

EDAD Y PORTE DE LA SABINA ALBAR (*Juniperus thurifera* L.) COMO CONDICIONANTES PARA LA COLONIZACIÓN LIQUÉNICA: ESTUDIO COMPARATIVO EN LA SERRANÍA DE CUENCA

Belinchón, R.*¹, Prieto, M.¹, Aragón, G.¹ & Martínez, I.¹.

1. Universidad Rey Juan Carlos, ESCET, Área de Biodiversidad y Conservación, c/ Tulipán s/n, 28933-Móstoles. Madrid. *e-mail: rocio.belinchon@urjc.es

Resumen La composición y diversidad de líquenes epífitos depende en gran medida de los componentes que forman la estructura del bosque como el diámetro y morfología del tronco y diámetro de copa. Por tanto, no todos los árboles son apropiados para el establecimiento de determinadas especies liquénicas. En este sentido, se han realizado análisis de correspondencias canónicas (CCA) para testar la influencia que diferentes factores relacionados con la edad y el microclima ejercen sobre la flora de líquenes epífitos de *Juniperus thurifera* en la Serranía de Cuenca (España). Nuestros resultados demuestran que la composición liquénica está muy influenciada por el diámetro de la sabina albar. La diversidad, en términos de riqueza de especies, es mayor en árboles maduros. Árboles con diámetro superior a 50 cm presentan troncos agrietados, mayor diámetro de copa y partes muertas y de gran dureza en la corteza, albergando un componente liquénico compuesto por especies esciófilas (*Chaenotheca furfuracea*, *Waynea adscendens*), lignícolas (*Aspicilia lignicola*, *Lecanora paramerae*), muscícolas (*Chromatochlamys muscorum*, *Mycobilimbia hypnorum*) y cianolíquenes (*Leptogium lichenoides*, *L. tenuissimum*), ausentes todos ellos en sabinas de porte medio. Por tanto, conservar estas formaciones maduras implica el mantenimiento de especies con una distribución muy restringida a nivel mundial o indicadoras de madurez forestal.

Palabras Clave: sabinares, diversidad, líquenes epífitos, CCA, conservación, forófito.

AGE AND MIDDLE SIZE OF THE JUNIPERUS THURIFERA AS DETERMINANTS FOR LICHEN COLONIZATION: A COMPARATIVE STUDY IN THE "SERRANÍA DE CUENCA"

Abstract Epiphytic lichen diversity and composition are influenced by forest structure components such as both diameter and morphology of the tree trunk and crown diameter. Therefore all stands are not suitable hosts for epiphytic lichens. We have conducted a study using canonical correspondence analysis (CCA) to test whether flora of epiphytic lichen are influenced by stand age and microclimate. Our results show that lichen composition in *Juniperus thurifera* forests is highly affected by trunk diameter. Species richness was higher in old-growth stands in relation with young stands. Late sucesional juniper stands with diameter above 50 cm, are characterized by decorticated bark, larger crown diameter and extremely hard lignum. Older trees are more suitable for the establishment of shade-adapted species (*Chaenotheca furfuracea*, *Waynea adscendens*), lignicolous species (*Aspicilia lignicola*, *Lecanora paramerae*), mossy species (*Chromatochlamys muscorum*, *Mycobilimbia hypnorum*) and cyanolichens (*Leptogium lichenoides*, *L. tenuissimum*). Consequently the conservation of these old-growth forests involves the maintenance of species with a scattered distribution range or indicators of forest maturity.

Key words: juniper stands, diversity, epiphytic lichens, CCA, conservation.

ÂGE ET PORT DU GENÉVRIER THURIFÈRE (*JUNIPERUS THURIFERA* L.) COMME FACTEURS CONDITIONNANTS DE LA COLONISATION LICHÉNIQUE: ETUDE COMPARATIVE A LA « SERRANIA DE CUENCA »

Résumé La diversité et la composition des lichens épiphytes sont influencées par des composants de structure des forêts tels que le diamètre et la morphologie du tronc, ainsi que le diamètre des cimes. Par conséquent tous les stands ne sont pas appropriés à l'établissement de certains lichens. Nous avons entrepris une étude en utilisant l'analyse canonique de correspondance (CCA) pour évaluée l'influence que les différents facteurs liés à l'âge du phorophyte et microclimat exercent sur la composition des espèces lichéniques qui colonisent des genévriers. Nos résultats montrent que la composition des lichens dans des forêts de thurifera de *Juniperus* est fortement affectée par le diamètre de tronc. La richesse en espèces était plus haute dans des pieds vieilliss en relation avec des jeunes arbres. Le genévrier avec le diamètre au-dessus de 50 centimètres, est caractérisé par des troncs lézardés, le plus grand diamètre de cime et des parties à écore morte et extrêmement dur. Les genévriers centenaires sont plus appropriés à l'établissement des espèces sciaphiles (*Chaenotheca furfuracea*, *Waynea adscendens*), lignicoles (*Aspicilia lignicola*, *Lecanora paramerae*), muscícolas (*Chromatochlamys muscorum*, *Mycobilimbia hypnorum*) et des cyanolichens (*Leptogium lichenoides*, *L. tenuissimum*). En conséquence la conservation des forêts mûres implique l'entretien des l'espèces d'une distribution très ponctuelle au niveau mondial ou étant des indicateurs de maturité forestière.

