

## Modelos botánicos para la restauración de ríos en la cuenca del Guadalquivir.

\*Valle F.<sup>1</sup>, Estévez E. M.<sup>1</sup>, Guerrero Rodríguez P.<sup>2</sup>, Quesada J.<sup>2</sup> & Salazar, C.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dpto. Botánica. Facultad de Ciencias. Campus Fuentenueva. Universidad de Granada. E-18.071. Granada (España).

<sup>2</sup>Dpto. Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología. Facultad de Ciencias Experimentales. Edif. B3. Campus Las Lagunillas. Universidad de Jaén. E-23.071. Jaén (España).

### Resumen

En la actualidad, la mayoría de los ríos presentan un fuerte grado de degradación y una pérdida constante de naturalidad, por lo que se hacen necesarias actuaciones que intenten restaurar estos ecosistemas con un alto valor ecológico y paisajístico. En este trabajo damos a conocer los fundamentos metodológicos en los que nos basamos para elaborar unos modelos botánicos que nos permiten conocer las especies autóctonas que debemos utilizar en un tramo concreto de un río y su localización espacial concreta dentro de ese tramo.

Palabras clave: Andalucía, Fitosociología, Flora, Guadalquivir, Restauración, Ríos.

### Abstract

Nowadays most of the rivers show a high disturbance level. The constant loss of their natural features makes necessary to take action to restore such valuable and sensitive environments. In this framework we present the methodological foundations to develop botanical models that identify common native species occurring along the riverbank to provide a valuable tool for river restoration.

Key words: Andalusia, phytosociology, flora, Guadalquivir, restoration, rivers.

### Introducción

En la actualidad, la mayoría de los ríos presentan un fuerte grado de degradación y una pérdida constante de naturalidad, por lo que se hacen necesarias actuaciones que intenten restaurar estos ecosistemas con un alto valor ecológico y paisajístico. Aunque algunos autores (González de Tánago, 2005) opinan que si se reconstruye la estructura física de las zonas alteradas, las especies vegetales pueden surgir de forma espontánea, consideramos más práctico introducir las especies vegetales propias de esas comunidades para evitar invasiones de especies pioneras muchas de ellas alóctonas. En este artículo damos a conocer los fundamentos metodológicos en los que nos basamos para elaborar unos modelos botánicos que nos permiten conocer las especies que debemos utilizar en un tramo de un río y su localización espacial concreta dentro de ese tramo.

### Material y métodos

Se ha trabajado a partir del estudio del medio físico (altitud, geología, hidrogeología y climatología) con los datos recogidos en Valle *et al.* (2007). La información sobre Bioclimatología y Biogeografía se ha elaborado a partir de Rivas Martínez *et al.* (1997) y Valle *et al.* (2004) Para los estudios fitosociológicos y descripción de las comunidades hemos utilizado los

trabajos de Arrojo & *al.* (2007); Las geoseries y series de vegetación corresponden a las descritas por Valle (2003) y Salazar & Valle (2004). Para la autoría de los táxones citados en el texto, hemos seguido a Blanca *et al.* (2009). Para los autores de sintáxones hemos elegido a Rivas Martínez (2001).

Los modelos empleados en el presente trabajo, se basan en unidades homogéneas como son las geoseries de vegetación, ya que ellas constituirían los tramos ecológicamente uniformes sobre los cuales hemos elaborado nuestros modelos. Dichas unidades o geoseries, atienden a los criterios de Alcaraz *et al.* (2006) y Rivas Martínez (2005). En la tabla 1 se sintetizan las características más importantes de las geoseries presentes en la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir y, por tanto, de las áreas por las que discurren. Los pasos a seguir para elaborar los modelos a emplear en cada zona de actuación, una vez identificada la geoserie, son:

1º ELECCIÓN DE ESPECIES, en base a los modelos ecológicamente uniformes, es decir a las Geoseries de vegetación, a partir de las distintas comunidades que las integran.

