



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

Ingeniería de Montes

Influencia de la edad de la masa en
la fructificación de hongos silvestres
comestibles en un bosque de *Pinus
pinaster* Ait. de Soria

Teresa Ágreda Cabo

Directora: Luz Marina Fernández Toirán
Tutor: Juan Andrés Oria de Rueda Salgueiro

Junio 2012

Copia para el tutor/a

ÍNDICE

RESUMEN.....	7
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS HONGOS. IMPORTANCIA ECOLÓGICA DE LOS MACROMICETES	10
1.1.1. HONGOS SIMBIONTES	11
1.1.2. HONGOS SAPROBIOS.....	14
1.1.3. HONGOS PARÁSITOS	15
1.2. LA ESPECIE ARBÓREA: <i>PINUS PINASTER</i> AIT.....	16
1.3. FACTORES QUE CONDICIONAN LA PRESENCIA Y FRUCTIFICACIÓN DE LOS HONGOS MACROMICETES	18
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	25
3. ANTECEDENTES	29
3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL APROVECHAMIENTO MICOLÓGICO EN LA PROVINCIA DE SORIA.....	29
3.2. ESTUDIO DE LA PRODUCCIÓN DE MACROMICETES	32
3.2.1. METODOLOGÍA DE MUESTREO	32
3.2.1.1. Unidades muestrales	33
3.2.1.2. Procedimiento de muestreo	35
3.2.2. PRODUCCIÓN MICOLÓGICA	38
3.3. LA SUCESIÓN FÚNGICA.....	42
4. MATERIAL Y MÉTODOS	49
4.1. LA ZONA DE ESTUDIO	49
4.1.1. LOCALIZACIÓN, EXTENSIÓN Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA.....	49
4.1.2. GEOMORFOLOGÍA	51
4.1.3. HIDROGRAFÍA	51
4.1.4. GEOLOGÍA Y LITOLOGÍA	52
4.1.5. EDAFOLOGÍA	54
4.1.6. CLIMATOLOGÍA.....	55
4.1.6.1. Características termopluviométricas de la zona	56
4.1.6.2. Índices climáticos.....	57
4.1.7. VEGETACIÓN	64
4.1.7.1. Vegetación actual	64
4.1.7.2. Vegetación potencial	67
4.1.7.3. Método de ordenación y tratamientos selvícolas	67
4.1.8. FAUNA	68
4.1.9. MICOLOGÍA	69
4.1.9.1. Sistema de regulación del aprovechamiento y comercialización del recurso micológico	69
4.2. DISEÑO EXPERIMENTAL	72
4.2.1. UNIDADES MUESTRALES	75
4.2.1.1. Forma y tamaño de las parcelas	75
4.2.1.2. Descripción general de las parcelas.....	76
4.2.2. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO DE CARPÓFOROS.....	79
4.2.3. DETERMINACIÓN DE ESPECIES Y BIOMETRÍA.....	80
4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS	80
4.3.1. VARIABLES DEPENDIENTES DE PRODUCCIÓN ANALIZADAS.....	80
4.3.2. VARIABLES INDEPENDIENTES ANALIZADAS.....	81
4.3.2.1. Factor clase de edad	82
4.3.1. TEST DE KRUSKAL-WALLIS	82
5. RESULTADOS	86

5.1. RELACIÓN DE LOS MACROMICETES EPIGEOS INVENTARIADOS.....	86
5.1.1. COMPOSICIÓN ESPECÍFICA.....	86
5.1.2. GRUPOS TRÓFICOS.....	90
5.1.3. ESPECIES COMESTIBLES.....	91
5.2. FRUCTIFICACIÓN DE ESPECIES COMESTIBLES.....	93
5.2.1. FRECUENCIA INTERANUAL DE LA FRUCTIFICACIÓN.....	93
5.2.2. SUCESIÓN.....	93
5.2.3. PRODUCCIÓN DE CARPÓFOROS.....	96
5.2.3.1. Abundancia específica.....	96
5.2.3.2. Variabilidad interanual de la producción.....	97
5.2.3.3. Variabilidad semanal de la producción.....	99
5.2.4. INFLUENCIA DE LA EDAD DE LA MASA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE ESPECIES COMESTIBLES.....	102
5.2.4.1. Abundancia específica.....	102
5.2.4.2. Producción total de especies comestibles.....	102
5.2.4.3. Producción por especies.....	104
6. DISCUSIÓN.....	112
6.1. DIVERSIDAD ESPECÍFICA, COMPORTAMIENTO TRÓFICO Y COMESTIBILIDAD.....	112
6.2. PRODUCCIÓN DE ESPECIES COMESTIBLES.....	114
6.2.1. CRITERIOS PARA LA APLICACIÓN DEL ESTUDIO.....	114
6.2.2. BIOMASA DE CARPÓFOROS.....	116
6.2.3. FRECUENCIA Y FENOLOGÍA.....	118
6.2.4. SUCESIÓN FÚNGICA.....	120
6.2.4.1. Clase de edad IA.....	120
6.2.4.2. Clase de edad IB.....	121
6.2.4.3. Clase de edad II.....	122
6.2.4.4. Clase de edad III.....	123
6.2.4.5. Clase de edad IV.....	123
6.2.4.6. Clase de edad V.....	124
6.2.4.7. Clase de edad VI.....	125
7. CONCLUSIONES.....	128
7.1. COMPOSICIÓN ESPECÍFICA, COMPORTAMIENTO TRÓFICO Y COMESTIBILIDAD.....	128
7.2. PRODUCCIÓN DE CARPÓFOROS DE ESPECIES COMESTIBLES.....	128
7.2.1. SUCESIÓN FÚNGICA.....	129
8. BIBLIOGRAFÍA.....	132
9. ANEXOS.....	152
9.1. DATOS DE PRODUCCIÓN MICOLÓGICA DE ESPECIES COMESTIBLES.....	152

Este Trabajo Fin de Carrera ha sido elaborado gracias al patrocinio de ADEMA (Asociación para el Desarrollo Endógeno de Almazán y otros municipios) y del CIF Valonsadero (Junta de Castilla y León).

Ha sido dirigido por la Doctora en Biología Luz Marina Fernández Toirán, tutorado por el Doctor Ingeniero de Montes Juan Andrés Oria de Rueda Salgueiro y ha contado con el asesoramiento del Doctor Ingeniero de Montes Óscar Cisneros González.

RESUMEN

Con el objetivo de avanzar en el conocimiento de la estructura de la comunidad fúngica, su dinámica y la producción de carpóforos de hongos comestibles, se realiza seguimiento de la fructificación de carpóforos desde 1997 a 2011 en un bosque de *Pinus pinaster* de la provincia de Soria.

Tras la aplicación un muestreo aleatorio estratificado en función de la edad del arbolado, se establecen 21 parcelas de 150 m², 3 por clase de edad de la masa. Los rangos de edad del bosque se han definido de la siguiente manera: CEIA (0-10 años), CEIB (mezcla de árboles padre y regenerado), CEII (11-20 años), CEIII (21-40 años), CEIV (41-60 años), CEV (61-90 años) y CEVI (> 90 años). Estas parcelas se han vallado y se muestrean semanalmente en otoño entre los meses de septiembre y diciembre.

Se registran un total de 153 especies pertenecientes a 56 géneros, de los que 56 son comestibles. De éstos, el 48,2 % son especies micorrícicas, el 48,2 % son especies saprobias y el 3,6 % son parásitas.

La producción de carpóforos comestibles registrada entre 1997 y 2011 ha sido de $19,82 \pm 3,02$ kg/ha arbolada y año, lo que supone el 30,8 % de la producción total.

La especie comestible más abundante en peso fresco y en número de carpóforos por hectárea ha sido *Lactarius deliciosus* con 6,08 kg/ha y 257,99 carpóforos/ha respectivamente.

La producción de carpóforos presenta una acusada variabilidad interanual, registrándose otoños 18 veces más productivos que otros (si exceptuamos los años de producción prácticamente nula).

La producción de carpóforos de macromicetes comestibles ha registrado un descenso importante durante los 10 años posteriores a la corta de regeneración (clase de edad IA). La presencia de árboles padre (CEIB), aumenta sensiblemente la producción de esta clase de edad IB respecto de la CEIA, con árboles del mismo grupo de edad. La clase de edad con mayor producción de especies comestibles se corresponde con edades maduras (CEIV: 41-60 años); en las clases posteriores se produce un descenso sensible.

La producción de *Lactarius deliciosus* registró diferencias con la edad, manifestándose en una elevada producción en masas jóvenes (CEII) e importante recuperación de la misma en masas viejas próximas a la corta (CEV y CEVI).

Introducción

1. INTRODUCCIÓN

1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS HONGOS. IMPORTANCIA ECOLÓGICA DE LOS MACROMICETES

Los hongos constituyen un Reino independiente del animal y del vegetal, además, debido a que se conocen más de 80000 especies, suponen el grupo más numeroso de taxones después de los insectos (Hawksworth, 1991).

Son seres eucariotas, generalmente plurinucleados, que se reproducen por medio de esporas. Son organismos heterótrofos, sin clorofila y se alimentan generalmente por absorción, liberando al exterior enzimas digestivas y absorbiendo después los productos de la digestión. No necesitan luz para crecer, no poseen pigmentos fotosintéticos, pero en muchos casos, ésta es necesaria para que se puedan formar sus cuerpos fructíferos.

El talo o cuerpo vegetativo de los hongos suele ser típicamente filamentosos, formado por hifas microscópicas, cuyo conjunto recibe el nombre de micelio. Las hifas pueden estar divididas por tabiques (septadas) o carecer de ellos (cenocíticas). Estas hifas están recubiertas de una pared celular compuesta fundamentalmente por quitina, aunque ciertos grupos presentan celulosa u otros polisacáridos.

La seta o carpóforo es la parte reproductora de un hongo. Se forma como resultado del crecimiento diferenciado y del entrelazamiento de las hifas, unido a su rápida expansión debida a la absorción de agua. Su finalidad es producir y diseminar esporas, cuya germinación permitirá al hongo asegurar su supervivencia a largo plazo. Los hongos también se reproducen asexualmente. Esta manera de reproducción no proporciona variabilidad genética, es mucho más rápida y es la más habitual en los hongos, aunque frecuentemente alternan ciclos sexuales y asexuales.

Se consideran microscópicos ya que en la mayoría de los casos el cuerpo vegetativo o micelio no es visible al ojo humano. No obstante, sus aparatos esporíferos pueden ser macroscópicos (visibles al ojo humano), en cuyo caso hablamos de hongos macromicetes. En contraposición, se encuentran los micromicetos.

Esta división se basa en un principio fundamentalmente práctico, variando el tamaño límite que separa los macromicetes del resto, según los autores. Así, para Arnolds (1981) son aquellos hongos cuyos carpóforos son mayores de 1 mm, mientras que para Villeneuve (1991) la separación se considera a partir de 1 cm. Otras veces especies de tamaño inferior al establecido se consideran

macromicetes, dado que su fructificación masiva los hace reconocibles (Sarrionandia Areitio, 2006).

La mayoría de los taxones pertenecientes a los macromicetes corresponden a las divisiones Basidiomycota y Ascomycota. En cuanto a su función ecológica, hoy es ampliamente reconocido que los hongos desempeñan un papel esencial para el funcionamiento del ecosistema (Trappe y Luoma, 1992). Dicho papel está ligado en gran medida a sus características tróficas. Así los hongos se dividen en los siguientes grupos tróficos según sus preferencias de nicho-sustrato: simbioses, saprobios y parásitos (Arnolds, 1988). La separación en estos grupos no es absoluta. Así, hongos que generalmente son parásitos como *Armillaria mellea* (Vahl) P.Kumm., pueden vivir de forma saprobia sobre restos de árboles muertos por su propia acción. Para algunas especies se conoce la existencia de cepas saprobias y otras micorrícicas como es el caso de *Paxillus involutus* (Batsch) Fr. (Fernández-Toirán, 1994). Los hongos que veremos en este trabajo pertenecen a las tres primeras categorías.

1.1.1. HONGOS SIMBIONTES

La simbiosis es el estado fisiológico de equilibrio e interdependencia entre dos o más individuos. Esta asociación duradera se caracteriza por el contacto físico entre los distintos componentes y por el aprovechamiento mutuo.

Los hongos simbioses se dividen en liquenizados y micorrícicos. Los primeros forman asociaciones simbióticas con algas y se comportan como unidades estructurales y funcionales independientes. Los hongos micorrícicos establecen asociaciones simbióticas mutualistas con las plantas, formando las denominadas micorrizas, término empleado por primera vez por Frank (1885), para definir la asociación simbiótica entre las hifas de un hongo y las raíces de una planta. Esta asociación ha resultado ser de gran importancia, debido al papel que desempeñan, tanto en ecosistemas naturales, como en los sistemas biológicos creados por el hombre.

Los ecosistemas terrestres se han visto fuertemente afectados por la evolución de las micorrizas. Registros fósiles de hace 400 millones de años apuntan a que las micorrizas facilitaron la colonización del medio terrestre por las plantas (Malloch *et al.*, 1980).

Harley y Smith (1983) proponen una clasificación de las micorrizas basada en las características morfológicas de la infección y en los taxones de los simbioses, distinguiendo seis tipos: ectomicorrizas, arbusculares o vesículo-arbusculares, arbutoides, monotropoides, ericoides y orquidoides.

Habitualmente, sin embargo, se consideran dos grandes grupos de micorrizas: ectomicorrizas y endomicorrizas. En las primeras, las hifas de los hongos recubren las paredes de las células de la raíz de los vegetales sin penetrar en su interior, mientras que en las segundas, las hifas invaden el interior de las células de la raíz (Álvarez, 1991).

Entre el 85 % (Hawksworth *et al.*, 1995) y el 95 % (Trappe, 1977; Trappe, 1987) de las especies de plantas vasculares actualmente conocidas en el mundo pertenecen a familias característicamente micorrícicas. Sin embargo, sólo del 3 al 5 % de dichas plantas establecen asociaciones de tipo ectomicorrícico (Meyer, 1973; Trappe, 1977). Su importancia en el mundo forestal, sin embargo, es enorme, ya que se trata de familias tan ampliamente distribuidas como *Pinaceae*, *Fagaceae*, *Betulaceae*, *Salicaceae*, etc. Por otro lado, existe una graduación en la dependencia de la planta respecto a su simbionte fúngico, existiendo géneros obligadamente ectomicorrícicos como *Pinus*, *Fagus*, *Larix* o *Picea* (Meyer, 1973; Álvarez, 1991). Asimismo, los hongos formadores de ectomicorrizas (ECM) se encuentran principalmente entre las divisiones Basidiomycota (*Amanita* sp., *Boletus* sp., *Lactarius* sp., *Tricholoma* sp., *Russula* sp., etc.) y Ascomycota (*Tuber* sp., *Terfezia* sp., etc.), que son especies comunes en nuestros bosques. Los carpóforos de algunas de estas especies fúngicas tienen gran interés económico, por ser muy apreciados para el consumo humano, como las trufas, boletos, niscalos, criadillas de tierra, entre otros.

Morfológicamente, las ectomicorrizas se caracterizan por la presencia de una cubierta fúngica llamada manto que envuelve a la raíz, originando diferentes formas estructurales. El micelio fúngico penetra intercelularmente en el córtex radical, para formar un entramado hifal que recibe el nombre de red de Hartig. Es en esta zona donde se produce el intercambio de nutrientes y agua entre el hongo y la planta.

Los hongos ectomicorrícicos mejoran la nutrición mineral de sus hospedantes (Fogel 1980; Abuzinadah y Read 1989), favoreciendo principalmente la captación de fósforo y nitrógeno (Read, 1992; Brandes *et al.*, 1998). Las hifas del hongo absorben el agua y nutrientes del suelo, y los transportan al manto donde se metabolizan y almacenan. Más tarde, el sistema de hifas de la red de Hartig transfiere dichos nutrientes a la planta hospedante a cambio de carbohidratos generados en la fotosíntesis. Asimismo, las ectomicorrizas intervienen directamente en las relaciones de competencia que se establecen entre las plantas por la captación de nutrientes y agua. Por un lado, son capaces de movilizar y traslocar al vegetal elementos nutritivos que de otra forma le serían inaccesibles y, por otro, a través de los cordones miceliarios y los rizomorfos de las micorrizas se puede producir una transferencia de elementos minerales entre árboles vecinos (Brownlee *et al.*, 1983). Esta interconexión

subterránea a través del simbiote fúngico actuaría como un factor equilibrador del ecosistema.

Las ectomicorrizas tienen una directa aplicación forestal, la producción e introducción de planta micorrizada, con un doble objetivo: producción de planta micorrizada para la forestación de zonas problemáticas y producción de planta forestal micorrizada con especies fúngicas de valor comercial (*Lactarius deliciosus* Fr., *Boletus edulis* Bull. o *Tuber melanosporum* Vittad.), cuyo principal objetivo sea la fructificación del hongo. Hasta el momento, esto último está muy desarrollado únicamente en especies del género *Tuber*, de las que actualmente ya existen plantaciones privadas en plena producción, en países como España, Francia, Italia o Australia.

Las endomicorrizas de tipo vesículo-arbuscular son las más frecuentes, ampliamente distribuidas y muy ubicuistas (Hawksworth *et al.*, 1995). Son especialmente comunes entre las plantas de cultivo, herbáceas, arbustos, especies tropicales y también algunos árboles de la zona templada. Los hongos formadores de este tipo de micorrizas pertenecen al Orden *Glomales* y no producen cambios en la estructura externa de la raíz. Las hifas del hongo penetran en el córtex, formando vesículas y estructuras arbusculares intracelulares muy características.

Las endomicorrizas de tipo ericoide aparecen en plantas del Orden Ericales, los brezos, asociadas principalmente a la División Ascomycota. Se caracterizan por la existencia de hifas intracelulares en forma de tirabuzón. Son muy efectivas en la absorción del nitrógeno y aumentan la tolerancia de las plantas a la toxicidad por metales pesados (Raven *et al.*, 1986).

Las endomicorrizas de tipo arbutoide son exclusivas de algunas especies del Orden Ericales (*Arbutus* sp. y *Arctostaphylos* sp.), asociados tanto a la División Basidiomycota como Ascomycota. Las hifas forman tirabuzones en el interior de las células corticales, pero también aparecen en los espacios intercelulares a modo de red de Hartig. Además, forman un manto fino que hipertrofia la raíz.

Las endomicorrizas de tipo monotropoide son características de la familia Monotropaceae. Éstas son plantas aclorofílicas, dependen exclusivamente de los hongos, principalmente Basidiomicetes, para el suministro de carbohidratos, procedentes de otras plantas autótrofas del entorno, con las que éstos establecen asociaciones o bien de su propia actividad saprobia (Cooke, 1977; Harley y Smith, 1983).

Para finalizar, las micorrizas orquidoides, son características de las orquídeas y de algunas especies de la división Basidiomycota.

Las condiciones estructurales del suelo y, por tanto, su productividad mejoran debido a los entramados miceliares que se extienden por los horizontes superficiales del mismo (Molina y Amaranthus, 1991). Asimismo, la estabilidad y resistencia de un ecosistema ante cualquier perturbación podría aumentar manteniendo una diversidad fúngica alta, ya que las distintas especies realizan un gran número de funciones ecológicas que, en conjunto, mejorarían la capacidad de recuperación de dicho ecosistema (Sarrionandia Areitio, 2006).

1.1.2. HONGOS SAPROBIOS

Este tipo de hongos, junto con las bacterias, son los responsables de reciclar la materia orgánica, ya que se caracterizan por alimentarse de sustancias producidas por la descomposición de la materia orgánica muerta. Este proceso conlleva la volatilización del C, H y O y la liberación de N, P, K y S entre otros elementos, que junto al conjunto de minerales derivados de la roca madre, se presentan disponibles a ser utilizados nuevamente por las plantas.

Los hongos saprobios utilizan para ello complejos enzimáticos capaces de degradar fuentes de carbono complejas como la celulosa, la lignina o el almidón y transformarlas en moléculas sencillas y nutritivas como azúcares y aminoácidos. Estos enzimas presentan distinto grado de efectividad en la degradación de los sustratos, condicionando la mayor o menor especialización de estos hongos, que muestran preferencias hacia el tipo de sustrato, lo que se utiliza para clasificarlos en base a su preferencia nicho-sustrato. Así encontramos hongos saprobios humícolas que viven y se alimentan de material humificado, coprófilos que habitan en excrementos animales, lignícolas que se aprovechan de los sustratos leñosos, entre otros.

Animales, bacterias y hongos intervienen en la descomposición de los restos vegetales. Por otro lado, variables como el tamaño del resto vegetal, el clima, la humedad del sustrato, el contenido de sustancias tóxicas, intervienen activamente en la velocidad de descomposición. De esta manera, grandes troncos pueden requerir más de 300 años, mientras que las pequeñas ramas entre 2 y 20 años (Rayner y Boddy, 1988). Dada la gran cantidad de biomasa vegetal que cada año cae al suelo, podemos imaginar que sin la actividad de los hongos saprobios, dicha biomasa se acumularía y colapsaría el funcionamiento del ecosistema.

Asimismo, estos hongos no sólo mineralizan las sustancias orgánicas, también retienen gran cantidad de nutrientes en el micelio, que se van liberando de forma gradual, facilitando su utilización posterior por parte de las plantas (Boddy y Watkinson, 1995).

Diversos autores señalan que la proporción de hongos saprobios respecto del total de macromicetes es generalmente baja (Vogt *et al.*, 1992), aunque esto depende de la cantidad de restos que se acumulen en el bosque. Sin embargo, la importancia económica de los hongos saprobios comestibles es elevada. Especies como el champiñón de París, *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Pilát, la seta de chopo, *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm., y la seta de cardo, *Pleurotus eryngii* (DC.) Quél., se encuentran, por su apreciada calidad gastronómica, entre las más consumidas y comercializadas en España.

El cultivo industrial de hongos saprobios comestibles se ha conseguido con más de 20 especies, de las que sólo 6 ó 7 tienen gran relevancia comercial (Martínez-Peña *et al.*, 2011a). Resulta necesario el control de ciertas condiciones ambientales como la temperatura, la humedad, la aireación y el fotoperiodo, con necesidades diferentes según el grado de desarrollo del carpóforo. La elección de un sustrato adecuado al equipamiento enzimático de cada especie y que responda a ciertas condiciones estructurales, es imprescindible para el éxito de la producción (Delmas, 1989).

1.1.3. HONGOS PARÁSITOS

Se trata de un grupo de hongos caracterizados por vivir en diferentes huéspedes, como animales, plantas u otros hongos, a los que provocan daños más o menos graves o incluso la muerte. En el caso de provocar una enfermedad en el hospedante hablamos de patógenos. Se dividen en biotróficos (o parásitos obligatorios) cuando no pueden pervivir de forma saprobia y necrotrófico (o parásitos facultativos) cuando continúan degradando de forma saprobia al hospedante una vez muerto.

Armillaria mellea es un ejemplo de hongo parásito, que sobrevive como saprobio una vez ha muerto la planta hospedante (Dickinson, 1982) y que afecta tanto a bosques de coníferas como de frondosas. En este caso, la infección de las plantas sanas se produce normalmente en los puntos de contacto de sus raíces con otras raíces enfermas o mediante los propios rizomorfos de dicho hongo.

En general, debido a que afectan especialmente a individuos debilitados, los hongos parásitos constituyen factores equilibradores del ecosistema, afectando a la competencia entre especies vegetales. Así, pueden abrir huecos en el bosque, creando microhábitats y favoreciendo el establecimiento de otras especies, provocando cambios en el tamaño y distribución de la población vegetal y aumentando la diversidad (Dickman, 1992).

Por otro lado, en bosques monoespecíficos y particularmente en plantaciones con especies alóctonas, los hongos parásitos pueden ocasionar graves daños.

También puede producirse parasitismo entre hongos, como ocurre con *Hypomyces lateritius* (Fr.) Tul. & C. Tul., que parasita el himenio de los niscalos (*Lactarius deliciosus*) provocando generalmente la desaparición de las láminas, razón por la cual los ejemplares afectados reciben el nombre de “niscalos machos”, sin embargo, no disminuye la calidad gastronómica. Otro ejemplo es *Sepedonium chrysospermum* (Bull.) Fr. que parasita a *Boletus edulis*. El parasitismo de unos hongos sobre otros responde a la existencia de un control biológico natural. Así, graves enfermedades de micoparásitos, como *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., pueden ser controladas mediante la aplicación de otros hongos antagonistas como *Peniophora gigantea* (Fr.) Masee (Lumsden, 1992).

1.2. LA ESPECIE ARBÓREA: *PINUS PINASTER* AIT.

Este pino, llamado pino negral, resinero o rodeno, es un árbol con un característico porte en forma de seta, copa ligera, poco densa y ramas delgadas. Alcanza de 20 a 35 metros de altura y diámetros de más de 1 m. Su corteza es oscura, muy gruesa y agrietada. Sus acículas son largas (de 10 a 25 cm), gruesas, recias y pinchudas y sus grandes piñas, de hasta 20 cm, poseen punzantes escudetes en sus escamas, que contienen numerosos piñones pequeños y alados.

Florece de abril a mayo, madurando la piña a los dos años y diseminando durante el tercero en primavera o verano (Oria de Rueda, 2002).

Es una especie propia del mediterráneo occidental, sobre todo de la Península Ibérica y norte de África, así como del suroeste de Francia (Oria de Rueda, 2002). En nuestro país es el pino que ocupa mayor superficie, sobrepasando el millón de hectáreas, más de la mitad de las cuales proceden de repoblaciones, así, en Galicia, casi todas sus masas son de origen artificial.

De gran amplitud ecológica, esta especie vive desde el nivel del mar hasta los 1.600 metros o más. Se trata de una especie de temperamento robusto que exige gran cantidad de luz y resiste las sequías estivales y las bajas precipitaciones anuales. Prefiere los terrenos silíceos, aunque también habita los calizos. En Soria, Burgos, Valladolid, Segovia, Ávila y Madrid, vive sobre terrenos silíceos con masas resineras de gran productividad. En Guadalajara, Teruel, Castellón y Valencia, sobre areniscas, calizas secundarias y sedimentos silíceos. En las cordilleras Béticas se encuentra sobre variados terrenos:

estratos-cristalinos, peridotitas, pizarras primarias, calizas secundarias, etc.

En España, consecuencia de la diversidad climática, aparecen dos subespecies:

Pinus pinaster ssp. atlantica o marítima, de acículas más cortas y piñas más pequeñas. Se encuentra en el noroeste peninsular.

Pinus pinaster ssp. mesogeensis o mediterránea, mucho más tolerante a climas y a suelos, se extiende por el centro, este y sur.

Los pinos negrales forman bosques de gran interés natural. Tapizados de mantos de gayuba (*Calluna vulgaris* (L.) Hull.) que protegen sus suelos de la erosión, alternan su espacio con brezos (*Erica scoparia* L., *Erica australis* L.), estepas (*Cistus laurifolius* L.) y robles (*Quercus pirenaica* Willd.), (Oria de Rueda, 2002).

Los pinares negrales en Soria ocupan una superficie de 63895 ha de las que el 27,6 % son masas monoespecíficas. Es un pino muy extendido en esta provincia, representando el segundo lugar a nivel nacional en cuanto a extensión. Se localiza en dos núcleos principales: en la comarca de Almazán (Almazán, Matamala, Tardelcuende, Quintana Redonda, Bayubas, etc.) y en la comarca de Pinares (San Leonardo, Navaleno, Pinar Grande, Talveila, etc.). Según el Mapa Forestal Español, el rango de altitudes de estos bosques oscila entre los 900 m de los pinares de Gormaz, hasta los 1400 m de la Sierra del Resomo en Pinar Grande. Viven en clima nemoromediterráneo, con una media anual de precipitaciones que varía entre 610 y 710 mm. Toleran largos inviernos y veranos secos y cálidos. Prefieren las exposiciones soleadas y los sustratos silíceos, especialmente los suelos arenosos y sueltos.

Esta conífera se ha aprovechado desde siempre por su madera, leña y su característica miera o resina. También por sus grandes piñas, así como el pizorro y la tamuja, (Oria de Rueda, 2002).

El tipo de cortas continuas más usadas en la Meseta castellana, para el aprovechamiento maderero, es el aclareo sucesivo uniforme. Sobre una masa poco densa, se comienza con una corta preparatoria-diseminatoria bastante intensa. Tras una o dos aclaratorias se apea en corta final una masa residual de 20 a 30 árboles padre por ha, transcurriendo todo el proceso en un periodo de 20 a 25 años. En la actualidad, sin embargo, se tiende a realizar cortas a hecho por fajas o bosquetes (Rodríguez *et al.*, 2008). En caso de no obtenerse regeneración natural tras estos tratamientos, se recurre a siembra y/o plantación.

Debido a la escasa importancia económica de la madera de esta especie, hasta los años 70, la resina fue el producto principal obtenido de estos pinares.

Sin embargo, la gran competencia internacional, el aumento de los costes de recogida y la escasez de mano de obra hacen que progresivamente este aprovechamiento prácticamente haya desaparecido (Cantero, 2003).

Recientemente, la recolección de setas se está convirtiendo en una actividad lúdica y comercial muy importante. Lúdica por la importante diversidad de especies fúngicas, interesante para amantes de la naturaleza y estudiosos de la micología y comercial porque estos pinares son habitualmente muy buenos productores de especies comestibles de interés comercial como *Lactarius deliciosus*, *Boletus edulis* y *Tricholoma terreum* (Schaeff.) P. Kumm., entre otras.

Todas estas circunstancias, hacen que en la actualidad destaque en estos bosques su carácter multifuncional, por los distintos pequeños recursos que detenta, como el micológico, el maderero, el resinero, que renueva su actividad, así como su valor natural intrínseco, que lo hace idóneo para ser objeto de un turismo de naturaleza, en el que se incluye al micoturismo.

1.3. FACTORES QUE CONDICIONAN LA PRESENCIA Y FRUCTIFICACIÓN DE LOS HONGOS MACROMICETES

La presencia de un hongo en un determinado ambiente no es aleatoria. Factores bióticos como el propio hospedante, su edad, densidad, cortejo arbóreo, arbustivo y herbáceo o los microorganismos del suelo y abióticos como el clima, la insolación, el suelo y la fisiografía son los aspectos que un mayor número de autores coincide en describir como determinantes e interrelacionados (Dighton y Mason, 1985; Smith *et al.* 2002). Además, estas variables no actúan de forma aislada, sino que interactúan y están relacionadas entre ellas. Por otro lado, tiene especial relevancia el impacto humano derivado de los efectos de la contaminación, tratamientos selvícolas o el aprovechamiento desordenado.

Muchos hongos establecen asociaciones específicas con un tipo de vegetal. Oria de Rueda (1991), comenta que los hongos forestales comestibles, son en su mayor parte micorrizógenos estrictos y que están ligados muchas veces de forma específica a ciertos tipos de árboles. Estas asociaciones son necesarias para que las especies micorrícicas completen su ciclo de desarrollo y fructifiquen (Strullu, 1991). El propio genotipo del simbiote, también condiciona la presencia de una determinada especie fúngica, ya que determinados individuos de una misma especie arbórea o arbustiva pueden presentar diferente susceptibilidad a la micorrización con una especie fúngica (Last *et al.*, 1984).

La biodiversidad depende también, dentro de un grupo funcional, de un grado de similitud ecológica que se manifiesta en el seno de especies del mismo género y así ocupan hábitats o nichos ecológicos distintos (Guimberteau y

Courtecuisse, 1997). Otro aspecto determinante en la riqueza fúngica de un bosque es su propia naturaleza pluriespecífica, ya que a mayor diversidad de especies arbóreas, la diversidad fúngica también es mayor (Delaroière, 1998).

Referido también al hospedante, factores como la composición, la edad y la estructura de las formaciones vegetales determinan la composición de macromicetes. Esto se debe a que las plantas constituyen los hábitats y fuentes de energía para la mayoría de las especies fúngicas que siempre presentan algún grado de especificidad por el hospedante o el tipo de sustrato (Wästerlund e Ingelög, 1981; Dighton y Mason, 1985; Jansen y Enie, 1988; Termorshuizen y Schaffers, 1991; Sarrionandia Areitio, 2006). Por tanto, la estratificación por formaciones vegetales es un criterio muy válido para el estudio de las micocenosis.

Además, el crecimiento de la planta hospedante conlleva cambios notorios en la estructura de la comunidad fúngica (Trofymow *et al.*, 2003). En paralelo al crecimiento del hospedante, se producen cambios sutiles en los niveles de nutrientes de las raíces, así como en el suelo (Stark, 1972; Cromack Jr *et al.*, 1975; Last *et al.*, 1979; Strullu, 1991), con la variación la temperatura del mismo (Ballard, 2000), el contenido de agua y la porosidad (Jones *et al.*, 2003). Todos estos cambios tienen un gran efecto en las poblaciones de organismos que habitan en el suelo e incluye cambios en la densidad y diversidad de hongos (Fernández-Toirán *et al.*, 2006; Kalamees y Silver, 1988; Smith *et al.*, 2002) y, consecuentemente en los diferentes procesos en los que intervienen.

El clima es un factor que incide decisivamente en la fructificación del hongo. Variables como precipitación y temperatura limitan ésta de manera apreciable (Waterlund e Ingelög, 1981; Calonge, 1990). Sólo las condiciones climáticas explican del 60 al 80 % de la variación en la producción de carpóforos (Dahlberg y Stenstrom, 1991). Además, los distintos factores climáticos (humedad, insolación, viento, etc.), interaccionan dando lugar a límites no definidos.

En su desarrollo, el hongo requiere una cantidad adecuada de humedad, siendo las especies saprobias más dependientes de la lluvia (Thoen, 1970). Para que las esporas germinen, se necesita un alto grado de humedad ambiental, normalmente superior al 70 %, lo que suele ocurrir en periodos lluviosos (Cuesta *et al.*, 1994; Calonge, 1990).

Normalmente, los hongos son más tolerantes a la variabilidad térmica. La temperatura debe mantenerse en unos límites suaves, entre 10 y 25 °C para la inmensa mayoría de los hongos (Calonge, 1990). La fructificación se encuentra más limitada por las temperaturas bajas que por las altas (Last y Fleming, 1985). No obstante, los requerimientos varían con las distintas especies.

En general, los hongos no requieren una excesiva luminosidad, algunos incluso son insensibles a la ausencia de luz como *Ganoderma* spp. Otros, como *Marasmius oreades* (Bolton) Fr. o *Coprinus* spp., requieren luminosidades altas (Heim, 1984).

El suelo juega un papel trascendental en el desarrollo del hongo, tanto por su composición química, que favorece el desarrollo nutricional del árbol manteniendo su obligatoria relación con el hongo micorrícico, como su organización, que determina la aireación, el movimiento del agua y de ahí el propio desarrollo del micelio (Beguery y Berger, 1998). Danielson y Viser (1989), introducen el término “soil specificity” para indicar la importancia del factor suelo en el desarrollo de los hongos micorrizógenos. La edad de éste, por los cambios que se originan es quizá más importante que la propia edad de los árboles (Termorshuizen, 1990). En general, producen mayor número de especies los suelos ácidos y ricos en materia orgánica (Tyler, 1989, Cuesta *et al.*, 1994), mejorándose la productividad en aquellos permeables y sueltos (Oria de Rueda, 1989). Además, estos parámetros relacionados con el suelo, pueden ser limitantes para muchos hongos como ocurre con *Tuber melanosporum* (Reyna Domenech, 2007). También va a ser fundamental la propia biología del suelo y las interacciones con otras especies fúngicas competidoras (Last *et al.*, 1984). Laiho (1970), estudiando la especie ectomicorrícica *Paxillus involutus*, llegó a la conclusión de que los factores climáticos eran menos influyentes que los factores edáficos en la producción de carpóforos.

La exigencia de humedad en el suelo es un factor que determina el carácter xerófilo o higrófilo del hongo (Hering, 1966; Heim, 1984). Así, hay géneros que requieren al menos un 30 ó 40 % de humedad y otros como *Amanita* o *Lactarius* con una tasa mínima del 10 al 12 % puede fructificar. Una humedad excesiva también frena la fructificación. La temperatura del suelo es un factor primordial y variable según las distintas especies. Cuando la temperatura del suelo ronda los 7 °C se producen de 4 a 5 veces más especies que cuando la temperatura desciende a 2 ó 3 °C (Heim, 1984; Peredo *et al.*, 1983).

La fisiografía, principalmente por sus efectos sobre el edafoclima y la fitocenosis, condiciona la presencia de muchos hongos. Así, *Hygrophrus marzuolus* (Fr.) Bres, especie orófila, prefiere las topografías de ladera, evitando las áreas de vaguada con encharcamiento (Altelarrea Martínez y Martínez-Peña, 2007).

La contaminación, la sobreexplotación del recurso y el pastoreo, entre otros aspectos derivados del impacto humano, pueden determinar la composición de dichas micocesonis (Termorshuizen y Schaffers, 1991, Martínez-Peña, 2008). Además, el impacto humano de la recolección en cuanto al pisoteo se percibe

como un factor importante que puede limitar el desarrollo de los carpóforos, con las consiguientes pérdidas de producción y regeneración sexual (Egli *et al.*, 2005).

En cuanto a la gran variabilidad interanual que presenta la fructificación de carpóforos (Arnolds, 1988; Vogt *et al.*, 1992; Straatsma *et al.*, 2001; Martínez-Peña, 2003; Fernández-Toirán *et al.*, 2006), se debe en gran parte a la influencia que ejercen diversos factores meteorológicos y otros factores ecológicos (Parker-Rhodes, 1951; Hering, 1966; Mehus, 1986; Luoma *et al.*, 1991; Laganà *et al.*, 2002).

Los trabajos consultados en esta línea han estudiado las variables que influyen en la fructificación de diversas especies de macromicetes. Last *et al.* (1981) encuentran que la producción de *Amanita muscaria* (L.: Fr.) Hook. está muy condicionada por la precipitación mensual. En cuanto al comienzo de la fructificación de otros macromicetes, Mehus (1986) observa que empieza dos o tres semanas después de la llegada de las lluvias. En general, se acepta que las condiciones de sequía reducen la producción de carpóforos de macromicetes (Wästerlund e Ingelög, 1981). Sin embargo, son escasos los trabajos que hayan tratado de cuantificar en qué medida influyen dichas variables climáticas en la producción de macromicetes, siendo más frecuentes en la literatura los estudios meramente descriptivos (Hall *et al.*, 1998; Oria de Rueda Salgueiro *et al.*, 1991; Masuka, 1996; Laganà *et al.*, 2002).

Finalmente, cabe comentar que el conocimiento de la influencia de los factores abióticos y bióticos sobre la producción de carpóforos de especies micológicas requiere todavía un esfuerzo importante de investigación.

Justificación y Objetivos

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

En muchas regiones del mundo, los hongos silvestres constituyen un recurso socioeconómico muy importante. Se sabe que más de 2000 hongos producen setas comestibles (Boa, 2004). Esto, unido a la mayor demanda de setas por parte de los consumidores, ha provocado un incremento de su valor en el mercado. Derivado de ello, recientemente ha surgido el interés en la gestión de los recursos forestales no maderables (Pilz *et al.*, 1999; Díaz-Balteiro *et al.*, 2003), como productos generadores de rentas en las áreas rurales forestales (Boa 2004; Barroetaveña *et al.*, 2008). Además, según distintos autores, hoy en día, el valor comercial de los hongos forestales puede igualar o incluso sobrepasar el valor de la madera (Arnolds 1995; Alexander *et al.*, 2002; De Román y Boa, 2006). Por todo ello, los hongos constituyen un producto estratégico emergente en la conservación y gestión de los sistemas forestales.

Boletus (*Boletus* grupo *edulis*), rebozuelos (*Cantharellus cibarius* Fr.), niscalos (*Lactarius* grupo *deliciosus*) y trufa negra (*Tuber melanosporum* Vittad.), son las especies de hongos silvestres comestibles más ampliamente comercializadas y exportadas en España (De Román y Boa, 2004). En un área de 4,5 millones de hectáreas en Castilla y León, la producción bruta media anual de carpóforos de hongos silvestres comestibles de interés comercial se ha estimado, excluyendo el género *Tuber*, en alrededor de 34000 toneladas, lo que supone aproximadamente 80 millones de euros (Martínez-Peña *et al.*, 2006-2010).

La estructura de la comunidad fúngica está afectada por muchos factores, entre ellos el hospedante, la edad de la masa, tanto como las condiciones de hábitat y los factores climáticos y edáficos. El desarrollo de la masa arbórea provoca cambios importantes en la comunidad fúngica (Trofymow *et al.*, 2003) y en las condiciones del suelo, como porosidad, contenido en agua, niveles de nutrientes y temperatura (Jones *et al.*, 2003). Todos estos cambios tienen un gran efecto en las poblaciones de organismos que habitan el suelo e incluye cambios en la densidad y diversidad de los hongos (Fernández-Toirán *et al.*, 2006; Kalamees y Silver, 1988; Smith *et al.*, 2002) y, consecuentemente, en los procesos derivados de ellos.

Este trabajo intenta mejorar el conocimiento acerca de la estructura, dinámica y producción de los hongos comestibles en un ambiente silvestre, lo cual puede servir también de herramienta para implementar los planes de gestión forestal. Con este objetivo, se establece durante 15 años consecutivos, desde 1997 a 2011, un dispositivo de muestreo aleatorio estratificado en función de la edad del arbolado en una masa de *Pinus pinaster* en el sudeste de la provincia de Soria.

El objetivo principal de este trabajo es el de mejorar el conocimiento que se tiene acerca de la dinámica, estructura y producción de hongos en ecosistemas forestales silvestres. En particular, se estudia la producción otoñal de carpóforos de macromicetes epigeos comestibles en una masa de *Pinus pinaster* Ait. del sudeste de la provincia de Soria.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Estudiar la composición específica de hongos silvestres comestibles y su comportamiento trófico.
- Describir la fenología y variabilidad interanual de la producción de carpóforos de hongos silvestres comestibles.
- Analizar la influencia de la edad de la masa sobre la producción y diversidad de estas especies.

