



8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**



8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya - 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



Valoración de la madurez forestal de El Hayedo de Montejo mediante el análisis de líquenes epífitos

GARCÍA DE LA CRUZ LÓPEZ, J., GARCÍA VIÑAS, J.I.

¹ Departamento de Sistemas y Recursos Naturales, E.T.S.I. Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid.

Resumen

Las comunidades de líquenes epífitos son un indicador del estado de conservación de los bosques. Para cada una de las etapas dinámicas y grados de madurez de un bosque hay unas comunidades liquénicas debido a las diferentes sensibilidades de estos organismos al medio que les rodea. Este estudio analiza la relación entre las comunidades liquénicas y la dinámica forestal de El Hayedo de Montejo en 132 localidades. Se inventariaron las especies de líquenes agrupándolas en 8 alianzas y se relacionaron cada una de las localidades con los 9 Puntos de Madurez y las 6 fases del Ciclo Silvogenético. Por primera vez se identifican sobre las formaciones arbóreas de El Hayedo de Montejo comunidades liquénicas típicas de los bosques menos alterados conocidos. Los resultados muestran tanto la huella de un pasado de aprovechamientos silvopastorales como la recuperación de ciertos ambientes hacia un buen estado de conservación propio de bosques maduros.

Palabras clave

Líquenes epífitos, fases del Ciclo Silvogenético, puntos de madurez, bosque maduro, dinámica natural.

1. Introducción

Los líquenes se catalogan como una asociación mutualista estable, ecológicamente obligada, entre el hongo como habitante externo y una población interna de organismos fotosintéticos unicelulares, el alga. Esta estrategia evolutiva ha supuesto gran diversidad en las especies liquénicas y gracias a su capacidad para fijar suelos, evitar la erosión, favorecer la infiltración del agua o servir de alimento y refugio para multitud de organismos, los líquenes constituyen un importante foco de biodiversidad dentro de un ecosistema. Los líquenes son organismos "perennes", de crecimiento muy lento, de gran longevidad y muy susceptibles a los cambios del medio, por lo que muchos táxones son considerados buenos indicadores de las modificaciones que se producen en un ecosistema. Variedad de estudios han usado distintas especies de líquenes para monitorizar la contaminación atmosférica, la calidad del suelo y el cambio climático. La facilidad para diagnosticar con algunas especies el grado de alteración del entorno, ha permitido su uso como bioindicadores naturales. Su reacción ante los cambios es notable gracias a su alta sensibilidad al medio y a su reducido rango de tolerancia ambiental para sobrevivir. La falta de cutícula también posibilita que los procesos de captación de CO₂ tengan lugar en toda la extensión de su talo, que almacena todo tipo de partículas de la atmósfera, lo que permite evaluar el grado de pureza ambiental tras un análisis intrusivo del ejemplar. La existencia de grandes individuos de algunas especies en un ecosistema puede indicar que durante decenas o incluso centenares de años el medio se ha mantenido estable, por lo que también se deben considerar buenos bioindicadores para determinar la madurez de los bosques (Chivatá, 2015; Barreno y Pérez-Ortega, 2003; Pérez-Ortega, 2008).

El concepto de madurez se lleva acuñando desde los años 70 cuando surgió el interés por los bosques maduros en Norte América. Sin embargo durante los últimos años ha sido objeto de muchas definiciones y corrientes de pensamiento. En 2015 el Grupo de Conservación de EUROPARC-España define un Bosque Maduro como aquel en el que las perturbaciones antrópicas están ausentes y en el que la dinámica natural queda patente en el monte como un mosaico con todas sus fases de

desarrollo. El Bosque Maduro ideal no es aquel con aspecto decrepito y viejo, sino el que se encuentra en constante cambio y evolución sólo regido por su dinámica natural.

La idea de catalogar un bosque como maduro surge al advertir que el estado actual de las masas forestales no es más que el resultado de la historia de las intervenciones del hombre en las mismas. Es el caso de El Hayedo de Montejo, del cual hoy por hoy no se conoce cómo habría sido su evolución si la intervención antrópica hubiera sido nula y el ser humano no tuviera más influencia que cualquier otro ser vivo sobre este monte. Conocer su génesis, sus períodos y sus ciclos naturales al completo permitiría desarrollar otras técnicas de gestión forestal y redirigir su evolución para que el monte adquiriera la estructura y la biodiversidad propia de las dinámicas naturales.

El Hayedo de Montejo ha contado con varios inventarios de líquenes, uno de ellos por Amo de Paz y Burgaz, 2009, en el que se registraron 129 especies. Diez años después el experto holandés en briófitas y líquenes, Klaas Van Dort, dató otras 7 especies y realizó un glosario de los taxones según su forma de crecimiento y sus preferencias ecológicas. Sin embargo, hasta la fecha no se ha documentado ningún texto en el que se relaciona el estado de madurez de este monte con sus comunidades liquénicas, siendo este documento y su predecesor estudio pioneros en tal propósito.

2. Objetivos

Como objetivo general del estudio se presenta la determinación del estado de madurez de El Hayedo de Montejo a través de sus comunidades liquénicas, de sus etapas dinámicas y de sus parámetros estructurales. Se pretende identificar los líquenes considerados “bioindicadores de bosques maduros” y registrar los datos de la estructura arbórea del monte.

3. Metodología

El Hayedo de Montejo constituye la zona de estudio del presente trabajo. Este monte de 125,5 ha, ocupa la mitad del M.U.P. nº 89 de la Comunidad de Madrid y es uno de los hayedos más meridionales de la Península Ibérica. Con una altitud comprendida entre los 1300 y 1600 m, el monte se sitúa en el piso supramediterráneo, con temperaturas medias de 9,7°C y precipitaciones anuales de 873 mm. Predomina una litología de naturaleza silícea con micaesquistos, metasamitas, anfibolitas y rocas de silicatos cárnicos (Investigación de Sistemas Naturales e Historia Forestal, 2018). Su superficie arbolada actual es de 107,8 ha, de las que el 37% son de hayedo, el 24% de robledal y el 39% de melojar. A partir del último cuarto del siglo XX ha pasado de ser un paraje de estructura adehesada con aprovechamiento silvopastoral, con fagáceas corpulentas, a tener una espesura elevada con tres clases de edad (Gil et al., 1999 y Gil et al., 2010) y grandes árboles entrando en un proceso gradual de mortandad.

