donde se reduce ligeramente por simularse como TV uno de los puntos simulados como RA en la simulación anterior. A pesar de este ligero empeoramiento los parámetros mostrados en esta simulación se han tenido en cuenta a la hora de decidir los parámetros definitivos del modelo por ser, al menos en los tres primeros tipos funcionales (RH, RJ y RA), más coherentes con la realidad observada.

7.3.2.5.- Parámetros de calibración en Lorcha

Se ha tratado aquí de lograr de nuevo los mejores resultados posibles del balance entre los tipos funcionales observados y simulados, obtenidos en la simulación 3, manteniendo las profundidades de extinción por saturación (Zsat) lo más similares posible a los mostrados en la simulación 4. De

este modo, ha sido únicamente necesaria la penalización del tipo funcional TV, al cual se le ha dado el mismo valor ya calibrado en la simulación 3, es decir Zsat igual a 0.3. Los parámetros de calibración que se han considerados óptimos para el tramo Lorcha del Río Serpis, el cual se encuentra en régimen alterado de caudales, son los que se muestran a continuación:

Tabla 7.35. Parámetros de calibración en Lorcha

Parameter		Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	Cov	CRT	Pwp	Porit
		Maximum Root Depth [m]	Effective Root Depth [m]	Extinction at Saturation [m]	Transpiration Factor from Unsaturated Zone []	Transpiration Factor from Saturated Zone []	Vegetation density []	Maximum Soil-Root Water Conductance [mm/Mpa/h]	Wilting Point Matrix Potencial [Kpa]	Critical matrix potential [Kpa]
Riparian Herbs	RH	0.8	0.7	-0.75	0.8	0.6	1	0.97	1500	500
Riparian Juveniles and small Shrubs	RJ	1.25	0.9	-0.1	0.9	0.35	0.8	0.97	1500	500
Riparian adults Trees and Shrubs	RA	3.5	0.9	-0.3	0.9	0.35	1	0.97	1500	250
Terrestrial Vegetation	TV	2	1.9	0.3	1	0	1	0.97	1500	95

Tras ejecutar el software con los anteriores parámetros se obtiene la siguiente matriz:

Tabla 7.36. Matriz de calibración en Lorcha

		SIMULADOS								Total
		RH	RJ	RA	TV	RH+RJ	RH+RA	RJ+RA	RA+TV	
OBSERVADOS	RH	25	3	39	3	-	-	-	-	70
	RJ	0	2	1	2	-	-	-	-	5
	RA	0	0	17	1	-	-	-	-	18
	TV	0	0	15	110	-	-	-	-	125
	RH+RJ	3	5	5	7	8	-	-	-	20
	RH+RA	0	1	12	4	-	12	-	-	17
	RJ+RA	2	2	29	51	-	-	31	-	84
	RA+TV	0	0	51	41	-	-	-	92	92
	Total únicas	25	5	72	116	8	12	31	92	431
Total todas	30	13	169	219					431	

Tot obs

Tot sim

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RH	25	70	35.71%
RJ	2	5	40.00%
RA	17	18	94.44%
TV	110	125	88.00%
RH+RJ	8	20	40.00%
RH+RA	12	17	70.59%
RJ+RA	31	84	36.90%
RA+TV	92	92	100.00%

Se observa en los resultados como el tipo funcional mixto RJ+RA ha recuperado el balance que se había obtenido en la simulación tres únicamente con la penalización de Zsat en TV descrita anteriormente. Son las herbáceas de ribera (RH) y las riparias juveniles (RJ) las que mayores problemas muestran en la calibración. Sin embargo, es poco representativo el caso de RJ por existir únicamente 5 puntos en los que este tipo funcional ha sido observado de forma aislada. No se ha logrado mejorar el balance de RH sin penalizar los resultados de los demás tipos funcionales considerablemente.

Se ha considerado esta calibración la óptima para este tramo por ser capaz el modelo de simular, con estos parámetros, los tipos funcionales principales con buenos resultados. Además, el tipo funcional más diferenciado, TV, se simula con una fiabilidad (88%) diferenciándose de los tipos funcionales de vegetación de ribera propiamente dicha (RA, RJ y RH). Incluso en estos tres tipos se ha logrado alcanzar una diferenciación considerada muy satisfactoria, especialmente el para el tipo RA, el cual es simulado en un 94.44% de los casos. Los tipos funcionales mixtos también muestran buenos resultados.

7.3.3.- Proceso de Calibración en Terde 1 del Río Mijares (Régimen Natural)

Del mismo modo que ocurría en el apartado anterior de calibración del modelo en Lorcha, aunque durante el proceso de calibración del tramo Terde 1 se han realizado un elevado número de simulaciones, se van a mostrar a continuación las que han ofrecido resultados más representativos.

En este tramo sólo se han observado los tipos funcionales TV, RA y RA+TV. Por este motivo se ha adaptado la tabla resumen de tal modo que sean estos tipos funcionales los que queden reflejados en el proceso de calibración.

7.3.3.1.- Simulación 1 de Terde 1

No se muestra en este apartado la simulación correspondiente a la hipótesis inicial por no ser representativos los resultados, del mismo modo que sucedía en el tramo lorcha. Se ha seleccionado la siguiente simulación por ofrecer unos buenos resultados de calibración de la vegetación terrestre. Los parámetros de vegetación simulados aquí son los mostrados a continuación.

Tabla 7.37. Parámetros de la Simulación 1 de Terde 1

Parameter		Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	Cov	CRT	Pwp	Perit
		Maximum Root Depth [m]	Effective Root Depth [m]	Extinction at Saturation [m]	Transpiration Factor from Unsaturated Zone []	Transpiration Factor from Saturated Zone []	Vegetation density []	Maximum Soil-Root Water Conductance [mm/MPa/h]	Wilting Point Matrix Potencial [Kpa]	Critical matrix potential [Kpa]
Riparian Herbs	RH	0.8	0.7	-0.3	0.8	0.6	1	0.97	1500	500
Riparian Juveniles and small Shrubs	RJ	1.25	0.9	0	0.9	0.35	0.8	0.97	1500	500
Riparian adults Trees and Shrubs	RA	3.5	0.9	-0.1	0.9	0.35	1	0.97	1500	250
Terrestrial Vegetation	TV	2	1.9	0.3	1	0	1	0.97	1500	95

Como puede observarse la profundidad máxima de raíces es máxima para la vegetación adulta de ribera (RA), viéndose muy reducida en comparación la del tipo funcional que engloba la vegetación herbácea (RH). Es la vegetación terrestre (TV) la que presenta en cambio una mayor profundidad efectiva de raíces, necesaria para compensar el número de puntos de simulación donde este tipo funcional no se simula a consecuencia de la anulación de la transpiración en zona saturada.

Es TV el tipo funcional más vulnerable respecto al parámetro de profundidad de extinción por saturación. Las cotas negativas implican resistencia cuando la saturación se encuentra por encima de la superficie del suelo. En este sentido se han establecido los parámetros de modo que sean las herbáceas (RH) las más resistentes, fijando su Zsat en 30 cm por encima de la superficie del suelo.

Los factores de transpiración, tanto en zona saturada como en zona no saturada, se han igualado en los tipos funcionales de riparias adultas y juveniles (RA y RJ) mientras que la fracción de cobertura se ha reducido en RJ considerándose igual a la unidad (cobertura total) en el resto de tipos funcionales.

La presión para el punto de humedad crítica se ha establecido en 500 Kpa para RH y RJ, 250 Kpa para RA y 95 Kpa para TV. Dado que este no es un parámetro frente al cual el modelo se haya mostrado especialmente sensible, estos valores se han mantenido constantes a lo largo de todo el proceso de calibración.

Tras ejecutar el software con los anteriores parámetros se obtiene la siguiente matriz:

Tabla 7.38. Matriz de Simulación 1 de Terde 1

		SIMULADOS								Total
		RH	RJ	RA	TV	RH+RJ	RH+RA	RJ+RA	RA+TV	
OBSERVADOS	RH	0	0	0	0	-	-	-	-	0
	RJ	0	0	0	0	-	-	-	-	0
	RA	13	12	17	4	-	-	-	-	46
	TV	0	0	9	25	-	-	-	-	34
	RH+RJ	0	0	0	0	0	-	-	-	0
	RH+RA	0	0	0	0	-	0	-	-	0
	RJ+RA	0	0	0	0	-	-	0	-	0
	RA+TV	0	0	3	2	-	-	-	5	5
	Total únicas	13	12	26	29	0	0	0	5	85
	13	12	29	31					85	

Tot obs
Tot sim

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RA	17	46	36.96%
TV	25	34	73.53%
RA+TV	5	5	100.00%
TOTAL	47	85	55.29%

Como se ha comentado anteriormente, en este tramo sólo se han observado los tipos funcionales TV, RA y RA+TV. Por este motivo son nulos los valores correspondientes a las filas de los tipos funcionales RH, RJ, RH+RJ, RH+RA y RJ+RA. Del mismo modo, se ha adaptado la tabla resumen de tal modo que sean los tipos funcionales observados los que queden reflejados en la tabla del balance.

En el balance total puede observarse como el 44.71% de los puntos de simulación no ha conseguido simularse como alguno de los tipos funcionales observados. Esto es consecuencia de que 13 puntos de simulación en los que el tipo funcional observado es RA, se han simulado como RH y 12 puntos como RJ. Como consecuencia, el porcentaje de aciertos de los puntos de simulación correspondientes a RA es bajo en comparación con los obtenidos para los otros dos tipos funcionales presentes.

Al observar el comportamiento del modelo, al simular la vegetación terrestre (TV) y el tipo mixto (RA+TV), se concluye que el resultado es bastante satisfactorio.

7.3.3.2.- Simulación 2 de Terde 1

Dado que las deficiencias de la simulación anterior se ven reflejadas en los puntos de RA se ha decidido favorecer este tipo funcional ampliando su Zsat. Las pruebas intermedias han mostrado que con esta modificación el resultado se ve perjudicado, por lo que se han recalibrado los Zsat de todos los tipos funcionales de ribera.

Tabla 7.39. Parámetros de la Simulación 2 de Terde 1

Parameter		Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	Cov	CRT	Pwp	Pcrit
		Maximum Root Depth [m]	Effective Root Depth [m]	Extinction at Saturation [m]	Transpiration Factor from Unsaturated Zone []	Transpiration Factor from Saturated Zone []	Vegetation density []	Maximum Soil-Root Water Conductance [mm/Mpa/h]	Wilting Point Matrix Potencial [Kpa]	Critical matrix potential [Kpa]
Riparian Herbs	RH	0.8	0.7	-0.75	0.8	0.6	1	0.97	1500	500
Riparian Juveniles and small Shrubs	RJ	1.25	0.9	-0.1	0.9	0.35	0.8	0.97	1500	500
Riparian adults Trees and Shrubs	RA	3.5	0.9	-0.3	0.9	0.35	1	0.97	1500	250
Terrestrial Vegetation	TV	2	1.9	0.3	1	0	1	0.97	1500	95

Tras ejecutar el software con los anteriores parámetros se obtiene la siguiente matriz:

Tabla 7.40. Matriz de Simulación 2 de Terde 1

		SIMULADOS								Total
		RH	RJ	RA	TV	RH+RJ	RH+RA	RJ+RA	RA+TV	
OBSERVADOS	RH	0	0	0	0	-	-	-	-	0
	RJ	0	0	0	0	-	-	-	-	0
	RA	13	10	19	4	-	-	-	-	46
	TV	0	0	9	25	-	-	-	-	34
	RH+RJ	0	0	0	0	0	-	-	-	0
	RH+RA	0	0	0	0	-	0	-	-	0
	RJ+RA	0	0	0	0	-	-	0	-	0
	RA+TV	0	0	3	2	-	-	-	5	5
	Total únicas	13	10	28	29	0	0	0	5	85
Total todas	13	10	31	31					85	Tot sim

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RA	19	46	41.30%
TV	25	34	73.53%
RA+TV	5	5	100.00%
TOTAL	49	85	57.64%

Los resultados muestran como los cambios efectuados en el parámetro Zsat de los diferentes tipos funcionales mejoran el balance de simulación en un 4.34% para el tipo funcional RA. Este incremento se produce a consecuencia de la reducción de dos de los puntos simulados como RJ en la simulación anterior. Esto provoca que se incremente además el balance total de puntos simulados.

7.3.3.3.- Parámetros de calibración en Terde 1

En esta simulación se han logrado los mejores resultados entre todas las realizadas para el tramo Terde 1. Se han reducido la profundidad efectiva de raíces de los tipos funcionales RA, RJ y RH. Se han vuelto a modificar los parámetros Zsat de estos tres tipos funcionales y se han diferenciado los factores de transpiración en zona no saturada para los tipos funcionales de riparias adultas y juveniles (RA y RJ), reduciéndose ligeramente esta última.

Tabla 7.41. Parámetros de calibración en Terde 1

Parameter		Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	Cov	CRT	Pwp	Pcrit
		Maximum Root Depth [m]	Effective Root Depth [m]	Extinction at Saturation [m]	Transpiration Factor from Unsaturated Zone []	Transpiration Factor from Saturated Zone []	Vegetation density []	Maximum Soil-Root Water Conductance [mm/Mpa/h]	Wilting Point Matrix Potencial [Kpa]	Critical matrix potential [Kpa]
Riparian Herbs	RH	0.8	0.4	-0.3	0.8	0.6	1	0.97	1500	500
Riparian Juveniles and small Shrubs	RJ	1.6	0.75	0	0.7	0.35	1	0.97	1500	500
Riparian adults Trees and Shrubs	RA	3.5	0.75	-0.1	0.9	0.35	1	0.97	1500	250
Terrestrial Vegetation	TV	2	1.9	0.3	1	0	1	0.97	1500	95

Tras ejecutar el software con los anteriores parámetros se obtiene la siguiente matriz:

Tabla 7.42. Matriz de calibración en Terde 1

		SIMULADOS								Total
		RH	RJ	RA	TV	RH+RJ	RH+RA	RJ+RA	RA+TV	
OBSERVADOS	RH	0	0	0	0	-	-	-	-	0
	RJ	0	0	0	0	-	-	-	-	0
	RA	11	3	28	4	-	-	-	-	46
	TV	0	0	7	27	-	-	-	-	34
	RH+RJ	0	0	0	0	0	-	-	-	0
	RH+RA	0	0	0	0	-	0	-	-	0
	RJ+RA	0	0	0	0	-	-	0	-	0
	RA+TV	0	0	3	2	-	-	-	5	5
	Total únicas	11	3	35	31	0	0	0	5	85
										Tot obs
Total todas	11	3	38	33					85	Tot sim

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RA	28	46	60.87%
TV	27	34	79.41%
RA+TV	5	5	100.00%
TOTAL	60	85	70.59%

Estos resultados son los mejores de todos los obtenidos en el proceso de calibración del modelo en este tramo, por ello se han seleccionado estos parámetros como parámetros de calibración del modelo en este apartado.

7.3.4.- Proceso de Calibración Conjunta

Una vez se han obtenido las calibraciones puras de los dos tramos seleccionados, Lorcha en régimen alterado de caudales y Terde 1 en régimen natural, se ha procedido a evaluar ambas calibraciones con la finalidad de adoptar una solución de compromiso en la que se fijen los parámetros de calibración definitivos del modelo.

Debido a que en el tramo Terde 1 no se han observado los tipos funcionales RH, RJ, ni los tipos funcionales mixtos que los contienen, se ha decidido conservar los parámetros de calibración del tramo Lorcha para estos dos tipos funcionales.

Tabla 7.43. Parámetros definitivos de calibración del modelo para los tipos funcionales RH y RJ

Parameter		Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	Cov	CRT	Pwp	Perit
		Maximum Root Depth [m]	Effective Root Depth [m]	Extinction at Saturation [m]	Transpiration Factor from Unsaturated Zone []	Transpiration Factor from Saturated Zone []	Vegetation density []	Maximum Soil-Root Water Conductance [mm/MPa/h]	Wilting Point Matrix Potencial [Kpa]	Critical matrix potential [Kpa]
Riparian Herbs	RH	0.8	0.7	-0.75	0.8	0.6	1	0.97	1500	500
Riparian Juveniles and small Shrubs	RJ	1.25	0.9	-0.1	0.9	0.35	0.8	0.97	1500	500

Si bien es cierto que la calibración pura de los parámetros correspondientes a los tipos funcionales RA y TV del tramo Terde 1 ofrecen buenos resultados en este tramo en régimen natural, son en ciertos casos contradictorios respecto a los aceptados para RH y RJ. Es el caso del parámetro Ze. No resulta coherente que la profundidad efectiva de raíces sea mayor en el tipo funcional correspondiente a riparias juveniles (RJ), la cual se ha fijado en 90 cm, que en el caso del tipo funcional de riparias adultas (RA), para el cual en la calibración para el tramo Terde 1 se obtuvo un valor de Ze igual a 75 cm. Por este motivo se ha seleccionado el valor de 90 cm como óptimo para el parámetro Ze en RA.

Otro parámetro que ha planteado dudas en su definición ha sido Zsat. En la calibración pura realizada para Terde 1 la profundidad de extinción por saturación (Zsat) se había fijado en 10 cm sobre la superficie del suelo. Este parámetro coincide con el obtenido para RJ en la calibración realizada para Lorcha. Siendo RJ más susceptible a la extinción por saturación que las riparias adultas, no se ha considerado oportuno calibrar este parámetro de igual modo en ambos tipos funcionales. En este caso se ha recurrido al valor del parámetro calibrado en Lorcha (30 cm sobre la superficie del suelo) para el tipo funcional RA.

La robustez del modelo queda patente al comparar los parámetros restantes calibrados en ambos tramos para los tipos funcionales RA y TV. En esta comparación se observó que estos parámetros coincidían en los resultados óptimos de ambos procesos de calibración, los cuales se llevaron a cabo de forma paralela e independiente. Esto implica que los parámetros definitivos de calibración del modelo coinciden con los parámetros de calibración pura del tramo Lorcha del río Serpis, sin diferir más que puntualmente de los parámetros calibrados en Terde 1 para los tipos funcionales observados en este tramo. De hecho, estos parámetros se seleccionaron como una de las mejores alternativas en el proceso de calibración del tramo Terde1, mostrado como *simulación 2 de Terde 1* en el presente informe. El hecho de no haberse obtenido los mejores resultados con estos parámetros, no implica que el resultado no haya sido satisfactorio. Se ha realizado el balance global, considerando conjuntamente los tipos funcionales de ribera como vegetación riparia (RIBERA), incluyendo RA, RJ, RH, así como sus tipos funcionales mixtos RA+RJ, RA+RH y RH+RJ; en contraste con la vegetación terrestre (TERRESTRE) que comprende el tipo funcional TV, y con un tercer tipo de combinación de ambas (MIXTA) que corresponde al tipo funcional RA+TV. Los resultados de aciertos globales del modelo en Terde 1, mostrados a continuación, se han considerado plenamente satisfactorios.

Tabla 7.44. Balance global de los parámetros definitivos de calibración del modelo en el tramo Terde 1

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RIBERA	42	46	91.30%
TERRESTRE	25	34	73.53%
MIXTA	5	5	100.00%
TOTAL	72	85	84.71%

Esta tabla refleja únicamente los porcentajes de acierto del modelo, sin embargo, al evaluar los resultados del 100% del total de puntos de simulación encontramos que 51 puntos se simularon como RIBERA de 46 observados lo que supone que el modelo simula RIBERA en un 110.87% respecto a lo observado. Del mismo modo en total se simularon 29 puntos como TERRESTRE que, frente a ñps 34 puntos observados supone que el modelo simula globalmente el 85.29%.

Por todo lo anteriormente descrito, se han definido los parámetros de calibración del modelo.

Tabla 7.45. Parámetros definitivos de calibración del modelo

Parameter		Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	Cov	CRT	Pwp	Perit
		Maximum Root Depth [m]	Effective Root Depth [m]	Extinction at Saturation [m]	Transpiration Factor from Unsaturated Zone []	Transpiration Factor from Saturated Zone []	Vegetation density []	Maximum Soil-Root Water Conductance [mm/MPa/h]	Wilting Point Matrix Potencial [Kpa]	Critical matrix potential [Kpa]
Riparian Herbs	RH	0.8	0.7	-0.75	0.8	0.6	1	0.97	1500	500
Riparian Juveniles and small Schrubs	RJ	1.25	0.9	-0.1	0.9	0.35	0.8	0.97	1500	500
Riparian adults Trees and Schrubs	RA	3.5	0.9	-0.3	0.9	0.35	1	0.97	1500	250
Terrestrial Vegetation	TV	2	1.9	0.3	1	0	1	0.97	1500	95

7.4.- VALIDACIÓN DEL MODELO

Tras haber realizado el proceso de calibración, y tomando como punto de partida las diversas conclusiones que de él se extrajeron, se ha procedido a efectuar la validación del modelo a una muestra más amplia y representativa de tramos fluviales.

La validación del modelo se ha realizado mediante simulaciones de los datos hidrometeorológicos, de vegetación y de suelo, correspondientes a los diferentes tramos seleccionados de los ríos de la Confederación Hidrográfica del Júcar, por sus características hidrológicas variables. Por tanto, se ha validado el modelo en tramos con y sin regulación hídrica, así como en tramos de cabecera de cuenca y de zonas intermedias.

De este modo se ha procedido a validar el modelo en los tramos no empleados en el proceso de calibración, es decir, en cabecera de cuenca los tramos Terde 2 del río Mijares, Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 del río Cabriel; en zonas intermedias los tramos Cirat y Tormo del río Mijares.

Los resultados obtenidos en la cabecera del río Mijares, Terde 2, han mostrado un buen comportamiento del modelo, simulando mayoritariamente los tipos funcionales de vegetación que se han observado en este tramo.

Tabla 7.46. Resultados de validación del modelo en el tramo Terde 2 del río Mijares

		SIMULADOS								Total
		RH	RJ	RA	TV	RH+RJ	RH+RA	RJ+RA	RA+TV	
OBSERVADOS	RH	0	0	0	0	-	-	-	-	0
	RJ	0	0	0	0	-	-	-	-	0
	RA	10	7	15	5	-	-	-	-	37
	TV	0	0	12	26	-	-	-	-	38
	RH+RJ	0	0	0	0	0	-	-	-	0
	RH+RA	0	0	0	0	-	0	-	-	0
	RJ+RA	0	0	0	0	-	-	0	-	0
	RA+TV	0	0	1	4	-	-	-	5	5
	Total únicas	10	7	27	31	0	0	0	5	80
	Total todas	10	7	28	35					80

Tot obs Tot sim

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RA	15	37	40.54%
TV	26	38	68.42%
RA+TV	5	5	100.00%
TOTAL	46	80	57.50%

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RIBERA	32	37	86.49%
TERRESTRE	26	38	68.42%
MIXTA	5	5	100.00%
TOTAL	63	80	78.75%

Se ha observado en el balance global como el porcentaje de vegetación terrestre se simula correctamente respecto a lo observado, así como la vegetación de ribera en su conjunto. Se observó, además que el modelo se comportaba correctamente en la simulación de grupos funcionales combinados correspondiéndose con lo observado en los diferentes puntos de simulación. Al analizar el 100% de los puntos simulados observamos que en total se simulan 44 puntos RIBERA y 31 puntos TERRESTRE; éstos frente a 37 y 38 puntos observados respectivamente, suponen la simulación de el 118.91% y el 81.57% de los puntos de simulación en cada caso. Es decir, que el modelo globalmente desplaza la simulación ligeramente hacia la vegetación de ribera frente a la vegetación terrestre, hecho que ya se comprobó que sucedía también en el proceso de calibración conjunta.

A la vista de los resultados expuestos anteriormente se ha decidido considerar el modelo validado en la cabecera de cuenca del río Mijares en el periodo de tiempo en el que se dispone de registros hidro-meteorológicos, o estimaciones representativas de los mismos.

También se ha observado un buen comportamiento del modelo en los tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 del río Cabriel. Los resultados obtenidos han simulando mayoritariamente los tipos funcionales de vegetación que se han observado en cada uno de los tramos. Destaca que una parte importante de la vegetación *RA* se simule en estos tramos como *RH*, así como el desplazamiento de vegetación terrestre hacia grupos funcionales de ribera. El balance total muestra que el modelo simula mejor la vegetación riparia que la vegetación terrestre en ambos tramos de estudio.