La consecución de estos objetivos aportará información básica útil en la elaboración de criterios básicos de gestión forestal para la conservación de la diversidad y la mejora de la producción de estas especies, de gran importancia para el funcionamiento del bosque y desarrollo socioeconómico de las comunidades rurales.

Antecedentes

3. ANTECEDENTES

3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL APROVECHAMIENTO MICOLÓGICO EN LA PROVINCIA DE SORIA

La provincia de Soria, con una extensión superior a los 10.000 km², es extraordinariamente variada tanto geológica, como geográfica y climáticamente. Los tres grandes macizos montañosos superiores a los 2.000 metros de altitud (Picos de Urbión, Sierra Cebollera y Moncayo) hacen que, junto con las extensas planicies y altos páramos calizos del centro y sur de la provincia, el clima sea igualmente tan diverso como su orografía. Cabe decir que pertenece a dos cuencas hidrográficas de diferencias muy acusadas, como son la del Duero y la del Ebro (cuenca del Jalón).

Como puede deducirse de este panorama, esta provincia presenta una gran riqueza en cuanto a variedad y cantidad de especies micológicas se refiere. Muestra de este patrimonio micológico son las ancestrales denominaciones vernáculas de algunas especies de setas, así como la profusión en los últimos años de la gastronomía asociada al recurso (Ágreda *et al.*, 2010).

En Soria, el aprovechamiento del recurso micológico ha alcanzado un elevado grado de desarrollo. Su territorio forestal presenta una gran aptitud para la producción y el aprovechamiento de hongos silvestres comestibles, entre los que se encuentran las especies más cotizadas en el mercado mundial como: *Boletus* grupo *edulis*, *Lactarius* grupo *deliciosus*, *Morchella* spp, *Cantharellus cibarius*, *Tuber melanosporum*, *Amanita caesarea* (Scop.) Pers., *Calocybe gambosa* (Fr.) Singer, *Marasmius oreades* (Bolton) Fr., *Pleurotus eryngii*, *Tricholoma portentosum* (Fr.) Qué., *Tuber aestivum* Vittad., *Hygrophorus* spp, *Hygrophorus marzuolus*, *Helvella* spp, *Lepista* spp, *Macrolepiota* spp, *Agaricus* spp, etc.

El uso comercial de los hongos es relativamente reciente en este territorio, alrededor de los años cincuenta algunos empresarios iniciaron la comercialización de las setas. Compraban sus cosechas a los recolectores locales, y posteriormente las colocaban en los mercados europeos, a unos precios que garantizaban un negocio seguro. Con el inicio de la compraventa de hongos se generalizó una nueva actividad, la recolección, en la que se implicaban familias enteras, a las que se les ofrecía una nueva fuente de ingresos accesible a todos, cualquiera que fuese su especialización, sexo o edad.

Posteriormente, y ubicadas en las zonas más productivas, comenzaron a fundarse empresas dedicadas a la manufactura de productos agroforestales de

alta calidad gastronómica, entre ellos diversas especies de hongos como boletos (*Boletus* grupo *edulis*), níscalos (*Lactarius* grupo *deliciosus*), rebozuelos (*Cantharellus* spp.) y trufas (*Tuber* spp.). La rentabilidad se basó en añadir valor a los hongos en origen, con su limpieza, procesado, envasado y etiquetado, lo que además generó puestos de trabajo y jornales eventuales de manipulación que repercutían positivamente en la economía rural.

La producción media generada por dichos hongos silvestres comestibles, en los montes de Soria, se ha valorado en unas 2300 tm y más de 9 millones de €/año, pudiendo llegar a triplicarse este valor en años buenos (Martínez-Peña *et al.*, 2007).

De forma general, cabe destacar que el 59 % de la población rural de Soria es recolectora de hongos, lo que supone más de 27.000 recolectores locales potenciales en la provincia.

En lo que respecta a los canales de venta de las distintas especies cabe destacar el elevado porcentaje que representa la venta a compradores ambulantes de *Lactarius deliciosus* (86 %). Por otro lado, una característica común a las tres especies es el reducido porcentaje de producción destinada a la venta en empresas micológicas. A pesar de que *Boletus edulis* registra un 48 % en este tipo de transacciones, se observa una tendencia a la baja en todos los porcentajes.

Esta información pone de manifiesto un funcionamiento anormal del mercado de productos micológicos, ya que los canales de compraventa mayoritarios no garantizan ningún control sanitario, económico y fiscal.

La mayor parte de los puntos de compraventa de setas se encuentran ubicados en puntos fijos dentro del casco urbano de los pueblos y son gestionados por particulares (51 % de los puntos de comercialización). Dentro de las poblaciones se encuentran asimismo empresas conserveras especializadas en la manufacturación del producto. Éstas representan únicamente el 10 % de los puntos de compraventa totales, mientras que los puntos ambulantes suponen el 39 % del total. El lugar de origen de los comerciantes ambulantes (ubicados tanto en monte como en casco urbano) es diverso, siendo generalmente Cataluña, Levante y País Vasco las regiones de procedencia más habituales.

Los lugares destinados a la compraventa de hongos se concentran en aquellas localizaciones que presentan una elevada producción micológica, principalmente en el noroeste y centro de la provincia. Las empresas conserveras se ubican del mismo modo estratégicamente en dichos lugares, siendo más prolíficos en el noroeste provincial haciendo un total de nueve establecimientos. Asimismo, en esta zona de la provincia el número de puntos

fijos de compraventa correspondiente a particulares locales es de mucha mayor cuantía que el de puntos ambulantes. Por el contrario, en el centro de la provincia, el número de puntos fijos de compraventa es menor, superado en mucho por los de compraventa ambulante, síntoma del descenso en el valor de la producción.

El micoturismo es una actividad novedosa y totalmente recomendable que va cobrando fuerza en muchas zonas, particularmente en las cercanas a los grandes núcleos de población. Esta actividad se centra en compatibilizar el uso comercial de la producción micológica, entendida como la recolección de los hongos para la compraventa, con el uso recreativo, fomentando la entrada ordenada de turistas en los montes, ofertándoles el disfrute de la recolección de setas en el monte. La contraprestación económica por dicho disfrute, puede ser percibida de distintas formas: vía sueldos de guías micológicos, vía restauración-hostelería o a través del cobro de un permiso de recolección (Martínez-Peña, 2008).

En el sector de la restauración, cabe destacar que más del 81 % de los restaurantes incluyen setas en sus platos. Además más de un 65 % de los mismos ampliarían su oferta actual en dicho tipo de platos y el 90 % participaría en cursos de formación en gastronomía micológica. Los principales canales de aprovisionamiento del sector de la restauración son las empresas conserveras. Sin embargo, en el caso de los níscalos (*Lactarius gr. deliciosus*) y las senderillas (*Marasmius oreades*) el abastecimiento a través de recolectores locales supera a cualquier otra alternativa de aprovisionamiento, contribuyendo con el correspondiente descontrol sanitario y financiero asociado al recurso (Martínez-Peña *et al.*, 2011a).

Las especies más empleadas para la elaboración de platos de cocina en el sector de la restauración son, por orden de importancia, el hongo blanco o miguel (*Boletus edulis*), el níscalo (*Lactarius gr. deliciosus*) y la seta de cardo (*Pleurotus eryngii*). Estas mismas especies son, asimismo, las más demandadas.

La procedencia de los recolectores de hongos que pernoctan en los establecimientos hoteleros de la provincia de Soria es principalmente Cataluña y País Vasco, regiones con marcado carácter micófilo. Otras regiones como el Levante peninsular y Madrid representan más de la cuarta parte de las procedencias. Este origen se asemeja al de los comerciantes de los puntos de compraventa ambulantes.

La mitad de los clientes del año se aproximan a los establecimientos hosteleros de Soria en época otoñal y que más de la mitad (53,1 %) de los mismos son recolectores de hongos. A pesar de que la ocupación media en los fines de semana de otoño es muy superior a los días entre semana, las

habitaciones ocupadas debido a recolectores de hongos son muy homogéneas a lo largo de la semana (23,1 % en fin de semana y 21,6 % entre semana). A la vista de estas cifras, no es de extrañar que el 93 % de los establecimientos hoteleros consideren que el fomento del recurso micológico impulsaría aún más su negocio, participando un 94 % de los mismos en la promoción de estas actividades.

Finalmente, cabe destacar las experiencias de regulación del aprovechamiento de los recursos micológicos, hoy en día extendida a varias provincias de la región, pero que se inician en la provincia de Soria, y concretamente en la comarca de Pinares Llanos durante la campaña otoñal de 2003. Teniendo en cuenta el marco legal vigente (Decreto 130/1999, Código Civil y Ley de Montes), se inicia este sistema de regulación. Se trata de un modelo a demanda y participado, basado en un sistema de permisos de recolección que discriminan positivamente a la población residente en los municipios propietarios de los terrenos productores, garantiza la recolección recreativa a la población foránea y camina hacia la mejora, profesionalización y sostenibilidad del aprovechamiento.

Atendiendo a los criterios señalados anteriormente, divide los tipos de permisos según el origen del titular (locales, provinciales, vinculados y foráneos), según su intensidad de recolección (recreativo y comercial) y según el periodo de validez del permiso (temporada, diario, fin de semana). Los precios y categorías se establecen en cada Unidad de Gestión de Aprovechamiento Micológico (UGAM), que es la superficie mínima continua regulada.

En la actualidad, hay reguladas en Soria 127300 ha, distribuidas en dos UGAM, que son la Comarca de Pinares Llanos y Tierras Altas por un lado y Pinares de Urbión por otro, que aportan un 48,7 y 51,3 %, respectivamente sobre la superficie total regulada en esta provincia.

3.2. ESTUDIO DE LA PRODUCCIÓN DE MACROMICETES

3.2.1. METODOLOGÍA DE MUESTREO

Desde el inicio de la teoría de ordenación de montes y de los recursos forestales no madereros, la fase de inventario ha sido indispensable, permitiendo caracterizar y cuantificar los recursos. El estudio de la producción de carpóforos de macromicetes, en las principales formaciones vegetales de un territorio, es una acción necesaria para abordar la gestión sostenible del recurso micológico. Los planes de ordenación de los recursos forestales requieren una valoración cuantitativa y cualitativa de este recurso, como paso previo a la definición de los criterios selvícolas y de regulación del aprovechamiento que garanticen su

persistencia. Además, la estimación de la producción de carpóforos aporta una información básica, muy necesaria para la modelización territorial de la producción micológica, aplicando las nuevas herramientas y procedimientos de análisis que ofrecen los sistemas de información geográfica (Martínez-Peña, 2008).

Sin embargo, el proceso de inventariación del recurso micológico está sujeto a los siguientes condicionantes (Martínez-Peña *et al.*, 2011a).

- Dificultad de inventariación por la enorme variedad de especies, de formas y condiciones de vida y de factores influyentes para su existencia, desarrollo y fructificación.
- Es un recurso forestal estacional, espontáneo y fugaz.
- La producción anual es irregular (la mayor parte de las especies micológicas tienen un comportamiento vecero), como consecuencia de la estrecha relación con la climatología.
- Existencia de problemas estadísticos (obtención de indicadores no sesgados y eficientes con sus correspondientes intervalos de confianza) para la estimación de producciones micológicas.

Existen distintos procedimientos para estimar la producción micológica de una formación vegetal, principalmente basados en el seguimiento de transectos y parcelas de muestreo durante un número variable de años consecutivos.

3.2.1.1. Unidades muestrales

Parcelas y transectos de diferentes formas y tamaños son las unidades de muestreo más frecuentes en la estimación de la producción de carpóforos.

Una adecuada cuantificación de las producciones de hongos de un monte, debe basarse en muestreos estratificados en función de las características de la formación forestal como la especie arbórea, calidad de estación, edad del arbolado, caracteres dasométricos y topografía, entre otros.

En el caso de formaciones vegetales homogéneas, los estudios a partir de parcelas permanentes son muy frecuentes en la literatura. Höfler (1938) recomienda superficies mínimas inventariables de 100 m². Pilz *et al.*, (1998) aconsejan la utilización de parcelas de tamaño rectangular de 5 m de anchura y hasta 400 m de longitud para asegurar la representatividad de la parcela dentro del monte (Oria de Rueda *et al.*, 2007). En general, las poblaciones dispersas, como es el caso de los hongos, presentan problemas a la hora de su cuantificación. Para lograr una precisión aceptable, uno de los métodos utilizados es el muestreo de grandes áreas (Green y Young, 1993). Luoma (1988;

1991) concluye que si la superficie total de muestreo es inferior a 800 m², la producción fúngica podía ser sobreestimada. Y por su parte, Richardson (1970) señala que al disminuir el área total muestreada, la varianza en la estimación de la producción aumenta, así como la variación en el número de especies observadas.

Gardner y Malajczuk (1988) y Hilton *et al.* (1989) utilizan parcelas permanentes de 5 x 5 m, localizadas en áreas con arbolado de similares características y distribuidas por diferentes zonas, con la finalidad de estimar el número, producción y distribución espacial de la producción micológica. Ammirati (1987), en otro trabajo para la estimación de las distribuciones espaciales y temporales de los hongos ectomicorrícicos, instala parcelas permanentes de 32 x 64 m que se dividen en 128 subparcelas de 4 x 4 m, para conocer la distribución espacial y temporal de los hongos, en una plantación de Abeto Douglas de 14 años de edad.

La eficiencia en la estimación es proporcional al número, tamaño y forma de las unidades muestrales, así como a la duración y frecuencia del muestreo (Vogt *et al.*, 1992). No obstante, el tiempo necesario para muestrear completamente una unidad muestral, en época de máxima producción, obliga a restringir de forma importante el número y tamaño de las unidades que pueden ser muestreadas (Fogel, 1981). Debido a la enorme variabilidad de producciones entre años y estaciones, el número de parcelas a instalar vendrá condicionado, no tanto por una significatividad estadística (lo que supone un elevado número de parcelas para un intervalo de confianza razonable), sino por un análisis estadístico de los factores de estratificación considerados (Martínez-Peña *et al.*, 2011a).

Las parcelas suelen ser permanentes y valladas, para evitar pérdida de producción ocasionada por recolectores y animales silvestres (Martínez-Peña *et al.* 2011a).

Asimismo, es posible realizar muestreos micológicos aplicando itinerarios, también denominados transectos o recorridos. Estos recorridos pueden ser aleatorios o fijados de antemano. La superficie prospectada en un itinerario se calcula como producto de una longitud recorrida, por el ancho visual de banda, que junto a la cosecha obtenida durante el recorrido, permiten establecer el índice de producción del muestreo (kg/ha). El ancho de banda dependerá de la especie de hongo inventariado, de la atención, agudeza visual y pericia del recolector, de la topografía del terreno y del sotobosque y hojarasca existentes (Oria de Rueda *et al.*, 2008). Las estimaciones obtenidas a través de un itinerario, si se comparan con los sistemas tradicionales de obtención de producción, se contrasta, calibra y valida, pueden ser empleadas como método para la estimación directa de la producción o de la tasa de recolección (Oria de Rueda *et al.*, 2007; Martínez-Peña *et al.*, 2011a).

Así, Ohenoja (1984) propone el muestreo de hongos comestibles en el norte de Finlandia mediante transectos lineales permanentes que se recorren cada cierto tiempo. Wilkins (1939) aconseja este método cuando la producción se distribuye de forma irregular por la superficie (en forma de manchas), o cuando hay cambios en las poblaciones fúngicas debido a cambios en los tipos de vegetación. Este tipo de muestreo exige el establecimiento de un ancho de banda no superior a cinco metros, pues a partir de ese valor se incrementa la probabilidad de que existan errores humanos durante el muestreo (Parker-Rhodes, 1951). También se emplean las líneas de muestreo cruzadas (Warren y Olsen, 1964), los recorridos con un ancho de banda (Lämas y Fries, 1995) y grupos de muestreo (Thompson, 1990; Roesch, 1993). Estos métodos de muestreo son más empleados que las tradicionales parcelas de muestreo.

No obstante, Sutherland (1996), destaca que las estimaciones visuales y las parcelas cuadradas son las más empleadas en el muestreo de poblaciones vegetales y que el muestreo por transectos, recolección y mediante marcado en mapas son los que se utilizan en menos ocasiones. Esto pone de manifiesto que, tanto tradicionalmente como en la actualidad, los métodos de muestreo micológico siguen en la misma línea aunque, con el tiempo, los métodos menos empleados van evolucionando y pasando a un primer plano en la estimación de producciones, como es el caso de los transectos y el empleo de sistemas de información geográfica. Asimismo se han utilizado modelos combinados. Laiho (1970) estudia el comportamiento y distribución de *Paxillus involutus*, mediante largos recorridos de muestreo (10 m de ancho y 0,63 - 16,2 km de longitud) y parcelas permanentes, con una superficie media de 0,37 ha.

3.2.1.2. Procedimiento de muestreo

En lo que se refiere a la disyuntiva entre la recolección o no de los carpóforos durante los muestreos, en Europa y recientemente en Norteamérica, algunos estudios proponen contar y recolectar los carpóforos de los hongos durante el muestreo, con la finalidad de evitar registrarlos dos veces (Fentrop, 1977; Anzer, 1982; Arnolds, 1988). Algunos autores como Jansen *et al.* (1985) para *Cantharellus cibarius* y Herrmann y Kuthan (1981) para *Boletus edulis*, defienden la recolección de los carpóforos, mientras que otros (Richardson, 1970; Ammirati, 1987) realizan estudios reservando los carpóforos mediante marcaje con un punteado de color esmaltado, con el fin de evitar la influencia de la recolección en la producción. Ohenoja (1984) recomienda no recolectar los carpóforos y únicamente tomar medidas de los mismos, así como de su número por especie. Con esto, y sabiendo el número y el tamaño de los carpóforos, mediante unos factores de conversión se puede llegar a conocer el peso de cada carpóforo.

Los argumentos que defienden la no recolección se basan en no comprometer producciones micológicas futuras. Los inconvenientes más importantes que presenta este procedimiento son:

- Dificultad para identificar algunas especies de hongos en el campo.
- El tamaño de los carpóforos de una misma especie varía considerablemente, provocando que los factores de conversión den producciones irreales.
- El número de carpóforos no está muy bien relacionado con la biomasa (Luoma, 1988; Luoma *et al.*, 1991).
- Hay poca información referente a la conversión de pesos totales húmedos a pesos secos de las diferentes especies fúngicas (Hering, 1966; Ohenoja, 1984).

En la estimación de la producción micológica se debe tener en cuenta la longevidad individual de cada especie. Si la frecuencia del muestreo es mayor que la media de vida de la especie muestreada, los carpóforos se recolectarán en estados senescentes o deteriorados (Mehus, 1986). Para evitar este error en la estimación, Richardson (1970) midió los ciclos vitales de algunas especies de hongos, como por ejemplo de *Mycena* y *Galerina* (1-3 días), *Russula emetica* y *Lactarius rufus* (4-7 días) y *Boletus badius*, *Hygrophorus hypothejus*, *Paxillus involutus* e *Hygrophoropsis aurantiaca* (12-20 días). Estos ciclos vitales pueden variar mucho según las condiciones, por ejemplo, Richardson (1970) estimó para *Lactarius rufus* un ciclo vital de 4-7 días, pero Hora (1959) lo estimó en 3-4 semanas.

Otro aspecto a considerar es el vallado de las parcelas. Existen estudios que describen el consumo de hongos por parte de la fauna. Se ha observado que en función del tipo de animal, los carpóforos resultan mordisqueados, consumidos totalmente, recogidos y transportados o incluso arrancados y situados en las ramas de un árbol para secarlos (Richardson, 1970; Fogel y Trappe, 1978). Estos efectos pueden ser paliados mediante el vallado de las parcelas de muestreo, especialmente necesario cuando la presión recolectora y ganadera es elevada. Otros autores, como Sarrionandía Areitio (2006) opinan que el vallado puede ser contraproducente, por el efecto "llamada de atención" que provocan entre determinados recolectores desaprensivos.

En lo que se refiere al momento de realizar los muestreos, Richardson (1970) recomienda concentrar el esfuerzo de estimación en torno a los picos de producción, con el fin de reducir el error. Propone muestreos semanales en épocas de máxima producción y considera que, con dicha frecuencia, se puede registrar el 75 % de la producción total, mientras que con una rutina quincenal tan

sólo el 50 %. Por su parte, Hering (1966), muestreando únicamente en el periodo de máxima producción, obtuvo valores un 10-20 % por encima de los obtenidos muestreando todo el periodo productivo. Otros autores, como Parker-Rhodes (1951), encuentran que el número de especies totalizadas en el muestreo influye en la eficiencia del mismo, de manera que a mayor número de especies consideradas se obtienen menores errores en la estimación.

Asimismo, Mehus (1986) observa que la variación en composición específica y biomasa de carpóforos varía entre diferentes años en un mismo lugar, así como entre diferentes tipos de masas y entre diferentes zonas ocupadas por el mismo tipo de masa.

Hering (1966) recomienda un periodo mínimo de muestreo de ocho años, para poder caracterizar la producción y la composición micológica de una determinada zona.

En la siguiente tabla, se resumen las características de los métodos de muestreo planteados por diversos autores.

Tabla 1. Características de los muestreos en otros estudios realizados.

Duración estudio	Diseño del muestreo	Frecuencia de muestreo	Referencia
5 años	12 unidades de 40 x 40 m por área de estudio (4 áreas en total)	≈ 2 semanas	Ohtonen (1986)
3 años	345 unidades de 100 m ² (2 x 50 m) en 32 zonas	1-2 semanas	Ohenoja (1984)
1 año	Superficie de 0,1ha (4 repeticiones)	3 meses al año (agos.- oct.)	Garbaye y Le Tacon (1982)
4 años	52 unidades de 1000m ²	5 meses al año	Ruhling <i>et al.</i> (1984)
3 años	3 unidades de 100 m ² (2 x 50 m) en 42 tipos de formaciones vegetales	1-2 semanas	Ohenoja y Koistinen (1984)
3 años	12 unidades no permanentes de 4 m ²	Mensualmente	Hunt y Trappe (1987)
3 años	Unidades de 50 m ² al azar	Mensualmente	Fogel (1976)
2 años	16 transectos	1 mes al año (sept.)	Parker-Rhodes (1951)
3 años	3 unidades de 100 m ²	≈ 2 semanas	Hering (1966)
5 años	---	2-3 veces por semana (agos. y oct.) y semanalmente (jul. y oct. - dic.)	Richardson (1970)
1 año	Unidades de 2 x 50 m (0,01ha)	Semanalmente (may.- nov.)	Vogt <i>et al.</i> (1981)
1 año	12 unidades de 2 x 2 m (48m ²)	Semanalmente (may. - nov.)	
3 años	4 unidades de 15 x 15 m / 2 tratam. 4 uds de 20 x 20 m / 2 tratam. 4 uds. de 45 x 7,5 m / 2 tratam. 4 uds. De 16 x 20 m / 2 tratam.	2-3 meses al año (otoño)	Wasterlund e Ingellog (1981)

Debido a que muchos de los métodos de muestreo son caros y con un elevado error, en muchos casos, se abandona la probabilidad del muestreo a cambio de valoraciones personales. Actualmente se está tendiendo a plantear métodos de muestreo exentos de dichos problemas con las poblaciones dispersas. Es el caso de métodos como la exploración de superficies, el muestreo desproporcionado, muestreo de red o el muestreo secuencial (Kalton y Anderson, 1986; Sudman *et al.*, 1988).

Con el objeto de aumentar la precisión de las estimaciones del muestreo, se utiliza la información sobre una determinada población o territorio. Por ello, se propone el uso de métodos como los muestreos estratificados, seleccionando las unidades de muestreo y distribuyéndolas correctamente por la superficie (Cochran, 1977). Así es completamente sencillo utilizar la información preferente para instalar parcelas básicas de muestreo, mientras que no es tan sencillo emplear esta información en diseños basados en transectos, sobre todo cuando la información, procedente de los satélites, está disponible con una resolución espacial alta. El mejor uso de esta información se hará cuando se muestreen terrenos en forma de zig-zag, recorriendo “manchas o zonas calientes” y no en forma de línea recta (Martínez-Peña, 2008).

En relación con lo mencionado, se han diseñado nuevos métodos de muestreo, como el muestreo por transectos dirigidos, basado en dos etapas: la primera diseñada con un determinado ancho de banda y la otra etapa cuenta con un submuestreo con fajas o recorridos guiados por la información conocida (Stahl *et al.*, 2000). Este método de muestreo presenta la diferencia, respecto a otros similares, que está basado estrictamente en la probabilidad del muestreo (p-valores).

3.2.2. PRODUCCIÓN MICOLÓGICA

Richardson (1970), evalúa la producción de Agaricales y Boletales en bosques de pino silvestre en Escocia durante cinco temporadas obteniendo unos valores de 265 - 460 kg/ha.año.

Durante los años 1976, 1977 y 1988, Wasterlund e Ingelög (1981) estudian la productividad micológica en plantaciones experimentales de 15 años de *Picea abies* (L.) Karsten y *Pinus sylvestris* en Suecia. Obtienen producciones totales que varían entre 50 y 350 kg/ha para años favorables y entre 2 y 60 kg/ha en años malos.

En el noroeste de Estonia, entre 1978 y 1981, Kalamees y Silver, establecen una serie de parcelas de 100 m² en pinares de 25, 80 y 100 años, obteniendo mayores producciones en las masas jóvenes. Sin embargo, la diversidad

aumentaba con la edad, obteniéndose las siguientes cantidades, 499, 124 y 143 kg/ha.año respectivamente para las tres edades (Kalamees y Silver, 1988).

Ohenoja y Koistinen (1984) analizan la producción en el noreste de Finlandia, mediante el seguimiento de 345 parcelas de 100 m² durante tres temporadas. Estos autores señalan un porcentaje del 68 % de hongos comestibles sobre el total del peso seco, y de hongos comerciales del 37 %, con una producción media de éstos últimos de 18 kg/ha.

En 1985 Villarreal y Guzmán, cifran en Méjico la producción total en un bosque de *Pinus* en 1758,9 kg/ha.año y en un bosque de *Pinus-Abies* en 747,2 kg/ha.año. Los muestreos se realizan sobre dos unidades fijas de 100 m² y se contabilizan únicamente 33 especies comestibles. En citas hechas por estos mismos autores, Rautavaara (1947) en Finlandia, obtiene producciones de 80-360 kg/ha y en Noruega, Veljalainem 2000 kg/ha, ambos en bosques de coníferas. Hering (1966) cifra la productividad en bosques de encinas en 96 kg/ha.año.

Kardell y Eriksson (1987), obtienen en Suecia una producción de hongos comestibles de 40 kg/ha.año, tras el seguimiento de 23 parcelas durante cinco años en bosques de coníferas.

En el norte de Soria, en la comarca de Pinar Grande, Oria de Rueda (1989) señala unas producciones medias de hongos comestibles de 544, 278 y 81 kg/ha respectivamente para tres calidades de bosque, siendo las cosechas de *Lactarius deliciosus* análogas en los bosques maduros a las de los bosques jóvenes (de unos 18-30 años).

Salo (1993), en un estudio sobre productividad de hongos comestibles comercializables en Finlandia, en los años 1985 y 1986 obtiene una producción de *Lactarius deliciosus* de 8,1 kg/ha.

Fernández-Toirán (1994), estudia la productividad de hongos comestibles en un estudio sobre parcelas fijas en la Comarca de Pinares de Soria durante tres años valorándola en 36 kg/ha.año. Cifra muy aproximada a las obtenidas por Kardell y Eriksson (1987) y Ohenoja y Koistinen (1984) de 40 y 34 kg/ha.año respectivamente.

Bonet Lledós (1996) fija la edad de mayor productividad de *Lactarius deliciosus* entre los 25 y 50 años en un estudio realizado sobre pino silvestre en Huesca y Lérida. En este estudio se cuantifica la producción fúngica total en 25,2 kg/ha y la de esta especie junto con *Lactarius semisanguifluus* R. Heim. & Leclair en 7 kg/ha. En estudios posteriores realizados en parcelas de *Pinus sylvestris* en Ribargorza (Huesca), este autor (Bonet *et al.*, 2004) observa que la producción

de carpóforos comestibles representa el 74 % de la producción en peso fresco, concretamente 44,7 kg/ha, con cosechas de 1kg/ha.año de *Lactarius deliciosus*.

Martínez-Peña y Fernández-Toirán (1997) en un estudio realizado en masas de *Pinus sylvestris* en Pinar Grande estiman una mayor productividad de especies micorrícicas, principalmente de *Boletus edulis*, a edades comprendidas entre los 30 y 70 años y las cuantifican en 58,8 kg/ha.año. La producción media de *Boletus edulis* en este estudio es de 7,5 kg/ha.año. Martínez-Peña *et al.* 2011b, señalan una producción de 99,7 kg/ha de especies comestibles en estudios realizados con el mismo dispositivo experimental y destacan que el 34 % de los táxones recolectados son comestibles y únicamente el 3 % constituyen especies de interés comercial.

Martínez de Azagra *et al.*, (1997) en un trabajo de recopilación de datos estiman la producción total de *Lactarius deliciosus*, teniendo en cuenta tres calidades en zonas especialmente productoras en 25, 15 y 5 kg/ha.año. Esta estimación se refiere a masas de *Pinus sylvestris* y *Pinus pinaster* sobre terrenos silíceos y más de 500 mm. de precipitación anual. En Castilla y León cifran la producción total en un mínimo de 3.200.000 kg y la media en torno a 10 kg/ha. Además, describen las mayores producciones en masas muy jóvenes de apenas 5 años y en adultas de más de 100 años.

Romá *et al.* (1997), cuantifican la productividad de *Lactarius deliciosus* en 108,2 kg/ha en las masas de *Pinus sylvestris* del Pirineo central durante el otoño de 1996 en una serie de parcelas de 100 m².

Martínez de Aragón *et al.* (2007), en un estudio realizado en la comarca de Solsona en Lérida, en parcelas de *Pinus nigra* Arn., *Pinus sylvestris* y *Pinus halepensis* Mill., señalan que cerca del 30 % de la producción total corresponde a hongos comestibles comercializados, lo que corresponde a 6,16 kg/ha y una producción de 0,3kg/ha para *Lactarius deliciosus*.

Martín-Pinto *et al.* (2006) señalan producciones de 273 kg/ha de hongos comestibles en masas de *Pinus pinaster* en Zamora. En 2010, Oria de Rueda *et al.*, encuentran producciones similares de hongos comestibles en parcelas de *Pinus pinaster*, de 295 kg/ha y en parcelas de *Pinus sylvestris* de 100 kg/ha, situadas en la provincia de Palencia.

Asimismo, es importante poner de manifiesto el hecho de que la producción de carpóforos varía notablemente entre los distintos años en las mismas localizaciones (Baptista *et al.*, 2010; Fernández-Toirán *et al.*, 2006; Smith *et al.*, 2002; Straatsma *et al.*, 2001), lo que puede deberse a la variación de las condiciones climáticas o a la fructificación esporádica de determinadas especies (Ferris *et al.*, 2000). Mehus (1986) estudió la producción micológica en un abedular semi-abierto en Noruega, obteniendo en tres años diferentes

producciones que oscilaron entre 21 y 773 kg/ha. Éste es un caso extremo con una reducción del 97 % entre dos años consecutivos. También se han observado grandes variaciones entre estaciones en determinadas especies, principalmente en otoño y primavera. Así se ha observado que las variaciones anuales, en cuanto a biomasa relativa, son más acusadas en las producciones de primavera que en las otoñales (Luoma *et al.*, 1991).

Algunos ejemplos que ilustran esta gran variabilidad de la producción micológica se recogen en la tabla 2.

Tabla 2. Producciones estimadas en otros estudios. Las columnas representan los tipos de bosques en los que se llevó a cabo el estudio, su localización, la producción micológica calculada a partir de los muestreos realizados, donde h: producción en peso húmedo, s: producción en peso seco y c: producción de especies comestibles y el número total de especies productoras de carpóforos y la referencia bibliográfica del autor del estudio.

Formación vegetal	Localización	Producción (kg/ha/año)	Número total de especies	Referencia
Pino silvestre	Soria	99,7 (h, c)	119	Martínez-Peña <i>et al.</i> (2011b)
Pino pinaster	Palencia	476,3 (h)	84	Oría de Rueda <i>et al.</i> (2010)
Pino silvestre	Palencia	178,1 (h)	84	Oría de Rueda <i>et al.</i> (2010)
Pinar	Solsona (Cataluña)	184,4 (h)	204	Martínez de Aragón <i>et al.</i> (2007)
Pino pinaster	Zamora	273 (h, c)	---	Martín-Pinto <i>et al.</i> (2006)
Pino silvestre	Ribagorza (Cataluña)	60,6 (h)	164	Bonet <i>et al.</i> (2004)
Pino silvestre	Finlandia	350(s)	---	Ohtonen (1986)
Pino silvestre y abeto noruego	Finlandia	51(h)	122	Ohenoja y Koistinen (1984)
Pino silvestre	Suecia	5,5(s)	-	---
Pino silvestre	Suecia	180 (s)	---	Romell (1939) y Ohtonen (1986)
Pino silvestre	Gran Bretaña	265-460(h) =16-30(s)	≈ 30	Richardson (1970)
Pino silvestre	Suecia	0,1 - 2,1 (s)	6	---
		2,7 - 12(s)		
		2,9 - 7,6 (s)		
Abeto	Suecia	0,2 - 16,6 (s)		
		< 0,1 (s)		
		0,2 - 0,3 (s)		
Abeto (mixto)	Finlandia	840 (s)	---	Ohtonen (1986)
Abeto (plantación)	Francia	-	40	Garbaye y Le Tacon (1982)
Abedul o pino	Noruega	3 - 61(h)	---	Mehus (1986)
Pino		0 - 306 (h)	---	
Pino o abedul		10 - 241 (h)	---	
Pino o abedul/pino		7 - 274 (h)	---	
Abedul o pino		4 - 572 (h)	---	
Abedul		60 - 203 (h)	---	
Abedul semiabierto		21 - 773 (h)	---	
Abeto de Douglas	Oregon (USA)	2 - 3,2 (s)	30	Hunt y Trappe (1987)
		22 - 35,4 (s)		

Tabla 2 (Cont.). Producciones estimadas en otros estudios. Las columnas representan los tipos de bosques en los que se llevó a cabo el estudio, su localización, la producción micológica calculada a partir de los muestreos realizados, donde h: producción en peso húmedo, s: producción en peso seco y c: producción de especies comestibles y el número total de especies productoras de carpóforos y la referencia bibliográfica del autor del estudio.

Formación vegetal	Localización	Producción (kg/ha/año)	Número total de especies	Referencia
Abeto de Douglas	Oregon (USA)	43,9 (s)	-	Fogel (1976)
		24 (s)	12	
Abeto de Douglas	Washington (USA.)	-	19	Vogt <i>et al.</i> (1981)
		-	17	
Abeto del Pacífico	Washington (USA.)	34(s)(23 años)	28	
		1(s) (23 años)	2	
		2300(s)(23años)	1	
		27(s)(180 años)	32	
		380(s)(180años)	1	
3000(s)(180años)	1			
Skokholm	Gran Bretaña	-	223	Parker-Rhodes (1951)
Roble	Gran Bretaña	12,5 - 95 (h)	-	
Roble/fresno		3 - 37 (h)		
Hayedo	Gran Bretaña	-	-	
Pinar	Gran Bretaña	-	-	

3.3. LA SUCESIÓN FÚNGICA

El cambio en la composición, abundancia relativa y distribución espacial de las especies de una comunidad, es decir, la sucesión, puede ser aplicado tanto a plantas como a hongos (Frankland, 1992). Del mismo modo que se producen estadios sucesionales en las comunidades vegetales, también ocurre con las micocenosis asociadas, habiéndose descrito cambios importantes en la estructura de la comunidad durante el desarrollo de una estación forestal (Le Tacon *et al.*, 1984; Garbaye y Le Tacon, 1986; Martínez-Peña y Fernández-Toirán, 1997; Trofymow *et al.*, 2003; Fernández-Toirán *et al.*, 2006).

Strullu (1991) señala que la receptividad del hospedante evoluciona con el tiempo constituyendo un factor de la sucesión fúngica. Laiho (1970) y Dighton y Mason (1985), afirman que el comportamiento de la comunidad fúngica en el tiempo, se relaciona con la capacidad del árbol a distintas edades para satisfacer la demanda de hidratos de carbono del hongo. Estos mismos autores señalan que el desarrollo micorrícico está determinado en gran parte por la transformación de la superficie del suelo y que esto ocurre en paralelo al envejecimiento del hospedante.

Al mismo tiempo que el hospedante evoluciona, y con ello, el nivel de

nutrientes de las raíces (Strullu, 1991), en el suelo se producen notables variaciones, en la temperatura (Ballard, 2000), en la capacidad de retención de agua y en la porosidad (Jones *et al.*, 2003). Todos estos cambios tienen una influencia notable sobre los organismos del suelo, provocando variaciones en la abundancia y diversidad fúngica (Wästerlund e Ingelög, 1981; Peredo *et al.*, 1983; Amaranthus y Perry, 1994; Kranabetter *et al.*, 2005) y por tanto en todos los procesos ecológicos en los que se ven implicados los hongos.

En la misma línea de estudio, Last *et al.* (1987) explican que la sucesión fúngica se debe a la habilidad del propio hongo para colonizar raíces en sustratos estériles o carentes de vegetación, entre otros factores.

Jansen y De Nee, (1988), Termorshuizen y Schaffers, (1987), señalan que la edad del bosque es un factor importante, así, masas jóvenes de *Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco y *Pinus sylvestris* L. parecen tener una micoflora distinta y más rica que masas maduras. Según Jansen (1991), el número de micorrizas y de carpóforos es mayor al disminuir la edad de la masa, sin embargo, la diversidad aumenta con la misma, (Last y Fleming, 1985; Bonet Lledós, 1996), produciéndose un ligero descenso en masas adultas.

Guimberteau y Courtecuisse (1997), afirman que la diversidad aumenta con cierta madurez del ecosistema forestal, produciéndose un empobrecimiento en los árboles viejos. Esta disminución de la biodiversidad en las poblaciones forestales de cierta edad se debe al envejecimiento de los ecosistemas. Sin embargo, esto depende también del tratamiento del bosque, de la explotación y de los efectos de la contaminación atmosférica.

La respuesta a la edad de la masa difiere entre los distintos grupos tróficos fúngicos (Senn-Irlet y Bieri, 1999), y esto se relaciona con la distinta accesibilidad al sustrato. A la vez que la masa forestal madura, el horizonte orgánico se desarrolla. Como resultado de ello, el suelo forestal aumenta su capacidad para mantener una temperatura y una humedad adecuadas. Tales condiciones favorecen el crecimiento y la fructificación de los hongos, especialmente de los hongos saprobios (Straatsma *et al.*, 2001) y especialmente aquellos saprobios húmcolas dominantes en masas viejas (Fernández-Toirán *et al.*, 2006). Por otro lado, la presencia de hongos lignícolas está íntimamente relacionada con la existencia de restos de madera, lo cual asimismo depende de los tratamientos que se hayan realizado en el bosque. De hecho, la ausencia de estos restos en bosques gestionados ha llevado a que muchas de estas especies dejen de estar presentes y, consecuentemente, peligre su conservación (Harmon *et al.*, 1986; Høiland y Bendiksen, 1996). Hay autores que describen una sucesión de especies fúngicas saprobias asociada a cambios en la composición química del sustrato durante el proceso de la descomposición, señalando ciertas relaciones interespecíficas. Por ejemplo, algunos hongos

lignícolas (capaces de degradar la madera) producen carbohidratos solubles como subproductos de la descomposición de la lignina, que parecen favorecer la colonización posterior de otros saprobios (Moorhead y Reynolds, 1992).

Los hongos micorrícicos son más dependientes de la naturaleza de su ambiente biótico que los saprobios. La comunidad de hongos ectomicorrícicos asociados a una estación forestal en su fase inicial, con anterioridad a la tangencia de copas, se suele caracterizar por una pequeña selección de especies, que en pequeñas densidades son capaces de establecer simbiosis con un amplio espectro de hospedantes. Estos hongos llamados pioneros (*early seral fungi*), pertenecen sobre todo a los géneros *Hebeloma*, *Inocybe*, *Laccaria*, *Thelephora*, *Paxillus*, *Suillus*, *Scleroderma*, *Pisolithus*, *Tuber*, entre otros (Strullu, 1991; Kranabetter *et al.*, 2005; Fernández-Toirán *et al.*, 2006). Se trata de especies de estrategia (r), que combinan una demanda de carbohidratos relativamente baja, con un crecimiento micelial rápido, una generación de esporocarpos de pequeño tamaño y su adaptación a los suelos inorgánicos (Dighton y Mason, 1985).

Conforme la estación forestal madura, la comunidad ectomicorrícica se diversifica en cuanto al rango de especies, pero también hay una tendencia al aumento de su especificidad en la elección de los hospedantes. Predominan géneros como *Amanita*, *Boletus*, *Cantharellus*, *Cortinarius*, *Lactarius*, *Russula*, que representan a especies de estrategia (k), generalmente con elevadas demandas de carbono, crecimiento micelial lento, grandes esporocarpos y con preferencia por los hábitats donde los nutrientes se encuentran en la fracción orgánica del suelo (Dighton y Mason, 1985) (Figura 1).