2º SELECCIÓN DE ESPECIES, de las numerosas especies que podemos encontrar en cada geoserie hemos seleccionado aquellas que consideramos más frecuentes. La mayoría se pueden encontrar en viveros o bancos de semillas y todas pueden producirse en poco tiempo si se considera apropiado empezar a utilizarlas de forma continuada. Hemos recabado datos de los

<b>Cod Geoserie</b>	<b>Geoserie</b>	<b>Termoclima</b>	<b>Biogeografía</b>	<b>Litología</b>	<b>Tramo</b>
<b>G01</b>	Microgeoserie edafohigrófila silicícola crioromediterránea nevadense	Crioromediterráneo	Sector Nevadense	Silíceo	Alta montaña
<b>G02</b>	Microgeoserie edafohigrófila silicícola oromediterránea nevadense	Oromediterráneo	Sector Nevadense	Silíceo	Alta montaña
<b>G03</b>	Microgeoserie edafohigrófila basófila oromediterránea subbética y serrano-bacense	Oromediterráneo	Sector Subbético, Distrito Serrano-Bacense	Básico	Alta montaña
<b>G04a</b>	Geoserie edafohigrófila silicícola supra-mesomediterránea nevadense. faciación mesomediterránea	Supramediterráneo	Sector Nevadense	Silíceo	Alto
<b>G04b</b>	Geoserie edafohigrófila silicícola supra-mesomediterránea nevadense. faciación mesomediterránea	Mesomediterráneo	Sector Nevadense	Silíceo	Medio
<b>G05</b>	Geoserie edafohigrófila basófila supramediterránea ibérica	Supramediterráneo	Sector Subbético, Distrito Serrano-Bacense	Básico	Alto
<b>G06</b>	Geoserie edafohigrófila dolomítica y serpentínica supra-mesomediterránea rondeña y malacitano-almijarense. faciación dolomítica	Supra-Mesomediterráneo	Sectores Rondeño, Malacitano-Almijarense	Básico (dolomías)	Alto-Medio
<b>G07a</b>	Geoserie edafohigrófila silicícola meso-termomediterránea mediterráneo-iberoatlántica. faciación típica	Mesomediterráneo	Sector Mariánico-Monchiquense	Silíceo	Alto-Medio
<b>G07b</b>	Geoserie edafohigrófila silicícola meso-termomediterránea mediterráneo-iberoatlántica. faciación termófila	Meso-Termomediterráneo	Sector Mariánico-Monchiquense	Silíceo	Medio
<b>G08</b>	Geoserie edafohigrófila basófila mesomediterránea mediterráneo-iberolevantina y bética oriental	Mesomediterráneo	Distritos Manchego-Espunense, Guadiciano-Bastetano, Maginense, Alfacarino-Granatense	Básico	Medio
<b>G09</b>	Geoserie edafohigrófila mesohalófila mesomediterránea mediterráneo-iberolevantina meridional	Mesomediterráneo	Distritos Almeriense, Guadiciano-Bastetano, Alfacarino-Granatense	Salino	Medio

Cod Geoserie	Geoserie	Termoclima	Biogeografía	Litología	Tramo
G11	Geoserie edafohigrófila basófila mesomediterránea inferior y termomediterránea hispalense	Meso inferior-Termomediterráneo	Sector Hispalense	Básico	Medio-Bajo
G12	Geoserie edafohigrófila mesohalófila meso-termomediterránea hispalense	Meso inferior-Termomediterráneo	Sector Hispalense	Salino	Medio-Bajo
G13	Geoserie edafohigrófila silicícola termomediterránea jerezana, onubense litoral y algarviense	Meso-Termomediterráneo	Sector Aljibico	Silíceo	Medio
G14	Microgeoserie hiperhalófila termomediterránea mediterráneo-iberoatlántica	Termomediterráneo	Sector Gaditano-Onubense, Distrito Jerezano	Hipersalino	Bajo

Tab. 1 - Principales características de las geoserias presentes en la cuenca del Guadalquivir.  
Tab. 1 - Main features of vegetation geoserias in Guadalquivir basin.

principales viveros de Andalucía y estarían dispuestos a una producción concreta y especial para especies a utilizar en la reforestación de riberas.

3º UBICACIÓN EN CADA LÍNEA DE VEGETACIÓN, lo primero es agrupar las diferentes especies por líneas de vegetación, en base a los requerimientos de las distintas comunidades donde se presentan. Hemos agrupado las distintas series en tres o cuatro bandas de vegetación dependiendo su posición más o menos cercana al cauce del río. En algunos casos se ha indicado también una zona de encharcamiento.

4º ESTRUCTURA DE LOS DIFERENTES MODELOS DE RESTAURACIÓN, para ello hemos tenido en cuenta el régimen hídrico y el régimen hidráulico (Costa, 2004) de los ríos andaluces y en base a estos parámetros hemos estructurado los diferentes modelos. El modo como hemos funcionado ha sido de la siguiente forma:

A) RÉGIMEN HÍDRICO:

Permanentes: Se presentan todas las bandas, responde al modelo completo de cada geoserie.