Tabla 7.47. Tramo Batán 1 del río Cabriel

		SIMULADOS								Total	
		RH	RJ	RA	TV	RH+RJ	RH+RA	RJ+RA	RA+TV		
OBSERVADOS	RH	0	0	0	0	-	-	-	-	0	
	RJ	0	0	0	0	-	-	-	-	0	
	RA	26	6	10	0	-	-	-	-	42	
	TV	1	3	10	3	-	-	-	-	17	
	RH+RJ	0	0	0	0	0	-	-	-	0	
	RH+RA	0	0	0	0	-	0	-	-	0	
	RJ+RA	0	0	0	0	-	-	0	-	0	
	RA+TV	4	3	1	2	-	-	-	3	10	
	Total únicas	27	9	20	3	0	0	0	3	69	Tot obs
Total todas	31	12	21	5					69	Tot sim	

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RA	10	42	23.81%
TV	3	17	17.65%
RA+TV	3	10	30.00%
TOTAL	16	69	23.19%

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RIBERA	42	42	100.00%
TERRESTRE	3	17	17.65%
MIXTA	10	10	100.00%
TOTAL	55	69	79.71%

Tabla 7.48. Tramo Batán 2 del río Cabriel

		SIMULADOS								Total
		RH	RJ	RA	TV	RH+RJ	RH+RA	RJ+RA	RA+TV	
OBSERVADOS	RH	0	0	0	0	-	-	-	-	0
	RJ	0	0	0	0	-	-	-	-	0
	RA	16	15	17	4	-	-	-	-	52
	TV	0	1	8	3	-	-	-	-	12
	RH+RJ	0	0	0	0	0	-	-	-	0
	RH+RA	0	0	0	0	-	0	-	-	0
	RJ+RA	0	0	0	0	-	-	0	-	0
	RA+TV	2	4	14	0	-	-	-	14	20
	Total únicas	16	16	25	7	0	0	0	14	84
	Total todas	18	20	39	7					84

Tot obs
Tot sim

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RA	17	52	32.69%
TV	3	12	25.00%
RA+TV	14	20	70.00%
TOTAL	34	84	40.48%

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RIBERA	48	52	92.31%
TERRESTRE	3	12	25.00%
MIXTA	20	20	100.00%
TOTAL	71	84	84.52%

Al analizar el 100% de los puntos simulados observamos que en total se simulan 57 puntos RIBERA y 7 puntos TERRESTRE; éstos frente a 52 y 12 puntos observados respectivamente, suponen la simulación de el 109.62% y el 58.33% de los puntos de simulación en cada caso. Es decir, que el modelo globalmente desplaza la simulación ligeramente hacia la vegetación de ribera frente a la vegetación terrestre como ocurría en el caso anterior.

A consecuencia de los resultados obtenidos se ha decidido considerar validado el modelo para su aplicación en los tramos correspondientes a la cabecera del río Cabriel, siempre que el análisis de resultados se realice desde un punto de vista global, diferenciando dos grandes grupos: vegetación terrestre y vegetación de ribera. Además deberá tenerse en cuenta en la aplicación del modelo en estos tramos que la vegetación terrestre se infravalora considerablemente por lo que los análisis deberán centrarse en la obtención de conclusiones a partir de los resultados obtenidos para la vegetación riparia.

Una vez se ha validado el modelo en aquellos tramos que se encontraban en régimen natural, se consideró necesaria la validación en los tramos seleccionados para el presente proyecto que se encuentran en situación de regulación hídrica, es decir, en los tramos Cirat y Tormo del río Mijares en su parte media.

Tabla 7.49. Tramo Cirat del río Mijares

		SIMULADOS								Total
		RH	RJ	RA	TV	RH+RJ	RH+RA	RJ+RA	RA+TV	
OBSERVADOS	RH	4	0	0	6	-	-	-	-	10
	RJ	0	0	2	6	-	-	-	-	8
	RA	1	0	1	7	-	-	-	-	9
	TV	0	0	0	0	-	-	-	-	0
	RH+RJ	2	0	4	5	2	-	-	-	11
	RH+RA	7	2	5	5	-	12	-	-	19
	RJ+RA	0	1	2	11	-	-	3	-	14
	RA+TV	0	0	0	0	-	-	-	0	0
Total únicas	5	0	3	19	2	12	3	0	71	Tot obs
Total todas	14	3	14	40					71	Tot sim

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RH	4	10	40.00%
RJ	0	8	0.00%
RA	1	9	11.11%
RH+RJ	2	11	18.18%
RH+RA	12	19	63.16%
RJ+RA	3	14	21.43%

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RIBERA	22	71	30.98%
TERRESTRE	0	0	-
MIXTA	0	0	-
TOTAL	22	71	30.98%

Tabla 7.50. Tramo Tormo del río Mijares

		SIMULADOS								Total
		RH	RJ	RA	TV	RH+RJ	RH+RA	RJ+RA	RA+TV	
OBSERVADOS	RH	5	0	0	0	-	-	-	-	5
	RJ	0	0	0	0	-	-	-	-	0
	RA	7	5	16	12	-	-	-	-	40
	TV	0	0	0	0	-	-	-	-	0
	RH+RJ	1	0	0	0	1	-	-	-	1
	RH+RA	9	0	4	3	-	13	-	-	16
	RJ+RA	1	1	2	2	-	-	3	-	6
	RA+TV	0	0	0	0	-	-	-	0	0
Total únicas	12	5	16	12	1	13	3	0	68	Tot obs
Total todas	23	6	22	17					68	Tot sim

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RH	5	5	100.00%
RA	16	40	40.00%
RH+RJ	1	1	100.00%
RH+RA	13	16	81.25%
RJ+RA	3	6	50.00%

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RIBERA	38	68	55.88%
TERRESTRE	0	0	-
MIXTA	0	0	-
TOTAL	38	68	55.88%

No se considera especialmente buena la validación del modelo en el tramo Cirat. Al analizar el 100% de los puntos simulados observamos que en total se simulan 8 puntos RIBERA y 19 puntos TERRESTRE; éstos frente a 71 puntos observados de RIBERA, suponen la simulación de el 11.27% de los puntos de simulación en este caso. El modelo globalmente desplaza en este tramo la simulación hacia la vegetación terrestre frente a la de ribera. Éste es un tramo muy afectado, ya no sólo, por la regulación de caudales, además es una zona en la que existe una elevada presión por usos agrícolas en las áreas colindantes al río, lo que implica que aunque potencialmente debería aparecer en el tramo, no existe vegetación terrestre observada. Los riegos a manta de estos cultivos provocan además, ascensos periódicos del nivel freático que no son reconocidos por el modelo, a pesar de haber sido incluido este efecto en la serie de precipitaciones, por no ser éste un modelo dinámico, lo que favorece al tipo funcional *RA* en la simulación frente al resto de tipos funcionales de vegetación de ribera.

En cualquier caso, estudiando con detenimiento la zona de estudio, se ha considerado que, si bien no se pueden simular con exactitud los tipos funcionales de vegetación presentes en este tramo de río, si puede emplearse el modelo como herramienta de evaluación de las afecciones antrópicas sobre dicha vegetación respecto a su potencial presencia en el tramo, como se expone en capítulos posteriores del presente documento.

Ha resultado más acertada la simulación realizada en el tramo Tormo del río mijares. Al analizar el 100% de los puntos simulados observamos que en total se simulan 33 puntos RIBERA y 12 puntos TERRESTRE; éstos frente a 68 puntos observados de RIBERA, suponen la simulación de el 48.53% de los puntos de simulación en este caso. El modelo globalmente desplaza en este tramo la simulación hacia la vegetación terrestre frente a la de ribera, al igual que ocurría en el caso de cirat. El modelo se ha validado en este tramo por haber sido capaz de simular correctamente los tipos funcionales de vegetación de ribera, tanto cuando éstos se encuentran individualmente como cuando se presentan en combinación. Es lógico que el modelo simule una parte de vegetación terrestre, pues el tramo se encuentra en un entorno forestal. Por estos motivos se ha considerado el modelo validado para este tramo de estudio y se empleará como herramienta en la evaluación de las afecciones antrópicas sobre la vegetación asociada al tramo.

8.- APLICACIÓN DEL MODELO

8.1.- MODIFICACIONES DEL RÉGIMEN CONSIDERADAS

Las modificaciones antrópicas en los sistemas de recursos hídricos, así como la influencia de la acción humana en las variaciones del clima tienen importantes consecuencias en los sistemas naturales y socioeconómicos. La perspectiva inquietante de una sociedad que tendrá que adaptarse a un futuro incierto y las posibles implicaciones ecológicas, sociales, económicas y políticas de tales cambios ambientales han suscitado no solamente el interés de la comunidad científica, sino también la preocupación de los representantes políticos, las administraciones y el ciudadano común (Comité científico de la Red Temática CLIVAR-España, 2006).

El diseño de las infraestructuras hidráulicas se ha realizado tradicionalmente de acuerdo a la información existente de los caudales en los ríos, el tipo y frecuencia tanto de las inundaciones esperadas como de las sequías. La Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE) justifica que se considere oportuno evaluar el efecto de dichas infraestructuras sobre la vegetación riparia, dado que mediante esta Directiva Marco, se establece que la Unión Europea debe organizar la gestión de todas las aguas, entre ellas las aguas superficiales, con diversos fines entre los que se encuentran mejorar la situación de los ecosistemas acuáticos y paliar los efectos de las inundaciones y de las sequías.

La operación en los embalses utiliza el pasado hidrológico para establecer una guía en la toma de decisiones del embalse. Los requerimientos hídricos de la vegetación de ribera, así como de la fauna asociada a las masas de agua continentales, han sido evaluados con información histórica de temperatura, disponibilidad de agua, requerimientos de agua en el suelo, etc.

En este contexto el Panel Intergubernamental de Expertos para el Cambio Climático (IPCC) ha indicado recientemente que la zona mediterránea constituye una de las regiones más susceptibles a los posibles impactos del cambio climático, aunque las previsiones tienen todavía un alto grado de incertidumbre (IPCC, 2007). Esto implica que, en relación con la gestión de los recursos hídricos, los registros en el pasado de las condiciones hidrológicas no deberían ser una guía fiable para el futuro y las condiciones de diseño y manejo de los sistemas hidráulicos deberían ser planificados en la actualidad para mitigar los posibles efectos del cambio climático (Hernández *et al.*, 2007; Barriendos, 2008; Vargas *et al.*, 2008; Baldasano-Recio, 2009; Estrela-Monreal, 2009; Garrote de Marcos, 2009). Similarmente, el IPCC (IPCC, 2001b) concluyó ya hace algunos años que los gestores del agua deberían de empezar “una reexaminación sistemática de los criterios en el diseño, reglas reoperación, planes de contingencia, y políticas de reparto del agua”.

Es imprescindible para una correcta gestión de los Recursos Hídricos conocer y comprender las consecuencias asociadas a las diferentes actuaciones antrópicas, tanto directas, en este caso la modificación del régimen de caudales, como indirectas, entre las que destacan cada vez con mayor relevancia los efectos del Cambio Climático.

8.2.- MODIFICACIONES DE LA VEGETACIÓN RIPARIA POR CAMBIO CLIMÁTICO

8.2.1.- *Escenarios de cambio climático*

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC, 1992), define el cambio climático como: “cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

Durante el último siglo se ha observado un incremento de 0,5° C en la temperatura media del planeta. Los escenarios del cuarto informe de proyecciones futuras comparadas con la historia reciente del IPCC (2007) prevén un incremento en la temperatura de la Tierra durante los próximos años entre 0,5 y 4° C para el 2100. Lo más habitual es que los cambios en el clima se hagan en referencia a un periodo de tiempo, y el clima estándar de referencia es el tomado entre 1961 y 1990; extrapolando este intervalo y variando diferentes parámetros y se obtienen los escenarios. Los escenarios más optimistas estiman el incremento de temperatura en los siguientes 100 años como el mismo incremento registrado desde que hay medidas instrumentales; los más pesimistas sin embargo consideran que este incremento puede ser hasta 8 veces mayor (0,5 – 4° C).

Además de la temperatura, existen otros cambios como la presión atmosférica, los vientos, la humedad, siendo uno de los más importantes la Precipitación. En cuanto al régimen de precipitaciones hay aún bastante variabilidad entre los resultados de los diferentes modelos aunque por lo general parece que, entre 2090 y 2099, se incrementarán las precipitaciones en los Polos y el Ecuador y se volverán más áridas las zonas de los trópicos.

Los escenarios son futuros múltiples y posibles, plausibles; no son predicciones sino relatos alternativos de cómo puede evolucionar en el futuro el entorno general o global que nos permiten explorar diferentes hipótesis. Según el IPCC los escenarios climatológicos son descripciones coherentes y consistentes de cómo el sistema climático de la Tierra puede cambiar en el futuro.

Sin embargo se plantean diferentes problemas a la hora de abordar la generación de escenarios pues las previsiones se basan en la información histórica y, al cambiar los factores externos, el comportamiento no tiene por que ser igual que en el pasado.

La forma de abordar los estudios a futuro es mediante escenarios. Estos deben acotarse en unos rangos racionales y serán la forma de analizar las posibles situaciones de futuro, desde la más favorable hasta la más desfavorable. La finalidad última de estos estudios es prepararse para esos posibles futuros y adecuar la gestión que el ser humano hace del entorno natural.

Generalmente, los modelos climatológicos tienen como dato de entrada los escenarios de los modelos de emisiones y proporcionan resultados traducidos a variables climáticas. En modelos climatológicos de circulación global no hay un alto grado de detalle, de ahí surge la necesidad de desarrollar modelos regionales que detallen los resultados en zonas más concretas (bajada de escala en la que se abarca un país y se obtiene resolución suficiente para analizar las distintas regiones).

De los modelos climatológicos regionales se han obtenido escenarios de precipitación, temperatura, etc. (Hernández *et al.*, 2007). A partir de estos resultados se pueden evaluar, mediante modelos hidrológicos y de calidad de las aguas, cambios en los recursos hídricos naturales, cambios en la vegetación de la cuenca, cambios en las condiciones de calidad, modelos de requerimientos de agua en los cultivos, etc. De estos resultados se pueden obtener conclusiones mediante modelos de gestión de recursos acerca de los cambios en la disponibilidad de recursos.

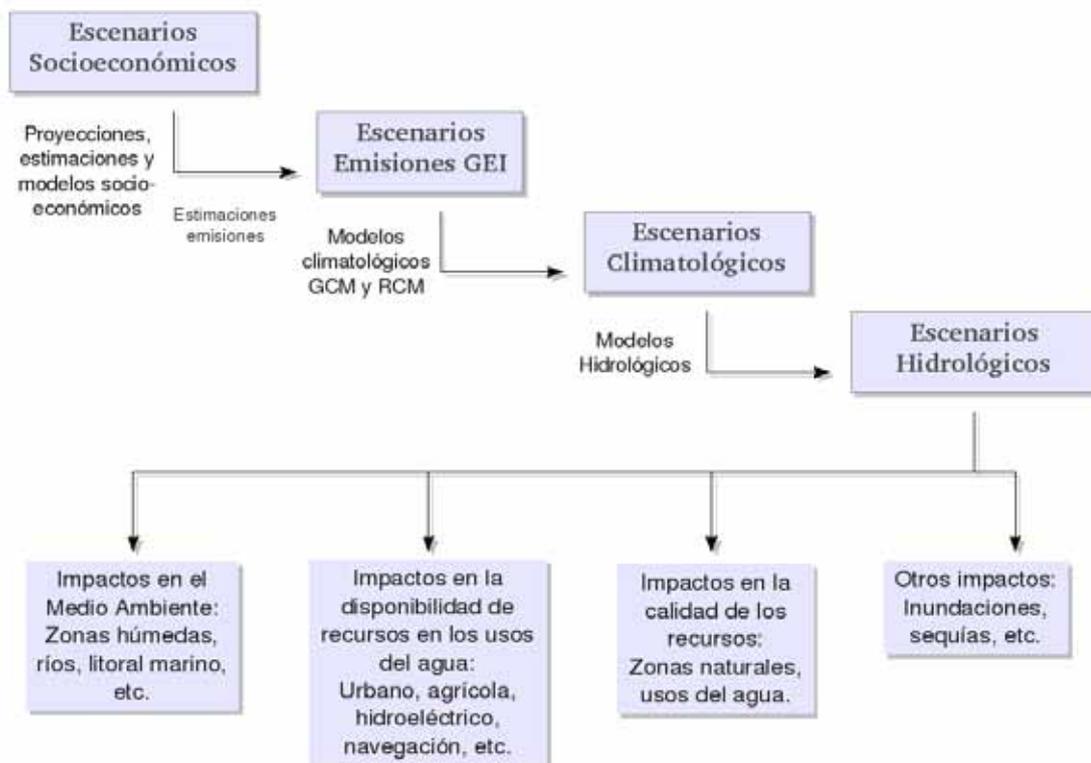


Figura 8.1. Esquema descriptivo del uso de escenarios en estudios de cambio climático

En el Programa Nacional sobre el Clima (MOPTMA, 1995), elaborado por la Comisión Nacional del Clima, se analizan los resultados que proporcionan los modelos de circulación general para España. La evolución más probable del clima peninsular español, se sintetiza en un aumento de temperatura media anual que oscilaría entre 1 y 4° C, siendo ligeramente mayores esos aumentos en verano y descensos generales de los valores de la precipitación media anual comprendidos entre el 5% y el 15%. Se estima una tendencia hacia una concentración temporal de la precipitación, así como a una

mayor variabilidad anual e interanual, lo que implicaría un aumento de los períodos secos y una mayor torrencialidad de las precipitaciones.

Posteriormente, en 1998, el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (CEDEX, 1998) desarrolló un estudio en el que se utilizaron tres tipos de escenarios climáticos: escenarios sintéticos con incremento de las temperaturas en +1, +2° C y cambios porcentuales de la precipitación y escenarios climáticos a partir del modelo de circulación general océano-atmósfera HadCM2 (Hadley Centre for Climate Prediction and Research). Las salidas del modelo HadCM2 consisten en las medias mensuales de cada año de la temperatura máxima (° C), la temperatura mínima (° C), la precipitación (mm), la velocidad del viento ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), la humedad relativa (%) y la radiación (MJ/m^2).

El modelo que mejor representa las condiciones climáticas globales actuales es el HadCM3. Este modelo ha sido elegido por la mayor parte de los especialistas en el tema porque ofrece unos resultados del clima actual que son los que, en general, más se asemejan a las observaciones en el hemisferio norte (Mitchell y Johns, 1997).

Sin embargo, para responder a las preguntas que la posibilidad de un cambio climático plantea se requieren resoluciones temporales y espaciales cada vez más detalladas, así como información sobre un mayor número de variables, razón por la cual se están desarrollando modelos climáticos regionales. En la actualidad sólo se dispone de escenarios regionales obtenidos a partir de los resultados de los modelos de circulación general, con todas las limitaciones y cautelas que ello supone.

Los modelos regionales de clima (RCM) son considerados como la técnica más prometedora para realizar proyecciones realistas de cambio climático a escala regional (UCLM, 2005). Los RCM son esencialmente similares al módulo atmosférico de cualquier modelo de circulación global, pero se aplican a un área limitada del globo con más resolución.

El modelo de clima regional PROMES utiliza los escenarios climáticos del modelo de circulación general HadCM2 y del HadCM3. El modelo HadCM2 para obtener los escenarios climáticos del futuro utiliza los escenarios de emisiones previstas en el segundo informe del IPCC, IS92 (IPCC 1994) y el HadCM3 utiliza los escenarios de emisiones SRES/IE-EE del IPCC (IPCC 2002).

El PROMES fue desarrollado por el grupo de Modelización para el Medio Ambiente y el Clima (MOMAC) del Instituto de Ciencias Ambientales de la Universidad de Castilla-La Mancha en Toledo. El objetivo básico del PROMES es generar los escenarios climáticos necesarios para realizar estudios sobre los efectos del cambio climáticos en diversas áreas, como pueden ser los recursos hídricos o cualquier otro área específica. Estos escenarios climáticos futuros han sido obtenidos por el Instituto Nacional de Meteorología y por el modelo PROMES (Gallardo et al. 2001) de la Universidad Castilla de la Mancha. Recientemente se han utilizado los escenarios del Modelo Regional de Clima PROMES para el estudio de eventos climáticos extremos en el Mediterráneo (Sánchez et al., 2004).

En 2007 Hernández presentó en su tesis doctoral una evaluación integrada de los impactos del cambio climático en los sistemas de recursos hídricos complejos, aplicada al caso concreto de la Confederación Hidrográfica del Júcar (Hernández *et al.*, 2007). Las variables obtenidas de los escenarios climáticos corresponden a las variables climáticas de temperaturas y precipitaciones para los diferentes periodos de tiempo estimados para el futuro (Gallardo *et al.* 2001). Los periodos de tiempo considerados en esta tesis corresponden a 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100, tomando como referencia el periodo 1960-1990. Con los escenarios climáticos futuros se modificaron las condiciones actuales y se obtuvieron nuevas condiciones climáticas, para las cuales se calcularon las aportaciones actuales y futuras por medio del modelo lluvia escorrentía PATRICAL (Pérez, 2005).

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que los incrementos en la temperatura tendrán mayores efectos en las aportaciones que los cambios que se presenten en la precipitación. Las reducciones en las aportaciones, según su análisis, son mayores cuando además de incrementarse la temperatura disminuye también la precipitación hasta en un 25%, lo que ocasiona que se presenten cambios muy críticos en las aportaciones, con reducciones comprendidas entre un 50-60% en las cabeceras de la cuenca en el periodo 2070-2100. Las disminuciones en las aportaciones son más acusadas en la parte alta de la cuenca, es decir la aportación disminuye en forma gradual desde Alarcón (49.3 %) hacia la salida al mar (38.9%). En resumen se tendrán menores recursos en la parte alta de la cuenca y los efectos del cambio climático serán mayores que en la parte baja.

La cuenca del Mijares es un caso especial por presentar diferentes condiciones a las que se han comentado anteriormente para los casos de las cuencas del Júcar, el Turia y el Palancia, ya que aunque los valores de las aportaciones actuales son menores en la parte alta y media de la cuenca, las reducciones previstas en porcentaje son menores en la parte alta (29.4%) y van incrementando hacia la parte baja de la cuenca (salida al mar, 37.2%).

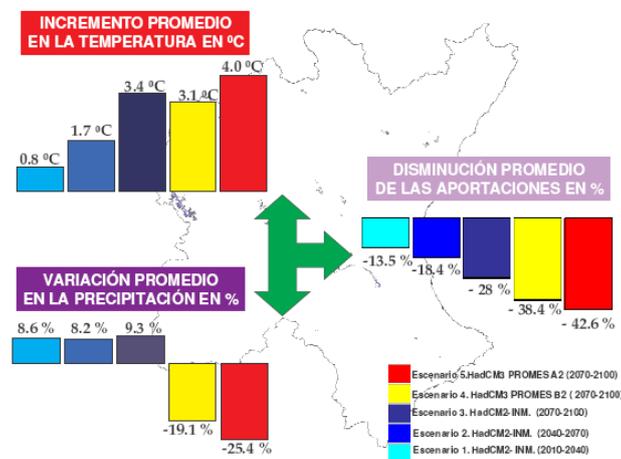


Figura 8.2. Escenarios hidrometeorológicos (Fuente: Hernández, 2007)

En esta cuenca, al presentarse una combinación de resultados (menores aportaciones y menores disminuciones porcentuales) en la parte alta de la cuenca, y mayores aportaciones y mayores disminuciones (en relación porcentual) en la parte baja de la cuenca, no es posible identificar una tendencia, que evidencie donde se presentarán los mayores efectos del cambio climático. No obstante, si concluye que al presentarse una reducción de las aportaciones futuras, tanto en la parte alta como en la parte baja de la cuenca, los efectos del cambio climático se manifestaran en una reducción en las aportaciones que se puede traducir como una disminución de los recursos hídricos.

En esencia, según Hernández, el cambio climático en la CHJ causará una reducción de las aportaciones hídricas que se traduce en una disminución de los recursos hídricos disponibles.

Se han tomado de esta tesis los escenarios siguientes de variaciones de temperatura (°C), precipitación media mensual (mm) y aportaciones (m³/s) a escala mensual:

- HadCM2 – INM 2010-2040: Toma como condiciones de contorno los resultados del modelo océano-atmósfera de circulación general (MCGAO-A) HadCM2, con base a los escenarios de emisiones IS92, y realiza la bajada de escala en base a los escenarios del Instituto Nacional de Meteorología (INM) para dar como resultado el escenario a escala regional para el periodo 2010-2040, tomando como periodo de referencia los años 1960-1990. La resolución horizontal de las simulaciones es de 55 Km.
- HadCM2 – INM 2040-2070: Toma como condiciones de contorno los resultados del modelo océano-atmósfera de circulación general (global) HadCM2, con base a los escenarios de emisiones IS92, y realiza la bajada de escala en base a los escenarios del Instituto Nacional de Meteorología (INM) para dar como resultado el escenario a escala regional para el periodo 2040-2070, tomando como periodo de referencia los años 1960-1990. La resolución horizontal de las simulaciones es de 55 Km.
- HadCM2 – INM 2070-2100: Toma como condiciones de contorno los resultados del modelo océano-atmósfera de circulación general (global) HadCM2, con base a los escenarios de emisiones IS92, y realiza la bajada de escala en base a los escenarios del Instituto Nacional de Meteorología (INM) para dar como resultado el escenario a escala regional para el periodo 2070-2100, tomando como periodo de referencia los años 1960-1990. La resolución horizontal de las simulaciones es de 55 Km.
- HadCM3 – PROMES B2 2070-2100: Toma como condiciones de contorno los resultados del modelo océano-atmósfera de circulación general (global) HadCM3, con base a los escenarios de emisiones SRES B2, y realiza la bajada de escala en base al modelo PROMES para dar como resultado el escenario a escala regional para el periodo 2070-2100, tomando como periodo de referencia los años 1960-1990. La resolución horizontal de las simulaciones es de 50 Km.