Mots clés: peuplements de genévrier, diversité, lichens épiphytes, CCA, conservation.

INTRODUCCIÓN

Los bosques maduros constituyen un recurso natural con importantes valores asociados, por lo que su conservación es de suma importancia para la supervivencia de numerosas especies. En ellos, coexisten individuos de diferentes edades, desde muy jóvenes, con cortezas lisas o débilmente agrietadas, hasta árboles de gran porte con cortezas muy agrietadas y rugosas. Por ello, los árboles de gran tamaño presentan unas características morfológicas y ecológicas (fisuras, oquedades, amplias áreas cubiertas de briófitos, partes muertas en la corteza) de los que carecen ejemplares más jóvenes (ARAGÓN et al. 2005).

Los líquenes, por su biología y modo de vida, son organismos que reaccionan frente a cambios en la calidad y cantidad de los componentes que forman la estructura del bosque, así como frente a pequeñas variaciones ambientales. Por tanto, su diversidad está estrechamente relacionada con la variedad de microambientes que se originen (*e.g.*: HEYLEN *et al.* 2005; HILMO & HOLIEN 2002; PIKÄLÄ 2003), siendo mayor el número de microambientes en árboles longevos. Además, el diámetro y estructura de la copa del forófito afecta directamente a la exposición al viento y radiación incidente sobre el tronco y, por tanto, a las especies epífitas que lo colonizan (ARAGÓN et al. 2005).

Una de las comunidades arbóreas más emblemáticas y, a la vez, amenazadas, la constituyen los sabinares albares (*Juniperus thurifera* L.), considerados como “hábitats prioritarios” por la Directiva 92/43/CEE. En la Península Ibérica, desarrollan bosques abiertos que, en su mayoría, colonizan las altas parameras continentales del interior, donde la dureza del clima, tipo de suelos, lento crecimiento y dificultades de regeneración, no favorecen una densidad mayor. Además, se trata de formaciones muy mermadas desde antaño, adaptadas al pastoreo, donde las viejas copas de las sabinas juegan un papel importante en el mantenimiento de pastos frescos bajo la cobertura del dosel en períodos de máxima insolación (MARTÍN HERRERO et al. 2003).

Comprender los factores que determinan la distribución de las especies en un ambiente, es fundamental para poder diseñar métodos apropiados para la conservación de la biodiversidad y gestión de las áreas donde viven. Teniendo en cuenta la especificidad que tienen muchas de las especies de líquenes por el tipo de sustrato y el hecho de que su diversidad está estrechamente ligada a la variedad de microambientes que se originan, nos planteamos la siguiente hipótesis: los árboles maduros podrían albergar un gran número de especies que estarían ausentes en los más jóvenes. En este sentido, trataremos de responder a las siguientes cuestiones: - ¿Cómo se comporta la diversidad de líquenes, en términos de riqueza de especies, frente a la edad del forófito? - ¿Cuál es el efecto de los factores ambientales seleccionados sobre la composición y distribución de las especies en las sabinas? - ¿Podemos pensar en la existencia de especies o grupos de especies asociadas exclusivamente a árboles ancianos?

METODOLOGÍA

Área de estudio. El estudio se ha llevado a cabo en la Serranía de Cuenca, sobre formaciones adhesionadas de sabina albar (*Juniperus thurifera*) sometidas a una intensa actividad ganadera. El paisaje consiste en sabinares de páramo, situado a 1400 m de altitud y asentados sobre litosuelos, en zonas de acusada continentalidad. El clima es mediterráneo continental, con una importante oscilación térmica diaria durante todo el año, temperaturas medias anuales cercanas a los 10°C y precipitaciones que oscilan entre los 1000 a 1200 mm de media anual (Estación Meteorológica de Buenache de la Sierra).

