

**LA BIODIVERSIDAD COMO HERRAMIENTA EN LA GESTIÓN Y CERTIFICACIÓN FORESTAL:
ZONAS DE ALTO VALOR DE CONSERVACIÓN EN MONTES MADEREROS
DEL SUROESTE PENINSULAR**

García, F.J.*; Tapias, R.; Fernández, M.; Vázquez F.J.; Salvador, L.

Universidad de Huelva. Departamento de Ciencias Agroforestales, Escuela Politécnica Superior Campus de La Rábida, Carretera Palos de La Frontera s/n 21819 Palos de La Frontera (Huelva) España

*e-mail: franciscojesus.garcia@dcaf.uhu.es

Boletín del CIDEU 8-9: 57-73 (2010)
ISSN 1885-5237

Resumen

Este artículo presenta un estudio sobre la biodiversidad y el estado de ocho Zonas de Alto Valor de Conservación en la provincia de Huelva (localizada en el suroeste de la Península Ibérica), colindantes a plantaciones de especies de crecimiento rápido (*Eucalyptus globulus*). El estudio se incluye en el marco de un proceso de certificación forestal.

Se han evaluado algunos parámetros de biodiversidad –riqueza, diversidad alfa, diversidad beta- y estado –regeneración, cobertura, densidad- en 143 parcelas de comunidades leñosas. Se han registrado un alto número de taxones animales y vegetales, algunos de los cuales son especies amenazadas o endémicas.

El uso de los índices de diversidad ha sido esencial; son simples abstracciones de la estructura altamente compleja de las comunidades, muy útiles para hacer comparaciones. Han mostrado la alta diversidad de las zonas estudiadas mediante datos cuantificables.

Este tipo de estudios son muy importantes e útiles para conocer el estado de ecosistemas forestales y abordar su seguimiento, y por lo tanto para la gestión forestal.

Palabras clave: certificación forestal, biodiversidad, vegetación mediterránea, índices de biodiversidad, SO España, gestión forestal.

Summary

This paper presents a study about the biodiversity and the status of eight *Zones of High Conservation Value* within the province of Huelva (located in the southwest of the Iberian Peninsula), near plantations of fast growing species (*Eucalyptus globulus*). The study is in the framework of a forest certification process.

Some parameters of biodiversity –species richness, diversity alpha, diversity beta- and status –regeneration, cover, density- have been evaluated in 143 plots of woody communities. A high number of vegetal and animal species have been recorded; some of them are endangered or endemic species.

The use of diversity indices has been essential; they are simple abstractions of the highly complex structure of communities, very useful for comparisons. They have shown the high biodiversity of the study areas using quantifiable data.

Such studies are very important and useful to know the status of forest ecosystems and to address the monitoring of these ones, and therefore for forest management.

Key words: forest certification, biodiversity, Mediterranean vegetation, biodiversity indices, SW Spain, forest management.

INTRODUCCIÓN

Actualmente nos encontramos inmersos a nivel mundial en una necesaria transformación de las economías encaminadas a alcanzar un desarrollo humano sostenible, en el que el medio rural y sus bosques juegan un papel destacado. La sostenibilidad debe envolver todas nuestras actividades y especialmente la gestión forestal. Pero, ¿qué se entiende por un medio forestal gestionado de manera sostenible? El Tratado de Helsinki lo definió en los siguientes términos durante la Conferencia Interministerial de los Bosques en Europa (1993): “la gestión forestal sostenible significa el cuidado y uso de los bosques y tierras forestales de tal modo que mantenga la biodiversidad, productividad, capacidad de regeneración, vitalidad y su potencial para suministrar hoy y en el futuro las funciones ecológicas, económicas y sociales a nivel local, nacional y global, y sin que esto cause perjuicio a otros ecosistemas”.

A nivel local y empresarial, para garantizar al consumidor que los productos forestales surgen a partir de predios forestales gestionados de manera sostenible, ha surgido la certificación forestal: proceso de evaluación al que se somete de forma voluntaria la empresa o gestora forestal, realizado por una tercera parte independiente, la entidad certificadora. Existen diferentes sistemas de certificación en el mundo (los principales que operan en España son los sistemas FSC -*Forest Stewardship Council*- y PEFC -*Programme for the Endorsement of Forest Certification*-), aunque en todos los casos se trata de evaluar como los aspectos económicos, ecológicos y sociales que afectan al proceso de producción del producto forestal se ciñen a criterios de sostenibilidad.

El trabajo que exponemos surge dentro del proceso de certificación de la entidad forestal que gestiona los terrenos estudiados, para adherirse al sistema de

certificación FSC. Al igual que otros sistemas, el sistema FSC establece una serie de principios y criterios a cumplir, entre los que están el preservar dentro de su superficie forestal gestionada *Zonas de Alto Valor de Conservación* (para simplificar las denominaremos con el término zonas de conservación), las cuales se caracterizan por cumplir uno o más de los siguientes atributos (Grupo de Trabajo Español para la Certificación FSC, 2009):

1. Cumplir los criterios para su inclusión en la Red Natura 2000.
2. Estar incluido en una ZEPA o en un Área de Importancia para las Aves.
3. Estar catalogado bajo alguna figura de protección legal.
4. Poseer una biodiversidad o hábitats de alto valor ecológico acreditado por estudios.
5. Ser fundamental para la protección de cuencas, control de la erosión o mantenimiento de otros beneficios ambientales.
6. Ser fundamental para la satisfacción de las necesidades básicas de las comunidades locales y/o de su identidad cultural tradicional.

Una de las palabras clave de toda gestión sostenible, extensible al proceso de certificación, es la biodiversidad, y así aparece explícitamente en sus definiciones. Se trata de un término muy usado hoy en día y que se está estableciendo como un componente muy relevante de calibración de la calidad ambiental de un espacio o sistema. Bajo esa perspectiva, se llevó a cabo un estudio sobre la biodiversidad animal y vegetal presentes en varias Zonas de Alto Valor de Conservación, cuyos objetivos desglosamos a continuación:

- Elaborar un catálogo global de especies de las zonas de conservación establecidas.

- Diferenciar las diferentes formaciones vegetales existentes en dichos montes.

- Estimar la diversidad vegetal y faunística de cada zona de conservación y de las diferentes formaciones vegetales aparecidas en cada zona.

