

Estimación de los rangos de tolerancia a los factores ambientales de diversas especies mediterráneas de interés ecológico-forestal

Francisco Gómez Mercado (*), Esther Giménez Luque (*),
Isabel C. Delgado Fernández (*), Sergio de Haro Lozano (**)
& Fernando del Moral Torres (**)

Resumen: Gómez Mercado, F., Giménez Luque, E., Delgado Fernández, I.C., de Haro Lozano, S. & del Moral Torres, F. *Estimación de los rangos de tolerancia a los factores ambientales de diversas especies mediterráneas de interés ecológico-forestal. Lazaroa 30: 145-159 (2009)*

En este trabajo se analiza el comportamiento de un grupo de especies vegetales relevantes desde el punto de vista paisajístico y por tanto potencialmente utilizables en tareas de restauración. El área de trabajo en donde se enmarca el estudio es el Corredor Verde del Guadamar, una estrecha franja de terreno que va desde Entremuros a Aznalcóllar (Sevilla). El objetivo principal es delimitar con la mayor precisión posible los límites de tolerancia de dichas especies a los diversos factores ambientales que controlan su dinámica y condicionan su distribución. Para ello hemos seleccionado 12 especies: *Quercus suber* y *Quercus rotundifolia* entre los grandes elementos forestales; *Olea europaea* var. *sylvestris*, *Quercus coccifera*, *Chamaerops humilis*, *Arbutus unedo* y *Pistacia lentiscus* representan a los arbustos del sotobosque de encinares y alcornocales. *Cistus ladanifer*, *Genista hirsuta*, *Rosmarinus officinalis*, *Cistus monspeliensis* y *Thymbra capitata*, son las especies del matorral heliófilo o matorral serial. Algunas de las conclusiones más relevantes fueron que *Q. suber* y *Arbutus unedo* aparecen siempre en suelos con muy baja presencia de calcio, distrícos, con muy bajo porcentaje de carbonatos y pH menor de 6,7. En el otro extremo de valores de la mayoría de las variables estudiadas se encuentra *Thymbra capitata*, la única especie que se presenta sólo en suelos eútricos, con niveles muy bajos de carbono orgánico, valores muy altos de calcio o con valores muy altos en el porcentaje de carbonato cálcico equivalente. *Quercus rotundifolia*, en cambio, destaca por presentar rangos de tolerancia muy amplios para casi todas las variables estudiadas.

Palabras clave: Restauración forestal, Ecología vegetal, corredor verde, río Guadamar, relaciones suelo-planta.

Abstract: Gómez Mercado, F., Giménez Luque, E., Delgado Fernández, I.C., de Haro Lozano, S. & del Moral Torres, F. *Estimation of the range of tolerance to environmental factors of various Mediterranean species of forest and ecological interest. Lazaroa 30: 145-159 (2009)*

This paper analyzes the behavior of a group of relevant plant species from a landscape point of view and which can therefore potentially be used in restoration work. The area of study is the "Green Corridor" of Guadamar, a narrow strip of land stretching from Entremuros to Aznalcóllar (Sevilla). The main objective is to define as accurately as possible the tolerance of such species to various environmental factors that control their dynamics and determine their distribution. For this study we have selected 12 species: *Quercus suber* and *Q. rotundifolia* trees as the major elements; *Olea europaea* var. *sylvestris*, *Quercus coccifera*, *Chamaerops humilis*, *Arbutus unedo* and *Pistacia lentiscus* representing the understory of shrubs of cork oak and holm oak forest. *Cistus ladanifer*, *Genista hirsuta*, *Rosmarinus officinalis*, *Cistus monspeliensis* and *Thymbra capitata*, are the species of heliophilous or serial shrub thicket. Some of the most significant findings were that *Q. suber* and *Arbutus unedo* are always found in soils with a very low presence of Ca, dystic, with very low percentages of carbonates, and pH less than 6.7. At the other extreme for most of the variables studied is the *Thymbra capitata*, which is the only species that only occurs in eutric soils, with very low levels of organic carbon, very high values of calcium or with very high percentages of calcium carbonate equivalent. *Q. rotundifolia* present a very broad range of tolerance for almost all the variables.

Keywords: Forest Ecology, Plant Ecology, green corridor, Guadamar river, soil-plant relationships.

* Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Almería. Ctra. Sacramento s/n 04120-La Cañada (Almería).
E-mail: frgomez@ual.es

** Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Almería

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se vienen realizando grandes esfuerzos científicos y económicos dirigidos a la restauración de espacios naturales degradados como consecuencia de las actividades antrópicas, ya sean espacios protegidos, corredores verdes o simplemente áreas a las que se desea mejorar su cubierta vegetal por cualquier razón. Es particularmente sensible la pérdida de ciertas especies clave en el funcionamiento y la estructura de los ecosistemas (ARONSON & al., 1993). El objetivo de los proyectos de restauración de hábitats alterados debe ser la creación o recuperación de un ecosistema similar al que antaño ocupó la zona, por tanto natural y autosuficiente, es decir, capaz de mantenerse una vez concluido el periodo de actuación (LITT & al., 2001).

Para ello, se deben tener en cuenta además de las especies a utilizar y su origen genético, el mayor número posible de variables ambientales, de modo que nos aseguremos de que las especies introducidas van a ser viables y se va a alcanzar el objetivo esperado con su introducción (THULLER & al., 2003).

El éxito de estos proyectos de restauración depende en gran medida de la información disponible sobre las interacciones ecológicas y sobre los procesos ambientales que influyen en la sucesión vegetal (GLENZ & al., 2006, LU & al., 2006). Uno de los factores más importantes que influyen en el éxito del establecimiento y supervivencia de la introducción de árboles y arbustos es el conocimiento de su comportamiento ecológico, de manera que podamos prever su respuesta a los distintos factores ambientales y elegir la estrategia más adecuada para conseguir una restauración exitosa. Esto contribuye tanto al ahorro de costes económicos como a una buena gestión desde el punto de vista medioambiental.

Nuestro trabajo se enmarca en una serie de estudios realizados para la restauración del Corredor Verde del Guadamar (Sevilla), en la zona afectada por la rotura de la balsa de decantación de la mina de pirita de Aznalcóllar en 1998 (GÓMEZ MERCADO & al., 2007).

Progresivamente se van realizando más estudios sobre autecología de especies forestales y se le va dando más importancia a esta línea de investigación (THULLER & al., 2003; RUBIO & al., 1997, 2002; NAVARRO & al., 2006; NÚÑEZ GRANADOS & al., 2003; PÉREZ BEJARANO & al., 2009; HIDALGO & al., 2008, etc.), pero estamos muy lejos todavía de tener un buen conocimiento de muchas de las especies más comunes de nuestro patrimonio vegetal. Dada la escasez de es-

tudios sobre el comportamiento ecológico de las especies forestales del bosque mediterráneo y sus etapas de degradación, así como la dificultad y riesgo de error que supone la extrapolación de datos, se optó por llevar a cabo, de forma preliminar y en la propia área de estudio, un análisis del comportamiento de las especies vegetales más relevantes desde el punto de vista paisajístico y por tanto potencialmente utilizables en tareas de restauración. El objetivo de este trabajo es delimitar con la mayor precisión posible la tolerancia de dichas especies a los diversos factores ambientales que controlan su dinámica y condicionan su distribución.

Para este trabajo hemos seleccionado 12 especies: *Quercus suber* y *Quercus rotundifolia* entre los grandes elementos forestales no riparios del territorio; *Olea europaea* var. *sylvestris*, *Quercus coccifera*, *Chamaerops humilis*, *Arbutus unedo* y *Pistacia lentiscus* representan a los arbustos del sotobosque de encinares y alcornoques, que pueden también, en su ausencia, constituir las especies dominantes del gran matorral subserial. *Cistus ladanifer*, *Genista hirsuta*, *Rosmarinus officinalis*, *Cistus monspeliensis* y *Thymra capitata* son las especies del matorral heliófilo o matorral serial.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo de campo se desarrolló en los terrenos del Corredor Verde del Guadamar, una estrecha franja de terreno que va desde Entremuros a Aznalcóllar (Sevilla), con una superficie de 4875 ha, prolongada hacia el norte por una franja de 600 m de anchura que, siempre con el río Guadamar como eje, llega hasta su nacimiento en Zufre (Huelva), alcanzando una superficie total de 7900 ha (Figura 1). Constituye en su conjunto un largo pasillo que pone en contacto, como puede apreciarse en el esquema central de la figura 1, dos grandes territorios protegidos, Doñana y los parques naturales de Aracena y Picos de Aroche y la Sierra Norte de Sevilla.