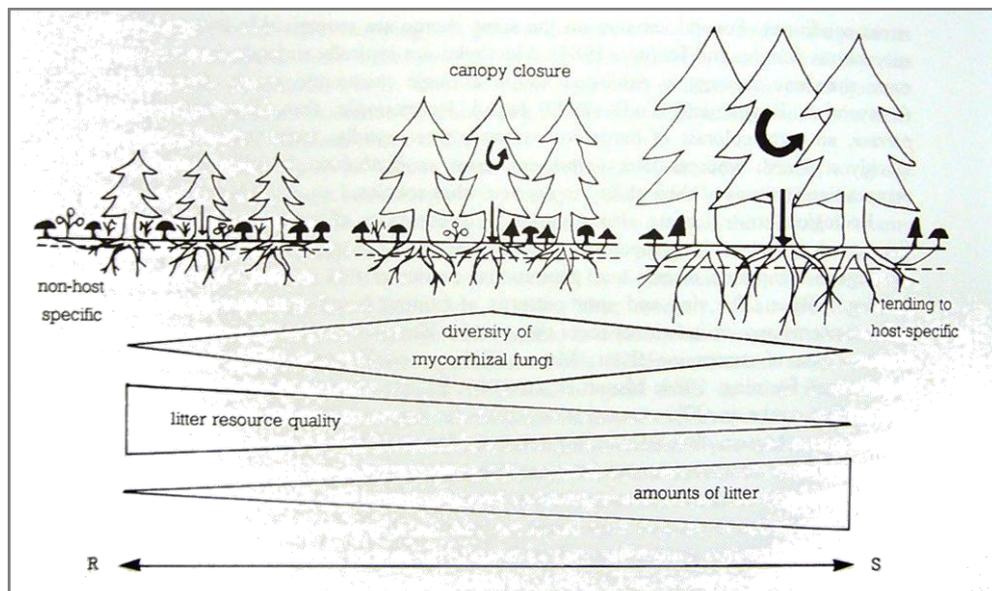


Figura 1. Diagrama que ilustra la sucesión de hongos micorrícicos a lo largo del desarrollo de la masa forestal en relación con las estrategias r y k, así como la naturaleza del suelo. Tomado de Dighton y Mason (1985).

El tipo de propágulos de resistencia que utilizan los distintos hongos determina el carácter precoz o tardío de las diferentes especies. Si éstos son capaces de sobrevivir durante largo tiempo, tendrán una ventaja adaptativa que les permitirá colonizar rápidamente las raíces de las nuevas plantas. La capacidad saprobia de ciertas especies puede también facilitar su supervivencia en el suelo en ausencia de la planta huésped (Strullu, 1991).

Material y Métodos

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. LA ZONA DE ESTUDIO

4.1.1. LOCALIZACIÓN, EXTENSIÓN Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA

El estudio se centra en el Grupo Nº1 de Ordenación de Montes de Soria. Se encuentra situado en la zona central de la provincia, al sur de la capital. Lo atraviesa la carretera que une Almazán con Quintana Redonda (Figura 2). Comprende una superficie de 10994 ha e incluye los montes 64, 65 185, 197, 186, 51 y 52 del CUP, cuyas superficies y pertenencias se detallan a continuación:

Tabla 3. Montes de UP, pertenencias y superficies.

Nº CUP	Pertenencia	Superficie (ha)
64	Matamala de Almazán	1114,5
65	Matute de Almazán	1615,4
185	Tardelcuende	2757,0
197	Quintana Redonda	1464,0
186	Cascajosa	601,4
51	Almazán	2693,0
52	Almazán	748,6

En todos los montes existen servidumbres de paso por los caminos y carreteras que los atraviesan o que sirven para llegar a los enclavados ubicados dentro de los mismos.

Límites:

- Norte: Término municipal de Golmayo.
- Sur: Términos municipales de Adradas, Barahona y Villasayas.
- Este: Términos de Los Rábanos y Cubo de la Solana.
- Oeste: Términos de Barca, Velamazán, Centenera de Andaluz, Fuentepinilla, Valderrodilla, Rioseco y Golmayo.

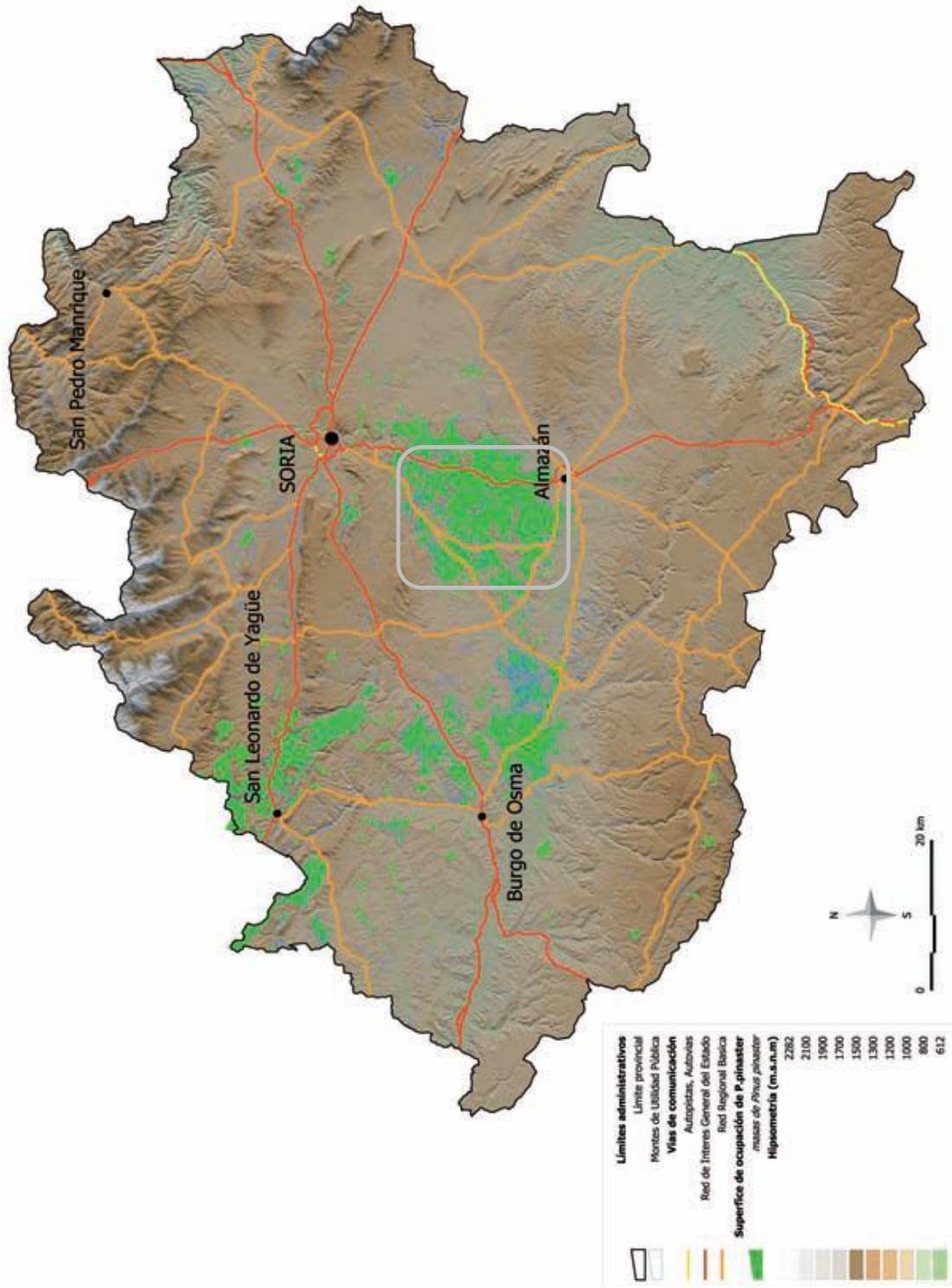


Figura 2. Distribución de la especie *Pinus pinaster* en Soria y localización (enmarcado en gris) del Primer Grupo de Ordenación de Montes en esta provincia.

4.1.2. GEOMORFOLOGÍA

Desde el punto de vista geomorfológico, el área de estudio se ubica sobre una unidad de modelado relativo debido a los materiales terciarios del centro-oeste de la cuenca de Almazán.

Se enmarca en una zona de topografía fundamentalmente llana y ligeramente basculada hacia el sur. Es un terreno en el que los ríos han excavado depresiones que configuran un paisaje ligeramente ondulado con relieves poco acusados y pendientes suaves. Las cotas oscilan entre los 900 y los 1110 m, correspondiendo las primeras a las proximidades del río Duero, en las inmediaciones de Almazán. Es un relieve reseñable el paraje denominado “La Horca”, con 1115 m.

La mayor parte de la zona está dominada por materiales terciarios y los cuaternarios derivados del río Duero.

Las formas estructurales predominantes en la zona son replanos debidos a la presencia de niveles conglomeráticos o carbonatados neógenos más resistentes a la erosión. Al noroeste del pinar es destacable también la presencia de capas duras de los materiales paleógenos, con dirección generalmente este-oeste que indican la principal dirección de plegamiento de los mismos.

4.1.3. HIDROGRAFÍA

Toda la zona está incluida en la cuenca hidrográfica del Duero, río que discurre por el sur de la masa de pino negral (Figura 3).

Río importante es el Izana, afluente del Duero por su margen derecha, que discurre paralelo a la carretera que une Tardelcuende con Quintana Redonda, atravesando en ocasiones la masa de pinar.

El acuífero detrítico lo constituyen las formaciones permeables de arenas, areniscas y conglomerados englobados en una matriz arcillo-arenosa de naturaleza semipermeable.

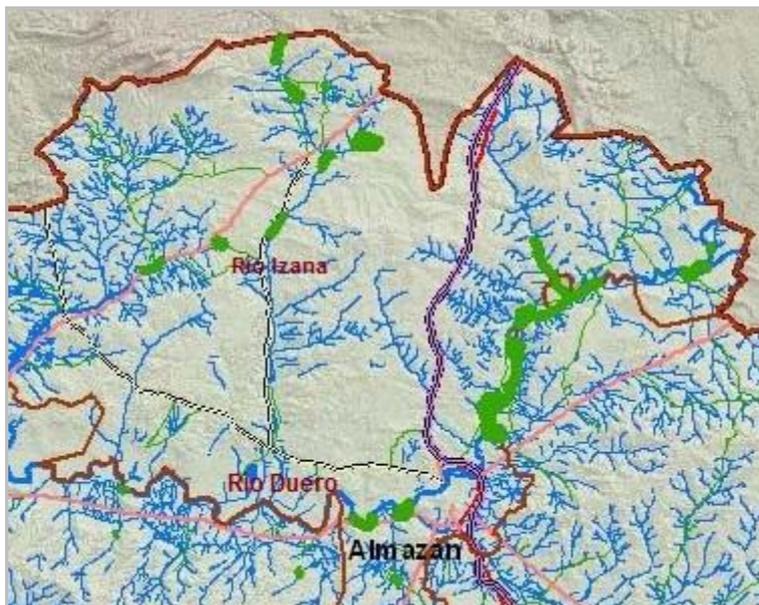


Figura 3. Mapa de hidrografía del Primer Grupo de Ordenación de Montes de la provincia de Soria. En verde las riberas sobresalientes.

4.1.4. GEOLOGÍA Y LITOLOGÍA

La descripción geológica está basada en la información obtenida de los mapas geológicos de Instituto Tecnológico Geominero, de escala 1:50.000, Quintana Redonda, hoja 378 (22-15) (Figura 4).

La mayoría de los materiales que se encuentran en la zona pertenecen al Terciario, en especial al Neógeno y son los siguientes:

- Areniscas, arcillas y carbonatos del Mioceno inferior – Plioceno inferior.
- Cantos silíceos sueltos y arenas del Pliocuaternario.

El resto de los materiales pertenecen al Cuaternario y son los siguientes:

- Arenas, cantos y arcillas (conos de deyección).
- Arenas, gravas y arcillas (fondos de valle).
- Arcillas, arenas, gravas y cantos angulosos (coluviones).

Los materiales del Terciario afloran en la zona más próxima al río Duero, en la parte sur del área de estudio. Hacia el norte se encuentran bajo sedimentos más modernos.

Los materiales están formados por areniscas, arcillas y carbonatos, que como se indicaba anteriormente corresponden al Mioceno inferior – Plioceno inferior.

Las areniscas son anaranjadas y ocre, de grano medio a muy grueso. Pueden tener englobados cantos silíceos (cuarcíticos y de areniscas) de 5-7 mm,

constituyendo en ocasiones prácticamente un microconglomerado. En general, los cantos están dispersos dentro de la masa arenosa, aunque a veces pueden ordenarse en pequeños horizontes.

Las arcillas son rojas, muy plásticas y tienen un alto contenido en arenas. La proporción de minerales que las componen es la siguiente; de un 30 a un 50 % de cuarzo; entre un 10 y 20 % de calcita; de un 5 a un 10 % de feldespato potásico y filosilicatos que oscilan entre un 30-50 %.

Los carbonatos constituyen el techo de esta unidad. Tienen colores blanquecinos y su espesor es variable hasta su práctica desaparición por acuñamiento lateral, llegando a convertirse en una delgada costra.

El segundo tipo de materiales corresponde a la zona centro del estudio. En la mayor parte del terreno afectado por el incendio aflora este material. Está constituida por cantos silíceos sueltos y arenas que se disponen con una cierta pendiente deposicional hacia el Sur.

La edad es incierta. Su atribución al intervalo de tiempo Plioceno – Cuaternario responde al hecho de estar situados sobre depósitos del Plioceno inferior y bajo materiales cuaternarios.

La composición litológica es de un conglomerado poco cementado o con los cantos totalmente sueltos. Los cantos son redondeados, de naturaleza silícea (cuarcítica y arenisca), heterométricos, con un centil de 12 cm y un tamaño medio dominante de 3-4 cm. La matriz es de arenas gris-ocres, algo arcillosas y la textura es matriz-sostenida.

Los materiales cuaternarios formarían el resto de las unidades, representados principalmente por los depósitos fluviales correspondientes al río Izana. Entre ellos están representados:

- Arenas, cantos y arcillas (conos de deyección), a lo largo del río Izana. La edad atribuida es Holoceno.

Su litología es variable, dependiendo del área fuente; lo normal es que estén formados por arenas, escaso porcentaje de arcillas y algún nivel de cantos silíceos (fundamentalmente cuarcíticos), alguno de cuarzo y esporádico de caliza.

El color suele ser pardo, pardo-rojizo y pardo marrón. Los espesores varían entre 3 y 5 m, pero en las zonas apicales pueden llegar a alcanzar 7-8 m.

Las dimensiones suelen ser generalmente reducidas, en general de carácter hectométrico, debido posiblemente a la escasa capacidad de los arroyos que los han originado.

- Arenas, gravas y arcillas (fondos de valle), a ambos lados del río Izana y en los depósitos de los pequeños arroyos y cauces que tapizan las partes más bajas del valle y que se han originado al depositarse los materiales erosionados y arrastrados por los mismos, aunque también se encuentran mezclados en algunas ocasiones, con aportes laterales procedentes de las laderas.
- Arcillas, arenas, gravas y cantos angulosos (coluviones), a ambos lados del río Izana. Se pueden distinguir los coluviones procedentes de materiales terciarios, donde la litología es similar a la de los conos de deyección, pero con una estructura interna más caótica y con menos espesor.

Su litología es de cantos de igual composición que el sustrato del que proceden, muy angulosos, de gran heterometría y prácticamente sin matriz. La potencia varía entre 2 y 4 m.

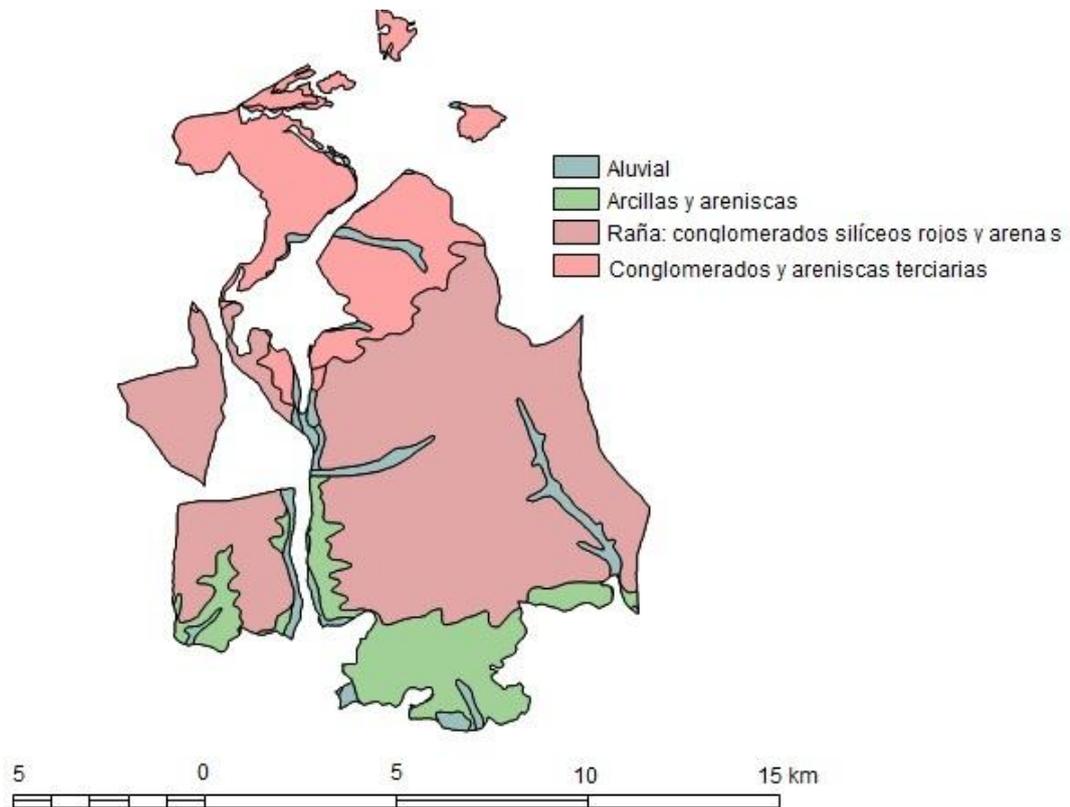


Figura 4. Mapa de litología del área de estudio.

4.1.5. EDAFOLOGÍA

En este apartado se toma como modelo la clasificación básica de suelos españoles elaborada por Gandullo (1984). Según esta clasificación el tipo de

suelo en el monte es Suelo Pardo, bien eutrófico o aluvial en función de un mayor o menor lavado. De forma general, los suelos pardos pueden encontrarse en comarcas bajo clima templado-frío y de humedad suficiente para que, en condiciones normales de evolución edáfica, permitan la existencia de un bosque claro de espesura más o menos incompleta (precipitación anual generalmente comprendida entre los 400 y 700 mm.) En resumen, el suelo es de naturaleza silíceo, arenoso, suelto, profundo y permeable con mayor cantidad de arcilla en la mitad meridional que en la parte norte.

Los suelos de la zona de estudio se incluyen en los órdenes Entisols e Inceptisols, según la clasificación USDA, en su séptima aproximación (Soil Survey Staff, 1992). Del orden Entisol está representado el suborden Fluvent que se corresponde con suelos con perfil A/C. Se trata de suelos aluviales, formados por los sedimentos recientes de los ríos Duero, Izana y Fuentepinilla. Son profundos, con perfil no diferenciado en horizontes edafológicos, agrícolamente buenos, con horizonte antrópico superior de unos 35 centímetros de espesor, muy mineralizado y con buena estructura. A nivel de Grupo se clasifican como Xerofluvents.

Al orden Inceptisol pertenecen los siguientes tipos de suelos:

Suelos pardos sobre depósitos alóctonos pedregosos. Son suelos con perfil A(B)C, con un horizonte superior de 20 a 30 cm de profundidad con textura arenosa. El material geológico subyacente está formado por depósitos de gravas rodadas, lo que confiere a estos suelos una gran permeabilidad.

A nivel de grupo se clasifican como Xerochrepts. Ambos órdenes se encuentran en amplias zonas ocupadas por extensos pinares.

Según la FAO-UNESCO (1998), en este monte los suelos se califican como regosoles, tanto éutricos como dístricos y arenosoles éutricos e hipolúvicos con texturas mayoritariamente franco-arenosas o arenosa-francas.

4.1.6. CLIMATOLOGÍA

La estación meteorológica de la cual se han obtenido los datos para el estudio de la zona es la de Almazán. Se encuentra a unos cinco kilómetros y se ha elegido en función de los siguientes criterios, que se detallan por orden de prioridad:

- La distancia que la separa de la zona afectada por el incendio.
- Orientación en cuanto a posición con respecto a cadenas montañosas importantes.
- Altitud.

No existe ningún obstáculo entre la estación, la zona de estudio y la cota media del monte, por lo que no es necesaria la utilización de ningún corrector para los datos meteorológicos suministrados.

Las características de la estación elegida son:

- Nombre: Estación meteorológica de Almazán (Soria).
- Altitud: 938 m.
- Coordenadas geográficas: Latitud: 41° 29' 00", orientación norte. Longitud: 2° 32' 00", orientación oeste.
- Período al que corresponden los datos: Temperaturas y precipitaciones: 34 años (desde 1961 hasta 1995).
- Precipitación anual: 549,1 mm y temperatura media anual: 10,4 °C

Las series de datos climáticos han sido suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología, Centro Meteorológico Territorial de Castilla y León.

Tabla 4. Variación mensual de las variables climáticas de la estación Meteorológica de Almazán. P: precipitación mensual (mm), Tm: temperatura media mensual (°C), Tm (máx): media de las temperaturas máximas, Tm (mín): media de las temperaturas mínimas mensuales (°C), T (máx): temperatura máxima absoluta mensual (°C), T (mín): temperatura mínima absoluta mensual (°C).

Meses	P	Tm	Tm (máx)	Tm (mín)	T (máx)	T (mín)
Enero	42,8	1,6	6,5	-3,4	17,5	-22,0
Febrero	42,7	3,1	8,9	-2,8	21,0	-18,5
Marzo	41,4	5,9	13,2	-1,4	28,0	-14,0
Abril	57,8	8,5	15,9	1,1	33,0	-10,0
Mayo	59,4	12,9	21,4	4,6	36,5	-7,5
Junio	51,8	17,2	26,3	8,0	41,0	-2,5
Julio	25,1	21,0	31,3	10,6	42,0	-2,5
Agosto	29,2	20,5	30,7	10,2	41,5	-3,0
Septiembre	46,6	16,4	25,5	7,3	39,5	-4,5
Octubre	50,0	10,6	17,7	3,6	29,0	-8,5
Noviembre	58,6	5,2	10,9	-0,5	25,5	-16,5
Diciembre	43,7	2,2	6,9	-2,5	18,0	-15,0

4.1.6.1. Características termopluviométricas de la zona

Los datos generales de precipitación son:

- Precipitación media anual: 547,5 mm.
- Precipitación media de invierno: 129,6 mm. (Se ha considerado la media del periodo enero - marzo).

- Precipitación media de primavera: 169 mm. (Se ha considerado la media del periodo abril - junio).
- Precipitación media de verano: 97,7 mm. (Se ha considerado la media del periodo julio - setiembre).
- Precipitación media de otoño: 152,4 mm. (Se ha considerado la media del periodo octubre - diciembre).

Los datos generales de temperaturas son:

- Temperatura media anual: 10,4 °C.
- Mes más frío: Enero (temperatura media): 1,4 °C.
- Temperatura media de las mínimas del mes frío: - 4,8 °C.
- Temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío: - 11,5 °C.
- Mes más cálido: Julio (temperatura media): 21,0 °C.
- Temperatura media de las máximas del mes más cálido: 31,4 °C.
- Temperatura media de las máximas absolutas del mes más cálido: 37,6 °C.

Las temperaturas extremas son:

- Temperatura máxima absoluta: 42,0 °C.
- Temperatura mínima absoluta: - 22,0 °C.
- Oscilación térmica: 64,0 °C.
- Nº de meses del periodo vegetativo: 7 meses.
- Media durante el periodo vegetativo: 15,3 °C.

4.1.6.2. Índices climáticos

A continuación se calculan distintos índices climáticos, que sirven para clasificar el clima del área de estudio. Se han recopilado de www.ucm.es/info/cif (Rivas-Martínez, s.f.).

▪ Índice de Vernet (1966)

Vernet (1966), introduce este índice que evalúa la aridez estival, relacionando las precipitaciones estacionales y la sequía estival mediante la fórmula:

$$I = \pm 100 \times (H - h / P) \times (M_v / P_v)$$

En la que H es la precipitación de la estación más lluviosa, h es la precipitación de la estación más seca, P es la precipitación anual, P_v es la precipitación estival y M_v es la media de las temperaturas máximas estivales.

El valor del índice toma el signo (-) cuando el verano es el primero o segundo de los mínimos pluviométricos y el signo (+) en el caso contrario.

El clima se clasifica según la siguiente escala:

- > +2 Continental
- 0 a +2 Oceánico-continental
- 1 a 0 Oceánico
- 2 a -1 Pseudooceánico
- 3 a -2 Oceánico-mediterráneo
- 4 a -3 Submediterráneo
- < -4 Mediterráneo

La estación de Almazán toma un índice de 2,28, por lo que el clima se clasifica como Oceánico-continental.

- **Índice de Mediterraneidad de Rivas Martínez (1984)**

Está concebido para separar bioclimáticamente la región mediterránea de las adyacentes. Considera la relación existente entre la evapotranspiración potencial (ETP) y la precipitación media (P) de los meses de verano. Una localidad se considera mediterránea cuando I_m es superior a 2,5.

$$I = \text{ETP (Junio+Julio+Agosto)} / \text{P (Junio+Julio+Agosto)}$$

La estación de Almazán tiene un índice superior a 2,5, por tanto, está incluido en la Región Mediterránea.

- **Periodo de actividad vegetal**

Periodo de actividad vegetal (PAV) es el número de meses al año en que la temperatura media mensual es superior a 7,5 °C. Es una forma de apreciar la influencia del frío sobre la actividad vegetal, importante condicionante para su distribución.

En nuestro caso, abarca el periodo de marzo a noviembre (representado en el climodiagrama).

- **Índice de Termicidad de Rivas-Martínez (1982)**

Viene dado por la expresión:

$$I_t = (T + M + m) 10$$

En la que T es la temperatura media anual, M es la media de las máximas del mes más frío y m es la media de las mínimas del mes más frío.

En función de los factores termoclimáticos y de zonación altitudinal de la vegetación, en España se reconocen cinco pisos bioclimáticos. Con los valores del I_t , se pueden a su vez, subdividir estos pisos en subpisos u horizontes. En cada piso bioclimático pueden darse varios tipos de ombroclima, en función de los valores anuales medios de la precipitación.

Para la estación de Almazán el I_t alcanza el valor de 175, que se incluye en el Piso Supramediterráneo (T: 8 – 13 °C; m: - 4 -1 °C; M: 2 – 9 °C; I_t : 60 – 210).

Se pueden reconocer, asimismo, horizontes o subpisos dentro de los pisos climáticos, que suelen poner de manifiesto cambios en la distribución de series de vegetación, faciaciones o comunidades. Sirve de referencia nuevamente el I_t , y nos encontraríamos en un Supramediterráneo inferior.

- **Tipos de ombroclima**

Teniendo en cuenta la precipitación media anual de la estación meteorológica de Almazán, de 560 mm, se trataría de un ombroclima seco.

- **Tipo de invierno**

Para definir el tipo de invierno se utiliza la media de las mínimas del mes más frío, que ponen de relieve el rigor del frío invernal. En nuestro caso, este dato es - 1,7, que se corresponde con inviernos fríos.

- **Factor pluviométrico de Lang (1915)**

El valor del índice es de 52,64. Según la clasificación fitoclimática, este índice se corresponde con zonas húmedas de estepas y sabanas.

- **Índice termopluviométrico de Dantin-Revenge (1940)**

El valor del índice es de 1,9. Este valor indica que este monte pertenece a una zona húmeda.

- **Índice bioclimático de Vernet (1966)**

El valor de este índice es -2,65. De acuerdo con la clasificación de este índice el monte pertenece a una zona oceánico - mediterránea.

- **Clima según Gaussen (1955)**

Gaussen teniendo en cuenta el intervalo de sequía establece una clasificación climática. Se introduce el concepto de días secos efectivos, entendiéndose como tales, los días del período seco más la mitad de los días subsecos. Los días subsecos se obtienen haciendo una escala paralela ($P=3T$), la nueva curva de precipitaciones cortará a la de temperaturas en dos puntos, señalando un intervalo de sequía que se corresponde más con la realidad.

De 25 a 50 días secos efectivos (Submediterráneo); de 50 a 75 días secos efectivos (Mesomediterráneo atenuado); De 75 a 100 días secos efectivos (Mesomediterráneo acentuado); De 100 a 125 días secos efectivos (Termomediterráneo atenuado).

En Almazán hay 68 días secos efectivos, con lo que el tipo de clima es Mesomediterráneo atenuado.

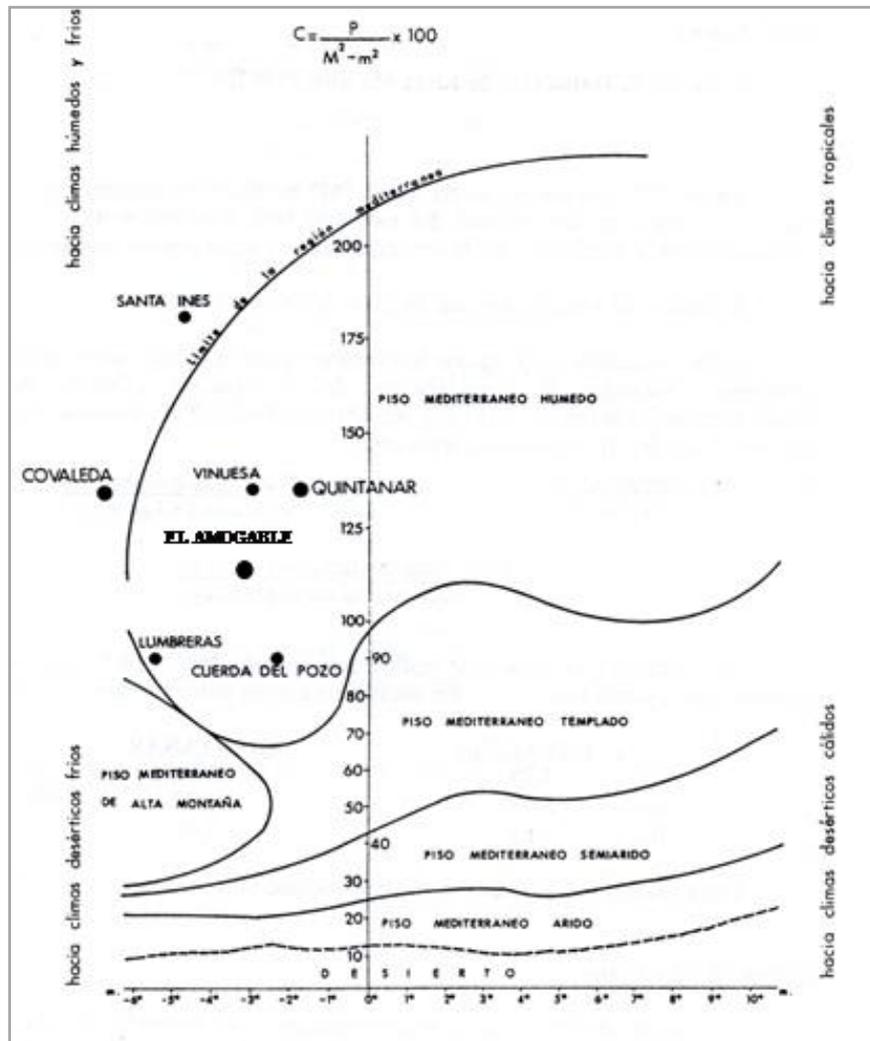
▪ **Cociente ombrotérmico de Emberger (1932)**

Se obtiene mediante la siguiente fórmula: $Q=100 \times (P/ (M^2-m^2))$

Donde P es la precipitación anual en mm, M es la media de las máximas del mes más cálido y m la media de las mínimas del mes más frío.

Para la estación de Almazán, se obtiene un índice de 62,5, que se corresponde, en el Diagrama de Emberger (Figura 5) con un Piso Mediterráneo templado.

Cuanto más bajo es el índice de Emberger mayor es la aridez del clima,



mientras que con valores más elevados aumenta el grado de humedad.

Figura 5. Diagrama de Emberger.

▪ **Clasificación climática de Allué (1966)**

A partir de la clasificación mundial de climas de Walter y Lieth en 1960, basada en los climodiagramas, Allué establece una serie de subregiones fitoclimáticas referidas exclusivamente para España, apoyadas en los siguientes criterios diferenciadores: duración de la sequía, intensidad de la sequedad, precipitación estival mínima mensual, precipitación anual, temperatura media del mes más frío.

Aplicando esta clasificación a nuestra zona de estudio hay un claro predominio del subtipo IV₆ caracterizado por Moderado cálido con inviernos frescos, veranos cálidos y a veces secos en cuanto a las precipitaciones.

En conjunto, la región fitoclimática IV corresponde a un clima subtropical y templado cálido, caracterizado por presentar una humedad apreciable en intervalos no estivales, de 4 a 11 meses húmedos, inviernos suaves, veranos

desde frescos a muy cálidos, heladas invernales. El tipo de vegetación correspondiente es el bosque esclerófilo.

▪ **Fitoclima de Allué (1990)**

Allué Andrade (1990) divide el territorio peninsular y balear en 19 ámbitos fitoclimáticos, entendiéndolo por ámbito una parte bien definida del espacio climático n-dimensional en el que es posible la existencia de un cierto atributo fitológico.

Toda la zona del trabajo presenta un clima VI (IV)₁ Nemoromediterráneo genuino fresco.

▪ **Diagrama climático de Walter y Lieth (1960)**

Los climodiagramas sugeridos por Gaussen y universalizados posteriormente por Walter y Lieth (1960) resultan muy útiles como expresión gráfica del clima. En ellos se representan en una gráfica cartesiana las temperaturas y las precipitaciones medias mensuales, haciendo corresponder los valores numéricos de la precipitación al doble de la temperatura, de manera que al cruzarse las curvas aparece el periodo seco que será tanto mayor cuanto mayor sea la aridez del clima (Figura 6, Tabla 5).

A continuación se presenta el diagrama correspondiente a la Estación Meteorológica de Almazán.

Los datos que se han tenido en cuenta para su elaboración son:

- Altitud media sobre el nivel del mar.
- Temperatura media anual.
- Precipitación media anual.

- Media de las mínimas del mes más frío.
- Mínima absoluta.
- Media de las máximas del mes más cálido.
- Máxima absoluta.

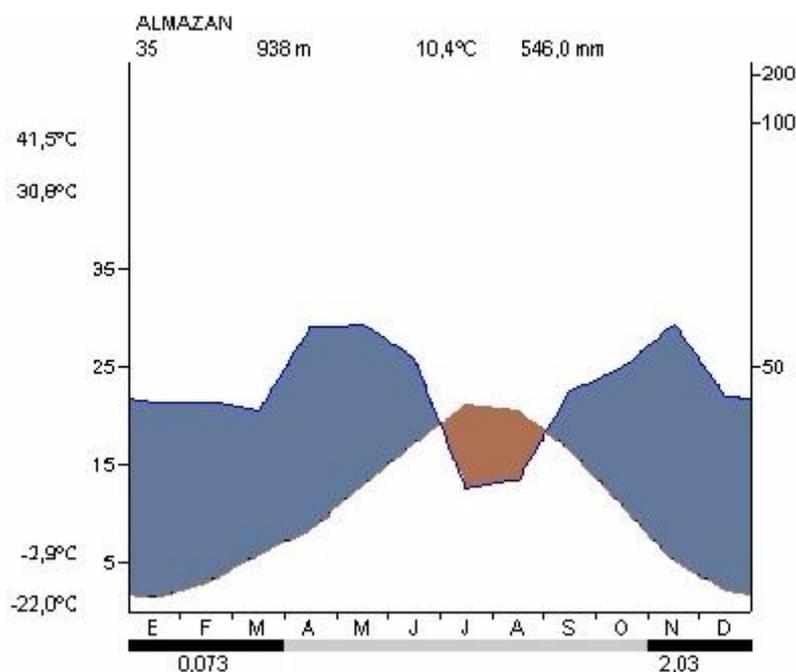


Figura 6. Diagrama climático de Walter-Lieth (1960) correspondiente a la estación de Almazán.

Tabla 5. Parámetros ecológicos de naturaleza climática más relevantes.

Parámetros	Valor
Intervalo de sequía	1,95 meses (julio y agosto)
Intervalo de humedad	10,05 meses
Intensidad de la sequedad	$c = 0,066$
Intervalo de helada segura	Enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre
Intervalo de helada probable	Abril, mayo, junio, julio, agosto, setiembre y octubre

▪ Bioclimatología

Rivas-Martínez (1987) nos indica que el monte se encuentra dentro del clima Mediterráneo, concretamente en el piso Supramediterráneo medio con un intervalo probable de heladas de 7 meses, invierno frío y ombroclima seco.

▪ Ficha hídrica

Dicha ficha se realiza mediante comparaciones de precipitaciones y evapotranspiraciones mensuales. También es necesario conocer la capacidad de retención de agua (CRA), que toma distintos valores dependiendo de la zona de que se trate. La CRA será de 184 mm en zona de ladera y de 105 mm en la zona de ribera. Estos datos se han obtenido del trabajo de Martínez (2002).

Para CRA = 184 mm. Los parámetros ecológicos que se deducen son:

- Índice hídrico anual: 2,4.

- Eficacia térmica del clima: 651,8 mm.
- Sequía fisiológica total: 148,8 mm.
- ETP máxima posible anual: 503,0 mm.
- Drenaje calculado anual: 46,1 mm.
- Meses en los que hay déficit de agua: 5 meses.

Para CRA = 105 mm. Los parámetros ecológicos que se deducen son:

- Índice hídrico anual: 2,4.
- Eficacia térmica del clima: 651, 8 mm.
- Sequía fisiológica total: 197, 2 mm.
- ETP máxima posible anual: 454,5 mm.
- Drenaje calculado anual: 94,6 mm.
- Meses en los que hay déficit de agua: 5 meses.

4.1.7. VEGETACIÓN

4.1.7.1. Vegetación actual

La masa de pinar objeto de estudio ocupa una superficie de prácticamente 11000 ha. La especie arbórea principal que puebla el monte es el pino negral (*Pinus pinaster*), llamado pino resinero debido a su tradicional aprovechamiento de resina que hoy prácticamente está en desuso por su escasa rentabilidad.

En conjunto, en el Primer Grupo de Ordenación de Montes, es el roble melojo o rebollo (*Quercus pyrenaica* Will.) la segunda especie en importancia. Su presencia es irregular, pero continua. En varias zonas, esta especie supera la etapa estolonífera, mientras que en otras forma rodales con ejemplares de diámetros y alturas importantes. Una especie también importante por su gran presencia es la encina o carrasca (*Quercus ilex* ssp. *rotundifolia* L.). Otras especies arbóreas importantes en la zona son el enebro (*Juniperus thurifera* L.) y el pino silvestre (*Pinus sylvestris*).

En el estrato arbustivo, hay gran número de especies. Las más frecuentes son el biércol (*Calluna vulgaris* (L.) Hull.), que aparece como sotobosque, la estepa (*Cistus laurifolius* L.), que en ocasiones forma estepares impenetrables y de gran altura, la gayuba (*Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng.), el jabino (*Juniperus communis* L.), el brezo (*Erica cinerea* L.), el tomillo (*Thymus masticina* L.), el cantueso (*Lavandula stoechas* L.) y la aliaga, (*Genista scorpius* (L.) DC.). En algunas zonas donde no se interviene, brezos, estepas y biércoles, forman un tapiz continuo debajo del estrato arbóreo de hasta 2 m de altura.

En cuanto al estrato herbáceo, aparecen varias especies de las familias de las leguminosas y las gramíneas (*Agrostis tenuis* Sibth., *Festuca hystrix* Boiss., *Medicago* sp. y *Poa pratensis* L., entre otras).

Por familias, las especies más representadas son:

- Boragináceas: *Lithospermum apulum* (L.) Vahl.
- Cariofiláceas: *Silene colorata* Poiret, *Silene portensis* L., *Silene legionensis* Lag., *Arenaria mucronata* DC., *Tunica prolifera* (L.) Scop.
- Cistáceas: *Cistus laurifolius*, *Helianthemum vulgare* L., *Tuberaria guttata* (L.) Fourr.
- Campanuláceas: *Campanula lusitánica* L., *Jasione* sp.
- Compuestas: *Hieracium pillosela* L., *Achillea millefolium* L., *Eryngium campestre* L., *Atractylis humilis* L., *Centaurea paniculata* L.
- Cupresáceas: *Juniperus thurifera*, *Juniperus communis*.
- Cyperáceas: *Carex humilis* Leysser.
- Ericáceas: *Arctostaphylos uva-ursi*, *Calluna vulgaris*, *Erica cinerea*, *Erica australis* L., *Erica scoparia* L.
- Escrofulariáceas: *Pedicularis comosa* L.
- Fagáceas: *Quercus ilex*, *Quercus pyrenaica*.
- Gramíneas: *Aegilops geniculata* Roth., *Agrostis tenuis* Sibth., *Avena bromoides* (Gouan) H. Scholz, *Brachypodium pinnatum* (Host) Schübler & Martens, *Brachypodium distachyon* (L.) Beauv., *Briza media* L., *Bromus squarrosus* L., *Corynephorus canescens* (L.) Beauv., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Cynosurus echinatus* L., *Dactylis glomerata* L., *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv., *Elymus caput-medusae* L., *Festuca rubra* L., *Hordeum murinum* L., *Holcus lanatus* L., *Koeleria cristata* (L.) Pers., *Periballia involucrata* (Cav.) Janka, *Phleum nodosum* L., *Molineria laevis* (Brot.) Rouy, *Stipa lagascae* Roemer & Schultes.
- Hypericáceas: *Hypericum perforatum* L.
- Labiadas: *Thymus mastichina*, *Teucrium polium* L., *Teucrium chamaedrys* L., *Satureja montana* L., *Phlomis lychnitis* L., *Lavandula latifolia* Medic., *Lavandula stoechas*, *Salvia verbenaca* L.
- Leguminosas: *Anthyllis vulneraria* L., *Genista scorpius* (L.) DC., *Lotus* sp., *Medicago* sp., *Ononis* sp., *Ornithopus perpusillus* L., *Trifolium glomeratum* L., *Trifolium campestre* Schreber in Sturn.