- Obtener una valoración ecológica de las zonas de conservación mediante datos cuantificables y aplicables para el seguimiento de las mismas.

Para valorar el estado de los ecosistemas forestales, además de obtener una lista de los taxones presentes en las zonas estudiadas, se midieron diferentes variables como la densidad, la cobertura y el regenerado de las especies vegetales leñosas y la abundancia de vertebrados. Basándonos en estos datos, se cuantificaron diferentes aspectos de la biodiversidad animal y vegetal, como la riqueza de especies, la diversidad y la similitud, haciendo uso de índices de biodiversidad de especies.

La metodología empleada permite realizar un seguimiento a largo plazo mediante revisiones futuras de las zonas inventariadas, es decir, a través de

repeticiones de los inventarios, con el objeto de monitorizar los posibles efectos que las variaciones ambientales o la gestión pueden infringir sobre los ecosistemas forestales.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio

Las ocho Zonas de Alto Valor de Conservación (o zonas de conservación) sobre los que hemos centrado nuestro estudio se encuentran en la provincia de Huelva, en el sudoeste de la península Ibérica, formando parte de la Cuenca Mediterránea. En su mayor parte están localizadas en dos amplias comarcas de la provincia (El Andévalo y La Sierra), recogiendo gran parte de la heterogeneidad forestal de la provincia. Se trata de zonas de quercíneas de al menos unas 100 has, de forma más o menos compacta, recorridas por cursos de agua de cierta entidad y colindantes a plantaciones madereras de crecimiento rápido (*Eucalyptus globulus*). En total suman 3.357,6 has.

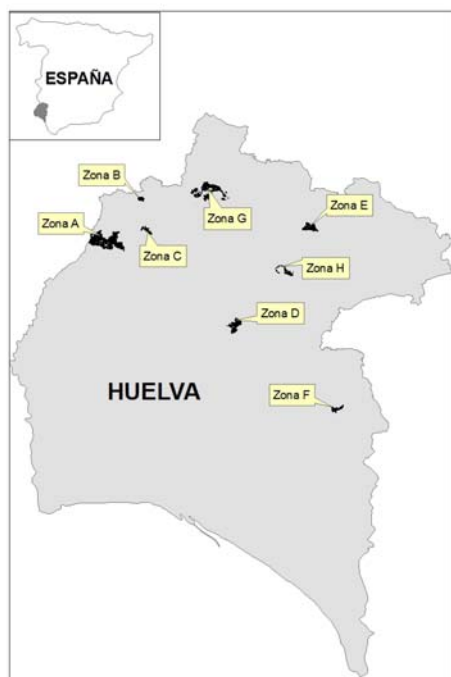


Figura 1. Mapa de situación de las zonas de conservación (o Montes de Alto Valor de Conservación).

	Zonas de conservación (o Montes de Alto Valor de Conservación)	Superficie (ha)
1	Zona A (Ribera del Aserrador)	1.444,32
2	Zona B (Ribera del Chanza)	135,31
3	Zona C (Barranco Helechosa)	73,08
4	Zona D (Río Odiel)	424,13
5	Zona E (Sierra Aracena)	347,63
6	Zona F (Río Corumbel)	106,00
7	Zona G (Sierra Aroche)	716,23
8	Zona H (Ribera Sta. Eulalia)	110,90
	TOTAL	3.357,6

Tabla 1. Superficie de las zonas de conservación (o Montes de Alto Valor de Conservación).

Se aprecia el carácter mediterráneo de las zonas estudiadas, con una marcada estacionalidad identificada por inviernos lluviosos (precipitaciones entre 700-1.100 mm/año, concentradas entre el otoño y la primavera) y más o menos fríos, y veranos secos (precipitaciones prácticamente inexistentes durante los meses de julio y agosto) y calurosos (temperatura media anual entre 15-17 °C). Predominan las rocas metamórficas del Paleozoico Superior, principalmente pizarras y cuarcitas, muy resistentes a la formación del suelo; por esto afloran los entisoles y, sobre todo, los incepsisoles, suelos poco evolucionados o con moderado desarrollo de perfil, de textura grosera y pH ácido, lo que les otorga una baja fertilidad agrícola (Olías y Galván, 2009), suelos con clara vocación forestal. Orográficamente, estos montes se extienden sobre un relieve abrupto y escarpado, pero no de gran altitud (600-200 m) (Moreno *et al.*, 2009).

Respecto a las coberturas vegetales nos situamos en el dominio de bosques esclerófilos perennifolios con estrato arbustivo más o menos denso y desarrollado, básicamente encinares (*Quercus ilex subsp. ballota*) y/o alcornoques (*Quercus suber*), intercalados con amplias superficies de matorral denso sin arbolado o con eucaliptos dispersos (resultado de antiguas plantaciones). Destacar a su vez la presencia de trazos de bosque en galería bien desarrollado sobre los cauces fluviales, compuestos por sauces (*Salix sp.*), fresnos (*Fraxinus angustifolia*), chopos (*Populus sp.*) y/o alisos (*Alnus glutinosa*), a veces asociados a la vegetación de las laderas contiguas: acebuches (*Olea europaea*), alcornoques (*Quercus suber*) y/o quejigos (*Quercus faginea*). En cuanto a las plantaciones madereras colindantes a las zonas de estudio, se trata de monocultivos de eucalipto blanco (*Eucalyptus globulus*), especie de crecimiento rápido, ampliamente extendidos por la provincia de Huelva por motivos industriales.

El inventario de biodiversidad

La definición más aceptada actualmente sobre biodiversidad o diversidad biológica dice: “la biodiversidad es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas” (United Nations, 1993). Como vemos, la amplitud y complejidad del término impide aglutinar toda su profundidad en un mismo estudio, por lo que nuestro trabajo se enfocó, como la mayor parte de estudios de este tipo, en torno a la *diversidad de especies*, al ser éstas, las entidades biológicas que mejor reflejan distintos aspectos de la biodiversidad, tienen un significado intuitivo y fácilmente entendible, presentan un mayor número de datos y, en general, se detectan y cuantifican con relativa facilidad (Del Pino *et al.*, 2004).