A lo largo de sus aproximadamente 100 km de longitud, este territorio se reparte entre tres ambientes bien diferenciados desde el punto de vista paisajístico y biogeográfico. El tercio alto del río, desde su nacimiento hasta por debajo de Aznalcóllar, atraviesa un paisaje de dehesas típico de Sierra Morena, los sustratos son materiales metamórficos y biogeográficamente pertenece a la provincia Luso-Extremadura, sector Mariánico-

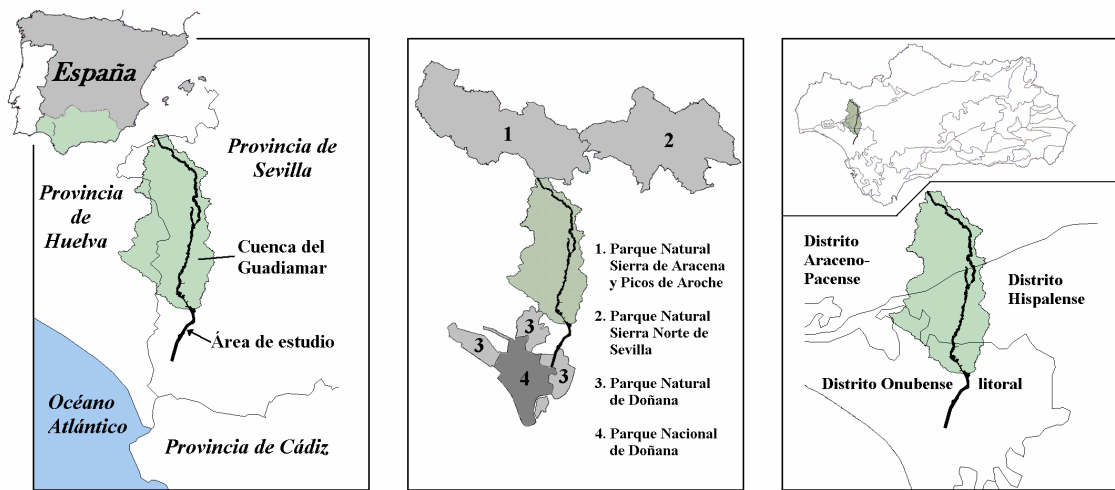


Figura 1. —Área de estudio. Izquierda: Situación del área de estudio y la cuenca del Guadalquivir con respecto a España, Andalucía y las provincias de Huelva, Sevilla y Cádiz. En el centro, posición entre los espacios protegidos de Doñana y los parques naturales de Aracena y Picos de Aroche y Sierra Norte de Sevilla. A la derecha situación sobre el esquema biogeográfico de Andalucía de RIVAS MARTÍNEZ & al. (1997).

Monchiquense, distrito Araceno-Pacense. El tramo medio discurre por una vega tradicionalmente dedicada a la agricultura, con terrenos formados por gravas y arenas de origen aluvial, propios de la provincia Bética, sector Hispalense y distrito Hispalense. Por último, aguas abajo del paraje conocido como La Cangrejera, el territorio es ya marismeno, los sustratos dominantes son arenas, limos y arcillas más o menos salinizadas y pertenecen, desde el punto de vista biogeográfico a la provincia Gaditano-Onubo-Algarviense, Gaditano-Onubense, distrito Onubense Litoral.

MÉTODO DE TRABAJO

Para caracterizar el comportamiento de las distintas especies vegetales con respecto a las variables ambientales se seleccionaron 50 localidades con comunidades vegetales arbustivas o forestales bien conservadas, en cada una de las cuales se realizó una ficha descriptiva que recopilaba la información macromorfológica más relevante del lugar, una muestra de suelo y un inventario de las especies de espermatófitos presentes.

La muestra de suelo se compuso de cinco submuestras, uniformemente distribuidas por la zona inventariada, con un volumen final equivalente a 3 dm³. La profundidad a la que se tomaron dichas muestras fue de treinta centímetros, independientemente de la secuencia de horizontes existente (capa arable). Dichas muestras

fueron tamizadas a través de una malla de 2 mm después de eliminar los restos vegetales. Las fracciones gruesas (arenas) se separaron de las finas (limos y arcillas) por tamización en húmedo, y posteriormente fueron desecadas y sometidas a un tratamiento de separación mediante un juego de tamices en cascada (con tamaños comprendidos entre 1,00 y 0,02 mm), para obtener las diferentes fracciones. Las fracciones finas se diferenciaron por sedimentación con la técnica de la pipeta de Robinson, (Soil Survey Report núm. 1. Soil Conservation Service, 1972). La humedad gravimétrica a capacidad de campo y en el punto de marchitamiento permanente (H33 y H1500) es el agua que contiene una muestra de suelo colocada sobre una placa porosa y equilibrada a una presión de 33 y 1500 kPa respectivamente (KLUTE, 1986). Las bases de cambio y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) se determinaron por el método del acetato amónico (pH=7). El pH se midió electrónicamente en una suspensión suelo:agua (1:2,5). El carbonato cálcico (Ca CO₃) fue determinado por el método manométrico. El carbono orgánico (CO) por el método de Walkley y Black. El nitrógeno total se determinó por el método de Kjeldahl. La conductividad eléctrica y los sólidos disueltos se midieron en extracto de pasta saturada (BARTELS, 1996).

En este trabajo, para no hacerlo demasiado amplio y heterogéneo se presentan los resultados obtenidos para las 12 especies citadas en la introducción, seleccionadas

por su interés ecológico y forestal entre las 150 que aparecieron en los inventarios de vegetación.

Para cada una de las localidades, partiendo de los datos de 36 estaciones climatológicas localizadas en la cuenca del Guadamar y en zonas cercanas a la misma (datos de AEMET), mediante un estudio de regresión, se calculó el valor de algunos índices bioclimáticos: el índice ombrotérmico (Io) y el índice de termicidad compensado (Itc). En total se contó con 28 variables ambientales cuyos nombres y unidades de medida se relacionan en la Tabla 1.

En una segunda fase se muestrearon, de manera sistemática, los suelos de todo el área de estudio, con el objetivo de cartografiar los valores de las variables edáficas. Para ello establecimos una malla cuadrada con un kilómetro de lado, en cada uno de cuyos nodos (en total 102) tomamos una muestra de suelo y elaboramos una ficha descriptiva de las variables ambientales macromorfológicas más relevantes. La interpolación de la información así obtenida nos permitiría obtener el valor de cualquier variable en cualquier porción del territorio. A modo de ejemplo, en la figura 2 presentamos los mapas de distribución del carbonato cálcico equiva-

lente, del porcentaje de saturación en bases y del pH.

Para cada una de las especies vegetales tratadas, tras su nombre científico, nombre vernáculo y familia a la que pertenece, comentamos su distribución y ecología general, así como su comportamiento fitosociológico y su distribución y comportamiento ecológico en el área de estudio. Después se presenta una tabla donde se resume su comportamiento (máximo, mínimo y media) para cada una de las variables ambientales que hemos considerado en el trabajo, tanto edáficas como bioclimáticas. En el vértice superior izquierdo de la tabla indicamos el número de muestras en las que estaba presente la especie en cuestión.

También presentamos para cada especie un mapa de distribución real y otro de distribución potencial, en el que indicamos en qué territorios puede ser viable y ecológicamente razonable su utilización en trabajos de restauración forestal. Dichos mapas se realizaron a escala 1:10.000, utilizando como base un mapa de vegetación actual realizado previamente por nosotros. El mapa de área real se elaboró a partir de información de campo, coloreando cada una de las teselas donde fue localizada la especie. El mapa de distribución potencial

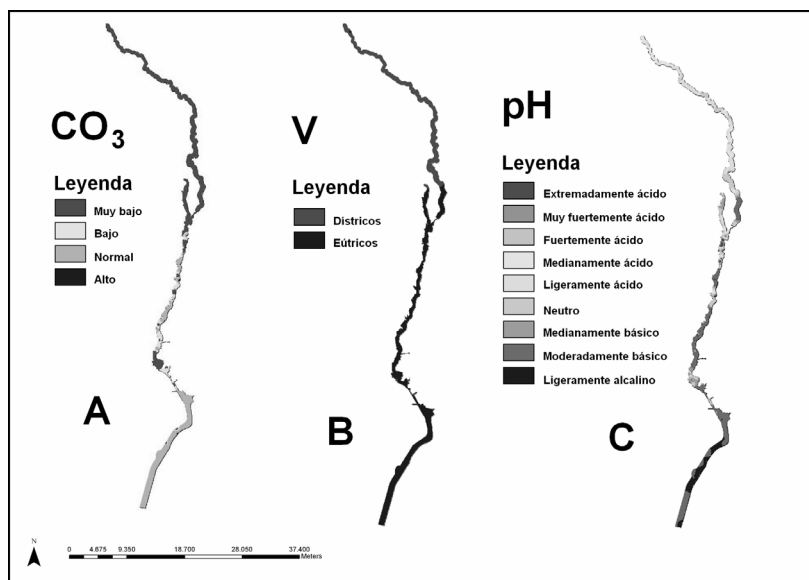


Figura 2. — Distribución de algunos de los parámetros edáficos estudiados.