- HadCM3 – PROMES A2 2070-2100: Toma como condiciones de contorno los resultados del modelo océano-atmósfera de circulación general (global) HadCM3, con base a los escenarios de emisiones SRES A2, y realiza la bajada de escala en base al modelo PROMES para dar como resultado el escenario a escala regional para el periodo 2070-2100, tomando como periodo de referencia los años 1960-1990. La resolución horizontal de las simulaciones es de 50 Km.

Los escenarios climáticos regionales del Instituto Nacional de Meteorología, fueron obtenidos a partir del HadCM2 del Centro Hadley para la investigación del clima (Reino Unido). El HadCM2 es un MCGAO-A que emplea la hipótesis de que los gases efecto invernadero aumentan a razón del 1% anual y considera los sulfatos reales en la parte que hay datos de observación y datos prescritos hasta 2100 con arreglo al escenario denominado IS92a de los escenarios de emisiones de IS92 del IPCC (1994). La metodología utilizada de "down scaling" o mejora de resolución se realizó por métodos estadísticos y consistió en pasar de 9 puntos del modelo global (HadCM2) a 203 puntos distribuidos en una rejilla rectangular cuyo espaciado es de aproximadamente 55 km. Esta metodología fue desarrollada por la Fundación para la Investigación del Clima (FIC) para el Instituto Nacional de Meteorología (INM) a través de una colaboración con el Servicio de Variabilidad y Predicción del Clima, en el marco del Plan Nacional del Clima.

El modelo PROMES (Pronóstico a Mesoescala) es un modelo regional que parte de los campos de salida del MCGAO-A del Hadley Centre for Climate Prediction and Research conocido como HadCM2 y en su nueva versión como HadCM3. El modelo HadCM2 para obtener los escenarios climáticos del futuro utiliza los escenarios de emisiones previstas en el segundo informe del IPCC, IS92 (IPCC 1994) y el HadCM3 utiliza los escenarios de emisiones SRES/IE-EE del IPCC (IPCC 2002). El PROMES fue desarrollado por el grupo de Modelización para el Medio Ambiente y el Clima (MOMAC) del Instituto de Ciencias Ambientales de la Universidad de Castilla-La Mancha en Toledo.

8.2.2.- Aplicación a tramos naturales

De los tramos de estudio abarcados en el presente proyecto se han seleccionado aquellos que se encuentran en régimen natural, para evaluar el posible efecto del Cambio Climático en base a los escenarios climáticos e hidrológicos propuestos (Gallardo et al., 2001; Hernández et al., 2007).

Se puede considerar que, en el proceso de Cambio Climático, ciertas características del clima varían a lo largo del tiempo, principalmente de temperatura y de precipitación, de tal modo que pueden ser sistematizadas mediante los estadísticos de las series. Para simular los efectos de los diferentes escenarios en los tramos naturales se pueden adaptar las series históricas a las nuevas condiciones climáticas (en cada ventana o periodo de tiempo) siempre que sus estadísticos se mantengan constantes en toda la duración de la serie, y que por tanto éstos sean independientes en

el tiempo. Es importante comprobar que la serie tomada como base es estacionaria, pues de no ser así se deberá realizar una transformación para eliminar la tendencia.

Para crear series con las características de los escenarios futuros aplicables al modelo RibAV se han empleado las series históricas de partida en el periodo de referencia 1960-1990 y se han modificado para que sus estadísticos coincidan con las previsiones de cada escenario. Se han interpolando espacialmente los valores correspondientes a las variaciones de los escenarios propuestos en los casos que se ha considerado oportuno, dado que la malla de puntos de dichos escenarios tiene una resolución espacial entre 50-55 Km. Los escenarios climáticos considerados han sido los del modelo HadCM2-INM para los periodos 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100 y los del modelo regional HadCM3-PROMES para el periodo 2070-2100.

Las series diarias de temperatura del periodo de referencia se han incrementado de forma aditiva. Sin embargo, en el caso de las series de precipitación y aportaciones se han modificado multiplicativamente, dado que se pretende que las nuevas series sean capaces de reflejar la situación futura a escala diaria en los diferentes escenarios y conserven sus estadísticos independientes en toda su duración.

A continuación se pueden observar las variaciones previstas en las temperaturas (°C) previstas por estos modelos en los distintos escenarios y, de nuevo, según los tramos de estudio analizados.

Tabla 8.1. Variaciones de temperatura (°C) previstas por los diferentes escenarios, en los tramos de estudio.

Tramos	Modelo y Escenario	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Terde 1 y Terde 2	HadCM2-INM IS92a	2010-2040	0.9	0.3	0.7	0.1	1.4	-0.3	1.5	1.5	1.3	1.6	0.8	0.6	
		2040-2070	1.6	1.6	1.7	0.9	1.4	1.1	2.3	2.5	2.4	2.1	2.0	1.5	
		2070-2100	3.3	2.5	3.4	2.4	3.5	3.0	3.6	4.4	4.2	4.1	3.8	3.1	
	HadCM3-PROMES B2	2070-2100	2.1	1.9	1.1	2.1	3.8	4.6	5.2	5.0	4.0	3.1	2.9	2.3	
		HadCM3-PROMES A2	2070-2100	2.9	3.1	3.1	3.1	4.5	5.1	6.0	5.7	4.8	4.2	3.8	3.5
			2010-2040	1.0	0.5	0.7	0.2	1.6	-0.6	1.8	1.8	1.3	1.7	1.2	0.6
Rabo del Batán 1 Y Rabo del Batán 2	HadCM2-INM IS92a	2040-2070	1.9	1.9	1.6	0.8	1.5	1.2	2.5	2.9	2.8	2.4	2.4	1.8	
		2070-2100	3.6	2.9	3.5	2.6	4.3	3.6	4.1	5.1	4.7	4.8	4.6	3.6	
		HadCM3-PROMES B2	2070-2100	2.2	2.0	1.2	2.3	4.1	4.9	5.4	5.3	4.3	3.2	2.9	2.3
	HadCM3-PROMES A2		2070-2100	2.9	3.1	3.5	3.4	5.0	5.4	6.2	6.1	5.0	4.3	3.9	3.5
			2010-2040	1.0	0.5	0.7	0.2	1.6	-0.6	1.8	1.8	1.3	1.7	1.2	0.6

En la siguiente tabla se muestran las variaciones en la precipitación (mm) previstas por los diferentes modelos en los distintos escenarios, según los tramos de estudio.

Tabla 8.2. Variaciones de precipitación (mm) previstas por los diferentes escenarios, en los tramos de estudio.

Tramos	Modelo y Escenario	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Terde 1 y Terde 2	HadCM2-INM IS92a	2010-2040	8.3	6.2	12.9	6.7	-0.8	11.7	-2.9	-0.3	1.6	-6.7	-1.7	6.3
		2040-2070	13.7	4.9	12.9	0.7	-5.3	3.2	-2.7	8.9	-3.8	6.5	0.8	1.3
		2070-2100	27.4	12.5	17.0	-2.9	-8.3	4.9	12.1	2.1	2.0	-7.8	3.1	5.2
		HadCM3-PROMES B2	2070-2100	-7.6	-12.6	-11.0	3.2	-28.6	-12.2	-15.9	-29.1	-4.0	3.4	-4.7
	HadCM3-PROMES A2	2070-2100	-19.1	-21.9	-14.0	-5.8	-30.7	-13.7	-16.6	-31.1	-4.9	-7.2	17.6	13.8
Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2	HadCM2-INM IS92a	2010-2040	15.1	-5.0	16.4	10.4	-5.8	12.2	-2.7	1.4	3.9	-1.8	-8.3	10.1
		2040-2070	18.7	10.9	30.7	10.4	-1.9	3.2	-2.0	9.8	-3.3	7.0	-1.1	4.1
		2070-2100	46.1	3.6	26.9	3.9	-12.8	2.4	14.0	4.2	1.6	-5.4	-7.1	4.2
		HadCM3-PROMES B2	2070-2100	-2.8	-5.0	-6.2	-1.7	-16.2	-10.9	-13.1	-21.2	-4.6	2.4	-8.9
	HadCM3-PROMES A2	2070-2100	-5.3	-7.0	-12.3	-6.4	-15.6	-9.0	-15.7	-21.3	4.2	-6.9	-0.5	5.5

En base a estos escenarios mensuales se han optimizado los factores correctores de las series diarias de precipitación de tal modo que la media mensual para cada una de las series correspondiera con los escenarios propuestos. Estos factores correctores se especifican en la siguiente tabla:

Tabla 8.3. Factores correctores de las series diarias de precipitación.

Tramos	Modelo y Escenario	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Terde 1 y Terde 2	HadCM2-INM IS92a	2010-2040	1.297	1.219	1.443	1.146	0.989	1.210	0.902	0.992	1.039	0.884	0.974	1.143
		2040-2070	1.495	1.159	1.430	1.009	0.909	1.057	0.911	1.221	0.924	1.110	1.013	1.029
		2070-2100	1.979	1.422	1.580	0.933	0.862	1.089	1.395	1.050	1.039	0.866	0.948	1.119
		HadCM3-PROMES B2	2070-2100	0.724	0.581	0.620	1.069	0.521	0.782	0.479	0.264	0.922	1.057	0.917
	HadCM3-PROMES A2	2070-2100	0.306	0.272	0.516	0.876	0.485	0.756	0.456	0.214	0.905	0.879	1.311	1.315
Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2	HadCM2-INM IS92a	2010-2040	1.307	0.915	1.375	1.197	0.899	1.283	0.833	1.085	1.096	0.973	0.857	1.183
		2040-2070	1.380	1.186	1.703	1.197	0.967	1.074	0.876	1.598	0.919	1.105	0.981	1.074
		2070-2100	1.938	1.062	1.616	1.074	0.777	1.056	1.868	1.256	1.039	0.919	0.878	1.076
		HadCM3-PROMES B2	2070-2100	0.946	0.915	0.858	0.968	0.717	0.747	0.188	0.000	0.887	1.036	0.847
	HadCM3-PROMES A2	2070-2100	0.892	0.880	0.718	0.879	0.728	0.791	0.027	0.000	1.103	0.896	0.991	1.100

Se ha comentado anteriormente que es muy difícil identificar las tendencias de los caudales hidrológicos. Este hecho se debe a dos razones principales. En primer lugar, porque la información de las tendencias son cortas y muchos de los datos que se procesan son de cuencas con una larga historia de intervención humana. En segundo lugar, la variabilidad sobre el tiempo en el comportamiento hidrológico es muy alta, particularmente en ambientes secos, y la detección de alguna señal es difícil. Si en una región, una tendencia en la escorrentía es identificada, sería muy difícil atribuir esta tendencia al cambio climático porque otros factores están en un proceso dinámico.

Siguiendo la línea de los resultados obtenidos por Hernández (2007), se han analizado los resultados ofrecidos por el modelo PATRICAL de variación de las aportaciones para los diferentes escenarios respecto a la situación en el periodo de referencia, en los embalses de Arenos y Benageber.

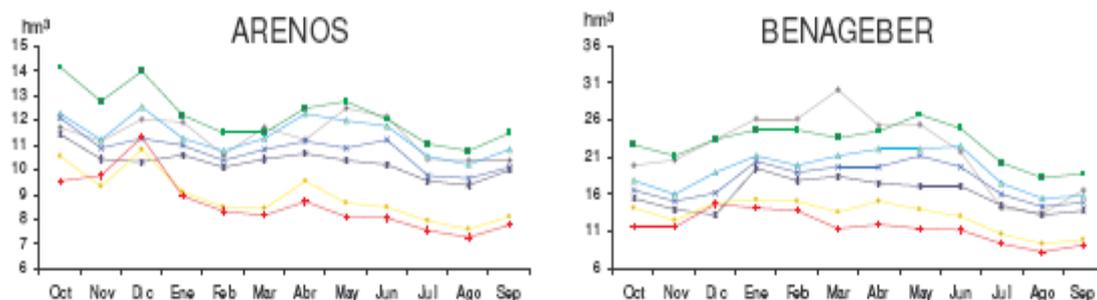


Figura 8.3. Escenarios hidrológicos utilizados (Fuente: Hernández, 2007)

Con esta información se han calculado los nuevos escenarios hidrológicos para los tramos Terde 1 - Terde 2 del Mijares y Rabo del Batán 1 - Rabo del Batán 2 del Cabriel, como se muestra en la siguiente tabla de variación de las aportaciones medias mensuales (%):

Tabla 8.4. Variaciones de aportaciones (%) previstas por los diferentes escenarios, en los tramos de estudio.

Tramos	Modelo y Escenario	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Terde 1 y Terde 2	HadCM2-INM IS92a	2010-2040	-13.5	-13.3	-10.0	-8.2	-6.1	-3.4	-4.8	-7.0	-1.7	-7.2	-8.3	-6.9
		2040-2070	-14.2	-14.1	-18.6	-9.0	-9.6	-6.0	-11.1	-14.1	-6.7	-11.7	-11.0	-13.8
	HadCM3-PROMES B2	2070-2100	-19.1	-18.0	-26.4	-12.3	-13.0	-11.2	-15.1	-19.5	-14.2	-14.4	-14.7	-13.8
		HadCM3-PROMES A2	2070-2100	-33.3	-22.7	-18.6	-26.2	-27.8	-30.2	-30.2	-37.5	-33.3	-32.4	-33.0
Rabo del Batán 1 Y Rabo del Batán 2	HadCM2-INM IS92a	2010-2040	-23.9	-24.2	-22.9	-16.0	-22.0	-12.1	-9.4	-17.9	-10.0	-14.5	-18.9	-18.6
		2040-2070	-29.6	-28.9	-33.3	-19.6	-24.4	-19.6	-21.2	-21.6	-24.0	-20.0	-24.9	-25.0
	HadCM3-PROMES B2	2070-2100	-33.5	-34.6	-47.1	-23.6	-30.8	-24.6	-30.6	-37.3	-32.8	-30.0	-29.7	-26.1
		HadCM3-PROMES A2	2070-2100	-39.1	-41.2	-39.6	-40.0	-40.0	-45.0	-39.6	-47.8	-48.0	-45.5	-45.4
	HadCM3-PROMES A2	2070-2100	-49.1	-44.5	-40.0	-44.0	-44.8	-52.1	-51.0	-56.7	-53.6	-51.0	-55.1	-48.9

En base a estos escenarios mensuales se han optimizado los factores correctores de las series diarias de caudal (m³/s). Con estos factores la media mensual corresponde con los escenarios propuestos:

Tabla 8.5. Factores correctores de las series diarias de aportaciones.

Tramos	Modelo y Escenario	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Terde 1 y Terde 2	HadCM2-INM IS92a	2010-2040	0.865	0.867	0.900	0.918	0.939	0.966	0.952	0.930	0.983	0.928	0.917	0.931
		2040-2070	0.858	0.859	0.814	0.910	0.904	0.940	0.889	0.859	0.933	0.883	0.890	0.862
		2070-2100	0.809	0.820	0.736	0.877	0.870	0.888	0.849	0.805	0.858	0.856	0.853	0.862
	HadCM3-PROMES B2	2070-2100	0.759	0.734	0.786	0.738	0.739	0.733	0.762	0.687	0.708	0.712	0.697	0.690
		HadCM3-PROMES A2	2070-2100	0.667	0.773	0.814	0.738	0.722	0.698	0.698	0.625	0.667	0.676	0.670
Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2	HadCM2-INM IS92a	2010-2040	0.761	0.758	0.771	0.840	0.780	0.879	0.906	0.821	0.900	0.855	0.811	0.814
		2040-2070	0.704	0.711	0.667	0.804	0.756	0.804	0.788	0.784	0.760	0.800	0.751	0.750
		2070-2100	0.665	0.654	0.529	0.764	0.692	0.754	0.694	0.627	0.672	0.700	0.703	0.739
	HadCM3-PROMES B2	2070-2100	0.609	0.588	0.604	0.600	0.600	0.550	0.604	0.522	0.520	0.545	0.546	0.527
		HadCM3-PROMES A2	2070-2100	0.509	0.555	0.600	0.560	0.552	0.479	0.490	0.433	0.464	0.490	0.449

Ajustadas las series de temperatura, precipitación y caudal diarias, a los diferentes escenarios propuestos, se han analizado los valores medios mensuales y los coeficientes de variación por comparación con los observados en el periodo de referencia (1960-1990). Se observa incluso como en muchos de los casos las previsiones de estos escenarios plantean incrementos en las precipitaciones mensuales.

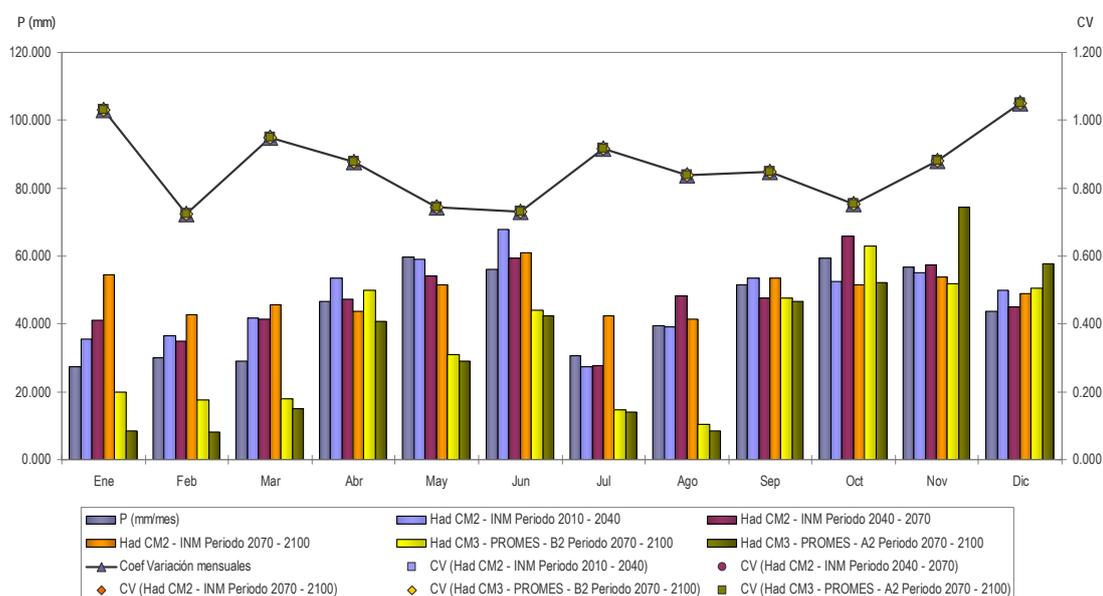


Figura 8.4. Distribución mensual de las precipitaciones de los tramos Terde 1 y Terde 2 del Mijares en los diferentes escenarios analizados.

No se observan cambios considerables en la precipitación en los tres primeros escenarios en los tramos Terde 1 y Terde 2 del Mijares. En cualquier caso no se puede concluir que exista una clara tendencia al descenso de las precipitaciones basándonos en los resultados de los mismos. Esto puede justificarse por las condiciones de contorno empleadas, las del MCGAO-A HadCM2, el cual

no prevé variaciones porcentuales significativas de las precipitaciones anuales en el entorno de la Confederación Hidrográfica del Júcar, durante el presente siglo (CEDEX, 1998).

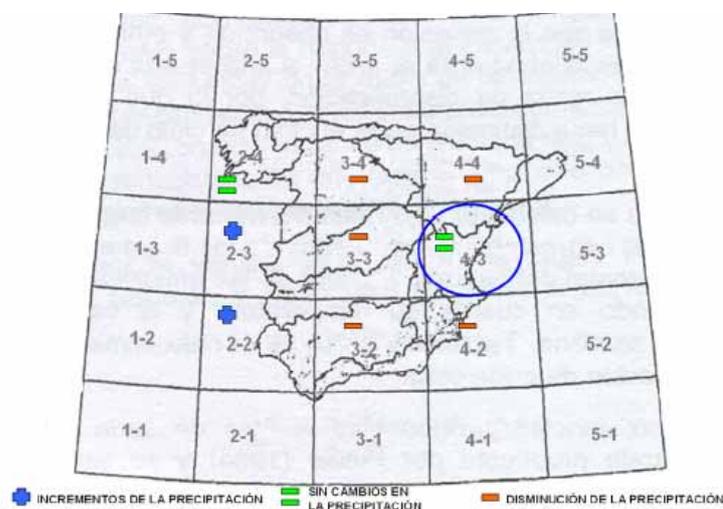


Figura 8.5. Esquema de las celdas utilizadas en el modelo HadCM2 y tendencias de la precipitación para España. (CEDEX, 1998).

Los escenarios correspondientes a los resultados del PROMES anidados en el modelo HadCM3, reflejan para estos tramos del Mijares un descenso claro de las precipitaciones anuales para el periodo 2070-2100. Más interesante que la variación en cantidad de precipitación es la variación en la distribución mensual de las mismas. Se observa claramente un cambio en la distribución de las precipitaciones de los meses correspondientes al final del invierno (Enero y Febrero) y a los meses primaverales (Marzo-Junio), reduciéndose considerablemente respecto al periodo de referencia y concentrándose las mayores precipitaciones en otoño e inicios del invierno según los escenarios HadCM3-PROMES B2 y A2 en ese periodo.

Son menores las variaciones previstas por los escenarios en las precipitaciones de los tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 del Cabriel. Son mayores las precipitaciones mensuales previstas por los tres escenarios HadCM2-INM 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100 en la mayoría de los meses del año, siendo menores que el valor del periodo de referencia los últimos meses del año y no en todos los casos. Destaca la previsión de un incremento en las precipitaciones estivales en las ventanas 2040-2070 (Agosto) y 2070-2100 (Julio) cuando las predicciones de otros escenarios parecen apuntar a descensos bastante críticos de las mismas. En esta última ventana además se plantea un posible incremento de las precipitaciones durante el primer cuatrimestre del año, sin implicar a priori un descenso sustancial en otros meses.

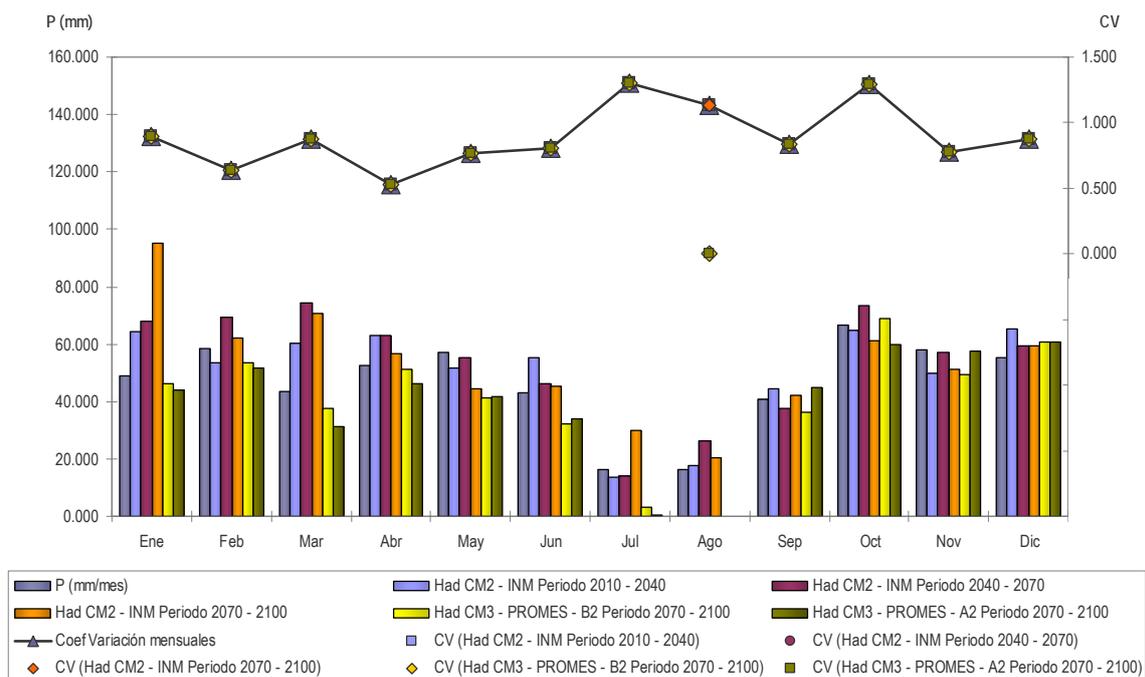


Figura 8.6. Distribución mensual de las precipitaciones de los tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 del Cabriel en los diferentes escenarios analizados.

No son tan optimistas los escenarios HadCM3-PROMES B2 y A2. Se confirma el cambio de patrón anual de precipitaciones, al igual que en el caso del Mijares, con mayores precipitaciones los últimos cuatro meses que en los restantes. En general la precipitación mensual disminuirá respecto al periodo de referencia la mayor parte del año, siendo esta situación más crítica durante los meses estivales, llegando a anularse la precipitación por completo en ambos escenarios durante el mes de agosto, motivo por el que también se ha considerado nulo el coeficiente de variación, y prácticamente en Julio. En los meses otoñales se prevé que se mantengan aproximadamente los valores medios mensuales respecto a 1960-1990, por lo que el balance global anual se plantea con un descenso de las precipitaciones en la zona de estudio.