Para la obtención de datos se diseñó y efectuó un inventario de biodiversidad en cada uno de los ocho montes. Por inventariar la biodiversidad se comprende el describir, ordenar, catalogar, cuantificar y elaborar mapas temáticos de entidades, en este caso especies, y la síntesis de la información resultante para el análisis de las funciones de la biodiversidad (Stork and Samways, 1995). Para ello, en nuestro caso se utilizó un muestreo sistemático con parcelas circulares distanciadas 500 m cada una de ellas. Dentro de cada parcela se establecieron dos radios de muestreo según el estrato de vegetación a inventariar: radio de 30 m, para árboles con diámetro a la altura del pecho mayor a 2,5 cm; radio de 3 m, para arbustos, herbáceas y regenerado de especies arbóreas. Mediante un SIG se dibujaron los centros y los radios de muestreo de cada parcela sobre ortofotografías aéreas, identificando las copas de los árboles y su contorno (para estimar la cobertura arbórea). En campo, se identificó cada árbol, se cuantificó el regenerado arbóreo y se identificaron el

resto de especies arbustivas y herbáceas acompañantes, llevándose a cabo una estimación de la cobertura de éstas últimas. De forma simultánea, se anotaron todas las especies de vertebrados y su número, observadas a simple vista de manera directa o indirecta (huellas, rastros, etc.).

Los trabajos de campo se ejecutaron en primavera, por ser ésta la época del año en la que gran parte de las especies herbáceas florece y permite su identificación. En total, se muestrearon 143 parcelas durante las primaveras de los años 2007-10.



Figura 2. Parcelas: malla de muestreo con parcelas y radios de muestreo en una parcela.

Con los datos recogidos en el muestreo se obtuvo: un catálogo florístico; la densidad, frecuencia, cobertura y regenerado de las especies arbóreas; la cobertura y frecuencia de las especies arbustivas y herbáceas; una clasificación de las formaciones vegetales localizadas; un catálogo faunístico; la biodiversidad animal y vegetal en cada zona de conservación y para cada formación vegetal.

Centrándonos en el estudio de la biodiversidad, se analizaron tres parámetros de la misma: la riqueza de especies, la diversidad (diversidad alfa) y la similitud (diversidad beta).

La riqueza específica, la cual hace referencia al número de especies, viene condicionada en gran medida por el número de parcelas y el tipo de muestreo (sistemático), ya que ésta se incrementa con el tamaño de la superficie muestreada (Magurran, 1988): un mayor número de especies pueden ser encontradas (Waite, 2000). Por ello, para poder comparar zonas con diferentes superficies de muestreo, además de valores absolutos de riqueza se estimaron valores relativos mediante densidades de especies (número medio de especies presentes por parcela muestreada) (Waite, 2000) y curvas de acumulación de especies (se obtienen al enfrentar

gráficamente el número acumulado de especies y el número acumulado de parcelas muestreadas) (Brower *et al.*, 1997), relacionando de esta manera la superficie muestreada (nº de parcelas muestreadas) con la riqueza de especies, y observar así la tendencia de la misma.

La diversidad alfa (o simplemente diversidad) es la riqueza de especies dentro de una comunidad particular considerada homogénea, y su cuantificación requiere inicialmente la referida riqueza de especies y la abundancia o importancia relativa de individuos entre las diferentes especies. Posee gran cantidad de métodos de medición desarrollados, los cuales teniendo en cuenta la variable biológica que miden, se pueden agrupar en dos grupos:

- 1) métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica)
- 2) métodos basados en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie.

Siguiendo el Manual de Ordenación de Montes de Andalucía (Junta de Andalucía, 2004), entre los primeros se eligió el índice de diversidad de Margalef (Dmg) y entre los segundos, se optó por los índices de

diversidad de Simpson (D_s) y Shannon (H') y también por los índices de equitatividad de Simpson (E_d) y Shannon (J). Todos estos índices son fáciles de calcular y han sido pródigamente utilizados (Moreno, 2001).

La diversidad beta (o similitud) es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje. Se evaluó utilizando los coeficientes de similitud de Jaccard (I_j) y de

Sorensen (I_s), y el índice de Bray y Curtis (I_{BC}). Estos índices expresan el grado en el que dos comunidades son semejantes a través de las especies presentes en ellas; los dos primeros lo hacen usando solo datos cualitativos (presencia-ausencia), y el tercero emplea además datos cuantitativos (importancia proporcional). Los valores de estos índices varían de cero para similitud nula, a uno para similitud máxima.

Basado en	Índice	Fórmula
Riqueza específica	Margalef (D_{mg})	$D_{mg} = (s-1) / \ln N$
Estructura	Diversidad de Simpson (D_s)	$D_s = 1 / \sum p_i^2$
	Equitatividad de Simpson (E_d)	$E_d = D_s / D_{s_{max}}$ donde $D_{s_{max}} = 1-1/s$
	Diversidad de Shannon (H')	$H' = \sum p_i * \ln p_i$
	Equitatividad de Shannon (J)	$J = H' / H'_{max}$ donde $H'_{max} = \ln s$

Tabla 2. Índices de diversidad. s : riqueza o número de especies; N : número total de individuos; p_i : valor de importancia de cada especie. Para el caso de la vegetación, p_i es la suma de los valores relativos de densidad, cobertura y frecuencia dividida entre tres (para las especies no arbóreas solo se emplea cobertura y frecuencia relativas, dividiéndolas entre dos para dicho cálculo). Para los datos de fauna, p_i es el valor relativo del índice de abundancia (I_a), el cual se obtiene dividiendo el número de avistamientos entre el número de parcelas inventariadas.

Tipo de datos	Índice de similitud	Fórmula
Cualitativos	Jaccard (I_j)	$I_j = c / (a + b - c)$
	Sorensen (I_s)	$I_s = 2c / (a + b)$
Cuantitativos	Bray y Curtis (I_{BC})	$I_{BC} = 1 - \frac{\sum p_{iA} - p_{iB} }{\sum (p_{iA} + p_{iB})}$

Tabla 3. Índices de similitud. a : número de especies presentes en el sitio o formación vegetal A ; b = número de especies presentes en el sitio o formación vegetal B ; c = número de especies presentes en ambos sitios o formaciones vegetales A y B ; p_i : valor de importancia de la especie i en la comunidad A o B , se obtiene a partir de la suma de los valores relativos de cobertura y frecuencia dividida entre dos.

