

## ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD DE PLANTAS LEÑOSAS EN LOS BOSQUES-ISLA DE LA CAMPIÑA DE CÁDIZ

CAROLA PÉREZ PORRRAS <sup>(1)</sup>, TEODORO MARAÑÓN <sup>(2)</sup> Y ABELARDO APARICIO <sup>(1)</sup>

(1) Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla.

(2) Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, CSIC.

### RESUMEN

Se estudia la biodiversidad de plantas leñosas que conforman el estrato arbóreo y arbustivo de 115 bosques-isla de la Campiña de Cádiz. Se ha realizado un análisis multivariante (DCA) de los bosques según su composición florística y se han evaluado dos componentes de la biodiversidad: la riqueza de especies y la riqueza de endemismos. Se han distinguido seis tipos de bosques, en función de la especie arbórea dominante: Encinar, Alcornocal, Acebuchar, Alcornocal-Acebuchar, Pinar, Mixto. Por último, se ha analizado la relación entre la diversidad y el tamaño del bosque-isla, evaluando el proceso de pérdida de especies debida a la fragmentación del bosque original. Existe en general una relativa homogeneidad en la composición florística del estrato arbustivo de los distintos bosques-isla de la Campiña de Cádiz. No obstante, se pueden establecer ciertas diferencias que parecen estar determinadas principalmente por el tipo de sustrato y por el gradiente de continentalidad. Existen diferencias entre los bosques en la riqueza media de especies; los acebuchares presentan los valores más bajos, mientras que los bosques mixtos son los más diversos. En cuanto al número medio de taxones endémicos, no se aprecian diferencias significativas entre los bosques, aunque tiende a ser mayor en el bosque mixto. La relación entre el número de especies y el área (transformadas logarítmicamente) es estadísticamente significativa y positiva. Es decir a medida que aumenta el tamaño del bosque-isla también aumenta su riqueza de especies leñosas. También existe una relación positiva con el número de taxones endémicos. Las predicciones o hipótesis que relacionan la biodiversidad con el estado de fragmentación de los bosques, así como el estudio de la diversidad y la caracterización de estos bosques-isla, son aportaciones para futuros planes de gestión. Los bosques-isla de la Campiña de Cádiz, a pesar de haber sufrido grandes transformaciones antrópicas desde antiguo, siguen teniendo gran valor como refugios para la flora y la fauna (en particular los mejor conservados) y son nexos de unión entre los grandes parques naturales de la provincia.

**Palabras clave:** conservación, diversidad, endemismo, fragmentación.

### INTRODUCCIÓN

En tiempos históricos se ha transformado la mayor parte de los bosques mediterráneos de las zonas bajas, en general sobre suelos fértiles, en tierras de labor y de pasto (Thirgood, 1981). Este proceso de transformación no ha sido general sino que ha generado una progresiva fragmen-

tación de las formaciones boscosas, quedando retazos de bosque cada vez más aislados que conforman en la actualidad un archipiélago de bosques-isla en un “mar” de cultivos y pastos. Estos bosques-isla tienen un gran valor como diversificadores biológicos y paisajísticos, como

islas biogeográficas y como refugios para la fauna y la flora. Este valor de conservación es más destacado en los medios predominantemente agrarios y en los climas con tendencia a la aridez; como es el caso de la Campiña gaditana.

La dinámica de las poblaciones de plantas y animales en los hábitats fragmentados es diferente de la que presentan las poblaciones que viven en hábitats extensos (según la teoría de biogeografía de islas de MacArthur y Wilson, 1967). La fragmentación de las masas forestales puede influir sobre los patrones de diversidad biológica a escala local y regional de varias maneras, por ejemplo mediante la pérdida de microhábitats únicos, por aumento del aislamiento (efecto de insularización), cambios en los patrones de reproducción y dispersión, o el aumento del efecto borde que suele favorecer la incorporación de especies transgresoras o invasivas. La fragmentación lleva en muchos casos a una reducción de la variabilidad genética debido a la formación de “cuellos de botella” en el momento de la fragmentación, y al consecuente proceso de “inbreeding” en pequeñas poblaciones (Young et al, 1996).

Los bosques-isla también suelen convertirse en los últimos refugios (bosques relictos) para diversas especies de plantas y animales (algunas de ellas en peligro de extinción o vulnerables) que necesitan de las condiciones ecológicas del bosque para su supervivencia y reproducción. En particular, las plantas nemorales requieren estas condiciones forestales para la dispersión, germinación, establecimiento y crecimiento, mientras que los animales del bosque encuentran allí alimento, protección y lugares para la nidificación y puesta.

Desde el punto de vista de la ecología teórica, ha tenido gran importancia el estudio de la relación entre el número de especies y el área. Como cualquier naturalista ha comprobado, a medida que se explora un área de mayor tamaño se encuentran cada vez más especies de plantas.

En otras palabras, existe una relación positiva entre la superficie de una mancha de bosque y el número de especies vegetales que alberga. Esta relación entre el número de especies y el área ya fue cuantificada por el botánico inglés H. C. Watson a mediados del siglo XIX y se considera como el ejemplo más antiguo de la descripción de un patrón ecológico (citado en Rosenzweig, 1995).

La explicación más convincente de esta relación es la que se basa en la diversidad de hábitats. Esto es, al aumentar la superficie, desde una mancha de bosque hasta toda una provincia, se van incorporando nuevos tipos de hábitats y en consecuencia se van acumulando las especies de plantas que están restringidas a esos hábitats diversos.

Desde el punto de vista de conservación, también es interesante mirar esta curva en sentido opuesto; es decir, a medida que disminuye el tamaño del área tenemos un número menor de especies de plantas. Esta “pérdida” de diversidad se puede deber a la menor variedad de hábitats en bosques más pequeños, como se ha dicho anteriormente. También puede intervenir un segundo proceso asociado a la dinámica de estas poblaciones: las islas o fragmentos de bosques más pequeños albergan a poblaciones con menos individuos y por tanto el riesgo de extinción es mayor.