El hecho de que existan estas diferencias entre los escenarios HadCM2-INM y HadCM3-PROMES se justifica por el hecho de que en los primeros se toma como dato de entrada los escenarios de emisiones IS92 y en los segundos los escenarios SRES. Para España, los escenarios IS92 proyectan un cambio en la temperatura promedio de 2.5° C y aumentos en las precipitaciones para el siglo XXI, en cambio, los últimos escenarios climáticos SRES del IPCC indican que las proyecciones futuras de las temperaturas aumentarían en promedio 4° C y las precipitaciones anuales disminuirían para el siglo XXI. Ante los cambios previstos en los últimos escenarios climáticos, muy posiblemente en el futuro se producirá una disminución de las precipitaciones entre el 5% y el 15% (valores medios anuales) en los tramos de estudio, siendo esta más acusada durante los meses estivales.

Las precipitaciones son más difíciles de estimar que las temperaturas, debido esencialmente a que la ocurrencia de precipitación en cualquier lugar y momento está ligada a procesos físicos que

resultan más difíciles de simular correctamente por los modelos, mientras que los procesos que determinan la temperatura del aire junto al suelo están más condicionados por la estacionalidad de la radiación solar que llega al planeta a lo largo del año, cuyo cálculo se realiza con mucha certidumbre.

Así, al analizar las variaciones de temperatura, si se observa una clara tendencia al incremento de las mismas, en los tramos de estudio, entre 1° C y 4° C a lo largo del siglo XXI para los escenarios planteados.

Al igual que ocurría en el caso de la precipitación, los escenarios de incremento de temperaturas proyectados demuestran que el patrón climático cambia dentro del año, pudiendo modificarse no solo las temperaturas y las precipitaciones, sino también sus patrones estacionales. Mientras que los escenarios HadCM2-INM (IS92) prevén mayores incrementos los últimos seis meses del año, los escenarios HadCM3-PROMES (SRES) plantean un futuro en el que se sufrirán mayores incrementos en los meses estivales, ya de por sí considerablemente más calurosos que los invernales en nuestras latitudes.

En el caso de la ET_0 todos coinciden en que los mayores incrementos se producirán los meses estivales. Dado que la estimación de la ET_0 es dependiente de la temperatura, y puesto que no es posible diferenciar con la información de partida entre los incrementos sufridos por las temperaturas máximas, mínimas y medias, con la información de partida, no es de extrañar que el patrón mensual de incremento en la ET_0 se corresponda con el de las temperaturas, observándose incrementos previstos que oscilan entre 0,1 y 0,8 mm/día de media, a escala mensual, para el periodo 2070-2100.

En todos los tramos estudiados en este apartado, Rabo del Batán 1, Rabo del Batán 2 del Cabriel y Terde 1, Terde2 del Mijares, se observa un único incremento negativo medio de la ET_0 en Junio, durante el periodo 2010-2040. Este descenso previsto de las temperaturas contrasta con los incrementos cercanos a los 2° C de los meses adyacentes al mismo, Mayo y Julio, que junto con Agosto son los que presentan mayores incrementos durante este periodo. Los incrementos son ligeramente más pronunciados en el caso del Cabriel, aunque el patrón estacional observado en ambas estaciones es muy parecido.

Tanto en la ventana 2010-2040 como en el periodo 2040-2070 se prevén mayores incrementos durante el verano y el otoño que en invierno y primavera. Sin embargo el aumento de las temperaturas invernales no se espera que provoque incrementos en la ET_0 superiores a 0.1 mm/día.

En el periodo 2070-2100, el escenario HadCM2-INM se muestra ligeramente más optimista en cuanto a los incrementos de temperatura estival se refiere, que los escenarios HadCM3-PROMES. En aquel se espera que llegue a alcanzarse los 5° C de incremento en el mes de agosto, siendo las previsiones de un grado inferior en Julio y menor en Junio.

Los escenarios HadCM3-PROMES, por el contrario, plantean un recrudescimiento de las temperaturas entre Mayo y Septiembre, que alcanzará 6° C de incremento en el escenario más pesimista (SRES A2) y 5° C en el menos (SRES B2).

En estos últimos, los incrementos previstos de las temperaturas invernales son, por el contrario, menores que los propuestos por HadCM2-INM, por lo que el incremento medio anual esperado para 2070-2100, de 4° C, es comparable en todos los casos, no así la distribución de dichos incrementos a lo largo del año. A pesar de este hecho, si se observa un patrón similar de aumento de la ET_0 en todos ellos, siendo mayor el incremento de la ET_0 diaria en los meses de verano y menor, aunque también positivo, durante el periodo invernal.

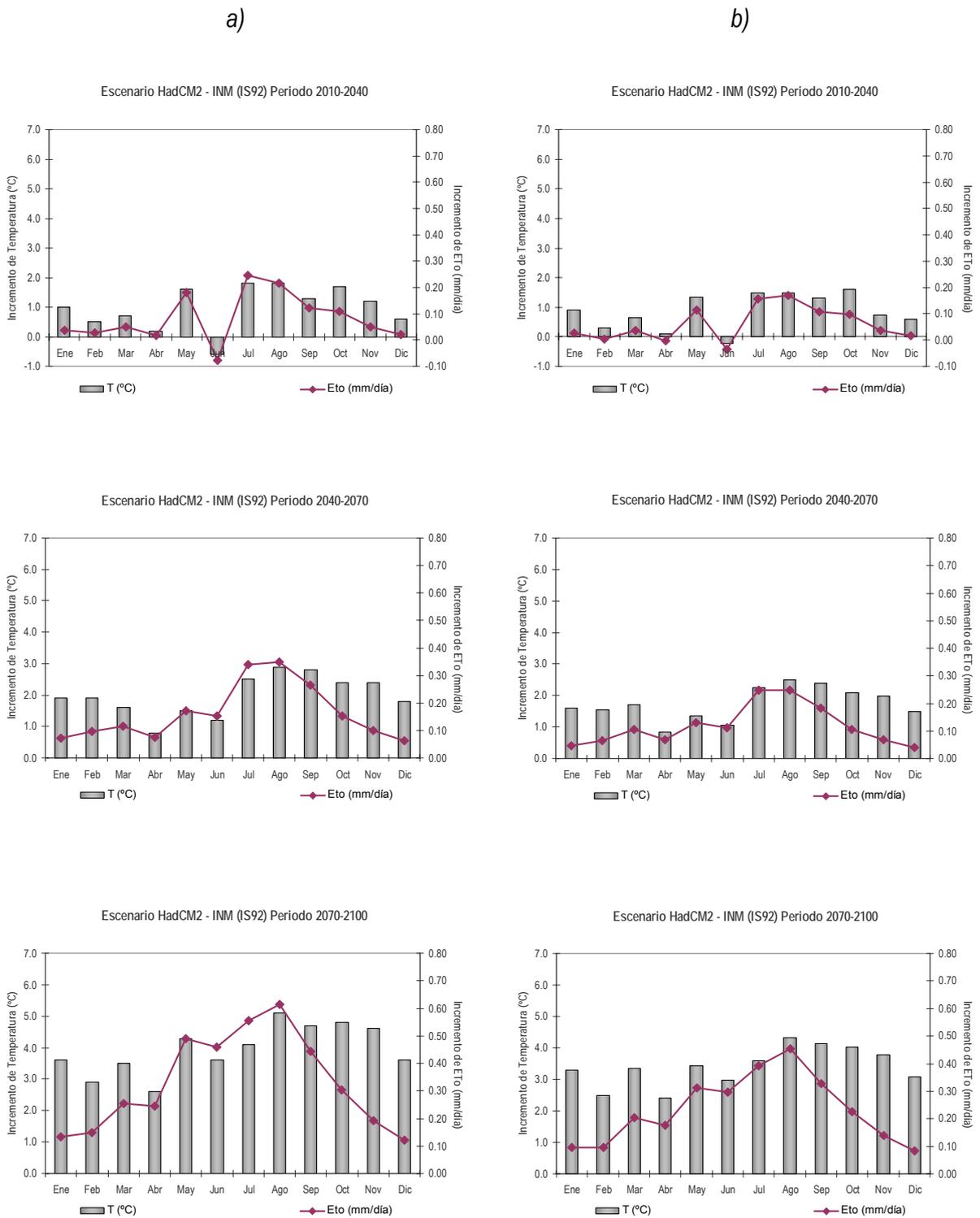


Figura 8.7. Incrementos de temperatura y ET0 en los diferentes periodos planteados, 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100, con el MCGAO-A HadCM2 regionalizado con INM y en base al escenario de emisión IS92. a) Tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 del Cabriel, b) Tramos Terde 1 y Terde 2 del Mijares.

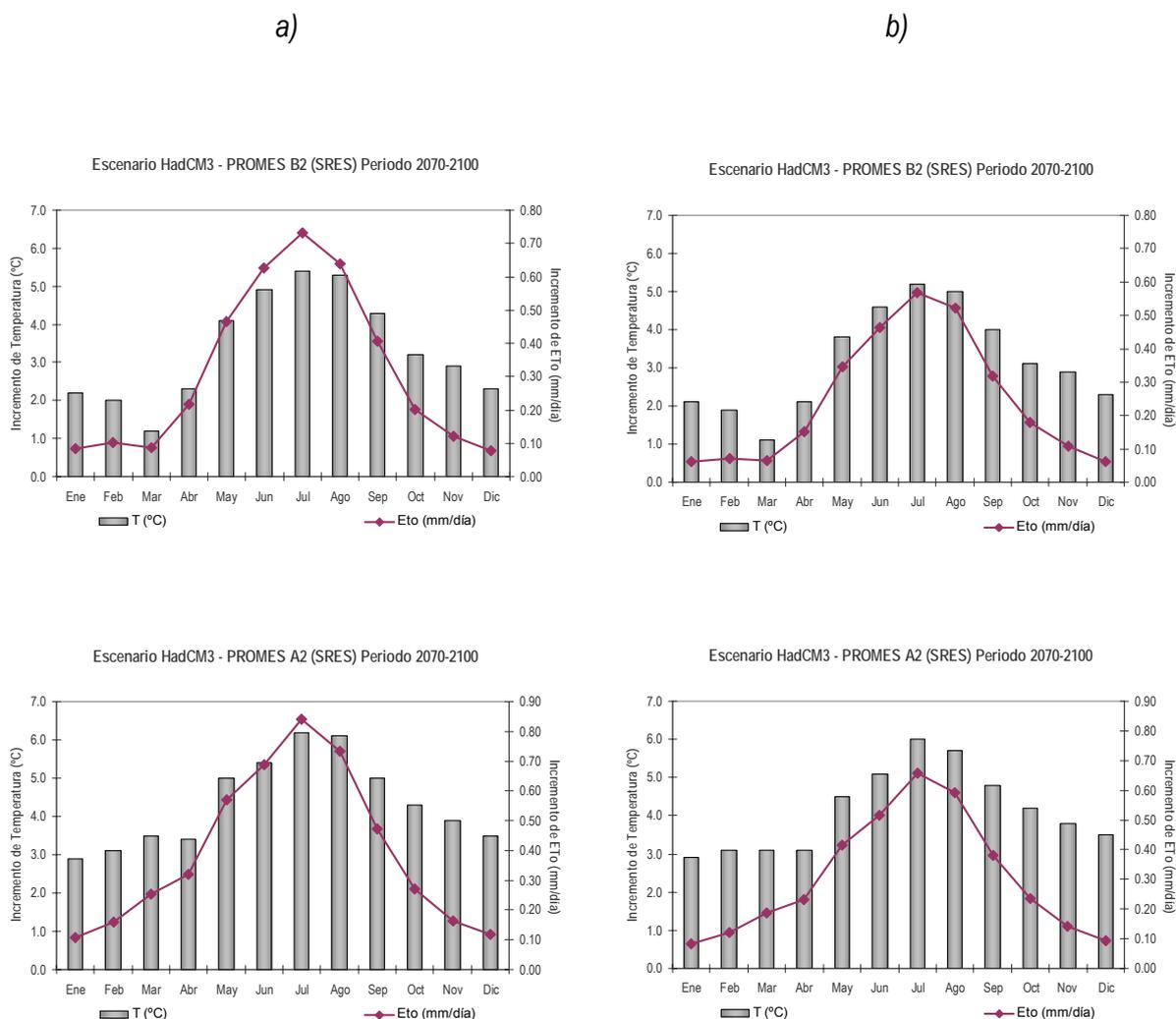


Figura 8.8. Incrementos de temperatura y ET_0 en los diferentes periodos planteados, 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100, con el MCGAO-A HadCM3 regionalizado con PROMES y en base a los escenarios de emisión SRES B2 y A2: a) Tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 del Cabriel, b) Tramos Terde 1 y Terde 2 del Mijares.

Los cambios en la precipitación, condicionan directamente el agua que cae sobre los continentes, y los cambios en las temperaturas, modifican los valores de evaporación y evapotranspiración, quedando alterada la cantidad y las características de las escorrentías.

Como se ha descrito anteriormente, los escenarios climáticos SRES del IPCC para España (IPCC, 2002), indican que las precipitaciones anuales disminuirán ligeramente y las temperaturas aumentarán, por lo que con gran certeza se producirá en el futuro una disminución de los recursos hídricos.

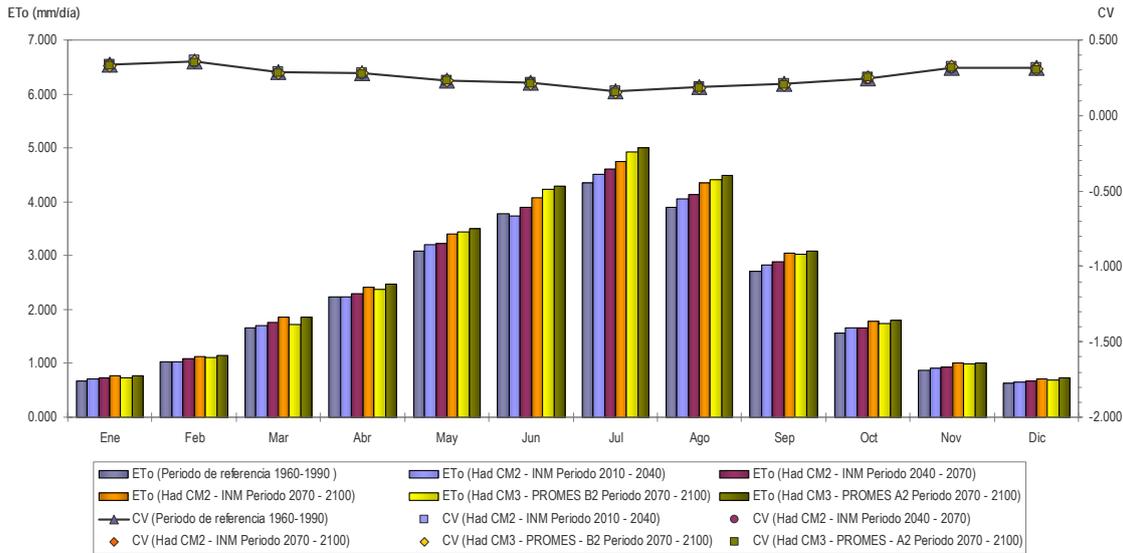


Figura 8.9. Distribución mensual de las ET₀ de los tramos Terde 1 y Terde 2 del Mijares en los diferentes escenarios analizados.

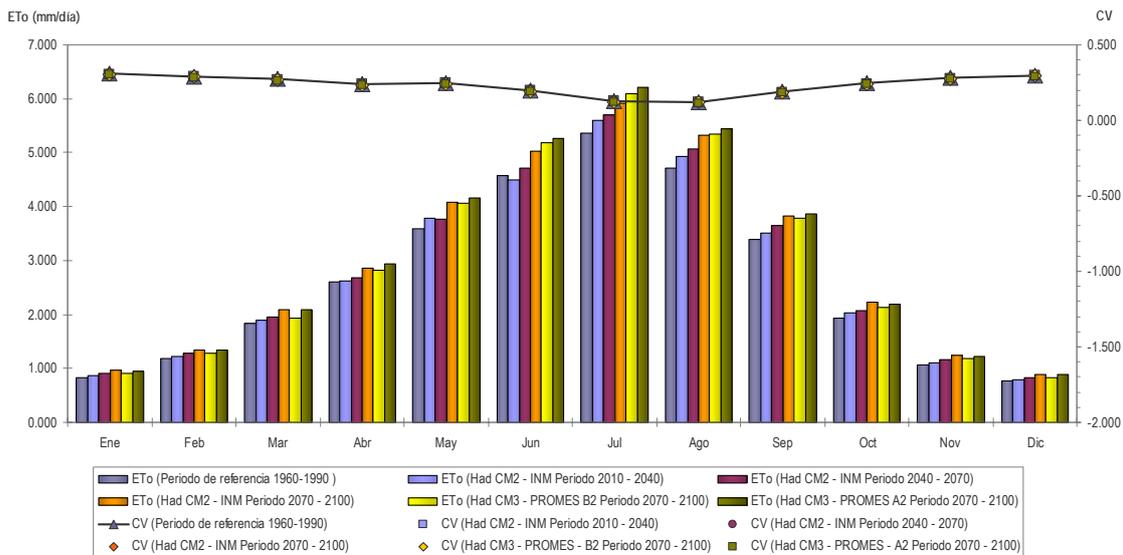


Figura 8.10. Distribución mensual de las ET₀ de los tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 del Cabriel en los diferentes escenarios analizados.

A pesar de no ser clara la disminución de las precipitaciones en todos los escenarios y en todos los meses del año, como se ha descrito anteriormente, y de no ser excesivos los incrementos en la ET₀ en los meses invernales incluso en los escenarios más pesimistas, se observa un claro descenso de las aportaciones en todos los casos planteados en ambos tramos.

Los gráficos que se muestran a continuación representan el caudal medio diario para cada uno de los meses del año. Las previsiones de todos los escenarios indican un claro descenso de la escorrentía, más acusado en el periodo 2070-2100 reduciéndose por debajo de 0.4 m³/s en los escenarios más pesimistas. No se prevé un cambio drástico en la distribución de las aportaciones a

lo largo del año en ninguno de los dos tramos, respecto al periodo de referencia aunque, como es lógico, la situación resultará más crítica los meses estivales, en los cuales las aportaciones son ya escasas.

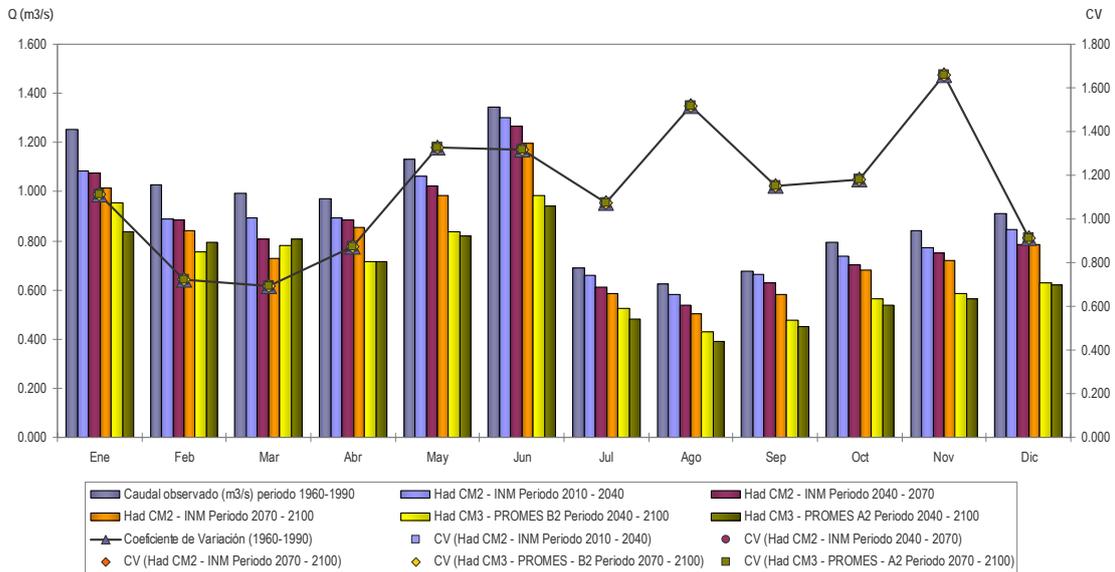


Figura 8.11. Distribución mensual de las aportaciones de los tramos Terde 1 y Terde 2 del Mijares en los diferentes escenarios analizados.

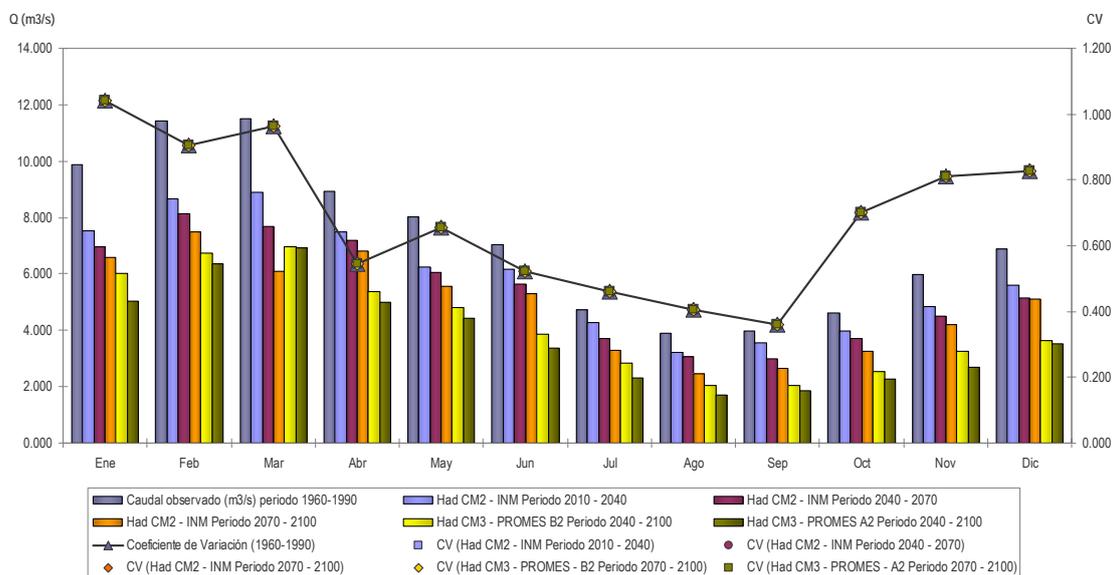


Figura 8.12. Distribución mensual de las aportaciones de los tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 del Cabriel en los diferentes escenarios analizados.

En los tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 destaca el que las reducciones de la esorrentía son más acusadas los primeros meses del año que en el Mijares, llegando a plantearse descensos en las aportaciones medias diarias del mes de Marzo de 0.6 m³/día en el periodo 2070-2100.

Los coeficientes de variación se corresponden con los observados durante el periodo de referencia, lo que justifica que se pueden simular los efectos de los diferentes escenarios en estos tramos naturales y se pueden adaptar las series históricas a las nuevas condiciones climáticas manteniendo constantes sus estadísticos en toda la duración de la serie, y por tanto que son independientes en el tiempo.

8.2.3.- Cambios proyectados sobre la vegetación de ribera.

Se han simulado con el modelo RibAV las diferentes series hidrometeorológicas propuestas por los distintos escenarios para comprobar el impacto potencial del cambio climático sobre la vegetación de ribera.

De este modo, se han realizado para este apartado del proyecto un total de 24 simulaciones denominadas como se especifica a continuación:

- Terde 1 Periodo de referencia (1960-1990)
- Terde 1 HadCM2-INM (2010-2040)
- Terde 1 HadCM2-INM (2040-2070)
- Terde 1 HadCM2-INM (2070-2100)
- Terde 1 HadCM3-PROMES B2 (2070-2100)
- Terde 1 HadCM3-PROMES A2 (2070-2100)
- Terde 2 Periodo de referencia (1960-1990)
- Terde 2 HadCM2-INM (2010-2040)
- Terde 2 HadCM2-INM (2040-2070)
- Terde 2 HadCM2-INM (2070-2100)
- Terde 2 HadCM3-PROMES B2 (2070-2100)
- Terde 2 HadCM3-PROMES A2 (2070-2100)
- Rabo del Batán 1 Periodo de referencia (1960-1990)
- Rabo del Batán 1 HadCM2-INM (2010-2040)
- Rabo del Batán 1 HadCM2-INM (2040-2070)
- Rabo del Batán 1 HadCM2-INM (2070-2100)
- Rabo del Batán 1 HadCM3-PROMES B2 (2070-2100)

- Rabo del Batán 1 HadCM3-PROMES A2 (2070-2100)
- Rabo del Batán 2 Periodo de referencia (1960-1990)
- Rabo del Batán 2 HadCM2-INM (2010-2040)
- Rabo del Batán 2 HadCM2-INM (2040-2070)
- Rabo del Batán 2 HadCM2-INM (2070-2100)
- Rabo del Batán 2 HadCM3-PROMES B2 (2070-2100)
- Rabo del Batán 2 HadCM3-PROMES A2 (2070-2100)

8.2.3.1.- Río Mijares, tramo Terde 1

No se prevén cambios importantes en los escenarios de cambio climático correspondientes al modelo HadCM2-INM (IS92), en ninguno de los periodos analizados (2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100). El modelo RibAV da como resultado un balance global de los resultados exactamente igual al obtenido al simular con los datos hidrometeorológicos correspondientes al periodo de referencia, esto es 31 puntos de simulación se mantienen como vegetación terrestre (TV) en estos escenarios de futuro y 54 como vegetación de ribera propiamente dicha (RH+RJ+RA), lo que supone un 36.47% de vegetación terrestre frente a un 63.53% de vegetación riparia. Esto implica que los cambios previstos por estos escenarios, lejos de ser despreciables en climatología e hidrología, no son suficientes para provocar cambios en la vegetación de ribera, lo que parece responder a una buena capacidad de adaptación al cambio por parte de este sistema ripario.