RESULTADOS

Estudio de vegetación

El catálogo florístico incluye 11 especies arbóreas para el conjunto de las zonas de estudio. El estrato arbóreo se caracteriza por su baja densidad (30-80 pies/ha) (figura 3), sus bajas coberturas (inferiores al 30% en la mayoría de las zonas de estudio)

(figura 3), su baja regeneración (<30 brinzales/ha en el mejor de los casos) (figura 4) y por estar dominado normalmente por una sola especie arbórea, la cual suele ser la encina (*Quercus ilex subsp ballotia*), árbol que ocupa la mayor superficie en el conjunto de las zonas estudiadas.

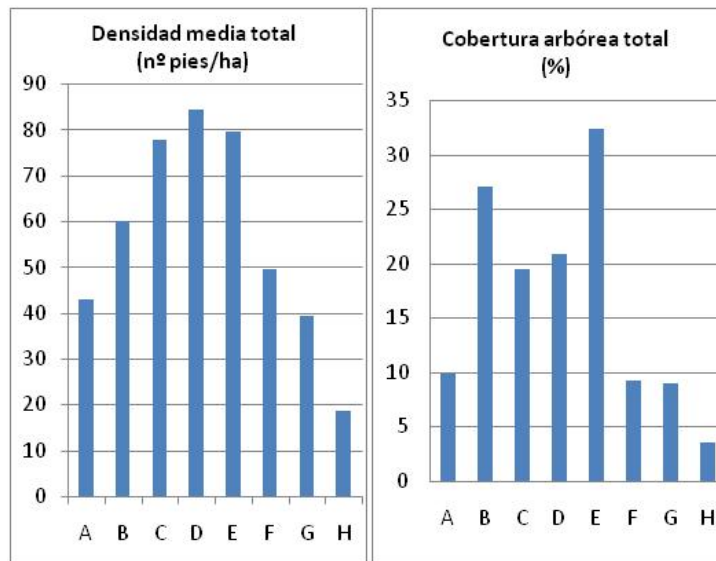


Figura 3. Densidad y cobertura arbóreas.

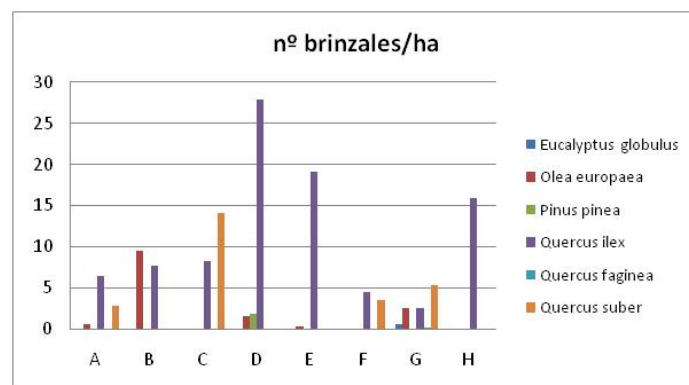


Figura 4. Regeneración arbórea.

Las especies de los estratos arbustivo y herbáceo son las dominantes (58 especies arbustivas y 173 especies herbáceas). Las especies herbáceas destacan en riqueza y las especies arbustivas en cobertura (62,5% de media) y frecuencia, siendo los géneros *Cistus* y *Erica* los más representados. Frente al comportamiento dominante y generalista de los arbustos, las especies herbáceas muestran una distribución más localizada, y así casi el 60% de las mismas solo aparece en una o dos zonas de estudio, porcentaje que sube hasta más del 70% si incluimos las especies que están presentes en solo tres zonas.

Las formaciones vegetales halladas en el trabajo de inventario fueron clasificadas

atendiendo fundamentalmente a la especie arbórea dominante en cobertura: ribera (zona adyacente a la red de drenaje, aunque no presente vegetación arbórea riparia típica); bosque mediterráneo mixto (formaciones arbóreas constituidas por más de una especie arbórea autóctona, pero no dominando ninguna de ellas en cobertura); alcornoque (formaciones arbóreas en donde la especie arbórea dominante en cobertura es el alcornoque -*Quercus suber*-); encinar (formaciones arbóreas en donde la especie arbórea dominante en cobertura es la encina -*Quercus ilex subsp. ballota*-); pinar (formaciones arbóreas en donde la especie arbórea dominante en cobertura es el pino piñonero -*Pinus pinea*-); acebuchar

(formaciones arbóreas en donde la especie arbórea dominante en cobertura es el acebuche *-Olea europea-*); eucaliptar en producción (plantaciones madereras en explotación de eucalipto blanco *-Eucalyptus globulus-*); eucaliptar abandonado (plantaciones abandonadas de

eucalipto blanco *-Eucalyptus globulus-*); matorral (formaciones vegetales en donde predominan las especies arbustivas). De todas estas formaciones vegetales, las más abundantes corresponden a eucaliptares abandonados y a encinares, seguidos de riberas y matorrales (tabla 4).

Formaciones vegetales	Zonas de conservación								total
	A	B	C	D	E	F	G	H	
Rib	9	-	2	6	-	2	3	-	22
Mix	-	-	-	1	2	-	3	-	6
Qs	1	-	-	-	-	-	5	-	6
Qi	2	6	1	10	10	-	1	3	33
Pp	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Oe	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Eup	6	-	-	-	-	1	3	-	10
Eua	24	-	-	2	-	1	11	1	39
Mat	13	-	-	-	-	-	8	4	25
Total	56	6	3	19	12	4	35	8	143

Tabla 4. Número de parcelas para cada formación vegetal (Rib=ribera; Mix=bosques mixtos; Qs=alcornocal; Qi=encinar; Pp=Pinar; Oe=acebuchar; Eup=eucaliptar en producción; Eua= eucaliptar abandonado; Mat=Matorral).

Estudio de fauna

En total se identificaron 65 especies de aves, 6 de mamíferos, 2 de reptiles, 1 de anfibios y 1 de peces. Entre ellas destacan una serie de especies debido al nivel de amenaza que presenta su conservación: la cigüeña negra (*Ciconia nigra*), considerada como en peligro (Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza –UICN-) o en peligro de extinción (Catálogo Nacional de Especies Amenazadas –CNEA-), y el alimoche (*Neophron percnopterus*), el buitre negro (*Aegyptius monachus*), la culebrera europea (*Circaetus gallicus*), la nutria (*Lutra lutra*) y el galápago europeo (*Emys orbicularis*), consideradas como vulnerables (UICN) o de interés especial (CNEA). En general, son especies asociadas a ambientes forestales mediterráneos con alto grado de

conservación, por lo que su simple presencia nos indica la existencia de este tipo de ambientes dentro de los terrenos estudiados.