Muestreo. El trabajo de campo se ha llevado a cabo en sabinares (*Juniperus thurifera*), relativamente homogéneos en términos de sustrato, manejo, altitud y clima. En cada una de las tres zonas de muestreo (30TWK9547, 1455 m; 30TWK9138, 1400 m; 30TWK 9144, 1410 m) se seleccionaron 20 árboles abarcando un amplio rango de valores para dos clases de edad previamente establecidas: 10 árboles jóvenes y 10 árboles maduros. En el término “árbol joven”, incluimos aquellos ejemplares con diámetro de tronco (a 1.50 m de altura) inferior a 36 cm, mientras que, asignamos “árbol maduro” a los que presentaron un diámetro superior a 50 cm. Para cada forófito se valoraron las variables ambientales relacionadas con la estructura del árbol: diámetro del tronco y de la copa, altura de la primera rama y distancia media a los 4 árboles más cercanos. El muestreo de especies líquénicas se llevó a cabo sobre el tronco del árbol, en dos orientaciones (N y S) y a 3 alturas diferentes: base, 1.5 y 2 metros. En total, se realizaron 6 inventarios por árbol. El muestreo de especies líquénicas se efectuó mediante cuadrículas de 20 x 20 cm². De cada inventario se anotaron las especies presentes, asignándoles el valor de la cobertura en tantos por ciento. Para la nomenclatura de líquenes se ha seguido el criterio de HAFELNER & TURK (2001) y a para plantas vasculares a CASTROVIEJO et al. (1986).

Análisis de los datos. Para explorar posibles diferencias relacionadas con el desarrollo de la sabina, la riqueza de especies y el coeficiente de similitud de Jaccard fueron calculados para cada clase de edad. La posible relación entre pares de variables ambientales, se exploró mediante tests de correlación de Spearman, con el paquete estadístico SPSS v.12.0.

Las relaciones entre la composición de especies y las variables ambientales seleccionadas se exploraron mediante DCA (HILL & GAUCH 1980). Dada la longitud del primer eje (4.657) se llevo a cabo un análisis de correspondencias canónicas (CCA; TER BRAAK 1990). Para evaluar cuáles eran las variables ambientales más predictivas sobre la distribución de las especies líquénicas, se realizó un proceso de selección de variables paso a paso y hacia delante (*forward stepwise selection*). El nivel de significación del modelo se evaluó por medio de una aproximación de Monte Carlo (1000 permutaciones) (TER BRAAK 1990; LEGENDRE & ANDERSON 1999). Estos análisis se realizaron con el paquete estadístico CANOCO para Windows v. 4.5 (TER BRAAK & SMILAUER 1997).

RESULTADOS

Variables ambientales. En relación a las variables seleccionadas en las tres áreas de muestreo, el diámetro medio de la copa osciló entre los 3.35 m para los forófitos más jóvenes y los 10.72 m para las sabinas de mayor porte. Los valores del diámetro del tronco variaron desde los 20.7 cm hasta los 136.87 cm, lo que nos indica un rango de edades comprendido entre 65 y 500 años, considerando un crecimiento medio de 2-3 mm anuales (COSTA et al. 1998). El diámetro medio de tronco para los ejemplares más jóvenes fue de 26.80 cm, mientras que para árboles centenarios fue de 74.26 cm. La cobertura arbolada, tomada como la media de la distancia a los cuatro árboles más cercanos situados en las cuatro orientaciones con respecto al forófito de muestreo, es muy variable, oscilando entre los 5.37 m y 17.13 m. Las tres zonas estudiadas presentan cierta homogeneidad en cobertura arbolada, con distancias medias de 10.98, 11.70 y 10.39 metros respectivamente. Es decir, se trata de tres áreas de muestreo muy similares en composición y estructura arbolada.

El coeficiente de Spearman para observar la existencia o no de correlaciones entre las variables ambientales consideradas, nos indica la existencia de una relación de signo positivo entre todas ellas. En general, en las zonas de mayor cobertura arbolada suelen coincidir árboles de mayor diámetro (0.356, $p < 0.01$). El diámetro de la copa está estrechamente correlacionado con el diámetro del tronco (0.833, $p < 0.01$) y la altura a la que se sitúa la primera rama, suele ser mayor en árboles más viejos (0.328, $p < 0.01$), por un efecto del

crecimiento y de la poda, para mantener frescos los pastos situados bajo la influencia de la copa y dejar paso al ganado.