Recientemente se ha publicado el inventario y la caracterización florística de los bosques-isla de la Campiña de Cádiz (Aparicio *et al.*, 2001). Este artículo se basa en datos del inventario y analiza la biodiversidad de los bosques-isla de la provincia de Cádiz. Los objetivos son: 1) describir la composición y las tendencias florísticas utilizando las especies de plantas leñosas, 2) relacionar estas tendencias con los factores ambientales y 3) analizar la relación entre la riqueza de especies leñosas y de los endemismos con el tamaño de los fragmentos de bosques.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio se centra en la Campiña Baja gaditana, aunque se extiende también a zonas de prelitoral (Figura 1). Es la comarca natural más extensa de la provincia y está integrada en su mayor parte por sedimentos de origen Terciario mezclados con aportes aluviales más recientes de los ríos Barbate, Guadalete y Guadalquivir. La altura media es de 200-300 m sobre las que destaca el monte Gibalbín con 408 m. El relieve general es de colinas suaves que limitan al oeste con los llanos de las marismas del Guadalquivir, de origen Cuaternario, donde la cota media sobre el nivel del mar es de 2 a 4 metros.

La Campiña está formada fundamentalmente por depósitos del Eoceno, Oligoceno y Mioceno, y por sedimentos más recientes, del Plioceno y del Cuaternario. También existen en la zona algunos afloramientos calizos del Triásico. Son comunes en la zona los bancos de arenas interiores muy extendidos por los términos de Jerez y Arcos. Los principales tipos de sustrato que se presentan en la Campiña (según los mapas del IGME) son las margas (margas verdes y grises, margas blancas, azules), arcillas (arcillas abigarradas), afloramientos de calizas, calca-renitas y biocalca-renitas, arenas, areniscas y depósitos aluviales (derrubios, terraza fluvial, limos cantos, conglomerados).

El clima es de tipo mediterráneo, con alter-nancia de periodos secos calurosos con otros frescos y húmedos. La precipitación media anual oscila entre 600 y 800 mm y la temperatura media es de 17,5 °C. La Campiña recibe influencia oceánica tanto del Atlántico (vientos de poniente) como del Mediterráneo (vientos de levante), lo cual reduce las oscilaciones de temperatura, tanto en invierno como en verano. Esta influencia oceánica disminuye desde las zonas costeras hacia el interior originando un gradiente de continentalidad-oceanidad.

### Descripción de los bosques

Se han identificado todos los fragmentos de bosque de la Campiña gaditana que cumplen dos criterios: 1) la cobertura de arbolado es igual o superior al 50 % y 2) la superficie es superior a 1 ha. Mediante el reconocimiento de imágenes de satélite y recorridos de campo se han inventariado 159 bosques-isla cuya localización y caracterización florística se ha publicado en Aparicio *et al.* (2001). Para este estudio se han seleccionado 115 de estos bosques, que recogen diferentes tipos de sustrato, con lo cual queda representada la mayor parte de la diversidad forestal de la Campiña.

Los bosques han sido visitados una o dos veces durante el año 1999 y se han anotado todas las especies leñosas presentes. En este estudio excluimos los árboles plantados o de posible origen cultivado como diversas especies de pinos, eucaliptos y la higuera.

### Análisis cuantitativo

Con el listado completo de especies leñosas de cada bosque-isla se ha realizado una matriz florística de presencia/ ausencia de especies. Esta matriz de 107 taxones por 115 muestras ha sido analizada mediante análisis de correspondencias corregidas (DCA = *Detrended Correspondence Analysis*), con la opción de infravaloración de las especies raras. El análisis DCA nos proporciona una ordenación simultánea de muestras y especies en el mismo espacio. Las muestras se ordenan en función de sus semejanzas o diferencias en la composición de especies. De forma recíproca, las especies se ordenan en función de su distribución en las muestras de bosque. El primer eje del análisis refleja la tendencia principal de variación florística (véanse los detalles metodológicos en McCune y Mefford, 1999).

Las muestras de bosque se han asignado a seis tipos de formación, según la especie de árbol dominante (que representa más del 75 % de la cobertura arbórea): **Encinar** (bosque dominado

por *Quercus ilex* subsp. *ballota*), **Alcornocal** (*Q. suber*), **Acebuchar** (*Olea europaea*), **Alcornocal-acebuchar** (bosque mixto en el que codominan alcornoques y acebuches), **Pinar** (plantaciones de *Pinus halepensis* y *P. pinea*) y **Mixto** (son bosques con mezcla de pinos, alcornoques y acebuches). En los pinares y bosques mixtos sólo se consideran las especies autóctonas.

Se ha realizado la interpretación ecológica del gradiente florístico obtenido por el DCA mediante la comparación de la ordenación de las muestras y de los tipos de bosque (según su composición de especies) con dos factores ambientales: la continentalidad y el tipo de sustrato. El gradiente de continentalidad-oceanidad se ha estimado mediante la distancia más corta desde cada bosque hacia la costa (medida en cm y transformada en Km), sobre un mapa de escala 1:200.000. En cuanto al factor sustrato, se ha calculado para cada tipo de bosque la proporción de muestras que están asentadas sobre cada una de las seis categorías (1 - areniscas; 2 - arenas; 3 - aluvial y coluvial; 4 - calcarenitas; 5 - arcillas y margas; 6 - calizas), obtenidas a partir de observaciones de campo y a partir de los correspondientes mapas geológicos a escala 1:50.000 y 1:200.000 (IGME).

Para el análisis de la biodiversidad se ha calculado el número de especies leñosas y el número de taxones endémicos en cada bosque. A continuación se han comparado los tipos de bosque según estos dos componentes de biodiversidad (véase método en Ojeda *et al.*, 2000) utilizando ANOVA y test de comparaciones múltiples LSD.

Se ha analizado la relación entre el logaritmo de la riqueza de especies leñosas (R) y el logaritmo del tamaño del bosque (A) según la ecuación:

$$\log R = z \log A + \log c$$

Como la relación entre especies y área es de tipo exponencial, al transformar las variables

logarítmicamente se obtiene una relación lineal que es más fácil e intuitiva de estudiar. Se han calculado la pendiente ( $z$ ) y la intercepción ( $\log c$ ) de esta línea que nos permite compararla con las obtenidas en otros estudios (véanse métodos en Rosenzweig, 1995).