Como se observa en la tabla siguiente (5), las aves son sin duda el elemento animal más avistado en los inventarios, no solamente por su abundancia en los ecosistemas, sino por las características propias de comportamiento, que las hace ser más fáciles de observar. Dentro de la clase Aves, es el orden Paseriformes el más abundante en número de especies y en avistamientos, siendo una de sus familias la más numerosa: *Fringilidae*. Sin embargo, la especie más abundante es el buitre leonado (*Gyps fulvus*), el cual se deja ver por casi todas las zonas de conservación en gran número.

clase	Zonas de Conservación							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Aves	153	99	21	223	36	41	68	69
Mamíferos	27	0	1	16	1	0	18	3
Reptiles	0	0	1	0	1	0	0	1
Anfibios	1	0	0	0	0	0	0	0
Peces	1	0	0	0	0	0	0	7

Tabla 5. Número total de avistamientos para cada clase animal.

Biodiversidad vegetal

Comenzando con la riqueza específica, la zona de mayor riqueza es la zona A, junto con las zonas D y G (las tres zonas más extensas); en el lado opuesto se sitúa la zona C con los valores más bajos de riqueza

y también el menor número de parcelas de inventario (figura 5). Se pone de manifiesto la relación que existe entre la riqueza específica y el tamaño de la superficie muestreada.

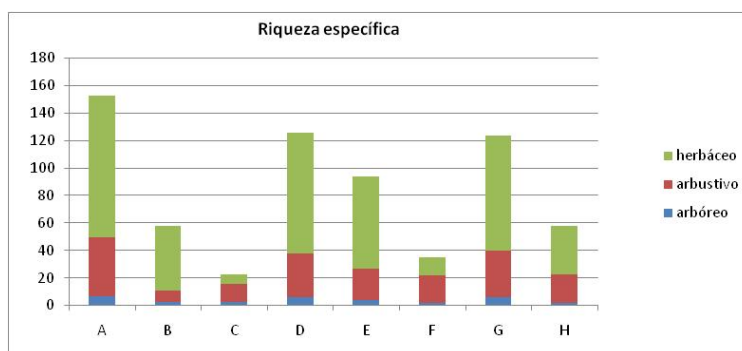


Figura 5. Riqueza específica por estratos.

Sin embargo, la densidad de especies muestra que, salvo los valores extremos de la zona D (21,7 especies/parcela) y la zona H (12,8 especies/parcela), el número de especies por parcela es bastante uniforme en todas las zonas (próximos al valor medio de 15 especies/parcela) (tabla 6). Por su parte, en las curvas de acumulación de especies se aprecia que las zonas A y G presentan claramente la misma tendencia en

el incremento de la riqueza. Las zonas D y E muestran una pendiente mayor en sus curvas que las anteriores, lo cual puede indicar que si sus superficies de muestreo se incrementasen, podrían finalmente alcanzar mayor riqueza de especies. El resto de zonas presentan un número de parcelas muestreadas insuficiente para detectar convenientemente la tendencia en el incremento de la riqueza (figura 6).

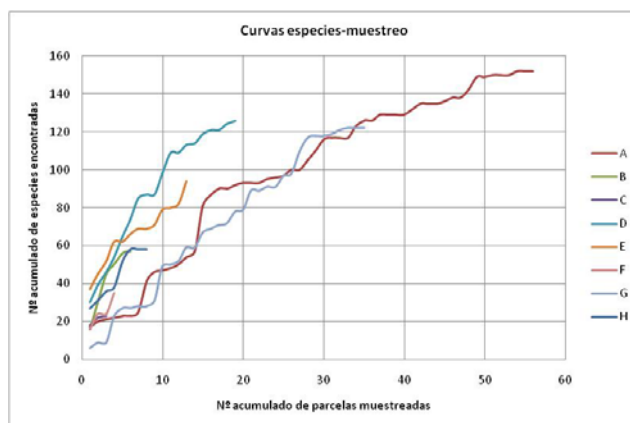


Figura 6. Curvas de acumulación de especies.

En cuanto a los índices de diversidad, todos los valores obtenidos se pueden ver en la tabla 6. Para el estrato arbóreo los valores son bajos en todas las zonas estudiadas: inferiores a 1 o entorno a esta cifra para D_{mg} y H' e inferiores o próximos a 0,5 para el resto de los índices. Para el resto de estratos (arbustivo y herbáceo) y también de manera global (teniendo en cuenta de

forma conjunta todos los estratos), los índices presentan valores altos en general: por encima de 0,8 para D_s , E_d y J y en torno a 3 para H' . En sentido positivo destacan las zonas D y G y, en sentido contrario, los valores más bajos de diversidad se concentran en las zonas A, B, C y E.

		Zonas de conservación							
estratos		A	B	C	D	E	F	G	H
arbóreo	s	7	3	3	6	4	2	6	2
	D_{mg}	0,942	0,314	0,314	0,785	0,471	0,157	0,785	0,157
	D_s	0,523	0,352	0,642	0,426	0,314	0,445	0,673	0,354
	H'	1,047	0,652	1,063	0,920	0,640	0,638	1,308	0,540
	E_d	0,610	0,528	0,963	0,512	0,419	0,891	0,808	0,709
	J	0,538	0,593	0,967	0,513	0,462	0,920	0,730	0,778
arbustivo	s	43	8	13	32	23	20	34	21
	D_s	0,857	0,829	0,877	0,914	0,891	0,917	0,884	0,915
	H'	2,629	1,902	2,288	2,889	2,579	2,734	2,681	2,713
	E_d	0,878	0,948	0,950	0,943	0,932	0,966	0,911	0,961
	J	0,699	0,915	0,892	0,834	0,822	0,913	0,760	0,891
herbáceo	s	103	47	7	88	67	13	84	35
	D_s	0,968	0,963	0,783	0,975	0,975	0,891	0,967	0,912
	H'	3,964	3,567	1,698	4,040	3,937	2,393	3,940	3,080
	E_d	0,978	0,984	0,913	0,987	0,990	0,966	0,979	0,938
	J	0,855	0,927	0,873	0,902	0,936	0,933	0,889	0,866
global	s	151	57	23	125	94	35	123	57
	D_s	0,934	0,963	0,934	0,968	0,944	0,944	0,943	0,951
	H'	3,754	3,691	2,887	4,134	3,700	3,208	3,752	3,494
	E_d	0,940	0,981	0,976	0,976	0,954	0,971	0,951	0,968
	J	0,748	0,913	0,921	0,856	0,814	0,902	0,780	0,864
n° medio especies/ parcela		13,3	17,2	13,7	21,7	16,8	15,0	13,5	12,8
n° parcelas		56	6	3	19	12	4	35	8

Tabla 6. Diversidad: riqueza e índices. s: riqueza, número de especies presentes en el estrato; D_{mg} : índice de diversidad de Margalef; D_s : índice de diversidad de Simpson; H' : índice de diversidad de Shanon; E_d : índice de equitatividad de Simpson; y J: índice de equitatividad de Shanon.