- Liliáceas: *Asphodelus cerasifer* J. Gay.
- Lináceas: *Linum suffruticosum* L.
- Plantagináceas: *Plantago carinata* Mert. & Koch., *Plantago lanceolata* L., *Plantago media* L.
- Pináceas: *Pinus pinaster* Ait., *Pinus pinea* L.
- Poligonáceas: *Rumex bucephalophorus* L.
- Raflesiáceas: *Asterocarpus sesamoides* Dub.
- Rosáceas: *Crataegus monogyna* Jacq., *Potentilla reptans* L., *Potentilla velutina* Lehm., *Ponestilla verna* L., *Prunus spinosa* L., *Sanguisorba minor* Scop.
- Rubiáceas: *Galium divaricatum* Pourr. Ex Lam., *Crucianella angustifolia* L.

Según el Mapa Forestal Español (Ruiz de la Torre y Ceballos, 2001), la especie principal mayoritaria en prácticamente toda la superficie es *Pinus pinaster*. Sólo en pequeñas zonas aparece con una presencia significativa, *Quercus pyrenaica* *Quercus ilex* y otro pino, *Pinus pinea* (Figura 7).

Además, en toda la superficie, esta especie se mezcla con especies como *Quercus pyrenaica*, *Quercus ilex* y *Juniperus communis*, que aparecen como la segunda especie más importante en ése orden de importancia. En lo que se refiere a la fracción de cabida cubierta total, esta masa tiene una fracción de cabida cubierta de entre el 45 y el 90 %. Aproximadamente el 64 % de la superficie del monte presenta una fcc del 80 % o superior. En lo que se refiere a la ocupación de las especies principales, en más del 85 % de la superficie, es de un 9 sobre 10, lo que delata la representatividad de *Pinus pinaster* sobre las especies secundarias que pueblan la zona.

Por otra parte, merece también comentario la distribución de la vegetación arbórea, ya que puede presentar distintas formas. Se refiere más a la distribución espacial visual de la mancha vegetal, que a su composición específica o la relación entre especies. El 95% de teselas tiene una distribución uniforme, esto es, todas las que cuentan con vegetación arbórea.

La estructura de la masa se corresponde en un 76 % de las teselas con bosque (agrupación de árboles en espesura con una FCC superior al 5 % y uso netamente forestal, el origen del mismo es natural o de repoblación netamente integrada).

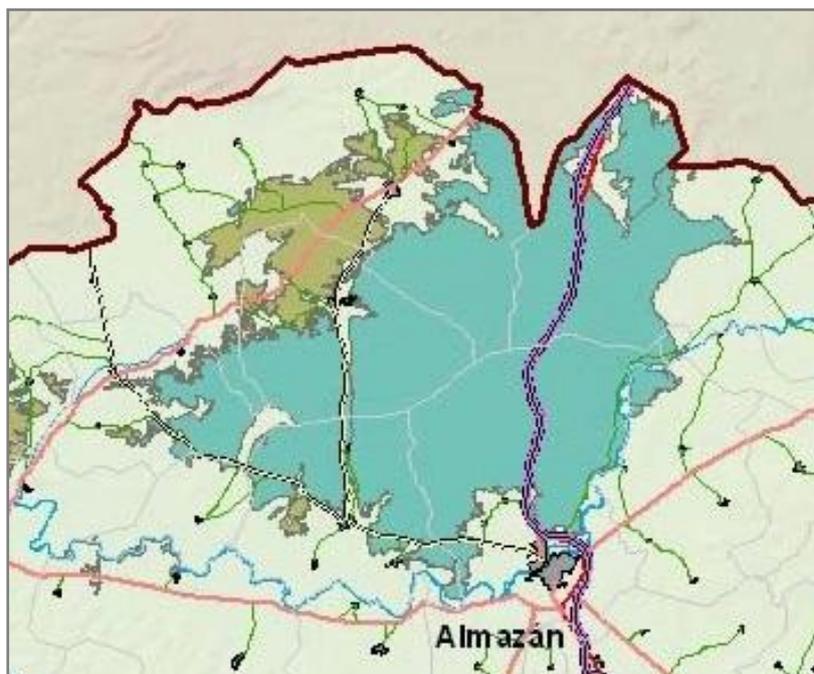


Figura 7. Mapa de distribución de *Pinus pinaster* en el área de estudio. En verde masas puras con subpiso de encina o quejido, en azul las mezclas con rebollo u otro pino. Fuente: Mapa de vegetación de Castilla y León. Síntesis 1:400.000.

4.1.7.2. Vegetación potencial

Siguiendo la terminología corológica de Rivas Martínez (1987), la superficie estudiada pertenece a la Región Mediterránea, a la Subregión mediterránea occidental, superprovincia Mediterráneo-Iberolevantina provincia Castellano-maestrazgo manchega y sector celtibérico-alcarreño. Al pinar le corresponde la Serie supramediterránea carpetano-ibérico-leonesa y alcarreña subhúmeda silicícola de *Quercus pirenaica* Will. o roble melojo. (*Luzulo forsteri-Querceto pyrenaicae sigmetum*). Vegetación potencial: robledales de melojos. Típica o subhúmeda.

4.1.7.3. Método de ordenación y tratamientos selvícolas

El método de beneficio es el monte alto. La masa se ordenó por la modalidad de tramos permanentes, método que se lleva aplicando más de un siglo de forma casi continua. El turno empleado es de 80 años y el periodo de regeneración de 20 años. Ésta se realizaba por aclareo sucesivo uniforme con una corta final con reserva de árboles padre, en la actualidad, sin embargo, se empiezan a hacer cortas a hecho por fajas o bosquetes. El número de árboles padre que se reservaba era de unos 25 (uno cada 20 metros), que supone un descuento de un 10 % del volumen de corta. Los árboles permanecerán en pie hasta que se considere conseguida la regeneración del tranzón (unos 5 años).

En caso de no conseguirse de forma natural se realiza laboreo mediante grada y posteriormente se siembra.

Los tratamientos selvícolas más utilizados son, antes de 10 años, aclareos acompañados de poda ligera y en caso necesario, desbroces. A los 25-30 años se hace un nuevo aclareo en el que se suprime de un 30 a un 50 % de los árboles que todavía permanecen.

La resina, que en su momento fue, junto con la madera, producto principal del monte, se aprovecha hoy sólo de forma puntual, siendo la madera el primer aprovechamiento. Hongos, caza y usos recreativos están considerados secundarios.

Desde hace 6 campañas, se viene realizando un control de la recolección de setas en todo el Primer Grupo de Montes, lo que ha provocado que se aproveche este recurso de una manera más racional y sostenible.

4.1.8. FAUNA

Estos montes no cuentan con ninguna especie animal que precise protección especial. Existen varias especies de interés cinegético: jabalí (*Sus scrofa* L.), corzo (*Capreolus capreolus* L.), ciervo (*Cervus elaphus* L.), zorro (*Vulpes vulpes* L.), liebre (*Lepus capensis* Pallas), conejo (*Oryctolagus cuniculus* L.), perdiz roja (*Alectoris rufa* L.), codorniz (*Coturnix coturnix* L.), paloma zurita (*Columba oenas* L.), paloma torcaz (*Columba palumbus*) y becada (*Scolopax rusticola* L.).

Otras especies presentes son:

- Mamíferos: Tejón (*Meles meles* L.), ratón de campo (*Silvaemus sylvaticus* L.), erizo común (*Erinaceus europaeus* L.), ardilla común (*Sciurus vulgaris* L.), topillo campesino (*Microtus arvalis* Pallas), comadreja (*Mustela nivalis* L.), gato montés (*Felis sylvestris* Schreber) y topo común (*Talpa europea* L.).
- Aves: Tórtola común (*Streptopelia turtur* L.), corneja (*Corvus corone* L.), urraca (*Pica pica* L.), cuervo (*Corvus corax* L.), zorzal (*Turdus philomelos* Brehm.), milano real (*Milvus milvus* L.), ratonero común (*Buteo buteo* L.), cernícalo vulgar (*Falco tinunculus* L.), águila perdicera (*Aquila fasciatus* Vieillot) pico picapinos (*Dendrocopus major* L.), rabilargo (*Cyanopica cyanus* Bonaparte), entre otras.
- Anfibios: Rana verde común (*Pelophylax perezi* López-Seoane), ranita de San Antonio (*Hyla arborea* L.), sapo común (*Bufo bufo* L.) y sapo corredor (*Epidalea calamita* Laurenti).

- Reptiles: Víbora (*Vipera aspid* L.), culebra lisa europea (*Coronella austriaca* L.), lagarto ocelado (*Timon lepidus* Daudin) y lagartija ibérica (*Podarcis hispanica* Steindahner).

4.1.9. MICOLOGÍA

En un estudio centrado en este pinar Fernández-Toirán *et al.*, (2006) registran más de 80 especies, siendo los géneros más frecuentes *Russula*, con 12 especies, *Hygrophorus*, con siete especies y *Cortinarius*, *Mycena* y *Tricholoma* con seis especies. Del total de las especies que aparecen en estos bosques, el 47 % son comestibles y el 53 % no comestibles. El 71,2 % del total de especies son micorrícicas, el 27,3 % saprobias y el 1,5 % restante parásitas (Ágreda y Fernández-Toirán, 2008).

Son varias las publicaciones que enumeran las especies micológicas presentes en estos pinares. De acuerdo con Oria de Rueda *et al.*, (2011), entre los hábitats productores de setas en Castilla y León, se encuentran los pinares mediterráneos xerófilos y silicícolas. Estos bosques se extienden sobre sustratos silíceos y son productores de elevadas cantidades de *Lactarius deliciosus*, pero también de muchas más especies que se cosechan tradicionalmente (*Morchella conica* Pers. y *Morchella esculenta* (L.) Pers, *Sarcosphaera crassa* (Santi) Pouzar, *Helvella leucomelaena* (Pers.) Nannf., *Rhizopogon roseolus* (Corda) Th. Fr. y *R. luteolus* Fr. & Nordholm, *Suillus bellinii* (Inzenga) Katting, *Suillus collinitus* (Fr.) Kuntze, *Clitocybe máxima* (Gaertn. & G. Mey.) P. Kumm., *Macrolepiota procera* (Scop.) Singer, etc).

Asimismo, Martínez de Azagra *et al.*, (1998) incluyen, como parte de la micocenosis de estos bosques, además otras especies comestibles como *Tricholoma terreum*, *Suillus granulatus* (L.) Roussel y *Suillus luteus* (L.) Roussel.

4.1.9.1. Sistema de regulación del aprovechamiento y comercialización del recurso micológico

La ordenación del aprovechamiento y comercialización de los hongos silvestres comestibles en la zona objeto de estudio se entiende como el modo de garantizar la conservación del recurso micológico y de sus hábitats, así como una fuente de desarrollo rural. Con ello se pretende planificar el aprovechamiento micológico sostenible poniendo en marcha procesos ordenados y participados de regulación de la recolección de los hongos silvestres comestibles.

La regulación micológica en Pinares Llanos está basada en la legislación vigente en la materia (Decreto 130/99, Ley y Reglamento de Montes, Ley 4/89 y

el Código Civil) y se caracteriza por un sistema de permisos obligatorios y una serie de servicios y ventajas para el recolector.

Los objetivos de esta regulación son los siguientes:

- Asegurar una explotación racional de los recursos.
- Garantizar la conservación de los recursos y sus hábitats.
- Aumentar la información y los servicios al recolector.
- Generar beneficios económicos para la propiedad forestal y para los territorios rurales.
- Conseguir a través de la industria y el turismo que la micología sea motor de desarrollo rural.
- Evaluar los resultados para mejorar la experiencia en años sucesivos.

Los principios generales en los que se basa el modelo de regulación son:

- La participación social en la toma de decisiones.
- La discriminación positiva en favor de la población residente en los municipios propietarios de los montes productores.
- La garantía de la recolección recreativa a la población foránea.
- La garantía de un aprovechamiento racional y sostenible en el tiempo.
- La mejora del aprovechamiento a través del conocimiento del recurso.
- Seguimiento y mejora.

Se trata de un sistema pionero de permisos personales de distintas modalidades, según la procedencia, periodo de validez y carácter del recolector. Es de aplicación en montes de utilidad pública de Castilla y León, adheridos de manera voluntaria al programa y perfectamente señalizados (Figuras 8 y 9).

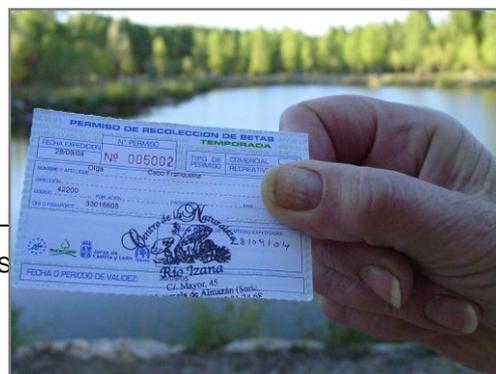
La unidad territorial básica de aplicación del sistema es la unidad de gestión del aprovechamiento micológico (UGAM) y está definida por sus condiciones de accesibilidad y homogeneidad botánica y micológica. Se trata de agrupaciones de montes (utilidad pública), homogéneos en cuanto a producción y aprovechamiento de hongos silvestres comestibles. Son mayoritariamente áreas accesibles y no presentan incompatibilidad con otros aprovechamientos o limitaciones de usos. La superficie mínima recomendable es 15.000 ha de montes pertenecientes a una o varias provincias, pero no separados unos de otros más de 30 minutos por carretera. Cada unidad de gestión tiene un sistema de permisos, de señalización, de vigilancia y un modelo de pliego de condiciones propio.

Existe un ente regulador que es el organismo responsable de la puesta en práctica del sistema.

Atendiendo a distintos criterios como el origen y tipología del recolector, así como el periodo de validez del permiso, estos se dividen en:

- **Comerciales:** dirigidos a recolectores mayores de 18 años que venden la cosecha. Con una limitación de kg/día que se establecerá en el pliego de condiciones de cada UGAM.
- **Recreativos:** dirigido a recolectores mayores de 14 años que recolectan pequeñas cantidades para autoconsumo o por recreo. Igualmente, se establecerá una limitación en kg/día que se establecerá en el pliego de condiciones de cada UGAM.
- **Locales:** los expiden los ayuntamientos de los municipios que aporten montes a la Unidad de Gestión correspondiente, a razón de n-permisos por cada n-hectáreas aportadas (equivalencia establecida en cada UGAM por la comisión ejecutiva provincial o por la comisión de seguimiento regional del proyecto). Están dirigidos a los recolectores empadronados en dichos municipios participantes.
- **Foráneos:** dirigidos a cualquier recolector no importa su lugar de residencia. Son expedidos por el ente gestor desde: internet, red de establecimientos turísticos colaboradores (bares, restaurantes, casas rurales, hoteles, etc.).
- **Vinculados/provinciales:** empadronados o residentes en una localidad no adherida a la regulación, pero que posee vínculo con alguna localidad adherida. No es común a todas las zonas reguladas.
- **Temporada:** permiten recolectar durante toda la temporada (1 año).
- **Fin de semana:** permiten recolectar el viernes, el sábado y el domingo y otros días festivos nacionales durante la semana para la que se expidan.
- **Diarios:** sólo tendrán validez de un día.
- **Científicos:** permiten recolectar ejemplares de cualquier especie fúngica con fines científicos con las limitaciones y condiciones que establezca el ente gestor.

En el pinar objeto de estudio se inicia este proceso de regulación en el año 2003.



Figuras 8 y 9. Señal de aprovechamiento de setas controlado y licencia del recolector.

El titular del permiso deberá cumplir una serie de condiciones cuyo incumplimiento dejará sin validez el permiso.

Las setas objeto de aprovechamiento se corresponden con las que se relacionan en la parte A del Anexo del Real Decreto 30/2009 de 16 de enero por el que se establecen las condiciones sanitarias para la comercialización de setas para uso alimentario.

4.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el estudio de la producción de carpóforos de macromicetes epigeos, se diseña un dispositivo experimental consistente en un muestreo aleatorio estratificado por clases de edad del arbolado (de Vries, 1986). La ordenación por tramos periódicos permanentes conduce a un mosaico de masas regulares, organizadas en el espacio y el tiempo (Madrigal, 1994), lo que permite diseñar y controlar la superficie de la estratificación. Dicha estratificación se justifica por ser la edad de la masa forestal, un factor condicionante de la composición específica de las comunidades de hongos ectomicorrícicos (Le Tacon *et al.*, 1984; Garbaye y Le Tacon, 1986; Strullu, 1991).

Las clases de edad de la masa de *Pinus pinaster* consideradas en la estratificación fueron 7 (0-10, 11-20, 21-40, 41-60, 61-90, >90 y mezcla de regenerado y árboles padre), en relativa coherencia con los tramos de ordenación forestal aplicados en este monte. No se consideraron tal cual las clases de edad por razones de producción micológica variable y por el envejecimiento del bosque. De ése modo, se divide el primer tramo en dos (0-10 y 11-20), se consideran las dos últimas clases de edad con extremo en 90 años, en lugar de en 80 y se incorpora el tramo de mezcla con árboles padre. Esta masa de pinar, está dividida en 15 montes, pertenecientes a 8 términos municipales.

Con el fin de obtener una producción micológica estimada de la zona lo menos sesgada posible, abarcando la mayor variabilidad espacial y temporal de la misma, y dado que no existe gran variabilidad edáfica ni fisiográfica, se utiliza toda la zona objeto de estudio para determinar las localizaciones exactas de los puntos de muestreo (Figura 10).

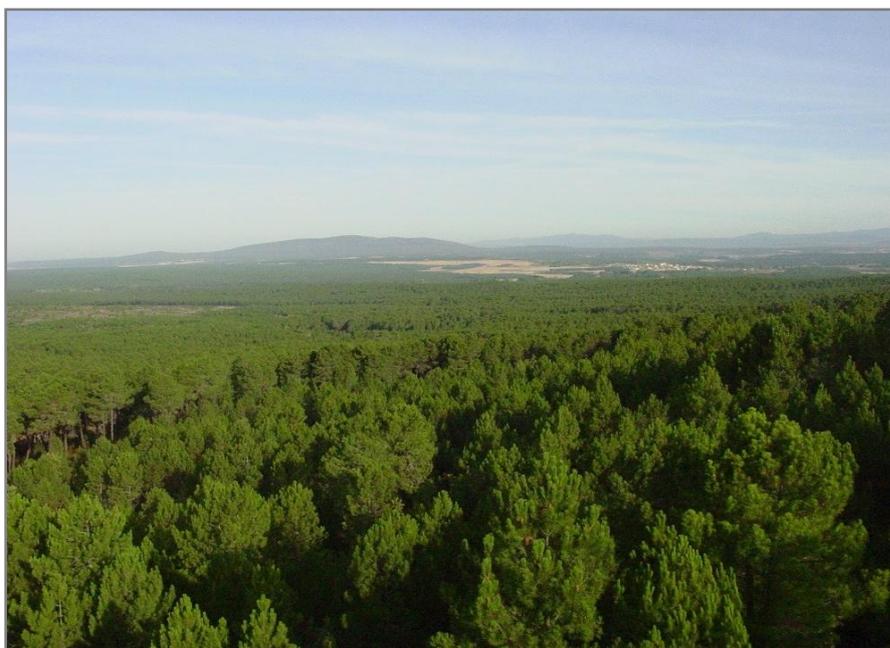


Figura 10. Vista panorámica de la masa de pinar.

Una vez estratificada por clases de edad toda la superficie y, en aplicación de un sorteo aleatorio, se establecen 21 unidades muestrales (Tabla 6). El número de repeticiones por clase de edad es de tres. Se excluyen aquellas zonas con masas mixtas de pino negral con roble o encina o demasiado cercanas a distintas clases de edad que pudieran falsear los resultados (Figura 11). Debido a la larga duración del trabajo (15 años), ha sido necesario reubicar parcelas, sustituyendo aquéllas que se pasaban de clase de edad y estableciendo nuevas en el primer grupo de edad.

Tabla 6. Distribución de las parcelas de muestreo en los distintos montes y tramos.

Clase de edad	Parcela	Monte	Cuartel	Tramo/ Tranzón
CEIA	Pp-1	185	D	1
	Pp-2	197	B	5
	Pp-3	197	B	5
CEII	Pp-4	51	A	III
	Pp-5	161	A	16
	Pp-6	52	C	III
CEIII	Pp-7	51	B	II
	Pp-8	197	B	3
	Pp-9	64	A	6
CEIV	Pp-10	161	A	8
	Pp-11	51	B	X
	Pp-12	257	D	9

Tabla 6 (Cont.). Distribución de las parcelas de muestreo en los distintos montes y tramos.

CEV	Pp-13	185	B	3
	Pp-14	197	B	16
	Pp-15	51	A	X
CEVI	Pp-16	64	A	9
	Pp-17	65	B	15
	Pp-18	52	C	VIII
CEIB	Pp-19	185	A	15
	Pp-20	52	C	IV
	Pp-21	185	A	15

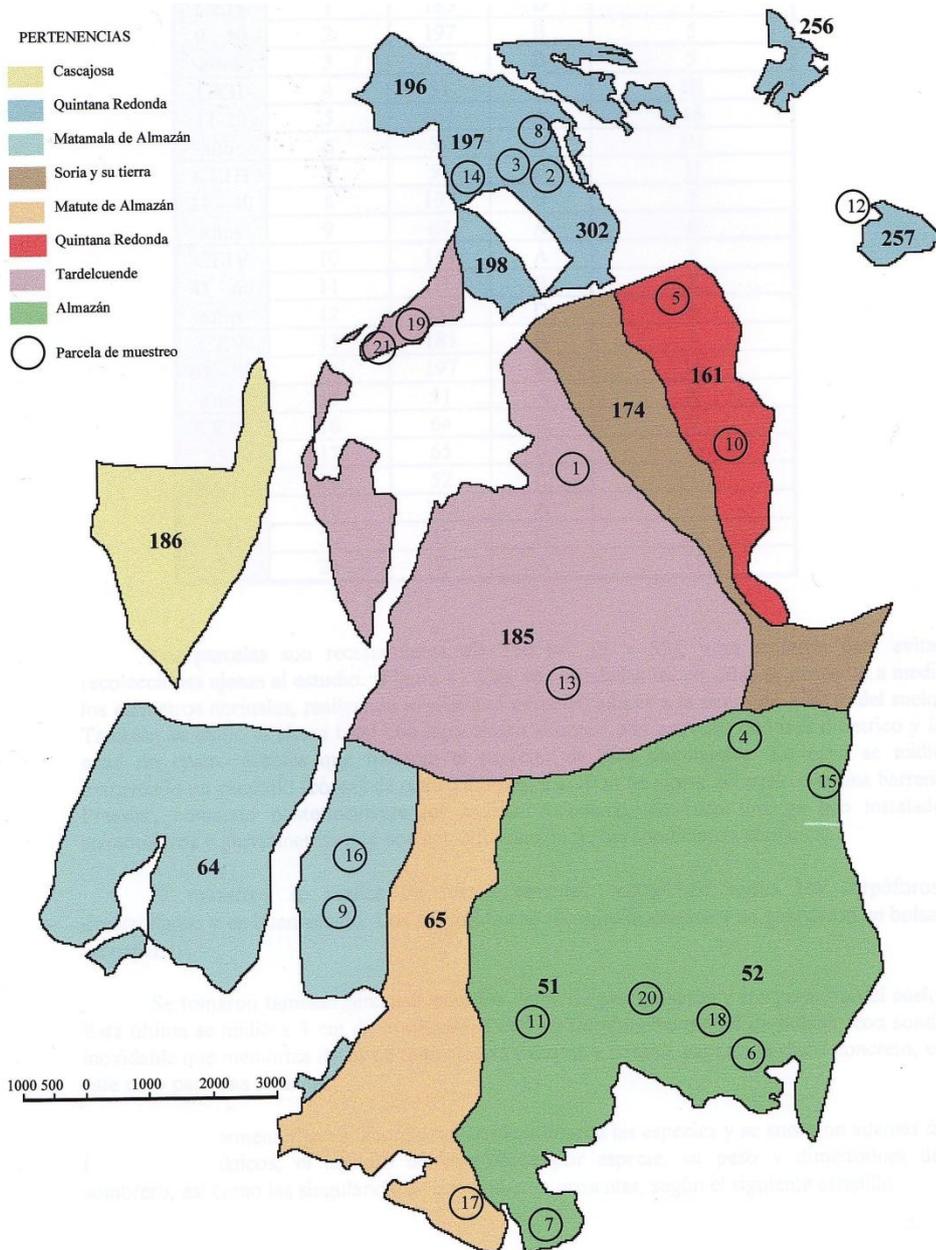


Figura 11. Plano de distribución de montes y parcelas en el Primer Grupo de Ordenación de Montes de la provincia de Soria. En distintos colores se representan los distintos montes y con círculos las 21 parcelas de muestreo micológico.

4.2.1. UNIDADES MUESTRALES

4.2.1.1. Forma y tamaño de las parcelas

Cada parcela de muestreo cubre una superficie de 150 m², con forma rectangular (30 x 5 m). Las unidades de muestreo se replantearon sobre el terreno, mediante estaquillas de madera. El tamaño y forma de las parcelas se adoptó siguiendo las recomendaciones de otros estudios (Sjöblom *et al.*, 1979; Kalamees y Silver, 1988; Ohenoja, 1989; Fernández Toirán, 1994), que utilizan formas rectangulares con una superficie mínima de 100 m² (Figuras 13 y 14).

Las parcelas se vallaron con malla cinagética, para evitar el consumo de carpóforos por la fauna silvestre, así como la presión de los recolectores (Figura 12).

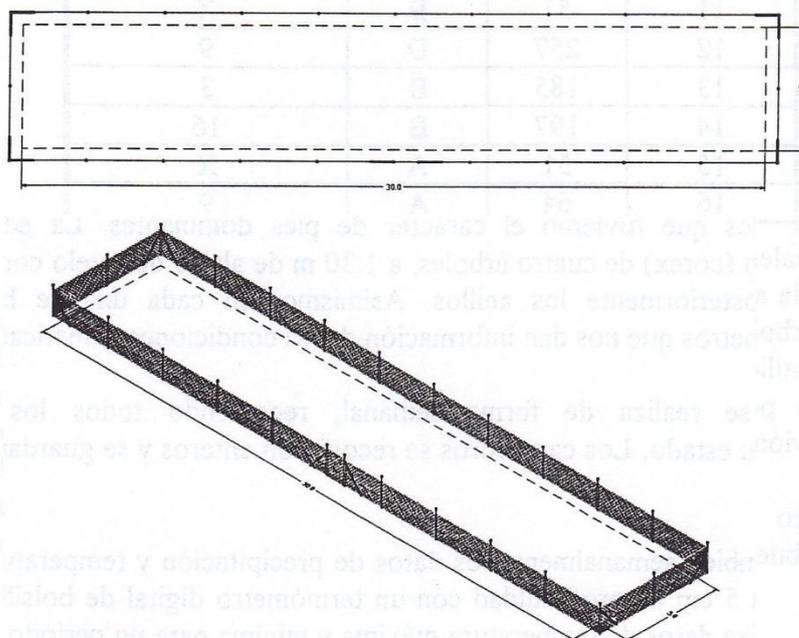


Figura 12. Esquema de parcela de muestreo. Planta y perspectiva isométrica. Las dimensiones acotadas se corresponden con la superficie real muestreada.

Cada parcela está identificada con una placa identificativa, en la que se explica la utilidad de la misma y los organismos responsables. Se informó de su presencia al Servicio Territorial de Medio Ambiente, con la solicitud de realizar los mismos tratamientos selvícolas en las parcelas que en el resto del monte.



Figuras 13 y 14. Detalle del vallado de las parcelas de muestreo micológico Pp-19 y Pp-5 en Pinares Llanos.

Por último, en cada parcela se instala una estación termopluviométrica, para obtener lecturas semanales de las precipitaciones y temperaturas mínima y máximas del suelo.

4.2.1.2. Descripción general de las parcelas

Para la descripción de las condiciones ecológicas de las parcelas de muestreo micológico en agosto de 1997 se inventariaron dasométricamente dichas parcelas forestales, analizando las siguientes variables (el diámetro mínimo inventariable considerado fue de 5 cm):

- H: Altura media.
- G(m²/ha): Área basimétrica por hectárea.
- Nºpies/ha: Número de pies por hectárea.
- Franja de edad media de la parcela: Se extrajeron con barrena de Pressler al menos 5 muestras a 1,30 m, de los árboles dominantes de la parcela. Se contaron los anillos en el laboratorio con precisión, ayudándonos de una lupa binocular. La edad del árbol se calculó sumando 7 años a la edad correspondiente a 1,30 m, tiempo estimado para que una semilla de pino albar alcance los 1,30 m de altura. Se calculó la media y se refirió al año de inicio del estudio (1997).

Se realizó la toma de datos de suelos, para lo que se sondeó un perfil de aproximadamente 1m de profundidad en cada parcela, utilizando un cilindro percutor. Los análisis de suelos fueron realizados en el laboratorio de ecología y suelos del CIF Valonsadero. Se describieron los horizontes del perfil, profundidad, color, presencia de raíces, petrología. Además se especificó el análisis textural y las propiedades físicas y químicas (Tabla 7).

Tabla 7. Principales características fisiográficas, dasométricas, edafológicas y de vegetación, de las 18 parcelas de muestreo micológico situadas en las cañadas de Pinar Grande (Soria). UTM: Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator (coordenadas X e Y). Alt : altitud sobre el nivel del mar. p(%) pendiente en tanto por ciento. O: orientación. nº/ha: número de pies de *Pinus pinaster* por hectárea. H: altura media. G: Área basimétrica por ha. Re: rango de edad. pH: pH en agua del horizonte superficial del suelo. MO: contenido en materia orgánica del horizonte superficial del suelo en %. Textura: clasificación textural del horizonte superficial del suelo. Clasif. suelo: Clasificación del suelo según la FAO-UNESCO, 1988. Vegetación: especies más representativas del estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo.

Pp	Monte	UTM		FISIOGRAFÍA			DASOMETRÍA				EDAFOLOGÍA				VEGETACION
		X	Y	Alt.	p(%)	O	nº/ha	H	G	Re	pH	MO	Textura	Clasif. suelo	
1	185	532700	4606261	1080	0,3	SE 140°	7200,0	-	-	0-10	5,29	1,67	Franco arcillosa	Regosol dístico	<i>Quercus ilex</i> , <i>Cistus laurifolius</i> , <i>Lavandula stoechas</i> , <i>Thymus mastichina</i>
2	197	532635	4606361	1018	0,0	tv	4333,3	-	-	0-10	6,30	0,68	Arenosa	Regosol éutrico	<i>Juniperus communis</i> , <i>Cistus laurifolius</i> , <i>Thymus mastichina</i>
3	197	532214	4606272	1018	0,0	tv	4400,0	-	-	0-10	6,34	1,04	Arenosa	Regosol éutrico	<i>Juniperus communis</i> , <i>Cistus laurifolius</i> , <i>Thymus mastichina</i>
4	51	536236	4602334	1077	0,0	tv	2200,0	3,6	11,3	11-20	5,14	1,25	Arenosa franca	Arenosol hipolúvico	<i>Quercus pyrenaica</i> , <i>Lavandula stoechas</i> , <i>Arctostaphylos uva-ursi</i>
5	161	532847	4607862	1021	0,8	W 270°	1066,7	6,8	22,5	11-20	6,20	1,39	Arenosa franca	Arenosol hipolúvico	<i>Quercus pyrenaica</i> , <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Cistus laurifolius</i> , <i>Thymus mastichina</i> , <i>Arctostaphylos uva-ursi</i>
6	52	537631	4597625	1020	0	tv	2933,3	5,3	17,5	11-20	5,77	2,50	Franco arenosa	Regosol dístico	<i>Juniperus communis</i> , <i>Thymus mastichina</i> , <i>Calluna vulgaris</i>
7	51	535738	4593980	969	0	tv	1066,7	9,7	46,6	21-40	6,52	1,57	Arenosa franca	Regosol éutrico	<i>Juniperus communis</i> , <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Lavandula stoechas</i>
8	197	529693	4609543	1019	0	tv	1600,0	6,6	21,2	21-40	5,88	1,16	Arenosa franca	Arenosol dístico	<i>Quercus ilex</i>
9	64	530766	4597349	967	1,0	NW 352°	3600,0	8,1	47,9	21-40	6,01	1,00	Arenosa franca	Arenosol éutrico	<i>Cistus laurifolius</i> , <i>Thymus mastichina</i>
10	161	533866	4606332	1064	1,0	WS 262°	800,0	14,3	58,4	41-60	6,30	1,34	Arenosa	Arenosol éutrico	<i>Juniperus communis</i> , <i>Calluna vulgaris</i>
11	51	534100	4597100	980	0	tv	600,0	10,6	30,2	41-60	5,92	2,78	Arenosa	Regosol éutrico	<i>Crataegus monogyna</i> , <i>Cistus laurifolius</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Arctostaphylos uva-ursi</i>
12	257	534291	4610181	1021	0	tv	666,7	13,3	56,4	41-60	6,19	0,40	Arenosa	Arenosol éutrico	<i>Calluna vulgaris</i> , <i>Cistus laurifolius</i>
13	185	533057	4602344	1063	0,3	NE 10°	333,3	17,4	36,0	61-90	6,16	4,57	Franco arenosa	Regosol éutrico	<i>Crataegus monogyna</i> , <i>Cistus laurifolius</i> , <i>Erica arborea</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Thymus mastichina</i>

Tabla 7 (Cont.). Principales características fisiográficas, dasométricas, edafológicas y de vegetación, de las 18 parcelas de muestreo micológico situadas en las cañadas de Pinar Grande (Soria). UTM: Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator (coordenadas X e Y). Alt : altitud sobre el nivel del mar. p(%) pendiente en tanto por ciento. O: orientación. nº/ha: número de pies de *Pinus pinaster* por hectárea. H: altura media. G: Área basimétrica por ha. Re: Rango de edad. pH: pH en agua del horizonte superficial del suelo. MO: contenido en materia orgánica del horizonte superficial del suelo en %. Textura: clasificación textural del horizonte superficial del suelo. Clasif. suelo: Clasificación del suelo según la FAO-UNESCO, 1988. Vegetación: especies más representativas del estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo.

Pp	Monte	UTM		FISIOGRAFÍA			DASOMETRÍA				EDAFOLOGÍA				VEGETACION
		X	Y	Alt.	p(%)	O	nº/ha	H	G	Re	pH	MO	Textura	Clasif. suelo	
14	197	529099	4608271	1029	0,4	NW 324°	466,7	15,3	56,03	61-90	5,50	2,69	Arenosa	Arenosol éútrico	<i>Quercus ilex, Cistus laurifolius</i>
15	51	536945	4601683	1055	1,4	SE 155°	333,3	15,3	45,7	61-90	6,52	0,56	Arenosa franca	Arenosol éútrico	<i>Cistus laurifolius, Lavandula stoechas, Thymus mastichina</i>
16	64	531133	4598132	990	0,15	SW 246°	466,7	17,1	54,7	> 90	5,09	3,16	Arenosa franca	Arenosol dístrico	<i>Cistus laurifolius, Thymus mastichina, Arctostaphylos uva-ursi</i>
17	65	534584	4593692	952	0,3	SE 110°	466,7	14,0	56,6	> 90	6,96	1,10	Arenosa franca	Arenosol éútrico	<i>Quercus ilex, Juniperus communis, Crataegus monogyna, Thymus mastichina</i>
18	52	537600	4598100	1010	0,2	SE 102°	600,0	15,9	68,6	> 90	6,07	1,62	Franco arenosa	Regosol éútrico	<i>Quercus ilex, Juniperus communis, Calluna vulgaris</i>
19	185	529071	4605827	983	0,7	NW 303°	266,7	13,8	29,58	Áp-reg	6,17	1,80	Arenosa franca	Arenosol hipolúvico	<i>Quercus ilex, Juniperus communis, Cistus laurifolius, Thymus mastichina</i>
20	52	535854	4598131	1010	0	tv	133,3	13,3	13,09	Áp-reg	6,36	1,12	Franco arenosa	Arenosol éútrico	<i>Quercus ilex, Calluna vulgaris, Thymus mastichina</i>
21	185	528661	4605590	1005	1,1	NW 330°	200,0	14,5	27,36	Áp-reg	6,29	1,67	Franco arenosa	Phaeozem crómico	<i>Juniperus communis, Cistus laurifolius</i>

4.2.2. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO DE CARPÓFOROS

Otoño y primavera, son los momentos de fructificación de macromicetes epigeos, en estos bosques de *Pinus pinaster*. Sin embargo, las fructificaciones que se producen en primavera son escasas y de apenas valor gastronómico. Por ello, se considera el otoño como la principal época de producción de setas en estas masas. En concreto, el periodo de muestreo elegido es el comprendido entre la semana 35 y la 50, considerándolo suficientemente amplio para describir dicha producción otoñal de carpóforos.

La duración del estudio ha sido de 15 años, de 1997 a 2011, periodo razonablemente amplio para describir y cuantificar el cortejo fúngico de estas masas de *Pinus pinaster* (Vogt *et al.*, 1992) y su comportamiento en el conjunto de la masa.

Atendiendo a las recomendaciones de varios autores (Vogt *et al.*, 1992), la frecuencia del muestreo fue semanal, siendo las 21 parcelas muestreadas durante el mismo día.

El procedimiento de muestreo de carpóforos consiste en la recolección de todos los carpóforos epigeos completamente desarrollados, de tamaño de sombrero superior a 1 cm, observados en cada parcela. Las setas recolectadas se han recogido enteras y se guardaron en bolsas de papel identificadas con fecha y parcela (Figura 15).

A continuación, se transportan al laboratorio, donde se conservaron en cámara de frío a 4 °C hasta su determinación y biometría, lo que se hizo dentro de las 24 horas posteriores a su recolección.



Figura 15. Detalle de realización del muestreo.

4.2.3. DETERMINACIÓN DE ESPECIES Y BIOMETRÍA

La determinación de especies fúngicas se realizó en el laboratorio de taxonomía de hongos del Centro de Investigación Forestal de Valonsadero, contando con todo el equipamiento necesario: microscopio, lupa, reactivos químicos, claves y monografías específicas.

Para la identificación de los carpóforos se utilizaron obras generales (Dennis, 1968; Moser, 1983; Jülich, 1989 Kühner y Romagnesi, 1989 y Breitenbach y Kränzlin, 1981-2000), así como otras más específicas (Galli, 1996; Heilmann-Clausen *et al.*, 1998; Sarnari, 1998; Galli, 1998; Galli, 1999; Galli, 2001).

La nomenclatura utilizada en este trabajo responde a la establecida en www.indexfungorum.org (CABI, CBS, Landcare, 2006) y los nombres de los autores se abreviaron de acuerdo con Brummit y Powell (1992).

Las especies determinadas se conservan deshidratadas en el herbario JCYL-FUNGI de dicho Centro y se registraron usando el programa de gestión de herbarios HERBAR desarrollado por el CSIC (Pando, 2003). Este herbario está disponible en GBIF (<http://data.gbif.org/datasets/resource/7925>).

Una vez determinadas las especies recolectadas en cada parcela, se cuentan y pesan en fresco los carpóforos de cada una, utilizando una balanza de precisión de 0,1 g. Todos los datos se registran en una base de datos que puede consultarse en Anexo 9.1.

4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

4.3.1. VARIABLES DEPENDIENTES DE PRODUCCIÓN ANALIZADAS

Siguiendo la metodología del muestreo aleatorio estratificado, se estima la producción media por clases de edad (P_i) con sus correspondientes errores típicos (S_p), siguiendo la metodología del muestreo aleatorio estratificado (de Vries, 1986).

Las fórmulas empleadas para calcular la producción estratificada son las siguientes:

▪ **Media en la clase de edad i**

$$P_i = \sum \frac{p_i}{n_i}$$

donde p_i es el peso en kg/ha, recolectado en cada una de las n_i parcelas de la clase de edad i .

▪ **Desviación standard**

$$S_i = \sqrt{\left(\frac{\sum (p_i - P_i)^2}{(n_i - 1)} \right)}$$

▪ **Desviación de la media**

$$S_p = \sqrt{\left(\frac{\sum S_i^2}{n_i} \right)}$$

4.3.2. VARIABLES INDEPENDIENTES ANALIZADAS

Son muchos los factores bióticos y abióticos que condicionan la presencia y fructificación de los macromicetes epigeos. A pesar de la profusión de estudios en la literatura científica desde los años treinta (Wilkins y Patrick, 1939; Grainger, 1946), todavía son poco conocidos muchos de los efectos de estos factores ecológicos.

En cuanto a los principales factores que determinan la presencia de una especie fúngica podemos destacar los siguientes:

- La composición, edad y estructura de las formaciones vegetales (Wästerlund y Ingelög, 1981; Dighton y Mason, 1985; Jansen y De Nee, 1988; Termorshuizen y Schaffers, 1991).
- El genotipo del simbiote, así determinados individuos de una misma especie arbórea o arbustiva pueden presentar diferente susceptibilidad a la micorrización con una especie fúngica (Last *et al.*, 1984).
- Los parámetros edáficos relativos a la química, física y estructura del suelo, que pueden ser limitantes para muchas especies fúngicas como *Tuber melanosporum* (Reyna Domenech, 2007).
- El clima y la fisiografía igualmente determinante para muchas especies (Vogt *et al.*, 1992).

- El impacto humano derivado de la contaminación, la sobreexplotación del recurso, el pastoreo, etc (Termorshuizen y Schaffers, 1991).
- La biología del suelo e interacciones con otras especies fúngicas competidoras (Last *et al.*, 1984).