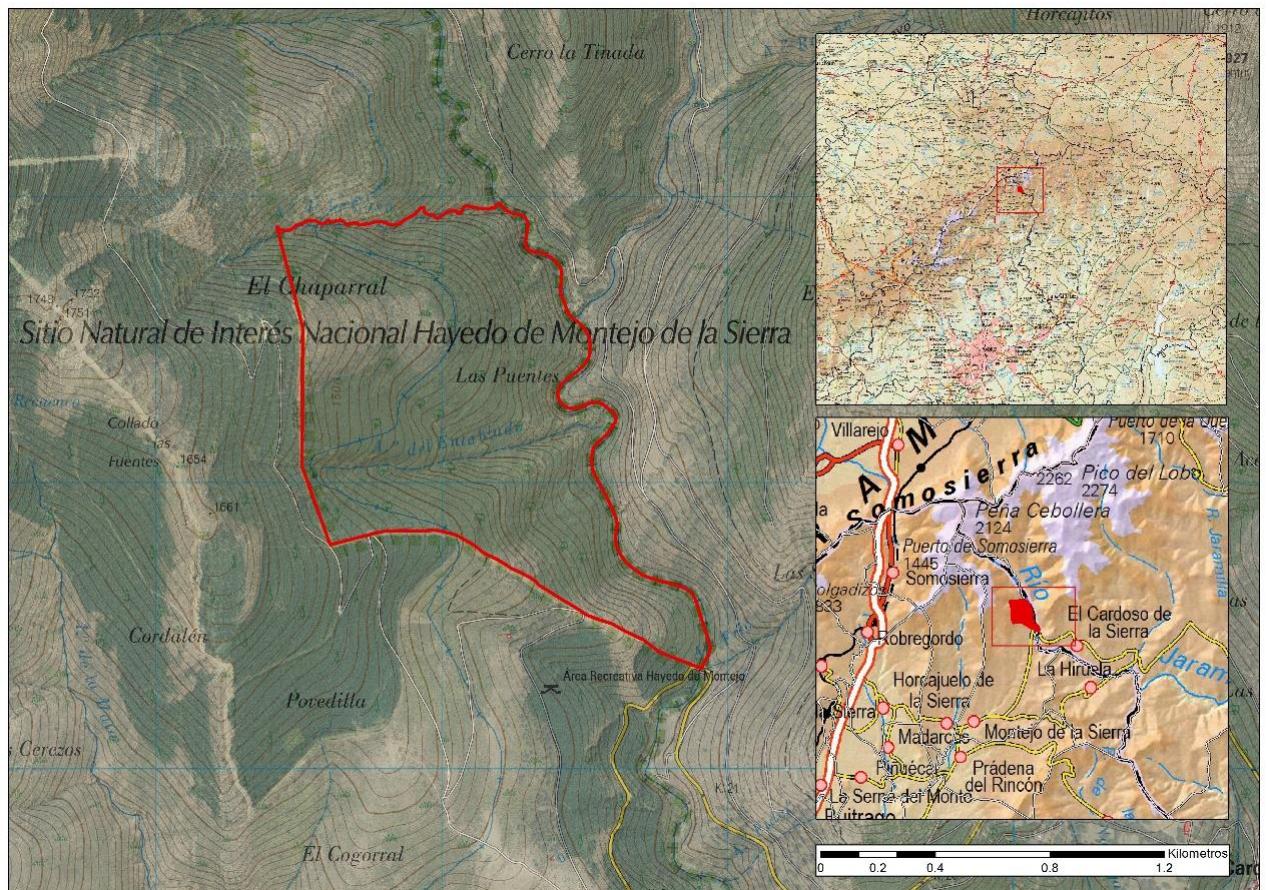


Figura 1. Mapa de situación de El Hayedo de Montejo.

El fijar las bases de la dinámica natural que tendría este monte supone investigar otras formaciones arboladas muy poco intervenidas y hacer un ejercicio de comparación. Para ello, se discretiza en etapas el desarrollo que caracteriza las masas más "naturalizadas" conocidas obteniendo así las fases del Ciclo Silvogenético (Hernández et al., 2015; Schwendtner, 2017; Bioma Forestal, 2017; Life Red Bosques, 2019; Hernández et al., 2020), abstracciones de la realidad que representan cada una de las situaciones por las que pasaría una masa natural. La consecución ordenada de cada fase completaría un ciclo, intervalo de tiempo en el que el bosque sólo ha sido alterado por perturbaciones naturales y en la que predominan los procesos autogenéticos de renovación. A mayor sucesión de ciclos en un bosque mayor grado de madurez, ya que toda su extensión se mostraría como un complejo entramado de etapas simultáneas supeditadas a distintas catástrofes ambientales. De forma esquemática la masa natural se representaría como un mosaico en el que cada tesela de superficie pertenecería a una etapa distinta del Ciclo Silvogenético.

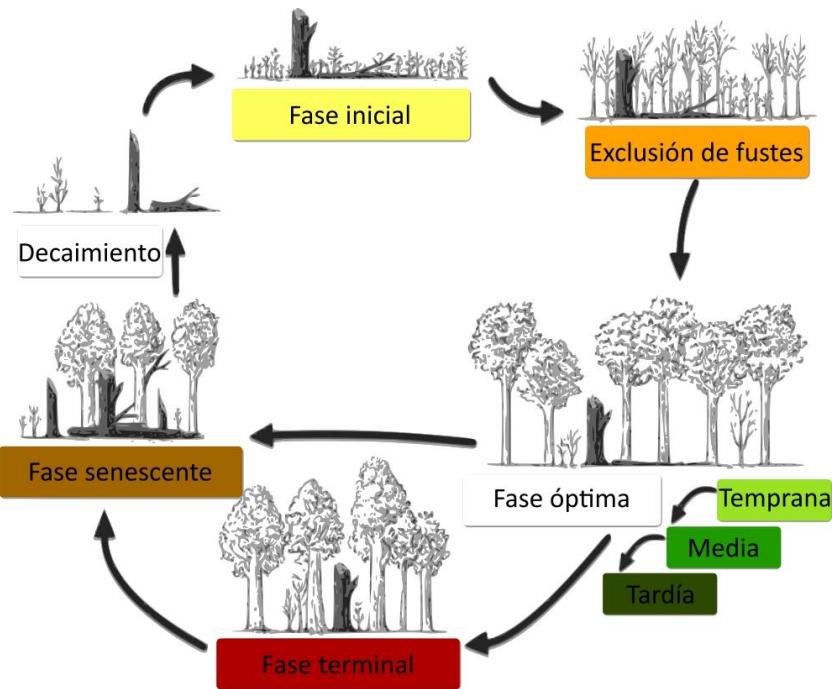


Figura 2. Fases del Ciclo Silvogenético. Adaptación (Winter et al., 2015).

Tras la determinación visual de la masa caracterizando y concretando las fases del Ciclo Silvogenético por zonas de inventario, se establece en El Hayedo de Montejo una segunda prospección para definir el grado de madurez del bosque, basándose en parámetros estructurales típicos de los bosques maduros de referencia. De esta forma, un monte que posea todas las fases del Ciclo Silvogenético entremezcladas y cumpla los criterios definidos a continuación, podrá ser estudiado como Bosque Maduro y servir como referencia para valorar la madurez de otras masas forestales similares. De los bosques maduros de referencia destacan elementos comunes que son considerados piezas clave en su estructura, ya que en general su presencia en el monte está reñida con la gestión selvícola tradicional de las masas arboladas. Estos parámetros se han agrupado en 9 criterios, los 9 Puntos de Madurez. Se define por tanto la madurez de un bosque dependiendo del número de puntos que se den en él, cuantos más albergue una masa mayor será su cercanía en aspecto al "bosque primigenio" (Bioma Forestal, 2017):

Tabla 1. Puntos de Madurez para la caracterización de rodales (Bioma Forestal, 2017).

1. Más de dos especies leñosas	4. Huecos por caída de arbolado	7. Regenerado avanzado
2. Más de tres estratos verticales	5. Reparto de clases de edad.	8. Madera muerta en pie
3. Árboles muy gruesos, TTGB (Très Très Gros Bois)	6. Regenerado	9. Madera muerta en suelo

Para el presente estudio realizado en 2020, se ha inventariado más de un centenar de árboles anotando su especie, su vitalidad, su diámetro y la textura de su corteza, además de todos los taxones líquénicos encontrados en sus primeros 2 m de tronco. Los líquenes encontrados fueron fotografiados para corroborar su identificación con el liquenólogo Klaas Van Dort. En campo se ha estudiado también el entorno de cada árbol en parcelas de 25 m de radio, datando tanto la estructura global de la parcela, asignándole su fase del Ciclo Silvogenético (Winter et al., 2015), como sus parámetros estructurales puntuales, anotando si la parcela poseía alguno de los 9 Puntos de Madurez (Bioma Forestal, 2017). De esta forma se consiguen los tres tipos de variables del estudio (líquénica, silvogenética y de madurez) por medio de una caracterización visual del entorno.

Los árboles de inventario fueron elegidos bajo 4 criterios: recoger la variabilidad espacial en toda la superficie del hayedo (en 62 pies mayores de 17,5 cm escogidos al azar, *Pies centro de parcela*), prospectar las especies más avanzadas en las sucesiones líquénicas (en 25 hayas centenarias vivas correspondientes a las más gruesas del hayedo, *Hayas centenarias vivas*), hallar líquenes especialistas de madera muerta (en 35 hayas centenarias muertas correspondientes a las más gruesas del hayedo, *Hayas centenarias muertas*) y registrar nuevas especies de líquenes en el monte (en 10 pies vivos o muertos encontrados en campo con especies líquénicas singulares, *Árboles excepcionales*).

De esta forma se crea una red de parcelas permanentes en toda la superficie del monte, en las que unas corresponden a un muestreo dirigido y otras siguen una distribución al azar. En todas las parcelas sólo se identifican los líquenes del árbol central del que se anotan sus cualidades dasométricas. Los 9 Puntos de Madurez y las fases del Ciclo Silvogenético se registran en todo el conjunto de la parcela.