La flexibilidad de la vegetación en el tramo, sin embargo, no es suficiente frente a los escenarios más pesimistas, con mayores probabilidades de ocurrencia en la Península Ibérica y, más concretamente, en entornos mediterráneos, como es el caso de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

De este modo, en los escenarios HadCM3-PROMES correspondientes a los escenarios de emisión SRES B2 y A2, se observa un ligero descenso de la vegetación herbácea (RH) y juvenil (RJ) que favorece levemente a la vegetación arbórea adulta y arbustiva de ribera (RA). Para los escenarios de emisiones SRES B2 y A2 empieza a observarse un cambio de tendencia. Así, para el periodo 2070-2100 las previsiones más pesimistas auguran un descenso relativo de la vegetación de ribera hacia la terrestre en un 2.35% de los puntos de simulación, no observándose diferencias entre ambos escenarios.

Tabla 8.6. Tramo Terde 1 del río Mijares: resultados de las simulaciones para el periodo de referencia y los distintos escenarios de cambio climático

TERDE 1	RH	RJ	RA	TV	Total
Periodo de referencia 1960-1990	16	12	26	31	85
HadCM2-INM (IS92) 2010-2040	16	10	28	31	85
HadCM2-INM (IS92) 2040-2070	16	10	28	31	85
HadCM2-INM (IS92) 2070-2100	15	10	29	31	85
HadCM3-PROMES (SRES B2) 2070-2100	14	8	30	33	85
HadCM3-PROMES (SRES A2) 2070-2100	14	8	30	33	85

TERDE 1	RIBERA	TERRESTRE	Total
Periodo de referencia 1960-1990	54	31	85
HadCM2-INM (IS92) 2010-2040	54	31	85
HadCM2-INM (IS92) 2040-2070	54	31	85
HadCM2-INM (IS92) 2070-2100	54	31	85
HadCM3-PROMES (SRES B2) 2070-2100	52	33	85
HadCM3-PROMES (SRES A2) 2070-2100	52	33	85

Los resultados de las simulaciones realizadas en este tramo mostraron que no existen cambios atribuibles al cambio climático entre el periodo de referencia y el periodo 1948-2009, por mantenerse constante el balance de vegetación terrestre frente a la de ribera.

8.2.3.2.- Río Mijares, tramo Terde 2

Es algo más evidente el efecto en el caso del tramo Terde 2. En las simulaciones realizadas no se observan cambios drásticos respecto al periodo de referencia. De nuevo, en los escenarios más pesimista: HadCM3-PROMES (SRES B2 y A2) 2070-2100, se simulan variaciones mínimas que pueden reflejar un cambio de tendencia hacia el establecimiento de vegetación terrestre en puntos típicamente riparios.

La disminución en las aportaciones justifica que se simule un aumento del 5% de la vegetación terrestre a costa de la vegetación de ribera. En este tramo se observa como en esta tendencia, al igual que ocurría en Terde 1, las herbáceas de ribera se ven desfavorecidas. En este caso, por el contrario parecen verse favorecidas las riparias juveniles a costa de las adultas. Sin embargo, las cifras no son lo suficientemente representativas para atribuir el efecto al cambio climático.

Tabla 8.7. Tramo Terde 2 del río Mijares: resultados de las simulaciones para el periodo de referencia y los distintos escenarios de cambio climático

TERDE 2	RH	RJ	RA	TV	Total
Periodo de referencia 1960-1990	13	6	26	35	80
HadCM2-INM (IS92) 2010-2040	13	6	26	35	80
HadCM2-INM (IS92) 2040-2070	13	6	26	35	80
HadCM2-INM (IS92) 2070-2100	13	6	26	35	80
HadCM3-PROMES (SRES B2) 2070-2100	12	7	23	38	80
HadCM3-PROMES (SRES A2) 2070-2100	10	8	23	39	80

TERDE 2	RIBERA	TERRESTRE	Total
Periodo de referencia 1960-1990	45	35	80
HadCM2-INM (IS92) 2010-2040	45	35	80
HadCM2-INM (IS92) 2040-2070	45	35	80
HadCM2-INM (IS92) 2070-2100	45	35	80
HadCM3-PROMES (SRES B2) 2070-2100	42	38	80
HadCM3-PROMES (SRES A2) 2070-2100	41	39	80

Estos resultados, en contraste con los del tramo Terde 1, plantean la posibilidad de que los sistemas riparios del Mijares situados más cerca de la cabecera de cuenca puedan ser más vulnerables a los efectos del cambio climático.

8.2.3.3.- Río Cabriel, tramo Rabo del Batán 1

Las simulaciones realizadas, para el estudio de los efectos del cambio climático, en el tramo Rabo del Batán 1 del río Cabriel, dieron como resultado diferencias algo mayores entre escenarios y de estos respecto al periodo de referencia, que los ya comentados en los tramos anteriores.

En los escenarios más próximos en el tiempo se observan pocos cambios, sin embargo, en los escenarios correspondientes a la ventana de tiempo entre 2070-2100, en los que la vegetación terrestre gana peso frente al conjunto de especies de ribera, se observa un incremento más marcado de la vegetación de ribera, más concretamente en árboles maduros y arbustos de ribera (*RA*), así como las riparias juveniles (*RJ*), viéndose ligeramente desfavorecidos el grupo funcional de herbáceas de ribera (*RH*). En las tablas que se muestran a continuación se observa como los escenarios HadCM2-INM (IS92) no predicen cambios representativos, mostrando un ligero incremento (2.90%) de la vegetación terrestre frente a la vegetación riparia en el periodo 2040-2070, que vuelve a incrementarse hasta el 4.35% en el periodo 2070-2100.

Tabla 8.8. Tramo Batán 1 del río Cabriel: resultados de las simulaciones para el periodo de referencia y los distintos escenarios de cambio climático

RABO DEL BATÁN 1	RH	RJ	RA	TV	Total
Periodo de referencia 1960-1990	32	13	20	4	69
HadCM2-INM (IS92) 2010-2040	32	12	20	5	69
HadCM2-INM (IS92) 2040-2070	31	12	20	6	69
HadCM2-INM (IS92) 2070-2100	28	14	21	6	69
HadCM3-PROMES (SRES B2) 2070-2100	24	16	22	7	69
HadCM3-PROMES (SRES A2) 2070-2100	22	17	23	7	69

RABO DEL BATÁN 1	RIBERA	TERRESTRE	Total
Periodo de referencia 1960-1990	65	4	69
HadCM2-INM (IS92) 2010-2040	64	5	69
HadCM2-INM (IS92) 2040-2070	63	6	69
HadCM2-INM (IS92) 2070-2100	63	6	69
HadCM3-PROMES (SRES B2) 2070-2100	62	7	69
HadCM3-PROMES (SRES A2) 2070-2100	62	7	69

Los escenarios HadCM3-PROMES (2070-2100), tanto en el escenario de emisiones SRES A2 como en el B2, predicen un descenso algo más pronunciado de la vegetación herbácea de ribera a favor de la vegetación terrestre, como consecuencia de los descensos en las aportaciones que presumiblemente transitarán el tramo durante ese periodo.

En todos los casos, sin embargo, la vegetación de ribera en su conjunto simulada por el modelo siempre es predominante frente a la vegetación terrestre por lo que los efectos del cambio climático sobre la vegetación de ribera en este tramo no serán demasiado evidentes a lo largo del presente siglo, según los escenarios aquí analizados.

8.2.3.4.- Río Cabriel, tramo Rabo del Batán 2

Al analizar los diferentes escenarios de cambio climático en este tramo se han observado los mismos cambios de tendencia comentados en el resto de tramos, tanto entre los diferentes grupos funcionales de vegetación riparia, como entre su conjunto y la vegetación terrestre. Las herbáceas de ribera se ven desfavorecidas en todos los casos respecto al periodo de referencia, siendo este efecto gradual a lo largo de los diferentes periodos analizados y maximizándose en los escenarios HadCM3-PROMES (B2 y A2) para el periodo 2070-2100.

Dentro de los diferentes grupos funcionales de vegetación de ribera, son las herbáceas y juveniles las que parece que vayan a verse más afectadas a consecuencia de los incrementos en los niveles de evapotranspiración potencial y los descensos de las aportaciones. La vegetación adulta de ribera, árboles y arbustos, se muestra más resistente frente a los escenarios propuestos, bien sea de modo individual o en combinación con otros grupos funcionales, y ganando peso frente a las herbáceas y juveniles a medida que nos alejamos en el tiempo.

Tabla 8.9. Tramo Batán 2 del río Cabriel: resultados de las simulaciones para el periodo de referencia y los distintos escenarios de cambio climático

RABO DEL BATÁN 2	RH	RJ	RA	TV	Total
Periodo de referencia 1960-1990	23	20	35	6	84
HadCM2-INM (IS92) 2010-2040	21	21	33	9	84
HadCM2-INM (IS92) 2040-2070	20	18	36	10	84
HadCM2-INM (IS92) 2070-2100	18	19	37	10	84
HadCM3-PROMES (SRES B2) 2070-2100	14	19	38	13	84
HadCM3-PROMES (SRES A2) 2070-2100	14	18	37	15	84

RABO DEL BATÁN 2	RIBERA	TERRESTRE	Total
Periodo de referencia 1960-1990	78	6	84
HadCM2-INM (IS92) 2010-2040	75	9	84
HadCM2-INM (IS92) 2040-2070	74	10	84
HadCM2-INM (IS92) 2070-2100	74	10	84
HadCM3-PROMES (SRES B2) 2070-2100	71	13	84
HadCM3-PROMES (SRES A2) 2070-2100	69	15	84

En el balance global se observa, además, como a lo largo del siglo XXI se prevé que la vegetación de ribera presente en el tramo vaya dando paso a una mayor presencia de la vegetación terrestre, ligeramente superior que al inicio del siglo y que en el periodo de referencia, con un incremento del 10.71% en el escenario más pesimista. Sin embargo, el predominio de la vegetación de ribera en su conjunto (82.14%) no llega a verse amenazado, siendo más de tres veces superior a la vegetación terrestre en todos los escenarios planteados.

Este es el único tramo de los aquí analizados que muestra diferencias considerables entre los escenarios HadCM2-INM (IS92) planteados para los periodos 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100. La comparación de las simulaciones realizadas en Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2, plantean la

posibilidad de que los ecosistemas de ribera del Cabriel, situados más alejados de la cabecera de cuenca puedan ser más vulnerables a los efectos del cambio climático.

Si comparamos con los otros tramos también puede observarse que el río Cabriel parece mostrarse más vulnerable que el Mijares en sus cabeceras de cuenca, llegando a duplicarse el efecto del cambio de tendencia hacia la mayor presencia de la vegetación terrestre respecto a este. En cualquier caso en todos los tramos y para todos los escenarios analizados, se ha obtenido una mayor predominancia de la vegetación riparia frente a la terrestre en los puntos de las zonas de ribera simulados por lo que no parece que los efectos del cambio climático vayan a modificar sustancialmente la estructura y distribución de los bosques de ribera a lo largo del siglo XXI en entornos mediterráneos.

8.3.- MODIFICACIONES POR EFECTOS ANTRÓPICOS

En la evaluación de los efectos de la intervención antrópica sobre los recursos hídricos sobre la vegetación de ribera, se han seleccionado los tramos regulados del río Mijares, Cirat y Tormo, ambos aguas abajo del embalse de Arenós, para el periodo 1987-2008.

Además se ha decidido evaluar los cambios producidos por el régimen alterado en el tramo Lorcha del Serpis entre los años 1998-2009, por comparación con la serie de caudales que el tramo habría recibido en régimen natural durante ese mismo periodo.

La información meteorológica empleada en las simulaciones correspondientes al régimen alterado se ha mantenido en las simulaciones realizadas con la restitución teórica a régimen natural. Son las series de aportaciones a estos tramos las que varían en las simulaciones destinadas a evaluar las modificaciones que se han producido como consecuencia de la regulación hídrica.

En el primer caso, para los tramos Cirat y Tormo del Mijares, la restitución a régimen natural se ha realizado mediante el análisis del complejo sistema hídrico del río Mijares. Se han considerado las salidas del embalse de Arenos, así como los datos de reserva diaria de cada día y del día anterior para, por balance, obtener los caudales diarios de entrada al embalse.

Mediante el modelo PATRICAL se han analizado los caudales mensuales en el tramo de Cirat, en el periodo 1987-2006, se han completado hasta el año 2008 y se han estimado a escala diaria con ayuda de las precipitaciones. Se entiende que la diferencia entre el valor de la presa de Cirat y el valor de Cirat pueblo es el caudal que entra al río Mijares por los barrancos, surgencias, fuentes, etc. De este modo se han eliminado el efecto de las presas y las detracciones por parte del regadío. A estos caudales teóricos en régimen natural en Cirat, se le han añadido las aportaciones estimadas por el modelo PATRICAL para el tramo en Tormo.

En el caso del tramo Lorcha en el río Serpis el cálculo de aportaciones teóricas en régimen natural se ha realizado mediante un nuevo balance en el Pantano de Beniarres por el que se han obtenido las entradas al mismo en el periodo 1998-2009. Por comparación de las salidas del pantano con los aforos registrados en la estación de Villalonga, se han obtenido las aportaciones intermedias, las cuales se han añadido a la serie de caudales de entrada al pantano.

Se han realizado las simulaciones por pares, con el fin de comprobar en qué medida afecta la regulación hídrica a la vegetación riparia en los tramos seleccionados. De esta manera, se parte de las siguientes simulaciones para la obtención de conclusiones:

- Lorcha régimen alterado - Periodo 1998-2009
- Lorcha régimen natural teórico - Periodo 1998-2009

- Cirat régimen alterado - Periodo 1987-2008
- Cirat régimen natural teórico - Periodo 1987-2008
- Tormo régimen alterado - Periodo 1987-2008
- Tormo régimen natural teórico - Periodo 1987-2008

8.3.1.1.- Río Serpis, tramo Lorcha

Debido a que este tramo cuenta con una regulación de caudales bastante limitada, el cambio que se produce en los tipos funcionales de vegetación simulados cuando se incluyen las aportaciones en régimen natural teórico no son excesivos. Este hecho puede justificarse además por la escasa longitud de las series hidrometeorológicas disponibles para este tramo.

Tabla 8.10. Tramo Lorcha del río Serpis: resultados de las simulaciones para el régimen de regulación de caudales observado y le régimen natural teórico

LORCHA	RH	RJ	RA	TV	Total
Régimen natural	25	9	160	237	431
Régimen alterado	30	13	169	219	431
Efecto regulación	+ 5	+4	+9	-18	

LORCHA	RIBERA	TERRESTRE	Total
Régimen natural	194	237	431
Régimen alterado	212	219	431
Efecto regulación	+18	-18	

En ninguno de los dos casos puede hablarse de un claro predominio de la vegetación terrestre simulada (*TV*) o de la vegetación de ribera (mayoritariamente *RA*). Es curioso que se observe un ligero incremento de la vegetación de ribera en régimen alterado pues frente a la regulación de caudales cabría esperar un descenso del nivel freático que teóricamente beneficiaría a la vegetación

terrestre. Sin embargo, se observa un incremento de todos los tipos funcionales que componen la vegetación de ribera bastante similar. En cualquier caso los cambios son despreciables frente al gran número de puntos de simulación con los que se cuenta en este tramo por lo que se concluye que esta regulación de caudales no ha modificado apenas la distribución de los tipos funcionales de vegetación en el bosque de ribera de Lorcha.

8.3.1.2.- Río Mijares, tramo Cirat

Este tramo se ve afectado por una fuerte regulación hídrica y, además, por una gran influencia de los campos agrícolas situados en las inmediaciones del mismo.

Es por este motivo que el resultado de las simulaciones debe interpretarse con cautela en este tramo, y por tanto se han empleado únicamente a modo comparativo entre la vegetación de ribera y terrestre simulada por el modelo con datos hidrometeorológicos en régimen alterado y en régimen natural teórico.

Tabla 8.11. Tramo Cirat del río Mijares: resultados de las simulaciones para el régimen de regulación de caudales observado y le régimen natural teórico

CIRAT	RH	RJ	RA	TV	Total
Régimen natural	29	1	17	24	71
Régimen alterado	14	3	14	40	71
Efecto regulación	-15	+2	-3	+16	

CIRAT	RIBERA	TERRESTRE	Total
Régimen natural	47	24	71
Régimen alterado	31	40	71
Efecto regulación	-16	+16	

Teniendo en cuenta lo anterior, de las simulaciones realizadas para este tramo se pueden extraer las siguientes conclusiones:

En régimen alterado el modelo simula un mayor número de individuos correspondientes a grupo funcional de vegetación terrestre (*TV*) que en régimen natural teórico, donde la vegetación arbórea y arbustiva adulta de ribera (*RA*) se ve más favorecida.

Las herbáceas de ribera se parecen verse desfavorecidas en régimen alterado, respecto al régimen natural teórico, en favor del grupo juveniles de ribera (*RJ*), pero principalmente de la vegetación terrestre (*TV*).

El conjunto de vegetación de ribera frente a vegetación terrestre es mayor en las simulaciones correspondientes a régimen natural teórico que en régimen alterado, predominando las herbáceas y arbóreas o arbustivas, con una menor presencia de juveniles.

Como conclusión final se ha podido establecer, a la vista de los resultados del modelo, que la explotación del sistema hídrico del Mijares medio en el tramo Cirat, no solo provoca un cambio en la vegetación asociada al río, sino que además modifica su distribución y provoca cambios en su estructura, favoreciendo la presencia de vegetación terrestre en puntos tradicionalmente riparios.

8.3.1.3.- Río Mijares, tramo Tormo

No se ha observado en este tramo ninguna especie correspondiente a los grupos funcionales *TV* ni *RJ*, ni individualmente ni combinados con otros grupos funcionales. Sin embargo, el modelo simula un menor paso de vegetación riparia a vegetación terrestre, lo que a priori indica que la afección antrópica no es tan importante en este tramo como sucedía en el caso del tramo anterior, es decir, Cirat.

Si se observa que la regulación provoca un descenso de las herbáceas y juveniles, lo que a largo plazo podría desencadenar en un mayor incremento de la vegetación terrestre. A pesar de verse incrementado el número de puntos simulados como vegetación de ribera adulta, el balance global evidencia un cambio de tendencia hacia una mayor presencia de vegetación terrestre.

Tabla 8.12. Tramo Tormo del río Mijares: resultados de las simulaciones para el régimen de regulación de caudales observado y le régimen natural teórico

TORMO	RH	RJ	RA	TV	Total
Régimen natural	35	7	17	9	68
Régimen alterado	23	6	22	17	68
Efecto regulación	-12	-1	+5	+8	

TORMO	RIBERA	TERRESTRE	Total
Régimen natural	59	9	68
Régimen alterado	51	17	68
Efecto regulación	-8	+8	

Este cambio de tendencia hacia una mayor presencia de vegetación terrestre es importante por llegar casi a duplicarse los puntos simulados con este tipo funcional, sin embargo sólo supone un incremento del 11.76% respecto del total .

A modo de conclusión final del análisis de los efectos antrópicos sobre la vegetación de ribera, a la vista de los resultados obtenidos en las diferentes simulaciones, hay que resaltar que la explotación de los sistemas hídricos mediterráneos, provoca cambios en la vegetación asociada al río. Cuanto más intensiva es la regulación de caudales mayores son los efectos. Estos se traducen en una tendencia de sustitución de tipos funcionales de ribera por el tipo funcional de vegetación terrestre, como consecuencia del descenso del nivel freático en muchos puntos de las riberas y la mayor eficiencia en la transpiración de las especies terrestres.

La regulación hídrica y la consecuente modificación del régimen de aportaciones en los ríos mediterráneos no solo provocan cambios en la distribución de la vegetación asociada al río sino que además y provoca cambios globales en el balance entre la vegetación propiamente de ribera y la terrestre, favoreciendo la presencia de vegetación terrestre en puntos tradicionalmente riparios.

9.- REFERENCIAS

- Aguiar, F.C.; Ferreira, M.T.; Moreira, I.S.; Albuquerque, A. (2000). *Riparian types on a Mediterranean basin*. Aspects of Applied Biology 58: 1-12.
- Aguilella, A., Riera J., Gómez Serrano M. A., Mayoral O. y Moreyra E. 2005. *Evaluación del estado ecológico de los ríos de la cuenca hidrográfica del Júcar mediante el uso del índice QBR*. Memoria final. Jardí Botànic, Universitat de València.
- Allen, R. G.; Jensen, M. E.; Wright, J. L.; Burman, R. D. (1989). Operational Estimates of Reference Evapotranspiration; *Agronomy Journal*, American Society of Agronomy 81: 650-662.
- Allen, R. G.; Pereira L. S.; Raes, D. (1998). *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements* - FAO Irrigation and drainage paper 56. <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm#Contents>.
- Allen, R. G.; Smith, M.; Pereira, L.; Raes, D.; Wrigh, J. (2000). *Revised FAO Procedures for Calculating Evapotranspiration*. FAO Irrigation and Drainage. Paper No. 56.
- Altier, L.S.; Lowrance, R.; Williams, R.G.; Inamdar, S.P.; Bosch, D.D.; Sheridan, J.M.; Hubbard, K.; Thomas, D.L. (2002). *Riparian Ecosystem Management Model: simulator for ecological processes in riparian zones*. USDA, Conservation Research Report 46. 216 p.
- Aránzazu Prada M.; Arizpe D. (2008). *Manual de propagación de árboles y arbustos de ribera. Una ayuda para la restauración de riberas en la región mediterránea*. Generalitat Valenciana. 203 pp.
- Azami, K.; Suzuki, H.; Toki, S. (2004). *Changes in riparian vegetation communities below a large dam in a monsoonal region: Futase dam, Japan*. River Res. Applic. 20: 549–563.
- Baird, K.J.; Dragoo, C.A.; Maddock III, T. (2004). *Pre-Rip-ET: a preprocessor for RIP-ET*. Department of Hydrology and Water Resources, University of Arizona.
- Baird, K.J.; Maddock III, T. (2005). *Simulating riparian evapotranspiration: a new methodology and application for groundwater models*. Journal of Hydrology 312: 176-190.
- Baker, W.L.; Walford, G.M. (1995). *Multiple Stable States and Models of Riparian Vegetation Succession on the Animas River, Colorado*. Annals of the Association of American Geographers 85(2), pp. 320-338.
- Baldasano-Recio, J. M. (2009). Nuevos datos de informes y modelos climáticos actuales. *Jornada: Repercusiones del cambio climático en la planificación y gestión de los recursos hídricos*. Valencia, Diciembre 2009.
- Barriandos, M.; Allaus i Canvi Climàtic (2008) 3ª Jornada Tècnica de neu i allaus | 18, 19 i 20 de juny de 2008; IGC - CGA – SMC.
- Bauder E.T. (2000). Inundation effects on small-scale plant distributions in San Diego, California vernal pools *Aquatic Ecology* 34: 43–61.
- Bendix, J. (1994). Scale, direction, and pattern in riparian vegetation-environment relationships. *Annals of the Association of American Geographers*, 84(4), 1994, 652-665 p.
- Bendix, J. (1994). *Scale, direction, and pattern in riparian vegetation-environment relationships*. Annals of the Association of American Geographers, 84(4), 1994, 652-665 p.
- Bernez, I.; Daniel, H.; Haury, J.; Ferreira, M.T. (2004). Combined effects of environmental factors and regulation on macrophyte vegetation along three rivers in western France. *River Res. Applic.* 20: 43–59.