Como principales factores que afectan a la fructificación de carpóforos de macromicetes se pueden destacar:

- Los factores climáticos y edafoclimáticos (Hering, 1966; Laiho, 1970; Fogel, 1976; Wästerlund y Ingelög, 1981; Last *et al.*, 1981; Mehus, 1986).
- La disponibilidad de carbohidratos y nutrientes, en particular N, P y K (Stark, 1972; Cromack Jr *et al.*, 1975; Last *et al.*, 1979).
- El impacto humano en cuanto al pisoteo (Egli *et al.*, 2006).

El factor analizado en este apartado es:

4.3.2.1. Factor clase de edad

La influencia de la edad de la masa forestal sobre la producción y diversidad de carpóforos macromicetes ha sido el principal factor estudiado en este trabajo, condicionando su análisis todo el diseño experimental.

La elección de masas monoespecíficas de *Pinus pinaster* ordenadas por un método conducente a la regularidad, la fisiografía y el suelo del área de estudio, fueron escogidos con el fin de reducir al máximo la influencia de otros factores ecológicos y facilitar el estudio del factor edad de la masa en la producción de especies fúngicas.

No obstante, el factor “clase de edad” debe considerarse *sensu lato* en el contexto del tramo de ordenación, es decir, influido por todo el conjunto de tratamientos selvícolas y culturales aplicados a lo largo de la historia de la ordenación de este monte.

4.3.1. TEST DE KRUSKAL-WALLIS

El análisis estadístico de los datos obtenidos se ha llevado a cabo mediante el software estadístico R, versión 2.13.0. Se pretende poner de manifiesto las diferencias existentes entre clases de edad, en cuanto a su producción.

Los datos presentan una notable heterogeneidad, en gran parte debido a las diferencias más o menos cíclicas que impone el clima en un entorno

mediterráneo como el de la zona de estudio. Como consecuencia de esta variabilidad, la distribución de valores se aleja notablemente de la distribución normal y no se cumplen los requisitos paramétricos del análisis de varianza. Ninguna de las transformaciones ensayadas proporciona resultados satisfactorios para alcanzar este requisito, por lo que se ha optado por recurrir a un test no paramétrico, el test de Kruskal-Wallis, para evaluar el efecto de la clase de edad sobre la productividad.

El test de Kruskal-Wallis se basa en sustituir el valor de cada observación por el rango que ocupa en el conjunto de datos. Cuando el valor se repite, se le asigna el rango medio. Posteriormente se construye un estadístico basado en los rangos de los distintos grupos (las clases de edad en nuestro caso), el rango medio y el número de observaciones. Este estadístico sigue una distribución chi-cuadrado con grados de libertad iguales al número de grupos menos uno.

Para determinar cuáles son las clases que generan estas diferencias, se recurre al análisis gráfico de las medianas, mediante una representación de caja y bigotes que incluye el intervalo de confianza de la mediana.

Resultados

5. RESULTADOS

Se han realizado un total de 196 muestreos entre los años 1997 y 2011, para la estimación de la producción otoñal de carpóforos de macromicetes epigeos en una masa de *Pinus pinaster*.

Los inventarios han sido realizados semanalmente en otoño, época más productiva, durante los meses de septiembre, octubre y noviembre (semanas 35 a 50). No se consideró la primavera por la escasez de fructificaciones en estas masas. En el Anexo 9.1. se detallan los datos de producción y la fecha de realización de todos los muestreos.

No se han producido incidencias graves en el desarrollo del estudio; los vallados fueron respetados por la población. Tan sólo se produjeron algunos desperfectos por causas naturales (caída de ramas o dominados, impacto contra el vallado) que fueron subsanados antes de comenzar los muestreos.

Los muestreos han sido realizados íntegramente por el proyectista, con la ayuda puntual de un trabajador de campo de apoyo, contratado temporalmente, para la realización de los muestreos.

5.1. RELACIÓN DE LOS MACROMICETES EPIGEOS INVENTARIADOS

5.1.1. COMPOSICIÓN ESPECÍFICA

Durante el periodo 1997-2011, se han recolectado un total de 37214 carpóforos, correspondientes a 153 taxones de macromicetes identificados a nivel de especie. De ellos, 151 son epigeos y 2 semihipogeos (*Rhizopogon luteolus* Fr. & Nordholm y *Rhizopogon roseolus* (Corda) Th. Fr.). Todos los taxones pertenecen a la división Basidiomycota excepto *Aleuria aurantia* (Pers.) Fuckel y *Otidea onotica* (Pers.) Fuckel que se incluyen en la división Ascomycota. El listado se puede consultar en la Tabla 8.

El número total de géneros registrado ha sido de 56, de los que *Russula* (23 especies), *Cortinarius* (13), *Clitocybe* (9), *Tricholoma* (9), *Mycena* (8), *Macrolepiota* (6), *Hygrophorus* (6) e *Inocybe* (6), han aportado más del 50 % de los taxones (Figura 10).

Todos los carpóforos han sido determinados a nivel de especie, excepto 27 taxones que sólo se han identificado a nivel de género. Los taxones se registraron y se conservan las exsiccatas en la micoteca del Centro de Investigación Forestal de Valonsadero, (JCYL-Fungi). La información se encuentra en la actualidad disponible en Internet a través del Global Biodiversity Information Facility (Gbif).

Tabla 8. Relación de especies recolectadas en las parcelas de estudio en el periodo 1997-2011. C (comestibilidad), C: comestible, NC: no comestible, T: tóxica; GT (grupo trófico), M: Micorrízico, S: saprobio, P: parásito.

Especie	C	GT	Especie	C	GT
<i>Agaricus campestris</i> L.	C	S	<i>Lactarius deliciosus</i> (L.) Gray	C	M
<i>Agaricus cupreobrunneus</i> (Jul. Scäff. & Steer) Pilát	C	S	<i>Lactarius sanguifluus</i> (Paulet) Fr.	C	M
<i>Agaricus impudicus</i> (Rea) Pilát	C	S	<i>Lactarius semisanguifluus</i> R. Heim & Leclair	C	M
<i>Agaricus langei</i> (F.H. Möller & Jul. Schäff.) Maire	C	S	<i>Lactarius vellereus</i> (Fr.) Fr.	NC	M
<i>Agaricus silvicola</i> (Vittad.) Peck.	C	S	<i>Lentinus lepideus</i> (Fr.) Fr.	NC	S
<i>Agaricus sylvaticus</i> Schaeff.	C	S	<i>Lepista rickenii</i> Singer	C	S
<i>Aleuria aurantia</i> (Pers.) Fuckel	C	S	<i>Limacella illinita</i> (Fr.) Maire	NC	S
<i>Amanita citrina</i> (Schaeff.) Pers.	NC	M	<i>Lycoperdon nigrescens</i> Wahlenb.	C	S
<i>Amanita muscaria</i> (L.) Lam.	T	M	<i>Lycoperdon mamiforme</i> Pers.	C	S
<i>Amanita vaginata</i> (Bull.) Lam.	C	M	<i>Lycoperdon molle</i> Pers.	C	S
<i>Armillaria mellea</i> (Vahl.) P. Kumm.	C	P	<i>Lycoperdon perlatum</i> Pers.	C	S
<i>Astraeus hygrometricus</i> (Pers.) Morgan	NC	M	<i>Lycoperdon umbrinum</i> Pers.	C	S
<i>Baeospora myosura</i> (Fr.) Singer	NC	S	<i>Lyophyllum fumosum</i> (Pers.) P.D: Orton	C	S
<i>Boletopsis leucomelaena</i> (Pers.) Fayod	NC	M	<i>Macrolepiota affinis</i> (Velen.) Bon	C	S
<i>Calvatia excipuliformis</i> (Scop.) Perdeck	C	S	<i>Macrolepiota excoriata</i> (Schaeff.) Wasser	C	S
<i>Chlorophyllum rhacodes</i> (Vittad.) Vellinga	C	S	<i>Macrolepiota gracilentia</i> (Krombh.) Wasser	C	S
<i>Chroogomphus rutilus</i> (Schaeff.) O.K. Mill.	C	M	<i>Macrolepiota konradii</i> (Huijsman ex P.D. Orton) M.M. Moser	C	S
<i>Clavulina cristata</i> (Holmsk.) j. Schröt.	NC	S	<i>Macrolepiota mastoidea</i> (Fr.) Singer	C	S
<i>Clitocybe cerussata</i> (Fr.) P. Kumm.	NC	S	<i>Macrolepiota procera</i> (Scop.) Singer	C	S
<i>Clitocybe deceptiva</i> H.E. Bigelow	NC	S	<i>Mycena epypterigia</i> (Scop.) Gray	NC	S
<i>Clitocybe diatreta</i> (Fr.) P. Kumm.	NC	S	<i>Mycena galericulata</i> (Scop.) Gray	NC	S
<i>Clitocybe gibba</i> (Pers.) P. Kumm.	NC	S	<i>Mycena inclinata</i> (Fr.) Quéél.	NC	S
<i>Clitocybe metachroa</i> (Fr.) P. Kumm.	NC	S	<i>Mycena polygramma</i> (Bull.) Gray	NC	S
<i>Clitocybe nebularis</i> (Batsch) P. Kumm.	C	S	<i>Mycena pura</i> (Pers.) P.Kumm.	T	S
<i>Clitocybe obsoleta</i> (Batsch) Quéél.	NC	S	<i>Mycena rosea</i> (Schumach.) Gramberg	NC	S
<i>Clitocybe vibecina</i> (Fr.) Quéél.	NC	S	<i>Mycena rosella</i> (Fr.) P. Kumm.	NC	S
<i>Coltricia cinnamomea</i> (Jacq.) Murrill	NC	S	<i>Mycena seynesii</i> Quéél.	NC	S
<i>Cortinarius anomalus</i> (Pers.) Fr.	NC	M	<i>Myxomphalia maura</i> (Fr.) Hora	NC	S
<i>Cortinarius causticus</i> Fr.	NC	M	<i>Otidea onotica</i> (Pers.) Fuckel	NC	S
<i>Cortinarius cinnamomeoluteus</i> P.D. Orton	NC	M	<i>Paxillus panuoides</i> (Fr.) Fr.	NC	S
<i>Cortinarius cinnamomeus</i> (L.) Fr.	NC	M	<i>Phaeollus schweinitzii</i> (Fr.) Pat.	NC	S
<i>Cortinarius delibutus</i> Fr.	NC	M	<i>Pholiota gummosa</i> (Lasch) Singer	NC	S
<i>Cortinarius diabolicus</i> (Fr.) Fr.	NC	M	<i>Pleurotus eryngii</i> (DC.) Quéél.	C	S
<i>Cortinarius fasciatus</i> Fr.	NC	M	<i>Pluteus cervinus</i> (Schaeff.) P. Kumm.	C	S
<i>Cortinarius infractus</i> Berk.	NC	M	<i>Pseudoclitocybe cyathiformis</i> (Bull.) Singer	C	S
<i>Cortinarius mucifluus</i> Fr.	NC	M	<i>Rhizopogon luteolus</i> Fr. & Nordholm	C	M

Tabla 8 (Cont.). Relación de especies recogidas en las parcelas de estudio en el periodo 1997-2011. C (comestibilidad), C: comestible, NC: no comestible, T: tóxica; GT (grupo trófico), M: Micorrízico, S: saprobio, P: parásito.

Especie	C	GT	Especie	C	GT
<i>Cortinarius mucosus</i> (Bull.) J. Kickx f.	NC	M	<i>Rhizopogon roseolus</i> (Corda) Th. Fr.	C	M
<i>Cortinarius obtusus</i> (Fr.) Fr.	NC	M	<i>Rhodocollybia butyracea</i> (Bull.) Lennox	C	S
<i>Cortinarius semisanguineus</i> (Fr.) Gillet	NC	M	<i>Russula acrifolia</i> Romagn.	NC	M
<i>Cortinarius spadiceus</i> Fr.	NC	M	<i>Russula albonigra</i> (Krombh.) Fr.	NC	M
<i>Cystoderma amianthinum</i> (Scop.) Fayod	NC	S	<i>Russula anthracina</i> Romagn.	NC	M
<i>Cystoderma carcharias</i> (Pers.) Fayod	NC	S	<i>Russula cessans</i> A. Pearson	NC	M
<i>Cystodermella cinnabarina</i> (Alb. & Schwein.) Harmaja	NC	S	<i>Russula chloroides</i> (Krombh.) Bres.	NC	M
<i>Cystodermella granulosa</i> (Batsch) Harmaja	NC	S	<i>Russula delica</i> Fr.	NC	M
<i>Entoloma hirtipes</i> (Schumach.) M.M. Moser	NC	S	<i>Russula densifolia</i> Secr. Ex Gillet	NC	M
<i>Entoloma mammosum</i> (L.) Hesler	NC	S	<i>Russula heterophylla</i> (Fr.) Fr.	C	M
<i>Entoloma plebejum</i> (Kalchbr.) Noordel.	NC	S	<i>Russula nauseosa</i> Fr.	NC	M
<i>Entoloma serrulatum</i> (Pers.) Hesler	NC	S	<i>Russula nigricans</i> (Bull.) Fr.	NC	M
<i>Galerina marginata</i> (Batsch) Kühner	T	S	<i>Russula olivácea</i> (Schaeff.) Fr.	NC/T	M
<i>Geastrum rufescens</i> Pers.	NC	S	<i>Russula pascua</i> (F. H. Møller & Jul. Schäff.) Kühner	NC	M
<i>Gymnopilus penetrans</i> (Fr.) Murrill	NC	S	<i>Russula postiana</i> Romell	NC	M
<i>Gymnopilus spectabilis</i> (Fr.) Singer	NC	S	<i>Russula rissigalina</i> (Batsch) Sacc.	NC	M
<i>Gymnopus dryophilus</i> (Bull.) Murrill	NC	S	<i>Russula roseipes</i> Secr. ex Bres.	NC	M
<i>Gyromitra ínfula</i> (Schaeff.) Quél.	NC	S	<i>Russula sanguinea</i> (Bull.) Fr.	NC	M
<i>Hebeloma mesophaeum</i> (Pers.) Quél.	NC	M	<i>Russula sardonía</i> Fr.	NC	M
<i>Hydnum rufescens</i> Pers.	C	M	<i>Russula torulosa</i> Bres.	NC	M
<i>Hygrocybe conica</i> (Schaeff.) P. Kumm.	NC	S	<i>Russula turci</i> Bres.	NC	M
<i>Hygrophoropsis aurantiaca</i> (Wulfen) Maire	C	S	<i>Russula vesca</i> Fr.	C	M
<i>Hygrophorus agathosmus</i> (Fr.) Fr.	C	M	<i>Russula violeipes</i> Quél.	NC	M
<i>Hygrophorus calophyllus</i> P. Karst.	C	M	<i>Russula xerampelina</i> (Schaeff.) Fr.	C	M
<i>Hygrophorus camarophyllus</i> (Alb. & Schwein.) Dumée, Grandjean & Maire	C	M	<i>Sarcodon imbricatus</i> (L.) P. Karst.	C	M
<i>Hygrophorus chrysodon</i> (Batsch) Fr.	C	M	<i>Sarcodon scabrosus</i> (Fr.) P. Karst.	NC	M
<i>Hygrophorus gliocyclus</i> Fr.	C	M	<i>Strobilurus tenacellus</i> (Pers.) Singer	NC	S
<i>Hygrophorus olivaceoalbus</i> (Fr.) Fr.	C	M	<i>Stropahria aeruginosa</i> (Curtis) Quél.	NC	S
<i>Hypholoma fasciculare</i> (Fr.) P. Kumm.	T	S	<i>Suillus bellinii</i> (Inzenga) Watling	C	M
<i>Hypomyces lateritius</i>	C	P	<i>Suillus granulatus</i> (L.) Roussel	C	M
<i>Inocybe cookei</i> Bres.	NC	M	<i>Suillus luteus</i> (L.) Roussel	C	M
<i>Inocybe fastigiata</i> (Schaeff.) Quél.	NC	M	<i>Thelephora terrestris</i> Ehrh.	NC	S
<i>Inocybe geophyla</i> (Pers.) P. Kumm.	NC	M	<i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd	NC	S
<i>Inocybe mixtilis</i> (Britzelm.) Sacc.	NC	M	<i>Tricholoma albobrunneum</i> (Pers.) P. Kumm.	NC	M
<i>Inocybe rimosa</i> Britzelm.	NC	M	<i>Tricholoma batschii</i> Gulden	NC	M
<i>Inocybe roseipes</i> Malençon	NC	M	<i>Tricholoma equestre</i> (L.) P. Kumm.	T	M
<i>Laccaria amethystina</i> (Huds.) Cooke	C	M	<i>Tricholoma focale</i> (Fr.) Ricken	NC	M
<i>Laccaria bicolor</i> (Maire) P.D. Orton	C	M	<i>Tricholoma portentosum</i> (Fr.) Quél.	C	M
<i>Laccaria laccata</i> (Scop.) Cooke	C	M	<i>Tricholoma saponaceum</i> (Fr.) P. Kumm.	NC	M
<i>Lactarius chrysorrheus</i> Fr.	NC	M	<i>Tricholoma stans</i> (Fr.) Sacc.	NC	M



Figura 9. Especies recolectadas en las parcelas de estudio. De izquierda a derecha y de arriba a abajo son: *Amanita muscaria*, *Calvatia utriformis*, *Chroogomphus rutilus*, *Cortinarius cinnamomeoluteus*, *Cystoderma granulosa*, *Hebeloma mesophaeum* *Hygrophoropsis aurantiaca* y *Russula sanguinea*.

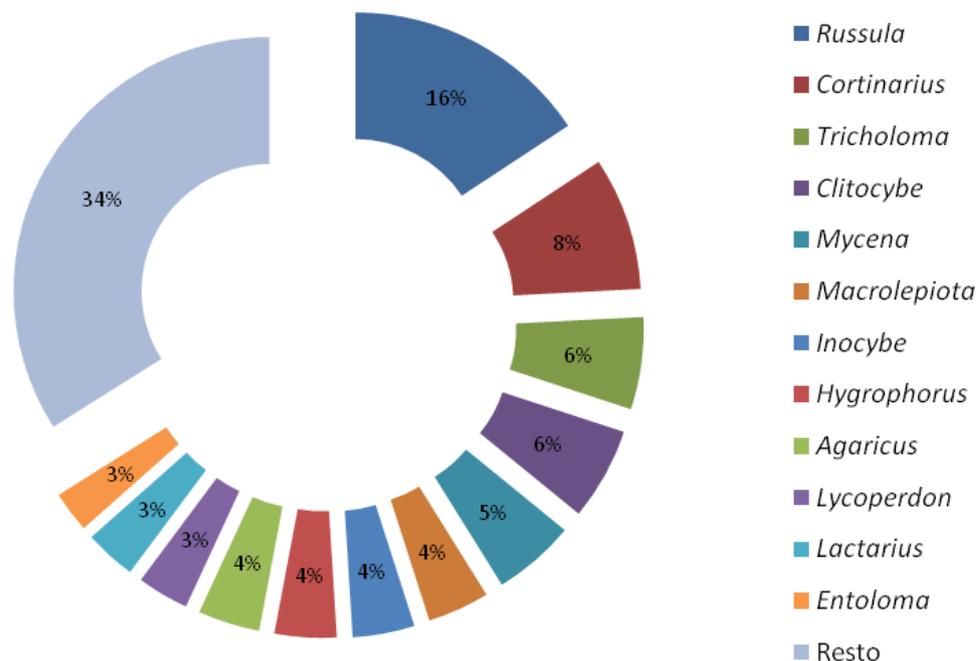


Figura 10. Relación de géneros de macromicetes epigeos otoñales con el porcentaje de taxones aportado, registrados entre 1997 y 2011 en estas masas de *Pinus pinaster* objeto de estudio. Se han ordenado de mayor a menor en función del número de taxones aportados por cada género.

5.1.2. GRUPOS TRÓFICOS

En relación a su comportamiento trófico, las especies han sido clasificadas como micorrícicas, saprobias y parásitas (Bonet *et al.*, 2004; Fernández-Toirán *et al.* 2006; Sarrionandia Areitio, 2006). Resultando un total de 79 especies micorrícicas (51,6 %), 72 especies saprobias (47,1 %) y dos especies parásitas (1,3 %). En la siguiente figura se representa la abundancia de especies micorrícicas y saprobias en biomasa, número de carpóforos y número de especies; no se consideran las especies parásitas por su escasa presencia.

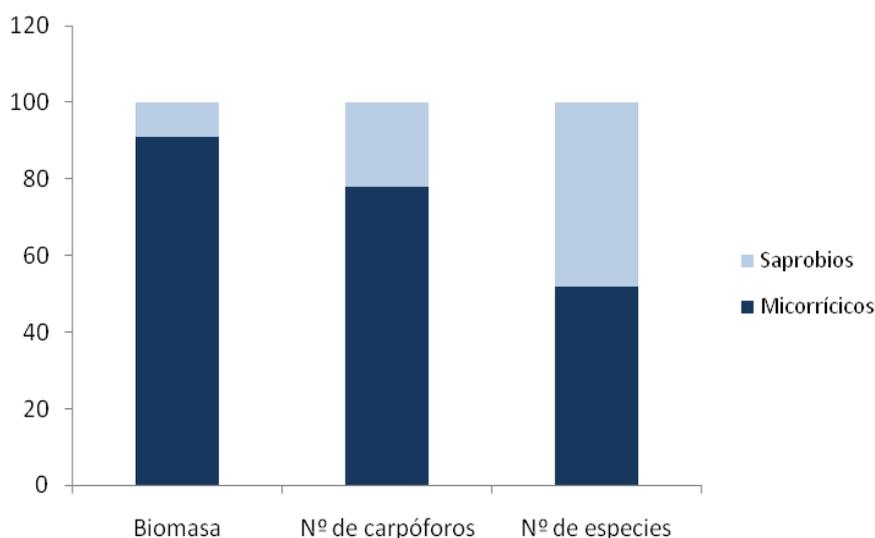


Figura 11. Distribución porcentual, en función del comportamiento trófico, de la biomasa (kg/ha arbolada y año), número de carpóforos (nº/ha arbolada y año) y número de especies, registrados entre 1997 y 2011.

5.1.3. ESPECIES COMESTIBLES

En lo que se refiere a la comestibilidad de las especies presentes en las parcelas de estudio, éstas se han clasificado en comestibles, no comestibles y tóxicas, (Ágreda y Fernández-Toirán, 2008). Resultando un total de 56 especies comestibles (36,4 %), 92 especies no comestibles (60,4 %) y cinco especies tóxicas (3,2 %).

Entre las especies comestibles merece la pena destacar las siguientes por su calidad gastronómica: *Agaricus campestris*, *Agaricus silvicola*, *Agaricus sylvaticus*, *Hygrophorus agathosmus*, *Hygrophorus camarophyllus*, *Hygrophorus gliocyclus*, *Macrolepiota procera*, *Pleurotus eryngii*, *Lactarius deliciosus*, *Lactarius sanguifluus*, *Lactarius semisanguifluus*, *Russula vesca*, *Suillus bellinii*, *Suillus granulatus*, *Suillus luteus* y *Tricholoma terreum* (Figura 13).

Las cinco especies tóxicas recolectadas han sido: *Amanita muscaria*, *Galerina marginata*, *Hypholoma fasciculare*, *Mycena pura* y *Tricholoma equestre* (Tabla 8).

En la siguiente figura, se representa la abundancia de especies comestibles y no comestibles en biomasa, número de carpóforos y número de especies; no se consideran las especies tóxicas por su escasa presencia.

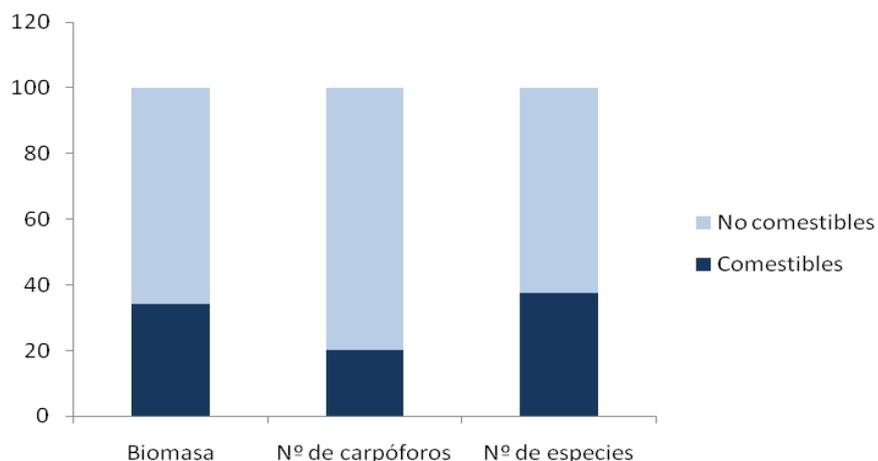


Figura 12. Distribución porcentual de la abundancia relativa de especies comestibles y no comestibles en biomasa (kg/ha arbolada y año), número de carpóforos (n°/ha arbolada y año) y número de especies, registrados entre 1997 y 2011.



Figura 13. Especies comestibles registradas en las parcelas de estudio. De arriba a abajo y de izquierda a derecha son: *Agaricus silvicola*, *Hygrophorus agathosmus*, *Macrolepiota procera*, *Lactarius deliciosus* y *Tricholoma terreum*.

5.2. FRUCTIFICACIÓN DE ESPECIES COMESTIBLES

5.2.1. FRECUENCIA INTERANUAL DE LA FRUCTIFICACIÓN

En relación a la frecuencia interanual de las fructificaciones, el 17,8 % de las especies comestibles han sido clasificadas como frecuentes (fructifican más del 60 % de los años), el 16,1 % como variables (fructifican entre el 60 y el 40 % de los años) y el 66,1 % como infrecuentes (fructifican menos del 40 % de los años), (Tabla 9).

Especies de fructificación frecuente han sido: *Hygrophorus agathosmus*, *Hygrophorus gliocyclus*, *Lactarius deliciosus*, *Lycoperdon perlatum*, *Lyophyllum fumosum*, *Macrolepiota procera*, *Rhodocollybia butyracea*, *Suillus bellinii*, *Suillus granulatus* y *Tricholoma terreum*.

Especies de fructificación variable: *Agaricus silvicola*, *Chroogomphus rutilus*, *Hygrophoropsis aurantiaca*, *Laccaria laccata*, *Pseudoclitocybe cyathiformis*, *Rhizopogon luteolus*, *Rhizopogon roseolus*, *Russula xerampelina* y *Suillus luteus*.

Especies de fructificación infrecuente: *Agaricus campestris*, *Agaricus cupreo-brunneus*, *Agaricus impudicus*, *Agaricus langei*, *Agaricus sylvaticus*, *Aleuria aurantia*, *Amanita vaginata*, *Armillaria mellea*, *Calvatia excipuliformis*, *Chlorophyllum rhacodes*, *Clitocybe nebularis*, *Hydnum rufescens*, *Hygrophorus calophyllum*, *Hygrophorus camarophyllum*, *Hygrophorus chrysodon*, *Hygrophorus olivaceoalbus*, *Hypomyces lateritius*, *Laccaria amethystina*, *Laccaria bicolor*, *Lactarius sanguifluus*, *Lactarius semisanguifluus*, *Lepista rickenii*, *Lycoperdon nigrescens*, *Lycoperdon mamiforme*, *Lycoperdon molle*, *Lycoperdon umbrinum*, *Macrolepiota affinis*, *Macrolepiota excoriata*, *Macrolepiota gracilentia*, *Macrolepiota konradii*, *Macrolepiota mastoidea*, *Pleurotus eryngii*, *Pluteus cervinus*, *Russula heterophyla*, *Russula vesca*, *Sarcodon imbricatus* y *Tricholoma portentosum*.

5.2.2. SUCESIÓN

En cuanto a la sucesión de macromicetes comestibles, a lo largo del desarrollo de esta masa de *Pinus pinaster*, se han obtenido los resultados que se muestran a continuación y que se pueden consultar en la Tabla 9.

Se han registrado carpóforos de un total de 22 especies comestibles (42,0 % del total), en la primera clase de edad (IA) (0-10 años). Dichas especies fueron: *Agaricus impudicus*, *Agaricus sylvaticus*, *Amanita vaginata*, *Chlorophyllum rhacodes*, *Hygrophoropsis aurantiaca*, *Laccaria laccata*, *Lactarius deliciosus*,

Lycoperdon molle, *Lycoperdon nigrescens*, *Lycoperdon perlatum*, *Lycoperdon umbrinum*, *Macrolepiota affinis*, *Macrolepiota excoriata*, *Macrolepiota gracilentata*, *Macrolepiota konradii*, *Macrolepiota procera*, *Pluteus cervinus*, *Rhizopogon luteolus*, *Rhizopogon roseolus*, *Rhodocollybia butyracea* y *Tricholoma terreum*. Del total de especies comestibles, 6 son micorrícicas (27,3 %) y 16 son saprobias (72,7 %).

En la segunda clase de edad (11-20 años) han fructificado 24 especies comestibles (29 % del total de especies), de las que aparecen por primera vez 10: *Agaricus cupreo-brunneus*, *Chroogomphus rutilus*, *Hygrophorus agathosmus*, *Hygrophorus gliocyclus*, *Laccaria bicolor*, *Lycoperdon mamiforme*, *Russula heterophylla*, *Russula xerampelina*, *Suillus bellinii* y *Suillus granulatus*. Del total de especies comestibles, 14 son micorrícicas (58,3 %) y 10 son saprobias (41,7 %).

En la tercera clase de edad (21-40 años) se han registrado 23 especies comestibles (32 % del total de especies), de las que seis han fructificado por primera vez, éstas han sido: *Agaricus silvicola*, *Calvatia excipuliformis*, *Hypomyces lateritius*, *Lepista rickenii*, *Lyophyllum fumosum* y *Macrolepiota mastoidea*. 10 (43,0 %) son micorrícicas y 12 (52,2 %) son saprobias.

En la cuarta clase de edad (41-60 años), se han contabilizado 30 especies comestibles, de las que 10 aparecieron por primera vez: *Agaricus campestris*, *Armillaria mellea*, *Hydnum rufescens*, *Hygrophorus olivaceoalbus*, *Laccaria amethystina*, *Lactarius sanguifluus*, *Lactarius semisanguifluus*, *Russula vesca*, *Sarcodon imbricatus* y *Suillus luteus*. Del total de especies comestibles, 19 son micorrícicas (63,3 %) y 10 son saprobias (33,3 %).

En la quinta clase de edad (61-90 años) se registran 28 especies comestibles. De entre ellas 5 han aparecido por primera vez: *Aleuria aurantia*, *Hygrophorus calophyllus*, *Hygrophorus camarophyllus*, *Hygrophorus chrysodon* y *Tricholoma portentosum*. De éstas, 18 son micorrícicas (64,3 %) y 10 son saprobias (35,7 %).

En la sexta clase de edad (> 90 años), hay 24 especies comestibles (34 %) de las que únicamente ha fructificado una especie por primera vez: *Pleurotus eryngii*. Del total de especies comestibles 13 son micorrícicas (54,2 %) y 11 saprobias (45,8 %).

Por último, en la clase de edad IB (mezcla de árboles padre y regenerado), se contabilizan 20 especies comestibles; de ellas, no se ha registrado ninguna por primera vez. Del total de especies comestibles, 11 son micorrícicas (55,0 %) y 9 saprobias (45,0 %).

Tabla 9. Frecuencia temporal, frecuencia espacial y presencia de las especies comestibles por clase de edad. FT: frecuencia temporal en número de años que aparece la especie. FS: frecuencia espacial en número de parcelas donde fructifica cada especie. CE: Clase de edad del arbolado, CEIA: 0-10 años, CEII: 11-20 años, CEIII: 21-40 años, CEIV: 41-60 años, CEV: 61-90 años, CEVI: >91 años y CEIB: mezcla de regenerado y árboles padre.

Especie	FT	FS	CEIA	CEII	CEIII	CEIV	CEV	CEVI	CEIB
<i>Agaricus campestris</i>	1	1				x			
<i>Agaricus cupreo - brunneus</i>	1	3		x		x		x	
<i>Agaricus impudicus</i>	2	4	x	x			x	x	
<i>Agaricus langei</i>	1	1							x
<i>Agaricus silvicola</i>	6	3			x	x		x	
<i>Agaricus sylvaticus</i>	5	7	x	x		x		x	
<i>Aleuria aurantia</i>	1	1					x		
<i>Amanita vaginata</i>	4	4	x	x			x		
<i>Armillaria mellea</i>	1	1				x			
<i>Calvatia excipuliformis</i>	1	1			x				
<i>Chlorophyllum rhacodes</i>	2	2	x		x				
<i>Chroogomphus rutilus</i>	9	13		x		x	x	x	x
<i>Clitocybe nebularis</i>	1	1			x				
<i>Hydnum rufescens</i>	2	2				x			
<i>Hygrophoropsis aurantiaca</i>	6	9	x	x	x	x	x		
<i>Hygrophorus agathosmus</i>	12	11		x	x	x	x	x	x
<i>Hygrophorus calophyllus</i>	1	1					x		
<i>Hygrophorus camarophyllus</i>	3	2					x		x
<i>Hygrophorus chrysodon</i>	3	3				x	x		x
<i>Hygrophorus gliocyclus</i>	12	9		x	x	x	x	x	x
<i>Hygrophorus olivaceoalbus</i>	5	3				x	x		
<i>Hypomyces lateritius</i>	1	1			x				
<i>Laccaria amethystina</i>	1	1				x			
<i>Laccaria bicolor</i>	1	1		x					
<i>Laccaria laccata</i>	9	10	x	x			x	x	x
<i>Lactarius deliciosus</i>	11	20	x	x	x	x	x	x	x
<i>Lactarius sanguifluus</i>	2	3				x			x
<i>Lactarius semisanguifluus</i>	1	2				x		x	
<i>Lepista rickenii</i>	2	1			x				
<i>Lycoperdon nigrescens</i>	3	6	x	x				x	x
<i>Lycoperdon mammiforme</i>	1	1		x					
<i>Lycoperdon molle</i>	1	1	x						
<i>Lycoperdon perlatum</i>	11	18	x	x	x	x	x	x	x
<i>Lycoperdon umbrinum</i>	3	8	x	x		x	x	x	x
<i>Lyophyllum fumosum</i>	11	12		x	x	x	x	x	x
<i>Macrolepiota affinis</i>	1	1	x						
<i>Macrolepiota excoriata</i>	5	5	x				x		x
<i>Macrolepiota gracilentia</i>	3	2	x						
<i>Macrolepiota konradii</i>	2	2	x		x				
<i>Macrolepiota mastoidea</i>	1	1			x				
<i>Macrolepiota procera</i>	14	11	x	x	x	x	x		x
<i>Pleurotus eryngii</i>	2	2						x	x
<i>Pluteus cervinus</i>	1	1	x						
<i>Pseudoclitocybe cyathiformis</i>	7	10	x	x		x	x	x	x
<i>Rhizopogon luteolus</i>	8	15	x	x	x	x	x	x	x

Tabla 9 (Cont.). Frecuencia temporal, frecuencia espacial y presencia de las especies comestibles por clase de edad. FT: frecuencia temporal en número de años que aparece la especie. FS: frecuencia espacial en número de parcelas donde fructifica cada especie. CE: Clase de edad del arbolado, CEIA: 0-10 años, CEII: 11-20 años, CEIII: 21-40 años, CEIV: 41-60 años, CEV: 61-90 años, CEVI: >91 años y CEIB: mezcla de regenerado y árboles padre.

Especie	FT	FS	CEIA	CEII	CEIII	CEIV	CEV	CEVI	CEIB
<i>Rhizopogon roseolus</i>	7	12	x	x	x	x	x	x	x
<i>Rhodocollybia butyracea</i>	14	18	x	x	x	x	x	x	x
<i>Russula heterophylla</i>	1	1		x					
<i>Russula vesca</i>	1	1				x			
<i>Russula xerampelina</i>	8	8		x	x	x	x	x	x
<i>Sarcodon imbricatus</i>	4	4				x	x	x	
<i>Suillus bellinii</i>	14	12		x	x	x	x	x	x
<i>Suillus granulatus</i>	12	13		x	x	x	x	x	x
<i>Suillus luteus</i>	6	1				x			
<i>Tricholoma portentosum</i>	1	1					x		
<i>Tricholoma terreum</i>	11	13	x	x	x	x	x	x	x

Las especie que mayor número de años han fructificado en las parcelas de estudio han sido *Macrolepiota procera* y *Rhodocollybia butyracea*, con 14 años. Por último, mencionar que *Lactarius deliciosus*, ha sido la especie con una mayor frecuencia espacial, ya que ha fructificado en 20 de las 21 parcelas y también de fructificación muy frecuente (11 de 15 años).

5.2.3. PRODUCCIÓN DE CARPÓFOROS

5.2.3.1. Abundancia específica

La producción media otoñal de carpóforos en peso fresco en esta masa de *Pinus pinaster*, se estima en $65,36 \pm 10,31$ kg/ha arbolada y año. La producción de especies micorrícicas ha sido de $58,68 \pm 10,20$ kg/ha arbolada y año. Por último, la producción de especies comestibles se ha contabilizado en $19,82 \pm 3,02$ kg/ha arbolada y año.

En cuanto a la presencia en número de carpóforos para el total de las especies ha resultado ser de $7575,66 \pm 598,92$ carpóforos/ha arbolada y año. En lo que se refiere a las especies micorrícicas ha sido de $5765,71 \pm 711,19$ carpóforos/ha arbolada y año y de $1368,68 \pm 178,57$ carpóforos/ha arbolada y año para las especies comestibles.

Desde el punto de vista de producción, tanto en número de especies por hectárea, como en kilogramos por hectárea, las 20 especies comestibles más abundantes, se relacionan a continuación.

Tabla 10. Especies comestibles más abundantes en peso fresco por ha arbolada y año y en número por ha arbolada y año, localizadas en Pinares Llanos entre 1997-2011.

Nº	Especie	Producción (kg/ha)	Nº	Especie	Producción (Nº/ha)
1	<i>Lactarius deliciosus</i>	6,080	1	<i>Lactarius deliciosus</i>	257,989
2	<i>Suillus bellinii</i>	2,107	2	<i>Rhodocollybia butyracea</i>	213,122
3	<i>Suillus granulatus</i>	1,956	3	<i>Tricholoma terreum</i>	172,275
4	<i>Hygrophorus agathosmus</i>	1,497	4	<i>Hygrophorus agathosmus</i>	150,053
5	<i>Russula xerampelina</i>	1,329	5	<i>Laccaria laccata</i>	145,185
6	<i>Macrolepiota procera</i>	0,933	6	<i>Suillus bellinii</i>	68,571
7	<i>Rhodocollybia butyracea</i>	0,734	7	<i>Lycoperdon perlatum</i>	58,201
8	<i>Tricholoma terreum</i>	0,683	8	<i>Suillus granulatus</i>	47,831
9	<i>Agaricus silvicola</i>	0,584	9	<i>Russula xerampelina</i>	26,667
10	<i>Agaricus sylvaticus</i>	0,340	10	<i>Macrolepiota procera</i>	26,455
11	<i>Lycoperdon perlatum</i>	0,337	11	<i>Hygrophorus gliocyclus</i>	26,243
12	<i>Lyophyllum fumosum</i>	0,335	12	<i>Pseudoclitocybe cyathiformis</i>	23,069
13	<i>Laccaria laccata</i>	0,279	13	<i>Macrolepiota gracilentata</i>	23,069
14	<i>Sarcodon imbricatus</i>	0,225	14	<i>Rhizopogon luteolus</i>	19,259
15	<i>Hygrophorus gliocyclus</i>	0,205	15	<i>Rhizopogon roseolus</i>	17,566
16	<i>Hygrophorus olivaceoalbus</i>	0,165	16	<i>Agaricus sylvaticus</i>	13,545
17	<i>Suillus luteus</i>	0,162	17	<i>Laccaria bicolor</i>	12,487
18	<i>Macrolepiota gracilentata</i>	0,127	18	<i>Agaricus silvicola</i>	12,275
19	<i>Rhizopogon roseolus</i>	0,126	19	<i>Chroogomphus rutilus</i>	12,275
20	<i>Rhizopogon luteolus</i>	0,115	20	<i>Hygrophorus olivaceoalbus</i>	11,217

Cabe señalar que, entre las especies comestibles, *Lactarius deliciosus* con $6,08 \pm 1,85$ kg/ha arbolada y año, es la que mayor producción en peso ha registrado respecto del total de macromicetes comestibles, seguida de *Suillus bellinii* y *Suillus granulatus*, con 2,11 y 1,96 kg/ha arbolada y año respectivamente.

Lactarius deliciosus, que es la primera especie comestible en importancia por el número de carpóforos registrados, ocupa el sexto puesto con $257,99 \pm 77,55$ carpóforos/ha arbolada y año en el total de especies. La segunda y tercera especies comestibles más abundantes en número de carpóforos han sido *Rhodocollybia butyracea* y *Tricholoma terreum*, que ocupan la 8ª y 9ª posición en el total de especies y presentan una producción de 213,12 y 172,28 carpóforos/ha arbolada y año.

5.2.3.2. Variabilidad interanual de la producción

La variabilidad interanual de la producción de las especies comestibles recolectadas en las parcelas se detalla a continuación.