Para las formaciones vegetales, se vuelven a repetir los valores elevados en los índices de diversidad (valores medios: $D_s=0,92$; $H'=3,39$; $E_d=0,95$; $J=0,85$) (tabla 7). En ese sentido, destacan las zonas riparias con los valores más elevados, junto con los bosques mixtos, los encinares y los

eucaliptares abandonados. Por el contrario, los valores más bajos recaen en eucaliptares en producción y matorrales. (Con solo una parcela muestreada, se dejan al margen pinares y acebuchares por la escasez de parcelas de muestreo).

		Formaciones vegetales								
estratos		Rib	Mix	Qs	Qi	Pp	Oe	Eup	Eua	Mat
arbóreo	s	8	6	3	6	3	1	2	6	3
	D_{mg}	1,000	1,070	0,449	0,772	0,679	0,000	0,183	0,801	0,962
	D_s	0,721	0,689	0,236	0,197	0,651	0,000	0,068	0,452	0,596
	H'	1,518	1,384	0,473	0,493	1,076	0,000	0,153	0,869	0,974
	E_d	0,824	0,827	0,354	0,236	0,976	-	0,136	0,542	0,894
	J	0,730	0,772	0,430	0,275	0,979	-	0,220	0,485	0,886
arbustivo	s	43	25	16	38	14	5	11	39	30
	D_s	0,939	0,928	0,877	0,893	0,898	0,670	0,631	0,871	0,873
	H'	3,207	2,853	2,306	2,809	2,417	1,235	1,461	2,697	2,545
	E_d	0,961	0,967	0,936	0,917	0,967	0,837	0,694	0,894	0,903
	J	0,853	0,886	0,832	0,772	0,916	0,768	0,609	0,736	0,748
	herbáceo	s	63	38	22	75	10	7	23	65
D_s		0,968	0,944	0,907	0,978	0,941	0,857	0,947	0,972	0,950
H'		3,947	3,543	2,861	4,214	2,833	1,946	3,168	4,080	3,396
E_d		0,983	0,970	0,950	0,992	1,000	1,000	0,990	0,987	0,975
J		0,953	0,974	0,925	0,976	1,000	1,000	1,000	0,977	0,927
global		s	114	69	41	119	27	13	36	110
	D_s	0,976	0,972	0,918	0,955	0,950	0,838	0,853	0,940	0,908
	H'	4,284	3,975	3,017	4,060	3,257	2,159	2,741	3,825	3,182
	E_d	0,985	0,986	0,941	0,964	0,987	0,908	0,877	0,949	0,920
	J	0,904	0,939	0,812	0,850	0,988	0,842	0,765	0,814	0,744
	n° medio especies/ parcela		21,4	23,5	12,2	15,9	33	12	9	14,2
n° parcelas		22	6	6	33	1	1	10	39	25

Tabla 7. Diversidad en las formaciones vegetales (Rib=ribera; Mix=bosques mixtos; Qs=alcornocal; Qi=encinar; Pp=Pinar; Oe=acebuchar; Eup=eucaliptar en producción; Eua= eucaliptar abandonado; Mat=Matorral).

Respecto a la similitud de las comunidades, los datos de los diferentes índices de similitud se pueden ver en las tablas 8 y 9. Por un lado, los coeficientes de Jaccard (I_j) y Sorensen (I_s) presentan valores medio-bajos, tanto en el caso de las zonas de estudio (valores medios: $I_j=0,25$; $I_s=0,38$) como para las diferentes formaciones vegetales (valores medios: $I_j=0,27$; $I_s=0,37$), indicando una diversidad beta

alta, es decir, un cambio importante de especies entre las diferentes comunidades. Por otro lado, el índice de Bray y Curtis (I_{BC}) muestra valores muy altos, también tanto en el caso de las zonas de estudio (valor medio: $I_{BC}=0,77$) como para las diferentes formaciones vegetales (valor medio: $I_{BC}=0,84$), indicando en este caso baja similitud entre las comunidades.

I_{BC} \ I_s	A	B	C	D	E	F	G	H
A		0,44	0,25	0,58	0,55	0,18	0,66	0,43
B	0,63		0,20	0,45	0,46	0,28	0,41	0,33
C	0,81	0,60		0,23	0,22	0,38	0,19	0,25
D	0,80	0,83	0,76		0,57	0,30	0,59	0,42
E	0,83	0,74	0,86	0,91		0,33	0,60	0,38
F	0,74	0,49	0,82	0,67	0,70		0,25	0,39
G	0,98	0,62	0,87	0,79	0,82	0,87		0,44
H	0,91	0,54	0,82	0,71	0,74	0,90	0,92	

Tabla 8. Índices de similitud para las zonas de conservación.

I_{BC} \ I_s	Rib	Mix	Qs	Qi	Pp	Oe	Eup	Eua	Mat
Rib		0,56	0,18	0,66	0,33	0,07	0,32	0,66	0,49
Mix	0,89		0,44	0,58	0,37	0,16	0,42	0,56	0,47
Qs	0,90	0,77		0,36	0,40	0,30	0,38	0,41	0,42
Qi	0,92	0,98	0,78		0,26	0,15	0,39	0,65	0,47
Pp	0,91	0,83	0,90	0,86		0,13	0,18	0,29	0,33
Oe	0,76	0,83	0,88	0,85	0,98		0,22	0,13	0,16
Eup	0,92	0,89	0,88	0,90	0,93	0,93		0,43	0,37
Eua	0,91	0,81	0,89	0,83	0,97	0,98	0,91		0,51
Mat	0,69	0,59	0,77	0,61	0,75	0,76	0,69	0,78	

Tabla 9. Índices de similitud para las formaciones vegetales. (Rib=ribera; Mix=bosques mixtos; Qs=alcornocal; Qi=encinar; Pp=Pinar; Oe=acebuchar; Eup=eucaliptar en producción; Eua= eucaliptar abandonado; Mat=Matorral).