A. Distribución del carbonato cálcico equivalente en el área de estudio (Muy bajo: 0-5%; Bajo 5-10%; Normal 10-25%; Alto: >25%).

B. Porcentaje de saturación en bases (V) a lo largo del área de estudio. Suelos dísticos: V<50%; Suelos eútricos: V>50%.

C. Distribución de los valores de pH al agua a lo largo del área de estudio: Extremadamente ácido: 0,0-4,5; muy fuertemente ácido: 4,5-5,0; fuertemente ácido: 5,0-5,5; medianamente ácido: 5,5-6,0; ligeramente ácido: 6,0-6,5; neutro: 6,5-7,3; medianamente básico: 7,3-7,8; moderadamente básico: 7,7-8,4; ligeramente alcalino: 8,4-9,0.

Tabla 1

Relación de variables ambientales consideradas, abreviatura con la que se alude a ellas y su unidad de medida correspondiente.

Nº	Abreviatura	Variables ambientales (unidad de medida)
1.	CO	Porcentaje de carbono orgánico
2.	CIC	Capacidad de intercambio catiónico (cmol _c ·kg ⁻¹)
3.	Ca	Calcio de cambio (cmol _c ·kg ⁻¹)
4.	Mg	Magnesio de cambio (cmol _c ·kg ⁻¹)
5.	Na	Sodio de cambio (cmol _c ·kg ⁻¹)
6.	K	Potasio de cambio (cmol _c ·kg ⁻¹)
7.	V	Porcentaje de saturación en bases
8.	CO ₃	Porcentaje de carbonato cálcico equivalente
9.	N	Porcentaje de nitrógeno total
10.	P	Fósforo extraíble (ppm)
11.	H33	Humedad gravimétrica a capacidad de campo
12.	H1500	Humedad gravimétrica en el punto de marchitamiento permanente
13.	Hsat	Humedad gravimétrica en saturación
14.	Ar	Porcentaje de arena
15.	LG	Porcentaje de limo grueso
16.	LF	Porcentaje de limo fino
17.	A	Porcentaje de arcilla
18.	pH	pH al agua
19.	CE	Conductividad eléctrica (dS·m ⁻¹)
20.	Caex	Calcio en el extracto de saturación (ppm)
21.	Mgex	Magnesio en el extracto de saturación (ppm)
22.	Naex	Sodio en el extracto de saturación (ppm)
23.	Kex	Potasio en el extracto de saturación (ppm)
24.	CO ₃ ex	Carbonatos en el extracto de saturación (ppm)
25.	HCO ₃ ex	Bicarbonatos en el extracto de saturación (ppm)
26.	h	Altitud (m.s.n.m.)
27.	Io	Índice ombrotérmico
28.	Itc	Índice de termicidad compensado

se obtuvo cruzando los mapas de distribución de cada una de las variables ambientales con los rangos de tolerancia obtenidos para cada una de ellas. En definitiva, se trata de colorear todas aquellas teselas del mapa de vegetación actual que presentan valores de todas las variables ambientales dentro del rango de tolerancia constatado en la zona para esa especie.

RESULTADOS

Quercus suber L. (Fagaceae) «Alcornoque» (Tabla 2A, Figura 3a)

Distribución general y ecología. Habita en la mitad occidental de la región Mediterránea, sobre suelos de todo tipo, con excepción de los calcáreos o excesivamente arcillosos (Vieira Natividade, 1991; Pereira, 2007; Hidalgo & al., 2008). Requiere una mayor cantidad de precipitaciones que la encina, encontrando su óptimo a partir del ombrotipo subhúmedo, donde va desplazando paulatinamente a los encinares. Sólo prospera, a diferencia de la encina, en los termotipos termo y mesomediterráneo.

Fitosociología. *Quercetalia ilicis*

Distribución y comportamiento ecológico en el área de estudio. Restringido exclusivamente a los enclaves más frescos e inaccesibles del corredor, en los barrancos encajados del Guadiamar, donde encuentra, aguas arriba de Aznalcóllar, la disponibilidad hídrica que requiere, gracias posiblemente a una compleja combinación de factores. Por un lado la alta disponibilidad hídrica como consecuencia de las precipitaciones elevadas y la evapotranspiración mitigada por el efecto de la umbría y lo encajado de los barrancos, así como por la existencia de suelos bien conservados. Por otra parte, encuentra suelos arenosos (arena > 45,87%), descarbonatados (CO₃ < 0,21%) y con bajo porcentaje de saturación en bases (V < 17,8%). Más al norte, desaparece porque no se da ese microclima, aunque los suelos reúnan las condiciones adecuadas. Aguas abajo se pierden ambas circunstancias, por lo que nunca aparece. Más al oeste, el aumento de las precipitaciones lo hacen mucho más abundante, como ocurre ya en el valle del Crispinejo.

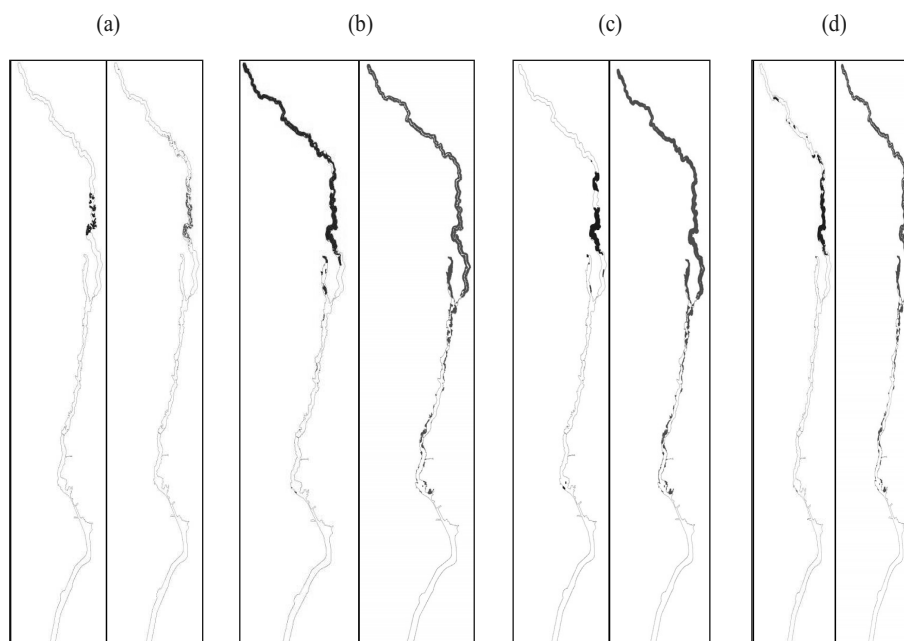


Figura 3. —Mapa de distribución real (izq.) y potencial estimada (dcha.) de *Quercus suber*. (a), de *Quercus rotundifolia* (b), de *Olea europaea* var. *sylvestris* (c) y de *Quercus coccifera* (d).

***Quercus rotundifolia* L. (Fagaceae) «Encina»**
(Tabla 2B, Figura 3b)

Distribución general y ecología. Habita en la región Mediterránea, siendo la especie arbórea dominante cuando el ombrotipo es seco. En subhúmedo es desplazada por robles, quejigos y alcornoques. Vive en todo tipo de sustratos y soporta fuertes sequías estivales. Se puede encontrar desde el termo al supramediterráneo, por lo que sólo desaparece de manera natural en los paisajes mediterráneos en las cumbres de las altas montañas, en los ambientes excepcionalmente húmedos y en los suelos hidromorfos.