Para el análisis DCA se ha utilizado el programa PC-ORD (McCune y Mefford, 1999) y para los análisis estadísticos de ANOVA, comparación de medias y regresiones el programa STATISTICA (StatSoft, 1997)

## RESULTADOS

### *Análisis de ordenación*

En la Figura 2 se muestra la ordenación de los 115 bosques según la composición florística del estrato arbustivo y arbóreo. El primer eje tiene un autovalor de 0.22 y recoge la principal tendencia de variación florística mientras que el autovalor del segundo eje es de 0.15. Aunque existe bastante solapamiento en la posición de los bosques, se puede considerar que el primer eje separa hacia la parte negativa a encinares (con especies características como *Phagnalon rupestre*, *Fumana thymifolia*, *Thymbra capitata* y *Quercus faginea*) y acebuchares (con *Jasminum fruticans*, *Rhamnus lycioides* subsp. *oleoides*, *Asparagus albus*, etc) mientras que los alcornocales tienden a agruparse hacia la zona positiva. Los pinares están distribuidos por todo el gradiente del eje, ya que se trata de plantaciones y presentan diversos tipos de sotobosque. Estos ejes ambientales parecen estar relacionados con factores como la continentalidad y la naturaleza del sustrato.

En general se pueden observar ciertas preferencias de los tipos de bosque respecto al sustrato sobre el que se asientan (Tabla 1). Los encinares se encuentran sobre sustratos básicos (calizas y arcillas-margas), aunque 2 de ellos (33%) se encuentran sobre arenas. Estos son encinares mixtos de encina y alcornoque, con características intermedias entre ambos. Los

alcornocales, claramente acidófilos se encuentran en su mayor parte sobre arenas y areniscas y en menor porcentaje sobre depósitos aluviales. Los acebuchares son un grupo más tolerante o generalista en cuanto al tipo de sustrato, ya que se encuentran en los 6 tipos de sustratos, desde los más ácidos a los más básicos, aunque son mayoritarios en arcillas y margas. Todos los bosques mixtos de alcornoque y acebuche se encuentran sobre arenisca. Se trata de un tipo de bosque que se encuentra bastante localizado en zonas donde este tipo de sustrato es abundante (términos de Medina Sidonia y Alcalá de los Gazules). Los pinares, al igual que los acebuchares, se encuentran sobre todos los tipos de sustrato. Sin embargo son mayoritarios en sustratos de tipo arenoso. En cuanto a los Bosques mixtos, aunque se encuentran sobre calcarenitas, son mayoritarios en sustratos arenosos. Se trata principalmente de bosques costeros asentados sobre sustratos arenosos.

Respecto a la continentalidad, tras el ANOVA y el Test de comparaciones múltiples LSD, la distancia media a la costa de los distintos tipos de bosque es significativamente diferente ( $p=0.006$ ), particularmente entre encinares ( $38.56\text{Km}\pm 21.34$ ) y alcornocal-acebuchar ( $21.56\text{Km}\pm 7.53$ ), pinares ( $17.91\text{km}\pm 14.72$ ) y bosques mixtos ( $15.40\text{km}\pm 10.45$ ). Existen también diferencias significativas entre pinares con alcornocales ( $28\text{Km}\pm 16.09$ ) y acebuchares ( $26.22\text{Km}\pm 13.32$ ).

### Análisis de biodiversidad

En el Apéndice se presenta la lista completa de las 107 especies leñosas y su distribución. En este trabajo se consideran taxones endémicos los que tienen una distribución Ibero Mauritana o menor. Así, se han detectado 19 taxones Ibero-Mauritanos (sensu stricto), 5 Ibéricos, 1 Bético-Mauritano y 2 Gaditanos (*Sideritis perezlarae* y *Ononis leucotricha*).

Entre los 115 bosques, el número total de especies oscila entre 38 en el Pinar de la Cañada

de Manzanete (42.58 ha) y 2 en tres acebuchares que se encuentran muy degradados y sin apenas matorral. En conjunto, el valor medio es de 15 especies leñosas por bosque.

Respecto a la riqueza de especies se han encontrado diferencias significativas ( $p=0.003$ ) entre los tipos de bosques. Ésta es mayor en el bosque mixto con diferencias significativas frente a acebuchares ( $p=0.002$ ) y pinares ( $p=0.02$ ), y es menor en el acebuchar con diferencias frente a alcornocales ( $p=0.003$ ) y a alcornocal-acebuchar ( $p=0.03$ ). Entre pinares y alcornocal-acebuchar la diferencia es menor, aunque sí significativa ( $p=0.04$ ).

Por su parte, la mayor concentración de taxones endémicos se encontró en el Alcornocal de Guadalquítón (San Roque) con 8 taxones, mientras que en 24 bosques (21%) no se encontró ninguno. La media por tipo de bosque oscila entre 1 (en los acebuchares) y 3 (en los mixtos) (Tabla 2), pero estas diferencias no son estadísticamente significativas ( $p=0.10$ ). Si consideramos el conjunto de los bosques, en los 47 pinares se ha encontrado un total de 24 endemismos mientras que en los 27 acebuchares sólo seis.

Por último, el tamaño de los bosques-isla estudiados varía entre 273 y 2,5 ha, con un valor medio de 40 ha. Por su parte, el subconjunto antes mencionado de los 24 bosques sin taxones endémicos tiene una superficie media de 19,14 ha; por lo tanto se puede afirmar que son bastante más pequeños (aproximadamente la mitad) que el resto de los bosques de la Campiña.

### Relación entre especies y área

Existe una relación positiva y significativa ( $r = 0,48$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 115$ ) entre el tamaño del fragmento de bosque y su diversidad de especies leñosas (Figura 3), es decir a medida que aumenta el tamaño del bosque-isla también aumenta su riqueza en especies leñosas. La pendiente de la relación ( $z$ ) es 0,27 y la intercepción ( $\log c$ ) es 1,29.

De igual forma, existe una relación positiva y significativa ( $r = 0,41$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 91$ ) entre el tamaño del bosque-isla y el número de taxones endémicos que alberga. En este caso la pendiente es algo menor ( $z = 0,25$ ) y la intercepción ( $\log c$ ) es 0,38.

En la Figura 3 se han representado conjuntamente las líneas de regresión entre el tamaño del bosque y las dos componentes de biodiversidad: la riqueza de especies totales y de taxones endémicos. Las pendientes son semejantes pero la intercepción para los endemismos es bastante menor.

## DISCUSIÓN

### Descripción de los bosques-isla

Existe una relativa homogeneidad en la composición florística del estrato arbustivo de los distintos bosques-isla de la Campiña Cádiz, como muestran los resultados del análisis multivariante (DCA, Figura 2). Un grupo de siete especies comunes, entre ellas *Pistacia lentiscus*, *Chamaerops humilis*, *Daphne gnidium*, *Asparagus acutifolius* y *Cistus salvifolius* están presentes en más de la mitad de estos bosques (Apéndice). Esta variación gradual en la vegetación arbustiva se puede explicar por la relativa homogeneidad topográfica y climática de la Campiña, sin apenas diferencias altitudinales, ni grandes variaciones en precipitación y temperaturas asociadas a la orografía.