Riqueza de especies. En el total de los 360 inventarios, se han identificado 69 líquenes, pertenecientes a 37 géneros diferentes, siendo los biotipos crustáceo y foliáceo los mejor representados (Tabla 1). La riqueza por forófito osciló entre 10 y 33 especies. Las más frecuentes fueron *Anaptychia ciliaris*, *Bacidia incompta*, *Caloplaca holocarpa*, *Catillaria nigroclavata*, *Lecanora hagenii*, *Lecanora horiza*, *Pertusaria paramerae*, *Phlyctis argena* y *Physconia perisidiosa*, que aparecen en más de un tercio de los inventarios realizados. Entre las más escasas, destacamos *Calicium salicinum*, *Chaenoteca furfuracea*, *Ch. trichialis*, *Chrysothrix candelaris*, *Cladonia fimbriata*, *Collema furfuraceum*, *C. subnigrescens*, *Lecania naegelii*, *Lecidea holopolia*, *Leptogium saturninum*, *Mycocalicium subtile*, *Mycobilimbia berengeriana*, *Parmelia saxatilis*, *Pertusaria amara*, *Physcia adscendens*, *Physconia venusta*, *Pyrrosphora elabens*, *Sclerophora nivea*, *Xanthoria candelaria* o *X. parietina* (Tabla 1).

El coeficiente de similitud de Jaccard reveló una composición líquénica muy diferente entre árboles jóvenes y maduros, compartiendo el 58% del total de especies (41 especies). De esta forma, 26 especies aparecen asociadas a los árboles con diámetros mayores de 50 cm, mientras que 2 especies de líquenes son exclusivas de árboles con menor diámetro. La riqueza y diversidad de líquenes epífitos es mayor en árboles ancianos que en forófitos más jóvenes, de forma que, en sabinas con diámetro de tronco inferior a 35 cm, los líquenes identificados ascienden a 44, mientras que en árboles con diámetros por encima de 50 cm, el total de especies asciende a 67.

Composición líquénica y variables ambientales. Desde el punto de vista de la colonización líquénica de las sabinas, las especies se comportan de forma diferente frente a factores ambientales tales como el diámetro de la copa y del tronco, altura de las ramas, aislamiento del árbol, situación y orientación del inventario en el árbol. Los análisis de ordenación llevados a cabo fueron significativos ($p < 0.05$), sugiriendo que las variables seleccionadas son válidas para explicar la composición líquénica de los sabinares estudiados. De esta forma, la variación total explicada fue del 9%. Se seleccionaron todas las variables excepto “inventarios a 1.5 y a 2 m” ($p = 0.821$). El diámetro del árbol fue el factor que explicó mayor proporción de la variabilidad total, seguido por la orientación del inventario, la altura de la primera rama, aislamiento del forófito y los inventarios en la base (Tabla 2).

La representación gráfica del modelo de CCA con las variables ambientales (Fig. 1), mostró que el diámetro del árbol fue el principal factor ambiental en el primer eje, mientras que la orientación del inventario se correlacionó con el segundo eje. Se observa la existencia de un grupo de especies relacionado con un mayor diámetro del árbol como son: *Agonimia octospora*, *Aspicilia lignicola*, *Buellia cedricola*, *Calicium glaucellum*, *Chaenoteca trichialis*, *Collema fasciculare*, *Gyalecta ulmi*, *Lepraria incana*, *Leptogium tenuissimum*, *L. teretiusculum*, *Mycobilimbia hypnorum*, *Mycocalicium subtile*, *Waynea adscendens*, entre otras. A su vez existe otra agrupación de especies relacionada negativamente con la variable “diámetro del árbol” en situaciones de menor aislamiento y escasa altura de las ramas, formada por especies como: *Anaptychia ciliaris*, *Caloplaca cerina*, *Candelariella vitellina*, *Collema subflaccidum*, *Lecanora horiza*, *Lecidella elaeochroma*, *Pertusaria paramerae*, *Phlyctis argena* y *Xanthoria parietina*. Por otro lado, aparecen especies relacionadas con árboles de menor diámetro que prefieren forófitos aislados y ramas situadas a mayor altura, tales como: *Buellia alboatra*, *Caloplaca flavorubescens*, *Candelariella xanthostigma*, *Megaspora verrucosa*, *Physcia adscendens*, *Ph. tenella* y *Rinodina mayrhoferi*.

En cuanto a la orientación y altura del inventario las especies se distribuyen en el árbol en aquellos ambientes que sean más favorables para su desarrollo. Se observan especies cuyo

crecimiento va a estar ligado a la orientación sur: *Aspicilia lignicola*, *Buellia cedricola*, *Calicium salicinum*, *Catillaria nigroclavata*, *Lecanora cinereofusca*, *Mycocalicium subtile*, *Physcia biziana*, *Pyrrospora elabens* y *Rinodina mayrhoferi*. Sin embargo, en la base de los árboles a orientación norte encontramos: *Bacidia parathalassica*, *Chaenotheca furfuracea*, *Ch. trichialis*, *Collema subnigrescens*, *Leptogium quercicola*, *Mycobilimbia hypnorum*, *Placynthiella icmalea*, *Sclerophora nivea* o *Waynea adscendens*.