Fitosociología. *Quercetalia ilicis*

Distribución y comportamiento ecológico en el área de estudio. Su amplia valencia ecológica le permite crecer en cualquier punto del corredor con suelos no encharcables ni salinizados. El alcornoque, que podría ser su gran competidor en esta zona, no llega a desplazarla definitivamente, porque la disponibilidad hídrica no es lo suficientemente elevada. La hemos encontrado desde suelos con pH medianamente ácido (5,5), moderada capacidad de intercambio catiónico (13,14 cmol_c·kg⁻¹),

Tabla 2
Resumen del comportamiento (máximo, mínimo y media) para cada una de las variables ambientales de *Quercus suber* (A) y *Quercus rotundifolia* (B)

	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Media
CO	3,15	3,35	3,25	0,92	7,98	2,55
CIC	31,82	36,46	34,14	13,14	43,24	22,84
Ca	0,69	5,14	2,92	1,87	21,56	6,23
Mg	0,84	1,40	1,12	0,21	1,85	0,71
Na	0,10	0,10	0,10	0,04	0,32	0,09
K	0,43	0,54	0,49	0,20	3,03	0,70
V	5,79	17,80	11,80	11,87	100,00	33,69
CO ₃	0,10	0,21	0,16	0,04	49,22	4,06
N	0,17	0,34	0,26	0,08	0,64	0,24
P	23,05	46,31	34,68	0,00	19,63	6,79
H33	30,54	31,29	30,92	10,53	32,77	21,92
H1500	14,14	19,11	16,63	6,72	20,99	11,30
Hsat	50,62	59,62	55,12	29,53	60,61	38,86
Ar	45,87	48,94	47,41	19,58	81,57	50,65
LG	5,13	11,54	8,34	1,88	14,30	8,92
LF	21,69	28,72	25,21	5,73	30,01	20,42
A	17,21	20,89	19,05	9,52	38,09	20,01
pH	5,43	6,69	6,06	5,03	8,13	6,35
CE	0,59	1,02	0,81	0,29	2,27	0,95
Caex	—	—	—	7,09	85,01	45,02
Mgex	—	—	—	2,40	41,76	12,01
Naex	—	—	—	12,05	44,53	23,18
Kex	—	—	—	0,81	163,27	22,11
CO ₃ ex	—	—	—	0,00	2,50	0,28
H	—	—	—	13,08	186,40	81,04
CO ₃ ex	—	—	—	—	—	—
H	129,00	176,00	152,50	40,00	200,00	103,46
Io	3,13	3,30	3,22	2,81	3,39	3,04
Itc	377,17	383,62	380,39	373,87	395,83	387,12

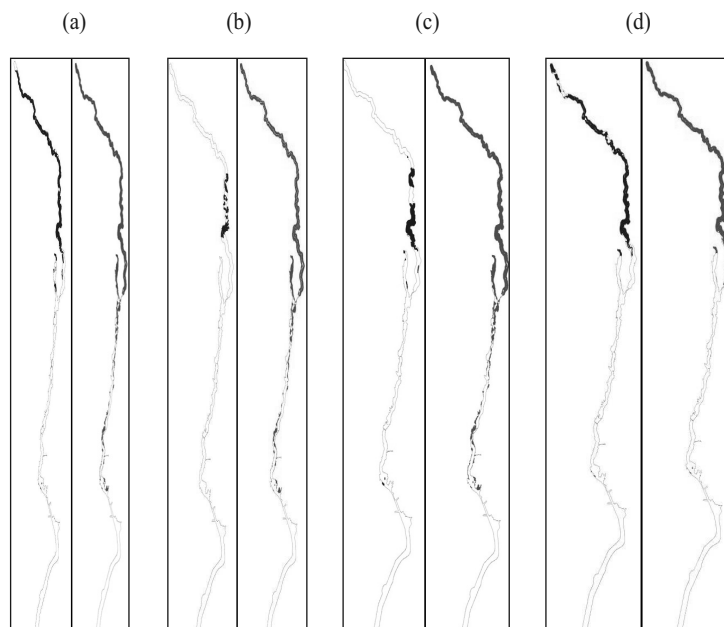


Figura 4. — Mapa de distribución real (izq.) y potencial estimada (dcha.) de *Chamaerops humilis*(a), de *Arbutus unedo*(b), de *Pistacia lentiscus*(c), de *Cistus ladanifer*(d).

bajo porcentaje de saturación en bases (11,87%), bajo contenido de calcio de cambio ($1,87 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$), muy bajo porcentaje de carbonato cálcico equivalente (0,04), hasta suelos francamente básicos (pH 8,13), alta capacidad de intercambio catiónico ($43 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$), total saturación en bases del complejo de cambio (100%), gran cantidad de Ca ($21,56 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$), gran presencia de carbonatos (49,22%), etc. En cuanto a su límite de tolerancia a los suelos salinos, hemos detectado su presencia hasta una conductividad de $2,27 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ y $0,32 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ de sodio de cambio.

***Olea europaea* var. *sylvestris* (Mill.) Rouy ex Hegi**
(*Oleaceae*) «Acebuche»
(Tabla 3a, figura 3c)

Distribución general y ecología. Especie de distribución mediterránea que acompaña a encinas, quejigos y alcornoques tanto en los bosques esclerófilos mediterráneos como en los matorrales que resultan de su degradación. Indiferente a la litología subyacente, ya que aparece tanto en terrenos silíceos como calcáreos. Es especie termófila, que aparece bajo los termotipos termomediterráneo y mesomediterráneo inferior, y que nunca se desarrolla en ambientes riparios.

Tabla 3
Resumen del comportamiento (máximo, mínimo y media) para cada una de las variables ambientales de *Olea europaea* var. *sylvestris* (A) y *Quercus coccifera* (B)

	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Media
CO	0,92	6,40	2,36	1,16	6,40	2,69
CIC	13,14	75,48	24,65	14,15	75,48	31,83
Ca	1,87	21,56	5,75	2,89	21,56	6,95
Mg	0,21	1,23	0,66	0,23	1,40	0,76
Na	0,04	0,32	0,09	0,04	0,22	0,09
K	0,20	3,03	0,83	0,23	1,63	0,60
V	11,87	100,00	31,84	11,87	100,00	31,64
CO ₃	0,04	49,22	4,57	0,04	49,22	8,40
N	0,08	0,97	0,29	0,08	0,97	0,27
P	0,00	19,63	6,42	0,00	23,05	9,53
H33	10,53	36,79	22,17	10,53	36,79	23,83
H1500	6,72	36,16	12,28	6,72	36,16	14,09
Hsat	29,53	70,86	39,88	30,03	70,86	44,24
Ar	23,19	81,57	50,48	23,19	81,57	50,95
LG	1,88	15,24	9,25	1,88	11,80	7,30
LF	5,73	27,18	19,17	5,73	28,72	20,07
A	10,81	42,91	21,10	10,81	42,91	21,67
pH	5,03	8,13	6,48	5,43	8,13	6,61
CE	0,29	1,47	0,91	0,29	1,33	0,83
Caex	7,09	136,25	55,02	7,09	136,25	63,85
Mgex	2,40	17,66	8,96	2,40	17,66	8,88
Naex	12,05	57,82	24,76	18,28	57,82	29,03
Kex	0,81	163,27	20,78	0,81	5,67	2,97
CO ₃ ex	0,00	2,50	0,25	0,00	2,50	0,63
H CO ₃ ex	13,08	313,99	100,09	31,48	313,99	135,86
h	40,00	200,00	96,85	40,00	176,00	112,29
Io	2,81	3,39	3,02	2,81	3,30	3,07
Ite	373,87	395,83	388,03	377,17	395,83	385,91

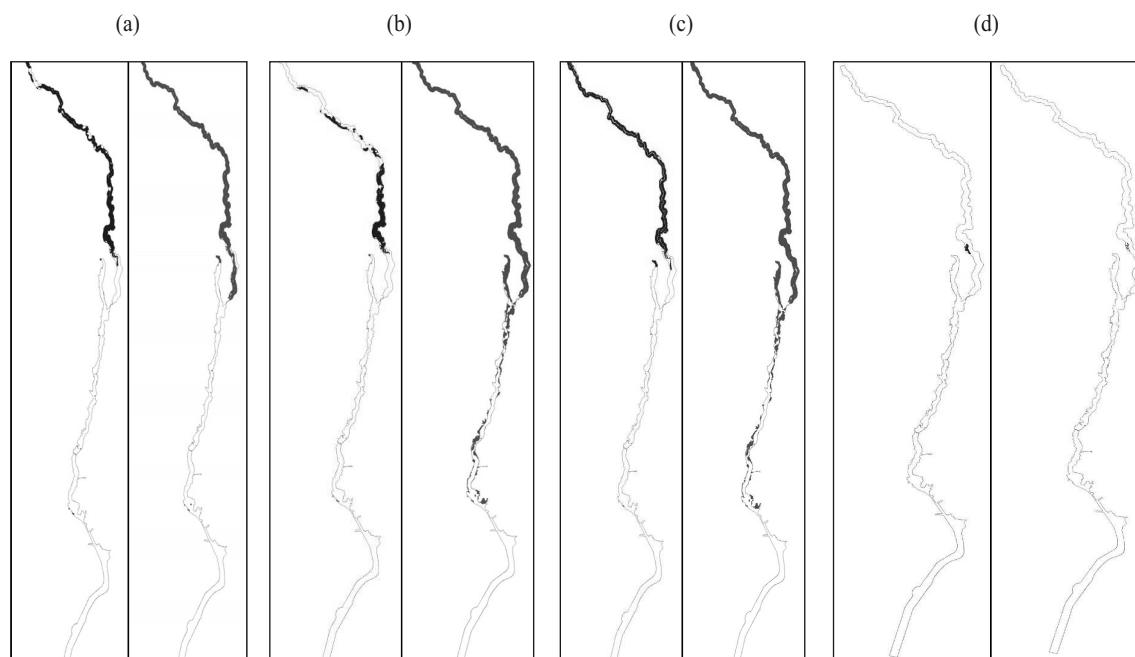


Figura 5.— Mapa de distribución real (izq.) y potencial estimada (dcha.) de *Genista hirsuta* (a), de *Rosmarinus officinalis* (b), de *Cistus monspeliensis* (c) y de *Thymbra capitata* (d).