Temporales: Son muy pocas las especies de la primera línea que resisten estas condiciones, se eliminan los helófitos y los hidrófitos. Se reduce el número de bandas.

Esporádico: No aparecen especies de la primera línea. De la segunda solo algunas. Se reduce el número de bandas.

B) RÉGIMEN HIDRÁULICO:

Rápido: Se eliminan las especies de aguas tranquilas y zonas encharcadas. Se presentan todas las bandas.

Tranquilo: Se presenta una zona embalsada donde

se ubican los helófitos e hidrófitos. Aunque aparecen todas las especies de las bandas, éstas se desdibujan, mezclándose en ocasiones. Las aguas embalsadas pueden estar en cualquiera de los regímenes hídricos expuestos con anterioridad, si bien las especies más exigentes desaparecen por la sequedad prolongada.

Torrencial: Las bandas se reducen, las nuevas líneas de vegetación están formadas por la mezcla de dos de ellas eligiendo aquellas especies que pueden vivir en ambas situaciones.

Torrente: La reducción de bandas es mayor, en ocasiones pueden reducirse a dos (régimen hídrico temporal) o incluso a una (en régimen hídrico esporádico).

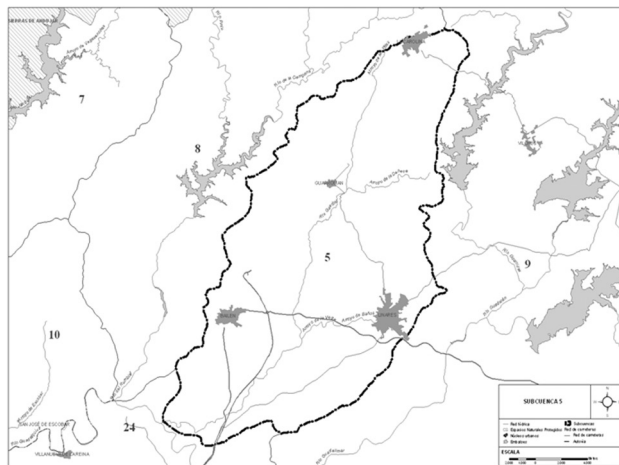
## Resultados

Nuestro trabajo se ha realizado en la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir (Mapa 1), concretamente en la subcuenca denominada: Guadalquivir, del Guadalimar al Rumblar, numerada en el ámbito de la cuenca con el 5. Concretamente en el río Guadiel (Mapa 2). Basándonos en el periodo durante el cual el río lleva agua en su cauce, el Régimen hídrico es temporal (permanece seco en el estío y con un periodo seco menor de 6 meses). El Régimen hidráulico, que se obtiene por la pendiente longitudinal del tramo, es rápido (tramos fluviales con pendiente longitudinal media, 0,2 – 1,5%). Este último dato aporta información sobre la velocidad de desagüe, las posibilidades de una



Mapa 1 - Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir. Localización del área de estudio.

Map 1 - Guadalquivir hydrographic basin. Location of study area.



Mapa 2 - Subcuenca 5: Guadalquivir del Guadalimar al Rumblar. Localización del tramo a restaurar.

Map 2 - Sub-basin no.5: Guadalquivir (from Guadalimar to Rumblar). Location of stretch to restore.

mayor o menor infiltración del agua en el suelo y la magnitud y frecuencia de las crecidas.

El paisaje vegetal ripario presente en la zona de estudio es la Geoserie edafohigrófila basófila mesomediterránea inferior y termomediterránea hispalense, donde las comunidades se sitúan en tres bandas de vegetación que corresponden a las series: *Salico neotrichae* S. faciación termófila hispalense (primera banda). *Nerio oleandri*-*Populo albae* S. (segunda banda) y *Hedero-Ulmo minoris* S. (tercera banda).