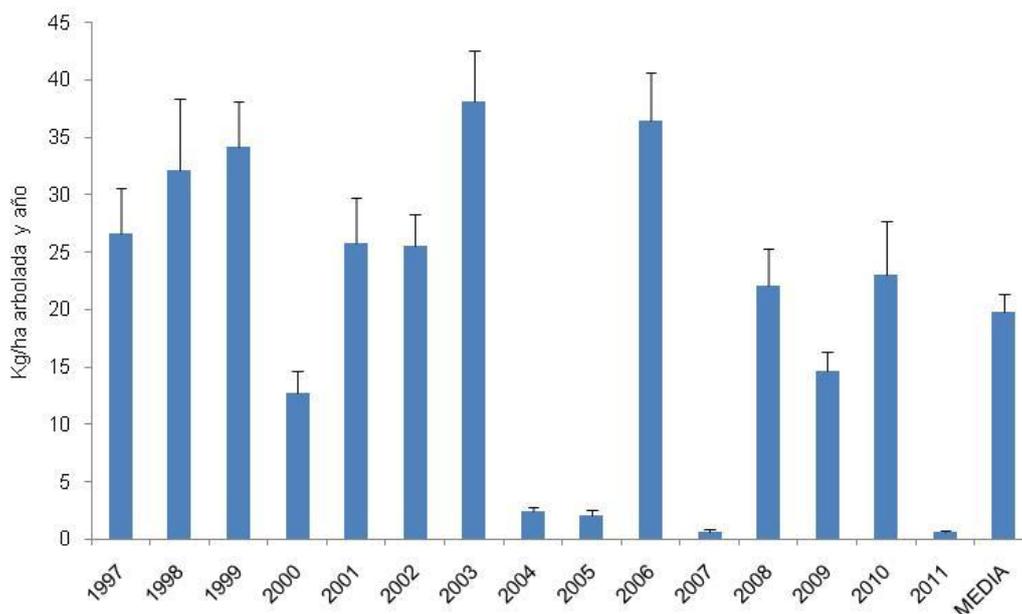


Figura 14. Producción media estratificada de especies comestibles, en las parcelas de estudio de Pinares Llanos para cada uno de los años estudiados y el año medio. Las barras de error representan la desviación típica de la media.

Como se puede apreciar, los tres años de mayor producción en peso fresco han sido 2003, 2006 y 1998, con $38,17 \pm 8,88$, $36,50 \pm 8,40$ y $32,18 \pm 12,44$ kg/ha arbolada y año respectivamente.

A continuación se muestra la variabilidad interanual de la producción de *Lactarius deliciosus* en las parcelas de estudio, (Figura 15).

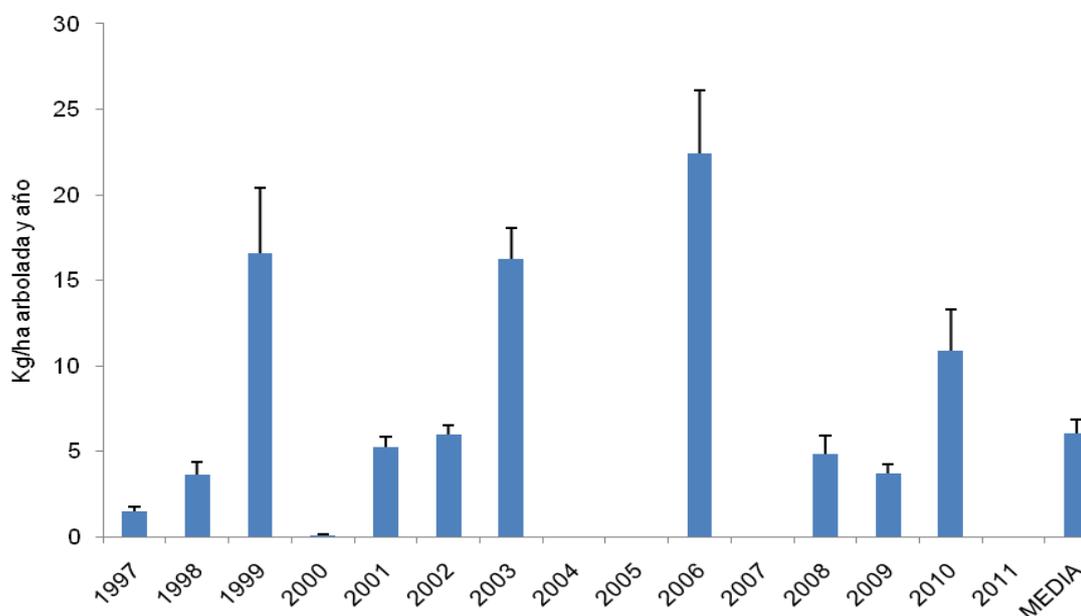


Figura 15. Producción media estratificada de *Lactarius deliciosus*, en las parcelas de estudio de Pinares Llanos, para cada uno de los años estudiados y el año medio. Las barras de error representan la desviación típica de la media.

Los tres años de mayor producción de *Lactarius deliciosus* han sido 2006, 1999 y 2003, con $22,42 \pm 7,4$, $16,56 \pm 7,68$ y $16,28 \pm 3,6$ kg/ha arbolada y año respectivamente. En los años 2004, 2005 y 2011 la producción de esta especie ha sido nula.

5.2.3.3. Variabilidad semanal de la producción

A continuación se muestran las producciones medias estratificadas semanales en kg peso fresco/ha arbolada y año (entre las semanas 35 y 50) para el total de especies, especies micorrícicas, saprobias y comestibles para todos los años de estudio (1997 a 2011) y el año medio.

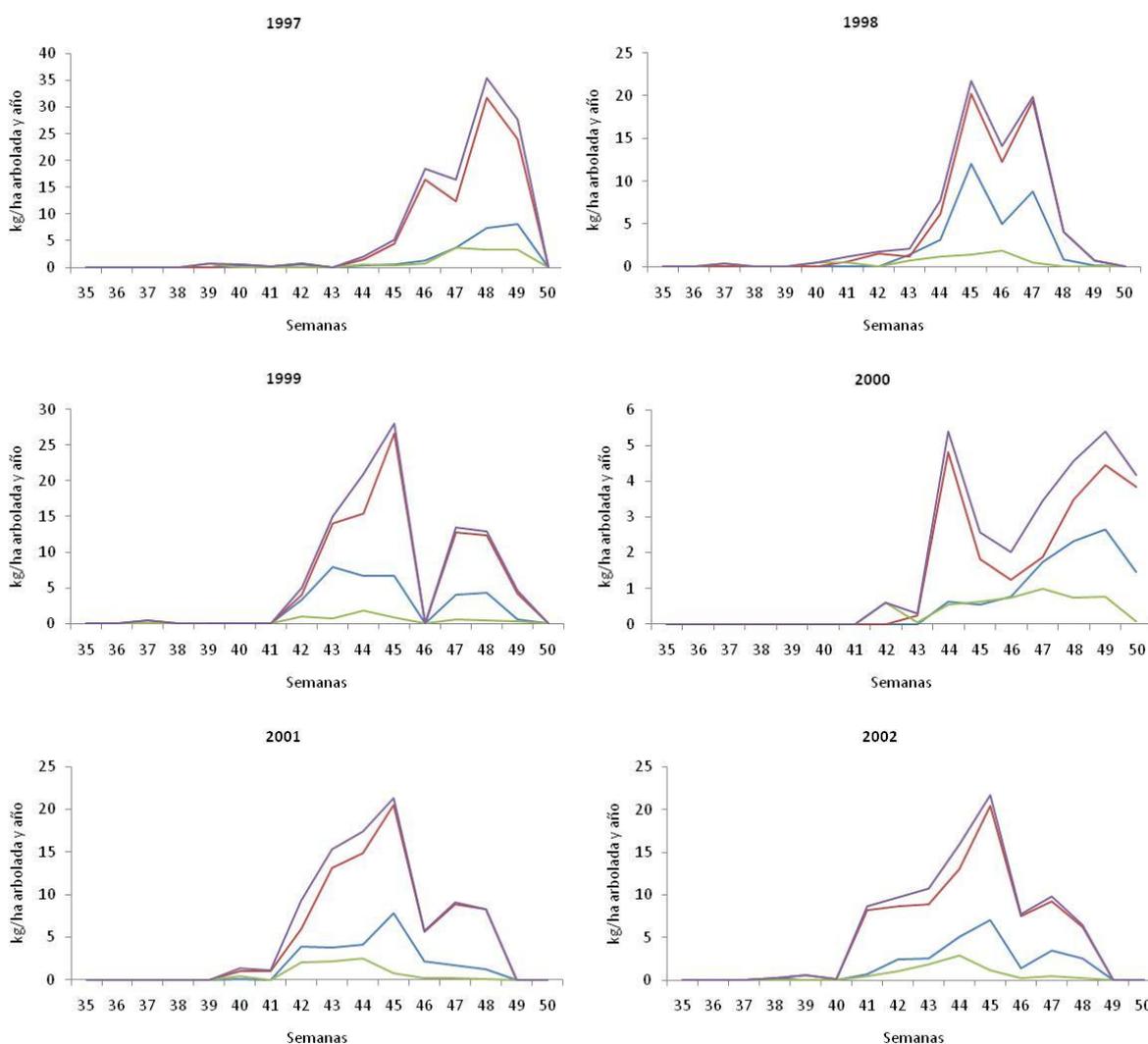


Figura 16. Producción media por semanas (35 a 50) del total de especies (en morado), especies micorrícicas (en rojo), especies saprobias (en verde) y comestibles (en azul), en las parcelas de estudio de Pinares Llanos, para cada uno de los años estudiados y el año medio.

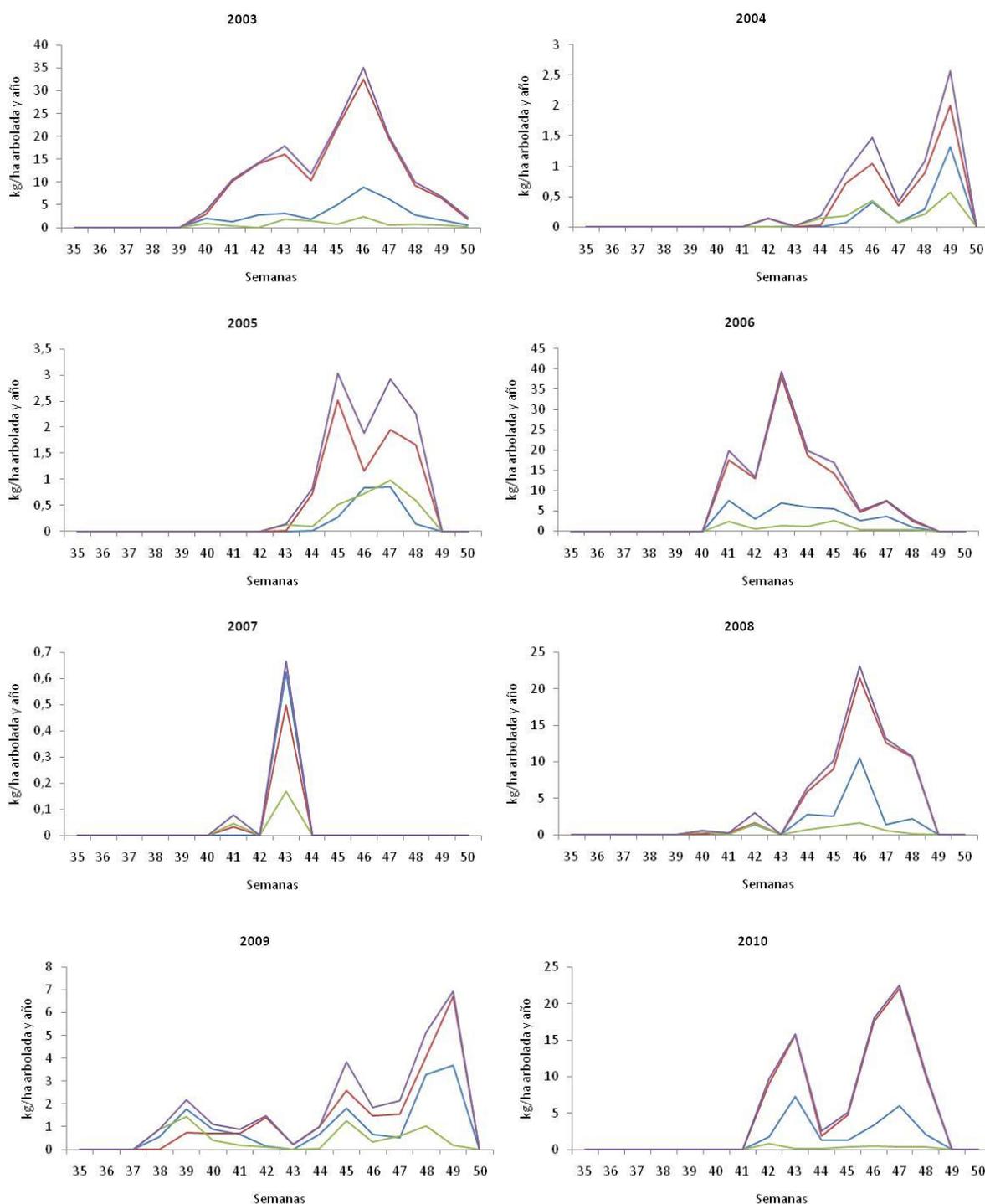


Figura 16 (Cont.). Producción media por semanas (35 a 50) del total de especies (en morado), especies micorrícicas (en rojo), especies saprobias (en verde) y comestibles (en azul), en las parcelas de estudio de Pinares Llanos, para cada uno de los años estudiados y el año medio.

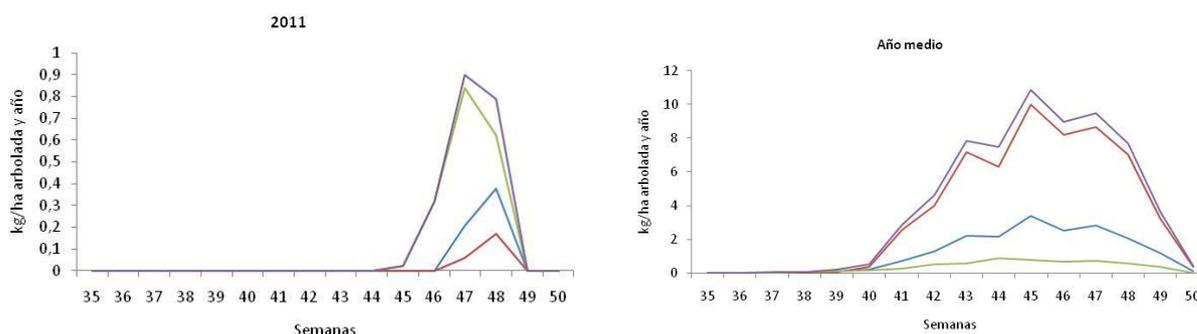


Figura 16 (Cont.). Producción media por semanas (35 a 50) del total de especies (en morado), especies micorrícicas (en rojo), especies saprobias (en verde) y comestibles (en azul), en las parcelas de estudio de Pinares Llanos, para cada uno de los años estudiados y el año medio.

Se aprecia cómo la producción sigue la misma tendencia para el total de especies, especies micorrícicas, saprobias y comestibles. En lo que se refiere a especies comestibles, el periodo de mayor producción coincide con las semanas 43 a 48, (mediados de octubre a mediados de noviembre aproximadamente), con 15,81 kg/ha arbolada y año, que equivale al 80,10 % de la producción total. El mes de mayor producción ha sido noviembre con 12,59 kg/ha arbolada y año, lo que supone el 63,78 % de la producción total de especies comestibles. La semana más productiva ha sido la 45 con 3,47 kg/ha arbolada y año para las especies comestibles.

En lo que respecta a *Lactarius deliciosus*, la máxima producción se ha producido en la semana 45, con 20,98 kg/ha arbolada y año. El inicio de la producción tiene lugar en la semana 40 y el final en la semana 50. La duración media de la fructificación de esta especie ha sido de 10 semanas. El mes más productivo ha sido noviembre, con el 63,9 % de la producción total de carpóforos comestibles, seguido de octubre con el 35,9 % (Figura 17).

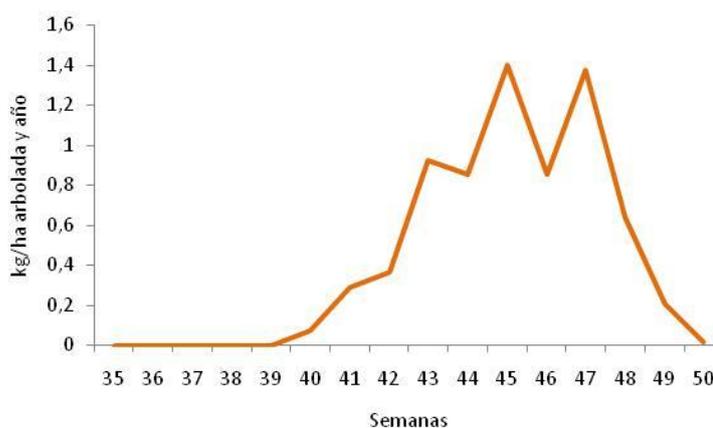


Figura 17. Producción media por semanas (35 a 50) de *Lactarius deliciosus* en las parcelas de estudio de Pinares Llanos, para todos los años estudiados.

5.2.4. INFLUENCIA DE LA EDAD DE LA MASA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE ESPECIES COMESTIBLES

5.2.4.1. Abundancia específica

A continuación se aprecia cómo el mayor número de especies comestibles tienen lugar en las CEIV y CEV; el menor número de especies comestibles se da en las clases CEIA y CEIB.

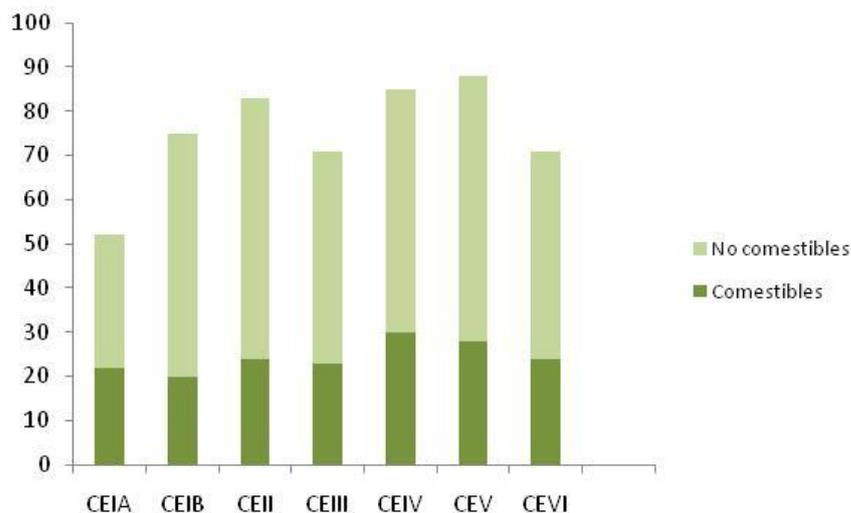


Figura 18. Número de especies comestibles y no comestibles por clase de edad del arbolado.

5.2.4.2. Producción total de especies comestibles

La influencia de la edad de la masa sobre la producción de macromicetes epigeos comestibles se detalla en la Figura 19. Para ello se ha analizado la producción anual en kg/ha en el periodo comprendido entre 1997 y 2011 en las siete clases de edad de la masa forestal de *Pinus pinaster* consideradas (CEIA: 0-10 años, CEIB: mezcla de regenerado y árboles padre, CEII: 11-20 años, CEIII: 21-40 años, CEIV: 41-60 años, CEV: 61-90 años y CEVI: > 90 años).

Los datos presentan una notable heterogeneidad, en gran parte debido a las diferencias más o menos cíclicas que impone el clima en un entorno mediterráneo como el de la zona de estudio.

El p-valor asociado al test es 0,02295 ($\chi^2_{(6)} = 14,6744$), lo que indica que la agrupación propuesta en clases de edad genera una diferencia en la producción en peso. Para determinar cuáles son las clases que generan estas diferencias, se recurre al análisis gráfico de las medianas, mediante una representación de caja y bigotes que incluye el intervalo de confianza de la mediana.

Aunque el análisis gráfico no se puede interpretar como una separación de medianas, se considera un apoyo suficiente para establecer las principales diferencias entre clases.

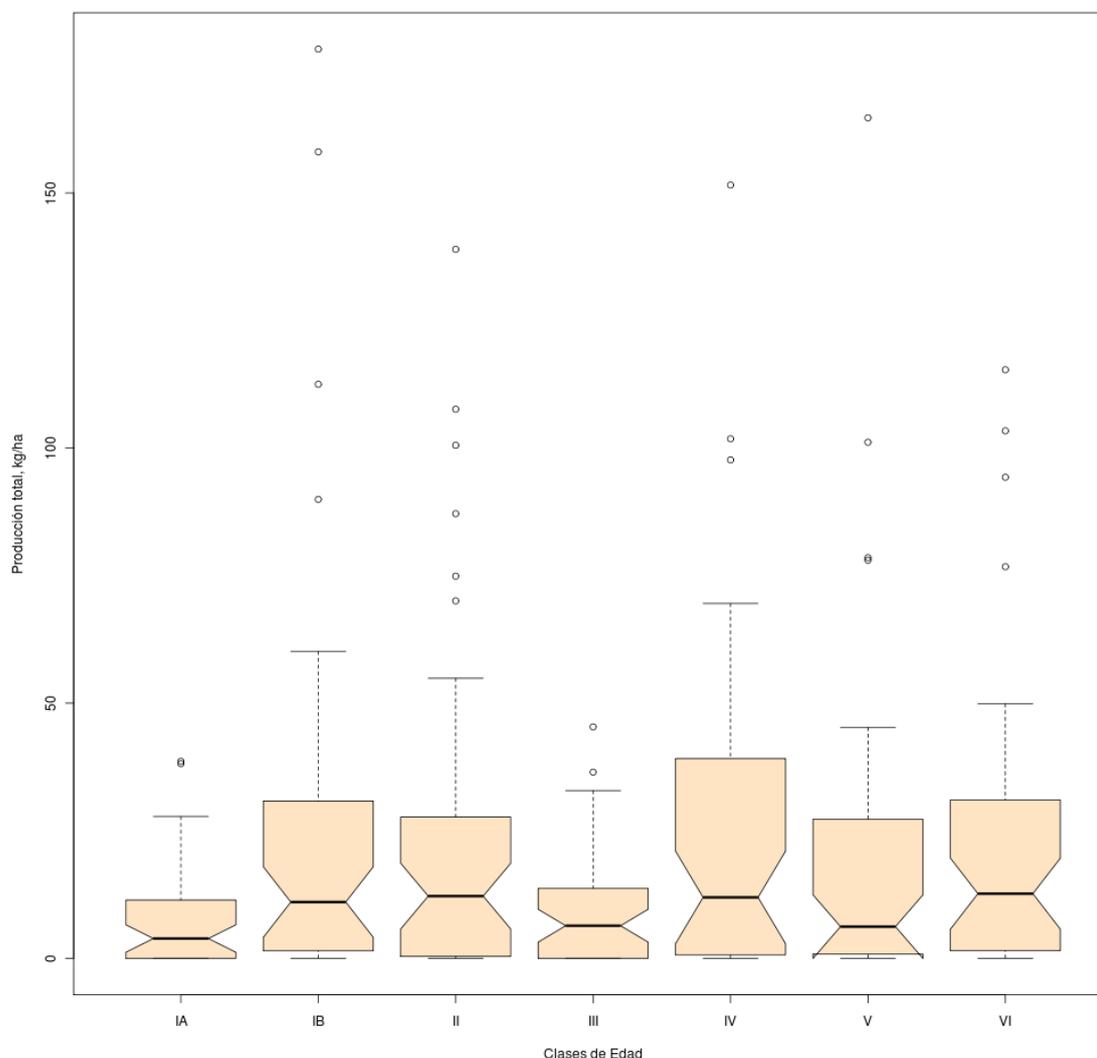


Figura 19. Análisis gráfico de las medianas de la producción en kg/ha de especies comestibles por clase de edad del arbolado. CEIA: 0-10 años, CEIB: mezcla de regenerado y árboles padre, CEII: 11-20 años, CEIII: 21-40 años, CEIV: 41-60 años, CEV: 61-90 años y CEVI: > 90 años.

A la hora de interpretar estos resultados hay que insistir en la elevada variabilidad asociada al muestreo, así, en la Figura 19, se puede observar que existen diferencias entre la clase IA con IB, II y VI; IB con III, II con III, IV con la V y V con VI.

También se observa que la menor variabilidad en la producción se da en las

clases IA y III, mientras que la mayor variabilidad se produce en la clase IV. En las clases IA, IB, II, IV, V y VI se observa que la mediana está en la parte inferior de la caja, lo que implica que hay mayor variabilidad en los valores superiores de producción. En general, se puede considerar que las producciones que marcan lo excepcional son las grandes producciones.

Las producciones medias de especies comestibles por clase de edad y año se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 11. Producción media estratificada en kg/ha arbolada del total de especies comestibles por clase de edad y año con sus errores típicos (Sp).

Año	CEIA	CEIB	CEII	CEIII	CEIV	CEV	CEVI	Total	Sp
1997	9,98	2,78	19,75	19,98	66,29	41,15	26,14	26,58	8,05
1998	3,80	0,73	65,33	7,47	84,16	19,78	44,00	32,18	12,44
1999	8,96	18,00	68,29	20,51	49,56	39,59	34,67	34,22	7,74
2000	4,64	4,67	15,69	4,60	14,09	12,67	32,76	12,73	3,81
2001	17,07	16,58	49,22	13,89	61,67	6,24	15,78	25,78	7,90
2002	13,25	47,69	15,27	10,30	37,89	35,23	19,42	25,58	5,48
2003	11,72	79,88	27,04	17,22	39,55	36,13	55,65	38,17	8,88
2004	3,87	6,97	0,00	1,70	1,53	0,92	1,72	2,39	0,88
2005	1,72	4,16	0,24	1,08	0,45	1,05	6,09	2,11	0,83
2006	12,92	66,62	41,31	12,41	21,77	37,91	62,56	36,50	8,40
2007	1,18	3,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,46
2008	3,26	20,30	23,87	16,03	9,69	57,17	24,15	22,07	6,52
2009	17,55	32,40	9,48	9,26	19,28	7,06	7,45	14,64	3,48
2010	10,92	73,85	35,58	9,73	7,34	19,60	4,64	23,09	9,33
2011	0,00	3,42	0,00	0,00	0,00	0,14	0,55	0,59	0,48
Total	7,39	25,42	24,74	9,61	27,55	20,98	22,39	19,82	3,01
SP	1,50	5,94	1,83	7,09	4,85	5,22	7,25	1,50	5,94

Se observa la producción escasa obtenida en la clase IA (0-10 años), que se recupera en las siguientes edades (CEIB y CEII, de 11 a 20 años), que presentan producciones muy destacables de especies comestibles. Posteriormente, se registra una disminución muy acusada en la CEIII (21-40 años) y un nuevo repunte en las clases maduras, (CEIV, CEV y CEVI, de 41 a >90 años).

5.2.4.3. Producción por especies

Se realiza un análisis de Kruskal-Wallis para cada una de las 12 especies que aportan el 90 % del peso. Los resultados (Tabla 12) indican que tanto para *Lactarius deliciosus*, *Suillus bellinii*, *Suillus granulatus* e *Hygrophorus*

agathosmus existen diferencias al 95 % entre clases de edad. Para *Lyophyllum fumosum*, *Russula xerampelina* y *Tricholoma terreum* la diferencia es menos marcada, aunque es significativa al 90 %.

Tabla 12. Análisis de Kruskal-Wallis para las especies que aportan el 90 % del peso. Se presenta el peso total en kg, el % de peso sobre el total y el % de peso acumulado, así como el p-valor para el test.

Especie	Peso total (g)	%	% acumulado	P-valor Kruskal-Wallis
<i>Lactarius deliciosus</i>	32,97	36,83	36,83	0.02817
<i>Suillus bellinii</i>	10,15	11,34	48,17	0.01513
<i>Suillus granulatus</i>	9,14	10,20	58,38	0.02555
<i>Hygrophorus agathosmus</i>	7,09	7,92	66,30	0.00479
<i>Russula xerampelina</i>	5,47	6,12	72,42	0.10090
<i>Macrolepiota procera</i>	4,27	4,77	77,19	0.18840
<i>Agaricus silvicola</i>	2,76	3,08	80,27	0.35020
<i>Tricholoma terreum</i>	2,73	3,05	83,33	0.08733
<i>Rhodocollybia butyracea</i>	2,07	2,31	85,63	0.67890
<i>Agaricus sylvaticus</i>	1,75	1,95	87,59	0.23720
<i>Lycoperdon perlatum</i>	1,32	1,48	89,07	0.44060
<i>Lyophyllum fumosum</i>	1,11	1,24	90,31	0.05266

A continuación se muestra la distribución de la producción por clases de edad del arbolado de las 12 especies que aportan el 90 % del peso total de especies comestibles.

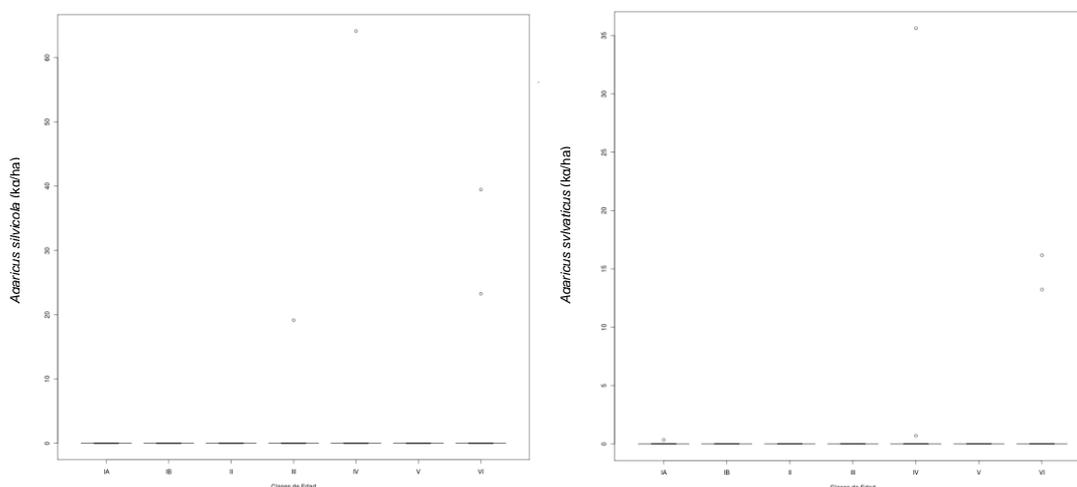


Figura 20. Análisis gráfico de las medianas de la producción en kg/ha de *Agaricus silvicola* y *Agaricus sylvaticus* por clase de edad del arbolado. CEIA: 0-10 años, CEIB: mezcla de regenerado y árboles padre, CEII: 11-20 años, CEIII: 21-40 años, CEIV: 41-60 años, CEV: 61-90 años y CEVI: > 90 años.

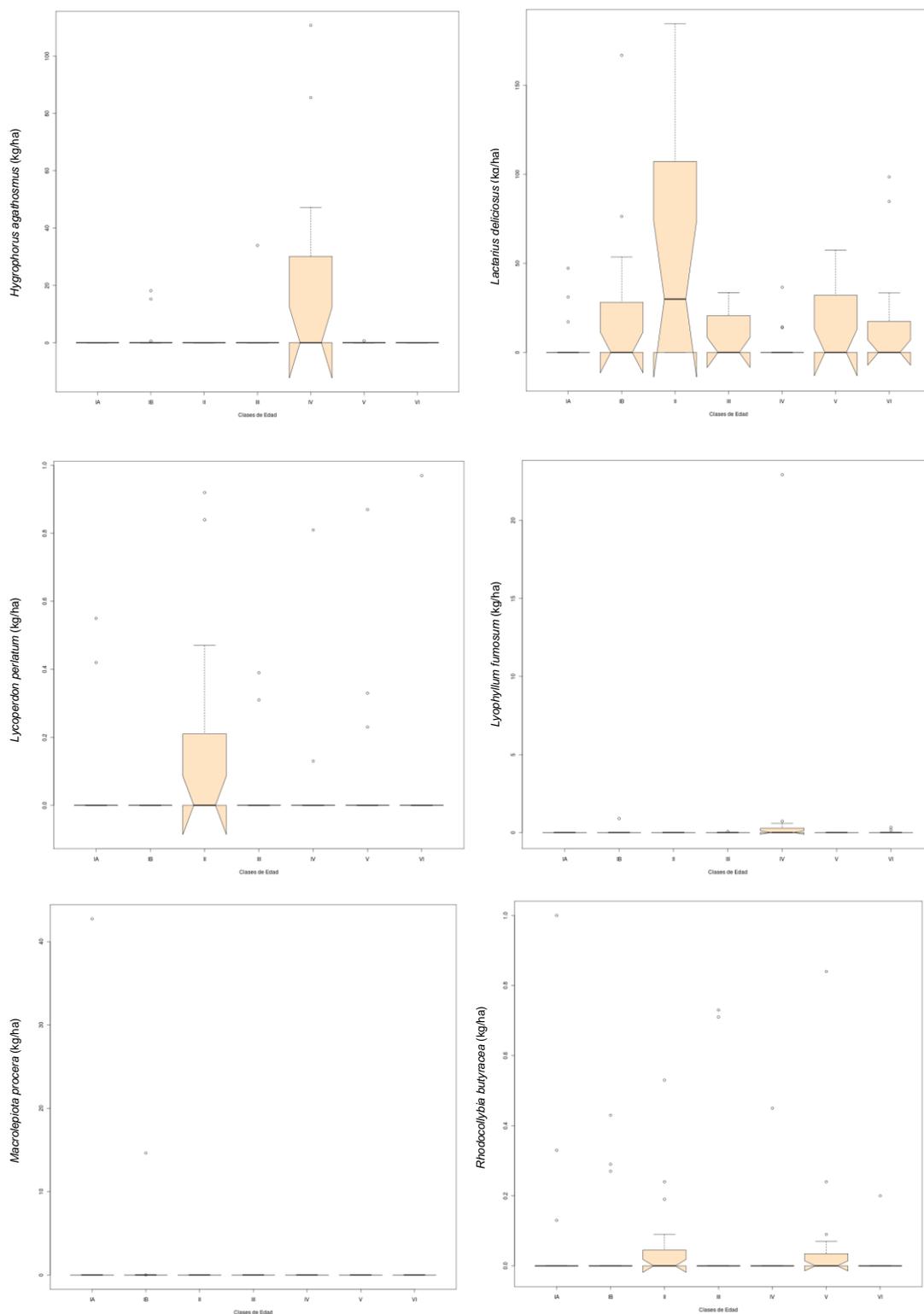


Figura 21. Análisis gráfico de las medianas de la producción en kg/ha de *Hygrophorus agathosmus*, *Lactarius deliciosus*, *Lycoperdon perlatum*, *Lyophyllum fumosum*, *Macrolepiota procera* y *Rhodocollybia butyracea* por clase de edad del arbolado.

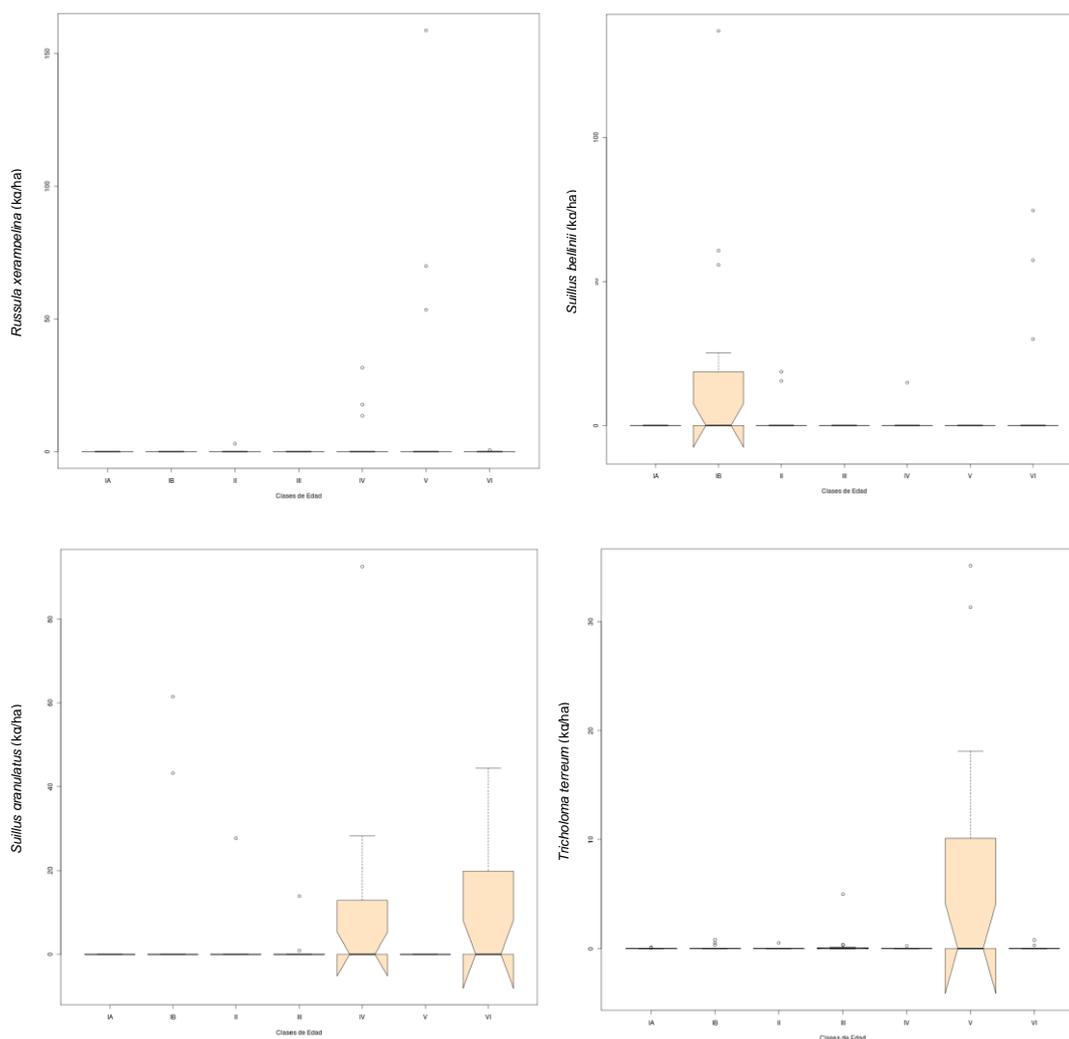


Figura 22. Análisis gráfico de las medianas de la producción en kg/ha de *Russula xerampelina*, *Suillus bellinii*, *Suillus granulatus* y *Tricholoma terreum* por clase de edad del arbolado.

Las especies que presentan producción a lo largo de todas las edades del arbolado han sido *Lactarius deliciosus*, *Lycoperdon perlatum* y *Rhodocollybia butyracea*.

Las dos especies del género *Suillus*, *Suillus bellinii* y *Suillus granulatus* se distribuyen por todas las clases de edad a excepción de la CEIA (0-10 años).

Se aprecia cómo la mayor producción de *Lactarius deliciosus*, especie que típicamente fructifica en masas jóvenes, tiene lugar en la CEII (11-20 años), teniendo asimismo una destacada recuperación en la CEV (61-90 años) y VI (> 90 años).

Russula xerampelina, *Tricholoma terreum* e *Hygrophorus agathosmus*, son

especies propias de edades maduras, las dos primeras presentan su mayor producción en la CEV y la tercera en la CEIV.

Discusión

6. DISCUSIÓN

Los bosques de *Pinus pinaster* objeto de estudio constituyen una masa forestal importante por su extensión, conservación e importancia socioeconómica. Estas masas boscosas se ordenaron hace más de un siglo con un fin preferencialmente maderero, que se conserva hoy en día. Sin embargo, los avances sociales y científicos han permitido diversificar la gestión de los montes hacia la multifuncionalidad, cobrando especial importancia el aprovechamiento micológico, cinegético y recreativo.

6.1. DIVERSIDAD ESPECÍFICA, COMPORTAMIENTO TRÓFICO Y COMESTIBILIDAD

La monoespecificidad arbórea de estas masas, unido a la homogeneidad del terreno, puede contrastar con la importante diversidad de especies fúngicas que albergan, ya que se han cuantificado 153 taxones de macromicetes epigeos en las parcelas de muestreo. Además, esta cifra tiene mayor valor si se tiene en cuenta que los muestreos corresponden sólo a especies de fructificación otoñal que habitan en un estrato relativamente homogéneo en fisiografía, vegetación y suelo (Tabla 7) y que, además, las parcelas de estudio son algo más pequeñas (150 m²) que las recomendadas para el análisis de la diversidad (Sarrionandia Areitio, 2006).

De ello se puede deducir que ampliando el inventario a otros estratos y épocas de fructificación, el número de macromicetes epigeos de estos bosques de *Pinus pinaster* pueda ser considerablemente mayor.

Asimismo, se debe señalar que en este trabajo se describe únicamente la diversidad de los carpóforos de macromicetes epigeos y que la diversidad de la micocenosis, en general, comprende un número muy superior de especies, cuyos cuerpos de fructificación o son hipogeos o muy inconspicuos (*Thelephoraceae*, *Corticaceae*). Dahlberg *et al.*, (1997) y Peter *et al.*, (2001) encuentran que aproximadamente la mitad de las micorrizas de un sistema forestal corresponden a hongos que no producen carpóforos conspicuos.

A la hora de comparar el número de especies presentes en otros ecosistemas forestales, hay que tener en cuenta que ésta depende de muchos factores como la heterogeneidad del habitat, el tamaño y distribución espacial de las parcelas, el número de años de seguimiento, la intensidad y la frecuencia del muestreo, entre otros.

Rydin *et al.*, (1997) consideran que los bosques de coníferas presentan una menor diversidad de especies que los de frondosas, aunque los datos encontrados en la bibliografía no muestran valores muy dispares entre los diferentes tipos de bosques (Sarrionandia Areitio, 2006).