4. Resultados

En los 132 árboles de inventario, correspondientes a 77 hayas, 36 melojos, 9 robles, 7 acebos y 3 árboles muertos no identificados por su avanzado estado de descomposición, se encontraron un total de 24 nuevas especies de líquenes del género *Absconditella*, *Bacidia*, *Calicium*, *Caloplaca*, *Chaenotheca*, *Chrysotricha*, *Lecanora*, *Leptogium*, *Melanelia*, *Nephroma*, *Ochrolechia*, *Opegrapha*, *Parmelia*, *Ramalina*, *Sclerophora*, *Sticta*, *Trapeliopsis*, *Xanthoria* y *Xylographa*. Además se estableció que en El Hayedo de Montejo existen 8 alianzas líquénicas, según las agrupaciones características de las especies (James et al., 1977). Éstas se clasifican de la siguiente manera:

- Comunidades pioneras: Se hallan sobre ramas y troncos jóvenes los cuales son óptimos por tener una corteza lisa y estar expuestos a mayor luminosidad. Estas comunidades son las primeras que aparecen sobre los nuevos pies y suelen cubrir todo el fuste del árbol. En esta alianza se encuentran también los líquenes especialistas en ambientes enriquecidos, los cuales se asientan en cortezas con alto contenido en nutrientes o en ambientes cargados de partículas en suspensión (zonas con mucho polvo o polución).
- Comunidades maduras: Sobre árboles en proceso de envejecimiento los cuales poseen cortezas algo más rugosas o agrietadas debido al aumento de la edad del árbol, estas comunidades se instalan en pequeños microhábitats repartidos por el forófito.
- Comunidades climáticas: Se asientan en árboles viejos o enfermos de cortezas rugosas, con heridas y malformaciones. Estas comunidades las conforman líquenes especialmente sensibles a cambios en el ambiente. Son especies higrófitas debido a su querencia por los sustratos húmedos. A menudo ocupan la zona basal del hospedante.
- Comunidades epixílicas: Son líquenes especialistas en madera muerta y madera degradada, pueden colonizar troncos de árboles caídos o incluso zonas descortezadas de árboles moribundos o muertos que aún están en pie.

Considerar un análisis de las alianzas líquénicas frente a las especies individuales permite una mayor claridad de los resultados. Además gracias a la tendencia de las especies por asentarse en el árbol donde ya existen táxones de su misma alianza salva parte del error que con certeza se haya podido cometer en campo al no detectar todas las especies de líquenes de los pies inventariados. Todas las especies que pertenecen a una alianza líquénica suelen requerir para su supervivencia unas condiciones ecológicas parecidas (Tabla 2):

Tabla 2. Resumen de las comunidades líquénicas como bioindicadores.

Sintaxón							
<i>Lecanorion</i>	<i>Parmelion</i>	<i>Xanthorion</i>	<i>Hypogymnion</i>	<i>Pertusarion</i>	<i>Lobarion</i>	<i>Calicion</i>	<i>Cladonion</i>
Fase de sucesión en la formación arbolada							
Pionero		Pionero-Madurez		Madurez		Clímax	
Microhábitat							



Corteza lisa	Corteza rugosa	Zonas con polvo o polución	Corteza de coníferas	Corteza lisa y rugosa	En zona basal, corteza gastada	Sombra de lluvia, sin corteza	Madera muerta y zona basal
Exposición lumínica							
Luz		Luz y sombra		Sombra		Luz	
Acidez del sustrato (corteza)							
Neutro		Ácido		Neutro		Indiferente	
Nutrientes depositados en corteza o en suspensión							
Mesotrófico		Eutrófilo		Oligotrófico		Mesotrófico	
Oligotrófico		Mesotrófico		Oligotrófico		Mesotrófico	

En el análisis estructural según las fases del Ciclo Silvogenético, se ha obtenido que la mayoría de los árboles de inventario, un 32%, se encontraban en zona de Exclusión de fustes, seguidos de un 29% que se hallaban en zona de fase Óptima. Tienen los menores valores porcentuales del total de parcelas la fase de Decaimiento, Senescente e Inicial (Figura 3).

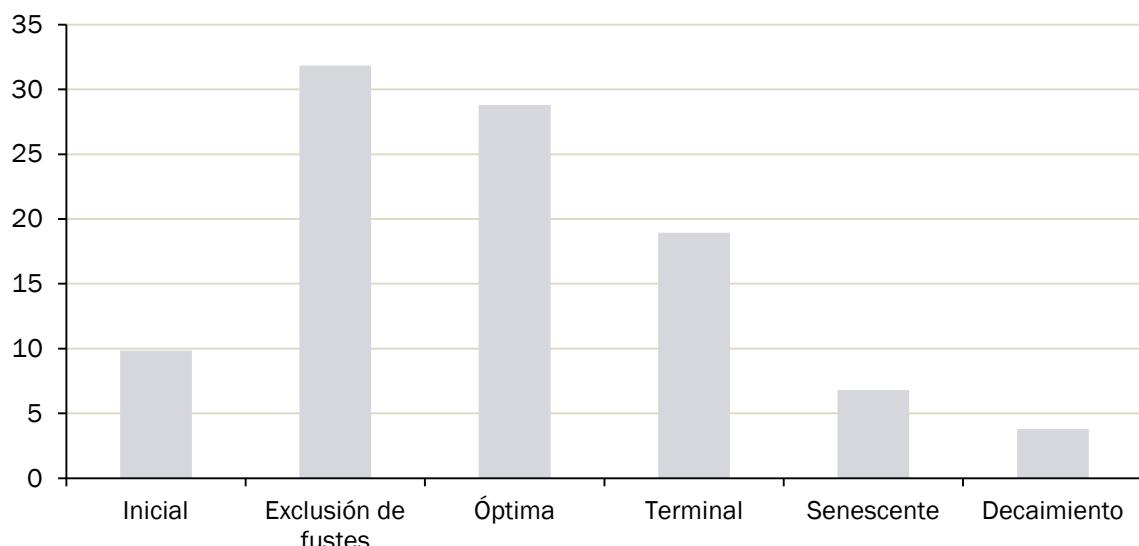


Figura 3. Porcentaje de las fases del Ciclo Silvogenético en cada parcela.

En este caso una distribución espacial "caótica" queda reducida a la zona norte donde la mortandad de hayas viejas está generando huecos en el dosel que permiten la entrada de luz y la instalación de nuevos pies que colonizan el espacio abierto. En el resto de la superficie del hayedo, el arbolado se encuentra en plena competencia por los recursos naturales, fase de Exclusión de fustes (Figura 4).