Varios estudios sobre diversidad de especies leñosas en el sur de España han puesto ya de manifiesto la importancia de los factores ambientales, como la altitud y el tipo de sustrato (Arroyo y Marañón 1990; Aparicio *et al.*, 1996; Gallego, 1999; Ojeda *et al.*, 2000). Aunque la Campiña apenas presenta diferencias altitudinales, sí que presenta una considerable variación en los tipos de sustratos (véase Tabla 1) y un cierto gradiente climático de continentalidad, asociado a la distancia a la costa. Estos dos factores, además del impacto de las

perturbaciones y el uso de los recursos (no examinados en este artículo), originan las diferencias florísticas observadas en el diagrama de la Figura 2. Hay que tener en cuenta que se analizan variables cualitativas (presencia o ausencia de una especie) y que la cuantificación de la abundancia de esas especies posiblemente marquen mayores diferencias entre los bosques.

A continuación se describen los principales tipos de bosques-isla, sus características ambientales y florísticas.

**Encinares.** En general se encuentran hacia el interior de la provincia (los más distantes de la costa, y están sobre sustrato de calizas y arcillas (Tabla 1). En el sotobosque se encuentran especies de carácter calcícola como *Stahelina dubia*, *Phagnalon rupestre* y *Cistus albidus*, junto a otras especies como *Fumana thymifolia*, *Thymbra capitata* y *Micromeria graeca*. Además de los encinares donde *Quercus ilex* subsp. *ballota* es la especie arbórea dominante, existen en la Campiña otros encinares atípicos sobre arenas, donde *Q. ilex* subsp. *ballota* predomina pero coexiste con *Q. suber* (por ejemplo, el Encinar de Vicos o el Encinar de Garrapilos, ambos en Jerez).

**Acebuchares.** Se encuentran diferenciados por un gradiente de continentalidad y de sustrato (Figura 2). Se desarrollan sobre distintos tipos de sustratos aunque suelen predominar en suelos vérticos sobre arcillas y margas. En cuanto a la continentalidad, se distinguen dos grupos, uno de carácter más termófilo y continental, compuesto por una serie de acebuchares de los términos de Arcos, Alcalá y Jerez, y otro minoritario que están en zonas más próximas al litoral.

**Alcornocales.** Están poco diferenciados en el gradiente de continentalidad, ya que se encuentran tanto en zonas costeras como en zonas más interiores; no obstante son mayoritarios en las zonas más litorales. Están mejor diferenciados por el tipo de sustrato, siendo más frecuentes en los sustratos ácidos sobre arenas y areniscas. En el sotobosque suelen dominar las especies acidófilas como los brezos (*Erica*

*scoparia* y *E. arborea*) además de otras ericáceas que se encuentran en menor proporción (*Arbutus unedo*), así como cistáceas y genisteas (*Genista triacanthos* y *Stauracanthus genistoides*).

**Alcornocal-Acebuchar.** El estrato arbóreo está co-dominado por *Quercus suber* y *Olea europaea*; se desarrollan principalmente sobre areniscas. El sotobosque presenta una composición florística semejante a la del alcornocal, con especies características como *Adenocarpus telonensis*, *Genista triacanthos*, *Erica australis*, *Cistus ladanifer* y *Cistus monspeliensis*. La elevada riqueza florística de este tipo de bosque (Tabla 1) se puede explicar, en parte, por la heterogeneidad del sustrato. Aunque destacan los afloramientos de areniscas silíceas, es frecuente la alternancia con depósitos de margas, arcillas y calcarenitas, resultando un elevado número de elementos florísticos diferenciales (Pérez Latorre *et al.*, 1996).

**Mixto.** Los bosques mixtos con pinos están principalmente sobre arenas de zonas litorales. Presentan especies propias de arenales costeros como *Halimium halimifolium*, *H. calycinum*, *Cistus libanotis*, *Stauracanthus genistoides* y *Helichrysum picardii*; destacando numerosos taxones endémicos como *Thymus albicans*, *Thymus zygis*, *Ononis leucotrica* y *Sideritis perezlarae*.

**Pinares.** Los pinares se encuentran dispersos por la Campiña y no están diferenciados por la continentalidad ni el tipo de sustrato. Este patrón pone de manifiesto su “artificialidad” ya que se trata de plantaciones que han sustituido a los primitivos alcornocales, encinares o acebuchares y por tanto la composición del sotobosque presenta similitud con todos estos grupos.

Un grupo importante de pinares (*Pinus pinea*) está asentado sobre arenas del litoral y presenta un estrato arbustivo similar al de los alcornocales sobre arenas. El sotobosque de estos pinares costeros suele estar conformado por tomillares (*Thymus albicans* y *T. mastichina*), brezales (*Erica scoparia*, *E. umbellata* y *E. arborea*) o por diferentes cistáceas. Otro grupo

menor de pinares (los de *Pinus halepensis*) están hacia el interior de la Campiña, en los términos de Arcos, Bornos, Jerez y Prado del Rey, donde habrían sustituido a primitivos acebuchares o encinares.

Por tanto, la menor abundancia de los pinares en las zonas más interiores de la Campiña no responde a un patrón ecológico “los pinos crecen mejor en la costa que en el interior”, sino a una diferencia en el uso de la tierra. Los suelos fértiles y ricos de la Campiña han sido dedicados desde antiguo para la agricultura; de forma que los primitivos encinares, acebuchares y algunos alcornocales fueron convertidos en campos de cultivo. Por el contrario, las zonas de arenas litorales (al igual que las arenas del interior, menos frecuentes), que por su infertilidad no eran aptas para la agricultura fueron dedicadas al uso forestal y plantadas con pinos.

### Biodiversidad

Se han inventariado un total de 107 especies leñosas en los 115 bosques de la Campiña de Cádiz, lo cual representa una considerable diversidad regional si consideramos que en total sólo ocupan unas 4.600 ha.