DISCUSIÓN

El estudio llevado a cabo demuestra que la riqueza y composición de especies líquénicas difiere en gran medida con el porte de la sabina, siendo el factor “diámetro del árbol” el que explica mayor variabilidad dentro del sistema. Al igual que en la mayoría de los forófitos, el desarrollo de la sabina albar lleva asociado un aumento en la heterogeneidad morfológica de la corteza, lo que supone en última instancia el origen de pequeños cambios microclimáticos (HYVÄRINEN et al. 1991; ARAGÓN et al. 2005). Este hecho, permite la existencia de multitud de nichos ecológicos (truncos agrietados, mayor diámetro de la copa, partes muertas y de gran dureza) ausentes en los ejemplares de porte medio (NORDÉN & APPELQVIST 2001). Esta diferencia morfológica y microclimática influye sobre la diversidad y originalidad de las especies que colonizan los troncos de gran porte, de forma que la composición florística difiere entre árboles jóvenes y maduros, siendo los pies de mayor diámetro los que albergan una mayor riqueza de especies. Estos resultados concuerdan con los trabajos citados en PRICE & HOCHACHKA (2001) en los cuales se produce un incremento en la diversidad y cambios en la composición florística de líquenes con la edad del árbol.

El gran número de especies de líquenes epífitos asociado exclusivamente a árboles de mayor diámetro confirma la importancia que tienen los árboles maduros en la diversidad líquénica (HUMPREY et al. 2002). En sabinas de mayor porte encontramos especies esciófilas (*Agonimia octospora*, *Chaenotheca furfuracea*, *Ch. trichialis*, *Gyalecta ulmi*, *Waynea adscendens*), muscícolas (*Chromatochlamys muscorum*, *Mycobilimbia hypnorum*), lignícolas (*Aspicilia lignicola*, *Buellia cedricola*, *Lecanora paramerae*, *Pyrrhospora elabens*) o cianolíquenes (*Collema subnigrescens*, *Leptogium lichenoides*, *L. saturninum*, *L. teretiusculum*) ausentes en árboles de menor diámetro. Se trata de taxones altamente específicos de determinados microambientes creados a lo largo del tiempo (grietas, partes muertas,...) o con querencias por ambientes donde la incidencia solar es mínima y existe una elevada humedad atmosférica (MARTÍNEZ et al. 2001). La exclusividad que presentan hacia las sabinas ancianas hace fácil su utilización como especies indicadoras de madurez forestal en este tipo de formaciones boscosas.

Numerosos estudios sobre líquenes epífitos han demostrado que el desarrollo del árbol constituye un factor determinante sobre la composición líquénica. Sin embargo, tanto las características morfológicas del árbol como las diferencias microclimáticas existentes en el tronco ejercen una importante influencia en la distribución de las especies líquénicas, puesto que los líquenes van a colonizar un árbol en función de su desarrollo, pero dentro de ese árbol ocuparán diferentes nichos en el tronco en relación con sus querencias ecológicas (SARRIÓN 2001; ARAGÓN et al. 2005). Independientemente de si las especies colonizan árboles jóvenes o maduros, en la propia estructura del árbol, no todas las especies se comportan de la misma manera. De ahí que exista un grupo de taxones formado principalmente por cianolíquenes o líquenes esciófilos asociado a las situaciones menos expuestas a radiación solar (orientación norte y en la base de los árboles) en árboles de gran tamaño: *Chaenotheca trichialis*, *Chromatochlamys muscorum*, *Collema furfuraceum*, *Gyalecta ulmi*, *Leptogium saturninum* o *Waynea adscendens*, entre otras especies. Sin embargo, también se han detectado especies asociadas a árboles maduros, aunque situadas en los inventarios más expuestos a radiación solar (orientación sur). En general, son especies de hábitos lignícolas, que colonizan

directamente la madera muerta, muchas de ellas ausentes de orientaciones de umbría, por la propia estructura del árbol y la competencia con los briófitos. Éstas son *Aspicilia lignicola*, *Buellia cedricola*, *Calicium salicinum*, *Lecanora paramerae* o *Pyrrosphora elabens*.

Las especies que dominan en los árboles jóvenes presentan una gran amplitud ecológica. El patrón observado en la distribución vertical y horizontal del árbol puede ser explicada por las propiedades de la corteza. La base del tronco es más húmeda y ácida, mientras que al ascender en altura encontramos mayor exposición a la radiación solar y por tanto menor humedad. La orientación también marca diferencias sobre la exposición solar, siendo la orientación sur la que recibe mayor irradiación solar en el Hemisferio Norte (BELINCHÓN 2005).