Fitosociología. *Quercetea ilicis*

Distribución y comportamiento ecológico en el área de estudio. Dado que en el corredor no hay ambientes lo suficientemente fríos para impedir el desarrollo del acebuche, podemos encontrarlo prácticamente en cualquier punto de suelos no encharcables ni acusadamente salinos. La razón de su aparente ausencia en el extremo norte del río se debe sin duda al exhaustivo adhesamiento de la zona, mientras que entre el Garrobo y Gerena-Aznalcóllar, el uso ganadero es mucho menos intenso, posiblemente como consecuencia de la abrupta topografía de la zona.

Quercus coccifera L. (Fagaceae) «Coscoja» (Tabla 3b, figura 3c)

Distribución general y ecología. Habita en la región Mediterránea Occidental, formando parte del sotobosque de encinares y alcornocales, así como en los matorrales sub-seriales de degradación. Termotipos termomediterráneo y mesomediterráneo, tanto sobre suelos silíceos como carbonatados. Nunca aparece en ambientes riparios.

Tabla 4

Resumen del comportamiento (máximo, mínimo y media) para cada una de las variables ambientales de *Chamaerops humilis* (A) y *Arbutus unedo* (B)

	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Media
CO	0,92	7,98	2,63	1,40	3,35	2,63
ClC	8,65	75,48	25,47	18,47	36,46	28,92
Ca	1,87	21,56	5,83	0,69	5,14	3,02
Mg	0,21	1,23	0,68	0,33	1,40	0,86
Na	0,04	0,22	0,08	0,06	0,10	0,09
K	0,14	2,00	0,60	0,43	0,54	0,48
V	11,87	100,00	31,82	5,79	22,05	15,21
CO ₃	0,03	49,22	4,57	0,10	0,21	0,16
N	0,07	0,97	0,25	0,17	0,34	0,23
P	0,00	19,63	5,98	15,81	46,31	28,39
H33	9,98	36,79	21,03	27,18	31,29	29,67
H1500	5,62	36,16	11,67	11,85	19,11	15,03
Hsat	29,53	70,86	38,63	43,63	59,62	51,29
Ar	23,19	83,56	54,32	41,67	48,94	45,49
LG	1,88	15,24	8,81	5,13	11,54	8,18
LF	4,99	26,72	17,89	21,69	28,72	25,86
A	8,31	42,91	18,97	17,21	23,28	20,46
pH	5,03	8,13	6,41	5,43	6,69	6,18
CE	0,55	1,33	0,89	0,29	1,02	0,63
Caex	22,14	136,25	56,20	7,09	7,09	7,09
Mgex	2,55	17,66	9,88	2,40	2,40	2,40
Naex	12,05	57,82	23,21	18,28	18,28	18,28
Kex	0,81	16,35	4,97	1,57	1,57	1,57
CO ₃ ex	0,00	2,50	0,51	0,00	0,00	0,00
H CO ₃ ex	13,08	313,99	92,00	31,48	31,48	31,48
h	40,00	220,00	113,62	129,00	176,00	147,67
Io	2,81	3,46	3,08	3,13	3,30	3,20
Itc	371,13	395,83	385,73	377,17	383,62	381,06

Fitosociología. *Pistacio-Rhamnetalia alaterni*

Distribución y comportamiento ecológico en el área de estudio. Su amplio margen de tolerancia le permite desarrollarse tanto en los territorios de las series de la encina como en la serie de los alcornocales. Su escasez o ausencia en el tramo alto del río debe interpretarse como una consecuencia de las intensas actividades ganaderas, que han generado unas dehesas extremadamente aclaradas, puesto que no hemos encontramos ningún factor ecológico limitante para su desarrollo en estos territorios. Su amplia valencia ecológica permite que su área pueda ser considerablemente expandida.

***Chamaerops humilis* L. (Arecaceae) «Palmito»**
(Tabla 4A, figura 4a)

Distribución general y ecología. Propio de la región Mediterránea Occidental, típicamente termomediterráneo e indiferente edáfico.

Fitosociología. *Pistacio-Rhamnetalia alaterni*

Distribución y comportamiento ecológico en el área de estudio. Especie muy frecuente en el área de estudio, en todos los ambientes no riparios, tanto en los dominios de los encinares basófilos como de los silicícolas, así como en la serie de los alcornocales. En el tramo medio del área de estudio también aparece, en los escasos enclaves no riparios que conservan algo de matorral o dehesa, como ocurre en las proximidades de Vado de Quema. Su área potencial en la zona de estudio está por tanto limitada tan sólo por el riesgo de inundación y la salinidad.

***Arbutus unedo* L. (Ericaceae) «Madroño»**
(Tabla 4B, figura 4b)

Distribución general y ecología. Región Mediterránea y Europa occidental, en encinares, alcornocales y en sus matorrales de degradación. Aparece en todo tipo de terrenos (calcáreos y silíceos), aunque prefiere los suelos frescos y profundos así como los ambientes, al menos microclimáticamente, húmedos.

Fitosociología. *Ericion arboreae*

Distribución y comportamiento ecológico en el área de estudio. Observando el comportamiento del madroño en el área de estudio, podría pensarse que se trata de una

planta característica exclusivamente del ambiente de alcornocal, lo cual no es cierto, pues puede aparecer también en encinares tanto silicícolas como basófilos, siempre que sean los bastante umbrosos. La distribución que podemos ver en el mapa (figura 8) no se debe por tanto solamente a razones meramente físicas, sino también en buena medida a causas antrópicas, su distribución coincide con la zona de vegetación mejor conservada del corredor del Guadiamar.

***Pistacia lentiscus* L. (Anacardiaceae) «Lentisco»**
(Tabla 5A, Figura 4c)

Tabla 5
Resumen del comportamiento (máximo, mínimo y media) para cada una de las variables ambientales de *Pistacia lentiscos* (A) y *Cistus ladanifer* (B)

	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Media
CO	0,92	7,98	3,24	0,92	7,98	3,26
CIC	13,36	75,48	30,97	13,36	43,24	26,71
Ca	0,69	21,56	6,23	0,69	10,73	4,44
Mg	0,23	1,40	0,76	0,33	1,40	0,77
Na	0,04	0,22	0,09	0,06	0,10	0,08
K	0,23	2,00	0,68	0,35	2,00	0,66
V	5,79	100,00	28,58	5,79	47,23	23,03
CO ₃	0,04	49,22	5,39	0,06	0,28	0,15
N	0,08	0,97	0,27	0,14	0,37	0,22
P	0,00	46,31	13,62	7,13	46,31	18,96
H33	10,53	36,79	24,87	18,60	32,77	26,49
H1500	6,72	36,16	14,22	8,30	19,17	13,39
Hsat	30,03	70,86	44,28	34,89	59,62	44,72
Ar	23,19	81,57	51,40	41,67	61,21	50,68
LG	1,88	11,80	7,55	4,68	11,54	7,53
LF	5,73	28,72	20,88	19,09	28,72	23,46
A	9,52	42,91	20,18	9,52	25,37	18,33
pH	5,43	8,13	6,57	5,43	7,22	6,32
CE	0,29	1,33	0,81	0,29	1,04	0,71
Caex	7,09	136,25	52,83	7,09	49,89	29,64
Mgex	2,40	17,66	9,18	2,40	17,66	9,90
Naex	17,08	57,82	26,51	17,08	25,85	20,60
Kex	0,81	5,67	3,15	1,57	5,67	3,56
CO ₃ ex	0,00	2,50	0,42	0,00	0,00	0,00
H CO ₃ ex	13,08	313,99	104,95	13,08	113,75	57,88
h	40,00	200,00	135,55	103,00	200,00	160,29
Io	2,81	3,39	3,16	3,04	3,39	3,25
Ite	373,87	395,83	382,72	373,87	387,19	379,32

Distribución general y ecología. Región Mediterránea, en bosques esclerófilos y sus comunidades de degradación. Termotipos termomediterráneo y mesomediterráneo inferior, indiferente a la naturaleza del sustrato, por lo que podemos encontrarla muy abundante en la zona en todos los ambientes extrariparios.

Fitosociología. *Pistacio-Rhamnetalia alaterni*

Distribución y comportamiento ecológico en el área de estudio. Como el acebuche, el palmito o la coscoja, es-

pecies con las que convive, puede darse en todos los suelos no encharcables del corredor, ya que su otro factor limitante, el frío (termotipo mesomediterráneo superior) no es relevante en la zona. Su aparente escasez en la cabecera del corredor se debe a que en esta zona las dehesas están mucho más explotadas y el matorral es más escaso, gracias a la existencia de una topografía más suave.