Biodiversidad animal

Atendiendo al apuntado predominio en los avistamientos de la clase Aves, se procedió a estimar la biodiversidad basándonos única y exclusivamente en los datos obtenidos para dicha clase animal (figura 7), los cuales son en términos generales altos. La riqueza de especies muestra sus valores más altos en las zonas A y D, y su valor más pequeño en la zona C, con 34 y 7 especies, respectivamente. Asimismo, los índices de diversidad coinciden también en dar los

valores mayores y menores a dichas zonas de conservación, en términos generales.

Tanto la riqueza como los índices señalaron como áreas más biodiversas a las zonas de conservación A, D, G y B con valores altos en todos los índices ($D_{mg}=4,6-6,6$; $D_s>0,9$; $H'=2,7-2,9$), las cuales son a su vez las que mayores superficies muestreadas poseen (a excepción de la zona B); en el lado opuesto se situó la zona de conservación C con los

datos más exigüos en biodiversidad ($D_{mg}=1,9$; $D_s=0,8$; $H'=1,7$) y también la menor superficie muestreada (figura 7).

Mediante las curvas de acumulación de especies (figura 8), se observa que de entre las zonas con mayor superficie de muestreo (A, D, G y E) es la zona de conservación G

la que tiende a presentar una menor riqueza específica y, por el contrario, la zona D una mayor riqueza. Por el pequeño número de parcelas de muestreo, en el resto de zonas de conservación no se aprecia tendencia alguna.

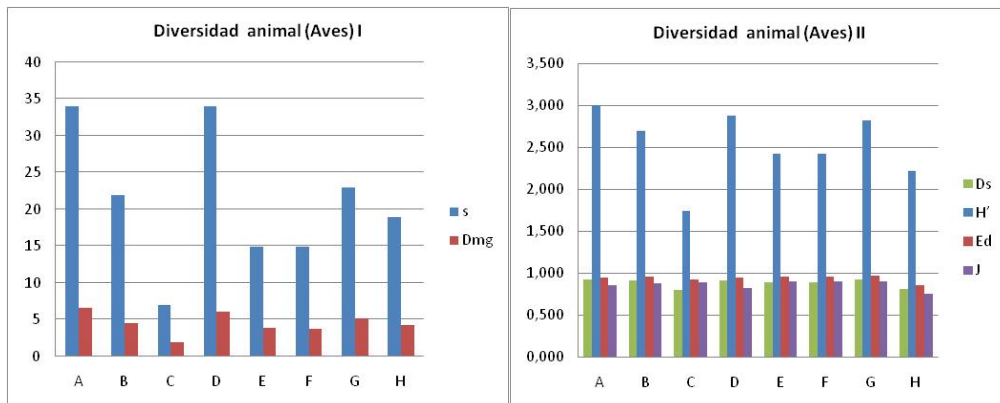


Figura 7. Diversidad animal (clase Aves): riqueza e índices. s: riqueza, número de especies presentes en el estrato; D_{mg} : índice de diversidad de Margalef; D_s : índice de diversidad de Simpson; H' : índice de diversidad de Shanon; E_d : índice de equitatividad de Simpson; y J : índice de equitatividad de Shanon.

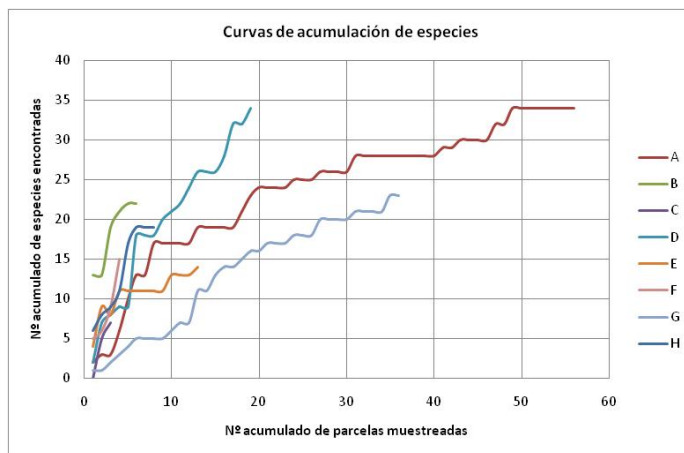


Figura 8. Curvas de acumulación de especies.

DISCUSIÓN

La provincia de Huelva, y por tanto los montes estudiados, se encuentran en la Cuenca Mediterránea, una de las áreas calientes (*hotspots*) del mundo desde el punto de vista de la biodiversidad, debido a la alta heterogeneidad abiótica (clima, suelo, orografía, geología) y a la influencia ejercida por la presencia humana desde hace siglos (Heywood, 1995). Así muchas de las características de la Cuenca Mediterránea le son también propias a las zonas de conservación estudiadas en el presente trabajo: suelos pobres, poco desarrollados; variada geología; intrincada orografía; clima mediterráneo, con inviernos templados y una marcada sequía estival; gran riqueza florística y faunística, con la presencia de endemismos locales, como el brezo del Andévalo (*Erica andevalensis*); paisaje ampliamente modificado por la mano del ser humano.

Este último aspecto, la influencia antrópica, quizás haya sido el aspecto más decisivo en la configuración y estado actual del paisaje en las zonas estudiadas. Hemos de tener en cuenta que, al igual que en el resto de la Cuenca Mediterránea, la vegetación actual se encuentra profundamente alterada respecto a aquella vegetación primitiva o teórica que pudieron contemplar los antiguos pobladores (Costa, *et al*, 1998). Así, las zonas de conservación estudiadas presentan superficies de baja densidad, bajas coberturas, escaso regenerado y baja diversidad arbóreas, sobresaliendo las especies arbustivas en cobertura (con los géneros *Cistus* y *Erica* como los más representados) y las especies herbáceas en riqueza (lo cual las convierte en un elemento diferenciador de la biodiversidad y potencialmente útil como indicador). La dominación en la ocupación del territorio por parte del estrato arbustivo, con la apuntada abundancia de cistáceas y ericáceas, ya puesta de manifiesto en otros estudios sobre ecosistemas mediterráneos del sur peninsular (Ojeda *et al*, 2000), indica degradación de estos ecosistemas, constituyendo etapas seriales de

ecosistemas más maduros (potencialmente encinares y/o alcornoques).