La mayor riqueza en especies se encuentra en los alcornocales, bien puros o mixtos, mientras que los acebuchares parecen tener menor diversidad de especies leñosas (Tabla 2). Es bien conocida la diversidad del estrato arbustivo en los bosques sobre arenisca del Parque Natural Los Alcornocales; por ejemplo en una parcela piloto de 0,1 ha se han identificado hasta 30 especies leñosas diferentes, incluyendo árboles, arbustos y trepadoras (Ojeda *et al.*, 2000). En general los bosques y matorrales de la Cuenca Mediterránea tienen mayor diversidad vegetal que las formaciones equivalentes en las zonas templadas de Europa (Grubb, 1987).

En el conjunto de los 115 bosques-isla se han encontrado un total de 27 taxones endémicos, es decir aproximadamente el 25 % de las especies leñosas. La mayor parte de estos endemismos se encuentran en los pinares sobre arenas costeras y

en los alcornocales sobre arenas y areniscas; por el contrario los acebuchares sobre margas y arcillas son más pobres en endemismos (Tabla 2). Los sustratos de poca fertilidad, como las arenas y areniscas, pueden suponer una presión selectiva para la especiación y el endemismo de plantas tolerantes. Por otra parte, son relativamente menos frecuentes en la Cuenca Mediterránea (donde el sustrato más extendido son las calizas y margas), y podría favorecer la formación de endemismos por aislamiento edáfico (Ojeda *et al.*, 2000).

En general, la Cuenca Mediterránea, con unas 25.000 especies vegetales, de ellas aproximadamente el 50 % endémicas, se considera uno de los puntos calientes de biodiversidad del Planeta. Dentro de la Cuenca, la región Bético-Rifeña, que agrupa parte de Andalucía (sur de España) y el Rif (norte de Marruecos), tiene un total de 3.500 especies vegetales y una gran proporción de endemismos, siendo definida como uno de los diez puntos calientes de biodiversidad regionales (Médail y Quézel, 1997). Los bosques de la Campiña gaditana tienen una proporción alta de endemismos (25 % de las especies leñosas) y están incluidos en esta región biogeográfica de gran biodiversidad vegetal.

### **Relación entre el número de especies y el área**

La pendiente de la relación entre especies y área (en realidad de sus transformadas logarítmicas) para los fragmentos de bosques de Cádiz es de 0,27, algo mayor a los valores obtenidos en otros estudios de vegetación continental; p. ej. 0,16 y 0,22 en California, 0,19 en Inglaterra y 0,23 en Francia. Sin embargo es menor que los valores obtenidos para islas verdaderas; p. ej. 0,34 en las islas de Australia, 0,35 en las islas de California y 0,36 en las islas del Canal de la Mancha (véase revisión en Rosenzweig, 1995). Es decir, la pendiente de la recta que predice la pérdida de especies al disminuir el tamaño del bosque es mayor que la observada en otras regiones continentales, pero

no tan acusada como en las islas verdaderas.

La diversidad de especies en un fragmento de bosque determinado y en un momento de tiempo dado es el resultado del balance entre inmigración y extinción. El relativo aislamiento de los fragmentos de bosques debe suponer un freno para la llegada de nuevos individuos (y por tanto de especies) en forma de diásporas desde bosques vecinos, pero estará más atenuado que en las islas verdaderas. Por otra parte, el riesgo de extinción de las plantas en las islas se debe en muchos casos a la sobreexplotación por herbívoros que han sido introducidos y están confinados a una superficie pequeña. Este sobrepastoreo será menos acusado en los fragmentos de bosques porque los herbívoros pueden abandonar la "isla" antes de esquilmarla totalmente (o perecer por inanición).

La tasa de pérdida de especies de plantas leñosas, a medida que se produce la fragmentación de los bosques, es más dramática en el caso de los taxones endémicos. A partir de la relación encontrada para estos bosques se puede predecir que el tamaño mínimo de un bosque-isla para que albergue al menos un taxón endémico es de 31 ha. De hecho, se ha comprobado que casi la quinta parte (21 %) de los bosques examinados no tienen taxones endémicos (con hábito arbustivo o arbóreo).

### **Conservación de los bosques-isla**

Actualmente se considera que los bosques-isla, o de llanura, son muy valiosos, particularmente en medios predominantemente agrarios y en climas semiáridos como el mediterráneo. La existencia y conservación de estos bosques es de primordial importancia para la fauna y la flora silvestres, debido a su funcionamiento como puntos de enlace en los procesos de migración, distribución geográfica e intercambio genético entre poblaciones.

El interés ecológico y de conservación de estos bosques-isla ha sido reconocido en la legislación ambiental regional y europea. Tanto el Plan Andaluz de Medio Ambiente como el Plan

Forestal Andaluz (en el apartado del Programa de Diversificación del Paisaje Rural) incluyen como medida principal la conservación y recuperación de bosquetes y vegetación de ribera en zonas agrícolas. La legislación europea, en la Directiva 92/43/CEE de conservación de los hábitats (artículo 10º), establece que para mejorar la coherencia ecológica de la red Natura 2000, los Estados miembros se han de esforzar en fomentar la gestión y conservación de diversos elementos del paisaje, entre ellos los bosques-isla.

En la Campiña de Cádiz, estos bosques se encuentran en franca regresión debido (entre otros factores) a los cambios agrícolas y ganaderos, a las extracciones de áridos, las canalizaciones de cursos de agua, y los incendios forestales; todas estas perturbaciones vienen afectando desde antiguo la comarca que ya estaba habitada en tiempos prehistóricos (Ceballos y Bolaños, 1930). No obstante, el estado de conservación de muchos de estos bosques es aún importante y dan cobijo a una buena parte de la flora endémica y amenazada de la provincia. Además, suponen en sí mismos testigos únicos de

diversos tipos de bosque que antaño debieron ser mucho más extensos y que actualmente están sometidos a una intensa presión; por ejemplo, de los alcornoques costeros que prácticamente han desaparecido, queda un interesante relicto cerca de la Cañada de Manzanete, en Vejer (Aparicio *et al.* 2001). Por todo ello, el presente artículo quiere ser una primera aportación al estudio de la biodiversidad de estos ecosistemas, que a pesar de su gran interés son relativamente poco conocidos, y la base para posteriores aportaciones.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha realizado gracias a un convenio de investigación suscrito entre la Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía) y la Universidad de Sevilla. Estamos agradecidos a cuantas personas nos han ayudado tanto en la gestión del proyecto como en la toma de datos, entre los cuales están Federico Fernández, Eugenia Pérez, Crisanto Calero y Ángel Herrador.