Las comunidades más representativas son la saucedada *Salicetum neotrichae*; el espadañal *Typho-*

*Schoenoplectetum glauci*; las formaciones nitrófilas de *Scrophulario auriculatae*- *Epilobietum hirsuti* y el gramal anfibio de *Heliotropio supini*- *Paspaleetum paspalodis*, todas en contacto con el agua. Por detrás de las anteriores, en suelos húmedos y frescos, aparecen las choperas de *Nerio oleandri*- *Populetum albae*; el juncal mediterráneo *Holoschoenetum vulgaris*; el juncal nitrófilo *Cirsio paniculati*- *Juncetum inflexi* y el gramal *Trifolio fragiferi*- *Cynodontetum dactylionis* en suelos húmedos y frescos. Por último, en los lugares más alejados del curso del río, se localizan las olmedas de *Hedero heliicis*- *Ulmetum minoris*; el tarayal de *Tamaricetum gallicae*; el zarzal *Lonicero hispanicae*- *Rubetum ulmifolii* y los ciscales de *Equiseto ramosissimi*- *Erianthetum ravennae*.

A partir de las comunidades anteriores, hemos seleccionado las especies que podrían utilizarse en estos territorios y su ubicación en la sección del río. Aunque se describen tres bandas en esta Geoserie, nosotros identificamos cuatro posiciones desde la orilla del río (raíces en contacto con el agua) hasta las zonas más alejadas y marginales (terrenos secos pero encharcados ocasionalmente). El número de posición queda recogido en la figura 1.



Fig. 1 - Disosición de las especies.

Fig. 1 - Species placement.

## Discusión

El modelo a utilizar en esta zona será el correspondiente a la Geoserie 11, de régimen hídrico temporal y régimen hidráulico rápido, cuyas siglas son **11t**.

Son muy pocas las especies de la primera línea que resisten las condiciones de ausencia de agua durante el verano, no se pueden introducir helófitos ni hidrófitos estrictos. Al ser el tramo de curso rápido se eliminan

**Posición**

<i>Salix purpurea</i>	1	
<i>Schoenoplectus lacustris</i> subsp. <i>glaucus</i>	1	
<i>Juncus subnodulosus</i>	1	
<i>Cyperus longus</i>	1	
<i>Phragmites australis</i>	1	
<i>Typha domingensis</i>	1	
<i>Sparganium erectum</i>	1	
<i>Polypogon monspeliensis</i>	1	
<i>Epilobium hirsutum</i>	1	
<i>Lythrum salicaria</i>	1	
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	1	
<i>Populus alba</i>	2	
<i>Salix neotricha</i>	2	
<i>Dorycnium rectum</i>	2	
<i>Rosa canina</i>	2	
<i>Agrostis stolonifera</i>	2	
<i>Lotus pedunculatus</i>	2	
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	2	
<i>Holcus lanatus</i>	2	
<i>Bryonia dioica</i>	2	
<i>Vitis vinifera</i> subsp. <i>sylvestris</i>	2	
<i>Fraxinus angustifolia</i>		3
<i>Ulmus minor</i>		3
<i>Celtis australis</i>		3
<i>Spartium junceum</i>		3
<i>Scirpoides holoschoenus</i>		3
<i>Mentha suaveolens</i>		3
<i>Trifolium repens</i>		3
<i>Cynodon dactylon</i>		3
<i>Plantago lanceolata</i>		3
<i>Hedera helix</i>		3
<i>Tamus communis</i>		3
<i>Tamarix africana</i>		4
<i>Tamarix gallica</i>		4
<i>Nerium oleander</i>		4
<i>Crataegus monogyna</i>		4
<i>Imperata cylindrica</i>		4
<i>Rubus ulmifolius</i>		4
<i>Saccharum ravennae</i>		4
<i>Juncus acutus</i>		4
<i>Juncus inflexus</i>		4
<i>Brachypodium phoenicoides</i>		4
<i>Panicum repens</i>		4
<i>Lonicera periclymenum</i> subsp. <i>hispanica</i>		4

las especies de aguas tranquilas y zonas encharcadas. Por último de las cuatro posiciones teóricas reducimos a tres, quedando por tanto el modelo de la siguiente forma:

### 11t Temporal rápido

#### Primera línea

*Populus alba*  
*Salix neotricha*  
*Salix purpurea*  
*Dorycnium rectum*  
*Schoenoplectus lacustris subsp. glaucus*  
*Agrostis stolonifera*  
*Cyperus longus*  
*Juncus subnodulosus*  
*Polypogon monspeliensis*  
*Bryonia dioica*

#### Segunda línea

*Fraxinus angustifolia*  
*Celtis australis*  
*Ulmus minor*  
*Spartium junceum*  
*Scirpoides holoschoenus*  
*Holcus lanatus*  
*Lotus pedunculatus*  
*Plantago lanceolata*  
*Mentha suaveolens*  
*Trifolium repens*  
*Tamus communis*  
*Hedera helix*

#### Tercera línea

*Nerium oleander*  
*Cynodon dactylon*  
*Tamarix gallica*  
*Rubus ulmifolius*  
*Brachypodium phoenicoides*  
*Juncus inflexus*  
*Lonicera periclymenum subsp. hispanica*

En las figuras 2 y 3 mostramos una simulación de restauración de las riberas y posición de las distintas especies en la zona estudiada.