Otro aspecto que señala esa degradación de estos ecosistemas forestales se desprende al analizar la similitud de las formaciones vegetales. Los índices de similitud empleados valoran diferentes aspectos de la diversidad beta entre comunidades, ya que mientras los índices de Jaccard y Sorensen solo valoran datos cuantitativos de especies, el índice de Bray y Curtis introduce además datos cualitativos de las comunidades. De manera que los valores medio-bajos de los primeros muestran que existe un importante cambio de especies entre unas comunidades y otras (principalmente por las especies herbáceas, que suelen tener una distribución más localizada), pero al tener en cuenta la estructura, éstas son realmente muy similares unas a otras (valores elevados del índice de Bray y Curtis). Esta circunstancia vislumbra la degradación de las formaciones vegetales con mayor valor ecológico (riberas, encinares, alcornoques, acebuchares), al ser similares estructuralmente a aquellas con menor valor ecológico (matorrales y eucaliptares abandonados).

Pese a estos problemas de estabilidad que muestran los enclaves forestales del sudoeste peninsular (García *et al*, 2010) como los estudiados, la alta riqueza de especies tanto de flora como de fauna, muchas de ellas amenazadas (incluso alguna endémica), junto con los elevados valores de los índices de diversidad, similares a los encontrados en otros estudios de biodiversidad llevados a cabo en ecosistemas forestales de la Península Ibérica (Gavilán y Rubio, 2005), ponen de manifiesto la alta biodiversidad y el apreciable nivel patrimonial de estas Zonas de Alto Valor de Conservación estudiadas, como ambientes forestales de gran valor ecológico e importancia de conservación.

Los índices de diversidad son simples abstracciones de la estructura altamente compleja de las comunidades, pudiendo resultar útiles en el momento de establecer comparaciones (Begon, *et al*, 1999), ya que

aportan datos cuantificables. Estas comparaciones se pueden llevar a cabo espacialmente (entre diferentes montes o formaciones vegetales, como por ejemplo hemos realizado en este estudio) y/o temporalmente (en procesos de monitoreo). Por lo tanto, el empleo de los índices de diversidad ha sido esencial para culminar los objetivos del estudio: estimar la biodiversidad de las zonas estudiadas y valorarlas ecológicamente a través de datos cuantificables y aplicables al seguimiento de las mismas. Queda así de relieve la importancia de este tipo de estudios de

biodiversidad, tanto para analizar el estado de ambientes forestales, como al abordar procesos de seguimiento de los mismos, y por lo tanto su utilidad en la gestión forestal.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la empresa SILVASUR AGROFORESTAL por la financiación de estos estudios, por el uso de los montes y por la ayuda y apoyo del personal técnico e investigador durante los trabajos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Begon, M.; Harper, J.L.; Townsend, C.R. 1999. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Editorial Omega. Barcelona.
- Brower, J.E.; Zar, J.H.; Von Ende, C.N. 1997. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. WCB/McGraw-Hill.
- Conferencia Interministerial de los Bosques en Europa. 1993. Resolución 1. Directrices Generales para una Gestión Sostenible de los bosques en Europa. En web (consultado en 2010):
http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/legislacion_convenios/convenios_internac/pdf/h1.pdf
- Costa, M.; Morla, C.; Sainz, H. -Eds- 1998. *Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica*. Editorial Planeta. Barcelona.
- Del Pino, J.O.; Zamora, R.; Oliet, J.A. 2004. Empleo de diferentes índices de biodiversidad en los modelos basados en técnicas de decisión multicriterio. II Simposio Iberoamericano de Gestión y Economía Forestal.
- García, F.J.; Tapias, R.; Fernández, M.; Vázquez, F.J.; Salvador, L. 2010. Biodiversity of the forest ecosystems in the southwest of the Iberian peninsula to global change: woodlands or scrublands with some trees? En: Lopes, D.; Tomé, M; Liberato, M and Soares, P. (edit.) *Mixed and Pure Forests in a changing world*. IUFRO Conference 2010 6-8 October. University of Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Gavilán, R.G.; Rubio, A. 2005. “¿Pueden los índices de diversidad biológica ser aplicados como parámetros técnicos de la gestión forestal?”. *Actas de la I Reunión sobre Ecología, Ecofisiología y Suelos Forestales*. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, 20: 93-98.
- Grupo de Trabajo Español para la Certificación FSC. 2009. *Estándares españoles de gestión forestal para la certificación FSC*. Forest Stewardship Council, A.C.
- Heywood, V.H. 1995. “The Mediterranean flora in the context of world biodiversity”. *Ecologia Mediterranea*, XXI (1/2): 11-18.
- Junta de Andalucía. 2004. *Manual de Ordenación de Montes de Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente. Sevilla.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Croom Helm Limited.
- Moreno, C.E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T – Manuales y Tesis SEA, vol. 1. CYTED, ORCYT – UNESCO y SEA. Zaragoza.
- Moreno, C.; González, F.; Sáez, R. 2009. “La provincia de Huelva desde una perspectiva geológica”. En: Facultad de CC. Experimentales (Ed.). *Geología de Huelva. Lugares de interés geológico*. Universidad de Huelva.
- Ojeda, F.; Marañón, T.; Arroyo, J. 2000. Plant diversity in the Aljibe Mountains (S. Spain): a comprehensive account. *Biodiversity and Conservation*, 9: 1323-1343.
- Olías, M.; Galván, L. 2009. “Los suelos”. En: Facultad de CC. Experimentales (Ed.). *Geología de Huelva. Lugares de interés geológico*. Universidad de Huelva.
- Stork, N.E.; Samways, M.J. 1995. Inventorying and monitoring. En: Heywood V.H. y Watson R.T. *Global Biodiversity Assessment*. UNEP, Cambridge: 457-542.
- United Nations. 1993. *Convenio sobre la diversidad biológica*. En web:
<http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-un-es.pdf>

Waite, S. 2000. *Statistical Ecology in Practice. A Guide to Analysing Environmental and Ecological Field Data*. Pearson Education Limited.