Como conclusión, podemos afirmar que las sabinas ancianas presentan un riqueza de especies muy elevada en relación a forófitos de porte medio y que, existe un gran número de especies asociadas exclusivamente a determinados nichos ecológicos que se generan a lo largo del tiempo, que solo están presentes en los árboles de mayor porte. Conservar estas formaciones maduras, aparte de su valor intrínseco, implica el mantenimiento de la diversidad líquénica. De esta forma, la eliminación de sabinas ancianas propicia la pérdida de riqueza de especies y el deterioro de la comunidad líquénica florística asociada a este tipo de árboles.

Agradecimientos: este trabajo se engloba dentro del “Programa de conservación de líquenes amenazados y bioindicadores” promovido y financiados por la Junta de Castilla-La Mancha, Consejería de Medio Ambiente, Dirección General del Medio Natural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAGÓN, G.; BELINCHÓN, R.; IZQUIERDO, P. & MARTÍNEZ, I. 2005. *Caracterización y conservación de las comunidades epífitas de los bosques relictos eurosiberianos, encinares y pinares de piñonero*. Documento científico-técnico. Junta de Comunidades de Castilla La Mancha.
- BELINCHÓN, R. 2005. *Efecto de borde sobre la flora de líquenes epífitos en bosques mediterráneos*. Proyecto final de carrera. Universidad Rey Juan Carlos.
- CASTROVIEJO, S., LAÍNIZ, M., LÓPEZ GONZÁLEZ, G., MONTSERRAT, P., MUÑOZ GARMENDIA, F., PAIVA, J. & VILLAR, L. 1986. *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Servicio de publicaciones del C.S.I.C. Madrid.
- COSTA, M.; MORLA, C. & SAINZ, H. 1998. *Los Bosques Ibéricos. Una interpretación geobotánica*. Editorial Planeta. Barcelona.
- HAFELLNER, J. & TÜRK, R. 2001. Die lichenisierten Pilze österreichs – eine Checkliste der bisher nachgewiesenen Arten mit Verbreitungsangaben. *Stafia* 76: 3-167.
- HEYLEN, O.; HERMY, M. & SCHREVEENS, E. 2005. Determinants of cryptogamic epiphyte diversity in a river valley (Flanders). *Biol. Conserv.* 126(3): 371-382.
- HILL, M.O. & GAUCH, H.G. 1980. Detrended Correspondence Analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio* 42: 47-58.
- HILMO, O. & HOLIEN, H. 2002. Epiphytic lichen response to the edge environment in a boreal *Picea abies* forest in central Norway. *Bryologist* 105(1): 48-56.
- HUMPREY, J.W.; DAVEY, S.; PEACE, A.J.; FERRIS, R. & HARDING, K. 2002. Lichens and bryophyte communities of planted and semi-natural forests in Britain: the influence of site type, stand structure and deadwood. *Biol. Conserv.* 107(2): 165-180.
- HYVÄRINEN, M.; HALONEN, P. & KAUPPI, M. 1992. Influence of stand age and structure on the epiphytic lichen vegetation in the middle-boreal forests of Finland. *Lichenologist* 24(2): 165-180.

- LEGENDRE, P. & ANDERSON, M.J. 1999. Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. *Ecol. Monogr.* 69:1-24.
- MARTÍN, J.; CIRUJANO, S.; MORENO, M.; PERIS, J.B. & STÜBING, G. 2003. *La vegetación protegida de Castilla-La Mancha*. Junta de Comunidades de Castilla La-Mancha.
- MARTÍNEZ, I.; ARAGÓN, G. & BURGAS, A.R. 2001. Propuesta de áreas de conservación en el Sistema Ibérico Central (España) utilizando la diversidad líquénica. *Bot. Complutensis.* 25: 129-140.
- NORDÉN, B. & APPELQVIST, T. 2001. Conceptual problems of ecological continuity and its bioindicators. *Biodivers. Conserv.* 10(5): 779-791.
- PIKÄLÄ, J. 2003. Effects of new forestry practices on rare epiphytic macrolichens. *Conserv. Biol.* 18(3): 831-838.
- PRICE, K. & HOCHACHKA, G. 2001. Epiphytic lichen abundance: Effects of stand age and composition in Coastal British Columbia. *Ecol. Appl.* 11(3): 904-913.
- SARRIÓN, F.J. 2001. *Flora y Vegetación de Líquenes Epífitos de Sierra Madrona-Valle de Alcudia (Ciudad Real). Relaciones con el estado de conservación de sus bosques*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- TER BRAAK, C. J. F. & SMILAUER, P. 1997. *CANOCO. Reference manual and user's guide to CANOCO for Windows: software for canonical community ordinations. Version 4*. Centre for Biometry, Wageningen, Microcomputer Power. New York.
- TER BRAAK, C.J.F. 1990. Update notes: CANOCO v3.1. Microcomputer Power. New York.

TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Listado de especies líquénicas identificadas en los inventarios. Se indica la abreviatura, forma de crecimiento (CO: compuesto; CR: crustáceo; FO: foliáceo; FR: fruticuloso; SQ: escumuloso), cobertura media (\pm error típico) y el número de inventarios en los que una especie aparece (frecuencia).

Especie	Clave	Forma	Cobertura (\pm ET)	Frecuencia
<i>Agonimia octospora</i> Coppins & P. James	Aoct	CR	0.14 \pm 0.03	32
<i>Anaptychia ciliaris</i> (L.) Körb	ANc	FR	1.11 \pm 0.06	195
<i>Aspicilia lignicola</i> (Anzi) Hue	ASl	CR	0.03 \pm 0.01	7
<i>Bacidia incompta</i> (Hook.) Anzi	Bi	CR	0.43 \pm 0.04	100
<i>Bacidia parathalassica</i> E. Llop & Gómez-Bolea	Bp	CR	0.36 \pm 0.04	77
<i>Buellia alboatra</i> (Hoffm.) Th.Fr.	BUa	CR	0.04 \pm 0.01	13
<i>Buellia cedricola</i> Werner	BUc	CR	0.05 \pm 0.02	10
<i>Calicium glaucellum</i> Ach.	Cg	CR	0.03 \pm 0.01	6
<i>Calicium salicinum</i> Pers.	Cs	CR	0.01 \pm 0.00	3
<i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th.Fr.	CAc	CR	0.18 \pm 0.02	59
<i>Caloplaca flavorubescens</i> (Huds.) J.R. Laundon	CAf	CR	0.05 \pm 0.01	17
<i>Caloplaca herbidella</i> (Hue) H.Magn.	CAh	CR	0.04 \pm 0.01	10
<i>Caloplaca holocarpa</i> (Ach.) A.E. Wade	CAho	CR	0.31 \pm 0.03	103
<i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.) Müll.Arg.	CNv	CR	0.08 \pm 0.02	21
<i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau	CNx	CR	0.06 \pm 0.01	18
<i>Catapyrenium psoromoides</i> (Borrer) R.Sant.	CTp	SQ	0.06 \pm 0.02	18
<i>Catillaria nigroclavata</i> (Nyl.) Schuler	CATn	CR	1.21 \pm 0.05	244
<i>Chaenotheca furfuracea</i> (L.) Tibell	CHf	CR	0.01 \pm 0.01	2
<i>Chaenotheca trichialis</i> (Ach.) Th.Fr.	CHt	CR	0.01 \pm 0.0	3
<i>Chromatochlamys muscorum</i> (Fr.) H. Mayrhofer & Poelt	CHRm	CR	0.21 \pm 0.03	41
<i>Chrysothrix candelaris</i> (L.) J.R. Laundon	CHRYc	CR	0.01 \pm 0.00	4
<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.	CLf	CO	0.02 \pm 0.01	3