***Cistus ladanifer* L. (Cistaceae) «Jara pringosa»**
(Tabla 5B, Figura 4d)

Distribución general y ecología. Región Mediterránea Occidental e islas Canarias, en matorrales de sitios secos y soleados, no calcáreos. Ocupa los suelos más degradados o menos evolucionados. Termomediterráneo y mesomediterráneo, con óptimo en el ombrotipo seco. Es especie muy heliófila, propensa a formar comunidades pauciespecíficas, de muy lenta evolución hacia estadios más maduros de la serie. No soporta la hidromorfía.

Fitosociología. *Lavanduletalia stoechadis*

Distribución y comportamiento ecológico en el área de estudio. Elemento silicícola (menos del 0,28% de carbonatos en el complejo de cambio, saturación en bases inferior al 47,2%, calcio de cambio por debajo de 10,73 cmol_c·kg⁻¹, sodio muy bajo, conductividad eléctrica por debajo de 1) que podemos encontrar exclusivamente en ambientes extrariparios. Muy frecuente y abundante en toda la sierra, excepto en los afloramientos calizos. En el tramo medio del río aparece en los escasos enclaves no encharcables ni carbonatados, como en las proximidades de vado de Quema.

***Genista hirsuta* Vahl (Fabaceae) «Aulaga», «Tojo alfilerero»**
(Tabla 6A, figura 5a)

Distribución general y ecología. Centro y sur de la Península Ibérica y Portugal, noroeste de África e Ibiza. Prefiere terrenos silíceos, formando parte de los matorrales de degradación de encinares y alcornocales. Elemento termo y mesomediterráneo seco y subhúmedo.

Fitosociología. *Ulici-Cistion*

Distribución y comportamiento ecológico en el área de estudio. Fiel compañera de la jara (*Cistus ladanifer*),

aunque siempre menos abundante, es otro elemento típico de los matorrales silicícolas de la zona (menos del 0,23% de carbonato cálcico equivalente, saturación en bases del complejo de cambio inferior al 47,3%).

Tabla 6
Resumen del comportamiento (máximo, mínimo y media)
para cada una de las variables ambientales de *Genista*
hirsuta (A) y *Rosmarinus officinalis* (B)

	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Media
CO	0,92	4,51	2,42	1,40	4,51	2,46
CIC	13,36	38,26	23,70	14,15	29,48	20,70
Ca	0,69	10,73	3,90	2,89	10,73	5,61
Mg	0,33	1,11	0,69	0,33	1,11	0,71
Na	0,04	0,10	0,07	0,06	0,09	0,08
K	0,23	2,00	0,63	0,35	2,00	0,94
V	5,79	47,23	23,53	22,05	47,23	32,58
CO ₃	0,04	0,23	0,12	0,08	0,17	0,14
N	0,08	0,37	0,21	0,16	0,37	0,23
P	0,00	46,31	14,22	10,68	19,63	15,37
H33	10,53	32,77	22,77	20,86	32,77	26,94
H1500	6,72	19,17	12,03	9,91	19,17	13,64
Hsat	30,03	59,62	40,90	41,32	46,14	43,70
Ar	41,67	81,57	55,61	41,67	55,44	46,78
LG	1,88	11,54	6,84	4,68	7,88	6,78
LF	5,73	27,18	19,54	19,19	27,18	24,36
A	10,81	25,37	18,01	17,59	25,37	22,08
pH	5,97	7,22	6,46	6,38	7,22	6,68
CE	0,29	1,33	0,85	0,29	1,04	0,70
Caex	7,09	49,89	29,64	7,09	49,89	29,76
Mgex	2,40	17,66	9,90	2,40	17,66	10,88
Naex	17,08	25,85	20,60	18,28	25,85	21,78
Kex	1,57	5,67	3,56	1,57	5,67	3,55
CO ₃ ex	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H CO ₃ ex	13,08	113,75	57,88	13,08	113,75	52,77
h	40,00	200,00	138,57	103,00	200,00	147,00
Io	2,81	3,39	3,17	3,04	3,39	3,20
Ite	373,87	395,83	382,30	373,87	387,19	381,15

***Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae) «Romero»**
(Tabla 6B, figura 5b)

Distribución general y ecología. Habita en la región Mediterránea, incluida Macaronesia, sobre todo tipo de terrenos, aunque suele preferir los calcáreos, en sitios secos y soleados, en ambiente de encinar. Puede hallarse en los termotipos termo y mesomediterráneo, nunca en suelos encharcables.

Fitosociología. *Rosmarinetea officinalis*

Distribución y comportamiento ecológico en el área de estudio. El romero es una especie eurioica. Concretamente, Núñez Granados & al. (2003) pusieron de manifiesto su comportamiento claramente indiferente frente al pH. Es capaz de tolerar todo tipo de suelos, siempre que no se encharquen y goce de abundante sol y buenas temperaturas. Como la luz y la temperatura son altas en la zona, su único factor limitante serán las in-

undaciones. Su ausencia en las zonas extrariparias del tramo medio del río sólo se justifica por la absoluta degradación de la vegetación natural. Esta posiblemente sea la razón por la que se le ha detectado en un bajo número de muestras.

***Cistus monspeliensis* L. (Cistaceae) «Jaguarzo»**
(Tabla 7A, figura 5C)

Tabla 7
Resumen del comportamiento (máximo, mínimo y media)
para cada una de las variables ambientales de *Cistus*
monspeliensis (A) y *Thymra capitata* (B)

	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Media
CO	0,92	7,98	2,95	1,16	1,16	1,16
CIC	13,14	75,48	26,71	19,65	19,65	19,65
Ca	1,87	21,56	6,67	21,56	21,56	21,56
Mg	0,21	1,23	0,58	0,23	0,23	0,23
Na	0,04	0,22	0,09	0,07	0,07	0,07
K	0,20	2,00	0,69	0,47	0,47	0,47
V	14,99	100,00	33,26	100,00	100,00	100,00
CO ₃	0,06	49,22	6,57	49,22	49,22	49,22
N	0,14	0,97	0,30	0,17	0,17	0,17
P	4,42	19,63	10,02	12,75	12,75	12,75
H33	18,26	36,79	24,65	22,69	22,69	22,69
H1500	7,33	36,16	13,69	10,72	10,72	10,72
Hsat	29,53	70,86	42,16	42,51	42,51	42,51
Ar	23,19	61,21	47,03	45,58	45,58	45,58
LG	4,68	14,30	9,00	7,78	7,78	7,78
LF	19,09	27,18	22,14	20,38	20,38	20,38
A	9,52	42,91	21,84	26,26	26,26	26,26
pH	5,03	8,13	6,49	8,13	8,13	8,13
CE	0,29	1,04	0,75	0,82	0,82	0,82
Caex	7,09	136,25	48,52	62,16	62,16	62,16
Mgex	2,40	17,66	8,55	2,55	2,55	2,55
Naex	12,05	57,82	23,11	18,81	18,81	18,81
Kex	0,81	5,67	3,53	0,81	0,81	0,81
CO ₃ ex	0,00	2,50	0,31	2,50	2,50	2,50
H CO ₃ ex	13,08	313,99	89,38	84,22	84,22	84,22
h	56,00	200,00	122,22	93,00	93,00	93,00
Io	2,87	3,39	3,11	3,00	3,00	3,00
Itc	373,87	393,64	384,55	388,56	388,56	388,56

Distribución general y ecología. Región Mediterránea, extendiéndose hasta Madeira y las Islas Canarias. Forma extensos jaguarzales en solanas, sobre todo en terrenos silíceos del termotipo termomediterráneo y mesomediterráneo inferior, nunca en los ambientes riparios.

Fitosociología. *Lavanduletalia stoechadis*

Distribución y comportamiento ecológico en el área de estudio. El jaguarzo es abundantísimo en la sierra, tanto en la serie de los encinares como en la de los alcornoques. Su carácter primocolonizador le hace adueñarse de las dehesas que han dejado de pastorearse en pocos años. Aunque es preferentemente silicícola, no es tan estricto en este sentido como la jara pringosa (*Cistus*

ladanifer), y prospera también sobre suelos calcáreos suficientemente lavados. En nuestro caso, hemos llegado a encontrarlo en suelos con complejo de cambio saturado en bases y 49,22% de carbonato cálcico equivalente, si bien, tiene el promedio en 6,57%. Es decir, que compite mejor y es más abundante en los terrenos descarbonatados que en los calcáreos, pero puede soportarlos. Su límite de tolerancia al Ca es de 21,56 cmol_c·kg⁻¹, mientras que *Cistus ladanifer* y *Genista hirsuta* no han aparecido nunca con más de 10,73 cmol_c·kg⁻¹.

***Thymra capitata* (L.) Cav. (Lamiaceae) «Tomillo andaluz»**

(Tabla 7B, figura 5d)

Distribución general y ecología. Sur y oeste de la Península Ibérica e Islas Baleares, en matorrales secos y soleados de terrenos calizos. Es planta heliófila, xerófila y termófila, que sólo prospera en terrenos calcáreos.