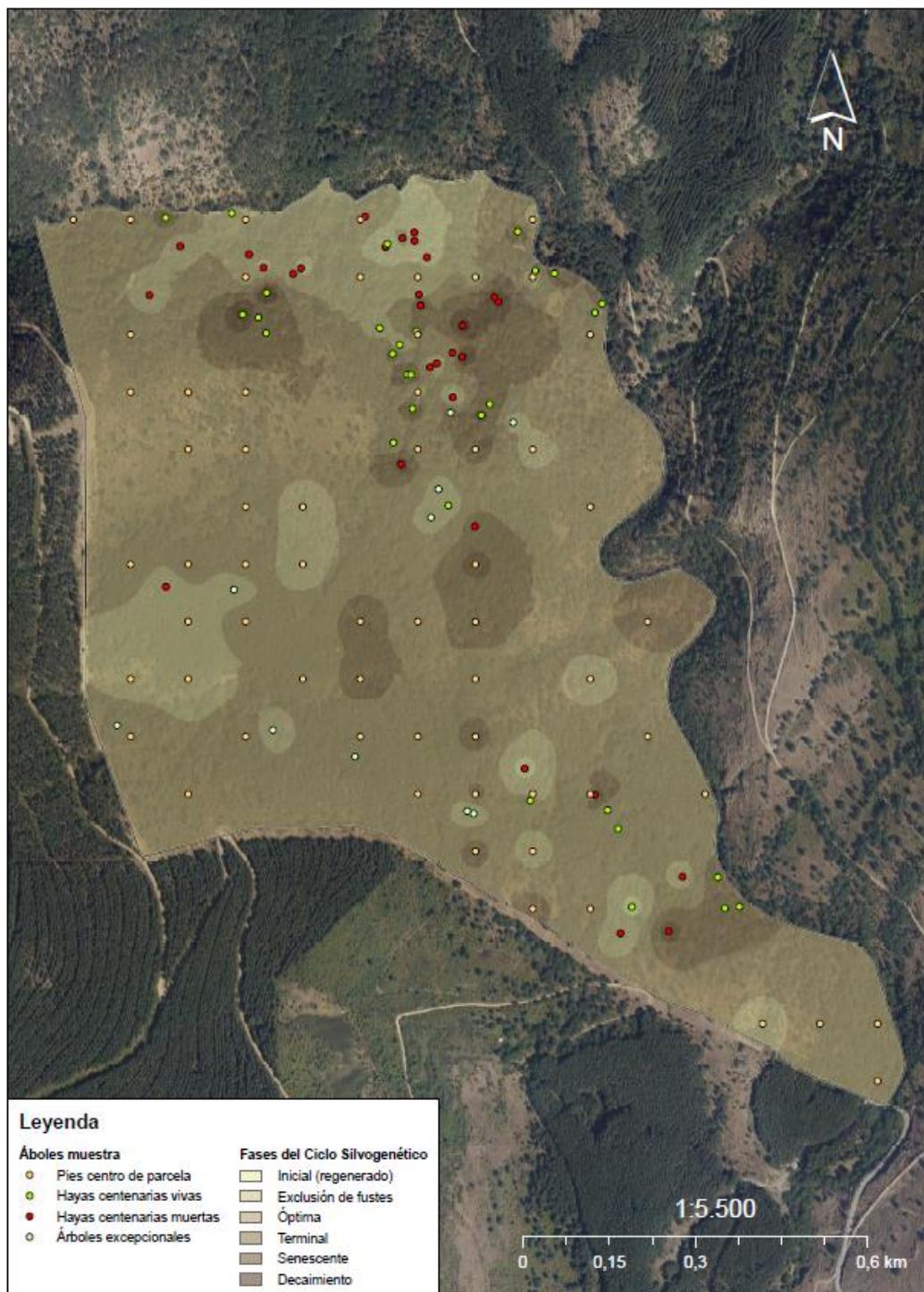


Figura 4. Modelo de distribución espacial del Ciclo Silvogenético en El Hayedo de Montejo.

De los 9 Puntos de Madurez registrados en campo se obtuvo que un 57% de las parcelas no cumplen más de 3 de los puntos, por lo que se caracterizarían con un nivel bajo de madurez, "poco maduras", entre los 4 y 6 puntos de madurez se dataron un 43% de las parcelas, las cuales se catalogarían con niveles intermedios de esta variable "con tendencia hacia la madurez" y finalmente con más de 6 puntos sólo se dio un caso que representa un 1% de todas las parcelas muestreadas, la cual presentaría signos de madurez y se podría catalogar como "madura" (Figura 5).

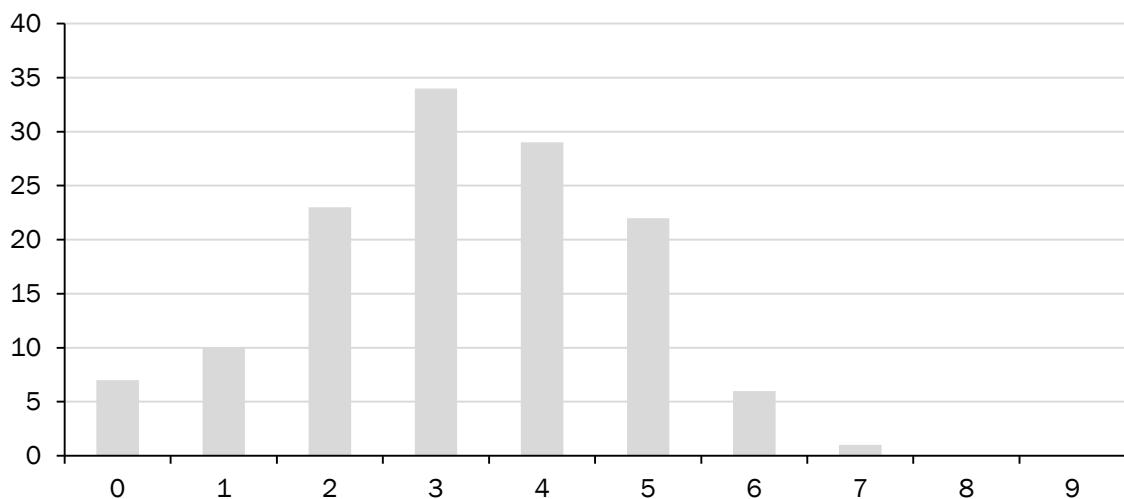


Figura 5. Porcentaje de parcelas según el número de Puntos de Madurez cumplidos.

De los 9 Puntos de Madurez destaca en la mayoría de las parcelas la presencia de tres de los puntos: el 3. TTGB (o árboles muy gruesos) en un 54% de las parcelas, el punto 8. Madera muerta en pie en un 58% de las parcelas y el punto 9. Madera muerta en suelo en un 77% de las parcelas. En contraposición al punto 5. Equilibrio en clases de edad, ya que casi todas las parcelas presentaban sólo una clase de edad o si tenían varias, éstas no disponían de un número equilibrado de árboles. También destaca el punto 2. Más de tres estratos verticales, por poseer sólo un 3% de las parcelas varios subpisos de altura, contando el arbolado adulto y el regenerado (Figura 6).

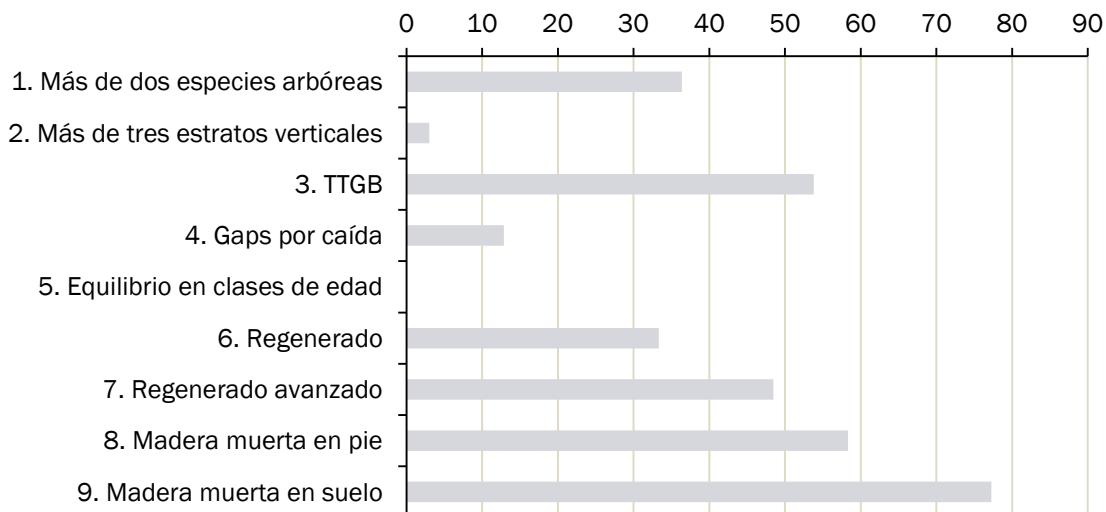


Figura 6. Porcentaje de parcelas según el Punto de Madurez estudiado.

En el análisis de distribución de los 9 Puntos de Madurez, se expone que las zonas raras del monte presentan menor cantidad de puntos. Sin embargo en el noreste del hayedo, donde existe mayor mezcla y variedad de fases del Ciclo Silvogenético también se cumplen más puntos de madurez, por lo que se catalogaría esta zona como el principal foco con signos de madurez de El Hayedo de Montejo, sin llegar a niveles categóricos de esta variable (Figura 7).