Oria *et al.*, (2010) registran 84 especies distintas en 9 transectos de 2 x 50 m en bosques con presencia de *Pinus pinaster*, *Pinus nigra* y *Pinus halepensis* en el otoño de 2003. Martínez-Peña *et al.*, (2011a), señala la presencia de 119 especies en estudios muy similares llevados a cabo en bosques de *Pinus sylvestris* de la comarca de Pinares de Soria. Bonet *et al.*, (2004), en un estudio realizado entre 1995-1997, en masas de pino albar del Pirineo Central, encuentran 164 taxones. Estos mismos autores, en otro trabajo llevado a cabo en la misma zona entre 1997 y 2001, en masas de *Pinus sylvestris* de entre 23 y 60 años, encuentran 160 taxones (Martínez de Aragón *et al.*, 2007). Por otro lado, estudios realizados en el Norte de Finlandia, entre 1991-1994, registraron 167 taxones en masas de *Pinus sylvestris* de entre 100-200 años (Väre *et al.*, 1996). Por último, en bosques de coníferas de Inglaterra se registran 343 especies (Ferris *et al.*, 2000).

En cuanto a frondosas, Sarrionandía Areitio (2006) contabiliza 386 especies en encinares vascos. Por su parte, Keizer (1994a; 1994b) registra 258 especies en hayedos y 358 en robledales de Holanda.

Con respecto a la composición específica, los géneros que aportan mayor número de especies son *Russula* (15,0 %), *Cortinarius* (8,5 %), *Clitocybe* (5,9 %) y *Tricholoma* (5,2 %), lo cual es previsible dado el elevado número de especies que estos géneros presentan y su ecología tan amplia (Martínez-Peña, 2008; Breitenbach y Kränzlin, 1981; Moser, 1983). Un comportamiento semejante se observa en las masas de pino albar de la Comarca de Pinares de Soria, donde *Russula* (9,2 %), *Cortinarius* (8,4 %), y *Tricholoma* (6,7 %), son los tres géneros más importantes en aportar mayor número de especies. Ocurre algo similar en el Pirineo Central y también del Norte de Finlandia. En el primer caso, *Cortinarius* aporta un 15,2 %, *Tricholoma* un 12,8 % y *Russula* un 7,9 % (Bonet *et al.*, 2004) y en el caso finlandés, *Cortinarius* representa un 19,7 %, *Tricholoma* un 7,3 % y *Russula* un 6,1 % (Väre *et al.*, 1996).

El papel de los hongos en el funcionamiento de los ecosistemas es diferente en función del comportamiento trófico de las distintas especies. En los últimos años, se ha constatado que muchos ecosistemas forestales están sufriendo graves daños a causa de diversos factores como la contaminación atmosférica (Arnolds, 1991; Fellner, 1993). Derivado de ello, tanto la producción como la diversidad fúngica se ven afectadas, por un lado, las especies micorrícicas disminuyen su producción, mientras que las saprobias pueden llegar a ser favorecidas (Fellner, 1993). Este autor ha clasificado el grado de alteración de un sistema forestal en función del porcentaje de especies micorrícicas respecto del total de macromicetes. Si dicho porcentaje es inferior al 40 % y la proporción de saprobias lignícolas superior al 30 %, la alteración es "latente", pero si el valor de lignícolas supera el 40 %, la alteración es "grave". Por último, si las especies micorrícicas descienden por debajo del 20 % y las lignícolas superan el 55 %, la alteración es "letal". En nuestro estudio, el porcentaje de especies

micorrícicas es del 51,6 %, por lo que estas masas de *Pinus pinaster* no presentan alteración en el sentido descrito por Fellner (1993). Sin embargo, Sarrionandía Areitio (2006) considera que hay que tener cautela a la hora de utilizar proporciones de grupos tróficos como indicadores del estado de conservación de un ecosistema forestal, por varias razones, fundamentalmente ligadas a la necesidad de una metodología de inventario homogénea.

En bosques de pino albar, Martínez-Peña (2008) obtiene un 60,5 % de especies micorrícicas, mientras que Bonet *et al.*, (2004) registran un 87,8 % de macromicetes micorrícicos y Väre *et al.*, (1996) lo estiman en un 68,8 %. Otros trabajos similares, en otras formaciones vegetales, obtienen porcentajes de hongos micorrícicos superiores al 50 %; como Sarrionandía (2006) en encinares del País Vasco.

Se han registrado 56 especies comestibles (36,4 %), 92 especies no comestibles (60,4 %) y cinco especies tóxicas (3,2 %). La especie comestible de mayor valor comercial que fructifica en estos bosques es *Lactarius deliciosus*. Otras especies comestibles de cierta importancia presentes son *Tricholoma terreum*, *Macrolepiota* spp. e *Hygrophorus* spp. En estudios llevados a cabo por Martínez-Peña *et al.*, (2011b), se recolectaron 40 especies comestibles, lo que supone el 33,6 % del total de especies. Estos resultados son similares a los encontrados por Bonet *et al.*, (2004), con un 40 % de especies comestibles y Martínez de Aragón *et al.* (2007) con un 37,7 %. Oria de Rueda *et al.*, (2010) registran cifras algo inferiores, obteniendo un 13,1 % de especies comestibles.

6.2. PRODUCCIÓN DE ESPECIES COMESTIBLES

6.2.1. CRITERIOS PARA LA APLICACIÓN DEL ESTUDIO

Con objeto de poseer un conocimiento ecológico de las especies fúngicas y en aras a realizar una gestión adecuada de este recurso, es necesario cuantificar la abundancia y distribución espacial de las micocenosis en los sistemas forestales.

Los avances en técnicas moleculares permiten actualmente determinar, aunque de forma muy incipiente, la presencia de una especie fúngica concreta, así como la cuantificación de su micelio por volumen de suelo (Suz *et al.*, 2006; Parladé *et al.*, 2007; Hortal *et al.*, 2008). No obstante, no siempre existe una relación directa entre el volumen de micelio y la producción de carpóforos (Gardes y Bruns, 1996), por lo que los estudios basados en el seguimiento de carpóforos continúan siendo básicos en nuestros días, siempre teniendo en cuenta que existen muchos factores bióticos y abióticos que hacen que la producción de carpóforos presente una enorme variabilidad (Vogt *et al.*, 1992).

La función de los carpóforos en el ecosistema es triple, por un lado son los diseminadores de esporas sexuales, papel indispensable para el establecimiento de nuevos micelios, para la adaptación genética de los ya existentes o incluso para prevenir el flujo genético. Por otro lado, constituyen el alimento de la micro y macrofauna y son el nicho biológico de muchos insectos. Por último, contribuyen a la mineralización edáfica (Straatsma *et al.*, 2001).

En este estudio, se ofrece un volumen y serie continua de datos muy valiosa para la investigación forestal. Tan sólo existen referencias publicadas de series de datos superiores en número de años en la reserva suiza de le Chanéaz, con un diseño experimental establecido en 1977 e inventariado semanalmente de mayo a diciembre hasta la fecha (Straatsma *et al.*, 2001; Egli *et al.*, 2006). Este tipo de seguimientos deberían mantenerse en el tiempo, más aún en un contexto de cambio climático como el actual.

La estimación de la producción de carpóforos de macromicetes epigeos en sistemas forestales no cuenta con patrones unificados, como ya se ha podido ver en los distintos métodos aplicados. Sin embargo, la consecución de este trabajo podría orientar el diseño de futuros trabajos de estimación de producciones de carpóforos.

Primeramente, es importante resaltar la enorme variabilidad interanual de las producciones, con otoños hasta 18 veces más productivos que otros (Figura 14), lo que obliga a realizar inventarios durante varias campañas con el fin de obtener valores representativos de las micocenosis. En esta línea, la mayoría de los autores recomiendan periodos de muestreo superiores a 3 años (Sarrionandia Areitio, 2006). Esto se debe a la gran dependencia de la producción de variables climáticas y edafoclimáticas, junto con la irregularidad característica del clima mediterráneo, se considera adecuado un seguimiento de al menos 5 años para caracterizar la producción de macromicetes en estas formaciones vegetales.

La frecuencia semanal de muestreo ha resultado adecuada para el análisis de la producción de carpóforos en estas zonas. Una frecuencia menor podría subestimar la producción de muchas especies que sí completan sus ciclos vitales e incluso llegarían a iniciar la descomposición en dos semanas. En este sentido, Richardson (1970) señala que los errores más grandes en la estimación de la producción se producen debido a rutinas de muestreo con frecuencias inadecuadas. Frecuencias semanales de muestreo han sido utilizadas por diversos autores (Ohenoja y Koistinen, 1984; Vogt *et al.*, 1992; Fernández Toirán *et al.*, 2006; Martínez de Aragón *et al.*, 2007, Martínez-Peña *et al.*, 2011b).

El periodo de muestreo comprendido entre las semanas 35 y 50 también se considera adecuado. El 80 % de los años el mes más productivo ha sido noviembre, sin embargo, octubre también ha tendido producciones muy elevadas y comparte con

noviembre los momentos de máximo rendimiento. Se podría plantear retrasar el inicio de los muestreos al mes de octubre, por la escasa producción registrada en septiembre.

La forma, tamaño y vallado de las unidades muestrales utilizadas, se considera adecuado para este tipo de trabajos de investigación (Sjöblom *et al.*, 1979; Ohenoja, 1989; Fernández Toirán, 1994; Fernández-Toirán *et al.*, 2006, Martínez-Peña *et al.*, 2011b). Concretamente el vallado, a pesar de su mayor coste, resulta muy conveniente en situaciones de fuerte presión recolectora como ocurre en Pinares Llanos, un bosque de fácil acceso, bien comunicado y cercano a núcleos poblacionales, con una importante afluencia de recolectores locales y foráneos en otoño. En contraposición a las suposiciones de algunos autores (Sarrionandia Areitio, 2006), los vallados fueron respetados por la población.

La metodología de toma de muestras ha resultado clara, rápida y sencilla de llevar a cabo. Determinados autores proponen métodos de muestreo mucho más complicados de realizar, basados en el marcaje y conteo de los carpóforos, con el fin de evitar los posibles efectos derivados de la recolección de los mismos (Richardson, 1970; Ammirati, 1987; Straatsma *et al.*, 2001). Sin embargo, las últimas investigaciones apuntan a que dichos efectos son poco relevantes (Egli *et al.*, 2006), al menos en un corto periodo de tiempo y a pequeña escala, como ocurre con la superficie ajustada de parcela en este estudio.

Por otro lado, Smith *et al.*, (2002) señalan que el uso de parcelas permanentes en un inventario continuo aporta más información sobre la diversidad de carpóforos de un ecosistema, que el inventario de nuevas áreas (parcelas temporales).

Se recomienda una estratificación previa al establecimiento de las unidades de muestreo, facilitada hoy en día en gran medida por la aplicación de sistemas de información geográfica. Los criterios de estratificación más importantes a escala comarcal son los relativos a la vegetación, la naturaleza edáfica, el clima y la fisiografía (Gardner y Malajczuk, 1988; Hilton *et al.*, 1989; Martínez-Peña *et al.*, 2007). En particular, la fracción de cabida cubierta, el grado de ocupación de unas especies respecto de otras, el estado de desarrollo de la masa forestal, el carácter ácido o básico del suelo y topografía de vaguada o ladera-cacuminal constituyen importantes criterios de estratificación a tener en cuenta.

6.2.2. BIOMASA DE CARPÓFOROS

La producción media otoñal de carpóforos de especies comestibles para los 15 años de estudio en los bosques de *Pinus pinaster* muestreados, se estimó en $19,82 \pm 3,02$ kg/ha, lo que supone el 30,8 % de la producción total, oscilando entre los 38,17 kg/ha de 2003 y los 0,59 kg/ha de 2011. En general, estas cifras resultan menores a

las obtenidas por otros autores consultados, así:

Martínez-Peña *et al.*, (2011b), obtienen una producción de especies comestibles de 97,4 kg/ha. Resultados similares o algo superiores fueron obtenidos por Kardel y Eriksson (1987) en Suecia con 43 kg/ha y por Shubin (1986) que obtiene 153 kg/ha en masas de *Pinus sylvestris* en Rusia. Vare *et al.*, (1996) encuentran que la media anual de producción de especies comestibles fue cercana al 70 % del total. En Estonia, Kalamees y Silver (1988) registran entre 143 y 409 kg/ha de carpóforos comestibles. En bosques de *Pinus sylvestris* en el Pirineo, Bonet *et al.*, (2004) obtienen que los hongos comestibles suponen el 74 % de la producción total en peso fresco con 44,7 kg/ha. Producciones mayores son registradas por Oria de Rueda *et al.*, (2010), quienes obtienen 295 kg/ha en parcelas de *Pinus pinaster* y de 100 kg/ha en parcelas de *Pinus sylvestris*. Resultados similares registran Martín-Pinto *et al.*, (2006), con 273 kg/ha en masas de *Pinus pinaster* en Zamora, lo que supone un 82 % del total de la producción.

En el presente trabajo, la especie comestible que ha obtenido una mayor producción individual ha sido *Lactarius deliciosus*, con 6,08 kg/ha, lo que supone el 9,45 % del total de peso fresco y el 30,68 % del peso fresco de especies comestibles. Martínez-Peña *et al.*, (2011b) registran una producción de *Lactarius* grupo *deliciosus* de 10 kg/ha en masas de *Pinus sylvestris* de la comarca de Urbión de Soria, lo que supone un 10 % de la biomasa total de especies comestibles. Bonet *et al.*, (2004) obtienen producciones de *Lactarius deliciosus* de 1,36 kg/ha y conjuntas para *Lactarius deliciosus*, *L. sanguifluus* y *L. semisanguifluus* de 2,05 kg/ha de peso fresco. Martínez de Aragón *et al.*, (2007), obtienen producciones de níscolo de 0,29 kg/ha y conjuntas para *Lactarius* grupo *deliciosus* de 0,48 kg/ha, muy inferiores a las obtenidas en los estudios realizados en Soria.

Teniendo en cuenta estos resultados, nuestros bosques de pino resinero presentan una producción media de especies comestibles ligeramente baja y de *Lactarius deliciosus* elevada. Hay que tener en cuenta, asimismo, que a diferencia de los trabajos mencionados, en los bosques objeto de estudio no fructifican especies comestibles del género *Boletus*, que normalmente aportan un peso considerable. Sin embargo, la comparación de datos debe realizarse con cautela, pues las estimaciones no se han realizado siguiendo criterios homogéneos. Así, salvo en el estudio de Martínez-Peña (2008), en los demás, no se han vallado las parcelas lo que en algunas situaciones, donde la presión recolectora o el consumo de carpóforos por la fauna del bosque son elevados, pueden subestimar las producciones.

La biomasa aportada por cada taxon de la micocenosis es muy variable. Generalmente, una pequeña proporción de especies producen la mayoría de los carpóforos de una comunidad (Sarrionandia Areitio, 2006). Destacan por su abundancia, como especies comestibles más representativas de estas masas de *Pinus pinaster*, las 10 siguientes: *Lactarius deliciosus* (que constituye un 9,5 % de la

producción media del total de especies en peso fresco), *Suillus bellinii* (3,3 %), *Suillus granulatus* (3,0 %), *Hygrophorus agathosmus* (2,3 %), *Russula xerampelina* (2,1 %), *Macrolepiota procera* (1,5 %), *Rhodocollybia butyracea* (1,1 %), *Tricholoma terreum* (1,1 %), *Agaricus silvicola* (0,91 %) y *Agaricus sylvaticus* (0,53 %). En conjunto constituyen el 81, 95 % de la biomasa total de especies comestibles.

6.2.3. FRECUENCIA Y FENOLOGÍA

La fructificación fúngica es enormemente variable en lo que respecta a frecuencia interanual y fenología de la fructificación. A nivel específico, observamos que ante similares condiciones meteorológicas y de sitio, las especies presentan unos patrones de fructificación muy diverso. Así, no ha habido ninguna especie comestible que haya fructificado todos los años, sí lo han hecho *Gymnopus dryophilus* o *Hebeloma mesophaeum*. No obstante, especies como *Macrolepiota procera*, *Rhodocollybia butyracea* y *Suillus bellini*, han sido registradas en 14 de los 15 años estudiados. Por su parte, *Lactarius delisiosus* ha aparecido 11 de los 15 otoños muestreados. Otras especies como *Agaricus campestris*, *Agaricus cupreo-brunneus*, *Agaricus langei*, *Aleuria aurantia*, *Armillaria mellea*, *Calvatia excipuliformis*, *Clitocybe nebularis*, *Hygrophorus calophyllus*, *Hypomyces lateritius*, *Laccaria amethystina*, *Laccaria bicolor*, *Lactarius semisanguifluus*, *Lycoperdon mamiforme*, *Lycoperdon molle*, *Macrolepiota affinis*, *Macrolepiota mastoidea*, *Pluteus cervinus*, *Russula heterophylla*, *Russula vesca* y *Tricholoma portentosum*, tan sólo lo han hecho uno de los 15 otoños estudiados.

Los estudios moleculares han revelado que muchas especies ectomicorrícicas producen carpóforos con poca frecuencia (Dahlberg *et al.*, 2001). En este caso, el 68,3 % de los macromicetes ectomicorrícicos y el 75,3 % de los saprobios han sido clasificados de fructificación infrecuente (produjeron carpóforos en menos del 40 % de los años).

La fenología también puede ser muy diferente de unas especies a otras en idénticas condiciones bióticas y abióticas.

Los patrones de fructificación de las especies otoñales presentan varios períodos relevantes: a) el inicio de la fructificación b) uno o varios picos productivos y c) el declive o fin de la fructificación. La fecha, duración y patrón productivo de todos estos periodos están fuertemente condicionados por variables climáticas y edafoclimáticas, hasta el punto de llegar a explicar más del 60 % de la variabilidad (Martínez-Peña *et al.*, 2004). Distintos autores ponen de manifiesto la necesidad de un “choque” edafoclimático, para el desencadenamiento de la fructificación otoñal de carpóforos. Este contraste puede ser un descenso térmico (Rondet *et al.*, 2001; Largent y Sime, 1994; Rodríguez, 1995), o un incremento de la reserva de agua en el suelo (Hering, 1966; Laiho, 1970; Peredo *et al.*, 1983; Martínez de Aragón *et al.*, 2007).

El inicio de la fructificación en el área de estudio, entendiendo éste como una producción superior a 1 kg/ha por semana, se produjo en el 90 % de los años en octubre, concretamente en la semana 41. El mes generalmente más productivo en especies comestibles en estos bosques es noviembre, superior en 1,8 veces al segundo mes más productivo que fue octubre. Esta circunstancia ha tenido lugar el 80 % de los años. En 2001, 2006 y 2007 el mes más productivo ha sido octubre y en ningún caso ha sido septiembre el mes de mayor producción. Como valor medio, septiembre generó el 0,8 % de la producción de especies comestibles, octubre el 34,6 % y noviembre el 63,5 %. No obstante, estos valores hay que tomarlos con prudencia ya que la distribución de la producción puede variar mucho de unos años a otros y de unas especies a otras (Straatsma *et al.*, 2001).

Los estudios fenológicos son escasos, sin embargo, se constata que tanto el inicio de la fructificación, como los meses más productivos son muy diferentes de unas zonas a otras. De este modo, Martínez-Peña (2008) en su trabajo diseñado sobre una masa de pino albar, obtiene que el mes más productivo es octubre y que el inicio de la fructificación se da en la semana 39. Ello se explica debido a la mayor altitud a la que se sitúan estos bosques de pino silvestre, lo que conlleva condiciones climáticas diferentes, en comparación con la zona de estudio, de carácter más mediterráneo. Ohenoja y Koistinen (1984) sitúan el inicio de la fructificación “otoñal” de macromicetes de los bosques finlandeses dominados por pino albar, en la semana 30 o la semana 31, siendo agosto el mes más productivo, seguido de septiembre.

En lo referente a los grupos tróficos, las especies micorrícicas distribuyeron el 0,3 % de la producción en septiembre, el 49,7 % en octubre y 50,0 % en noviembre. La producción de saprobios lo hizo en un 4,4 % en septiembre, un 45,6 % en octubre y un 50,0 % en noviembre, con un patrón muy similar al de micorrícicos. Otros autores obtienen fructificaciones retrasadas de los hongos saprobios respecto a las especies micorrícicas, lo que podría explicarse en virtud de la dependencia trófica de los hongos micorrícicos por el hospedante, lo que les permitiría iniciar la fructificación ante umbrales de reserva de agua en el suelo inferiores a los requeridos para el inicio de la fructificación de los saprobios (Straatsma *et al.*, 2001).

El momento de producción máxima de los macromicetes comestibles se registra en la semana 45, seguida de las semanas 46, 43 y 44. En el estudio de Martínez-Peña (2008), se adelanta 2 semanas, para Ohenoja *et al.*, (1984), el pico productivo en el norte de Finlandia se adelanta unas 11 semanas, mientras que Straatsma *et al.*, (2001), en la reserva Suiza de le Chanèaz, observa un adelanto de 5 semanas, registrando su pico productivo en la semana 40. Como se ha comentado, el retraso de la fructificación en la masa arbórea objeto de estudio, se debe al carácter mediterráneo de la misma, con menor altitud, mayor temperatura, menor y más tardía precipitación.

El parón generalizado de la fructificación ha tenido lugar en la semana 49 en el 46,7 % de los años estudiados y en la 50 en el 33,3 % de los otoños. Martínez-Peña (2008) señala que en el 80 % de los años estudiados la producción se suspende antes de la semana 49, situación que en el presente estudio sólo se produce en un 6,7 % de los años de estudio. En otras latitudes, Ohenoja (1984) observa que de igual forma que se adelantaba el inicio de la producción en las masas de pino albar del norte de Finlandia, se adelanta también el fin de la campaña, cerrándose ésta en torno a la semana 40.

Recientes estudios realizados en el sur de Inglaterra, analizando registros de fructificación de setas tomados en 1400 localidades entre 1950 y 2005, han detectado adelantos en el inicio de la fructificación de carpóforos y retrasos en el fin de la misma, atribuyéndolos a los efectos del cambio climático (Gange *et al.*, 2008), aspecto que no se analiza en este trabajo.

La duración media de la campaña otoñal registrada en nuestras masas fue de 14 semanas, similar a la duración del periodo de producción de macromicetes en Pinar Grande (Soria) que es de 12 semanas (Martínez-Peña, 2008) y a la del Norte de Finlandia, cifrado en 2,5 meses Ohenoja (1984).

6.2.4. SUCESIÓN FÚNGICA

Las especies fúngicas, como las comunidades vegetales, presentan estadios sucesionales ligados a la evolución de los propios sistemas forestales. De esta forma, se ha comprobado que la respuesta a la edad del arbolado difiere entre los grupos tróficos (Le Tacon *et al.*, 1984; Garbaye y Le Tacon, 1986; Moorhead y Reynolds, 1992; Senn-Irlet y Bieri, 1999), respuesta que puede relacionarse con la distinta capacidad del sustrato. En paralelo al crecimiento del bosque, el contenido de azúcares en la raíz cambia, la capa de humus evoluciona y, consecuencia de ello, el suelo forestal incrementa su capacidad de mantener una temperatura y humedad adecuadas. Estas condiciones favorecen el crecimiento fúngico y la fructificación.

A continuación se analiza la estructura de los macromicetes comestibles en función de la edad del arbolado en la masa de *Pinus pinaster* objeto de este estudio.

6.2.4.1. Clase de edad IA

De acuerdo a nuestros resultados (Figuras 19, 20, 21, 22 y Tabla 11), en los 10 años posteriores a la corta, se produce un descenso importante en la producción de carpóforos de macromicetes comestibles, que comienza a recuperarse en las siguientes clases de edad.

En lo relativo a biomasa, la media estratificada de la producción de carpóforos en esta clase de edad fue de 7,40 kg/ha arbolada (Tabla 11). El nº de carpóforos/ha se ha cifrado en 1299,26.

En cuanto a especies, en los 10 años posteriores a la corta se han registrado fructificaciones de 22 taxones comestibles, de los el 27,3 % son micorrícicos y el 72,7 % saprobios, porcentajes, que en el conjunto de las clases de edad suponen el menor y el mayor respectivamente para los grupos tróficos citados. Es lógico, si tenemos en cuenta la corta del arbolado, que en gran medida, perjudica la aparición de especies micorrícicas y la acumulación de restos de corta, que favorece la presencia de especies saprobias, ya sean humícolas o lignícolas.

Entre los macromicetes comestibles se encuentran especies de géneros característicos de estadios precoces como *Laccaria* (Strullu, 1991; Fernández Toirán *et al.*, 2006). Las especies pioneras (*r-selection*) se caracterizan por presentar una alta capacidad reproductiva, ciclos de vida cortos, poca especificidad por el hospedante, cuerpos de fructificación pequeños y abundantes, escasos cordones miceliarios y bajos requerimientos de carbohidratos procedentes del hospedante (Frankland, 1992).

Hay que destacar, sin embargo, que en esta primera clase de edad, también se registraron otras especies consideradas de estadios sucesionales más avanzados como *Amanita*, *Russula*, *Tricholoma* o *Lactarius*. Esto, según Frankland (1992), puede ser interpretado como una consecuencia del elevado potencial inoculador acumulado en estos suelos forestales durante años, por las masas precedentes a la corta. Además, hay que destacar que se trata de bosques con una importante intervención humana que puede alterar la evolución normal de la masa forestal.

Entre las especies saprobias, destacan las lignícolas, que durante este periodo comienzan la degradación de los restos de las cortas (tocones, raíces muertas, ramillas, etc.) como *Pholiota*, *Gymnopilus* y *Pluteus*, entre otras.

Desde el punto de vista de comestibilidad, la especie más destacable es *Lactarius deliciosus*, registrando una producción media de 2,23 kg/ha. Martínez-Peña (2008), en masas de *Pinus sylvestris* en Soria para este grupo de especies en edades similares del arbolado obtiene producciones de 5,45 kg/ha más del doble de lo obtenido en Pinares Llanos, aunque en este caso se trata del grupo *Lactarius deliciosus*.

6.2.4.2. Clase de edad IB

En la clase de edad IB (mezcla de regenerado y árboles padre), se produce un aumento importante de la producción de carpóforos de macromicetes comestibles respecto a la CEIA, que se mantiene en la siguiente clase de edad (CEII). La

producción se cifra en 25,42 kg/ha arbolada de especies comestibles. El nº de carpóforos/ha se ha estimado en 1109,63.

En cuanto a especies, en este rango de edad se registran fructificaciones de 20 taxones comestibles, de entre ellos, el 55,0 % son especies micorrícicas y el 45,0 % son saprobias. Tiene lugar, como vemos, un aumento destacable en el número de especies micorrícicas y una disminución en el de especies saprobias, fruto de la presencia del arbolado adulto. También por esta razón se registran producciones destacables de especies de los géneros *Hygrophorus*, *Tricholoma*, *Lactarius* y *Russula*, géneros propios de masas maduras (Kranabetter *et al.*, 2005). *Lactarius deliciosus* presenta una producción importante en esta clase de edad, de 8,75 kg/ha arbolada.

6.2.4.3. Clase de edad II

La producción de especies comestibles obtenida en la segunda clase de edad (11-20 años), según nuestros datos (Figuras 19, 20, 21, 22 y Tabla 11) no difiere del resto de clases de edad salvo la CEIII y la CEV. Ésta alcanza los 24,74 kg/ha, cifra elevada y más cuando se compara con las CEIA y CEIII, anterior y posterior, lo que parece explicarse por la buena producción de *Lactarius deliciosus* en esta clase de edad. El nº de carpóforos/ha ha sido de 1469,63.

En este grupo de edad del arbolado, se han registrado 24 especies comestibles, de las que 10 lo hacen por primera vez. Del total de taxones comestibles, el 58,3 % son micorrícicos y el 41,7 % son saprobios. Aumenta de manera importante el peso de las especies micorrícicas, como *Suillus bellinii*, *Suillus granulatus* e *Hygrophorus agathosmus*.

Lactarius deliciosus registra una producción media de 13,47 kg/ha en esta clase de edad, la más elevada a lo largo de la edad del arbolado, con diferencias importantes respecto a las otras clases de edad. Es destacable que la producción de esta especie en este rango de edad del arbolado en 1999 se ha cifrado en 61,53 kg/ha. Martínez-Peña *et al.*, (2011b), cifra en 18,44 kg/ha la producción de este grupo de especies, aunque en este caso la edad del arbolado es algo superior (16-30 años). Otros trabajos también obtienen que esta especie fructifica principalmente en bosques jóvenes de coníferas de menos de 40 años (Fernández-Toirán *et al.*, 2006; Kranabetter *et al.*, 2005). Sin embargo, Bonet *et al.*, (2004) señala que el niscalco no muestra preferencia por ninguna clase de edad del arbolado en un estudio realizado en masas de *Pinus sylvestris* en los Pirineos.

Estos datos ponen de manifiesto que estas áreas regeneradas recuperan su producción para la principal especie de interés socioeconómico de estos bosques,

Lactarius deliciosus.

6.2.4.4. Clase de edad III

La clase de edad III (21-40 años), presenta una producción de carpóforos de macromicetes comestibles (Figuras 19, 20, 21, 22 y Tabla 11) más baja que la precedente, producción que se recupera en las siguientes clases de edad. La producción se cifra en 9,61 kg/ha arbolada de especies comestibles, casi tres veces inferior a las clases de edad anterior y posterior. El nº de carpóforos/ha se ha cifrado en 666,67. Este descenso tan acusado, puede deberse a una calidad de estación inferior de estas parcelas y a los tratamientos selvícolas llevados a cabo en esta clase, como las claras y clareos, que pueden tener un efecto inicial negativo.

En cuanto a especies, en este rango de edad se registran fructificaciones de 23 taxones comestibles, cifra similar a los 24 de la CEII. De entre ellos, el 43,0 % son especies micorrícicas y el 52,2 % saprobias. Sólo 6 especies fructifican por primera vez en este momento, y de ellas, únicamente 1 es micorrícica. Las claras que tienen lugar en gran parte en este periodo, de acuerdo con algunos trabajos, tienen consecuencias positivas para la producción y diversidad fúngica (Sjöblom *et al.*, 1979; Kirsi y Oionem, 1981; Shubin, 1986; Ohenoja, 1988; Egli *et al.*, 1990). Sin embargo, estos trabajos están ubicados en el norte y centro de Europa, zonas que se recuperan más rápidamente de estos tratamientos, que en nuestro territorio, con condiciones mediterráneas, podrían tener un impacto negativo inicial, pero positivo a largo plazo.

Lactarius deliciosus registra una producción de 3,50 kg/ha arbolada, cifra un 74,0 % inferior a la CEII, lo cual también ayuda a explicar el descenso importante de la producción para el conjunto de especies comestibles. Entre los taxones presentes, destacan especies de géneros propios de clases maduras como *Russula*, *Tricholoma* e *Hygrophorus*.

6.2.4.5. Clase de edad IV

La producción media de macromicetes epigeos en la clase de edad IV (41-60 años) ha sido de 27,55 kg/ha, la mayor producción de estas especies a lo largo del desarrollo del bosque. Esta producción es mayor a la de las clases posteriores CEV y CEVI y también a la de las clases inferiores, a excepción de la CEII. Todo ello, a pesar de que la producción de *Lactarius deliciosus* en esta clase, es relativamente baja (2,43 kg/ha), si se compara con la clase II. Asimismo, se ha obtenido el mayor número de carpóforos por hectárea de superficie arbolada: 2137,78.

Coincidió este periodo con el mayor número de especies comestibles, 30, de las que el 63,3 % son especies micorrícicas y el 33,3 % son saprobias. Lo que unido al

dato de mayor producción, tanto en peso como en número, sitúa a esta clase de edad como la de mayor rendimiento, lo que concuerda en general, con las hipótesis de mayor diversidad y producción de especies micorrícicas en masas maduras que defienden distintos autores, incluso aquéllos basados en el estudio de raíces micorrizadas y en técnicas moleculares (Peter *et al.*, 2001). Sin embargo, no coincide con el modelo expuesto por Dighton y Mason (1985), quienes sugieren una gran disminución en la riqueza de especies en estadios sucesionales tardíos, debido a la acumulación de humus y a la eutrofización. Una explicación lógica a este resultado puede estar relacionada con la escasa acumulación de nutrientes en suelos pobres (Keizer y Arnolds, 1994), a la relativa juventud de nuestros bosques “maduros” y también a la intervención humana, con claras y desbroces.

Aparecen por primera vez 10 taxones comestibles: *Agaricus campestris*, *Armillaria mellea*, *Hydnum rufescens*, *Hygrophorus olivaceoalbus*, *Laccaria amethystina*, *Lactarius sanguifluus*, *Lactarius semisanguifluus*, *Russula vesca*, *Sarcodon imbricatus* y *Suillus luteus*. Según distintos autores (Hintikka, 1988; Keizer y Arnolds, 1994; Matsuda e Hijii, 1998; Smith *et al.*, 2002; Kranabetter *et al.*, 2005; Fernández-Toirán *et al.*, 2006) las especies de los géneros *Lactarius*, *Russula* e *Hygrophorus*, son propias de bosques maduros.

6.2.4.6. Clase de edad V

En la clase de edad V (61-90 años), se produce un descenso sensible en la producción de carpóforos de macromicetes comestibles respecto a la clase anterior. La producción se cifra en 20,98 kg/ha arbolada de especies comestibles. La producción en este momento es sensiblemente inferior a la obtenida en la clase siguiente. El nº de carpóforos/ha se ha cifrado en 1718,52. Teniendo en cuenta la avanzada edad del bosque, parece lógico que empiece a disminuir la producción de macromicetes.

En cuanto a especies, en este rango de edad se registran fructificaciones de 28 taxones comestibles, cifra similar a los 24 de la CEII. De éstas, el 64,3 % son especies micorrícicas y el 35,7 % saprobias. De éstas, 5 han aparecido por primera vez: *Aleuria aurantia*, *Hygrophorus calophyllus*, *Hygrophorus camarophyllus*, *Hygrophorus chrysodon* y *Tricholoma portentosum*. *Hygrophorus* spp. y *Tricholoma* spp., como ya se ha comentado, muy habituales en estadios avanzados del arbolado.

Entre los macromicetes comestibles se encuentran especies de géneros característicos de estadios tardíos como *Tricholoma*, *Russula*, *Lactarius* e *Hygrophorus* (Dighton y Mason, 1985; Kranabetter *et al.*, 2005; Fernández Toirán *et al.*, 2006). Especies, de estrategia (k), que generalmente se caracterizan por elevadas demandas de carbono, crecimiento micelial lento, grandes esporocarpos y con

preferencia por los hábitats donde los nutrientes se encuentran en la fracción orgánica del suelo (Dighton y Mason, 1985). *Tricholoma terreum* presenta en esta clase de edad la producción más alta, con diferencias importantes respecto a las restantes.

La producción de *Lactarius deliciosus* registra en este momento cierto aumento, respecto a la clase anterior. Se cifra en 5,47 kg/ha arbolada.

6.2.4.7. Clase de edad VI

La producción media de macromicetes epigeos en la clase de edad VI (>90 años) es de 22,37 kg/ha. Esta producción es sensiblemente mayor a la de la clase precedente (CEV). Este aumento es debido a la recuperación de la producción de *Lactarius deliciosus*. La producción en número de carpóforos por ha de superficie arbolada ha sido de 1143,70.

En lo que se refiere a especies, en este rango de edad se registran fructificaciones de 28 taxones comestibles, cifra similar a los 24 de la CEII. De entre ellos, el 54,2 % son especies micorrícicas y el 45,8 % saprobias, valores que como vemos se ajustan, fruto del descenso de la producción y de la aparición generalizada de restos de corta y amplios claros en los bosques, factores que favorecen el desarrollo de especies saprobias. De entre las especies comestibles presentes en este rango de edad, únicamente un taxón ha sido registrado por primera vez: *Pleurotus eryngii*, aunque la presencia de esta especie va a depender de la presencia del sustrato donde se desarrolla, habitualmente en las raíces muertas del cardo corredor.

La producción de *Lactarius deliciosus* registra en este momento un aumento sensible. Se estima en 6,71 kg/ha arbolada. Esta importante producción en edades tardías del arbolado ha sido documentada en otros trabajos (Oria de Rueda, 1989; Martínez-Peña *et al.*, 2011b), de los que se deduce, como en nuestro caso, que esta especie fructifica en masas jóvenes del arbolado con no demasiada cobertura, a la vez que en masas viejas abiertas.

Conclusiones

7. CONCLUSIONES

7.1. COMPOSICIÓN ESPECÍFICA, COMPORTAMIENTO TRÓFICO Y COMESTIBILIDAD

1. Las masas de *Pinus pinaster* estudiadas presentan una elevada diversidad de carpóforos de macromicetes epigeos, con un total de 153 taxones pertenecientes a 56 géneros, principalmente de la división *Basidiomycota*. Los géneros *Russula*, *Cortinarius*, *Clitocybe*, *Tricholoma*, *Mycena*, *Macrolepiota*, *Hygrophorus* e *Inocybe* han aportado más del 50 % de los taxones.

2. El 51,6 % de los taxones son macromicetes micorrícicos y el 47,1 % saprobios, lo que indica que estos bosques no presentan alteración en el sentido descrito por Fellner (1993).

3. El 36,4 % de las especies han resultado ser comestibles, el 60,4 % especies no comestibles y el 3,2 % son parásitas.

7.2. PRODUCCIÓN DE CARPÓFOROS DE ESPECIES COMESTIBLES

4. La producción de carpóforos comestibles registrada entre 1997 y 2011 ha sido de $19,82 \pm 3,02$ kg/ha arbolada y año, lo que supone el 30,8 % de la producción total.

5. Las 10 especies comestibles más abundantes en peso fresco han sido: *Lactarius deliciosus*, *Suillus bellinii*, *Suillus granulatus*, *Hygrophorus agathosmus*, *Russula xerampelina*, *Macrolepiota procera*, *Rhodocollybia butyracea*, *Tricholoma terreum*, *Agaricus silvicola* y *Agaricus sylvaticus*. En conjunto, constituyen el 81,95 % de la biomasa total de especies comestibles.

6. La especie comestible más abundante en peso fresco y en número de carpóforos por hectárea ha sido *Lactarius deliciosus* con 6,08 kg/ha y 257,99 carpóforos/ha.

7. La producción de carpóforos presenta una acusada variabilidad interanual, registrándose otoños 18 veces más productivos que otros (si exceptuamos los años de producción prácticamente nula).

8. El inicio generalizado de la fructificación tiene lugar en la semana 41 (octubre) en el 90 % de los años. En cuanto al declive de la producción se produce en la semana 49 (noviembre) en el 46,7 % de los años.

9. Como valor medio, septiembre ha generado el 0,8 % de la producción de carpóforos comestibles, octubre el 34,6 % y noviembre el 63,5 %.

10. *Lactarius deliciosus* comienza su fructificación la semana 40 y finaliza en la semana 49. El mes más productivo ha sido noviembre con el 63,9 % de la producción de niscaló, seguido de octubre, con el 35,9 %.

7.2.1. SUCESIÓN FÚNGICA

11. La producción de carpóforos de macromicetes comestibles ha registrado un descenso importante durante los 10 años posteriores a la corta de regeneración (clase de edad IA).

12. La presencia de árboles padre (CEIB), aumenta sensiblemente la producción de esta clase de edad IB respecto de la CEIA, con árboles del mismo grupo de edad.

13. La clase de edad con mayor producción de especies comestibles se corresponde con edades maduras (CEIV: 41-60 años), a continuación se produce un descenso sensible en las clases posteriores.

14. En la CEIII se produce una bajada de la producción que podría ser debida a una inferior calidad de estación de estas parcelas, o bien al efecto puntual del tratamiento de claras realizado en este momento del desarrollo de la masa arbórea.

15. *Tricholoma terreum* presenta su mayor producción en la CEV, con diferencias importantes respecto a las otras clases de edad.

16. La producción de *Lactarius deliciosus* registró diferencias sensibles con la edad, manifestándose en una elevada producción en masas jóvenes (CEII) e importante recuperación de la misma en masas viejas próximas a la corta (CEV y CEVI).

Bibliografía

8. BIBLIOGRAFÍA

- Abuzinadah, R.A., Read, D.J. (1989). The role of proteins in the nitrogen nutrition of ectomycorrhizal plants. IV. The utilization of peptides by birch (*Betula pendula* L.) infected with different mycorrhizal fungi. *New Phytol.*, 112: 55-60.
- Ágreda, T., Fernández, L.M. (2008). Productividad micológica de una masa de *Pinus pinaster* del sudeste de la provincia de Soria. *Boletín Micológico de FAMCAL*, 73-79.
- Ágreda, T., Fernández-Toirán, L.M., Martínez-Peña, F. (2010). *Los hongos y el bosque. Principales especies, su ecología y aprovechamiento en Soria*. Cesefor.
- Ágreda, T., Fernández-Toirán, L.M., Martínez-Peña, F. (2008). On line database www.gbif.es.
- Alexander, S.J., Pilz, D., Weber, N.S., Brown, E., Rockwell, V.A. (2002). Value estimates of commercial mushrooms and timber in the Pacific northwest. *Environmental Management*, 30: 129-141.
- Allué Andrade, J. (1990). *Atlas fitoclimático de España. Taxonomías*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.
- Allué Andrade, J. (1989). *Modelo numérico para una taxonomía fitoclimática*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. I.N.I.A., Madrid.
- Allué, J. (1966). *Subregiones fitoclimáticas de España*. Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones y Experiencias, Madrid.
- Altellarrea Martínez, J.M., Martínez-Peña, F. (2007). Dinámica de la producción de carpóforos, presión recolectora y aprovechamiento del hongo ectomicorrízico comestible *Hygrophorus marzuolus* en Pinar Grande (Soria). *Boletín Micológico de FAMCAL*, 2: 147-159.
- Álvarez, I. F. (1991). Ecología, fisiología e implicaciones prácticas de las ectomicorrizas. En J. Olivares y J. M. Barea, *Fijación y movilización biológica de nutrientes*. CSIC, Madrid, Vol II. 247-259 pp.
- Amaranthus, M.P., Perry, D.A. (1994). The functioning of ectomycorrhizal fungi in the field: linkages in space and time. *Plant Soil*, 159: 133-140.
- Ammirati, J. (1987). Spatial and temporal distributions of ectomycorrhizal fungi in a Douglas-fir plantation. En D. Sylvia, L. L. Hung, & J. H. Graham, *Mycorrhizae in the next decade*. 7th NACOM, IFAS, University of Florida, Gainesville.