Figuras 2 y 3 - Simulación de restauración.  
 Figure 2 and 3 - Restoration simulation.



1a) *Populus alba*; 1b) *Salix neotricha*; 1c) *Salix purpurea*;  
 1d) *Dorycnium rectum*; 1e) *Cyperus longus*; 1f) *Juncus subnodulosus*;  
 1g) *Agrostis stolonifera*; 2a) *Fraxinus angustifolia*; 2b) *Ulmus minor*;  
 2c) *Spartium junceum*; 2d) *Scirpoides holoschoenus*; 2e) *Holcus lanatus*;  
 2f) *Hedera helix*; 3a) *Tamarix gallica*; 3b) *Nerium oleander*;  
 3c) *Lonicera hispanica*; 3d) *Rubus ulmifolius*; 3e) *Juncus inflexus*.

## Referencias bibliográficas

- Alcaraz, F., 1996. Avances en Fitosociología. In Loidi, J. (ed.) Fitosociología integrada, paisaje y biogeografía., 59-94. Bilbao: Servicio de publicaciones de la Universidad del País Vasco.
- Arrojo, E.; Garcia-Fuentes, A.; Salazar, C. & Valle, F., 2007. Comunidades Vegetales de Andalucía. In Blanca, G. & Valle, F. (coord.). Botánica V. Tomo 24: 98-138. Proyecto Andalucía. Editorial Publicaciones Comunitarias-Grupo Hércules.
- Blanca, G.; Cabezudo, B.; Cueto, M.; Fernández López, C. & Morales Torres, C. 2009 (eds.). Flora Vasculare de Andalucía Oriental, 4 vols. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.
- Costa, J. C., 2004. Plan Director de Riberas. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla.
- González de Tánago, M., 2005. La restauración de los ríos y sus riberas. In: La restauración de la cuenca del Guadalquivir: aportar ideas para construir realidades: 15-30. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Sevilla.
- Rivas Martínez, S; Asensi, A.; Díez Garretas, B.; Molero Mesa, J. & Valle, F., 1997. Biogeographical synthesis of Andalusia (southern Spain). *Journal of Biogeography* 24: 915-928.
- Rivas Martínez, S., 2005. Notions on dynamic-catenal phytosociology as a basis of landscape science. *Plant Biosystems* 139: 135-144.
- Rivas Martínez, S., Fernández-González, F., Loidi J., Lousá, M. & Penas, A., 2001. Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobotanica* 14: 5-341.
- Salazar, C. & F. Valle (coord.), 2004. Series de vegetación edafohigrófila de Andalucía. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente. Sevilla.
- Valle, F. (ed.), 2003. Mapa de Series de Vegetación de Andalucía. Editorial Rueda.
- Valle, F.; Navarro, F. B. & Jiménez, M. N. (coord.), 2004. Datos botánicos aplicados a la gestión del medio natural andaluz I: Bioclimatología y Biogeografía. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente. Sevilla.
- Valle, F.; Arrojo, E.; Cañadas, E.; Estévez, E; Fernandez González; Jimenez Morales, M. N.; Juan Rodríguez, R.; Lendínez, M. L.; Lorite, J.; Melendo, M.; Montoya, M. C.; Muñoz Linares, G.; Navarro Reyes, F. B.; Parrilla, R.; Pastor, J; Quesada, J. & Salazar, C., 2007. Identificación y evaluación de la vegetación de ribera de la cuenca hidrográfica del Guadalquivir. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y Universidad de Granada. Formato Digital.

\*Autor para correspondencia:

Francisco Valle Tendero

*Dpto. Botánica. Facultad de Ciencias. Campus Fuentenueva. Universidad de Granada. E-18. 071. Granada (España), tel. + 34 958 243234, fax. + 34 958 243254; e-mail: fvalle@ugr.es.*