- Bolòs, O. (1989). *Bioclimatología y geografía botánica*. Mem R Acad Ciencias y Artes Barcelona 867: 423-444.
- Bonham, C.D. (1989). *Measurements for terrestrial vegetation*. John Wiley & Sons, U.S.A. 338 p.
- Braun-Blanquet, J. 1979. *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Ediciones Blume. Madrid. 820 pp.
- Bren, L. (1993). Riparian zone, stream, and floodplain issues: a review. *Journal of Hydrology*, Vol 150, Issues 2-4, 277-299 p.
- Brinson, M.M.; Verhoeven, J. (1999). *Riparian forests*. In: Hunter, M.L. 1999. Maintaining biodiversity in forest ecosystems. NY, USA, Cambridge University Press. 265 – 299 p.
- Brookes, C.J.; Hooke, J.M.; Mant, J. (2000). Modelling vegetation interactions with channel flow in river valleys of the Mediterranean region. *Catena* 40:93-118.
- Campbell, G.S. (1974). *A simple method for determining unsaturated conductivity from moisture retention data*. Soil Science, Vol. (117), No. 6, 311-314 p.
- Camporeale C.; Ridolfi L. (2006) Riparian vegetation distribution induced by river flow variability: a stochastic approach. *Water Resources Research*, 42 W10415
- Capon, S.J. (2003). Plant community responses to wetting and drying in a large arid floodplain. *River Res. Applic.* 19: 509–520.
- Castillo *et al.*, (2003). The role of antecedent soil water content in the runoff response of semiarid catchments: a simulation approach, *Agricultural and Forest Meteorology*, 92, 73-95.
- Causton, D.R. (1988). *Introduction to vegetation analysis: principles, practice and interpretation*. Unwin Hyman Ltd., Londres. 342 p.
- CEDEX (1998). Estudio Sobre el Impacto Potencial del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y Demandas de Agua de Riego en Determinadas Regiones de España. Informe técnico para el Ministerio de Medio Ambiente de España.
- Chauhan, M.; Gopal, B. (2005). *Vegetation structure and dynamics of a floodplain wetland along a subtropical regulated river*. *River Res. Applic.* 21: 513–534.
- Chen, Y.D., Carsel, R.F., McCutcheon, S.C., Nutter, W.L., (1998). Stream temperature simulation of forested riparian areas. 1. Watershed-scale model development. *J. Environ. Eng.* 124 (4), 304–315.
- Choi, S.-U.; Yoon, B.; Woo, H. (2005). *Effects of dam-induced flow regime change on downstream river morphology and vegetation cover in the Hwang river, Korea*. *River Res. Applic.* 21: 315–325.
- Clements, F. (1916). *Plant succession: an analysis of the development of vegetation*. Carnegie Inst Publ 242. Washington DC. In: Terradas, J. 2001. Ecología de la vegetación: de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes. España, Ediciones Omega. p. 23.
- CMCC (1992): Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático; Naciones Unidas.
- Coles-Ritchie, M.C.; Henderson, R.; Archer, E.K.; Kennedy, C.; Kershner, J.L. (2004). *Repeatability of riparian vegetation sampling methods: how useful are these techniques for broad-scale, long-term monitoring?* USDA General Technical Report RMRS-GTR-138. 18 p.

- Comité científico de la Red Temática CLIVAR-España; Estado de la Investigación en Clima en España; Laboratori de Recerca del Clima del Parc Científic de Barcelona (LRC-PCB); 1: 1-74; 2006.
- Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ). 1999. Plan Hidrológico del Júcar. <http://www.chj.es>
- Congalton, R.G.; Birch, K.; Jones, R.; Schriever, J. (2002) Evaluating remotely sensed techniques for mapping riparian vegetation. *Computers and Electronics in Agriculture* 37: 113-126.
- Cooper D.J.; Andersen D.C.; Chimner R.A. (2003). Multiple pathways for woody plant establishment on floodplains at local to regional scales. *Journal of Ecology* 91, 182–196
- Corbacho, C.; Sánchez, J.M.; Costillo, E. 2003. Patterns of structural complexity and human disturbance of riparian vegetation in agricultural landscapes of a Mediterranean area. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 95 (2003) 495–507.
- Crawley, M.J (Ed). (1997). *Plant ecology*. 2a. edición. Blackwell Science Ltd, UK. 717 p.
- Dieck, J.J.; Robinson, L.R. (2004). *General Classification Handbook for Floodplain Vegetation in Large River Systems*. Geological Survey La Crosse Wi Upper Midwest Environmental Sciences Center. Chapter 1 of Book 2, Collection of Environmental Data.
- 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.
- Doble, R.; Simmons, C.; Jolly, I.; Walker, G. (2004). *Spatial modelling of groundwater discharge patterns to predict floodplain salinisation and impacts on vegetation health*. CSIRO Land and Water Technical Report No. 1/04
- Doorenbos, J.; Kassam, A. (1986). *Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos*. Estudios FAO serie riego y drenaje 33, Roma, 212 p.
- Drezner, T.D.; Fall, P.L.; Stromberg, J.C. (2001). *Plant distribution and dispersal mechanisms at the Hassayampa River Preserve, Arizona, USA*. *Global Ecology & Biogeography*, 10: 205–217.
- Eagleson, P.S. (1982). *Ecological optimality in water-limited natural soil-vegetation systems*. 1. Theory and hypothesis. *Water Resources Research* 18: 325-340.
- Eagleson, P.S. (2002). *Ecohydrology: Darwinian expression of vegetation form and function*. Cambridge University Press, United Kingdom. 443 p.
- Estrela-Monreal, T. (2009). Antecedentes y estado de la evaluación de los efectos del cambio climático en los recursos hídricos. *Jornada: Repercusiones del cambio climático en la planificación y gestión de los recursos hídricos*. Valencia, Diciembre 2009.
- Ferreira, M.T. y F.C.F. Aguiar. 2005. Metodología para amostragem de macrófitos em sistemas fluviais para implementação da Directiva Quadro da Água. *Palestra proferida no 1º Workshop sobre Metodologias de Amostragem de Elementos Biológicos e Hidromorfológicos no âmbito da Directiva Quadro*. 6-8 Março. Universidade de Évora. Évora.
- Ferreira, M.T.; Moreira, I.S. (1999). River plants from an Iberian basin and environmental factors influencing their distribution. *Hydrobiologia* 415: 101–107.
- Ferrer-Polo, J. (2009). Incorporación de los escenarios de cambio climático en los análisis de los Planes Hidrológicos, aplicación a la cuenca del Júcar. *Jornada: Repercusiones del cambio climático en la planificación y gestión de los recursos hídricos*. Valencia, Diciembre 2009.

- Firemon, 2003. Fire Effects Monitoring and Inventory Protocol: Sampling Methods. Joint Fire Science Program. U.S. Department of the Interior and U.S.D.A. Forest Service. Figures by Courtney Crouch. <http://www.fire.org/firemon>
- FISRWG. (1998). *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices*. GPO Item No. 0120-A; SuDocs No. A 57.6/2:EN 3/PT.653.
- Franz, E. H. y F. A. Bazzaz. 1977. Simulation of vegetation response to modified hydrologic regimes: A probabilistic model based on niche differentiation in a floodplain forest. *Ecology*, Vol. 58, No. 1, pp. 176-183.
- Gallardo, C.; Arribas, A.; Prego, J. A.; Gaertner, M. A.; Castro, M. (2001). Multiyear simulations with a high resolution regional climate model over the Iberian Peninsula. Current climate and 2xCO₂ scenario; *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 127: 1659-1682.
- Garrote de Marcos, L. (2009). Cambio Climático: Impactos sobre los recursos hídricos y disponibilidad de agua. *Jornada: Repercusiones del cambio climático en la planificación y gestión de los recursos hídricos*. Valencia, Diciembre 2009.
- Gergel, S.; Dixon, M.; Turner, M. (2002). *Consequences of human-altered floods: levees, floods, and floodplain forests along the Wisconsin river*. *Ecological Applications*, 12(6): 1755–1770 p.
- Gerten *et al.*, (2004). Terrestrial vegetation and water balance—hydrological evaluation of a dynamic global vegetation model, *Journal of Hydrology*, 286, 249-270.
- Glenz, C. (2001). *Predicting floodplain vegetation development considering ecological, geomorphological and hydraulic processes: case of 3rd. Rhône Correction in Valais*. Research Plan of GECOS not published, 13 p.
- Glenz, C.; Iorgulescu, I.; Kienast, F.; Schlaepfer, R. (2003). Modelling the dynamics of riparian forests by accounting for hydraulic and geomorphological processes. In: *EGS - AGU - EUG Joint Assembly, Abstract #8875*, Nice, France, 6 - 11 April 2003.
- González del Tánago, M. 1998. "Las riberas, elementos clave del paisaje y en la gestión del agua", I Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas, Zaragoza, 14-18 de Septiembre, Pressas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza.
- Goodrich, D. *et al.*, (2000). Seasonal estimates of riparian evapotranspiration using remote and in-situ measurements. *Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 105, 281-309.
- Goodwin, C.N.; Tarboton, D.G. (2001). An ecohydrological approach for modelling vegetation cover based upon equilibrium soil moisture availability. *AGU Chapman Conference on State-of-the-Art Hillslope Hydrology*. Sunriver, Oregon, October 8-12, 2001.
- Gregory, S.V.; Swanson, F.; McKee, A.; Cummins, K. (1991). *An ecosystem perspective of riparian zones*. *BioScience* 41, 540–550.
- Hargreaves, G. H.; Allen R. G. (2003). History and Evaluation of Hargreaves Evapotranspiration Equation; *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 129 (1): 53-63.
- Hargreaves, G. H.; Samani, Z. A. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Eng. in Agric.* 1 (2): 96-99.
- Harner M. J.; Stanford J. A. (2003). Differences in cottonwood growth between a losing and a gaining reach of an alluvial floodplain. *Ecology*, 84(6): 1453–1458.
- Harris, R. R., S.D. Kocher, J.M. Gerstein y C. Olson. 2005. *Monitoring de effectiveness of riparian vegetation restoration*. University of California, Center for Forestry, Berkeley, CA.

- Harris, R. R. 1986. Occurrence patterns of riparian plants and their significance to water resource development. *Biological Conservation* 38:273-286.
- Haslam S. M., 1978. *River plants. The macrophytic vegetation of watercourses*. Cambridge University Press.
- Hatton, T.J.; Salvucci, G.D.; Wu, H.I. (1997). *Eagleson's optimality theory of an ecohydrological equilibrium: quo vadis?* *Functional Ecology* 11: 665 – 674.
- Heller, H. (1969). *Lebensbedingungen und Abfolge der Flussauenvegetation in der Schweiz*. Mitteilungen Schweizerische Anstalt für das forstliche Versuchswesen 45(2): 1-124. Citado por: Glenz, C. 2001.
- Hernández, L.; Andreu, J.; Pérez, M. A. (2007). Efectos del Cambio Climático en los Sistemas Complejos de Recursos Hídricos. Aplicación a la Cuenca del Júcar; Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, *Universidad Politécnica de Valencia*; 243 pp.
- Hooper, R.P., Aulenbach, B.T., Burns, D.A., McDonnell, J.J., Freer, J., Kendall, C., Beven, K., (1998). Riparian control of streamwater chemistry: implications for hydrochemical basin models. *IAHS 248*, 451–458.
- Horton, J.L., Clark, J.L., (2000). Water table decline alters growth and survival of *Salix gooddingii* and *Tamarix chinensis* seedlings. *Forest Ecology and Management* 140, 243–251.
- Horton, J.L.; Kolb, T.E.; Hart, S.C. (2001). *Responses of riparian trees to interannual variation in ground water depth in a semi arid river basin*. *Plant, Cell and Environment* 24, 293–304.
- Hughes, F. (Ed.) 2003. *The Flooded Forest: guidance for policy makers and river managers in Europe on the restoration of floodplain forests*. FLOBAR 2 Project / UE, Department of Geography, University of Cambridge.
- Hughes, F.; Barsoum, N.; Belleudy, P.; Lambs, L.; Marigo, G.; Muller, E.; Nilsson, C.; Rood, S. (2003). *What are the key hydrological processes?* In: Hughes, F. (Ed.) 2003. *The Flooded Forest: guidance for policy makers and river managers in Europe on the restoration of floodplain forests*. FLOBAR 2 Project / UE, Department of Geography, University of Cambridge.
- Ibero, C. (1996). *Ríos de vida. El estado de conservación de las riberas fluviales en España*. SEO/Bird Life.
- IPCC (1994). Forzamiento radiativo del cambio climático y evaluación de los escenarios de emisiones IS92 del IPCC. *Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido*.
- IPCC (2002) Informe Especial de Escenarios de Emisiones del IPCC para Responsables de Políticas; Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático; ISBN: 92-9169-413-4.
- IPCC: Parry, M. L.; Canziani, O. F.; Palutikof, J. P.; van der Linden, P. J.; Hanson, C. E. (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Eds. *Cambridge University Press, Cambridge, UK* 976 pp.
- IPCC: Working Group II (2001b). *The Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Impacts, Adaptation, and Vulnerability; WMO. UNEP*.
- Irmak, S.; Haman, D. Z.; Jones, J. W. (2002). Evaluation of Class A Pan Coefficients for Estimating Reference Evapotranspiration in Humid Location; *J. Irrig. and Drain. Engrg.* 128(3): 153-159.

- Izco, J., Barreno, E.; Brugués, M.; Costa, M.; Devesa, J.; Fernández, F.; Gallardo, T.; Llimona, X.; Salvo, E.; Talavera, S.; Valdés, B. (2000). *Botánica*. McGraw-Hill, Interamericana de España. 781 p.
- Jowett, I.G. 1989. *River Hydraulic and Habitat Simulation, RHYHABSIM Computer Manual*. Ministry of Agriculture and Fisheries. New Zealand Fisheries Miscellaneous Report 49, Christchurch.
- Karrengerger, S.; Edwards, P.J.; Kollmann, J. (2002). The life history of Salicaceae living in the active zone of floodplains. *Freshwater Biology* 47: 733–748.
- Kerkhoff, A.J.; Martens, S.N.; Milne, B.T. (2004). *An ecological evaluation of Eagleson's optimality hypotheses*. *Functional Ecology* 18: 404-413.
- Lambers, H.; Chapin III, F.S.; Pons, T.L. (1998). *Plant physiological ecology*. U.S.A. Springer. 540 p.
- Lamontagne, S.; Cook, P.C.; O'Grady, A.; Eamus, D. (2005). Groundwater use by vegetation in a tropical savanna riparian zone (Daly River, Australia). *Journal of Hydrology* 310 (2005) 280–293.
- Larcher, W. (1995). *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. U.S.A. Springer, 3a. edición. 506 p.
- Lite, S.J.; Bagstad, K.J.; Stromberg, J.C. (2005). *Riparian plant species richness along lateral and longitudinal gradients of water stress and flood*. *Journal of Arid Environments* 63 (2005) 785–813.
- Lite, S.J.; Stromberg, J.C. (2005). Surface water and ground-water thresholds for maintaining Populus–Salix forests, San Pedro River, Arizona. *Biological Conservation* 125 (2005) 153–167.
- Lowrance, R.; Altier, L.; Williams, R.; Inambar, S.; Bosch, D.; Sheridan, J.; Thomas, D.; Hubbard, R. (1998). *The riparian ecosystem management model: simulator for ecological processes in buffer systems*. In: Proceedings of the First Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference, Las Vegas NV. p. 1-81 a 1-88.
- Lowrance, R.; Altier, L.S.; Williams, R.G.; Inamdar, S.P.; Sheridan, J.M.; Bosch, D.D.; Hubbard, R.K.; Thomas, D.L. (2000). *REMM: the riparian ecosystem management model*. *Journal of Soil and Water Conservation* Vol. 55, No. 1, pp. 27 - 34.
- Lowrance, R.; Leonard, R.; Sheridan, J. (1985). *Managing riparian ecosystems to control nonpoint pollution*. *Journal of Soil and Water Conservation* 40(1): 87-91.
- Lowrance, R.; Todd, L.; Asmussen, L. 1983. Waterborne nutrient budgets for the riparian zone of an agricultural watershed. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 10, Issue 4, December 1983, Pages 371-384.
- Lozano Arriba, R. y J.C. Costa Pérez. 2006. *Plan Director de Riberas de Andalucía* (documento borrador). Editorial: Consejería Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Sevilla. 310 pp.
- Maddock III, T.; Baird, K. (2003). *A Riparian Evapotranspiration Package for Modflow-96 and Modflow-2000*. HWR No. 02-03. Department of Hydrology and Water Resources, University of Arizona Research Laboratory for Riparian Studies, The University of Arizona. Tucson Arizona.
- Maddock III, T.; Mac Nish, R. D.; Goodrich, D. C.; Williams, D. G.; Shuttleworth, W. J.; Goff, B. A.; Scott, R. L.; Moran, M. S.; Cooper, D. I.; Hipps, L. E.; Chehbouni, A. G. (1998). The overview of atmospheric and surface water coupling to regional groundwater models in semi-arid basins. *American Meteorological Society, Special Symposium on Hydrology, Arizona*, 11-16 Enero 1998. Sesión 1, Artículo 1.10.

- Malanson, G.P. (1993). *Riparian Landscapes*. Cambridge University Press. 296 p.
- Marco, J. B. (1981). Hidrología. Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia.
- McDonald, M.G.; Harbaugh, A.W., (1988). *A modular three dimensional finite difference groundwater flow model*. Techniques of Water-Resources Investigations, 06-A1, US Geological Survey. Citado por Snyder y Williams, 2000.
- Miller, D.; Luce, C.; Benda, L. (2003). Time, space, and episodicity of physical disturbance in streams. *Forest Ecology and Management* 178 (2003) 121–140.
- Mitchell, J. F. B.; Johns, T. C. (1997). On modification of global warming by sulphate aerosols. *J.Climate* 10: 245-267.
- MOPTMA (1995). Programa Nacional del Clima.
- Naiman, R. J.; Bilby, R. E.; Bisson, P.A. (2000). *Riparian ecology and management in the Pacific Coastal Rain Forest*. BioScience, November 2000 / Vol.(50) No. 11, 996-1011.
- Neitsch, S.L.; Arnold, J.G.; Kiniry, J.R.; Williams, J.R.; King, K.W. (2002). *Soil and water assessment tool: theoretical documentation, version 2000*. Texas Water Resources Institute, College Station, Texas. TWRI Report TR-191. 457 p.
- Pabst, R.J.; Spies, T.A. (1999). *Structure and composition of unmanaged riparian forests in the coastal mountains of Oregon, U.S.A.* Can. J. For. Res. 29: 1557–1573.
- Pérez (2005) Modelo distribuido de simulación del ciclo hidrológico y calidad del agua, integrado en sistemas de información geográfica, para grandes cuencas. Aportación al análisis de presiones e impactos de la Directiva Marco del Agua; Tesis Doctoral. Escuela de Caminos de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Porporato, A.; Laio, F.; Ridolfi, L.; Rodríguez-Iturbe, I. (2001). *Plants in water controlled ecosystems: active role in hydrologic processes and response to water stress, III vegetation water stress*. Advances in Water Resources 24: 725-744.
- Rasmussen, G.A.; Goodwin, C.N.; Dobrowolski, J.P. (2000). A conceptual approach to integrating upland, riparian, and stream monitoring at an intermediate sized watershed scale. Poster presented at the *Society for Range Management Annual Meeting in Boise, Idaho, February 12-18, 2000*.
- Richards, K.; Brasington, J.; Hughes, F. (2002). Geomorphic dynamics of floodplains: ecological implications and potential modelling strategy. *Freshwater Biology* (2002) 47, 559-579.
- Richards, K.S.; Hughes, F.M.R.; El-Hames, A.S.; Harris, T.; Pautou, G.; Peiry, J.; Girel, J. (1996). Integrated field, laboratory and numerical investigations of hydrological influences on the establishment of riparian tree species. 611-635p. In: Anderson, M.; Walling, D.E.; Bates, P.D. 1996. *Floodplain processes*.
- Richter B.D.; Richter H.E. (2000). Prescribing flood regimes to sustain riparian ecosystems along meandering rivers. *Conservation Biology Volume 14, No. 5, Page 6*.
- Rodríguez-González, P.M.; Ferreira, M.T.; Rego, P. R. (2004). Vegetation types and within-stand structure. *Forest Ecology and Management* 203: 261–272.
- Rodriguez-Iturbe, I. *et al.*, (2002). Plants in water-controlled ecosystems: active role in hydrologic processes and response to water stress, I Scope and general outline, *Advances in Water Resources*, 24, 695-705.

- Rodríguez-Iturbe, I.; Porporato, A. (2004). *Ecohydrology of water-controlled ecosystems: soil moisture and plant dynamics*. Cambridge University Press. 442 p.
- Samani, Z. (2000). Estimating Solar Radiation and Evapotranspiration Using Minimum Climatological Data. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 126 (4): 265-267.
- Sanchez E.; Gallardo, C.; Gaertner, M. A.; Arribas, A.; Castro, M. (2004). Future climate extreme events in the Mediterranean simulated by a regional climate model: a first approach. *Global and Planetary Change* 44: 163-180.
- Sánchez, A., eds. (2004). *La ecofisiología vegetal: una ciencia de síntesis*. España. Thomson. 253 – 286 p.
- Schaeffer, S.M.; Williams, D.G. (1988). Transpiration of desert riparian forest canopies estimated from sap flux. *American Meteorological Society, Special Symposium on Hydrology*, Phoenix, Arizona, 11-16 Jan 1998. Session 1, Paper-P2.10.
- Schaeffer, S.M.; Williams, D.G.; Goodrich, D.C. (2000). Transpiration of cottonwood / willow forest estimated from sap flux. *Agricultural and Forest Meteorology* 105: 257-270.
- Scott, R.; Edwards, E.; Shuttleworth, W.; Huxman, T.; Watts, C.; Goodrich, D. (2004). Interannual and seasonal variation in fluxes of water and carbon dioxide from a riparian woodland ecosystem. *Agricultural and Forest Meteorology* 122 (2004) 65–84
- Scott, R.L., Goodrich, D.C., Levick, L.R. (2003). A Gis-Based Management Tool to Quantify Riparian Vegetation Groundwater Use. *Proceedings First Interagency Conference on Research in the Watersheds*. Oct. 27-30, 2003. Benson, AZ., Pp. 222-227.
- Scott, R.L., Shuttleworth, W.J., Goodrich, D.C., Maddock, T., (2000). *The water use of two dominant vegetation communities in a semiarid riparian ecosystem*. *Agric. For. Meteorol.* 105, 241–256.
- Scott, R.L.; Huxman, T.E.; Williams, D.G.; Goodrich, D.C. (2006). Ecohydrological impacts of woody-plant encroachment: seasonal patterns of water and carbon dioxide exchange within a semiarid riparian environment. *Global Change Biology* (2006) 12, 311–324.
- Shiau, J.-T.; Wu, F.-C. (2004). *Assessment of hydrologic alterations caused by Chi-Chi diversion weir in chou-shui creek, taiwan: opportunities for restoring natural flow conditions*. *River Res. Applic.* 20: 401–412.
- Smith, M. (1992) CROPWAT: A Computer Program for Irrigation Planning and Management. *FAO Irrigation and Drainage*. Paper No. 46. ISSN: 92-5-103106-1.
- Smith, R.L; Smith, T.M. (2000). *Elements of Ecology*. 4a. edición. Addison Wesley Longman, Inc., U.S.A. 567 p.
- Smith, T.M.; Shugart, H.H.; Woodward, F.I. (Eds). (1997). *Plant functional types: their relevance to ecosystem properties and global change*. Cambridge University Press / International Geosphere – Biosphere Programme book series. 369 p.
- Snyder, K.A., Williams, D.G., (2000). Water sources used by riparian trees varies among stream types on the San Pedro River, Arizona. *Agric. For. Meteorol.* 105, 227–240.
- Snyder, K.A.; Williams, D.G.; Gempko, V.L. (1998). *Water source determination in cottonwood/ willow and mesquite forests on the San Pedro River in Arizona*. *American Meteorological Society, Special Symposium on Hydrology*, Phoenix, Arizona, 11-16 Jan 1998. Session 1, Presentado en Poster.

- Sousa, V.; Santos Pereira, L. (1999). Regional analysis of irrigation water requirements using kriging: Application to potato crop (*Solanum tuberosum* L.) at Trás-os-Montes. *Agricultural Water Management* 40 (2-3): 221-233.
- Stave, J.; Oba, G.; Stenseth, N.C.; Nordal, I. (2005). *Environmental gradients in the Turkwel riverine forest, Kenya: Hypotheses on dam-induced vegetation change*. *Forest Ecology and Management* 212 (2005) 184–198.
- Stromberg, J., (2001). Restoration of riparian vegetation in the south-western United States: importance of flow regimes and fluvial dynamism. *Journal of Arid Environments*, 49, 17-34.
- Stromberg, J.C. (1993). Instream Flow Models for Mixed Deciduous Riparian Vegetation within a Semiarid Region. *Regulated Rivers Research & Management*, Vol. 8, No. 3, p 225-235.
- Stromberg, J.C.; Bagstad, K.J.; Leenhouts, J.M.; Lite, S.J.; Making, E. (2005). *Effects of stream flow intermittency on riparian vegetation of a semiarid region river (San Pedro River, Arizona)*. *River Res. Applic.* 21: 925–938 (2005).
- Stromberg, J.C.; Tiller, R.; Richter, B. (1996). Effects of Groundwater Decline on Riparian Vegetation of Semiarid Regions: The San Pedro, Arizona. *Ecological Applications*, Vol. 6, No. 1, pp. 113-131.
- Stromberg, J.C.; Wilkins, S.D.; Tress, J.A. (1993). *Vegetation-Hydrology Models: implications for management of Prosopis velutina (Velvet Mesquite) Riparian Ecosystems*. *Ecological Applications*: Vol. (3), No. 2, pp. 307–314. Año 1993.
- Suárez, M.L.; Vidal-Abarca, M.; Sánchez-Montoya, M.; Alba-Tercedor, J.; Álvarez, M.; Avilés, J.; Bonada, N.; Casas, J.; Jáimez-Cuéllar, P.; Munné, A.; Pardo, I.; Prat, N.; Rieradevall, M.; Salinas, M.; Toro, M.; Vivas, S. (2002). Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: el uso del índice QBR. *Limnetica* 21(3-4): 135-148.
- Suzukia, W.; Osumi, K.; Masaki, T.; Takahashi, K.; Daimaru, H.; Hoshizaki, K. (2002). *Disturbance regimes and community structures of a riparian and an adjacent terrace stand in the Kanumazawa Riparian Research Forest, northern Japan*. *Forest Ecology and Management* 157 (2002) 285–301
- Tabacchi, E., Correll, D.L., Hauer, R., Pinay, G., Planty-Tabacchi, A., Wissmar, R.C., (1998). Development, maintenance and role of riparian vegetation in the river landscape. *Freshwater Biol.* 40, 497–516.
- Tabacchi, E.; Lambs, L.; Guillo, H.; Planty-Tabacchi, A.; Muller, E.; Décamps, H. (2000). Impacts of riparian vegetation on hydrological processes. *Hydrol. Process.* 14: 2959-2976.
- Tabacchi, E.; Planty-Tabacchi, A.-M. (2003). Recent changes in riparian vegetation: possible consequences on dead wood processing along rivers. *River Res. Applic.* 19: 251–263.
- Tabios, G. Q.; Salas, J. D. (1985). A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. *Journal of the American Water Resources Association* 21 (3): 365-380.
- Temesgen, B.; Allen, R.G.; Jensen, D. T. (1999). Adjusting temperature parameters to reflect well-watered conditions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 125: 26-33.
- Terradas, J. (2001). *Ecología de la vegetación: de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes*. España, Ediciones Omega. 703 p.
- Toner M.; Keddy P. (1997). River hydrology and riparian wetlands: a predictive model for ecological assembly. *Ecological applications*, 7(1): 236-246.