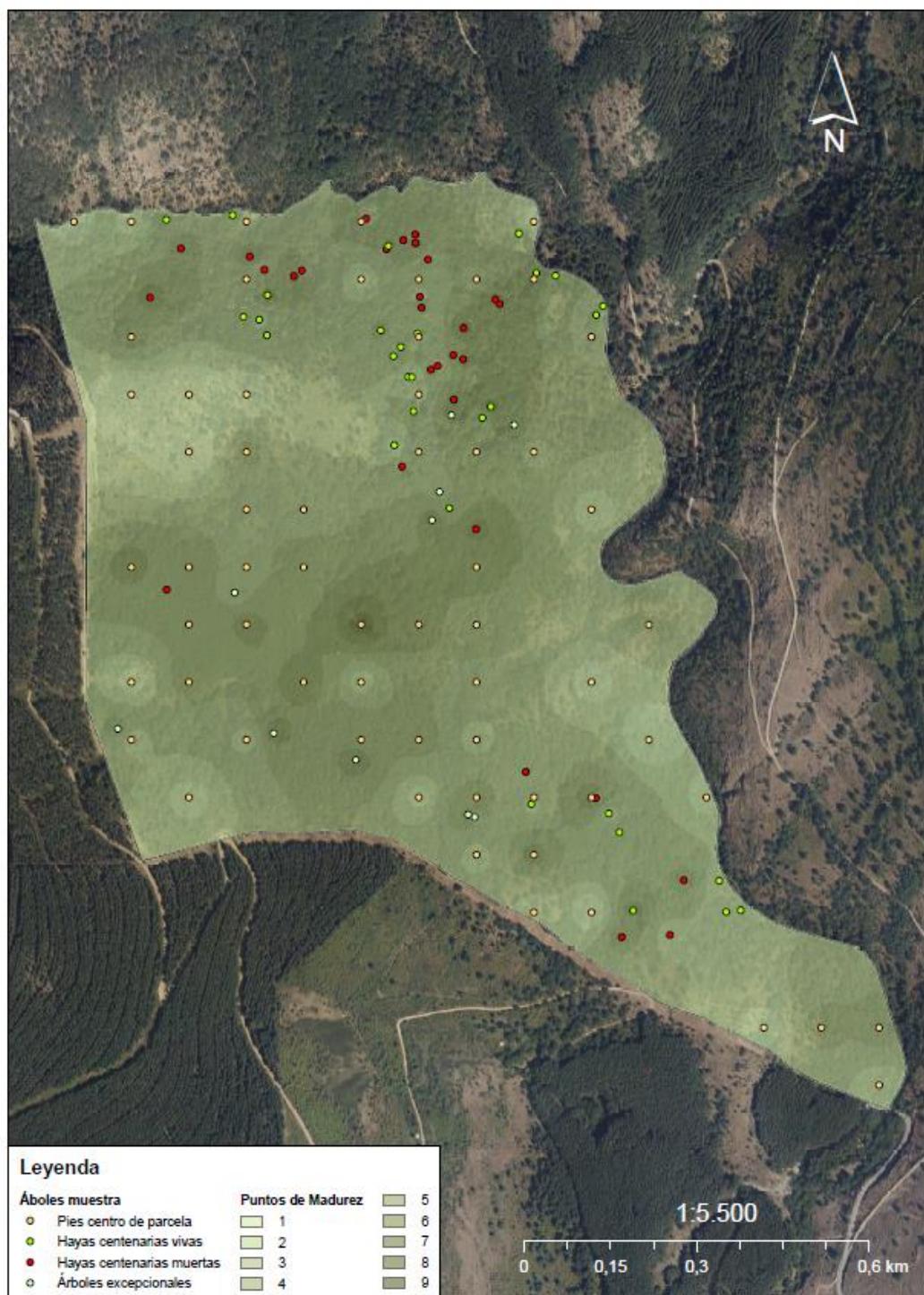


Figura 7. Modelo de distribución espacial de los Puntos de Madurez en El Hayedo de Montejó.

Con la convergencia de los resultados obtenidos del muestreo liquénico y de los parámetros estructurales de los árboles de inventario y de las parcelas, se obtienen las figuras expuestas a continuación, en ellas el eje de ordenadas representa el porcentaje de especies de líquenes pertenecientes a las distintas alianzas que cumplen la condición impuesta por el eje X. Estos resultados corresponden a valores de presencia y no de abundancia, es decir, reflejan si se dataron

líquenes o no en cada árbol y no si estos líquenes estaban de forma presencial o por el contrario ocupaban gran parte del fuste.

La textura de la corteza es uno de los parámetros más importantes que condiciona el asentamiento de los líquenes en un árbol (Figura 8). Las cortezas lisas, propias de las hayas (sobre todo las más jóvenes) y de los acebos, es la que mantiene mayor número de comunidades pioneras como *Lecanorion*. Mientras que en las cortezas rugosas, donde se engloban todos los robles o las hayas más viejas, predominan las especies de la comunidad *Lobarion*. *Pertusarion* aunque es una comunidad que ha sido hallada en mayor medida en pies de corteza lisa, tiene especies bastante indiferentes a la morfología del sustrato. Sobre troncos descortezados, los cuales suelen ser árboles decrepitos o muertos y con alto número de microhábitats, destacan las comunidades *Calicion* y *Cladonion* las cuales son especialistas de la madera muerta.

Un ejemplo de lectura de la siguiente figura (Figura 8) para el primer caso, corteza rugosa, es que de todas las especies que se encuentran en estos árboles, más de un 20% pertenecen a la comunidad *Lobarion*.

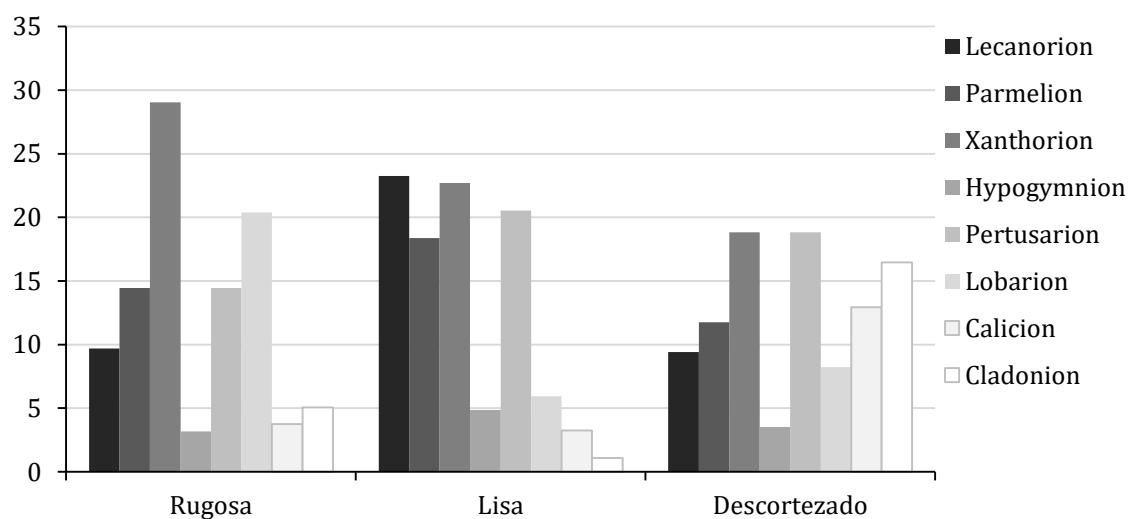


Figura 8. Comunidades líquénicas según el tipo de sustrato.

La dispersión de los líquenes en un árbol depende de la sensibilidad de la especie al ambiente y de su velocidad de crecimiento. Las comunidades pioneras suelen tener un carácter muy expansivo y lo común es encontrarlas en los pies más jóvenes abarcando todo el tronco. Éstas a medida que envejece el árbol reducen su expansión debido a la entrada de otras comunidades a las que favorece la decrepitud del árbol inducida por el paso del tiempo. Aun así se pueden observar zonas puntuales en la corteza de árboles viejos que aún mantienen algunas especies pioneras que en su día lo cubrieron.

La siguiente figura (Figura 9), muestra el dominio de las comunidades pioneras sobre los árboles, ya que cuando éstas se instalan tienden a ocupar más de un 75% de la superficie del tronco. Por otro lado las comunidades propias de los árboles más veteranos una vez se instalan también suelen expandirse, aunque en ningún caso llegan a ocupar más que las anteriores aun siendo de mayor tamaño. Estas comunidades normalmente quedan en la zona basal del árbol donde hay más humedad, haciendo patentes sus grandes talos foliosos como es el caso de la comunidad *Lobarion*. Las comunidades propias de la madera muerta como *Calicion*, también tienen un carácter expansivo siempre y cuando la zona que cubran esté descortezada, lo cual supone un requisito para su desarrollo.

Como ejemplo para la lectura de la siguiente figura (Figura 9), se presenta el caso de la comunidad *Parmelion*. De todas las especies clasificadas con una abundancia meramente presencial, el 9% son de esta comunidad, mientras que de las especies clasificadas con una abundancia que

abarcaba más del 75% del tronco del árbol, *Parmelion* ha tenido una importancia del 50% sobre el total. Por lo que esta comunidad (que es una de las catalogadas como pioneras) una vez se instala en un árbol tiende a cubrir por completo su tronco, que normalmente no suele tener grandes dimensiones.