Fitosociología: *Saturejo-Thymbrion capitatae*

Distribución y comportamiento ecológico en el área de estudio. Estrictamente basófila (CO₃>49%,V 100%) su área local se restringe por tanto a los afloramientos calizos de la zona del Corredor de la Plata. En el tramo medio del río su ausencia puede deberse a la intensa deforestación de las margas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las doce especies elegidas para este artículo son elementos relevantes en los bosques climatófilos de la zona y sus etapas de regresión, potencialmente interesantes para las labores de restauración forestal, pero las diferencias encontradas en su comportamiento ecológico son lo bastante marcadas en algunos casos como para que se precise un estudio de las condiciones de la parcela de destino antes de decidir su utilización.

Con respecto al carbono orgánico (CO), nos encontramos con niveles normales e incluso altos en todos los casos, oscilando normalmente entre 1 y 8%. *Thymra capitata* destaca por presentar uno de los valores más bajos, poniendo de manifiesto su capacidad de habitar suelos poco desarrollados. Las especies más típicamente forestales suelen estar asociadas a valores mayores, aunque con una amplia oscilación como es el caso de *Quercus rotundifolia*, *Pistacia lentiscus* o *Cha-*

merops humilis. Incluso *Cistus ladanifer*, *Genista hirsuta* o *Cistus monspeliensis* presentan este mismo comportamiento.

La capacidad de intercambio catiónico va asociada, entre otras cosas, a la presencia de materia orgánica, por lo que la respuesta es muy similar al caso anterior. Nos encontramos mayoritariamente con valores que podemos considerar “normales”, del orden de 10 a 20 centímoles de carga por kilogramo de suelo, alcanzándose valores muy altos (más de 75) en los casos donde el CO también es alto, como ocurre en algunas muestras de *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Olea europaea* var. *sylvestris*, y *Cistus monspeliensis*.

El contenido en bases de cambio del suelo, en general, aumenta en la zona de estudio de norte a sur. Entre ellas destaca la presencia de calcio como elemento discriminante en el comportamiento de las especies estudiadas; *Quercus suber* y *Arbutus unedo* aparecieron siempre en suelos con muy baja presencia de Ca (0,69 a 15,14 $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$), *Rosmarinus officinalis*, *Cistus ladanifer* y *Genista hirsuta* habitan suelos con presencia baja (por debajo de 10), mientras que *Q. rotundifolia*, *Q. coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Olea europaea* var. *sylvestris*, *Cistus monspeliensis* y *Chamaerops humilis* se desarrollan en un amplio abanico de valores. Sólo *Thymra capitata* aparece única-

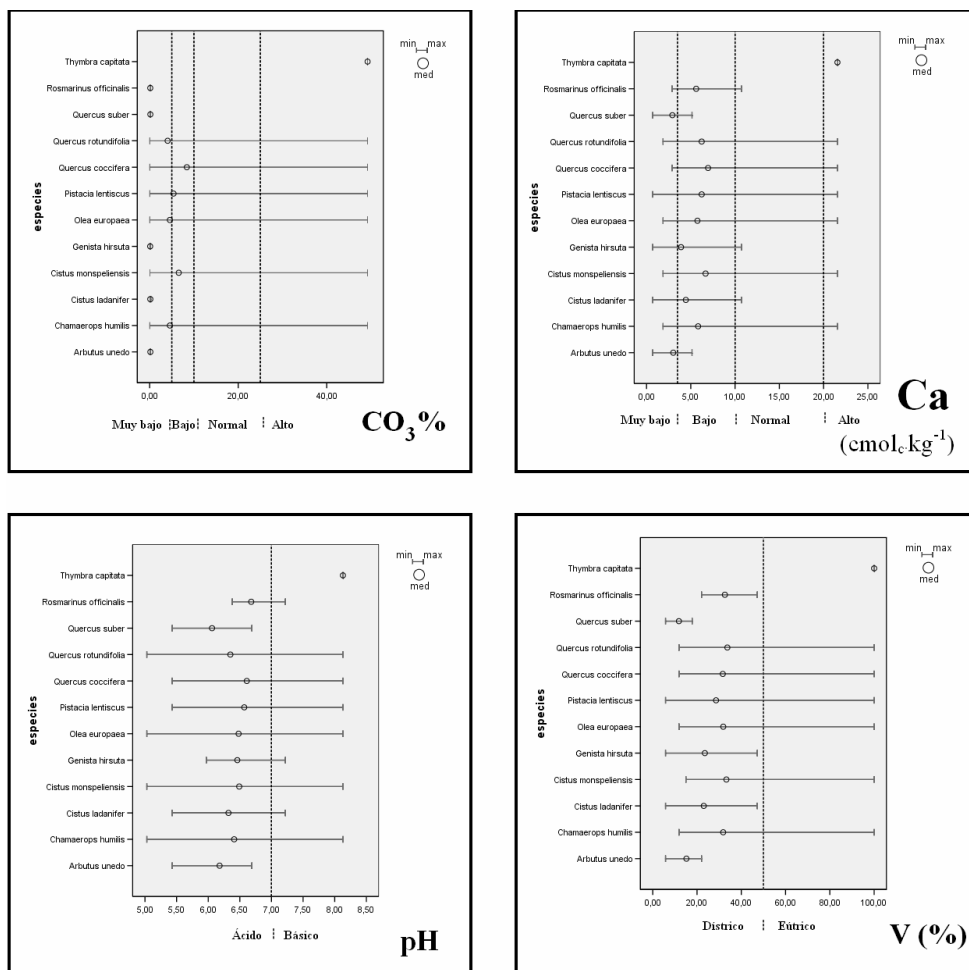


Figura 6.— Representación gráfica del comportamiento de las especies estudiadas con respecto a las variables edáficas: carbonato cálcico equivalente, calcio de cambio, pH y porcentaje de saturación en bases del suelo.

mente con valores muy altos (21,56), manifestándose como la especie más claramente calcícola entre las estudiadas (Figura 6).

En cuanto al magnesio, su presencia es siempre inferior a $2 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$, lo que puede considerarse como valores muy bajos, si tenemos en cuenta que en el área de estudio llegan a encontrarse valores próximos a 12. Destaca una vez más *Quercus rotundifolia* como la especie con el rango más amplio de tolerancia.

El sodio, como cabía esperar por la propia selección de las especies, aparece siempre con valores bajos (menos de $0,32 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$); destaca por un lado *Quercus suber* que no aparece nunca con más de 0,1 y por otro lado *Quercus rotundifolia* y *Olea europaea* var. *sylvestris* como las más tolerantes, oscilando entre 0,04 y 0,32.

Quercus suber, *Arbutus unedo* y *Thymbra capitata* tienen en común la escasez de potasio en los suelos que habitan (entre 0,43 y $0,54 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$), mientras que de nuevo, *Quercus rotundifolia* y *Olea europaea* var. *sylvestris* se muestran como los más tolerantes, con un amplio rango de presencia (0,2 a 3,03).

El porcentaje de saturación en bases del suelo (V) pone manifiesto la existencia de dos ambientes bien delimitados en el área de estudio, los suelos distrícos con $V < 50\%$ que aparecen en los territorios araceno-pacenses y los eútricos ($V > 50\%$) que ocupan el resto del área (figura 2B). Esta variable nos permite reconocer tres tipos de comportamiento entre las 12 especies estudiadas: *Arbutus unedo*, *Cistus ladanifer*, *Genista hirsuta*, *Rosmarinus officinalis* y *Quercus suber* sólo han aparecido en suelos distrícos, *Thymbra capitata* sólo en suelos eútricos y el resto (*Quercus rotundifolia*, *Q. coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Olea europaea* var. *sylvestris*, *Cistus monspeliensis*, y *Chamarops humilis*) aparecen en ambos tipos, con amplia variación de porcentaje de saturación. (Figura 6).

El porcentaje de carbonato cálcico equivalente (figura 15) muestra una distribución de las especies muy similar a la obtenida para Ca y V, pero si cabe, más acusada; cinco especies quedan siempre en suelos con muy bajo porcentaje de carbonatos (*Arbutus unedo*, *Cistus ladanifer*, *Genista hirsuta*, *Rosmarinus officinalis* y *Quercus suber*), del 0,1 al 0,3%; *Thymbra capitata* aparece con contenidos muy altos (más de 49%), mientras que las seis especies restantes oscilan sin problemas entre 0 y 50%.