- Turner, M.G. (2005). *Landscape ecology: what is the state of the science?* Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 36: 319-344.
- UCLM (2005). Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. *Universidad Castilla-La Mancha y Ministerio del Medio Ambiente.*
- Vargas, M.; García, M. C.; Moya, F.; Tel, E.; Parrilla, G.; Plaza, F.; Lavín, A. (2008). Cambio climático en el Mediterráneo español; Instituto Español de Oceanografía; 170 pp.
- Veneklaas, E.J.; Fajardo, A.; Obregon, S.; Lozano, J. (2005). *Gallery forest types and their environmental correlates in a Colombian savanna landscape.* Ecography 28: 236-252.
- Ventura, F.; Spano, D.; Duce, P.; Snyder, R. L. (1999). An evaluation of common evapotranspiration equations. *Irrigation Science* 18 (4): 163-170.
- Webb, R.H.; Leake, S.A. (2006). Ground-water surface-water interactions and long-term change in riverine riparian vegetation in the southwestern United States. *Journal of Hydrology* 320 (2006) 302-323.
- Webb, R.H.; Leake, S.A. (2006). *Ground-water surface-water interactions and long-term change in riverine riparian vegetation in the southwestern United States.* Journal of Hydrology 320 (2006) 302-323.
- Welsch, D. J. (1991). *Riparian forest buffers, function and design for protection and enhancement of water resources*, USDA, Forest Service, Northeast area, Forest Resource Management, Radnor, PA, NA-PR-07-91.
- Welyta, J., Beechieb, T., Sullivanc, K., Hyinka, D., Bilbya, R., Andrusd, C., Pess, G. 2002. Riparian aquatic interaction simulator (RAIS): a model of riparian forest dynamics for the generation of large woody debris and shade. *Forest Ecology and Management* 162 (2002) 299-318.
- Williams, D.G.; Brunel, J.; Schaeffer, S.M.; Snyder, K.A. (1998). *Biotic controls over the functioning of desert riparian ecosystems.* American Meteorological Society, Special Symposium on hydrology, Arizona, 11-16 Enero 1998. Sesión 1, Artículo 1.11.
- Winward, A.H. 2000. *Monitoring the vegetation resources in riparian areas.* Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-47. Ogden, UT: USDA, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 49 p.

**ANEXO I. ESTADÍSTICOS DE LAS SERIES INPUT
DEL MODELO**

Tabla I.a. Parámetros estadísticos del tramo Lorcha del río Serpis. Donde, \bar{x} : es la media muestral calculada para un total de 12 años; y CV es el coeficiente de variación calculado con el cociente entre la desviación estándar muestral y la media muestral.

Parámetros estadísticos del tramo Lorcha del Serpis en régimen natural							
Mes	Estadístico	P (mm/d)	ET ₀ (mm/d)	Q (m ³ /s)	T _{max} (°C)	T _{med} (°C)	T _{min} (°C)
Ene	\bar{x}	1.93	1.05	1.05	16.22	9.93	4.84
	CV	4.10	0.24	0.96	0.26	0.34	0.79
Feb	\bar{x}	2.31	1.54	0.84	17.59	11.21	5.77
	CV	4.38	0.28	0.70	0.27	0.29	0.60
Mar	\bar{x}	1.95	2.27	0.78	20.26	13.75	8.05
	CV	3.59	0.25	0.76	0.23	0.25	0.46
Abr	\bar{x}	2.68	3.20	1.13	22.39	15.63	9.29
	CV	4.56	0.23	1.22	0.19	0.18	0.28
May	\bar{x}	2.59	4.20	1.18	26.38	19.21	12.40
	CV	4.59	0.23	1.29	0.18	0.16	0.22
Jun	\bar{x}	0.64	5.35	1.10	31.91	23.91	16.03
	CV	6.26	0.16	0.39	0.12	0.12	0.15
Jul	\bar{x}	0.29	5.61	1.33	34.86	26.61	18.59
	CV	9.48	0.13	0.28	0.09	0.07	0.10
Ago	\bar{x}	0.61	4.93	1.34	34.53	26.40	18.78
	CV	5.17	0.14	0.28	0.09	0.08	0.12
Sep	\bar{x}	2.97	3.47	1.17	30.22	22.71	16.27
	CV	4.58	0.17	1.07	0.11	0.11	0.16
Oct	\bar{x}	4.47	2.17	2.01	25.15	18.37	12.79
	CV	4.36	0.22	1.67	0.16	0.14	0.22
Nov	\bar{x}	2.88	1.28	1.04	19.55	12.94	8.20
	CV	3.63	0.22	1.09	0.20	0.24	0.43
Dic	\bar{x}	3.29	0.94	1.99	16.63	10.68	6.10
	CV	3.60	0.24	3.21	0.24	0.30	0.62

Tabla I.b. Parámetros estadísticos del tramo Cirat del río Mijares, en régimen alterado. Donde, \bar{x} : es la media muestral calculada para un total de 21 años; y CV es el coeficiente de variación calculado con el cociente entre la desviación estándar muestral y la media muestral.

Estadísticos del tramo Cirat del Mijares							
Mes	Estadístico	P (mm/d)	ET _o (mm/d)	Q (m ³ /s)	T _{max} (°C)	T _{med} (°C)	T _{min} (°C)
Ene	\bar{x}	1.32	1.11	1.95	14.98	8.57	2.17
	CV	4.05	0.32	1.53	0.27	0.35	1.58
Feb	\bar{x}	1.45	1.51	1.35	16.43	9.62	2.80
	CV	4.37	0.25	0.57	0.27	0.32	1.16
Mar	\bar{x}	1.21	2.09	1.20	18.67	11.36	5.11
	CV	4.13	0.27	0.65	0.23	0.29	0.66
Abr	\bar{x}	2.34	2.78	1.46	20.17	13.09	6.01
	CV	3.28	0.30	0.84	0.20	0.20	0.46
May	\bar{x}	2.25	3.67	1.69	23.86	16.66	9.47
	CV	3.87	0.25	1.02	0.17	0.17	0.28
Jun	\bar{x}	1.69	4.41	1.51	27.99	20.62	13.26
	CV	4.28	0.22	1.63	0.13	0.13	0.20
Jul	\bar{x}	0.64	4.73	0.92	30.97	23.28	15.58
	CV	6.10	0.15	0.50	0.09	0.09	0.14
Ago	\bar{x}	1.36	4.31	0.97	31.36	23.85	16.34
	CV	5.34	0.14	0.48	0.09	0.08	0.13
Sep	\bar{x}	2.41	3.15	1.22	27.34	20.40	13.46
	CV	3.60	0.19	0.67	0.12	0.12	0.22
Oct	\bar{x}	2.16	2.19	1.97	23.00	16.39	9.77
	CV	4.63	0.29	1.92	0.16	0.16	0.31
Nov	\bar{x}	2.04	1.39	1.74	18.14	11.80	5.46
	CV	5.17	0.42	1.16	0.22	0.26	0.71
Dic	\bar{x}	2.08	1.06	2.35	15.14	9.14	3.13
	CV	3.76	0.51	2.72	0.25	0.32	1.18

Tabla I.c. Parámetros estadísticos del tramo Tormo del río Mijares, en régimen alterado. Donde, \bar{x} : es la media muestral calculada para un total de 21 años; y CV es el coeficiente de variación calculado con el cociente entre la desviación estándar muestral y la media muestral.

Estadísticos del tramo Tormo del Mijares							
Mes	Estadístico	P (mm/d)	ET ₀ (mm/d)	Q (m ³ /s)	T _{max} (°C)	T _{med} (°C)	T _{min} (°C)
Ene	\bar{x}	1.29	1.13	0.96	15.32	8.91	2.50
	CV	3.96	0.32	3.23	0.26	0.33	1.37
Feb	\bar{x}	1.42	1.53	0.48	16.77	9.95	3.14
	CV	4.18	0.25	1.39	0.27	0.31	1.03
Mar	\bar{x}	1.20	2.11	0.38	19.01	11.70	5.45
	CV	4.01	0.26	1.55	0.23	0.28	0.62
Abr	\bar{x}	2.29	2.81	0.53	20.51	13.43	6.35
	CV	3,26	0,30	1,81	0,19	0,20	0,43
May	\bar{x}	2.24	3.71	0.91	24.19	17.00	9.81
	CV	3.43	0.25	2.04	0.16	0.16	0.27
Jun	\bar{x}	1.64	1.64	4.45	0.89	28.32	20.96
	CV	4.12	4.12	0.21	3.03	0.13	0.13
Jul	\bar{x}	0.62	4.77	0.31	31.31	23.61	15.92
	CV	5.86	0.15	1.10	0.09	0.09	0.14
Ago	\bar{x}	1.32	4.35	0.34	31.70	24.19	16.68
	CV	4.79	0.14	1.27	0.09	0.08	0.13
Sep	\bar{x}	2.35	3.18	0.55	27.68	20.74	13.80
	CV	3.34	0.19	1.86	0.12	0.12	0.22
Oct	\bar{x}	2.15	2.21	0.91	23.34	16.73	10.11
	CV	4.61	0.29	2.86	0.16	0.16	0.30
Nov	\bar{x}	1.98	1.41	0.71	18.48	12.14	5.80
	CV	5.02	0.42	2.27	0.21	0.26	0.67
Dic	\bar{x}	2.05	1.07	1.86	15.48	9.47	3.47
	CV	3.78	0.51	3.97	0.24	0.31	1.06

Tabla I.d. Parámetros estadísticos de los tramos Terde 1 y Terde 2 del río Mijares, en régimen natural. Donde, \bar{x} : es la media muestral calculada para un total de 62 años; y CV es el coeficiente de variación calculado con el cociente entre la desviación estándar muestral y la media muestral.

Estadísticos de los tramos Terde 1 y Terde 2 del Mijares							
Mes	Estadístico	P (mm/d)	ET _o (mm/d)	Q (m ³ /s)	T _{max} (°C)	T _{med} (°C)	T _{min} (°C)
Ene	\bar{x}	0.87	0.87	0.96	10.09	5.66	1.37
	CV	3.88	0.26	1.26	0.39	0.55	2.23
Feb	\bar{x}	1.01	1.17	0.87	11.66	6.57	1.56
	CV	3.84	0.19	0.95	0.41	0.53	1.89
Mar	\bar{x}	1.01	1.69	0.95	14.80	9.20	3.52
	CV	3.45	0.21	1.03	0.32	0.38	0.85
Abr	\bar{x}	1.56	2.24	0.92	16.47	10.64	4.77
	CV	3.20	0.24	1.04	0.26	0.29	0.57
May	\bar{x}	1.91	2.99	1.11	20.48	14.33	8.37
	CV	2.57	0.22	1.21	0.23	0.23	0.33
Jun	\bar{x}	1.69	3.86	1.09	25.59	19.02	12.43
	CV	3.07	0.18	1.45	0.17	0.17	0.23
Jul	\bar{x}	0.94	4.41	0.64	29.67	22.26	14.94
	CV	4.42	0.13	1.38	0.12	0.13	0.18
Ago	\bar{x}	1.40	4.00	0.67	29.15	21.95	14.84
	CV	3.74	0.11	1.94	0.13	0.13	0.18
Sep	\bar{x}	1.80	2.92	0.68	24.23	17.70	11.28
	CV	3.19	0.16	1.61	0.17	0.17	0.26
Oct	\bar{x}	1.79	1.85	0.95	18.67	13.35	8.13
	CV	3.47	0.24	5.23	0.20	0.21	0.35
Nov	\bar{x}	1.48	1.13	0.69	13.25	8.57	3.99
	CV	3.85	0.33	1.60	0.31	0.38	0.85
Dic	\bar{x}	1.36	0.85	0.74	10.51	6.12	1.90
	CV	3.79	0.37	1.03	0.38	0.51	1.66

Tabla I.e. Parámetros estadísticos de los tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 del río Cabriel, en régimen natural. Donde, \bar{x} : es la media muestral calculada para un total de 61 años; y CV es el coeficiente de variación calculado con el cociente entre la desviación estándar muestral y la media muestral.

Estadísticos de los tramos Rabo del Batán 1 y Rabo del Batán 2 del Cabriel							
Mes	Estadístico	P (mm/d)	ET ₀ (mm/d)	Q (m ³ /s)	T _{max} (°C)	T _{med} (°C)	T _{min} (°C)
Ene	\bar{x}	1.48	0.94	8.37	10.56	4.43	-1.56
	CV	2.83	0.45	1.21	0.39	0.65	-2.52
Feb	\bar{x}	1.71	1.26	9.06	11.65	5.24	-1.02
	CV	2.58	0.30	0.98	0.38	0.57	-3.89
Mar	\bar{x}	1.47	1.90	9.22	14.80	7.85	1.01
	CV	2.94	0.28	1.04	0.31	0.40	3.56
Abr	\bar{x}	1.72	2.59	7.99	16.83	9.91	3.08
	CV	2.66	0.29	0.71	0.26	0.30	1.01
May	\bar{x}	1.93	3.60	7.38	21.27	13.79	6.35
	CV	2.64	0.29	0.74	0.24	0.25	0.45
Jun	\bar{x}	1.38	4.66	6.07	26.80	18.25	9.71
	CV	3.20	0.22	0.61	0.18	0.18	0.27
Jul	\bar{x}	0.44	5.40	4.06	31.59	21.80	11.94
	CV	5.46	0.14	0.53	0.12	0.13	0.23
Ago	\bar{x}	0.64	4.82	3.40	31.00	21.45	11.85
	CV	4.81	0.13	0.49	0.11	0.12	0.24
Sep	\bar{x}	1.35	3.41	3.43	26.12	17.67	9.21
	CV	3.19	0.20	0.47	0.17	0.17	0.32
Oct	\bar{x}	2.06	2.02	3.93	19.46	12.57	5.74
	CV	3.26	0.35	0.72	0.23	0.23	0.54
Nov	\bar{x}	1.71	1.20	4.88	13.71	7.47	1.34
	CV	2.60	0.52	0.84	0.30	0.38	2.73
Dic	\bar{x}	1.85	0.86	6.65	10.56	4.64	-1.13
	CV	2.62	0.53	1.33	0.36	0.56	-3.27

**ANEXO II. TABLAS DE RESULTADOS DEL
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

Tablas de resultados para régimen natural de caudales (años 1942-1949)

En las zonas con Suelo 4 (limoso-arenoso) se obtienen las siguientes tablas para cada tipo funcional de vegetación:

Vegetación:	RH (Herbáceas de Ribera)
Suelo:	4 (Limo-Arenoso)
Régimen de Q:	Natural

Cota (m.s.n.m.)	Elevación sobre el Nivel del Río (m)	Valores Estándar del Índice de Evapotranspiración	Variación del Índice de Evapotranspiración según el Parámetro Modificado						Parámetro más Sensible
			Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	CRT	
238.247	7.754	0.310	0.00E+00	4.35E-02	0.00E+00	2.87E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
237.497	7.004	0.311	0.00E+00	4.38E-02	0.00E+00	2.81E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
236.747	6.254	0.313	0.00E+00	4.42E-02	0.00E+00	2.73E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
235.997	5.504	0.314	0.00E+00	4.48E-02	0.00E+00	2.63E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
235.248	4.755	0.317	0.00E+00	4.57E-02	0.00E+00	2.48E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
234.498	4.005	0.321	0.00E+00	4.73E-02	0.00E+00	2.26E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
233.747	3.254	0.328	0.00E+00	5.00E-02	0.00E+00	1.83E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
232.997	2.504	0.343	2.18E-04	5.55E-02	0.00E+00	4.79E-03	0.00E+00	0.00E+00	Ze
232.247	1.754	0.417	1.59E-03	9.50E-02	1.79E-04	1.24E-03	0.00E+00	0.00E+00	Ze
232.116	1.623	0.434	1.34E-03	8.74E-02	1.79E-04	7.41E-03	0.00E+00	0.00E+00	Ze
231.967	1.474	0.454	1.80E-03	1.11E-01	1.79E-04	2.41E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
231.819	1.326	0.487	2.43E-03	1.49E-01	2.25E-04	4.25E-03	0.00E+00	0.00E+00	Ze
230.952	0.459	0.999	7.45E-02	3.98E-01	0.00E+00	3.26E-01	0.00E+00	0.00E+00	Ze

Vegetación:	RA (Arbórea de Ribera)
Suelo:	4 (Limo-Arenoso)
Régimen de Q:	Natural

Cota (m.s.n.m.)	Elevación sobre el Nivel del Río (m)	Valores Estándar del Índice de Evapotranspiración	Variación del Índice de Evapotranspiración según el Parámetro Modificado						Parámetro más Sensible
			Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	CRT	
238.247	7.754	0.390	7.51E-02	3.13E-02	0.00E+00	8.58E-03	1.77E-05	1.77E-05	Zr
237.497	7.004	0.392	2.97E-01	3.14E-02	0.00E+00	6.85E-03	1.06E-04	7.90E-05	Zr
236.747	6.254	0.397	3.52E-01	3.40E-02	0.00E+00	1.98E-03	1.56E-03	1.52E-03	Zr
235.997	5.504	0.682	4.01E-01	3.72E-02	0.00E+00	1.40E-01	9.98E-02	7.75E-02	Zr
235.248	4.755	0.762	4.39E-01	5.34E-02	0.00E+00	1.11E-01	1.32E-01	7.11E-02	Zr
234.498	4.005	0.832	3.08E-01	6.24E-02	0.00E+00	6.85E-02	1.47E-01	5.86E-02	Zr
233.747	3.254	0.893	1.25E-01	7.61E-02	0.00E+00	2.79E-02	1.49E-01	5.05E-02	Rj
232.997	2.504	0.953	5.42E-02	8.20E-02	6.00E-06	2.81E-03	1.16E-01	3.36E-02	Rj
232.247	1.754	1.000	8.07E-05	2.83E-02	2.11E-05	9.26E-05	2.03E-04	0.00E+00	Ze
232.116	1.623	0.999	1.18E-04	1.71E-02	2.33E-05	5.93E-05	2.92E-04	0.00E+00	Ze
231.967	1.474	0.999	1.30E-04	4.81E-03	2.58E-05	5.03E-05	4.10E-04	0.00E+00	Ze

231.819	1.326	0.999	3.25E-05	0.00E+00	1.45E-05	8.32E-05	3.71E-04	0.00E+00	Rj
230.952	0.459	0.989	1.10E-02	5.75E-04	4.59E-03	3.56E-02	1.10E-01	0.00E+00	Rj

Vegetación:	RJ (Juveniles de Ribera)
Suelo:	4 (Limo-Arenoso)
Régimen de Q:	Natural

Cota (m.s.n.m.)	Elevación sobre el Nivel del Río (m)	Valores Estándar del Índice de Evapotranspiración	Variación del Índice de Evapotranspiración según el Parámetro Modificado						Parámetro más Sensible
			Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	CRT	
238.247	7.754	0.310	0.00E+00	4.35E-02	0.00E+00	2.87E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
237.497	7.004	0.311	0.00E+00	4.38E-02	0.00E+00	2.81E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
236.747	6.254	0.313	0.00E+00	4.42E-02	0.00E+00	2.73E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
235.997	5.504	0.314	0.00E+00	4.48E-02	0.00E+00	2.63E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
235.248	4.755	0.317	0.00E+00	4.57E-02	0.00E+00	2.48E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
234.498	4.005	0.321	0.00E+00	4.73E-02	0.00E+00	2.25E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
233.747	3.254	0.328	0.00E+00	5.00E-02	0.00E+00	1.81E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
232.997	2.504	0.342	3.19E-05	5.60E-02	0.00E+00	4.28E-03	2.99E-05	0.00E+00	Ze
232.247	1.754	0.417	1.46E-01	9.73E-02	0.00E+00	1.45E-02	4.95E-04	3.76E-04	Zr
232.116	1.623	0.442	1.60E-01	7.68E-02	0.00E+00	2.66E-02	4.80E-03	4.52E-03	Zr
231.967	1.474	0.505	1.66E-01	9.40E-02	0.00E+00	1.46E-03	2.22E-02	2.00E-02	Zr
231.819	1.326	0.592	1.75E-01	1.07E-01	0.00E+00	2.49E-02	4.69E-02	3.95E-02	Zr
230.952	0.459	0.975	4.30E-03	3.83E-02	0.00E+00	1.51E-01	1.77E-02	0.00E+00	Ri

Vegetación:	TV (Vegetación Terrestre)
Suelo:	4 (Limo-Arenoso)
Régimen de Q:	Natural

Cota (m.s.n.m.)	Elevación sobre el Nivel del Río (m)	Valores Estándar del Índice de Evapotranspiración	Variación del Índice de Evapotranspiración según el Parámetro Modificado						Parámetro más Sensible
			Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	CRT	
238.247	7.754	0.3896	0.00E+00	3.12E-02	0.00E+00	8.70E-03	0.00E+00	0.00E+00	Ze
237.497	7.004	0.3913	0.00E+00	3.12E-02	0.00E+00	6.92E-03	0.00E+00	0.00E+00	Ze
236.747	6.254	0.3938	0.00E+00	3.13E-02	0.00E+00	4.35E-03	0.00E+00	0.00E+00	Ze
235.997	5.504	0.3975	0.00E+00	3.18E-02	0.00E+00	4.30E-04	0.00E+00	0.00E+00	Ze
235.248	4.755	0.4039	2.78E-06	3.42E-02	0.00E+00	5.08E-03	0.00E+00	0.00E+00	Ze
234.498	4.005	0.4208	2.57E-05	5.43E-02	0.00E+00	1.26E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
233.747	3.254	0.4546	2.98E-04	1.46E-01	4.95E-06	3.66E-02	6.92E-05	1.20E-05	Ze
232.997	2.504	0.5649	1.97E-02	3.65E-01	8.68E-05	4.95E-04	1.33E-04	7.98E-06	Ze
232.247	1.754	0.9985	4.70E-03	3.49E-01	1.21E-04	2.14E-01	9.97E-04	0.00E+00	Ze
232.116	1.623	0.9978	8.78E-03	2.58E-01	4.37E-04	2.49E-01	1.45E-03	0.00E+00	Ze

231.967	1.474	0.9961	3.15E-02	9.39E-02	3.82E-04	2.31E-01	4.21E-03	0.00E+00	Ri
231.819	1.326	0.9879	1.01E-01	1.93E-03	1.86E-03	2.33E-01	1.97E-02	0.00E+00	Ri
230.952	0.459	0.6142	2.19E-02	3.52E-01	2.89E-02	1.99E-01	1.70E-01	0.00E+00	Ze

En las zonas con Suelo 10 (Arenoso con muchas Gravas) se obtienen las siguientes tablas para cada tipo funcional de vegetación:

Vegetación:	RH (Herbáceas de Ribera)
Suelo:	10 (Arenoso y Gravoso)
Régimen de Q:	Natural

Cota (m.s.n.m.)	Elevación sobre el Nivel del Río (m)	Valores Estándar del Índice de Evapotranspiración	Variación del Índice de Evapotranspiración según el Parámetro Modificado						Parámetro más Sensible
			Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	CRT	
230.606	0.113	0.998	7.36E-01	3.89E-02	3.10E-03	3.30E-04	0.00E+00	0.00E+00	Zr
231.631	1.138	0.280	2.60E-03	2.98E-02	2.19E-04	2.19E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
232.098	1.605	0.279	1.40E-03	3.33E-02	1.79E-04	2.42E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
232.953	2.46	0.279	2.44E-04	3.53E-02	0.00E+00	2.48E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
233.532	3.039	0.279	0.00E+00	3.59E-02	0.00E+00	2.50E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
233.788	3.295	0.279	0.00E+00	3.59E-02	0.00E+00	2.50E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
234.693	4.2	0.279	0.00E+00	3.59E-02	0.00E+00	2.50E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze

Vegetación:	RA (Arbórea de Ribera)
Suelo:	10 (Arenoso y Gravoso)
Régimen de Q:	Natural

Cota (m.s.n.m.)	Elevación sobre el Nivel del Río (m)	Valores Estándar del Índice de Evapotranspiración	Variación del Índice de Evapotranspiración según el Parámetro Modificado						Parámetro más Sensible
			Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	CRT	
230.606	0.113	0.900	1.08E-01	3.13E-02	3.67E-02	8.99E-02	2.86E-01	0.00E+00	Rj
231.631	1.138	0.999	1.14E-04	1.89E-01	2.25E-05	3.76E-04	1.17E-03	0.00E+00	Ze
232.098	1.605	0.824	2.03E-02	2.49E-01	2.34E-05	3.72E-02	1.86E-01	3.03E-03	Rj
232.953	2.46	0.732	9.88E-02	1.10E-01	6.18E-06	4.19E-02	1.90E-01	5.17E-03	Rj
233.532	3.039	0.675	1.60E-01	1.07E-01	0.00E+00	4.70E-02	1.70E-01	6.41E-03	Rj
233.788	3.295	0.650	1.87E-01	1.05E-01	0.00E+00	4.69E-02	1.59E-01	6.77E-03	Zr
234.693	4.2	0.557	2.70E-01	8.56E-02	0.00E+00	3.54E-02	1.13E-01	7.84E-03	Zr

Vegetación:	RJ (Juveniles de Ribera)
Suelo:	10 (Arenoso y Gravoso)
Régimen de Q:	Natural

Cota (m.s.n.m.)	Elevación sobre el Nivel del Río (m)	Valores Estándar del Índice de Evapotranspiración	Variación del Índice de Evapotranspiración según el Parámetro Modificado						Parámetro más Sensible
			Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	CRT	
230.606	0.113	0.667	4.32E-02	3.56E-02	0.00E+00	2.08E-01	1.21E-01	0.00E+00	Ri
231.631	1.138	0.340	9.30E-02	5.14E-02	0.00E+00	6.55E-03	3.61E-02	2.46E-03	Zr
232.098	1.605	0.283	4.54E-02	3.69E-02	0.00E+00	1.06E-02	2.82E-03	1.11E-03	Zr
232.953	2.46	0.279	9.52E-05	3.59E-02	0.00E+00	2.43E-02	3.07E-05	0.00E+00	Ze
233.532	3.039	0.279	0.00E+00	3.59E-02	0.00E+00	2.46E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
233.788	3.295	0.279	0.00E+00	3.59E-02	0.00E+00	2.49E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
234.693	4.2	0.279	0.00E+00	3.59E-02	0.00E+00	2.50E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze

Vegetación:	TV (Vegetación Terrestre)
Suelo:	10 (Arenoso y Gravoso)
Régimen de Q:	Natural

Cota (m.s.n.m.)	Elevación sobre el Nivel del Río (m)	Valores Estándar del Índice de Evapotranspiración	Variación del Índice de Evapotranspiración según el Parámetro Modificado						Parámetro más Sensible
			Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	CRT	
230.606	0.113	0.3679	5.14E-01	4.93E-01	6.67E-02	5.93E-02	1.61E-01	0.00E+00	Zr
231.631	1.138	0.9501	2.76E-01	5.14E-01	6.42E-03	2.74E-01	6.08E-02	0.00E+00	Ze
232.098	1.605	0.4860	6.74E-02	6.40E-01	4.46E-04	2.69E-02	2.30E-02	9.92E-04	Ze
232.953	2.46	0.3655	7.16E-03	6.82E-02	1.89E-05	3.46E-02	1.57E-04	5.41E-06	Ze
233.532	3.039	0.3608	3.30E-04	6.20E-02	7.76E-06	2.61E-02	5.91E-05	4.47E-06	Ze
233.788	3.295	0.3608	1.75E-04	6.19E-02	3.50E-06	2.61E-02	3.36E-05	4.47E-06	Ze
234.693	4.2	0.3607	0.00E+00	5.10E-02	0.00E+00	2.53E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze

Tablas de resultados para régimen alterado de caudales (años 2000-2006)

En las zonas con Suelo 4 (limoso-arenoso) se obtienen las siguientes tablas para cada tipo funcional de vegetación:

Vegetación:	RH (Herbáceas de Ribera)
Suelo:	4 (Limo-Arenoso)
Régimen de Q:	Alterado

Cota (m.s.n.m.)	Elevación sobre el Nivel del Río (m)	Valores Estándar del Índice de Evapotranspiración	Variación del Índice de Evapotranspiración según el Parámetro Modificado						Parámetro más Sensible
			Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	CRT	
238.247	7.955	0.374	0.00E+00	5.56E-02	0.00E+00	7.85E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
237.497	7.205	0.375	0.00E+00	5.58E-02	0.00E+00	7.84E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
236.747	6.455	0.377	0.00E+00	5.61E-02	0.00E+00	7.82E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
235.997	5.705	0.379	0.00E+00	5.65E-02	0.00E+00	7.80E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
235.248	4.956	0.382	0.00E+00	5.72E-02	0.00E+00	7.76E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
234.498	4.206	0.387	0.00E+00	5.85E-02	0.00E+00	7.70E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
233.747	3.455	0.395	0.00E+00	6.07E-02	0.00E+00	7.70E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
232.997	2.705	0.412	0.00E+00	6.44E-02	0.00E+00	8.00E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
232.247	1.955	0.442	8.23E-05	7.53E-02	0.00E+00	9.57E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
232.116	1.824	0.452	1.52E-04	8.03E-02	0.00E+00	9.31E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
231.967	1.675	0.465	2.62E-04	8.47E-02	0.00E+00	8.27E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
231.819	1.527	0.481	4.52E-04	9.87E-02	0.00E+00	6.18E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
230.952	0.66	1.000	8.45E-03	1.09E-01	2.79E-04	4.71E-01	0.00E+00	0.00E+00	Ri

Vegetación:	RA (Arbórea de Ribera)
Suelo:	4 (Limo-Arenoso)
Régimen de Q:	Alterado

Cota (m.s.n.m.)	Elevación sobre el Nivel del Río (m)	Valores Estándar del Índice de Evapotranspiración	Variación del Índice de Evapotranspiración según el Parámetro Modificado						Parámetro más Sensible
			Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	CRT	
238.247	7.955	0.504	7.46E-03	9.26E-02	0.00E+00	9.90E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
237.497	7.205	0.506	2.23E-01	9.37E-02	0.00E+00	9.84E-02	0.00E+00	0.00E+00	Zr
236.747	6.455	0.509	2.66E-01	9.54E-02	0.00E+00	9.66E-02	1.97E-06	1.97E-06	Zr
235.997	5.705	0.723	3.05E-01	5.32E-02	0.00E+00	1.66E-01	7.62E-02	5.99E-02	Zr
235.248	4.956	0.787	3.40E-01	6.03E-02	0.00E+00	1.28E-01	1.08E-01	5.71E-02	Zr
234.498	4.206	0.849	2.36E-01	6.84E-02	0.00E+00	8.24E-02	1.31E-01	5.30E-02	Zr

233.747	3.455	0.905	1.16E-01	7.62E-02	0.00E+00	3.24E-02	1.38E-01	4.56E-02	Rj
232.997	2.705	0.959	4.97E-02	7.83E-02	0.00E+00	4.57E-03	1.11E-01	3.25E-02	Rj
232.247	1.955	1.000	1.20E-05	2.82E-02	2.76E-06	1.45E-05	5.20E-05	0.00E+00	Ze
232.116	1.824	1.000	2.17E-05	1.38E-02	5.82E-06	2.07E-05	8.12E-05	0.00E+00	Ze
231.967	1.675	1.000	2.51E-05	2.71E-03	4.91E-06	3.15E-05	1.07E-04	0.00E+00	Ze
231.819	1.527	1.000	3.72E-05	1.01E-05	9.65E-06	4.75E-05	1.51E-04	0.00E+00	Rj
230.952	0.66	0.998	1.02E-03	1.57E-04	5.14E-04	1.56E-02	6.78E-02	0.00E+00	Rj

Vegetación:	RJ (Juveniles de Ribera)
Suelo:	4 (Limo-Arenoso)
Régimen de Q:	Alterado

Cota (m.s.n.m.)	Elevación sobre el Nivel del Río (m)	Valores Estándar del Índice de Evapotranspiración	Variación del Índice de Evapotranspiración según el Parámetro Modificado						Parámetro más Sensible
			Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	CRT	
238.247	7.955	0.374	0.00E+00	5.56E-02	0.00E+00	7.85E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
237.497	7.205	0.375	0.00E+00	5.58E-02	0.00E+00	7.84E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
236.747	6.455	0.377	0.00E+00	5.61E-02	0.00E+00	7.82E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
235.997	5.705	0.379	0.00E+00	5.65E-02	0.00E+00	7.80E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
235.248	4.956	0.382	0.00E+00	5.72E-02	0.00E+00	7.76E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
234.498	4.206	0.387	0.00E+00	5.85E-02	0.00E+00	7.70E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
233.747	3.455	0.395	0.00E+00	6.07E-02	0.00E+00	7.70E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
232.997	2.705	0.412	9.25E-07	6.44E-02	0.00E+00	7.98E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
232.247	1.955	0.442	1.42E-01	7.55E-02	0.00E+00	9.37E-02	1.38E-05	0.00E+00	Zr
232.116	1.824	0.452	1.55E-01	8.06E-02	0.00E+00	8.84E-02	4.66E-05	2.60E-05	Zr
231.967	1.675	0.514	1.64E-01	7.94E-02	0.00E+00	8.04E-02	2.02E-02	1.93E-02	Zr
231.819	1.527	0.609	1.72E-01	7.39E-02	1.25E-04	8.16E-02	5.31E-02	4.55E-02	Zr
230.952	0.66	0.997	3.89E-04	2.90E-03	0.00E+00	1.30E-01	1.39E-03	0.00E+00	Ri

Vegetación:	TV (Vegetación Terrestre)
Suelo:	4 (Limo-Arenoso)
Régimen de Q:	Alterado

Cota (m.s.n.m.)	Elevación sobre el Nivel del Río (m)	Valores Estándar del Índice de Evapotranspiración	Variación del Índice de Evapotranspiración según el Parámetro Modificado						Parámetro más Sensible
			Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	CRT	
238.247	7.955	0.504	0.00E+00	9.26E-02	0.00E+00	9.90E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
237.497	7.205	0.506	0.00E+00	9.37E-02	0.00E+00	9.85E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
236.747	6.455	0.509	0.00E+00	9.54E-02	0.00E+00	9.77E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
235.997	5.705	0.514	0.00E+00	9.82E-02	0.00E+00	9.62E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze

235.248	4.956	0.521	0.00E+00	1.04E-01	0.00E+00	9.36E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
234.498	4.206	0.534	0.00E+00	1.17E-01	0.00E+00	8.99E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
233.747	3.455	0.561	0.00E+00	1.61E-01	0.00E+00	8.58E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ze
232.997	2.705	0.629	8.80E-03	4.31E-01	2.46E-06	5.77E-02	2.07E-05	0.00E+00	Ze
232.247	1.955	1.000	1.19E-03	3.31E-01	4.15E-05	3.46E-01	2.65E-04	3.86E-05	Ri
232.116	1.824	1.000	1.55E-03	2.48E-01	3.16E-05	2.76E-01	2.58E-04	0.00E+00	Ri
231.967	1.675	0.999	3.47E-03	5.73E-02	6.98E-05	2.35E-01	6.05E-04	0.00E+00	Ri
231.819	1.527	0.999	2.74E-02	6.38E-04	1.64E-04	2.19E-01	1.82E-03	0.00E+00	Ri
230.952	0.66	0.663	9.24E-01	2.77E-01	2.61E-02	2.36E-01	1.62E-01	0.00E+00	Zr

En las zonas con Suelo 10 (Arenoso con muchas Gravas) se obtienen las siguientes tablas para cada tipo funcional de vegetación:

Vegetación:	RH (Herbáceas de Ribera)
Suelo:	10 (Arenoso y Gravoso)
Régimen de Q:	Alterado

Cota (m.s.n.m.)	Elevación sobre el Nivel del Río (m)	Valores Estándar del Índice de Evapotranspiración	Variación del Índice de Evapotranspiración según el Parámetro Modificado						Parámetro más Sensible
			Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	CRT	
230.606	0.314	0.998	4.64E-01	1.33E+00	5.80E-04	7.09E-03	6.20E-04	7.53E-05	Ze
231.631	1.339	0.337	8.21E-04	5.64E-02	4.72E-05	6.47E-02	2.11E-07	2.11E-07	Ri
232.098	1.806	0.337	1.63E-04	5.77E-02	0.00E+00	6.53E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
232.953	2.661	0.336	0.00E+00	5.80E-02	0.00E+00	6.55E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
233.532	3.24	0.336	0.00E+00	5.80E-02	0.00E+00	6.55E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
233.788	3.496	0.336	0.00E+00	5.80E-02	0.00E+00	6.55E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
234.693	4.401	0.336	0.00E+00	5.80E-02	0.00E+00	6.55E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri

Vegetación:	RA (Arbórea de Ribera)
Suelo:	10 (Arenoso y Gravoso)
Régimen de Q:	Alterado

Cota (m.s.n.m.)	Elevación sobre el Nivel del Río (m)	Valores Estándar del Índice de Evapotranspiración	Variación del Índice de Evapotranspiración según el Parámetro Modificado						Parámetro más Sensible
			Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	CRT	
230.606	0.314	0.951	8.03E-02	8.75E-03	2.36E-02	1.02E-01	2.49E-01	0.00E+00	Rj
231.631	1.339	1.000	5.84E-05	2.04E-01	1.33E-05	7.15E-05	2.39E-04	0.00E+00	Ze
232.098	1.806	0.817	1.83E-02	2.38E-01	4.14E-05	4.10E-02	1.81E-01	2.89E-03	Ze

232.953	2.661	0.752	8.55E-02	1.04E-01	0.00E+00	4.20E-02	1.60E-01	3.79E-03	Rj
233.532	3.24	0.706	1.37E-01	1.01E-01	0.00E+00	4.24E-02	1.41E-01	4.58E-03	Rj
233.788	3.496	0.685	1.61E-01	9.96E-02	0.00E+00	4.17E-02	1.32E-01	4.91E-03	Zr
234.693	4.401	0.606	2.34E-01	9.37E-02	0.00E+00	1.12E-02	9.22E-02	6.20E-03	Zr

Vegetación:	RJ (Juveniles de Ribera)
Suelo:	10 (Arenoso y Gravoso)
Régimen de Q:	Alterado

Cota (m.s.n.m.)	Elevación sobre el Nivel del Río (m)	Valores Estándar del Índice de Evapotranspiración	Variación del Índice de Evapotranspiración según el Parámetro Modificado						Parámetro más Sensible
			Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	CRT	
230.606	0.314	0.822	3.49E-02	1.01E-01	0.00E+00	2.54E-01	1.14E-01	6.04E-05	Ri
231.631	1.339	0.383	8.42E-02	6.87E-02	0.00E+00	1.63E-02	2.75E-02	2.88E-03	Zr
232.098	1.806	0.337	3.50E-02	5.80E-02	0.00E+00	6.09E-02	1.02E-04	7.44E-05	Ri
232.953	2.661	0.336	1.40E-06	5.80E-02	0.00E+00	6.53E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
233.532	3.24	0.336	0.00E+00	5.80E-02	0.00E+00	6.55E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
233.788	3.496	0.336	0.00E+00	5.80E-02	0.00E+00	6.55E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
234.693	4.401	0.336	0.00E+00	5.80E-02	0.00E+00	6.55E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri

Vegetación:	TV (Vegetación Terrestre)
Suelo:	10 (Arenoso y Gravoso)
Régimen de Q:	Alterado

Cota (m.s.n.m.)	Elevación sobre el Nivel del Río (m)	Valores Estándar del Índice de Evapotranspiración	Variación del Índice de Evapotranspiración según el Parámetro Modificado						Parámetro más Sensible
			Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	CRT	
230.606	0.314	0.481	1.28E+00	5.92E-01	3.88E-02	8.86E-02	2.00E-01	0.00E+00	Zr
231.631	1.339	0.984	1.81E-01	5.33E-01	3.51E-03	2.51E-01	3.78E-02	8.47E-06	Ze
232.098	1.806	0.482	6.09E-02	5.76E-01	4.40E-05	3.51E-02	2.08E-02	1.37E-03	Ze
232.953	2.661	0.444	1.54E-03	7.42E-02	2.72E-06	9.69E-02	2.22E-05	9.99E-08	Ri
233.532	3.24	0.443	7.01E-06	7.38E-02	0.00E+00	9.74E-02	5.72E-07	0.00E+00	Ri
233.788	3.496	0.443	0.00E+00	7.38E-02	0.00E+00	9.75E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri
234.693	4.401	0.443	0.00E+00	7.37E-02	0.00E+00	9.75E-02	0.00E+00	0.00E+00	Ri

ANEXO III. TABLAS DE PARÁMETROS DE SUELO

Tablas de parámetros de suelo del tramo de Lorcha (río Serpis):

En la primera tabla de parámetros básicos de suelo, obsérvese que existen dos horizontes para el suelo 5 (5-A y 5-B). Los datos de estos horizontes han sido introducidos en el modelo del "Soil Water Characteristics" de forma separada, pero los resultados obtenidos, es decir los parámetros del modelo resultantes, han sido combinados de forma ponderada en parámetros únicos con respecto al grosor de cada horizonte.

Tabla III.a. *Parámetros de suelo básicos del tramo de Lorcha (río Serpis):*

Código Suelo	% Gravás >2mm	% Arenas 0,05<S < 2mm	% Arcillas C< 0,002	% Materia Orgánica
1	1.1	42.2	4	0.44
2	0.1	36.6	9	0.98
3	0.6	47.2	10	1.46
4	0.1	30.6	15.9	1.96
5-A	1.6	46.3	9.3	4.4
5-B	65	78.6	7.5	2.89
6	57.6	51.9	13.9	2.7
7	58.2	73.9	8.4	2.13
8	0	56.6	9.8	1.87
9	56.3	86.7	6.9	0.53
10	59.5	67.2	4.9	3.41

Tabla III.b. *Parámetros de suelo del modelo del tramo de Lorcha (río Serpis):*

Codigo del Suelo	Presión de Burbujeo	Porosidad	Índice de Porosidad	Conductividad Hidráulica Saturada del Suelo	Humedad a Capacidad de Campo
	Pb (Kpa)	Pst ()	Ip ()	Ks (mm/hr)	Mfc ()
1	5.384	0.388	0.449	36.0	0.180
2	4.403	0.412	0.578	22.6	0.221
3	2.475	0.407	0.266	32.0	0.205
4	4.343	0.451	0.238	15.8	0.277
5	1.253	0.502	0.233	46.4	0.212
6	1.196	0.458	0.206	14.3	0.230
7	0.187	0.441	0.215	30.5	0.145
8	0.984	0.435	0.238	40.4	0.189
9	0.021	0.412	0.209	38.8	0.088
10	0.516	0.486	0.260	40.0	0.164

Tablas de parámetros de suelo del tramo de Tormo (río Mijares):Tabla III.c. *Parámetros de suelo básicos del tramo de Tormo (río Mijares):*

Código Suelo	% Gravas >2 mm	% Arenas 0,05 <S< 2mm	% Arcillas C < 0,002 mm	% Materia Orgánica
1	4.3	76	6.1	1.25
2	65	18.6	1	1.25
3	65	10	1	4.24

Tabla III.d. *Parámetros de suelo del modelo del tramo de Tormo (río Mijares):*

Código del Suelo	Presión de Burbujeo	Porosidad	Índice de Porosidad	Conductividad Hidráulica Saturada del Suelo	Humedad a Capacidad de Campo
	Pb (Kpa)	Pst ()	Ip ()	Ks (mm/hr)	Mfc ()
1	0.427	0.244	0.134	78.4	0.110
2	0.432	0.232	0.042	37.7	0.094
3	0.539	0.393	5.337	28.7	0.110

Tablas de parámetros de suelo del tramo de Cirat (río Mijares):Tabla III.e. *Parámetros de suelo básicos del tramo de Cirat (río Mijares):*

Código Suelo	% Gravas >2 mm	% Arenas 0,05 <S< 2mm	% Arcillas C < 0,002 mm	% Materia Orgánica
1	74.4	20.6	1	0.68
2	59.9	32.7	1.6	2.55
3	76.9	19	1.2	0.99
4	62	32.1	1.4	0.21
5	50.5	38.2	1.8	0.82
6	1.1	40.6	7.9	0.52

Tabla XIII.f. *Parámetros de suelo del modelo del tramo de Cirat (río Mijares):*

Código del Suelo	Presión de Burbujeo	Porosidad	Índice de Porosidad	Conductividad Hidráulica Saturada del Suelo	Humedad a Capacidad de Campo
	Pb (Kpa)	Pst ()	Ip ()	Ks (mm/hr)	Mfc ()
1	0.42	0.441	0.651	49.2	0.079
2	0.466	0.235	0.078	43.9	0.112
3	0.427	0.288	0.129	39.6	0.089
4	0.41	0.362	0.325	43.9	0.073
5	0.418	0.340	0.482	48.8	0.097
6	0.393	0.339	4.532	24.2	0.199

Tablas de parámetros de suelo de los tramos de Terde I y Terde II (río Mijares):Tabla III.g. *Parámetros de suelo básicos de los tramos de Terde I y Terde II (río Mijares):*

Código Suelo	% Gravas >2 mm	% Arenas 0,05 <S< 2mm	% Arcillas C < 0,002 mm	% Materia Orgánica
1	26.7	41.7	1.4	0.49
2	58	28.1	4	1.98
3	3.3	40.5	14.2	1.91
4	5.3	57.7	8	0.77
5	65	7.2	0.6	0.67
6	15.3	58.7	10	2.03
7	7	82.5	4.4	0.27
8	64.2	30.1	2	0.95
9	0.3	48.5	10.2	0.55
10	65	21.1	2	0.39

Tabla III.h. *Parámetros de suelo del modelo de los tramos de Terde I y Terde II (río Mijares):*

Código del Suelo	Porosidad Pst []	Índice de Porosidad Ip []	Presión de Burbujeo Pb [Kpa]	Conductividad Hidráulica Saturada del Suelo Ks [mm/hr]	Humedad a capacidad de Campo Mfc []
1	0.397	0.530	3.848	56.2	0.131
2	0.436	0.208	0.342	22.7	0.168
3	0.441	0.226	2.625	19.9	0.247
4	0.406	0.277	1.037	42.8	0.154
5	0.412	0.220	0.057	28.2	0.102
6	0.432	0.184	0.246	37.1	0.174
7	0.414	0.251	0.024	98.0	0.069
8	0.423	0.231	0.056	34.5	0.095
9	0.398	0.278	2.370	26.8	0.19
10	0.403	0.206	0.045	25.1	0.104

Tablas de parámetros de suelo de los tramos de Rabo del Batán I y II (río Cabriel):Tabla III.i. *Parámetros de suelo básicos del tramo de Rabo del Batán (río Cabriel):*

Código Suelo	% Gravas >2 mm	% Arenas 0,05 <S< 2mm	% Arcillas C < 0,002 mm	% Materia Orgánica
1	67.8	13.9	4.1	2.08
2	70.8	25.3	1.4	1
3	9.5	46.2	5.8	1.43
4	30.8	55.9	4.4	3.46
5	0	34.8	14	4.05
6	0	25.3	15.9	1.53
7	78.4	8.9	4.2	1.95
8	78	18.5	1.4	2.81
9	0	80.1	11	1.23
10	0	84	6.4	1.53
11	75.2	20.7	2.4	4.54
12	26.1	39.5	3.5	0.87

Tabla III.j. *Parámetros de suelo del modelo del tramo de Rabo del Batán (río Cabriel):*

Código del Suelo	Presión de Burbujeo	Porosidad	Índice de Porosidad	Conductividad Hidráulica Saturada del Suelo	Humedad a Capacidad de Campo
	Pb (Kpa)	Pst (°)	Ip (°)	Ks (mm/hr)	Mfc (°)
1	0.482	0.192	0.052	71.0	0.138
2	0.446	0.237	2.291	10.0	0.238
3	0.408	0.371	2.656	37.4	0.161
4	0.415	0.159	0.028	52.4	0.134
5	0.489	0.140	0.017	30.3	0.17
6	0.423	0.342	2.789	41.9	0.178
7	0.427	0.232	0.027	39.1	0.083
8	0.528	0.242	3.824	26.9	0.315
9	0.434	0.207	0.029	89.3	0.102
10	0.465	0.182	0.019	38.3	0.121
11	0.516	0.240	2.872	33.3	0.287
12	0.445	0.195	2.528	5.92	0.2680