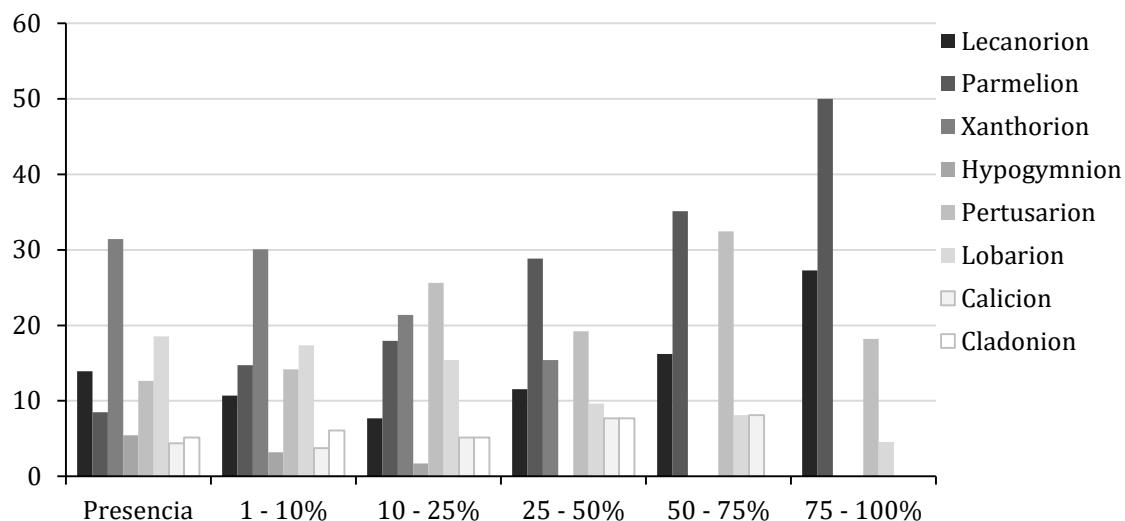


Figura 9. Distribución de las comunidades liquénicas según su abundancia en el árbol muestra.

La combinación de resultados entre los análisis liquénicos, la estructura global de la parcela y los parámetros estructurales puntuales, se presenta en las siguientes figuras. En cuanto a la relación de las comunidades liquénicas con las fases del Ciclo Silvogenético destaca la tendencia prevista de ciertas comunidades, como es el caso de *Lecanorion* que presenta sus valores máximos en las fases donde hay mayores huecos en la masa (a causa de perturbaciones) y por tanto donde hay mayor regeneración, fase Inicial y Decaimiento, mientras que en las demás fases tiene valores de transición entre sus mayores extremos, teniendo un mínimo de 8% de especies en la fase Terminal, la cual se caracteriza por tener una cubertura forestal con alta densidad. *Parmelion*, comunidad que sigue a *Lecanorion* en la sucesión liquénica adquiere sus niveles más altos en la fase de Óptima, disminuyendo progresivamente en las demás, ya que otras comunidades se adaptan mejor a las peculiaridades de las otras fases. *Pertusarion* una comunidad algo más avanzada en la sucesión liquénica (la cual indica cierta madurez del bosque) se mantiene bastante constante en todas las etapas del ciclo. La comunidad *Lobarion* tiene su máximo en la fase Terminal del Ciclo Silvogenético, en la que los pies tienen grandes dimensiones, hay mayor cantidad de microhábitats y por ello el ambiente es más húmedo y umbroso. *Calicion* despunta en la fase Inicial donde en principio hay mayor cantidad de madera muerta en el suelo por los pies que se han ido muriendo en la fase de Decaimiento. *Cladonion* por su parte destaca en la fase Senescente, donde el arbolado es muy decrepito y mantiene muchos microhábitats óptimos para el desarrollo de sus especies. *Xanthorion*, la alianza que prospera en ambientes ricos en polvo, tiene un alto valor en todas las fases, posiblemente por la abundancia de ganado en la zona de estudio. Aun así destaca su valor en la fase Decaimiento, donde la baja densidad de arbolado permite una mayor transición de las partículas en suspensión.

Como ejemplo para la lectura de la siguiente figura (Figura 10) se presenta el caso de *Lecanorion*. Del total de especies que se encuentra en parcelas catalogadas en fase Inicial, un 14% corresponden a especies de esta alianza. Del total de especies pertenecientes a parcelas en fase Terminal, un 8% son especies de *Lecanorion* y finalmente un 14% de las especies de liquenes que se encuentran en zonas de Decaimiento también corresponden a esta comunidad.

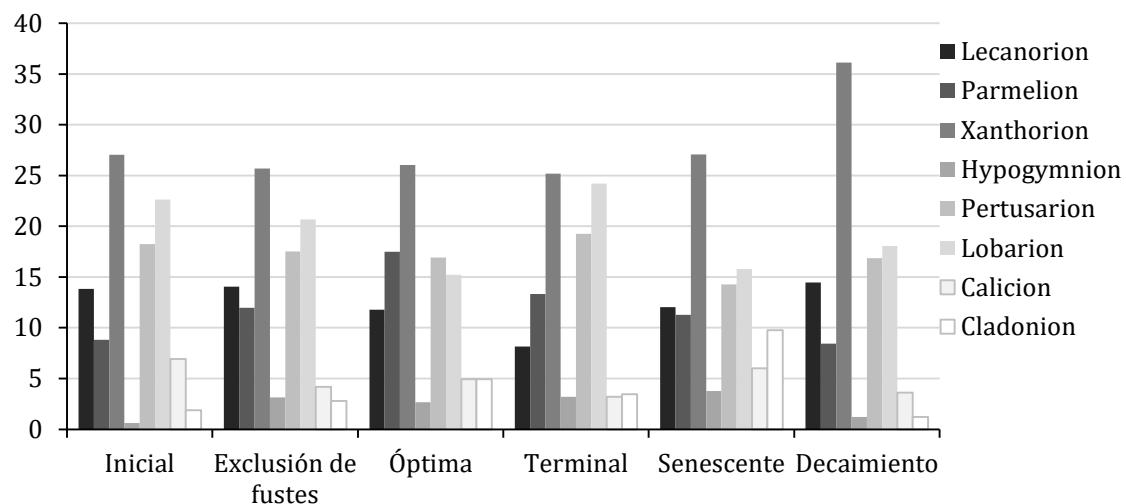


Figura 10. Comunidades liquénicas según la fase del Ciclo Silvogenético de la parcela.

El análisis de resultados entre el estudio liquénico y los puntos de madurez se ha realizado clasificando los puntos en 3 rangos de forma que la exposición gráfica del tratamiento de datos sea más visual. Los 9 Puntos de Madurez se han agrupado en los siguientes niveles (Tabla 3):

Tabla 3. Categoría de la parcela según los Puntos de Madurez obtenidos (Bioma Forestal, 2017).

Puntos	Nivel	Categoría
De 0 a 3	A	Poco maduro
De 4 a 6	B	Tendencia hacia la madurez
De 7 a 9	C	Manifiesta cierta madurez

A medida que las parcelas cumplen más puntos de madurez, las comunidades liquénicas varían en función de sus preferencias ambientales. Por un lado las comunidades pioneras como *Lecanorion* y *Parmelion* disminuyen según avanza el Nivel de Madurez, hasta que en el Nivel C, dejan de presentar tantas especies por árbol muestreado. *Lobarion* y *Pertusarion* adquieren mayor importancia con respecto a las demás comunidades según aumenta el nivel de madurez de la parcela, siendo el Nivel C donde más destacan, seguida del Nivel B y por último el A. Las comunidades propias de madera muerta siguen una progresión similar a las alianzas anteriores (*Lobarion* y *Pertusarion*) aunque en menor porcentaje debido a que en general se encontraron menos especímenes, *Calicion* y *Cladonion* adquieren sus valores más altos en el Nivel C. *Xanthorion* como en las tablas anteriores, no hace distinciones entre niveles de madurez y siempre queda entre los valores porcentuales 20 y 30, lo cual refuerza la idea del peso que tiene esta comunidad dentro del hayedo, exponiendo su riqueza en cuanto a nutrientes en el ambiente.

La lectura de la próxima figura (Figura 11) sería la siguiente: De todas las especies encontradas en parcelas catalogadas en Nivel A, un 3% corresponden a especies de la alianza *Cladonion*. De todas las especies vistas en árboles a cuya parcela se le asignó el Nivel B, un 5% corresponden a especies de esta misma comunidad. Mientras que en la parcela con Nivel C, la alianza *Cladonion* tiene un peso en el árbol inventariado del 11% con respecto a las demás especies de ese mismo pie.