<i>Collema fasciculare</i> (L.) F.H. Wigg	COF	FO	0.02 ±0.01	5
<i>Collema furfuraceum</i> (Arnold) Du Rietz	COfu	FO	0.02 ±0.01	7
<i>Collema occultatum</i> Bagl.	COoc	SQ	0.11 ±0.02	25
<i>Collema subflaccidum</i> Degel.	COs	FO	0.10 ±0.02	28
<i>Collema subnigrescens</i> Degel.	COsn	FO	0.04 ±0.01	7
<i>Gyalecta ulmi</i> (Sw.) Zahlbr.	Gu	CR	0.04 ±0.01	10
<i>Lecania naegelii</i> (Hepp) Diederich & P. van den Boom	Ln	CR	0.01 ±0.00	2
<i>Lecanora cinereofusca</i> H.Magn.	Lc	CR	0.05 ±0.01	12
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.	Lch	CR	0.36 ±0.03	91
<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach.	Lh	CR	0.68 ±0.04	200
<i>Lecanora horiza</i> (Ach.) Linds.	Lho	CR	0.75 ±0.04	185
<i>Lecanora paramerae</i> I. Martínez, Aragón & Lumbsch	Lp	CR	0.21 ±0.03	43
<i>Lecanora varia</i> (Hoffm.) Ach.	Lv	CR	0.07 ±0.02	21
<i>Lecidea holopolia</i> (Tuc.) Zahlbr.	LEh	CR	0.01 ±0.01	4
<i>Lecidea hypopta</i> Ach.	LEhy	CR	0.04 ±0.01	13
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M.Choisy	LECe	CR	0.38 ±0.03	90
<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	LPi	CR	0.08 ±0.02	11
<i>Leptogium lichenoides</i> L. Zahlbr.	LTI	FO	0.25 ±0.03	45
<i>Leptogium quercicola</i> Otálora, Aragón, I.Martínez & Molina	LTq	FO	0.12 ±0.02	26
<i>Leptogium saturninum</i> (Dicks.) Nyl.	LTS	FO	0.03 ±0.01	7
<i>Leptogium tenuissimum</i> (Dicks.) Körb.	LTt	SQ	0.07 ±0.02	13
<i>Leptogium teretiusculum</i> (Wallr.) Arnold	LTte	FO	0.14 ±0.02	33
<i>Megaspora verrucosa</i> (Ach.) Hafellner & V. Wirth	Mv	CR	0.27 ±0.03	61
<i>Mycocalicium subtile</i> (Pers.) Szatala	MI	CR	0.03 ±0.01	6
<i>Mycobilimbia berengeriana</i> (A.Massal) Hafellner & V. Wirth	MYb	CR	0.03 ±0.01	5
<i>Mycobilimbia hypnorum</i> (Lib.) Kalb & Hafellner	MYh	CR	0.06 ±0.02	13
<i>Opegrapha varia</i> Pers.	Ov	CR	0.02 ±0.01	5
<i>Parmelia saxatilis</i> (L.) Ach.	Ps	FO	0.01 ±0.01	3
<i>Parmelina tiliacea</i> (Hoffm.) Hale	PMt	FO	0.01 ±0.01	3
<i>Pertusaria albescens</i> (Huds.) M.Choisy & Werner	PEa	CR	0.27 ±0.03	55
<i>Pertusaria amara</i> (Ach.) Nyl.	PEam	CR	0.03 ±0.01	7
<i>Pertusaria paramerae</i> Crespo & Vězda	PEp	CR	1.11 ±0.05	209
<i>Phlyctis argena</i> (Spreng.) Flot.	PHa	CR	0.56 ±0.05	111
<i>Placynthiella icmalea</i> (Ach.) Coppins & P.James	PLi	CR	0.15 ±0.02	36
<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H.Olivier	PHa	FO	0.01 ±0.01	4
<i>Physcia biziana</i> (A.Massal) Zahlbr.	PHb	FO	0.28 ±0.03	56
<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC.	PHt	FO	0.40 ±0.04	83
<i>Physconia distorta</i> (With) J.R.Laundon	PHYd	FO	0.18 ±0.03	43
<i>Physconia enteroxantha</i> (Nyl.) Poelt	PHYe	FO	0.22 ±0.03	44
<i>Physconia perisidiosa</i> (Erichsen) Moberg	PHYp	FO	0.59 ±0.05	117
<i>Physconia venusta</i> (Ach.) Poelt	PHYv	FO	0.01 ±0.01	2
<i>Pyrrhospora elabens</i> (Fr.) Hafellner	PYe	CR	0.03 ±0.01	8
<i>Rinodina mayrhoferi</i> Crespo	Rm	CR	0.12 ±0.02	38
<i>Sclerophora nivea</i> (Hoffm.) Tibell	Sn	CR	0.01 ±0.01	5
<i>Waynea adscendens</i> V.J.Rico	Wa	SQ	0.22 ±0.03	51
<i>Xanthoria candelaria</i> (L.) Th.Fr.	Xc	FO	0.01 ±0.00	2
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th.Fr.	Xp	FO	0.02 ±0.01	4

Tabla 2.- Modelo de CCA entre la cobertura de especies (matriz principal) y las variables ambientales (matriz de constricción). El proceso de selección de variables paso a paso sólo incluye las variables significativas. $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ son los valores propios de los correspondientes ejes extraídos. λ es el valor principal de la variable extraída. Σ cons es la suma de todos los ejes constreñidos. ICA = suma de todos los ejes extraídos. VTE es la Variación Total Explicada (%). F-ratio fue calculado mediante la suma de los ejes principales. P es el nivel de significación del modelo (con 1000 permutaciones).

Matriz de Constricción Ambiental		λ	F-ratio	P
Paso 1	Diámetro árbol	0.22	18.76	0.001
Paso 2	Orientación (norte-sur)	0.06	5.43	0.001
Paso 3	Altura rama	0.06	5.02	0.001
Paso 4	Aislamiento	0.03	2.89	0.001
Paso 5	Altura inventario (base)	0.02	2.19	0.001

Matriz	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	Σ cons	ICA	VTE	Test Monte Carlo	P
								F-ratio	
Ambiental	0.256	0.061	0.039	0.024	0.397	4.401	9.021	21.886	0.001

Figura 1. Gráfico especies-variables ambientales. Las variables ambientales significativas se mostraron como vectores o centroides (variable dummy). D= diámetro del árbol; Aislamiento= distancia media a los 4 árboles más cercanos; Rama= altura de la primera rama; Base= base de los árboles; N= orientación norte (dummy); S= orientación sur (dummy).