## BIBLIOGRAFÍA

- APARICIO, A., PÉREZ PORRAS, C. Y CEBALLOS, G. 2001. *Bosques-isla de la provincia de Cádiz*. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Jerez, Cádiz.
- APARICIO, A, GARCÍA MARTÍN, F. AGUILAR L. Y ROMERO M. 1996. *Cartografía y evaluación de la flora y vegetación en el Parque Natural de la Sierra de Grazalema. Componentes de su biodiversidad*. Informe para la Consejería de Medio Ambiente.
- ARROYO, J. Y MARAÑÓN, T. 1990. Community ecology and distributional spectra of Mediterranean shrublands and heathlands in Southern Spain. *Journal of Biogeography* **17**, 163-176.
- CEBALLOS, L. M. Y BOLAÑOS, M. 1930. *Estudio sobre la vegetación forestal de la provincia de Cádiz*. Publ. Inst. For. Inv. Exp. Madrid.
- GALLEGO, J. B. 1999. *Patrones de diversidad y grupos funcionales del matorral mediterráneo en ecosistemas culturales abandonados del Parque Natural de la Sierra de Grazalema*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- GRUBB, P. J. 1987. Global trends in species-richness in terrestrial vegetation: a view from the northern Hemisphere. En: J. H. R. Gee y P.S. Giller (eds.) *Organization of communities, past and present*, pp. 99-118. Blackwell, Oxford, Inglaterra.
- IGME, (1972 y otros). *Mapa Geológico de España E. 1.200.000 hoja 87 Algeciras, E. 1.50.000 hojas 1034, Lebrija, 1048, Jerez de la Fra., 1049, Arcos de la Fra., 1062, Paterna de Ribera, 1063, Algar,*

1069, Medina S. – Chiclana de la Fra., 1070, Alcalá de los Gazules, 1073, Vejer de la Fra. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

MÉDAIL, F. Y QUÉZEL, P. (1997). Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **84**, 112-127

MACARTHUR Y WILSON, E. O. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press. Princeton, EEUU.

MCCUNE, B. Y MEFFORD, M. J. 1999. *PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, version 4*. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, EEUU.

OJEDA, F., MARAÑÓN T. Y ARROYO J. 2000. Plant diversity patterns in the Aljibe Mountains (S. Spain): a comprehensive account. *Biodiversity and Conservation* **9**, 1323-1343.

PÉREZ LATORRE, A.V., Galán de Mera, A., Deil U. y Cabezudo B. 1996. Fitogeografía y vegetación del Sector Aljibico (Cádiz, Málaga, España). *Acta Botánica Malacitana* **21**, 241-268.

ROSENZWEIG, M. L. 1995. *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press, Cambridge, Inglaterra.

STATSOFT. 1997. *STATISTICA for Windows, version 5.1*. StatSoft Inc., Tulsa, Oklahoma, EEUU.

THIRGOOD, J.V. 1981. *Man and the Mediterranean forest*. Academic Press, Londres.

YOUNG, A., BOYLE T. Y BROWN T. 1996. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants *Tree* **11**. 413-418.

**Tabla 1.** Proporción de Bosques-isla sobre los diferentes sustratos geológicos. Número de bosques-isla estudiado entre paréntesis.

	areniscas	arenas	aluvial	calcarenitas	arcillas-margas	calizas
Encinar (6)	0	33.33	0	0	33.33	33.33
Alcornocal (20)	25	65	10	0	0	0
Acebuchar (27)	18.52	14.81	7.41	18.52	29.63	11.11
Alcornocal-Acebuchar (9)	100	0	0	0	0	0
Pinar (47)	2.12	57.45	12.76	10.64	14.89	2.12
Bosque mixto (6)	0	83.3	0	16.7	0	0

**Tabla 2.** Valores medios ( $\pm$  desviación estándar) de la riqueza de especies y taxones endémicos en los seis tipos de bosques-isla. Número de bosques-isla estudiado entre paréntesis.

	Riqueza de especies	Endemismos
Encinar (6)	17 $\pm$ 8	3 $\pm$ 3
Alcornocal (20)	18 $\pm$ 7	2 $\pm$ 2
Acebuchar (27)	11 $\pm$ 6	1 $\pm$ 1
Alcornocal-acebuchar (9)	20 $\pm$ 7	2 $\pm$ 1
Pinar (47)	15 $\pm$ 11	2 $\pm$ 2
Mixto (6)	22 $\pm$ 5	3 $\pm$ 2

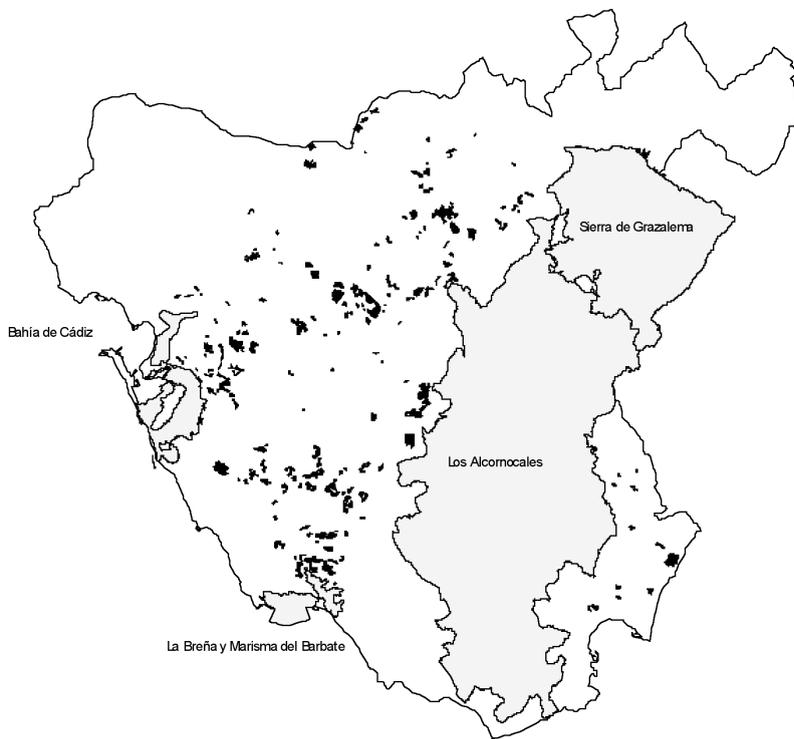
## APÉNDICE

Lista de las 107 especies leñosas encontradas en los bosques-isla de la Campiña de Cádiz. Se indica la distribución corológica (resaltando los taxones endémicos en negrita) y la frecuencia en los 115 bosques estudiados.