- Anzer, H. (1982). Pilzberatungstellen: Segen oder Fluch? *Natur und Umwelt*, 62: B6-B7.
- Arnolds, E. (1995). Conservation and management of natural populations of edible fungi. *Can. J. Bot.*, 73: S987-S998.
- Arnolds, E. (1991). Decline of ectomycorrhizal fungi in Europe. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 35: 209-244.
- Arnolds, E. (1981). *Ecology and coenology of macrofungi in grasslands and moist heath-lands in Drenthe, the Netherlands. Part 1. Introduction and synecology.* Cramer, Vaduz, Liechtenstein.
- Arnolds, E. (1988). Status and classification of fungi communities. En J. Barkman, (Ed.) *Dependant plant communities.* Sykora K.V.SPB Acad. Publ., Amsterdam, 153-165 pp.
- Ballard, T. (2000). Impacts of forest management on northern forest soils. *For. Ecol. Manag.*, 133: 37-42.
- Baptista, P., Martins, A., Tavares, R.M., Lino-Neto, T. (2010). Diversity and fruiting pattern of macrofungi associated with chestnut (*Castanea sativa*) in the Trás-os-Montes region (Northeast Portugal). *Fungal Ecology*, 3: 9-19.
- Barroetaveña, C., La Manna, L., Alonso M.V. (2008). Variables affecting *Suillus luteus* fructification in ponderosa pine plantations of Patagonia (Argentina). *For. Ecol. Manag.*, 256: 1868-1874.
- Beguery, P., Berger, S. (1998). Les relations cèpes-écosystème forestier. Vers une culture des cèpes. *Fôret-Entreprise*, 122: 33-38.
- Boa, E. (2004). *Wild edible fungi: a global overview of their use and importance to people.* FAO, Roma, 161 pp.
- Boddy, L., Watkinson, S.C. (1995). Wood decomposition, higher fungi, and their role in nutrient redistribution. *Can. J. Bot.*, 73: 1377-1383.
- Bonet J.A., Fischer, C.R., Colinas, C. (2004). The relationship between forest age and aspect on the production of sporocarps of ectomycorrhizal fungi in *Pinus sylvestris* forests of the central Pyrenees. *For. Ecol. Manag.*, 203: 157 - 175.
- Bonet Lledós, J. (1996). *Efecto de la edad de la estación en la producción de hongos micorrízicos comestibles en masas de Pinus sylvestris L.* Proyecto Fín de Carrera, Universidad de Lérida.

- Brandes, B., Godbold, D.L., Kuhn, A.J., Jentschke, G. (1998). Nitrogen and phosphorus acquisition by the mycelium of the ectomycorrhizal fungus *Paxillus involutus* and its effect on host nutrition. *New Phytol.*, 140: 735-743.
- Breitenbach, J., Kränzlin, F. (1981). *Acta Bot. Neerl.* Edition Mykologia, Lucerne.
- Breitenbach, J., Kränzlin, F. (1991). *Champignons de Suisse. Vol 3: Bolets et champignons à lames 1.* Société de Mycologie de Lucerne, Lucerne.
- Breitenbach, J., Kränzlin, F. (1995). *Champignons de Suisse. Vol 4: Champignons à lames 2.* Société de Mycologie de Lucerne, Lucerne.
- Breitenbach, J., Kränzlin, F. (1984). *Champignons de Suisse. Vol. 1: Les Ascomycètes.* Société de Mycologie de Lucerne, Lucerne, 310 pp.
- Breitenbach, J., Kränzlin, F. (1986). *Champignons de Suisse. Vol. 2: Hétérobasidiomycètes, Aphyllophorales, Gastéromycètes.* Société de Mycologie de Lucerne, Lucerne.
- Breitenbach, J., Kränzlin, F. (2000). *Champignons de Suisse. Vol. 5: Champignons à lames 3.* Société de Mycologie de Lucerne, Lucerne.
- Brownlee, C., Duddridge, J.A., Malibari, A., Read, D.J. (1983). The structure and function of mycelial system of ectomycorrhizal roots with special reference to their role in forming interplants connections and providing pathways for assimilate and water transport. *Plant Soil*, 71: 433-443.
- Brummit, R.K., Powell, C.E. (1992). *Authors of plant names.* Royal Botanic Gardens, Kew.
- Calonge, F. (1990). *Setas (hongos). Guía ilustrada.* Mundi-Prensa, Madrid.
- Cantero, A. (2003). Socio-economía y paisaje forestal de la sierra de Gredos. El caso de El Arenal (Ávila). *Cuadernos de la SECF*, 16: 309-313.
- Clavería, V. (2007). *Estudio de la comunidad ectomicorrícica de un bosque maduro de Quercus ilex subsp. ballota su caracterización y dinámica espacio-temporal.* Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad de Navarra.
- Cochran, W. (1977). *Sampling techniques.* John Wiley & Sons, New York, 428 pp.
- Cooke, R. (1977). *The biology of simbiotic fungi.* John Wiley & Sons, New York, 428 pp.
- Cromack Jr, K., Todd, R.L., Monk, D.C. (1975). Patterns of basidiomycete nutrient accumulation in conifer and deciduous forest litter. *Soil Biol. Biochem.*, 7: 265-268.

- Cuesta Albertos, E., García Gil, G., Sánchez García, A., Soto Rábanos, J.A. (1994). *Setas de la provincia de Segovia*. Segovia.
- Dahlberg, A., Schimmel, J., Taylor, A.F.S., Johannesson, H. (2001). Post-fire legacy of ectomycorrhizal fungal communities in the Sweden boreal forest in relation to fire severity and logging intensity. *Biol. Conserv.*, 100: 151-161.
- Dahlberg, A., Stenstrom, E. (1991). Dynamic changes in nursery and indigenous mycorrhiza of *Pinus sylvestris* seedlings planted out in forest and clearcuts. *Plant Soil*, 136:73-86.
- Danielson, R.M., Visser, S. (1989). Host response to inoculation and behaviour of introduced and indigenous ectomycorrhizal fungi of jack pine on soil-sand tailings. *Can. Journ. For. Res.*, 19: 1412-1421.
- Dantin Cerceda, J., Revenga Carbonell, A. (1941). *Las líneas y las zonas ixóseras de España, según los índices termopluriométricos. Avance al estudio de la aridez en España*. Estudios Geográficos II: 35-91, Madrid.
- De Román, M., Boa, E. (2004). Collection, marketing and cultivation of edible fungi in Spain. *Micología Aplicada Internacional*, 16: 25-33.
- De Román, M., Boa, E. (2006). The marketing of *Lactarius deliciosus* in Northern Spain. *Economic Botany*, 60: 284-290.
- de Román, M., de Miguel, A.M. (2005). Post-fire, seasonal and annual dynamics of the ectomycorrhizal community in a *Quercus ilex* L. forest over a 3 year period. *Mycorrhiza*, 15: 471-482.
- de Vries, P. (1986). *Sampling Theory for forest inventory*. Springer-Verlag, Wageningen, 399 pp.
- Delaroière, F. (1998). Les champignons: une ressource forestière à développer. *Fôret-Enterprise*, 122: 25-27.
- Delmas, J. (1989). *Les champignons et leur culture. Culture actuelle et potentielle des champignons supérieurs*. La Maison Rustique, Paris.
- Dennis, R. (1968). *British Ascomycetes*. Cramer, Lehre.
- Díaz Balteiro, L., Álvarez-Nieto, A., Oria de Rueda, J.A. (2003). Integración de la producción fúngica en la gestión forestal. Aplicación al monte "Urcido" (Zamora). *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.*, 121: 15-19.

- Dickinson, D. (1982). The decay of commercial timbres. En J. Frankland, J. N. Hedger, & M. J. Swift, *Descomposer basidiomycetes. Their biology and ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, London, 179-190 pp.
- Dickman, A. (1992). Plant pathogens and long-term ecosystems changes. En G. Carroll, & D. T. Wicklow, *The fungal community, its organization and role in the ecosystem*. Marcel Dekker, Inc., New York, 499-520 pp.
- Dighton, J., Mason, P.A. (1985). Mycorrhizal dynamics during forest tree development. En D. Moore, L. A. Castellano, D. Wood, & J. C. Frankland, *Development biology of higher fungi*. University Press Cambridge, Cambridge, 117-139 pp.
- Egli, S., Ayer, F., Chatelain, F. (1990). Der Einfluss des Pilzsammelns auf die Pilzflora. *Mykologia Helvetica*, 3: 417-428.
- Egli, S., Peter, M., Buser, C., Stahel, W., Ayer, F. (2005). Mushroom picking does not impair future harvests-results of a long-term study in Switzerland. *Biol. Conserv.*
- Egli, S., Peter, M., Buser, C., Stahel, W., Ayer, F. (2006). Mushroom picking does not impair future harvests-results of a long-term study in Switzerland. *Biol. Conserv.*, 129: 271-276.
- Emberger, L. (1932). *Sur une formule clima-tique et ses applications en botanique*. La Meteorologie 92-93, Paris, France.
- FAO–UNESCO. (1988). *Soil map of the world. Revised legend. World Soil Resources Report, nº 60*. Roma.
- Fellner, R. (1993). Air pollution and mycorrhizal fungi in Central Europe. En D. Pegler, L. Boddy, & P. M. Kirk, *Fungi of Europe: Investigation, Recording and Conservation*. Royal Botanic Gardens, Kew, 239-250 pp.
- Fentrop, J. (1977). Op de paden en handen af! *Natura*, 74: 223.
- Fernández-Toirán, L. (1994). *Estudio de la producción micológica actual en la Comarca de Pinares de Soria y ensayo de técnicas de mejora de la misma*. Tesis Doctoral.
- Fernández-Toirán, L.M., Ágreda, T., Olano, J.M. (2006). Stand age and sampling year effect on the fungal fruit body community in *Pinus pinaster* forests in central Spain. *Can. J. Bot.*, 84: 1249-1258.
- Ferris, R., Peace, A.J., Newton, A.C. (2000). Macrofungal communities of lowland Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karsten)

- plantations in England: relationships with factors and factors and stand structure. *For. Ecol. Man.*, 131: 255-267.
- Fogel, R. (1976). Ecological studies of hypogeous fungi. II. Sporocarp phenology in western Oregon Douglas-fir stand. *Can. J. Bot.*, 54: 1152-1162.
- Fogel, R. (1980). Mycorrhizae and nutrient cycling in natural forest ecosystems. *New Phytol.*, 86: 143-153.
- Fogel, R., Trappe, J.M. (1978). Fungus consumption (mycophagy) by small animals. *Northwest Sci.*, 52: 1-31.
- Frank, B. (1885). Ueber die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze. *Baerichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 3: 128-145.
- Frankland, J. (1992). Mechanisms in fungal succession. En G. Carroll, & D. T. Wicklow, *The fungal community: its organization and role in the ecosystem*. Marcel Dekker, New York, 383-401 pp.
- Galli, R. (1998). *I Boleti*. Edinatura.
- Galli, R. (1999). *I Tricholomi*. Edinatura.
- Galli, R. (2001). *Le Amanite*. Edinatura.
- Galli, R. (1996). *Le Russule*. Edinatura.
- Gandullo, J. (1984). *Climatología y ciencia del suelo*. Fundación Conde del Valle de Salazar. ETSI Montes, Univ. Politécnica de Madrid, Madrid.
- Gange, A.C., Gange, T.H., Sparks, T.H., Boddy, L. (2008). Rapid and recent changes in fungal fruiting patterns. *Science*, 316: 71.
- Garbaye, J., Le Tacon, F. (1986). Effects de la mycorrhization contrôlée après transplantation. *Revue Forestière Française*, 38: 258-263.
- Garbaye, J., Le Tacon, F. (1982). Influence of mineral fertilization and thinning intensity on the fruit body production of epigeous fungi in artificial spruce stand (*Picea excelsa* Link) in north-eastern France. *Acta Oecologica. Oecologia applicata*, 3: 153-160.
- Gardes, M., Bruns, R.D. (1996). Community structure of ectomycorrhizal fungi in a *Pinus myricata* forest: above and below-ground views. *Can. J. Bot.*, 74: 1572-1583.

- Gardner, J.H., Malajczuk, N. (1988). Recolonisation of rehabilitated bauxite mine sites in western Australia by mycorrhizal fungi. *For. Ecol. Manag.*, 24: 27-42.
- Gaussen, H. (1955.). Expression des milieux par des formules écologiques Leer représentation cartographique. *Ann. Biol.*, 31(6-6): 257-269.
- Grainger, J. (1946). Ecology of the larger fungi. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 29: 52-63.
- Green, R.H., Young, R.C. (1993). Sampling to detect rare species. *Ecological Applications*, 3: 351-356.
- Guimberteau, J., Courtecuisse, R. (1997). Diversité des champignons (surtout mycorrhiziens) dans les écosystèmes forestiers actuels. *Revue Forestière Française*, 25-36.
- Hall, I.R., Lyon, A.J.E., Wang, Y., Sinclair, L. (1998). Ectomycorrhizal fungi with edible fruiting bodies- 2. *Boletus edulis*. *Econ. Bot.*, 52: 44-56.
- Harley, J.L., Smith, S.E. (1983). *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich, London, 483 pp.
- Harmon, M.E., Franklin, J.F., Swanson, F.J., Sollins, P., Gregory, S.V., Lattin, J.D., Anderson, N.H., Cline, S.P., Aumen, N.G., Sedell, J.R., Lienkaemper, G.W., Cromack, K., Cummins, K.W. (1986). Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Adv. Ecol. Res.*, 15: 133-302.
- Hawksworth, D. (1991). The Fungal Dimension of Biodiversity - Magnitude, Significance, and Conservation. *Mycol. Res.*, 616 pp.
- Hawksworth, D.L., Sutton, B.C., Ainsworth, G.C. (1995). *Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi*. Cmi, Kew, 616 pp.
- Heilmann-Clausen, J., Verbeken, A., Vesterholt, J. (1998). *The genus Lactarius. Fungi of Northern Europe - Vol. 2*. Denmark.
- Heim, R. (1984). *Champignons d'Europe*. Boubée et Fondation Singer Polignac, Paris.
- Hering, T. (1966). The terricolous higher fungi of four lake district woodlands. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 49: 369-383.
- Hermann, M., Kuthan, J. (1981). Zur problematik des naturschutzes hoherer pilze. *Mykol. Mitt. -Bl.*, 25: 8-13.
- Hilton, R.N., Malajczuk, N., Pearce, M.H. (1989). Larger funfi of the Jarrah forest: An ecological and taxonomic survey. En B. Dell, J. J. Havel, & N. Malajczuk,

- The Jarrad Forest*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 89-119 pp.
- Hintikka, V. (1988). On the macromycete flora in oligotropic pine forest of different ages in South Finland. *Acta Bot Fennica*, 136: 89-94.
- Höfler, K. (1938). *Pilzsoziologie*. Ber. Deutsche Bot. Ges., Berlín.
- Høiland, K., Bendiksen, E. (1996). Biodiversity of wood-inhabiting fungi in a boreal coniferous forest in Sor-Trondelag County, Central Norway. *Nord. J. Bot.*, 16: 643-659.
- Hora, F. (1959). Quantitative experiments on toadstool production in woods. *Trans. Brit. Mycol.*, 1-14.
- Hortal, S., Pera, J., Parladé, J. (2008). Tracking mycorrhizas and extraradical mycelium of edible fungus *Lactarius deliciosus* under competition with *Rhizopogon* spp. *Mycorrhiza*, 18: 69-77.
- Hunt, G.A., Trappe, J.M. (1987). Seasonal hypogeous sporocarp production in a western Oregon Douglas-fir stand. *Can. J. Bot.*, 65: 438-445.
- Jansen, A. (1991). The mycorrhizal status of Douglas fir in The Netherlands: its relation with stand age, regional factors, atmospheric pollutants and tree vitality. *Agriculture. Ecosystems and Environment.*, 35: 191-208.
- Jansen, A.E., De Nee, H.W. (1988). Relations between mycorrhizas and fruitbodies of mycorrhizal fungi in Douglas fir plantations in the Netherlands. *Acta Bot. Neerl.*, 37: 243-249.
- Jansen, A.E., Dobben, H.V., Wit, T. (1985). Achteruitgang van de cantharel in Nederland. *Wetensch. Meded. K. N. N. V.*, 167: 59-69.
- Jones, M.D., Durall, D.M., Cairney, J.W.G. (2003). Ectomycorrhizal fungal communities in young forest stands regenerating after clearcut logging. *New Phytol.*, 157: 399-422.
- Jülich, W. (1989). *Guida alla determinazione dei funghi. Vol. 2. Aphyllophorales, Heterobasidiomycetes, Gastromycetes*. Saturnia, Trento.
- Kalamees, K., Silver, S. (1988). Fungal productivity of pine heaths in North-West Estonia. *Acta Bot. Fennica*, 136: 95-98.
- Kalton, G., Anderson, D.W. (1986). Sampling rare populations. *J.R. Stat. Soc.*, 149: 65-82.

- Kardell, L., Eriksson, L. (1987). Kremlor, riskor, soppar. Skogsbruksmetodernas inverkan pa produktionen av matsvampar. *Sveriges Skogsvardsförbunds Tidskrift*, 2: 3-23.
- Keizer, P. (1994a). Mycocoenology of roadside verges planted with beech trees (*Fagus sylvatica* L.) in Drenthe, The Netherlands. *Phytocoenologia*, 58: 405-436.
- Keizer, P. (1994b). Mycocoenology of roadside verges planted with common oaks (*Quercus robur* L.) in Drenthe, The Netherlands. *Nova Hedwigia*, 58: 405-436.
- Keizer, P.J., Arnolds, E. (1994). Succesion of ectomycorrhizal fungi roadside verges plated with common oak (*Quercus robur* L.) in Drenthe, The Netherlands. *Mycorrhiza*, 4: 147-159.
- Kirsi, M., Oionem, P. (1981). Mushroom yields in 10-year-old coppice after spraying with MCPA. *Karstenia*, 21: 1-8.
- Kranabetter, J.M., Friesen, J., Gamiet, S., Kroeger, P. (2005). Ectomycorrhizal mushroom distribution by stand age in western hemlock-lodgepole pine forests of northwestern British Columbia. *Can. J. For. Res.*, 35: 1527-1539.
- Kühner, R., Romagnesi, H. (1989). *Flore analytique des champignons supérieurs*. Paris.
- Laganà, A., Angiolini, C., Loppi, E., Salerni, E., Perini, C., Barluzzi, C., De Dominicis, V. (2002). Periodicity, fluctuations and sucesions of macrofungi in fir forests (*Abies alba* Miller) in Tuscany, Italy. *For. Ecol. Mang.*, 169: 187-202.
- Laiho, O. (1970). *Paxillus involutus* as a mycorrhizal symbiont of forest trees. *Acta For. Fennica*, 79: 1-35.
- Låmas, T., Fries, C. (1995). An integrated forest inventory in a managed north Swedish forest landscape for estiating growing stock and coarse woody debris. En M. Köhl, *Proceedings of the Monte Verità conference of forest survey desingns*. Swiss Fed. Inst. for Forest, Snow and Landscape Res. Birmensdorf. Swiss Fed. Inst. of Tech., Zürich, Switzerland, 296-311 pp.
- Lang, R. (1915). *Versuch einer exakten Klassifikation der Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht*. Intern. Mitteil. für Bodenkunde 5, 312.
- Largent, D.L., Sime, A.D. (1994). A preliminary report on the phenology, sporulation and lifespan of *Cantharellus cibarius* and *Boletus edulis* basidiomes in Patrick's Point State Park. *Proccedings of th 43rd Annual Meeting of the California Forests Pest Council Appendix: XXXII-XLIV*. Rancho Cordova.

- Last, F.T., Dighton, J., Mason, P.A. (1987). Successions of sheating mycorrhizal fungi. *Trends Ecol. Evol.*, 2: 157-161.
- Last, F.T., Flemming, V. (1985). Factors affecting the occurrence of fruitbodies of fungi forming sheatin (ecto-) mycorrhizas with root of trees. *Proc. Indian Acad. Sci. (Plant. Sci.)*, (94: 2, 3) 111-127.
- Last, F.T., Mason, P.A., Pelham, J., Ingleby, K. (1984). Fruitbody production by sheating mycorrhizal fungi. Effects of host genotypes and propagating soils. *For. Ecol. Manag.*, 9: 221-227.
- Last, F.T., Mason, P.A., Smith, R., Pelham, J., Bhoja, K.A., Mahmood, A.M. (1981). Factors affecting the production of fruitbodies of *Amanita muscaria* in plantations of *Pinus patula*. *Proc. Indian Acad. Sci. (Plant Sci.)*, 90: 91-98.
- Last, F.T., Pelham, J., Mason, P.A., Ingleby, K. (1979). Influence of leaves on sporophore production by fungi forming sheating mycorrhizas with *Betula* spp. *Nature*, 280: 168-169.
- Le Tacon, F., Lamoure, D., Guimberteau, J., Fiket, C. (1984). Les symbiotes mycorrhiziens de l'Épicéa commun et du Douglas dans le Limousin. *Revue Forestière Française*, 36: 325-338.
- Lumsden, R. (1992). Mycoparasitism of soilborne plant pathogens. En G. Carroll, & D. T. Wicklow, *The fungal community, its organization and role in the ecosystem*. Marcel Dekker, New York.
- Luoma, D. (1988). *Biomass and community structure os sporocarps formed by hypogeous ectomycorrhizal fungi within selected forest habitats of the H.H. Andrews Experimental Forest, Oregon*. Unpublished Ph. D. Dissertation, Oregon State University, Corvallis, Oregon.
- Luoma, D.L., Frenkel, R.E., Trappe, J.M. (1991). Fruiting of hypogeous fungi in oregon Douglas-fir forests: seasonal and habitat variation. *Mycologia*, 83: 335-353.
- Madrigal, A. (1994). *Ordenación de montes arbolados*. Colección técnica del ICONA, Madrid.
- Malloch, D.W., Pirozynski, K.A., Raven, R.H. (1980). Ecological and evolutionary significance of mycorrhizal symbiosis in vascular plants (review). *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 77: 2113-2118.
- Martínez de Aragón, J., Bonet, J.A., Fischer, C.R., Colinas, C. (2007). Productivity of ectomycorrhizal and selected edible saprotrophic fungi in pine forests of the

- pre-Pyrenees mountains, Spain: Predictive equations for forest management of mycological resources. *For. Ecol. Manag.*, (252) 239-256.
- Martínez de Azagra Paredes, A., Oria de Rueda Salguero, J.A., Paredes Sisniega, M.C. (1998). *Por tierras y montes de Almazán. Naturaleza, micoturismo y gastronomía*. Adema.
- Martínez de Azagra, A., Oria de Rueda, J.A., Martínez Zurimendi, P. (1997). *Estudio sobre la potencialidad de los diferentes usos del bosque para la creación de empleo en el medio rural. La producción de mayor potencialidad: Hongos silvestres comestibles*. Iniciativa comunitaria ADAPT. Consejería de Industria, Comercio y Turismo. Universidad de Valladolid, Palencia.
- Martínez, M. (2002). *Restauración de la zona quemada del monte N° 185 del C. U. P. En el término municipal de Tardelcuende (Soria)*. Escuela Universitaria de Ingenierías Agrarias de Soria, Soria.
- Martínez-Peña, F. (2008). *Producción de carpóforos de macromicetes epigeos en masas ordenadas de Pinus sylvestris L. Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
- Martínez-Peña, F. (2003). *Producción y aprovechamiento de Boletus edulis Bull.: Fr. en un bosque de Pinus sylvestris L.* Consejería de medio Ambiente. Junta de Castilla y León, 134 pp.
- Martínez-Peña, F., Ágreda, T., Águeda, B., Ortega-Martínez, P., Fernández-Toirán, L.M. (2011b). Edible sporocarp production by age class in a Scots pine stand in Northern Spain. *Mycorrhiza*, doi 10.1007/s00572-011-0389-8.
- Martínez-Peña, F., Fernández-Toirán, L.M. (1997). Producción de especies fúngicas en masas de *Pinus sylvestris* L. de diferentes edades. *Actas Congreso Forestal Hispano Luso*. IRATI, Pamplona.
- Martínez-Peña, F., Gómez Conejo, R., Ortega-Martínez, P. (2006-2010). MICODATA - Sistema de información geográfica sobre la producción, aprovechamiento y ordenación del recurso micológico en Castilla y León. <http://www.micodata.es>. Accessed 30 December 2010.
- Martínez-Peña, F., Gómez Conejo, R., Ortega-Martínez, P. (2007). *MICODATA-Sistema de información geográfica sobre la producción, aprovechamiento y ordenación del recurso micológico en Castilla y León*. Obtenido de <http://www.micodata.es>

- Martínez-Peña, F., Oria de Rueda, J.A., Ágreda, T. (2011a). *Manual para la gestión del recurso micológico forestal en Castilla y León*. Somacyl - Junta de Castilla y León.
- Martínez-Peña, F., Rubio Sánchez, A., San Martín Fernández, R. (2004). Modelización de producciones forestales no leñosas: aplicación a la fructificación de *Boletus edulis* Bull.: Fr. en pinares de pino silvestre de Soria. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales. Actas de la Reunión de Modelización Forestal*, 85-90 pp.
- Martín-Pinto, P., Vaquerizo, H., Peñalver, F., Olaizola, J., Oria de Rueda, J.A. (2006). Early effects of a wildfire on the diversity and production of fungal communities in Mediterranean vegetation types dominated by *Cistus ladanifer* and *Pinus pinaster* in Spain. *Forest Ecology and Management*, (225) 296-305.
- Masuka, A. (1996). Dynamics of mushroom (*Boletus edulis*) production in pine plantations in Zimbabwe. *Journal of Applied Science in Southern Africa*, 2: 69-76.
- Matsuda, Y., Hijii, N. (1998). Spatiotemporal distribution of fruitbodies of ectomycorrhizal fungi in an *Abies firma* forest. *Mycorrhiza*, 8: 131-138.
- Mehus, H. (1986). Fruit body production of macrofungi in some north norwegian forest types. *Nord. J. Bot.*, 6: 679-702.
- Meyer, F. (1973). Distribution of ectomycorrhizae in native manmade forests. En G. Marks, & T. T. kozlowski, *Ectomycorrhizae, their ecology and physiology*. Academic Press, New York, 79-105 pp.
- Molina, R., Amaranthus, M.P. (1991). Rhizosphere biology: ecological linkages between soil processes, plant growth and community dynamics. En *Proceedings, Management and productivity of western-montane forest soils*. Gen. Tech. Rep. INT-280. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 51-58 pp.
- Moorhead, D.L., Reynolds, J.F. (1992). Modeling the contributions decomposer fungi in nutrient cycling. En G. Carroll, & D. T. Wicklow, *The fungal community: its organization and role in the ecosystem*. Marcel Dekker Inc., New York.
- Moser, A. (1983). *Keys to agarics and boleti*. 4th ed. Roger Philips, London.
- Ohenoja, E. (1988). Effect of forest management procedures on fungal fruit body production in Finland. *Acta Bot. Fennica*, 21: 349-355.
- Ohenoja, E. (1989). Forest fertilization and fruiting body production in fungi. *Atti del Centro Studi per la Flora mediterranea* 7: 233-253.

- Ohenoja, E. (1984). Fruit body production of larger fungi in Finland. 1. Introduction to the study in 1976-1978. *Acta Bot. Fennica*, 21: 81-84.
- Ohenoja, E., Koistinen, R. (1984). Fruit body production of larger fungi in Finland. 2. Edible fungi in northern Finland. *Acta Bot. Fennica*, 21: 357-366.
- Ohtonen, R. (1986). The effect of forest fertilization on the nitrogen content of the fruit-bodies of two mycorrhizal fungi, *Lactarius rufus* and *Suillus variegatus*. *Ann. Bot. Fennica*, 23: 189-203.
- Oria de Rueda Salgueiro, J.A., García Íñiguez, C., Martín-Pinto, P., Martínez de Azagra, A., Olaizola Suárez, J., De la Parra Peral, B., Fraile Fabero, R., Álvarez Nieto, M.A. (2007). *Hongos y setas. Tesoro de nuestros montes*. Cálamo.
- Oria de Rueda, J. (1991). Bases para la selvicultura y ordenación de montes productores de hongos micorrizógenos comestibles. *Montes*, 26: 48-55.
- Oria de Rueda, J. (1989). Silvicultura y ordenación de montes productores de hongos micorrizógenos comestibles. *Bol. Soc. Micol. Madrid.*, 13: 175-188.
- Oria de Rueda, J.A., De la Parra, B., Olaizola, J., Martín-Pinto, P., Martínez de Azagra, A., Álvarez, A. (2008). Selvicultura micológica. En R. M. Serrada, *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*. (págs. 883-860). Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.
- Oria de Rueda, J.A., Díez, J. (2002). *Guía de árboles y arbustos de Castilla y León*. Cálamo, Palencia, 381 pp.
- Oria de Rueda, J.A., Hernández-Rodríguez, M., Martín-Pinto, P., Pando, V., Olaizola, J. (2010). Could artificial reforestations provide as much production and diversity of fungal species as natural forest stands in marginal Mediterranean areas? *For. Ecol. Manag.*, 260: 171-180.
- Oria de Rueda, J.A., Olaizola, J., de la Parra, B. (2011). Hábitats productores de setas en Castilla y León. En F. O. Martínez-Peña, *Manual para la gestión del recurso micológico forestal en Castilla y León*. (págs. 45-55). SOMACYL-Junta de Castilla y León.
- Pando, F. (2003). *HERBAR (versión): Una aplicación de bases de datos para herbarios*. Obtenido de <http://www.gbif.es/herbar/herbar.php>
- Parker-Rodes, A. (1951). The basidiomycetes of Stokholm Island (7). Some floristic and ecological calculations. *New Phytol.*, 50: 227-243.
- Parladé, J., Hortal, S., Pera, J., Galipienso, L. (2007). Quantitative detection of *Lactarius deliciosus* extraradical soil mycelium by real-time PCR and its

- application in the study of fungal persistence and interspecific competition. *J. Biotechnol.*, 128: 14-23.
- Peredo, H., Oliva, M., Huber, A. (1983). Environmental factors determining the distribution of *Suillus luteus* fructifications in *Pinus radiata* grazing-forest plantations. *Plan Soil*, 71: 367-370.
- Peter, M., Ayer, F., Egli, S., Honegger, R. (2001). Above-below ground community structure of ectomycorrhizal fungi in three Norway spruce (*Picea abies*) stands in Switerland. *Can. J. Bot.*, 79: 1134-1151.
- Pilz, D., Brodie, F., Alexander, S., Molina, R. (1998). Relative value of chanterelles and timber as commercial forest products. *Ambio Special Report*, 9: 14-16.
- Pilz, D., Smith, J., Amaranthus, M.P., Alexander, S., Molina, R., Luoma, D. (1999). Managing the commercial harvest of the American matsutake and timber in teh southern Oregon Cascade Range. *Journal of Forestry*, 97: 4-11.
- Rautavaara, R. (1947). Suomen Sienisatio. *Helsinki* , (English summary), 429 pp.
- Raven, R.H., Evert, R.F., Eichhorn, S.E. (1986). *Biology of plants*. Worth Publishers Inc., New York, 775 pp.
- Rayner, A.D.M., Boddy, L. (1986). *Fungal descomposition of wood*. John Willey & Sons, Chichester, UK.
- Read, D. (1992). The mycorrhizal mycelium. En M. Allen, *Mycorrhizal functioning*. Chapman & Hall, New York, 102-133 pp.
- Real Decreto 30/2009, de 16 de enero, del Ministerio de la Presidencia, por el que se establecen las condiciones sanitarias para la comercialización de setas para uso aimentario. (2009). *B.O.E. de 23 de enero de 2009*, 7861-7871.
- Reyna Doménech, S. (2007). *Truficultura. Fundamentos y técnicas*. Mundiprensa, Madrid, 688 pp.
- Richardson, M. (1970). Studies of *Russula emetica* and other agarics in a Scots pine plantation. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 55: 217-229.
- Rivas Martínez, S. (s.f.). *Sistema de clasificación bioclimática mundial. Otros índices bioclimáticos*. Recuperado el abril de 2012, de <http://www.ucm.es/info/cif>
- Rivas-Martínez, S. (1987). *Memoria del Mapa de series de vegetación de España*. I.C.O.N.A. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Rivas-Martínez, S. (1984). Pisos bioclimáticos de España. *Lazaroa*, 5: 33-43.

- Rivas-Martínez, S. (1982). Series de vegetación de la región Eurosiberiana de la Península Ibérica. *Lazaroa*, 4: 155-166.
- Rodríguez, A. (1995). Studies of *Russula emetica* and other agarics in a Scots pine plantation. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 55: 217-229.
- Rodríguez, R.L., Serrada, R., Lucas, J.A., Alejano, R., del Río, M., Torres, E., Cantero, A. (2008). Selvicultura de *Pinus pinaster* Ait. subsp. *mesogeensis* Fieschi & Gaussen. En R. M. Serrada, *Compendio De Selvicultura Aplicada en España*. Ministerio de Educación y Ciencia. INIA. Fundación Conde del Valle Salazar, 399-430 pp.
- Roesch, F. (1993). Adaptive cluster sampling for forest inventories. *For. Sci.*, 39: 655-669.
- Romá, J., Valios, X., Colinas, C. (1997). Relación entre la orientación, la edad del bosque, las claras, el riego y la producción de hongos ectomicorrícicos o comestibles. *II Congreso Forestal Español*. Pamplona.
- Romell, L. (1939). Barrskogens marksvampar och deras roll i skogens liv. *Svenska Skogsvard-for.*, Tidskr 37: 238-275.
- Rondet, J., Leprince, F., Guimberteau, J., Olivier, J.M., Cazanova, F.X. (2001). *Les bases de la production*. Les cahiers du cèpe.
- Ruhling, A., Baath, E., Nordgren, A., Söderström, B. (1984). Fungi in metal-contaminated soils. *Ambio*, 13: 34-36.
- Ruíz de la Torre, J., Ceballos, L. (2001). *Árboles y arbustos de la España peninsular*. Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid.
- Rydin, H., Diekmann, M., Hallingbäck, T. (1997). Biological characteristics, habitat associations, and distribution of macrofungi in Sweden. *Conser. Biol.*, 11: 628-640.
- Salo, K. (1993). Yields of commercial edible mushroom species in mineral soil forests in Finland. *Aquilo Ser. Bot.*, 31: 115-121.
- Sarnari, M. (1998). *Monografía ilustrada del género Russula in Europa. Tomo I*. Fondazione Centro Studi micologici, Trento, Vicenza.
- Sarrionandia Areitio, E. (2006). *Estudio de las micocenosis de macromicetes de los encinares del País Vasco*. Tesis Doctoral.

- Senn-Irlet, B., Bieri, G. (1999). Sporocarp succession of soil-inhabiting macrofungi in an autochthonous subalpine Norway spruce forest of Switzerland. *For. Ecol. Manag.*, 124: 169-175.
- Shubin, V. (1986). *Beliji grib-ekologia i plodonosenie. Karelskiji filial an SSR.* Institut lesa, Petrosavodsk.
- Sjöblom, M., Wessman, L., Albrecht, A., Ranchen, R. (1979). *Svampproduktionen samt en jämförelse av virkesbär-och svampproduktionens värde i några skogar i Ekenäs-trakten 1976-78.* Preliminary report (mimeographed), Helsinki.
- Smith, J.E., Molina, R., Huso, M.M.P., Luoma, D.L., McKay, D., Castellano, M.A., Lebel, R., Valachovic, Y. (2002). Species richness, abundance and composition of hypogeous and epigeous ectomycorrhizal fungal sporocarps in young, rotation-age, and old-growth stands of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) in the Cascade Range of Oregon, USA. *Can. J. Bot.*, 80: 186-204.
- Soil Survey Staff. (1992). *Keys to soil taxonomy. Agency for International Development U.S.D.A.* Pocahontas Press, Blacksburg, Virginia.
- Staff, S.S. (1992). *Keys to soil taxonomy. Agency for International Development.* U.S.D.A. Pocahontas Press. Blacksburg. Virginia.
- Stahl, G., Ringvall, A., Lamas, T. (2000). Guided transect sampling for assessing sparse populations. *For. Sci.*, 46: 108-115.
- Stark, N. (1972). Nutrient cycling pathways and litter fungi. *Biosd*, 22: 355-360.
- Straatsma, G., Ayer, F., Egli, S. (2001). Species richness, abundance, and phenology of fungal fruit bodies over 21 years in a Swiss forest plot. *Mycol. Res.*, 105: 515-523.
- Strullu, D. (1991). *Les mycorrhizes des arbres et plantes cultivées.* Technique et Documentation, Lavoisier, París.
- Sudman, S., Sirken, M.G., Cowan, C.D. (1988). Sampling rare and elusive populations. *Science*, 240: 991-996.
- Sutherland, W. (1996). *Ecological census techniques: a handbook.* Cambridge University Press, Cambridge.
- Suz, L.M., Martín, M.P., Colinas, C. (2006). Detection of *Tuber melanosporum* DNA in soil. *FEMS Microbiol. Lett.*, 254: 251-257.
- Taylor, A. (2002). Fungal diversity in ectomycorrhizal communities: sampling effort and species detection. *Plant Soil*, 244: 19-28.

- Termorshizen, A. (1990). Decline of carpophores of mycorrhizal fungi in stands of *Pinus sylvestris*. PhD thesis. Agricultural University Wageningen. En: Keizer, P.J. y Arnolds, E., 1994. Succession of ectomycorrhizal fungi in roadside verges planted with common oak in Drenthe. *Mycorrhiza*, 4: 147-159.
- Termorshuizen, A.J., Schaeffers, A.P. (1987). Occurrence of carpophores of ectomycorrhizal fungi in selected stands of *Pinus sylvestris* in the Netherlands in relation to stand vitality and air pollution. *Plant Soil*, 104: 209-217.
- Thermorshuizen, A.J., Schaffers, A.P. (1991). The decline of carpophores of ectomycorrhizal fungi in stands of *Pinus sylvestris* L. in The Netherlands: possible causes. *Nova Hedwigia*, 53: 267-289.
- Thoen, D. (1970). *Étude mycosociologique de quelques associations forestières des districts Picardo-Brabanton. Mosan et Ardennais de Belgique*. Fac. de Sciences Agronomiques de l'Etat. Belgica.
- Thompson, S. (1990). Adaptive cluster sampling. *JASA*, 85: 1050-1059.
- Trappe, J. (1987). Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. En G. Safir, (Ed.) *Ecophysiology of VA mycorrhizal plants*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 5-25 pp.
- Trappe, J. (1977). Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. *Annual Review of Phytopathology*, 15: 203-222.
- Trappe, J.M., Luoma, D. (1992). The ties that bind: fungi in ecosystems. En G. Carroll, & D. T. Wicklow, *The fungal community-its organization and role in the ecosystem*. Marcel Dekker, New York, 17-27 pp.
- Trofymow, J.A., Addison, J., Blackwell, B.A., He, F., Preston, C.A., Marshall, V.G. (2003). Attributes and indicators of old-growth and successional Douglas-fir forest on Vancouver island. *Environ. Rev.*, 11: S187-S204.
- Tyler, G. (1989). Edaphical distribution and sporophore dynamics of macrofungi in hornbeam (*Carpinus betulus* L.) stands of Sweden. *Nova Hedwigia*, 40 (3-4): 239-253.
- Väre, H., Ohenoja, E., Ohtonen, R. (1996). Macrofungi of oligotrophic Scots pine forests in northern Finland. *Karstenia*, 36: 1-18.
- Veijalainen, H. (1988). Metsäojitusalueiden sienisadoista. En E. Ohenoja, *Effect of forest management procedures on fungal fruit body production in Finland*. Acta Bot. Fennica 136: 81-84.

- Vernet, J. (1966). *Sur un niche bioclimatique applicable aux climats de la France*. Serie Botanique 17, Montpellier.
- Villarreal, L., Guzmán, G. (1985). Producción de los hongos comestibles silvestres en los bosques de Mexico. *Rev. Mex. Mic.*
- Vogt, K.A., Bloomfield, J., Ammirati, J.F., Ammirati, S.R. (1992). Sporocarp production by basidiomycetes, with emphasis on forest ecosystems. En G. Carroll, & D. T. Wicklow, *The fungal community: Its organization and role in the ecosystem*. Marcel Dekker, Inc., New York, 563-581 pp.
- Vogt, K.A., Edmonds, R.L., Grier, C.C. (1981). Biomass and nutrient concentrations of sporocarps produced by mycorrhizal and decomposer fungi in *Abies amabilis* stands. *Oecologia*, 50: 170-175.
- Walter, H., Lieth, H. (1960). *Klimodiagramm Weltatlas*. Veb. Gustav Fischer. Jena.
- Warren, W.G., Olsen, P.F. (1964). A line intersect technique for assessing logging waste. *For. Sci.*, 10: 267-276.
- Wästerlund, I., Ingelög, T. (1981). Fruitbody production of larger fungi in some young Swedish forests with special reference to logging waste. *For. Ecol. Manag.*, 3: 269-294.
- Wilkins, W. (1939). The ecology of the larger fungi. III. Constancy and frequency of grassland species with special reference to soil types. *Annals of Applied Biology*, 26: 25-46.
- Wilkins, W.H., Patrick, S.H.M. (1939). The ecology of the larger fungi. III. Constancy and frequency of grassland species with special reference to soil types. *Annals of Applied Biology*, 26: 25-46.

Anexos

9. ANEXOS

9.1. DATOS DE PRODUCCIÓN MICOLÓGICA DE ESPECIES COMESTIBLES