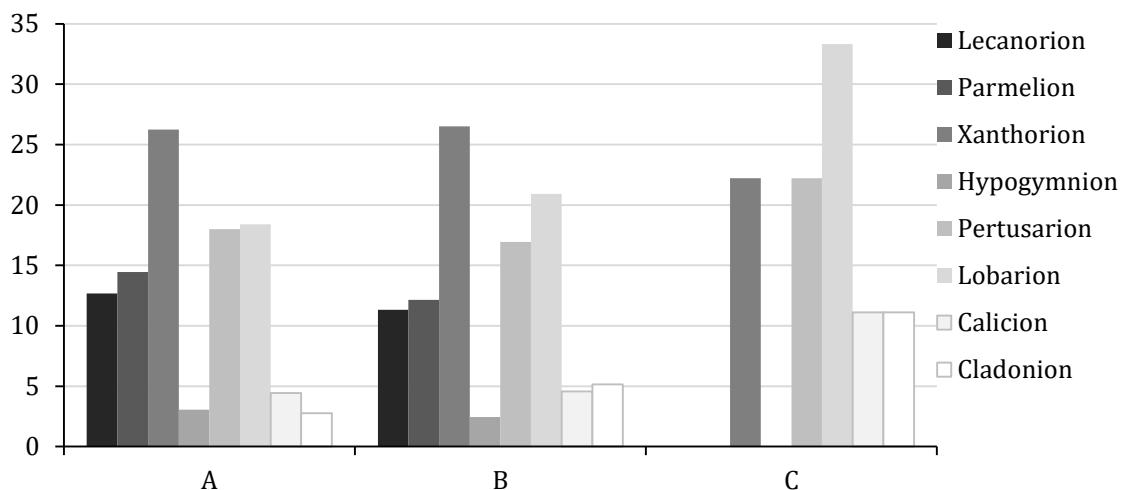


Figura 11. Comunidades liquénicas en relación al Nivel de Madurez registrado en campo.

5. Discusión

Muchas de las especies que se encuentran en El Hayedo de Montejo son extremadamente sensibles al ambiente en el que residen, por lo que su presencia en ejemplares de grandes dimensiones plantea la idea de que el hayedo se ha podido mantener resiliente a las intervenciones antrópicas por decenas e incluso centenares de años, lo cual le conferiría la distinción de Bosque Maduro.

Entre las especies de la reserva que indican buena calidad ambiental, madurez del bosque o en vías de madurez y alta naturalidad de la zona, se han encontrado: *Collema* spp., *Lobaria* spp. (destacando tanto la alta frecuencia de *Lobaria pulmonaria* como la inusual fertilidad de *Lobaria amplissima*), *Degelia plumbea*, *Peltigera* spp., *Nephroma* spp., *Pertusaria flava* y *Parmelia submontana*, esta última es muy habitual en El Hayedo de Montejo, sin embargo, aun teniendo una distribución boreoalpina, está considerada especie rara en bosques de montaña maduros en Europa. Por otro lado, abundan las especies indicadoras de ambientes eutrofizados siendo muy habituales en los árboles de El Hayedo de Montejo *Xanthoria* spp. y *Physcia* spp. *Anaptychia ciliaris* es otra de las especies más usuales del hayedo, se encuentra sobre cortezas básicas de árboles planifolios y es indicador de aires con poca polución. La presencia de las tres últimas especies mencionadas indica que la carga ambiental de nutrientes en el monte está más relacionada con la presencia de ganado en el hayedo que con la contaminación antrópica.

En cuanto al Ciclo Silvogenético se espera que un Bosque Maduro tenga mayor equilibrio entre fases y su distribución sea homogénea en toda su superficie. En el caso de El Hayedo de Montejo se interpreta que la reacción del monte tras el cese de las actividades antrópicas intensas fue un auge en la regeneración, lo que actualmente se aprecia en algunas zonas por la alta densidad de arbolado joven en competencia. Sin embargo donde existía un dosel forestal cerrado debido a la presencia de árboles centenarios se han conformado espacios más heterogéneos, ya que la supervivencia del regenerado ha estado supeditada a la mortandad puntual de los pies viejos. La aparición de nuevas plántulas en estas zonas ha sido más progresiva debido a la falta de insolación y ha permitido que haya en la actualidad coexistencia de pies de varias clases de edad. Aunque esta estructura no es la más habitual en el paraje, la sucesión de diversas perturbaciones a lo largo del tiempo o una gestión selvícola adecuada, harían una masa arbórea discontinua y variada, con mayor complejidad estructural de fases del Ciclo Silvogenético, de forma que todo el monte adquiriera la apariencia de naturalidad de un Bosque Maduro.

En el Hayedo de Montejo la variable puntos de madurez ha registrado valores muy bajos a los que se les asigna la categoría de "bosque poco maduro" en las zonas más rasas y con arbolado joven, donde además no existía apenas variabilidad en las fases del Ciclo Silvogenético. Sin embargo, el estudio de puntos de madurez en las zonas del hayedo con más diversidad de fases del Ciclo Silvogenético entremezcladas ha proporcionado los niveles más altos de esta variable: "bosque con tendencia hacia la madurez" y "Bosque Maduro" (este último registrado sólo en una parcela). Del análisis estructural de cada fase del Ciclo Silvogenético se podría destacar uno o dos puntos de madurez característicos, por tanto, una zona heterogénea en la que confluyen varias fases del ciclo es más sensible a albergar mayor cantidad de puntos de madurez y conformar un foco de madurez en ambos análisis.

La mitad noreste del hayedo catalogado con mayor nivel de madurez en el análisis estructural, ha presentado la mayor riqueza de líquenes epíxílicos (*Caliccion* y *Cladonion*) debido a la abundancia de madera muerta en esta zona. La presencia de madera muerta tanto en pie como en suelo es uno de los parámetros indicadores de bosques maduros, por ello la presencia de líquenes especialistas consolida la hipótesis de madurez. Por otro lado, el porcentaje de líquenes pioneros (*Lecanorion* y *Parmelion*) con respecto a las demás comunidades ha sido muy elevado en todo el hayedo excepto en la zona central. La abundancia de *Lecanorion* con respecto a las demás comunidades, desestima que El Hayedo de Montejo posea altos niveles de madurez. Un Bosque Maduro mantendría comunidades pioneras, sobre todo en las zonas más abiertas y en los árboles jóvenes, siendo poblaciones relictos en los pies de mayor grosor y edad, lo que difiere del resultado. Siguiendo la distribución espacial de los pies más gruesos del hayedo (noreste y sureste) se ha registrado el porcentaje más alto de líquenes pertenecientes a comunidades maduras-climáticas (*Pertusarion* y *Lobarion*) con respecto a las demás especies. *Lobarion* y *Pertusarion* aun no siendo comunidades dominantes en toda la superficie del bosque, abundan en zonas puntuales catalogadas con mayor nivel madurez en el análisis estructural. Además, se ha datado su presencia en prácticamente todo el paraje, lo que indica la alta calidad ambiental de El Hayedo de Montejo y su progresiva desvinculación a las intervenciones antrópicas tradicionales.

6. Conclusiones

El análisis de las comunidades liquénicas combinado con los aspectos silvogenéticos y los factores de madurez permiten un diagnóstico del estado de madurez de los bosques y en especial de los hayedos mediante factores no condicionados directamente por la acción del hombre. Disponer de este tipo de datos en los montes puede servir para el análisis comparado entre masas y para identificar zonas de especial conservación y/o puntos de dispersión de biodiversidad.

En El Hayedo de Montejo predominan en la actualidad fases tempranas del Ciclo Silvogenético, si bien se han conseguido identificar todas las etapas del ciclo, lo que le otorga un gran valor como monte representativo de este tipo de comunidad vegetal. Además, se percibe una tendencia dinámica que se dirige hacia fases más avanzadas de madurez. Con un mayor tiempo de exposición a los procesos naturales o una gestión oportuna del monte, el resto de fases se verán más representadas y con más indicios de calidad desde el punto de vista de las comunidades de líquenes.

El Hayedo de Montejo a pesar de su condición de marginalidad respecto de los hayedos ibéricos, su reducido tamaño y su pasado de aprovechamientos silvopastorales, contiene comunidades liquénicas de gran interés como las específicas de madera muerta, abundantes en los bosques considerados maduros y muy escasas en el resto de ecosistemas. Entre estas especies minoritarias destacan *Calicium* spp., *Hypocenomyce* spp., *Trapeliopsis* spp. y, con algo más de frecuencia por ser también oportunista de árboles vivos, *Cladonia* spp.