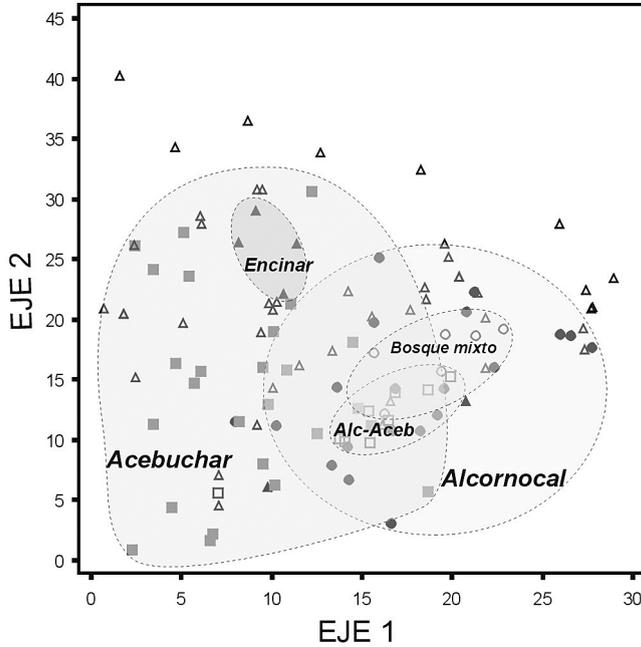
TAXON	DISTRIBUCIÓN	FRECUENCIA
<i>Adenocarpus telonensis</i> (Loisel.) DC.	Circunmediterráneo	28
<i>Alnus glutinosa</i> (L.)	Gaertner Paleotemplado	1
<i>Anagyris foetida</i> L.	Circunmediterráneo	8
<i>Anthyllis cytisoides</i> L.	Circunmediterráneo	2
<i>Arbutus unedo</i> L.	Latemediterráneo	3
<i>Asparagus acutifolius</i> L.	Circunmediterráneo	65
<i>Asparagus albus</i> L.	Circunmediterráneo	34
<i>Asparagus aphyllus</i> L.	Circunmediterráneo	23
<i>Bryonia dioica</i> Jacq.	Mediterráneo atlántico	27
<i>Calicotome villosa</i> (Poiret) Link	Circunmediterráneo	28
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	Amplia distribución	4
<i>Ceratonia siliqua</i> L.	Amplia distribución	9
<i>Chamaerops humilis</i> L.	Circunmediterráneo	90
<i>Cistus albidus</i> L.	Circunmediterráneo	20
<i>Cistus crispus</i> L.	Circunmediterráneo	44
<i>Cistus ladanifer</i> L.	Mediterráneo atlántico	9
<i>Cistus libanotis</i>	<b>Península Ibérica</b>	4
<i>Cistus monspeliensis</i> L.	Latemediterráneo	8
<i>Cistus salvifolius</i> L.	Circunmediterráneo	66
<i>Clematis cirrhosa</i> L.	Circunmediterráneo	43
<i>Clematis flammula</i> L.	Latemediterráneo	5
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	Amplia distribución	45
<i>Cytisus arboreus</i> (Desf.) DC. subsp. <i>bacticus</i> (Webb) Maire	<b>Ibero- Mauritano</b>	18
<i>Cytisus striatus</i> (Hill) Rothm.	Amplia distribución	1
<i>Daphne gnidium</i> L.	Latemediterráneo	69
<i>Dorycnium hirsutum</i> (L.) Ser.	Circunmediterráneo	2
<i>Erica arborea</i> L.	Latemediterráneo	4
<i>Erica australis</i> L.	<b>Ibero- Mauritano</b>	1
<i>Erica scoparia</i> L. subsp. <i>scoparia</i>	Circunmediterráneo	19
<i>Erica umbellata</i> L.	<b>Ibero- Mauritano</b>	3
<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl subsp. <i>angustifolia</i>	Euromediterráneo	2
<i>Fumana ericifolia</i> Wallr.	Circunmediterráneo	2
<i>Fumana juniperina</i> (Lag ex Dunal) Pau	Circunmediterráneo	2
<i>Fumana thymifolia</i> (L.) Spach ex Webb	Circunmediterráneo	9
<i>Genista triacanthos</i> Brot.	<b>Ibero- Mauritano</b>	19
<i>Genista tridens</i> (Cav.) DC.	<b>Ibero- Mauritano</b>	4
<i>Globularia alypum</i> L.	Circunmediterráneo	4
<i>Halimium calycinum</i> (L.) K. Koch	<b>Ibero- Mauritano</b>	13
<i>Halimium halimifolium</i> (L.) Willk.	Mediterráneo atlántico	14
<i>Hedera helix</i> L.	Paleotemplado	1
<i>Helianthemum hirtum</i> (L.) Mill.	Euromediterráneo	8
<i>Helichrysum italicum</i> (Roth) G. Don fil. subsp. <i>serotinum</i> (Boiss.) P. Fourn.	Circunmediterráneo	1