El nitrógeno presenta valores normalmente bajos (0,1-0,3%) en la mayoría de las muestras, siempre relacionado con el carbono orgánico en suelos naturales,

donde su procedencia se debe fundamentalmente a la fijación bioquímica del nitrógeno atmosférico llevada a cabo por numerosos microorganismos presentes en el suelo. Tienen este comportamiento las especies cuya distribución se circunscribe al tramo alto del río y que por tanto habitan en suelos bastante naturales (*Quercus suber*, *Arbutus unedo*, *Cistus ladanifer*, *Genista hirsuta*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymbra capitata*), tanto ricos como pobres en calcio y carbonatos. El resto, las especies más polivalentes que hemos detectado en el tramo medio del río, en ambientes más alterados, presentan un mayor rango de presencia de este elemento, alcanzando valores próximos al 1% en *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Olea europaea* var. *sylvestris* y *Chamarops humilis*.

En cuanto a la textura, hemos observado una clara disminución del tamaño predominante de las partículas del suelo de norte a sur, resultando los suelos mayoritariamente arenosos en el tramo alto del río, en el tramo medio predominan las texturas francas, mientras que la zona marismeña es predominantemente arcillosa o arcillo-limosa. Así pues, siguiendo esta pauta, las seis especies que sólo han aparecido en el tramo alto del corredor (*Quercus suber*, *Arbutus unedo*, *Cistus ladanifer*, *Genista hirsuta*, *Rosmarinus officinalis* y *Thymbra capitata*) presentan valores de arena moderadamente altos y con poca variación (entre 40 y 50%) mientras que las restantes presentan un rango que va desde el 20 al 80%. Con la arcilla ocurre algo similar, las especies circunscritas al tramo alto presentan valores bajos y con poca variación de arcilla (10-25%), observándose en las demás una mayor variación, entre el 8 y el 43%. En la zona sur llegan a alcanzarse valores de arcilla que superan el 72%.

Los valores de pH encontrados oscilan entre 5,5 y 8,13, correspondiendo los más bajos a los suelos más desaturados del tercio alto del río; en el tramo medio el pH va aumentando para alcanzar los valores más elevados en los suelos marismeños ricos en sodio. Entre las especies estudiadas se observan cuatro tipos de comportamiento (figura 15): *Quercus suber* y *Arbutus unedo* se muestran como estrictamente ácidas ya que no aparecen nunca con $\text{pH} > 6,7$; en la zona de estudio el valor medio del pH para el alcornoque es de 6,06. PEREIRA (2007) coincidiendo con LAISECA (1947) dan como valores extremos de pH soportado por el alcornoque 4,8-7,0 y consideran que 5,67 es el óptimo. *Rosmarinus officinalis*, *Cistus ladanifer* y *Genista hirsuta* habitan preferentemente en suelos ácidos o moderadamente neutros (hasta 7,2), *Quercus rotundifolia*, *Q. coc-*

cifera, *Olea europaea* var. *sylvestris*, *Pistacia lentiscus*, *Cistus monspeliensis* y *Chamaerops humilis* mantienen su comportamiento polivalente y oscilan entre 5 y 8; por último *Thymra capitata* sólo apareció con pH superior a 8.

La conductividad eléctrica es un estimador del contenido en sales del suelo. El tipo de especies estudiadas en este trabajo habitan, como cabía esperar, en suelos no salinos, con valores bajos de conductividad eléctrica que oscilan entre 0,3 y 1,5 dS·m⁻¹. Cabe destacar una vez más la amplia tolerancia de *Quercus rotundifolia* que hemos encontrado en una muestra con 2,27. Los altos valores de esta variable en el tramo sur del área de estudio son la razón por la que ninguna de las especies tratadas puede estar presente en ella (véanse los mapas de distribución potencial). Los valores de CE = 2,27 dS·m⁻¹ y Na = 0,32 cmol_c·kg⁻¹, obtenidos hacia la localidad conocida como “La Tiesa”, suponen la frontera límite a la distribución de las especies forestales no halófilas.

La observación de los datos de las tablas nos permiten ver que las variables ambientales no edáficas (altitud, índice ombrotérmico e índice de termicidad compensado) tienen escaso valor discriminante entre las especies de este estudio en el área de trabajo, ya que la topografía es poco acusada y las diferencias altitudi-

nales y ombrotérmicas son suaves. Únicamente puede destacarse el estrecho rango de todas ellas en que se sitúan *Quercus suber* y *Arbutus unedo*, las dos especies que sólo aparecieron en los barrancos encajados del tramo alto del río, frente a la amplitud de las demás.

Estos resultados no son generalizables ni extrapolables a la totalidad del área de distribución de estas especies, sino el testimonio de una experiencia local. Se necesitan muchos más trabajos de este tipo y de áreas lo más amplias posible para acumular información, contrastar datos y poder así conocer los límites de tolerancia de las especies de nuestra flora.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo es parte de la memoria del proyecto de investigación «Composición, estructura, restauración y conservación de las comunidades vegetales cormofíticas en la cuenca del río Guadiamar» (PICOVE, convenio nº 14), financiado por la Oficina Técnica del Corredor Verde del Guadiamar, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. También se han utilizado recursos procedentes del proyecto P06-RNM-02286. Convocatoria de Proyectos de Excelencia 2006 de la Junta de Andalucía.

BIBLIOGRAFÍA

- Aronson, J., Floret, C., LeFloc'h, E., Ovalle, C. & Pontanier, R. –1993– Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. A view from the South – Rest. Ecol. 1: 8-17.
- Bartels, J.M. (Ed.) –1996– Methods of Soils Analysis. Part 3. Chemical Methods – SSSA Book Series n 5.
- Glenz, C., Schlaepfer, R., Iorgulescu, I. & Kienast, F. –2006– Flooding tolerance of Central European tree and shrub species – Forest Ecol. Manag. 235: 1-13.
- Gómez Mercado, F., Navarro, J., Giménez Luque, E., Delgado, I.C., de Haro, S. & del Moral, F. –2007– Valoración naturalística del Corredor Verde del Río Guadiamar (Andalucía, España) – Lagasalia 27: 7-22.
- Hidalgo, P.J., Marín, J.M., Quijada, J. & Moreira, J.M. –2008– A spatial distribution model of Cork oak (*Quercus suber*) in southwestern Spain: a suitable tool for reforestation – Forest Ecol. Manag. 255: 25-34.
- Klute, A. (Ed.) –1986– Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Second Edition – Soil Sci. Soc. Am. Book Series n 9. Madison. 1185 pp.
- Laisea, J.U. –1947– Fitoquímica forestal 1ª parte – Inst. For. Inv. y Exper. (Madrid) 37:1-87.
- Litt, A.R., Provencher, L., Tanner, G.W. & Franz, R. –2001– Herpetofaunal responses to restoration treatments of longleaf pine sandhills in Florida – Rest. Ecol. 9:462-474.
- Lu, T., Ma, K.M., Zhang, W.H. & Fu, B.J. –2006– Differential responses of shrubs and herbs present at the Upper Minjiang River basin (Tibetan Plateau) to several soil variables – J. Arid Environ., 67:373-390.
- Navarro, R.M., Lara, A., Blanco, P., Calzado, C., López, J., Fernández, A., Guzmán, J.R. & Sánchez, R. –2006– Aproximación a la definición del hábitat fisiográfico del Abies pinsapo Boiss. en Andalucía – Invest Agrar: Sist Recur. For. Fuera de serie: 137-152.
- Núñez Granados, M.A., Tamajón Gómez, R. & Recio Espejo, J.M. –2003– Distribución ecológica en función del pH de varias especies leñosas mediterráneas en

- Sierra Morena (España) – *Lazaroa* 24: 49-60.
- Pereira, H. –2007– The Cork oak. Ch. 4 pp. 103-125 – In: Cork. Biology, production and uses. Elsevier.
- Pérez Bejarano, A., Mataix Solera, J., Zornoza, R., Guerrero, C., Arcenegui, V., Mataix Beneyto, J. & Cano Amat, S. –2009– Influence of plant species on physical, chemical and biological soil properties in a Mediterranean forest soil – *Eur. J. For. Res.*, doi:101007/s10342-008-0246-2
- Rivas Martínez, S., Asensi, A., Díez-Garretas, B., Molero, J. & Valle, F. –1997– Biogeographical synthesis of Andalusia (southern Spain) – *J. Biogeogr.* 24: 915-928.
- Rubio, A., Escudero, A. & Gandullo, J.M. –1997– Sweet chestnut silviculture in an ecological extreme of its range in the west of Spain (Extremadura) – *Ann. Sci. For.* 54: 577-696.
- Rubio, A., Sánchez Palomares, O., Gómez, V., Graña, D., Elena, R. & Blanco, A. –2002– Autoecología de los castaños de Castilla (España) – *Invest. Agr. Sist. Recur. For.* 11: 373-393.
- Thuiller, W., Vayreda, J., Pino, J., Sabate, S., Lavorel, S. & Gracia, C. –2003– Large-scale environmental correlates of forest tree distributions in Catalonia (NE Spain) – *Global Ecol. & Biogeogr.* 12: 313-325.
- Vieira Natividade, J. –1991– Subericultura – Mº Agric., Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica.

Recibido: 20 noviembre 2008

Aceptado: 14 abril 2009