Calicium spp., destaca también por ser típica en formaciones antiguas alejadas de intervenciones antrópicas, pero su débil existencia denota el pasado del monte, haciendo aún latente y apreciable sus orígenes como dehesa y su intensidad de uso. Esto implica que la naturalización del bosque aún está en proceso, como se estudió en las fases del Ciclo Silvogenético. Además, la limitada dispersión de este género dificulta su expansión en el hayedo. En ciertas zonas del monte las

condiciones ecológicas necesarias para poder albergar esta alianza sí parecen óptimas, por lo que posiblemente se podría asentar de forma más sólida si hubiera conectividad con otras masas forestales que las albergaran.

Otra prueba del uso intensivo del monte en el pasado es la alta presencia de *Parmelina tiliacea* en los árboles más expuestos, ya que es una especie muy encontrada en zonas de dehesa. Esto refuerza la idea de que la historia del monte está relacionada con sus especies liquénicas. Mientras unas son de lo más sensibles a los cambios y tienen un reducido rango ecológico, otras pueden perdurar siglos en las mismas zonas, aunque su biotopo sufra ciertas variaciones.

La abundancia de *Xanthorion* en este estudio desentona por ser una alianza relacionada con los niveles de eutrofización, pero se ha creído conveniente incluirla porque denota la alta carga de nutrientes que posee el hayedo. La frecuencia de *Anaptychia ciliaris* y *Ramalina fraxinea* especies de la citada comunidad, puede estar relacionada con el ganado existente en el monte, el cual enriquece el ambiente de nutrientes que se impregnán en las cortezas de los árboles donde se asientan estos líquenes.

El Hayedo de Montejo no puede considerarse un bosque virgen, sin embargo, entre sus líquenes se han encontrado especies típicas de los bosques más naturalizados de Europa. Dentro de la comunidad *Lobarion*, se han visto sobre árboles viejos líquenes raros especialistas de diferentes microhabitats. Destacan entre otros el género *Sclerophora* y las especies *Gyalecta ulmi* y *Opegrapha multipuncta*. Esto implica que aun manteniendo líquenes de dehesa el mismo monte es óptimo para albergar líquenes muy difíciles de encontrar en bosques antropizados, lo cual refleja la naturalidad que está alcanzando en ciertas zonas. La gran abundancia de *Lobarion* (una de las alianzas más sensibles a los cambios en el ambiente) con respecto a las demás comunidades en cada una de las fases del Ciclo Silvogenético, confirma la sanidad ambiental y la progresiva recuperación del hayedo de pasadas actividades antrópicas, haciendo más evidente su transición hacia la madurez.

A pesar de que ha sido alarmante la disminución del número de individuos liquénicos encontrados en los últimos estudios, El Hayedo de Montejo tiene un alto valor liquénico, tanto por la cantidad de especies que posee como por la rareza que implican ciertos taxones en un medio mediterráneo.

7. Agradecimientos

Gracias a Klaas Van Dort, experto europeo en líquenes y briófitos epífitos, sin cuya ayuda no habría sido posible realizar este estudio. A Óscar Schwendtner García por proporcionarme los conocimientos que poseo sobre la identificación de bosques maduros. A Guillermo González Gordaliza, a Juan Tomás Trabucchelli y a Juan Raimundo García de la Cruz Serrano, gracias por vuestro trabajo de campo tan necesario para llevar a cabo el análisis presentado.

8. Bibliografía

AMO DE PAZ, G.; BURGAZ, A.R.; 2009. Líquenes epífíticos del Hayedo de Montejo de la Sierra (Madrid). Editorial Complutense. Madrid

BARRENO, E.; PÉREZ-ORTEGA, S.; 2003; 5. Biología de los líquenes. En: BARRENO, E.; PÉREZ-ORTEGA, S: Líquenes de la Reserva Natural Integral de Muniellos, Asturias. Página 65-66. KRK ediciones. Asturias.

BIOMA FORESTAL, S.I.; 2017; Metodología de identificación y caracterización de rodales forestales de referencia para 8 hábitats de interés comunitario aplicable a la comunidad autónoma de Aragón. Dirección General de Sostenibilidad. Servicio de Espacios Naturales y Des. Sostenible. Página 13, 105-106.

CALATAYUD, V.; SANZ, M. J.; SÁNCHEZ, G.; 2000; Guía de líquenes epífitos en las parcelas del Sistema Pan-Europeo para el Seguimiento Intensivo y Continuo de los Sistemas Forestales: (Red CE de nivel II) en España. Edita: Organismo Autónomo Parques Nacionales. Página 19-33. Paterna, Valencia.

CHAPARRO, M.; AGUIRRE, J.; 2002; Hongos liquenizados; Editorial Universidad Nacional de Colombia. Páginas 159-160. Bogotá.

CHIVATÁ, T.; 2015; Líquenes. Asignatura Profundización en Líquenes. Presentación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Páginas 10-13. Bogotá.

COHN-BERGER, G.; QUEZADA, M.; 2016; Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano de la ciudad de Guatemala. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Páginas 20-39.

Garrido, I.; 2017; Tesis Doctoral: Filogeografía y biología de líquenes Antártidos. Universidad Complutense de Madrid. Páginas 23-24. Madrid.

GIL, L.; PARDO, F.; ARANDA, I.; PARDOS, J. A.; 1999; El Hayedo de Montejo: pasado y presente. Comunidad de Madrid, España. Páginas 10- 50

GIL, L.; ALONSO, J.; ARANDA, I.; GONZÁLEZ, I.; GONZALO, J.; LÓPEZ, U.; MILLERÓN, M.; NANOS, N.; PEREA, R.; RODRÍGUEZ-CALCERRADA, J.; 2010; El Hayedo de Montejo: una gestión sostenible. Comunidad de Madrid, España. Páginas 12 - 42

HERNÁNDEZ, A.; SCHWENDTER, O.; ARRECHEA, E.; FORCADELL, J. M.; GUINART, D.; VELA, A.; 2015; El papel de los Bosques Maduros en la conservación de la Biodiversidad. Grupo de Conservación de EUROPARC-España. Páginas 10-11.

HERNÁNDEZ, A.; VELA, A.; SANITJAS, A.; GUINART, D.; GARCÍA, D.; PIERA, E.; MARTÍNEZ, E.; ARRECHEA, E.; RIVERO, F.; DONÉS, J.; EZQUERRA, J.; CAMPRODON, J.; VAYREDA, J.; ATAURI, J.; FORCADELL, J.; SABATÉ, J.; COMAS, L.; REDONDO, M.; CABRERA, M.; VICENS, N.; GARCÍA, O.; SCHWENDTNER, O.; RIQUELME, P.; 2020; Bosques maduros mediterráneos: características y criterios de gestión en áreas protegidas. Editado por Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez para los espacios naturales. Páginas 26-27.

GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE SISTEMAS NATURALES E HISTORIA FORESTAL; 2018; Plan de Gestión de El Hayedo de Montejo. Montejo de la Sierra, Comunidad de Madrid. Manuscrito en preparación. Páginas 15-60.

JAMES, P.W.; HAWKSWORTH, D.L.; ROSE F.; 1977; Lichen communities in the British Isles: a preliminary conspectus. Lichen ecology. Páginas 304-307.

LIFE RED BOSQUES; 2019; Manual de campo para la identificación de rodales de referencia. Presentación.

PÉREZ-ORTEGA, S.; 2008; Líquenes: la belleza de lo pequeño. Páginas de Información Ambiental. Páginas 22-27. La Rioja.

RONCALLO, K.; MORALES, C.P.; OSPINO, J.D.; JIMÉNEZ, J.A.; NEGRITTO, M.A.; 2017; Líquenes: Cuando la unión hace la fuerza. Página 6-7.

SCHWENDTNER, O.; 2017. Bosques maduros: características y valor de conservación. Presentación. Bioma Forestal.

WINTER, S.; BEGEHOLD, H.; HERRMANN, M.; LÜDERITZ, M.; MÖLLER, G.; RZANNY, M.; FLADE, M.; 2015; Praxishandbuch Naturschutz im Buchenwald. Naturschutzziele und Bewirtschaftungsempfehlungen für reife Buchenwälder Nordostdeutschlands. Presentación. Página 2. Potsdam.

SANDERS, W.B.; 2014; Complete life cycle of the lichen fungus *Calopadia puiggarii* (Pilocarpaceae, Ascomycetes) documented in situ: propagule dispersal, establishment of symbiosis, thallus development, and formation of sexual and asexual reproductive structures. Department of Biological Sciences, Florida Gulf Coast University, Ft. Myers, Florida. USA. Páginas 1844-1845.