TAXON	DISTRIBUCIÓN	FRECUENCIA
<i>Helichrysum picardii</i> Boiss. & Reuter	<b>Ibero- Mauritano</b>	6
<i>Helichrysum stoechas</i> (L.) Moench	Circunmediterráneo	11
<i>Jasminum fruticans</i> L.	Circunmediterráneo	3
<i>Juniperus oxycedrus</i> L. subsp. <i>oxycedrus</i>	Latemediterráneo	7
<i>Juniperus phoenicea</i> L. subsp. <i>phoenicea</i>	Mediterráneo atlántico	1
<i>Juniperus phoenicea</i> L. subsp. <i>turbinata</i> (Guss.) Nyman	Mediterráneo atlántico	9
<i>Lavandula stoechas</i> L.	Circunmediterráneo	45
<i>Linum suffruticosum</i> L. var. <i>angustifolium</i> Lange	<b>Ibero- Mauritano</b>	1
<i>Lonicera implexa</i> Aiton	Latemediterráneo	11
<i>Lonicera periclymenum</i> L. subsp. <i>hispanica</i> (Boiss. & Reuter) Nyman	<b>Ibero- Mauritano</b>	3
<i>Micromeria graeca</i> (L.) Benth. ex Reichenb. subsp. <i>graeca</i>	Circunmediterráneo	6
<i>Myrtus communis</i> L.	Latemediterráneo	36
<i>Nerium oleander</i> L.	Latemediterráneo	1
<i>Olea europaea</i> L. var. <i>sylvestris</i> Brot.	Latemediterráneo	93
<i>Ononis leucotricha</i> Cosson	<b>Endemismo de Cádiz</b>	5
<i>Ononis natrix</i> L.	Latemediterráneo	6
<i>Osyris alba</i> L.	Circunmediterráneo	10
<i>Osyris lanceolata</i> Hochst. & Steud	Latemediterráneo	8
<i>Phagnalon rupestre</i> (L.) DC.	Latemediterráneo	4
<i>Phagnalon saxatile</i> (L.) Cass.	Latemediterráneo	14
<i>Phillyrea angustifolia</i> L.	Circunmediterráneo	22
<i>Phillyrea latifolia</i> L.	Circunmediterráneo	2
<i>Phlomis purpurea</i> L.	<b>Ibero- Mauritano</b>	46
<i>Pistacia lentiscus</i> L.	Latemediterráneo	101
<i>Pistacia terebinthus</i> L.	Latemediterráneo	1
<i>Populus alba</i> L.	Amplia distribución	3
<i>Pterospartum tridentatum</i> (L.) Willk. subsp. <i>lasianthum</i> (Spach) Talavera & P. E Gibbs	<b>Ibero- Mauritano</b>	1
<i>Pyrus bourgaeana</i> Decne	<b>Ibero- Mauritano</b>	4
<i>Quercus coccifera</i> L.	Circunmediterráneo	71
<i>Quercus faginea</i> Lam.	<b>Ibero- Mauritano</b>	11
<i>Quercus ilex</i> L. subsp. <i>ballota</i> (Desf.) Samp.	Circunmediterráneo	10
<i>Quercus lusitanica</i> Lam.	<b>Ibero- Mauritano</b>	1
<i>Quercus suber</i> L.	Circunmediterráneo	54
<i>Retama monosperma</i> (L.) Boiss.	<b>Ibero- Mauritano</b>	3
<i>Retama sphaerocarpa</i> (L.) Boiss.	<b>Ibero- Mauritano</b>	23
<i>Rhamnus alaternus</i> L.	Circunmediterráneo	39
<i>Rhamnus lycioides</i> L. subsp. <i>oleoides</i> (L.) Jahandiez & Maire	Circunmediterráneo	44
<i>Rosa canina</i> L.	Amplia distribución	3
<i>Rosa sempervirens</i> L.	Amplia distribución	8
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Latemediterráneo	11
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	Amplia distribución	26
<i>Ruscus aculeatus</i> L.	Euromediterráneo	25
<i>Salix atrocinerea</i> Brot.	Mediterráneo atlántico	4
<i>Sideritis arborescens</i> Salzm. ex Benth. subsp. <i>arborescens</i>	<b>Ibero- Mauritano</b>	2
<i>Sideritis perezlarae</i> (Borja) Roselló, Stübing y Peris	<b>Endemismo de Cádiz</b>	4
<i>Smilax aspera</i> L.	Paleotemplado	49
<i>Stachelina dubia</i> L.	Circunmediterráneo	2
<i>Stauracanthus boivinii</i> (Webb.) Samp.	<b>Ibero- Mauritano</b>	2

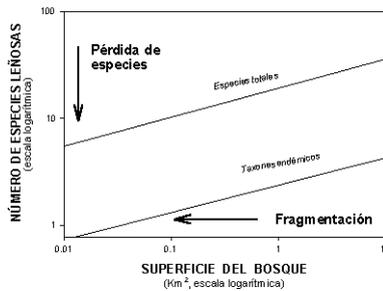
TAXON	DISTRIBUCIÓN	FRECUENCIA
<i>Stauracanthus genistoides</i> (Brot.) Samp.	<b>Península Ibérica</b>	14
<i>Tamus communis</i> L.	Paleotemplado	20
<i>Teline linifolia</i> (L.) Webb subsp. <i>linifolia</i>	Amplia distribución	6
<i>Teucrium fruticans</i> L.	Circunmediterráneo	25
<i>Teucrium pseudochamaepitys</i> L.	Circunmediterráneo	2
<i>Thymbra capitata</i> (L.) Cav.	Circunmediterráneo	18
<i>Thymelaea hirsuta</i> (L.) Endl.	Circunmediterráneo	5
<i>Thymus albicans</i> Hoffmanns. & Link	<b>Península Ibérica</b>	6
<i>Thymus mastichina</i> (L.) L. subsp. <i>mastichina</i>	<b>Península Ibérica</b>	1
<i>Thymus zygis</i> Loefl. ex L. subsp. <i>gracilis</i> (Boiss.) R. Morales	<b>Ibero- Mauritano</b>	2
<i>Ulex australis</i> Clemente subsp. <i>australis</i>	<b>Península Ibérica</b>	9
<i>Ulex baeticus</i> Boiss. subsp. <i>scaber</i> (G. Kunze) P. Cubas	<b>Bético- Mauritano</b>	6
<i>Ulex parviflorus</i> Pourret subsp. <i>parviflorus</i>	Mediterráneo atlántico	22
<i>Ulmus minor</i> Miller	Amplia distribución	1
<i>Viola arborescens</i> L.	Circunmediterráneo	1
<i>Vitex agnus cactus</i>	Latemediterráneo	1
<i>Vitis vinifera</i> L.	Latemediterráneo	2



**Figura 1.** Área de estudio y localización de los bosques-isla en la Campiña de Cádiz.



**Fig.2.** Ordenación de las especies leñosas mediante análisis DCA. Los tipos de bosque diferenciados son: Encinar (▲), Alcornocal (●), Acebuchar(■), Alcornocal-acebuchar (□), Pinar (●), Bosque mixto con pinos (Alcornocal, Acebuche y pino) (○).



**Figura 3.** Relación entre el tamaño del bosque isla y el número de especies leñosas que alberga. La línea superior es la regresión con el número total de especies y la inferior con el número de taxones endémicos. La flecha señala el proceso de pérdida de especies asociado a la fragmentación progresiva de los bosques.